

Alain Lefebvre

Coralie Lagache

Mars 2009

Ifremer/RST.LER.BL/09.03

SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS SUR LE LITTORAL NORD – PAS DE CALAIS / PICARDIE Bilan de l'année 2008

Surveillance de la dynamique phytoplanctonique et de la qualité des masses d'eaux côtières sur le littoral Nord, Pas-de-Calais et Picardie: le S.R.N. (Suivi Régional des Nutriments)

Coralie Lagache sous la responsabilité d'Alain Lefebvre

Le SRN a été mis en place par l'IFREMER en collaboration avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie en 1992.

Objectifs

- Évaluation de l'influence des apports continentaux (N,P,SI...)
- Lien avec les processus d'eutrophisation (efflorescences de *Phaeocystis* – figure 1)
- Suivi à long terme (qualité des eaux littorales)
- Support pour les contrôles de la Directive Cadre sur l'Eau (CE 2000/60)

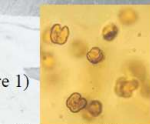


Figure 1 : Cellules isolées de *Phaeocystis globosa*

Méthodes

- Séries de prélèvements réalisés sur 3 radiales (Dunkerque, Boulogne et baie de Somme – figure 2)
- Prélèvements mensuels, sauf de mars à juin (bimensuels – Période de prolifération de *Phaeocystis*)

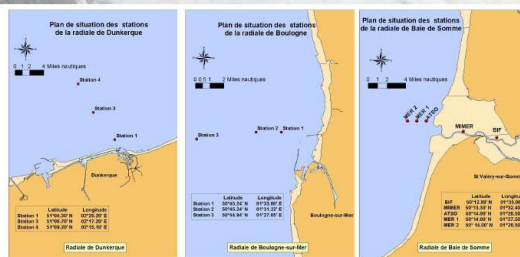


Figure 2 : Localisation des points de prélèvements

Paramètres analysés : (figures 3 et 4)
température, salinité, oxygène dissous, pH, turbidité, Matières en Suspension, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, silicate, chlorophylle a phéopigments, flore phytoplanctonique



Figure 3 : Bouteille de prélèvement : Niskin 5L



Figure 4 : Sonde multiparamètre

Exemples de résultats

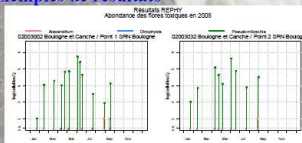


Figure 5 : Abondance des taxons potentiellement toxiques

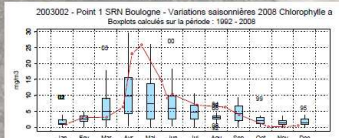


Figure 7 : Evolution temporelle de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) de 1992 à 2008

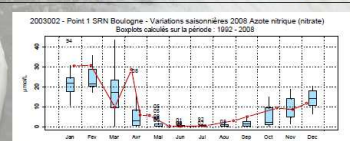


Figure 6 : Evolution temporelle de la concentration en nitrate (µmol/L) de 1992 à 2008

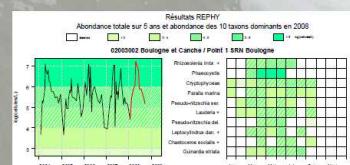


Figure 8 : Abondance phytoplanctonique totale et taxons dominants au sein de l'indice de Sanders

Numéro d'identification du rapport : RST.LER.BL/09.03 Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : LEFEBVRE Alain Version du document : définitive		date de publication Mars 2008 nombre de pages 171 bibliographie (Oui / Non) <input checked="" type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> illustration(s) (Oui / Non) <input checked="" type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> langue du rapport Français
Titre et sous-titre du rapport : Le suivi régional des nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2008. Titre traduit : The regional nutrients monitoring network of the coastal zone of the Nord Pas-de-Calais Picardie. Annual report for 2008.		
Auteur(s) principal(aux) : Lefebvre Alain Lagache Coralie		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/LER/Boulogne sur Mer Ifremer/LER/Boulogne sur Mer
Collaborateur(s) : Blondel C. Duquesne V. Hébert P.		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/LER/Boulogne sur Mer
Travaux universitaires : / diplôme : / discipline : / établissement de soutenance : / année de soutenance : /		
Titre du contrat de recherche : S.R.N.		n° de contrat IFREMER 08/1217033/MF
Organisme commanditaire : Agence de l'Eau Artois Picardie Organisme(s) réalisateur(s) : Institut Français de Recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) Boulogne – 150, quai Gambetta		
Responsable scientifique : LEFEBVRE Alain Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer.		
Cadre de la recherche : Suivi Régional des Nutriments Action : A050104 Suivi Régional des Nutriments Convention : 64465.00 (réf. AEAP) Projet : / Autres (préciser) : / Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) Moyens Nautiques des Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais, du Sport Nautique Valericain 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 le bilan de l'année 2008, en terme d'évolution temporelle des principaux paramètres physico-chimiques caractéristiques au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne Sur Mer et en Baie de Somme.

Abstract :

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

As part of the evaluation of the influence of continental inputs on the marine environment (nitrates, phosphates,...) and on potential eutrophication processes, of the estimation of the efficiency of the sewage treatments plants in the possible elimination of dumpings and in order to establish a long-term survey to follow up the change in coastal waters quality, the regional nutrients monitoring network was implemented by Ifremer in collaboration with the Agence de l'Eau Artois Picardie in 1992. This study deals with the annual report 2008 in terms of evolution of the main physico-chemical parameters characteristic of water masses regarding three transects offshore Dunkerque, Boulogne-sur-Mer and the Bay of Somme.

Mots-clés :

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

Keywords :

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

Sommaire

INTRODUCTION	3
1. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS	4
1.1. LES RADIALES	4
1.2. FRÉQUENCE DES PRÉLÈVEMENTS	4
1.3. PRÉLÈVEMENTS EN MER	4
1.4. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS ET ANALYSES	9
1.4.1. Salinité et Température	9
1.4.2. Turbidité	9
1.4.3. Ammonium	9
1.4.4. Nitrate	9
1.4.5. Nitrite	9
1.4.6. Phosphate	10
1.4.7. Silicate	10
1.4.8. Matières En Suspension (M.E.S.)	10
1.4.9. Matière Organique Particulaire (M.O.P.)	10
1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments	10
1.4.11. Phytoplancton	11
1.4.12. Assurance qualité	11
1.4.13. Sonde Ysi	11
1.4.14. Interprétation des figures	12
2. HYDROLOGIE	14
2.1. DUNKERQUE	14
2.2. BOULOGNE-SUR-MER	43
2.3. LA BAIE DE SOMME	72
3. PHYTOPLANCTON	116
3.1. INTRODUCTION	116
3.2. INDICES ÉCOLOGIQUES	116
3.2.1. Indice de SANDERS	116
3.2.2. Indice de Shannon	118
3.3. GENRES TOXIQUES ET TOXICITÉS	118
3.4. RÉSULTATS	119
4. DISCUSSION	135
4.1. Turbidité, matières en suspension et matière organique	135
4.2. Nutriments	135
4.3. Chlorophylle a, phéopigments et phytoplancton	136
4.4. Structure verticale des masses d'eaux	139
4.5. Le SRN et la Directive Cadre sur l'Eau	141
4.6. Le SRN et la convention OSPAR	144
4.7. Indicateur Phaeocystis de perturbation de l'écosystème	147
4.8. Mesures à haute-fréquence	148
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES	150
BIBLIOGRAPHIE	151
ANNEXES	155
ANNEXE 1	156
ANNEXE 2	161
ANNEXE 3	168

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

Photo 1. Colonie de <i>Phaeocystis globosa</i>	page 24
Photo 2. Chaîne d' <i>Asterionella glacialis</i>	page 27
Photo 3. Chaîne de <i>Chaetoceros curvisetus</i>	page 56
Photo 4. Chaîne de <i>Paralia Marina</i>	page 59
Photo 5. Chaîne de <i>Thalassiosira rotula</i>	page 91
Photo 6. Chaîne de <i>Dinophysis sp</i>	page 96

INTRODUCTION

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

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

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

1. Présentation du suivi régional des nutriments

1.1. Les radiales

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

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

1.2. Fréquence des prélèvements

Entre les mois de mars et de juin, on observe une période de prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot *et al.*, 1998).

En 2007 et dans le contexte de la future mise en place du contrôle de surveillance de la Directive Cadre sur l'Eau, la fréquence d'échantillonnage fut bimensuelle de mars jusqu'à décembre (elle est restée mensuelle pour les mois de janvier et février).

En 2008, 16 prélèvements étaient prévus. En raison de conditions météorologiques défavorables et de problèmes techniques relatifs aux moyens nautiques, 14 sorties ont pu être réalisées à Boulogne-sur-Mer, 15 sorties en Baie de Somme et seules 12 furent réalisées à Dunkerque (Annexe 1).

1.3. Prélèvements en mer

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

Tableau 1 : Coordonnées des stations sur les trois radiales

RADIALES STATIONS	DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
Station 0			<u>Bif</u> Latitude : 50°12'88 N Longitude : 1°35'96 E
Station 1	Latitude : 51°04'30 N Longitude : 2°20'20 E	Latitude : 50°43'90 N au flot Longitude : 1°33'00 E au flot	<u>Mimer</u> Latitude : 50°13'30 N Longitude : 1°32'40 E <u>Mimer'</u> Latitude : 50°14,121 N Longitude : 1°31,084 E
Station 2		Latitude : 50°43'90 N Longitude : 1°30'90 E	<u>Atso</u> Latitude : 50°14'0 N Longitude : 1°28'50 E
Station 3	Latitude : 51°06'70 N Longitude : 2°17'20 E	Latitude : 50°45'02 N Longitude : 1°27'15 E	<u>Mer1</u> Latitude : 50°13'60 N Longitude : 1°27'20 E
Station 4	Latitude : 51°09'20 N Longitude : 2°15'10 E		<u>Mer2</u> Latitude : 50°13'15 N Longitude : 1°26'75 E

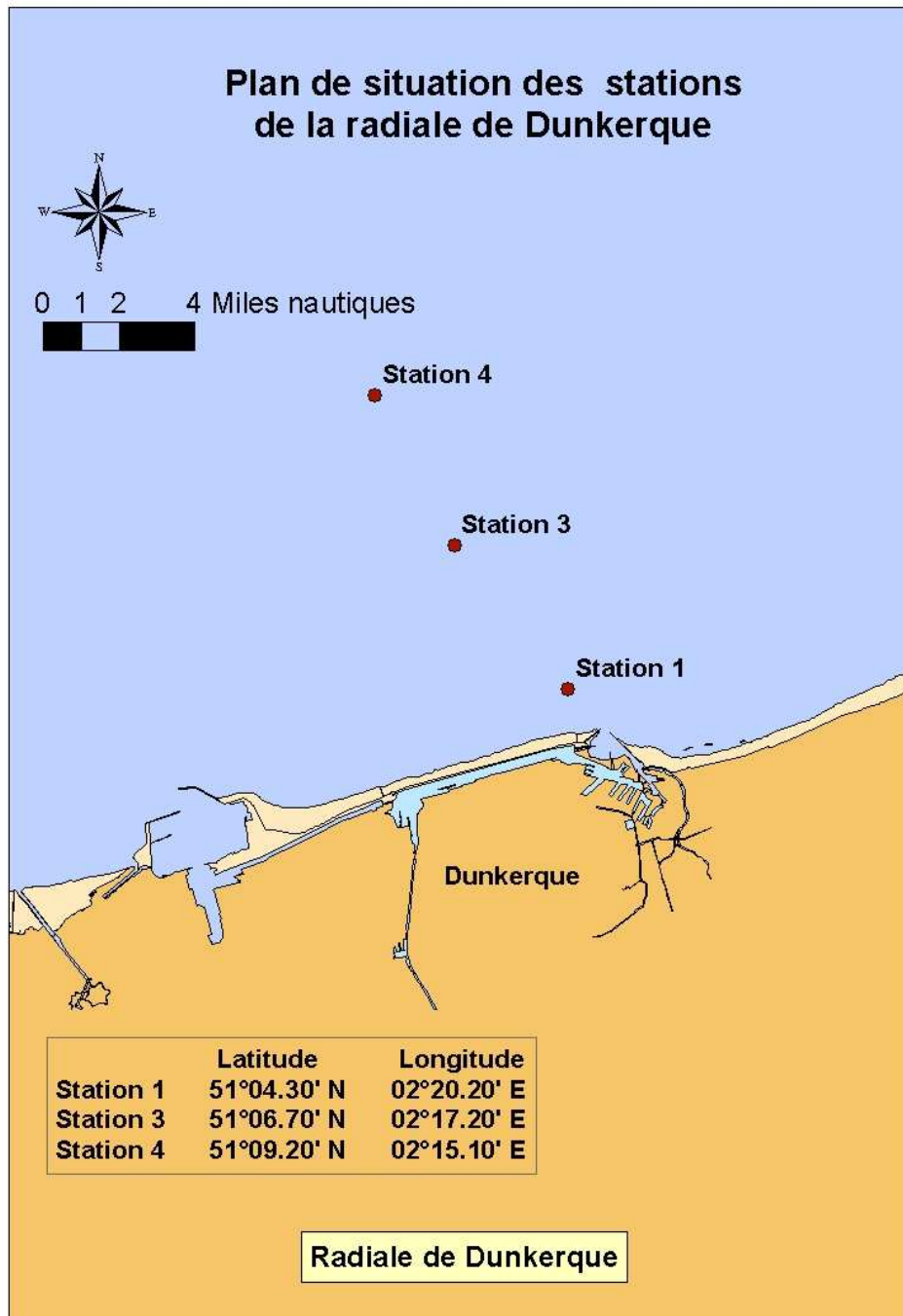


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque.

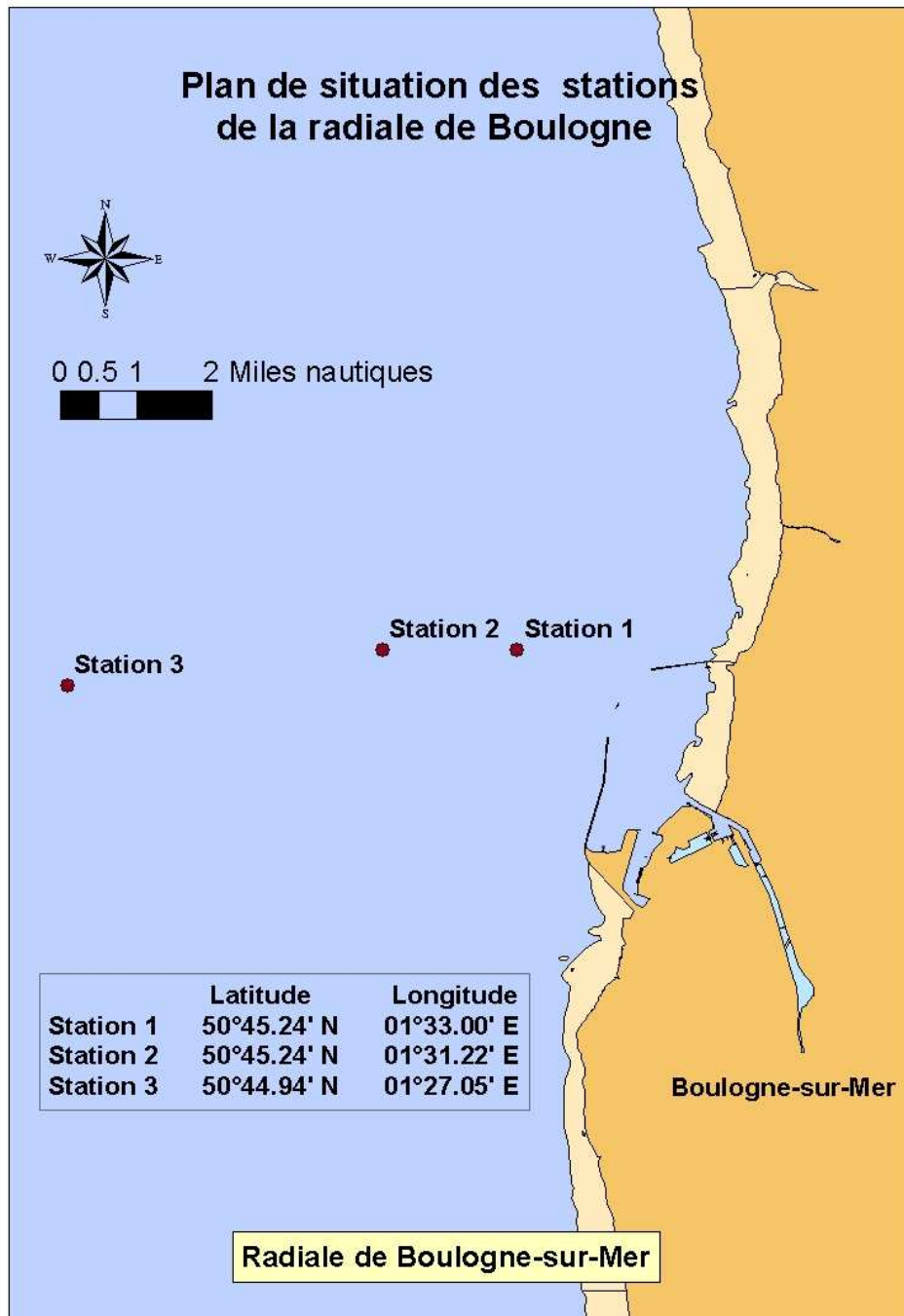


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Boulogne-sur-Mer.

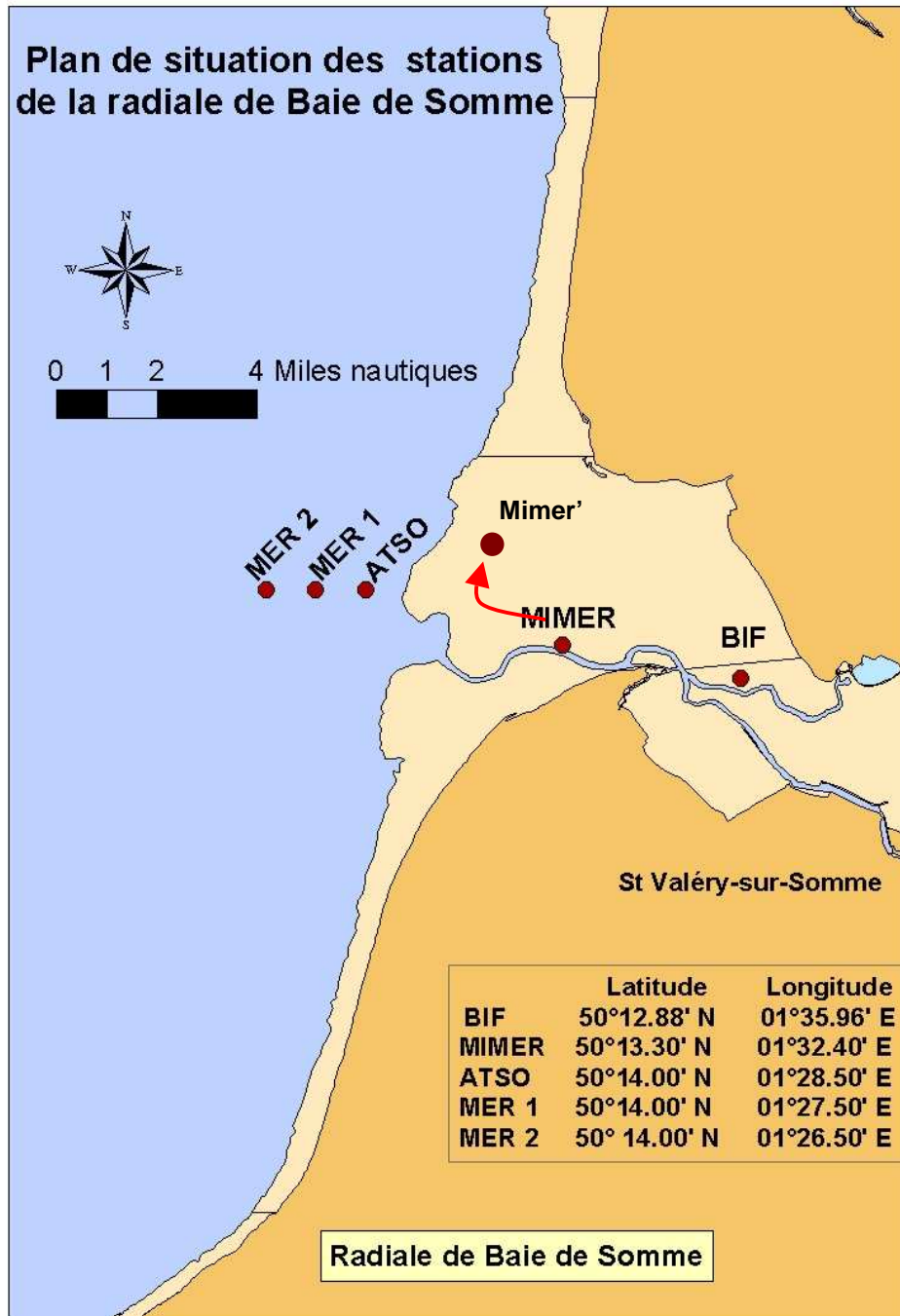


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme.

1.4. Paramètres étudiés et analyses

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

1.4.1. Salinité et Température

La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique couplée à une sonde de température soit directement dans le milieu, soit au laboratoire dans le flacon de prélèvement.

Le résultat est exprimé en Practical Salinity Unit (P.S.U.). L'UNESCO recommande l'utilisation de l'échelle de salinité comme un rapport sans préciser de dimensions ou d'unité. Les notations p.p.t., ‰, g. kg⁻¹ ne sont plus utilisées et il n'est pas correct de préciser P.S.U. après le nombre (Anonyme, 1985). La plage de mesure se situe entre 0.0 et 42.0 avec une précision de ± 0.1 entre 5 et 25°C.

En ce qui concerne la température, elle est mesurée en même temps par la sonde dont la plage de mesure se situe entre -5.0 et 99.9°C (précision ± 0.1°C).

1.4.2. Turbidité

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

1.4.3. Ammonium

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

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

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

1.4.4. Nitrate

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

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

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

La concentration en nitrate est exprimée en µmol/L. Le seuil de détection est de 0,15 µmol/L.

1.4.5. Nitrite

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

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

La concentration en nitrite est exprimée en µmol/L. Le seuil de détection est de 0,05 µmol/L.

1.4.6. Phosphate

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

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

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

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

1.4.7. Silicate

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

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

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

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

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

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

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

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

Le filtre préalablement traité pour la détermination des quantités de matières en suspension (paragraphe 1.4.8) est mis au four à moufle (450°C) pendant 1 heure.

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

1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments

La méthode de Lorenzen (1967) est appliquée pour définir les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments qui sont respectivement des indicateurs de la biomasse et de la quantité phytoplanktonique. Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C de 47 mm), le matériel particulaire est concentré. Les pigments sont ensuite extraits dans un solvant (acétone à 90%). Après centrifugation de 20 minutes à 6000 tr.mn^{-1} , l'absorbance du surnageant est mesurée par spectrophotométrie à 665 et 750 nm, ce qui permet d'obtenir le taux de chlorophylle *a* (son pic d'absorbance se situe à 665 nm). Le surnageant est acidifié (par de l'acide chlorhydrique) et la quantité de phéopigments est alors déterminée en mesurant l'absorbance aux mêmes longueurs d'onde.

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

phéopigments. Dans ce document, le taux de phéopigments est exprimé en pourcentage de chlorophylle *active*.

1.4.11. Phytoplancton

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

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

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

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

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

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

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

1.4.12. Assurance qualité

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

1.4.13. Sonde Ysi

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

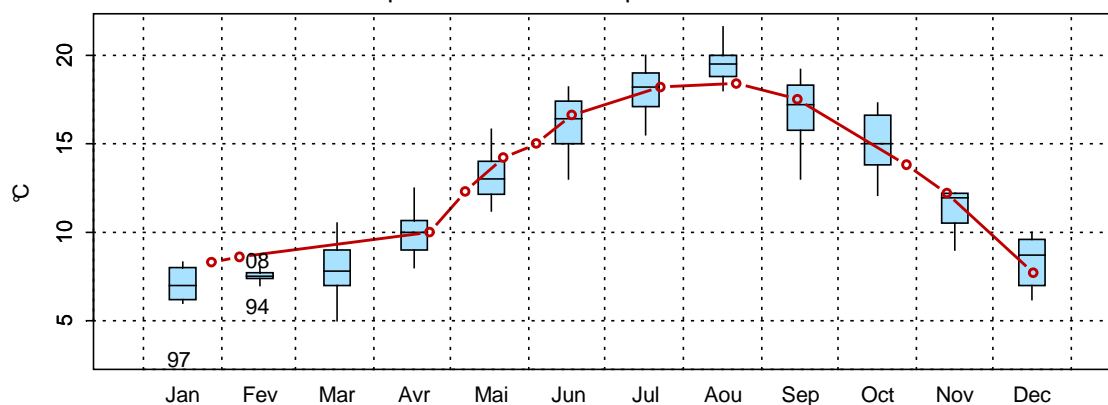
Tableau récapitulatif des paramètres de la sonde Ysi 6600

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

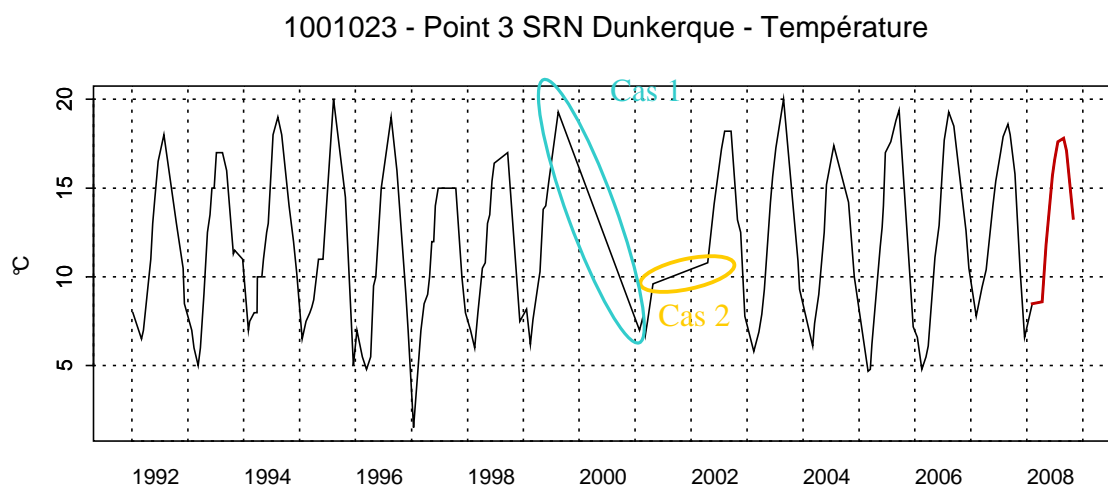
1.4.14. Interprétation des figures

Les paramètres hydrologiques mesurés, par exemple, sur la période 1993-2008 sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières. Elles représentent la distribution des valeurs pour chaque mois, pour l'ensemble de la période considérée. Les valeurs extrêmement faibles ou fortes sont indiquées par l'année où le phénomène s'est produit (exemple : au mois de février 2008, la valeur de la température fut exceptionnelle en baie de Somme).

3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



Le deuxième type de graphique illustre l'évolution du paramètre considérée à long terme, de 1992 à 2008. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge. Attention : lors de l'absence de données sur un graphique, les points sont reliés par un trait, ce qui peut être trompeur quant à l'interprétation de l'évolution du cycle à long terme (exemples : cas 1 → forte chute due à l'absence de données entre le début de l'hiver 1999 et le milieu de l'hiver 2001, et cas 2 → période apparemment stable en raison de l'absence de données du printemps 2001 au printemps 2002).



Pour certains paramètres, les paramètres de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2008 sont synthétisés dans un tableau. Ces paramètres sont :

Min : minimum
 Q1 : premier quartile
 Moy : moyenne
 Med : médiane
 Q3 : troisième quartile
 Max : maximum
 n : nombre de donnée

2. Hydrologie

2.1. Dunkerque

Pour des raisons météorologiques et techniques, les prélèvements du 18/03 (DK3 et DK4), du 11/04 (DK4), du 21/04 (DK3 et DK4), du 28/04 (DK3 et DK4) et du mois de novembre et décembre n'ont pu être effectués. Au total, 12 campagnes de prélèvements ont été réalisées.

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 4 et 5). Dès le mois d'avril, la température augmente et atteint son maximum à la fin du mois d'août (18,0 °C à 17,7 °C des points 1 à 4). A partir de septembre, la température commence à diminuer (Annexe 2 et Tableau 2).

Il existe globalement un faible gradient de température entre la côte et le large. Ce gradient varie de -1,1 °C à 0,9 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver.

Pour la période 1992-2008, les valeurs de température sont particulièrement fortes du mois de février au mois d'avril (Figure 5).

Tableau 2. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	1,00	8,00	11,85	11,00	16,00	20,20	185
DK3	1,50	7,93	11,60	11,00	15,15	20,00	174
DK4	2,00	8,00	11,74	11,15	15,00	22,00	166

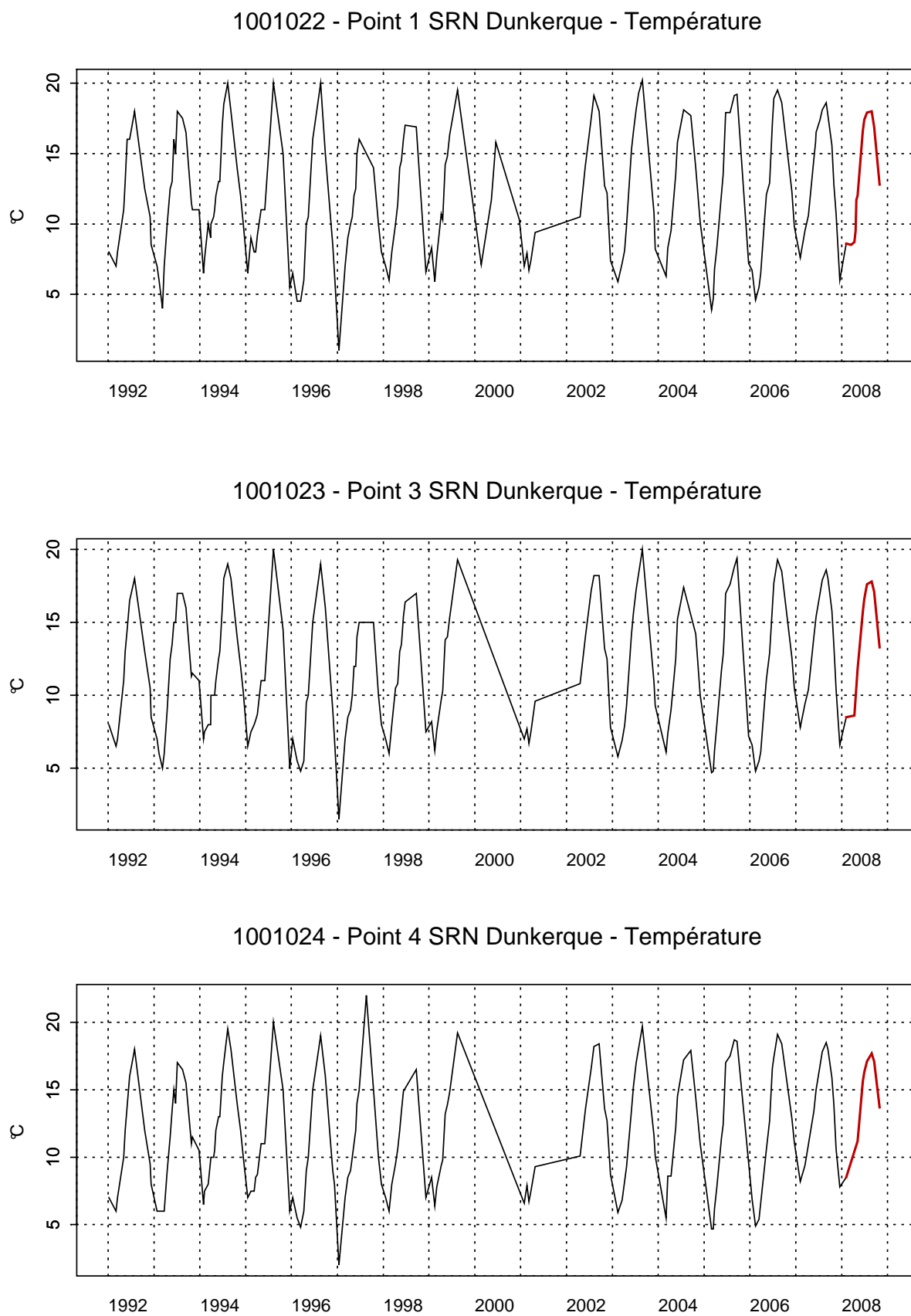
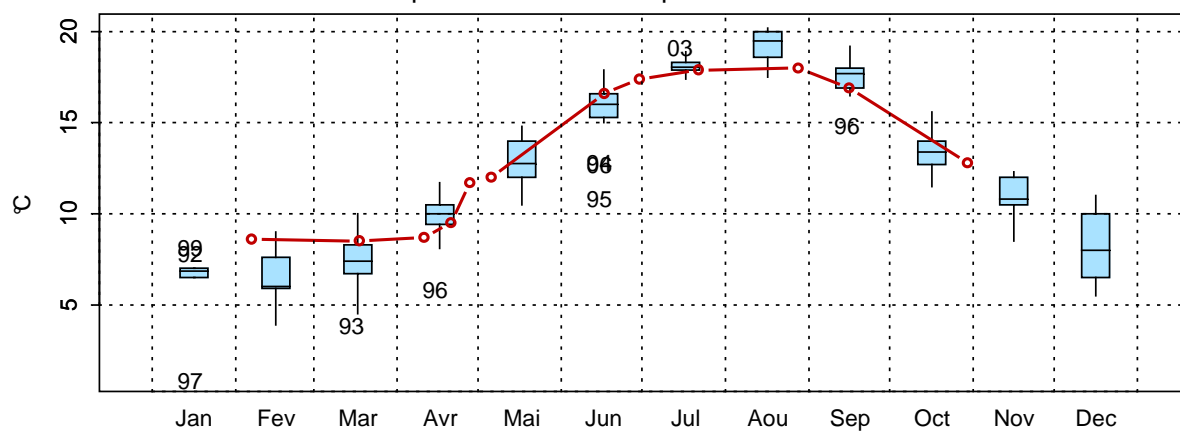
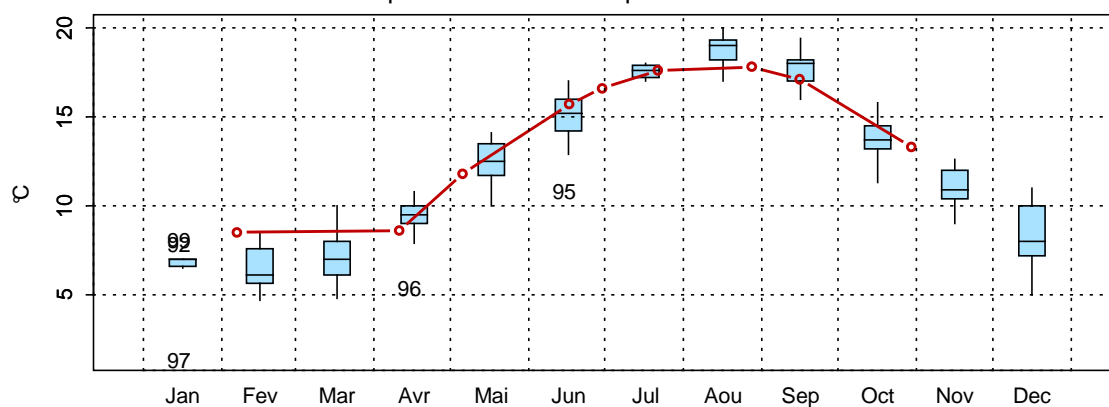


Figure 4. Évolution de la température (°C) pour les trois points de la radiale de Dunkerque (1992-2008)

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

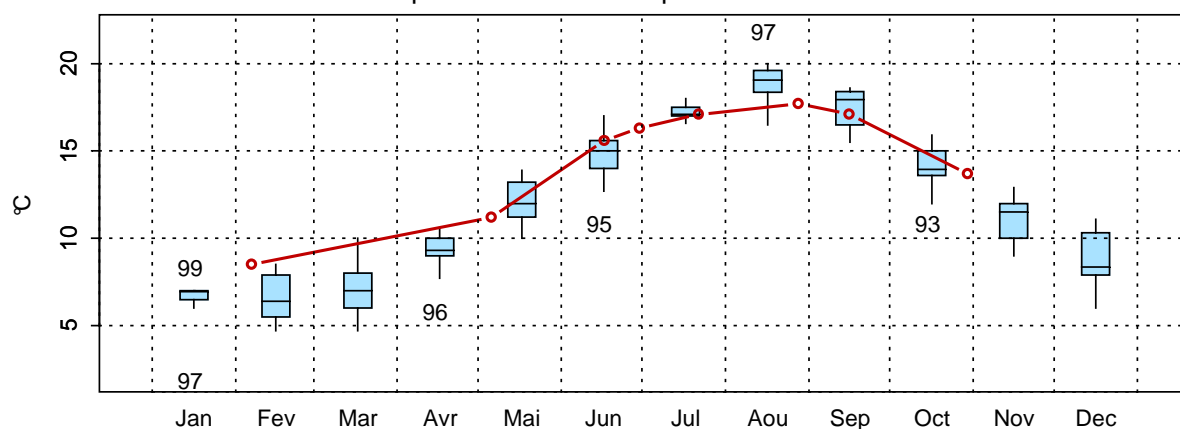


Figure 5. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 6). Elle est comprise entre 32,4 et 34,9 au point 1, entre 33,7 et 35,1 au point 3 et entre 33,8 et 35,1 au point 4.

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

Le gradient côte - large de salinité est compris entre -0,2 et +0,5.

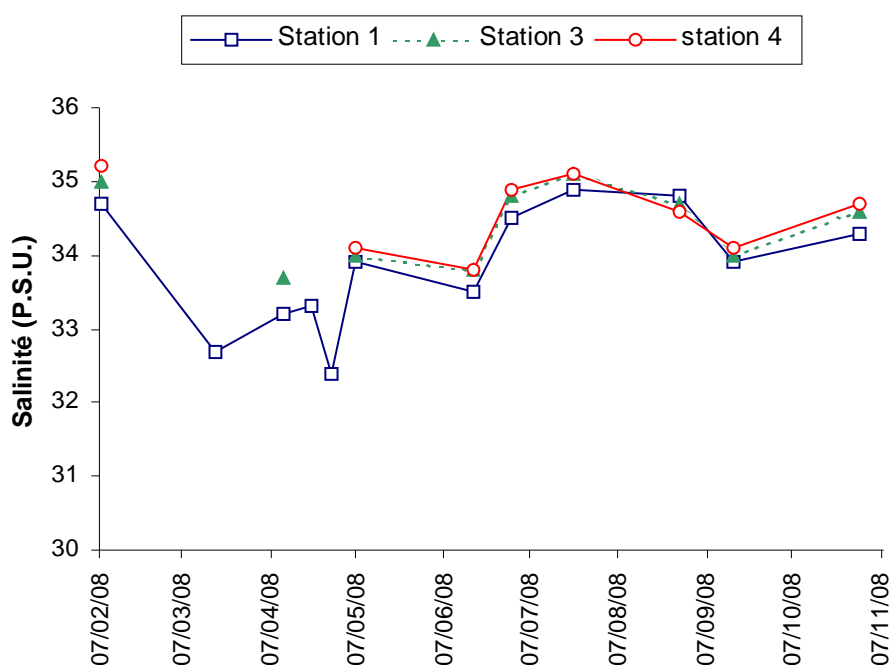


Figure 6. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U) sur la radiale de Dunkerque

L'évolution de la turbidité est relativement comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.) (Figures 7 et 8).

Le minimum est mesuré pendant la période estivale et le maximum l'est en fin de cycle (période hivernale et automnale). Cette année, on n'observe pas d'« anomalie » liée à des processus hydrodynamique et météorologique non abordables à cette échelle d'observation

La turbidité est maximale au point 1 (6,90 N.T.U.) le 30/10/08 et minimale le 17/06 au point 4 (0,66 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés, respectivement, au point 1 (15,60 mg/L) le 11/04 et au point 4 le 22/07 (1,10 mg/L).

Les différences de turbidité et de M.E.S. entre la côte et le large sont comprises, respectivement, entre -4,87 et -1,52 N.T.U. et entre -10,4 mg/L et -2,2 mg/L (Annexe 2).

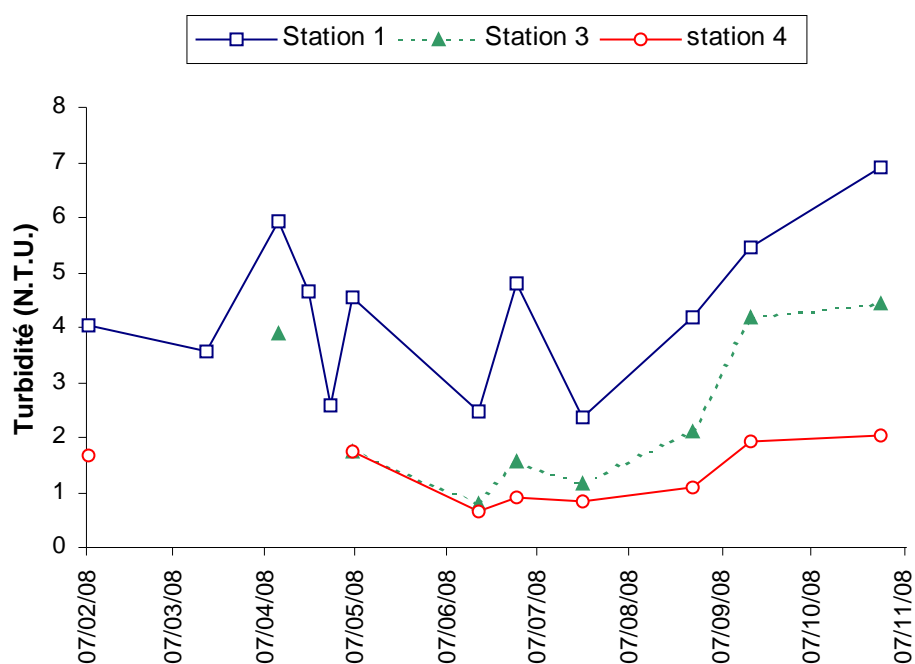


Figure 7. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque

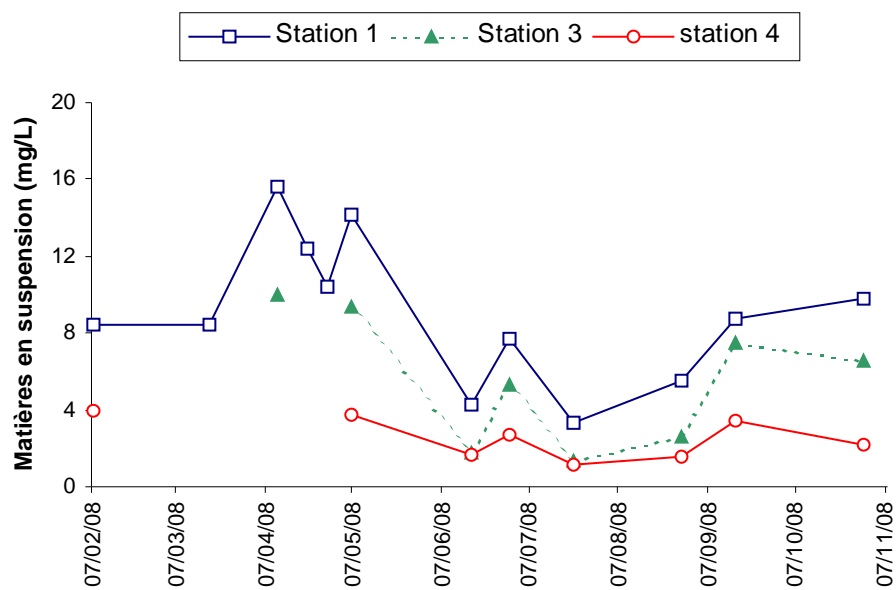


Figure 8. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Dunkerque

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par de faibles valeurs en début de saison (février), pour atteindre un maximum entre avril et juillet (selon les points considérés avec plus de 50 % de M.O. dans les MES) avant de revenir progressivement à des niveaux comparables au début de cycle (< 30 %) (Figure 9).

L'augmentation au cours des mois de mars à juin correspond à une production de biomasse organique liée au développement du phytoplancton, d'où l'augmentation durant la même période de la concentration en chlorophylle *a* ; ceci se vérifie également avec l'augmentation de matière organique enregistrée en septembre lors du bloom automnal (Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre 6,9 % et 66,2 %.

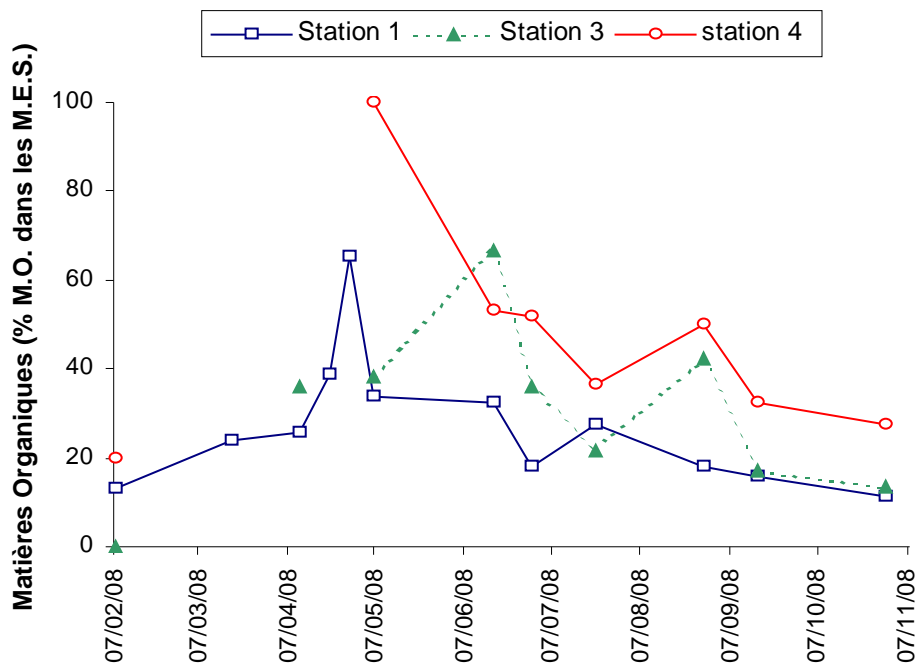


Figure 9. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque

*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 10 à la figure 21 ceci afin de faciliter l'interprétation.*

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier majeur généralisé, de la côte vers le large (22,44 µg/L le 11/04 au point côtier) et un bloom secondaire (maximum de 8,76 µg/L le 30/06 au point 1) caractéristiques des systèmes tempérés (Figures 10 & 11) (Annexe 2 et Tableau 3).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement faibles aux mois de février et juillet (Figure 11).

Tableau 3. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,24	2,55	7,45	5,01	9,25	51,70	200
DK3	0,26	2,04	5,78	3,70	7,37	31,00	189
DK4	0,05	1,51	4,03	2,70	4,76	29,20	181

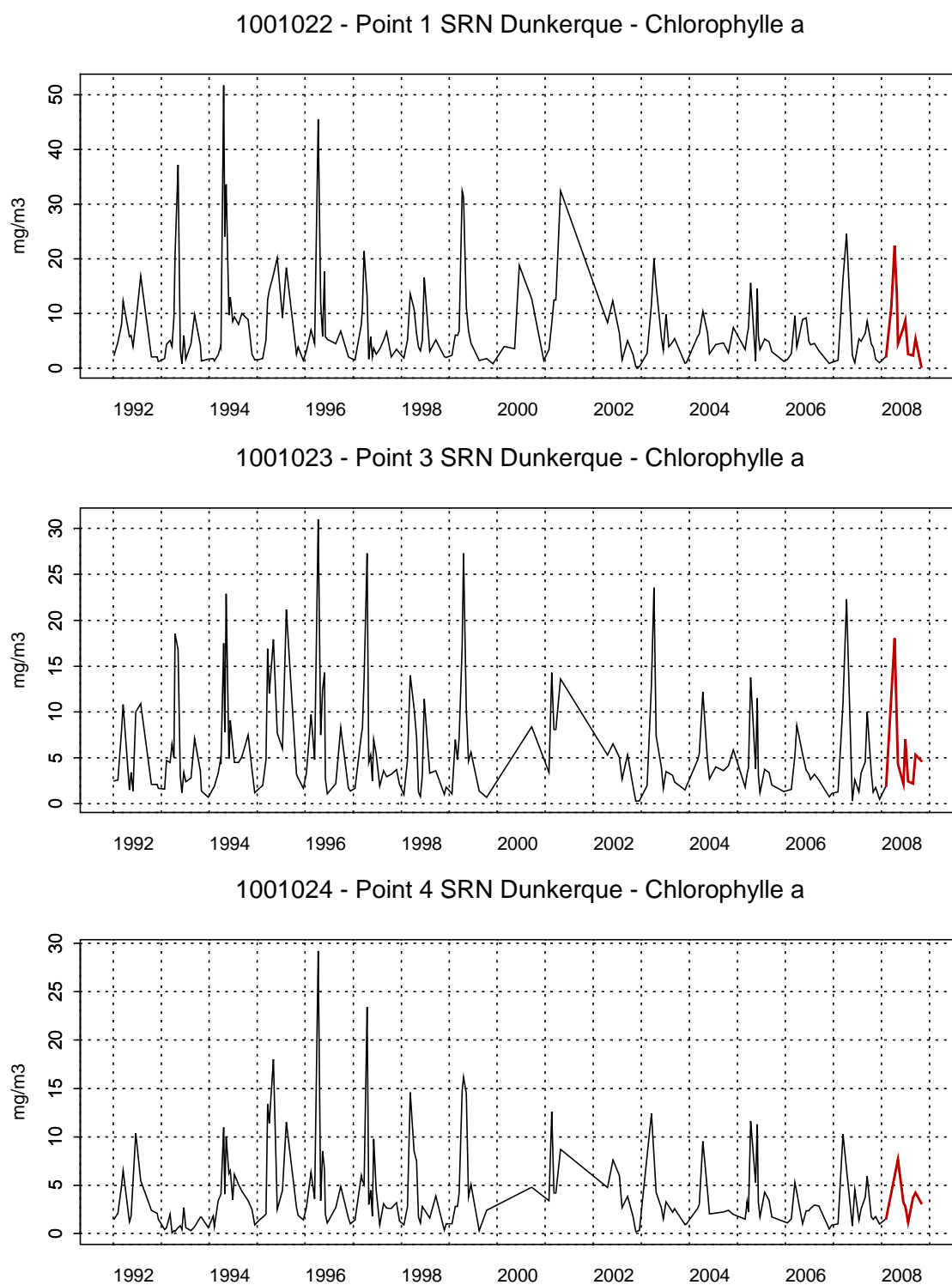
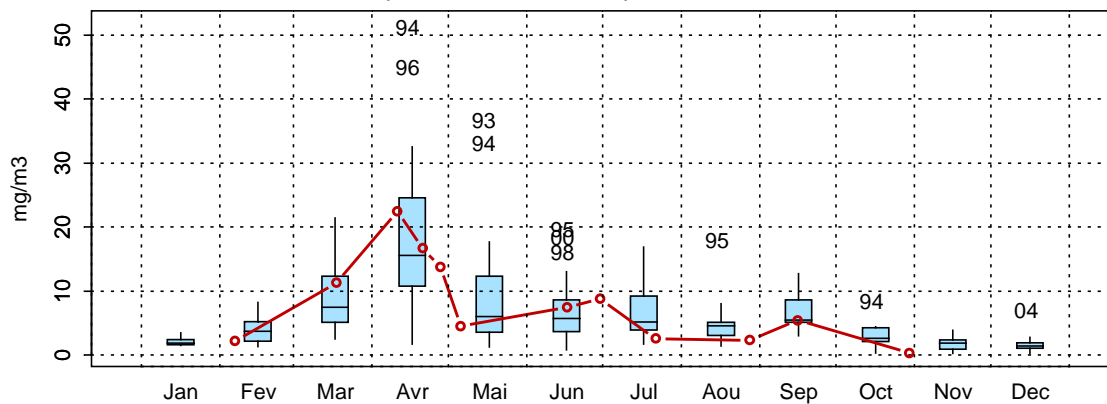
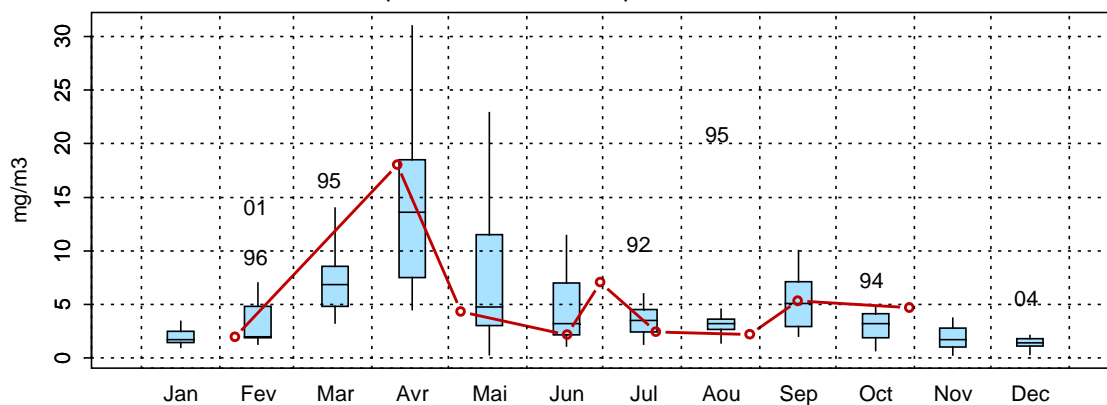


Figure 10. Évolution de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

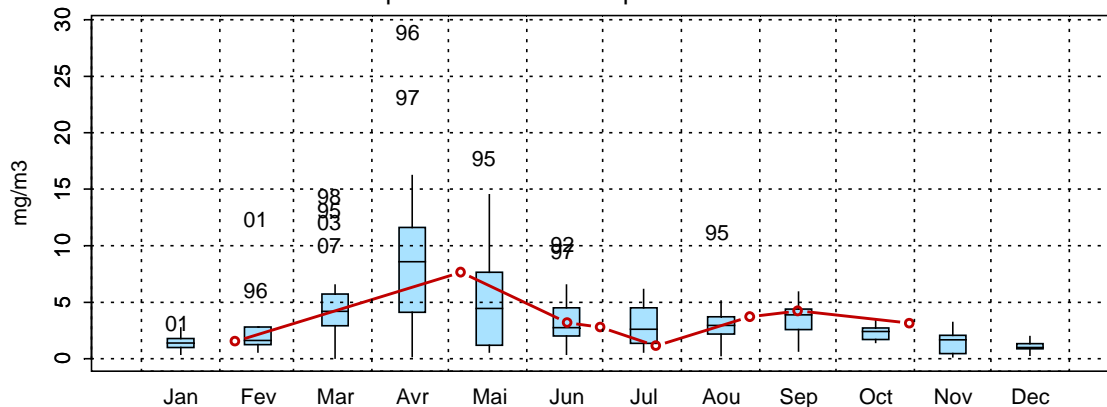


Figure 11. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique (Figures 12 et 13). On observe les concentrations les plus faibles d'avril à juin et les plus élevées durant la période estivale et hivernale (Annexe 2). L'évolution de la concentration de l'ammonium en 2008 est caractérisée par des minima d'avril à juin avec des valeurs inférieures au seuil de détection ($0,15 \mu\text{mol/L}$), puis une augmentation progressive des concentrations pour atteindre le maximum à la fin du mois d'octobre ($3,95 \mu\text{mol/L}$ le 30/10 au point côtier).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles du mois de février au mois de juillet et également en août et septembre seulement pour les points 3 et 4 (Figure 13).

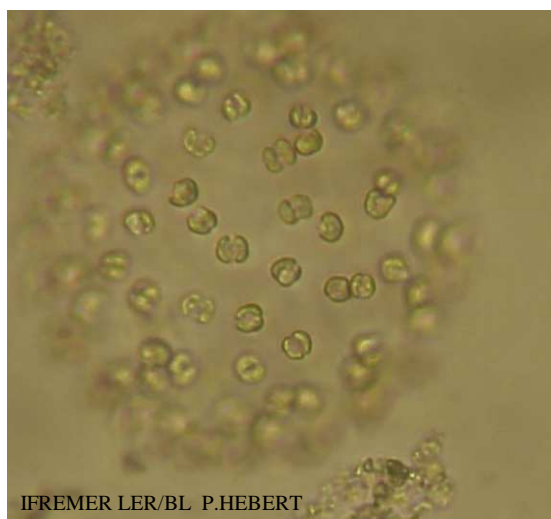
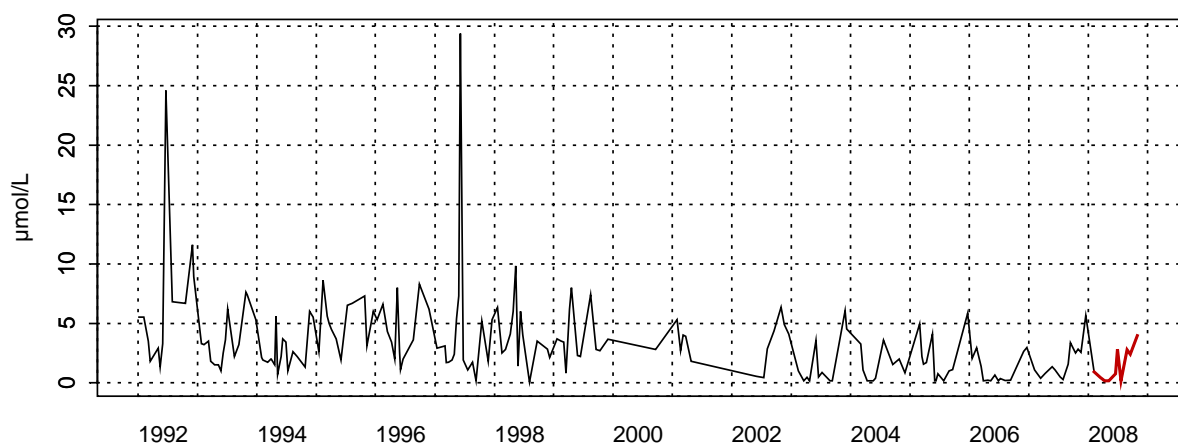
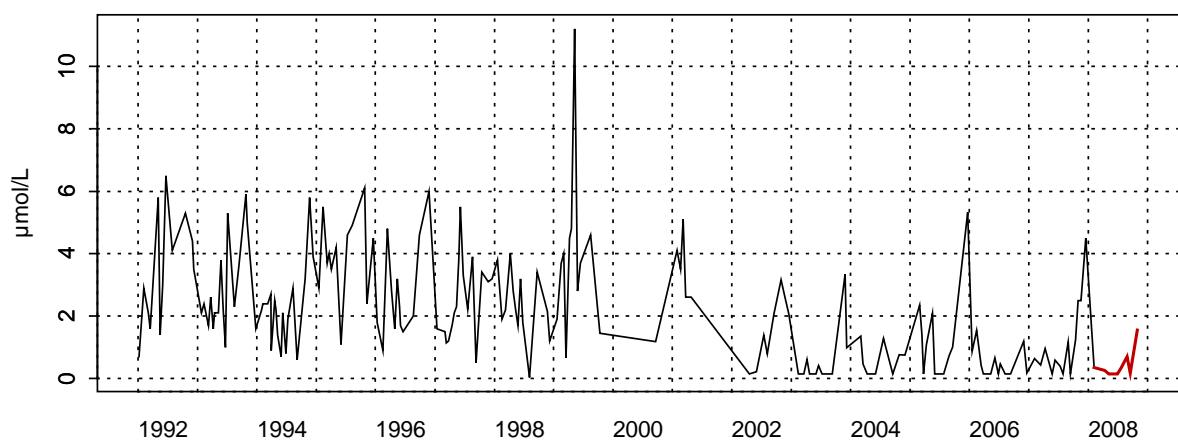


Photo 1. Colonie de *Phaeocystis globosa* (Grossissement X 32)

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Azote ammoniacal

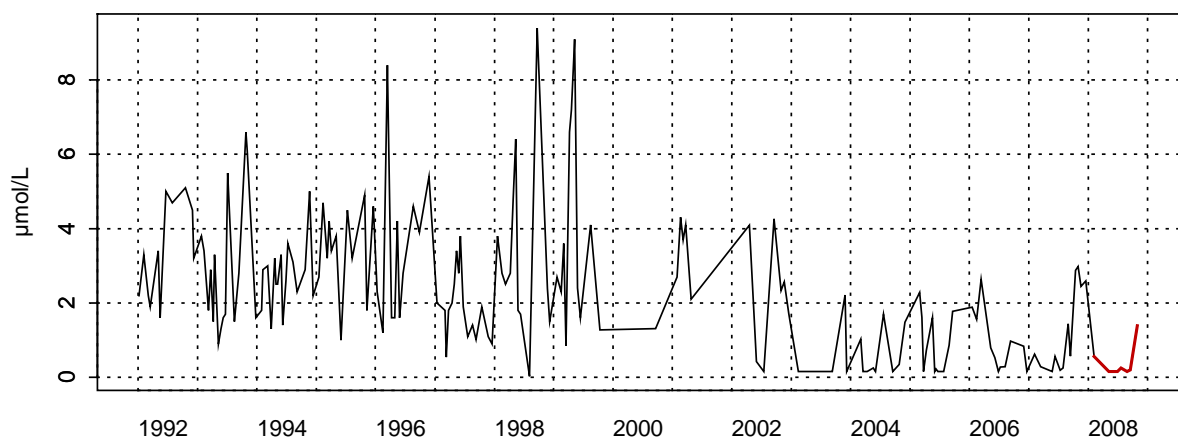
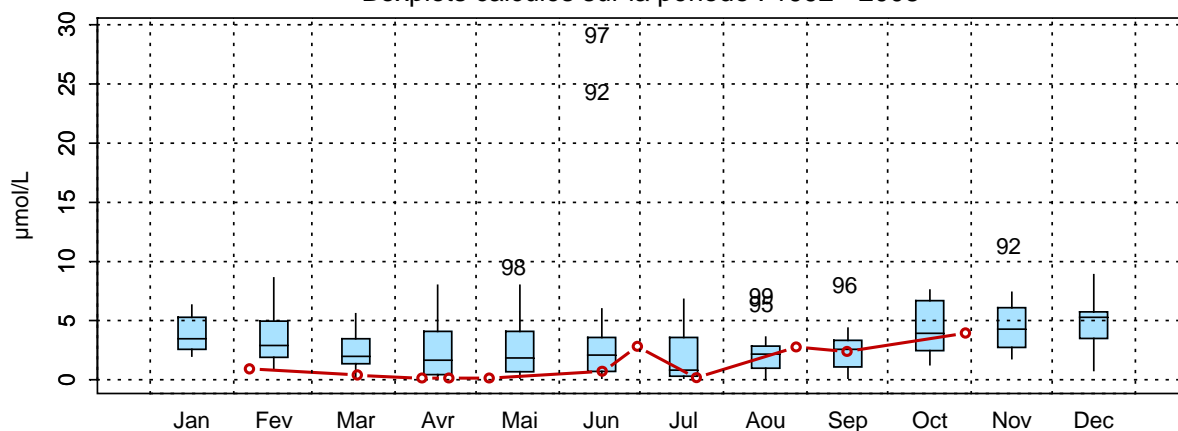
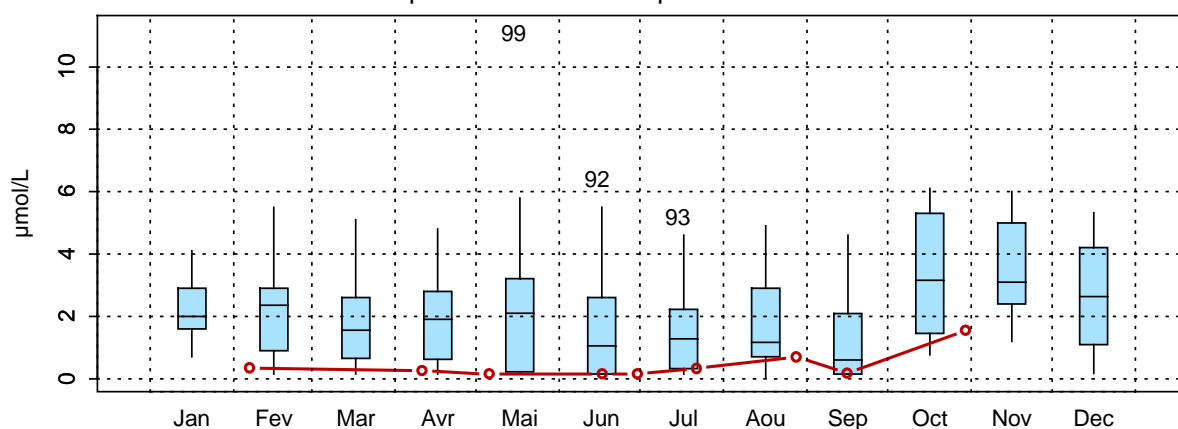


Figure 12. Évolution de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

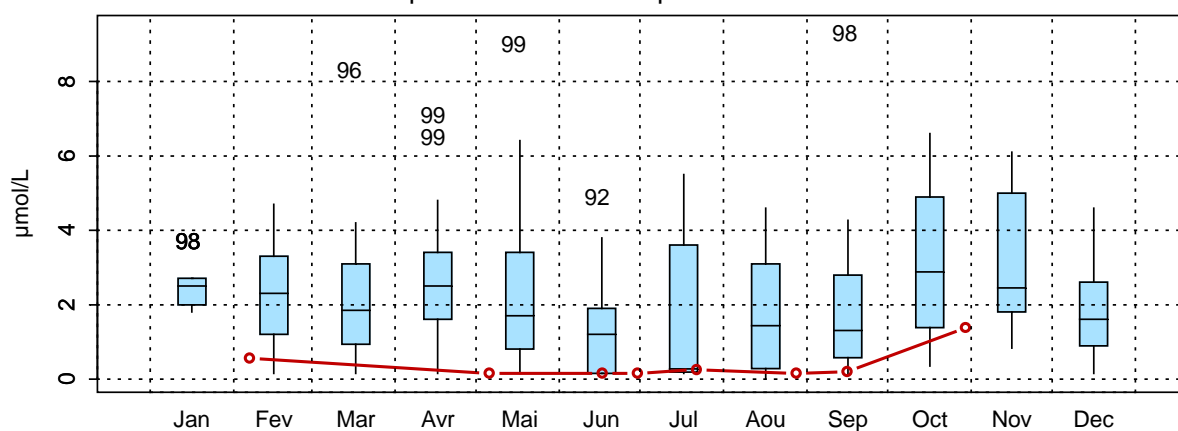


Figure 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium (µmol/L) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

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

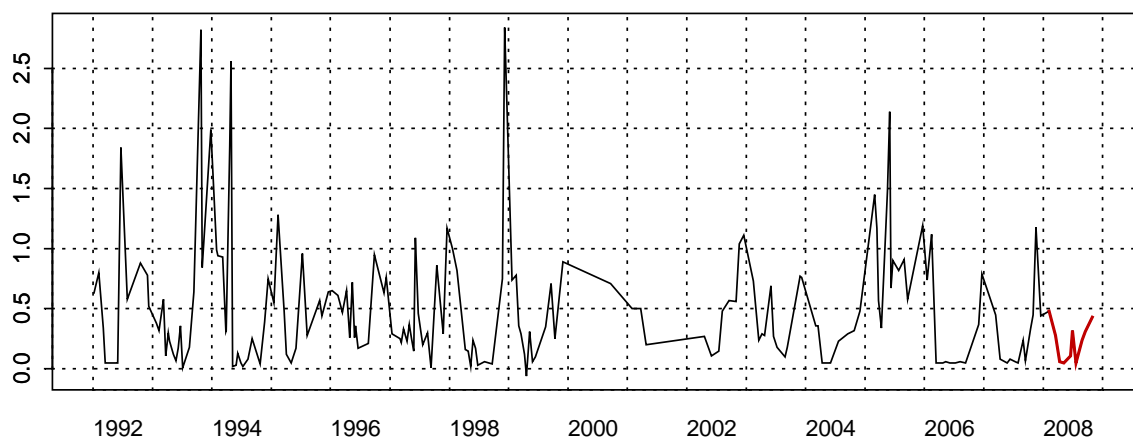
La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates (Figures 14 et 15). Les valeurs sont plus fortes en début d'année où le maximum (0,48 $\mu\text{mol/L}$) au point 1 est atteint le 07/02 puis les valeurs vont chuter et les minima sont mesurés d'avril à août (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05 $\mu\text{mol/L}$) ; la concentration augmente ensuite jusque fin octobre (dernier échantillon disponible) (Annexe 2).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrite sont particulièrement faibles du mois de février au mois de mai (Figure 15).

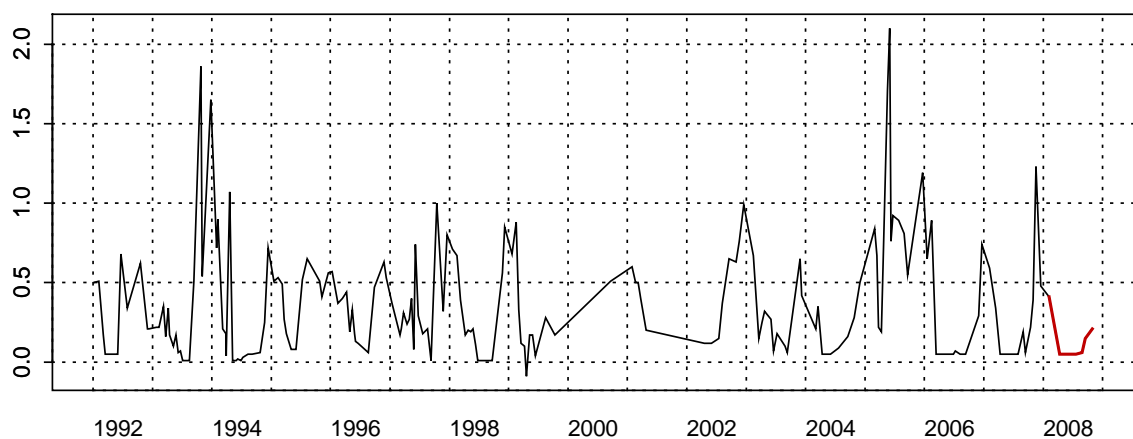


Photo 2. Chaîne d'*Asterionella glacialis* (Grossissement X 20)

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - NO2



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - NO2



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - NO2

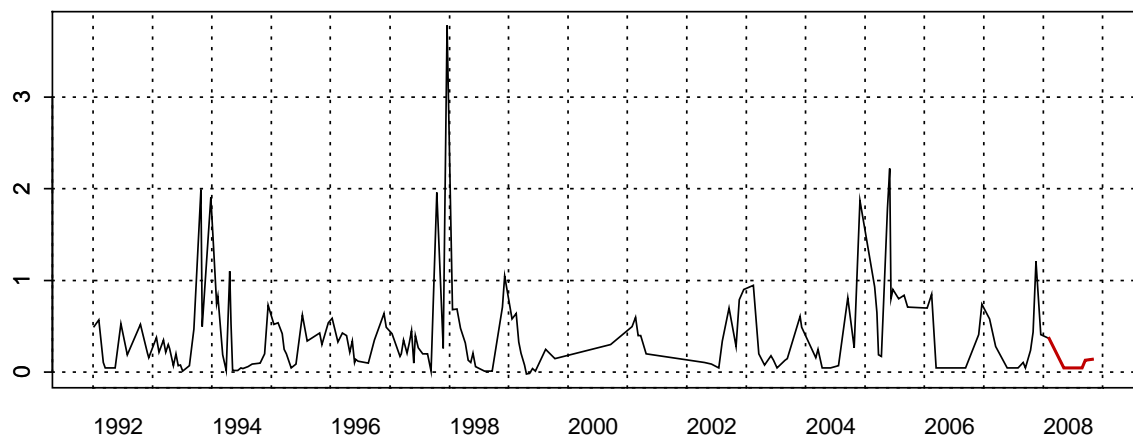


Figure 14. Évolution de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

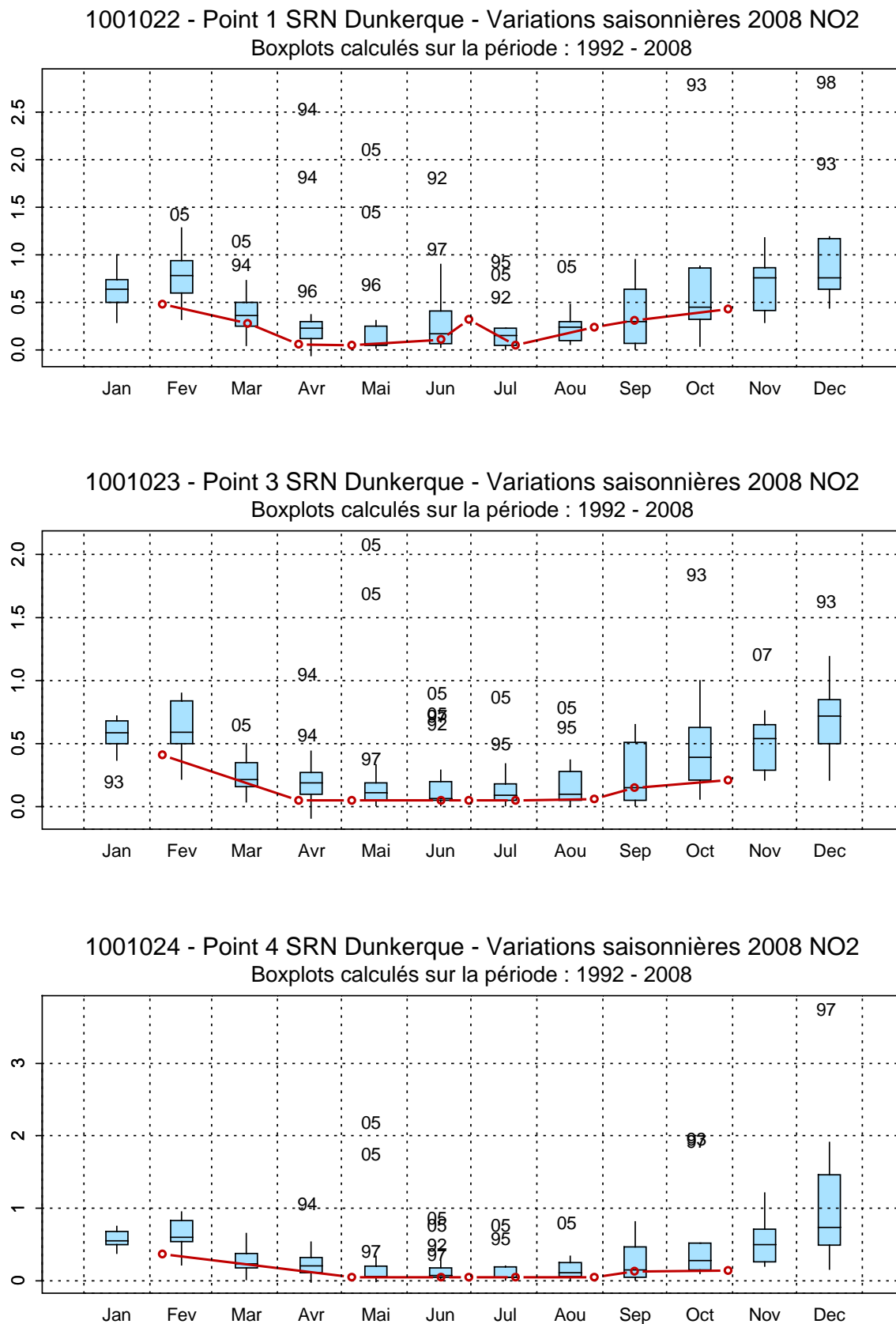


Figure 15. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

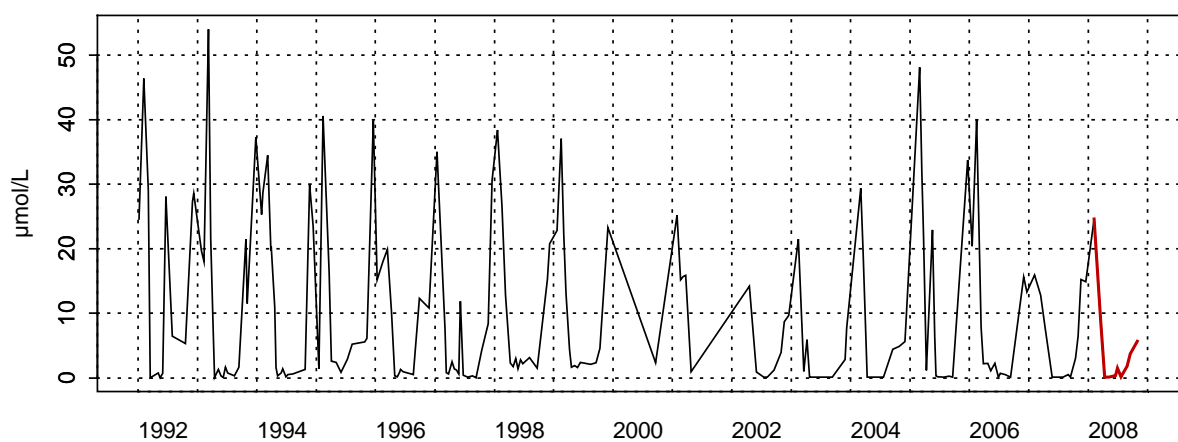
La courbe d'évolution du nitrate est classique (Figures 16 et 17). Les concentrations maximales sont observées en début d'année avec des valeurs supérieures à 17 $\mu\text{mol/L}$ et les concentrations minimales sont observées d'avril à août (Annexe 2 et Tableau 4). La période de février à avril se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en avril, mai et juin ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$). Une nette augmentation est constatée du mois de septembre jusqu'au mois d'octobre.

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrate sont particulièrement faibles du mois de février au mois de juin (Figure 17).

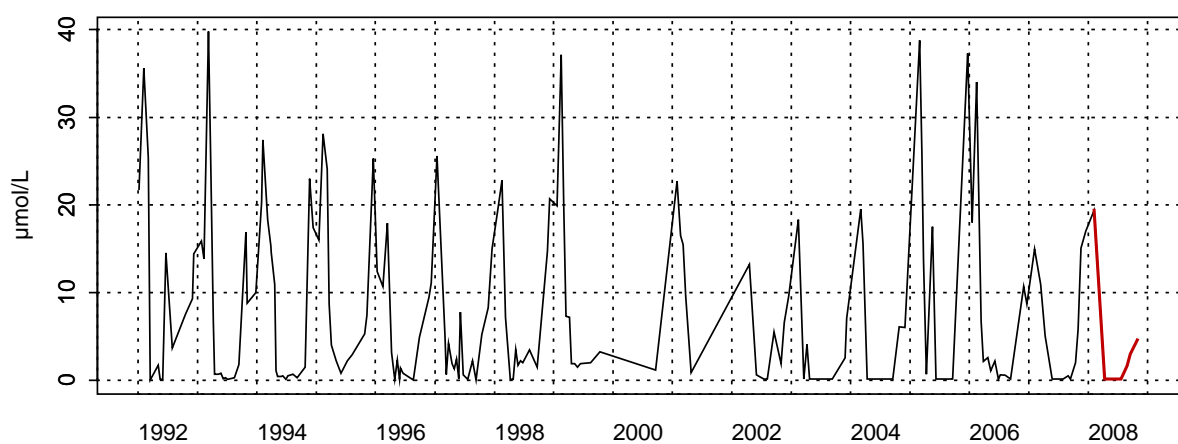
Tableau 4. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,15	0,60	9,44	2,85	15,70	54,00	193
DK3	0,15	0,35	7,48	2,59	13,47	39,80	191
DK4	0,15	0,60	7,06	2,57	11,10	40,64	181

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



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



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Azote nitrique (nitrate)

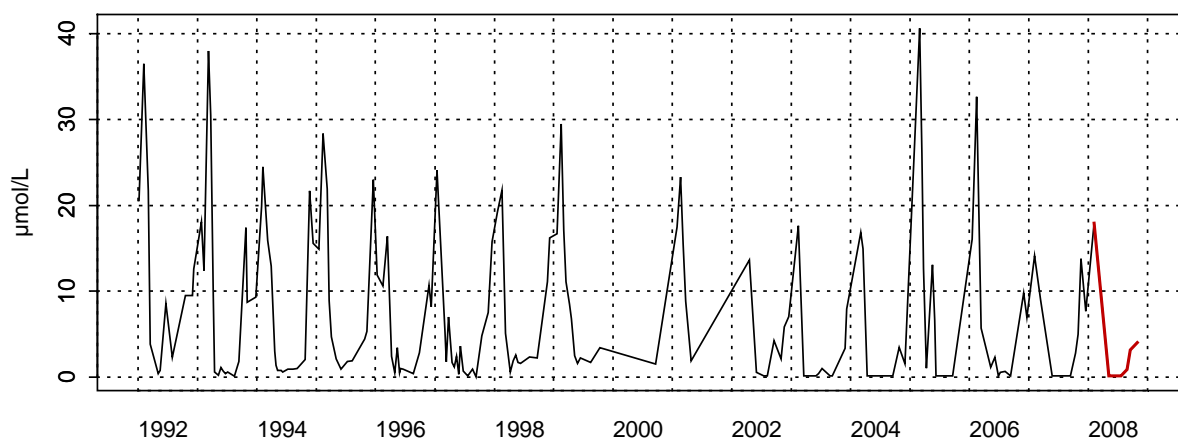
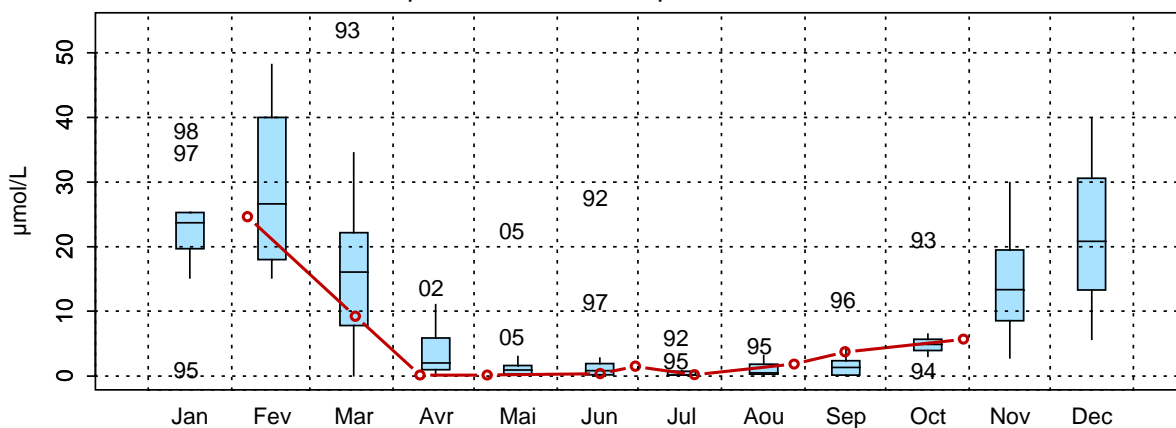
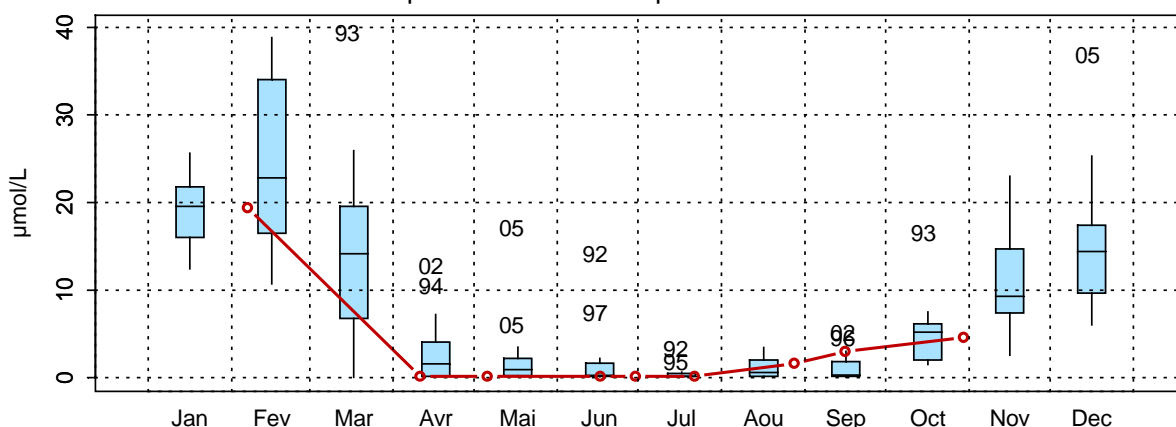


Figure 16. Évolution de la concentration en nitrate (µmol/L) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

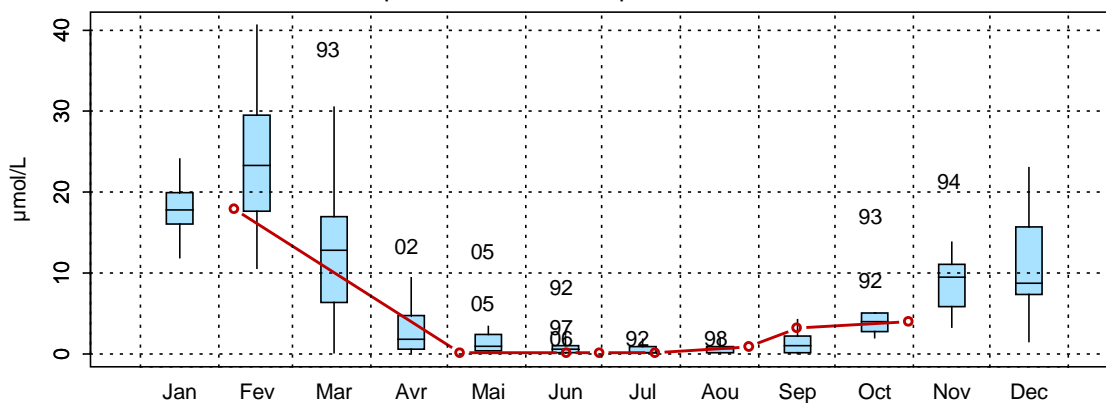


Figure 17. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site (Figures 18 et 19). Elle est marquée dans un premier temps par une chute de concentration du mois de février au mois de mars. Puis, elle est suivie d'une augmentation brutale et atteint le maximum (1,03 $\mu\text{mol/L}$) le 11/04 au point côtier. A partir du mois de mai, on note une oscillation de la concentration pour atteindre le minimum le 16/09 avec 0,11 $\mu\text{mol/L}$ au point 4. A partir de cette date, on note une augmentation progressive (Annexe 2 et Tableau 5).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en phosphate sont particulièrement faibles aux mois de février et mars et fortes du mois d'avril au mois d'août (Figure 19).

Tableau 5. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,05	0,30	0,70	0,50	0,90	9,80	194
DK3	0,05	0,20	0,53	0,47	0,80	2,00	190
DK4	0,05	0,20	0,53	0,45	0,80	2,69	181

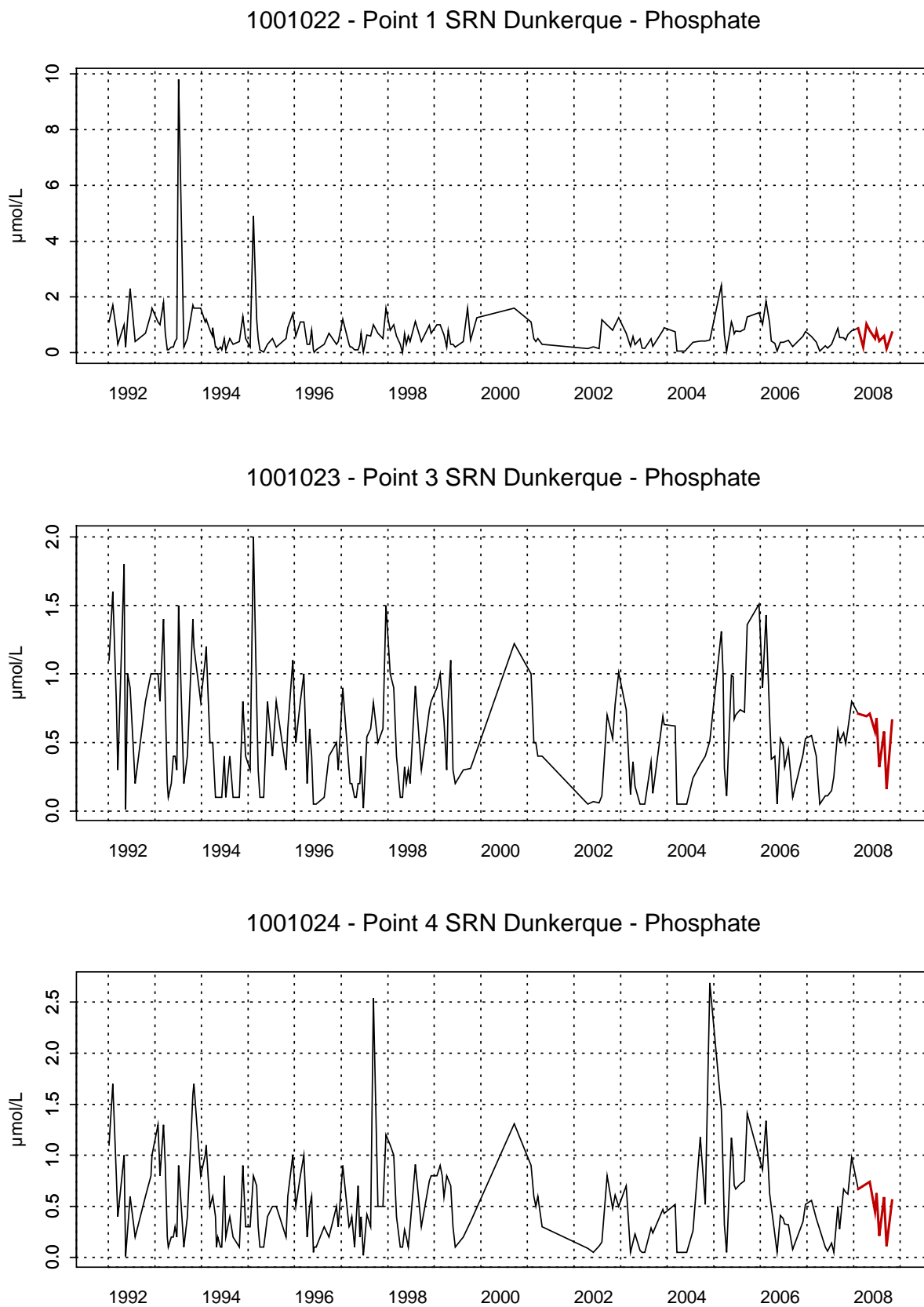


Figure 18. Évolution de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

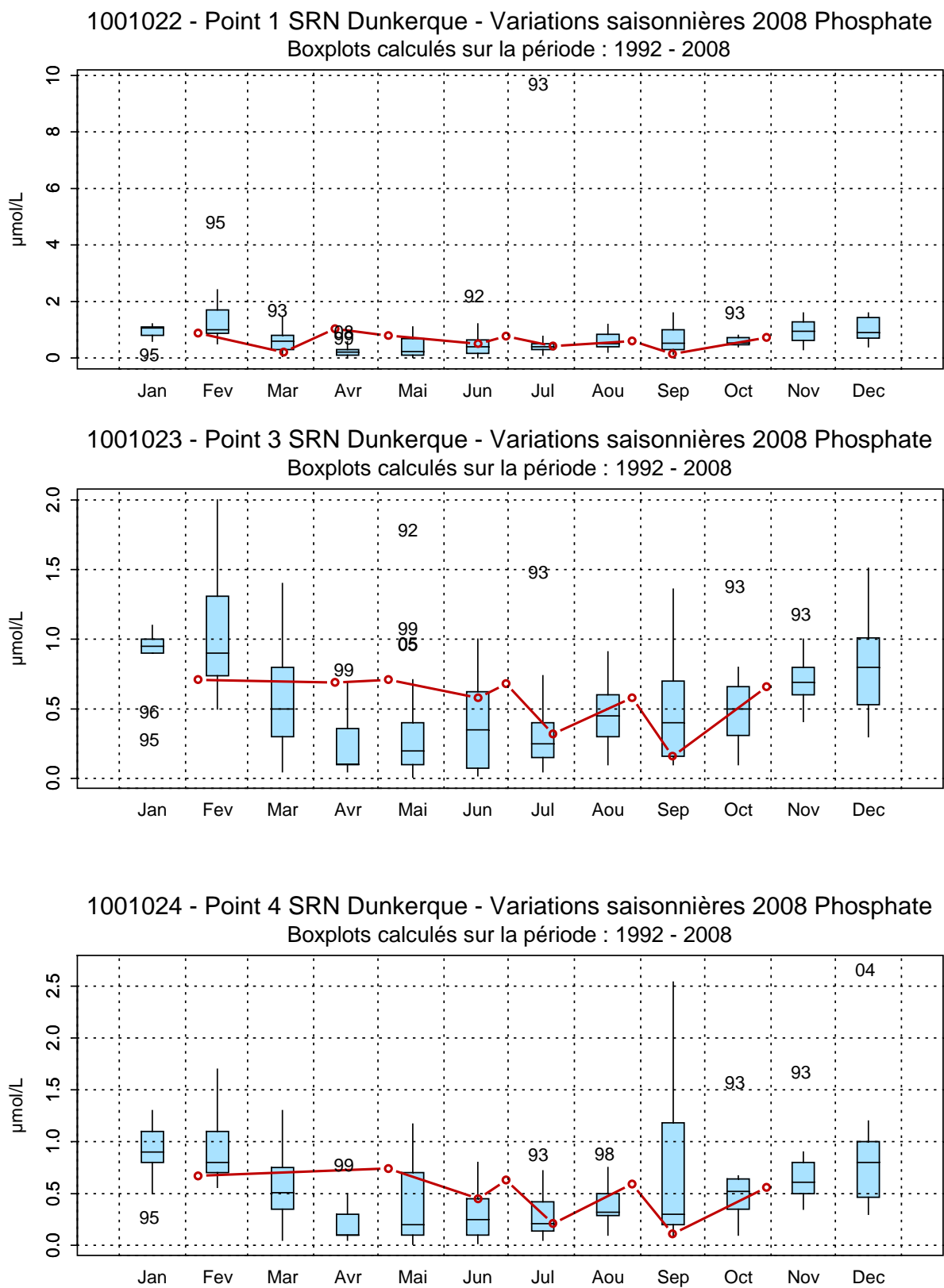


Figure 19. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

En 2008 et conformément aux autres années, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties (Figures 20 et 21). Les valeurs sont plus fortes en début d'année où le maximum (10,42 $\mu\text{mol/L}$) est atteint le 07/02 pour ensuite diminuer brutalement et atteindre leur minimum, de mars à juin, au niveau du seuil de détection (0,10 $\mu\text{mol/L}$). A partir du mois de juin, les concentrations vont augmenter progressivement (Annexe 2 et Tableau 6).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en silicate sont particulièrement faibles du mois de février au mois de juin et fortes du mois de juillet au mois de septembre (Figure 21).

Tableau 6. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
DK1	0,10	1,19	5,34	3,21	6,78	35,20	194
DK3	0,10	0,51	3,78	1,95	4,78	26,00	190
DK4	0,10	0,61	3,78	2,00	5,70	25,90	182

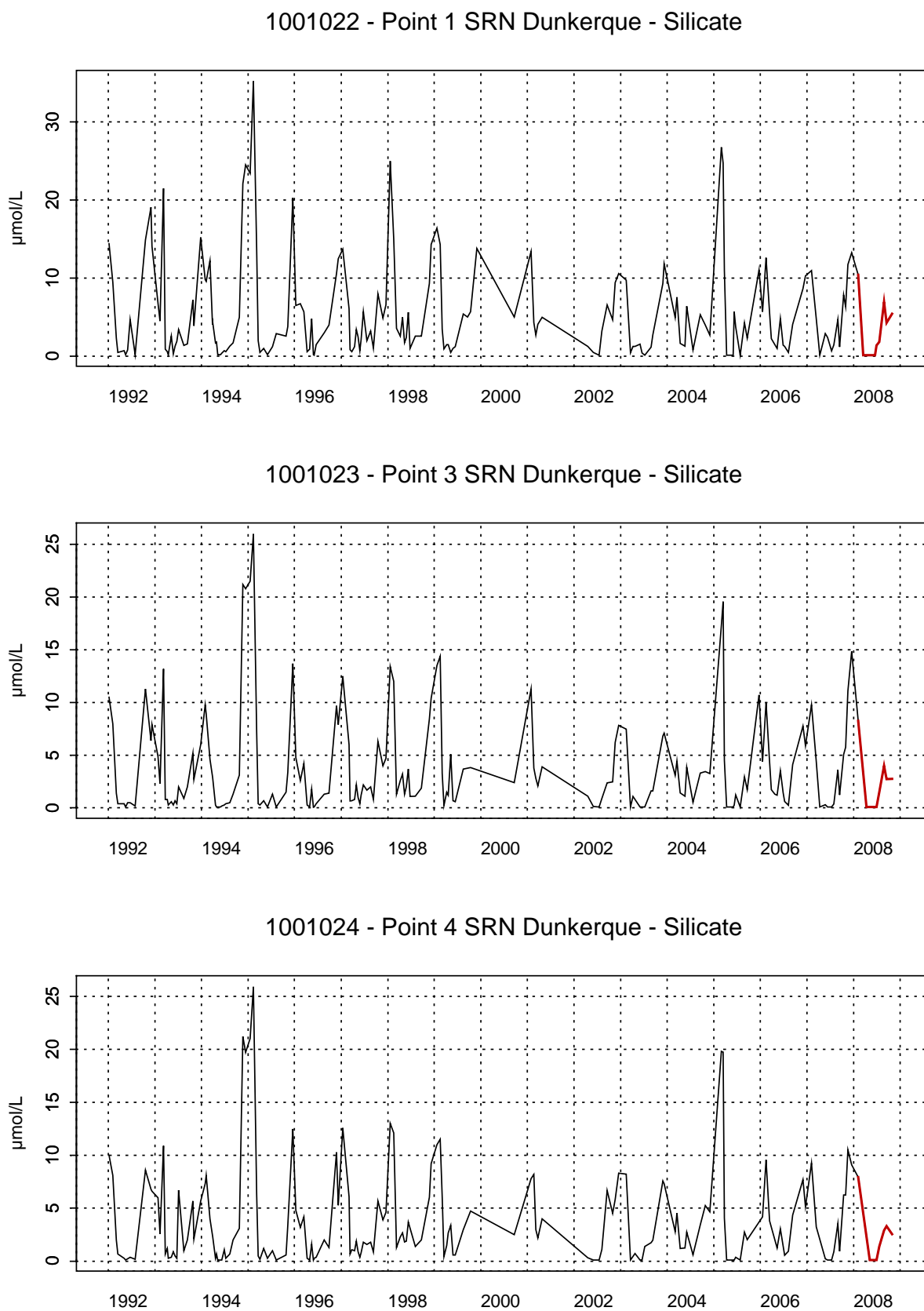


Figure 20. Évolution de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

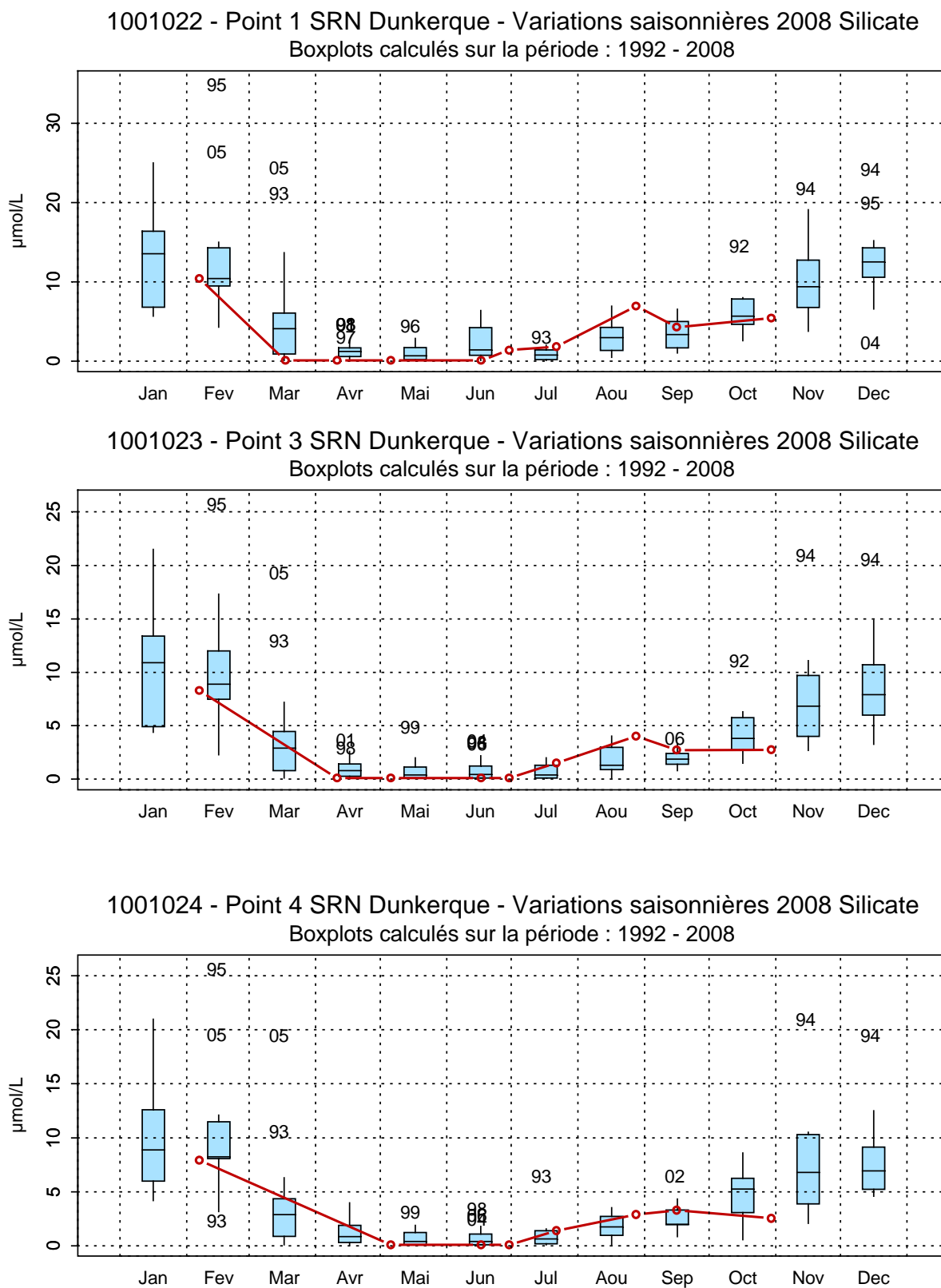


Figure 21. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Dunkerque pour la période 1992-2008

Dynamique de la biomasse phytoplanctonique et des nutriments en 2008

La dynamique d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* et en nutriments peut se décomposer en 5 phases :

(1) En février, la situation est dite hivernale, à savoir que le «stock» de nutriments (nitrate, nitrite, phosphate, ammonium et silicate) est à son maximum et que la concentration en chlorophylle *a* est à son minimum. Les concentrations sont relativement identiques pour les 3 points de prélèvements.

(2) De début février à avril, la concentration en chlorophylle *a* augmente brutalement (maximum 22,44 µg/L au point côtier) est correspond au bloom printanier caractéristique des systèmes tempérés. Parallèlement, on note une diminution (jusqu'au seuil de détection) de la concentration des nutriments. Au large, l'absence d'échantillonnage ne permet pas de mettre en évidence ce premier bloom phytoplanctonique mais les résultats disponibles mettent en évidence des schémas comparables bien que les niveaux de concentration puissent être différents en raison du gradient côte-large.

(3) A la fin du moi d'avril jusqu'à mai, on assiste à la période de post-bloom : les concentrations en chlorophylle *a* et en nutriments sont faibles.

(4) Pendant la période estivale, la dynamique est différente selon le point considéré. Des efflorescences secondaires peuvent être observées en réponse à une production régénérée des nutriments et notamment suite à une augmentation de la concentration en ammonium et en phosphate, énergiquement plus favorable pour une consommation par le phytoplancton.

(5) De septembre à fin octobre, on assiste à la fin du cycle biologique avec une chute de la concentration en chlorophylle *a* et une reconstitution du stock de nutriments par non consommation et par apports externes.

Les concentrations seront plus importantes à la côte qu'au large pour l'ensemble des nutriments observés.

Pour faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des ordonnées des graphiques ne sont pas les mêmes.

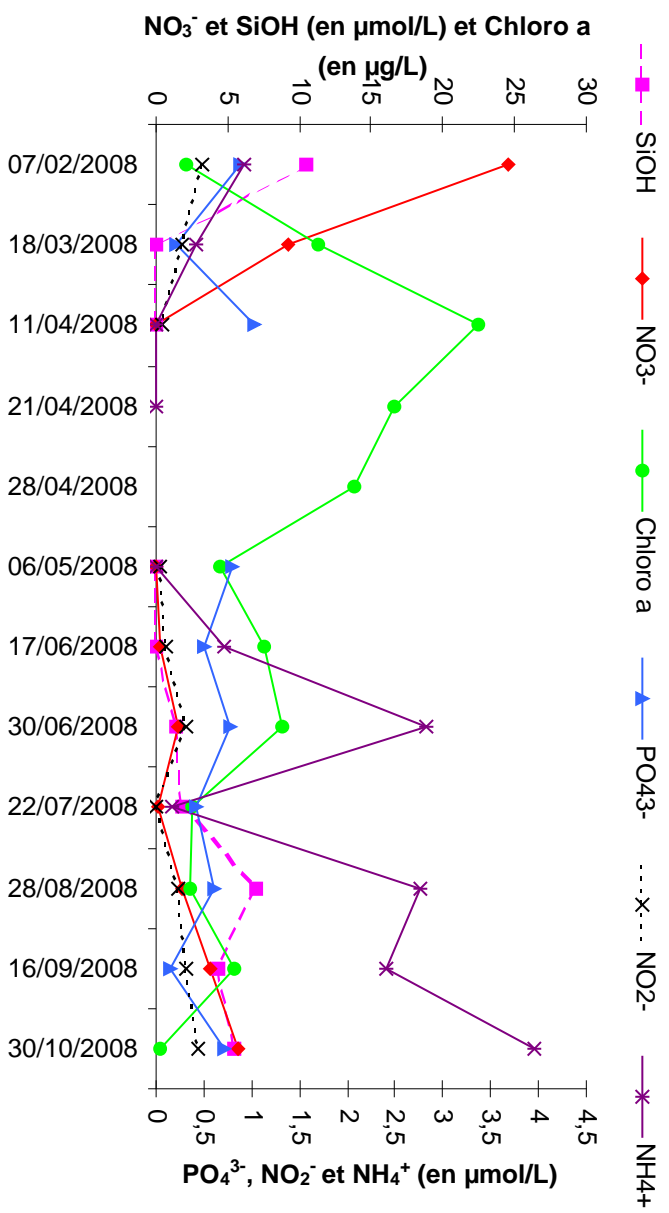


Figure 22. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* ($\mu\text{g/L}$) et des nutriments ($\mu\text{mol/L}$) au point 1 de la radiale de Dunkerque

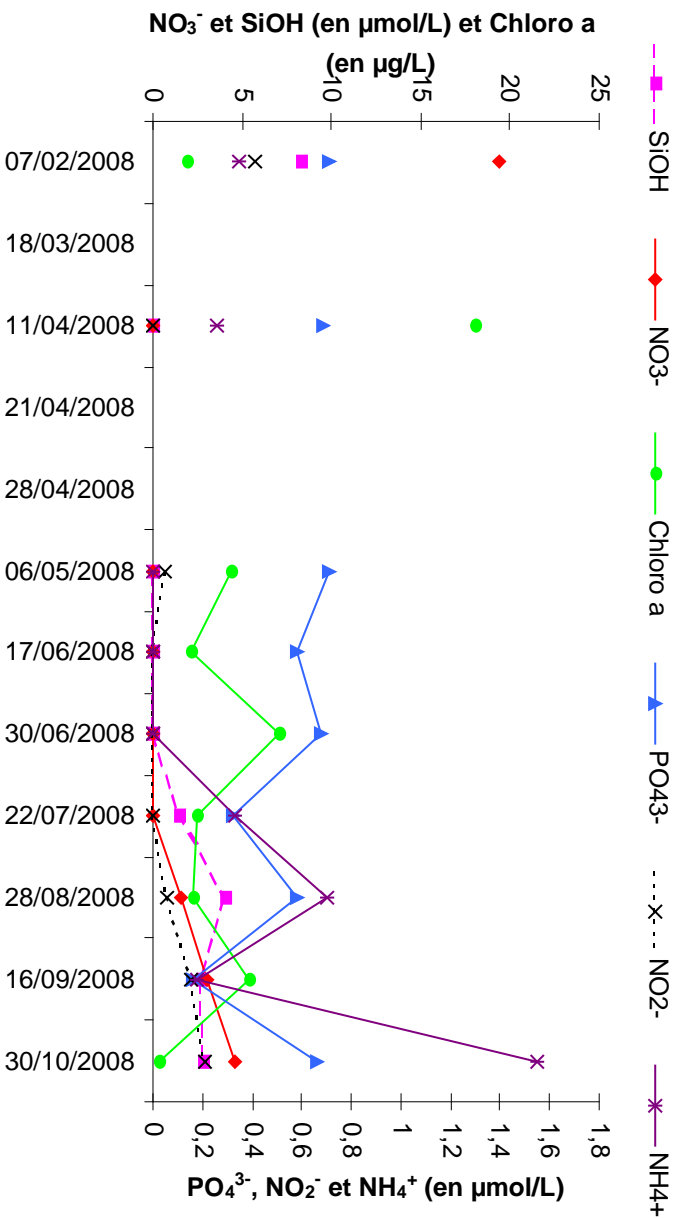


Figure 23. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* ($\mu\text{g/L}$) et des nutriments ($\mu\text{mol/L}$) au point 3 de la radiale de Dunkerque

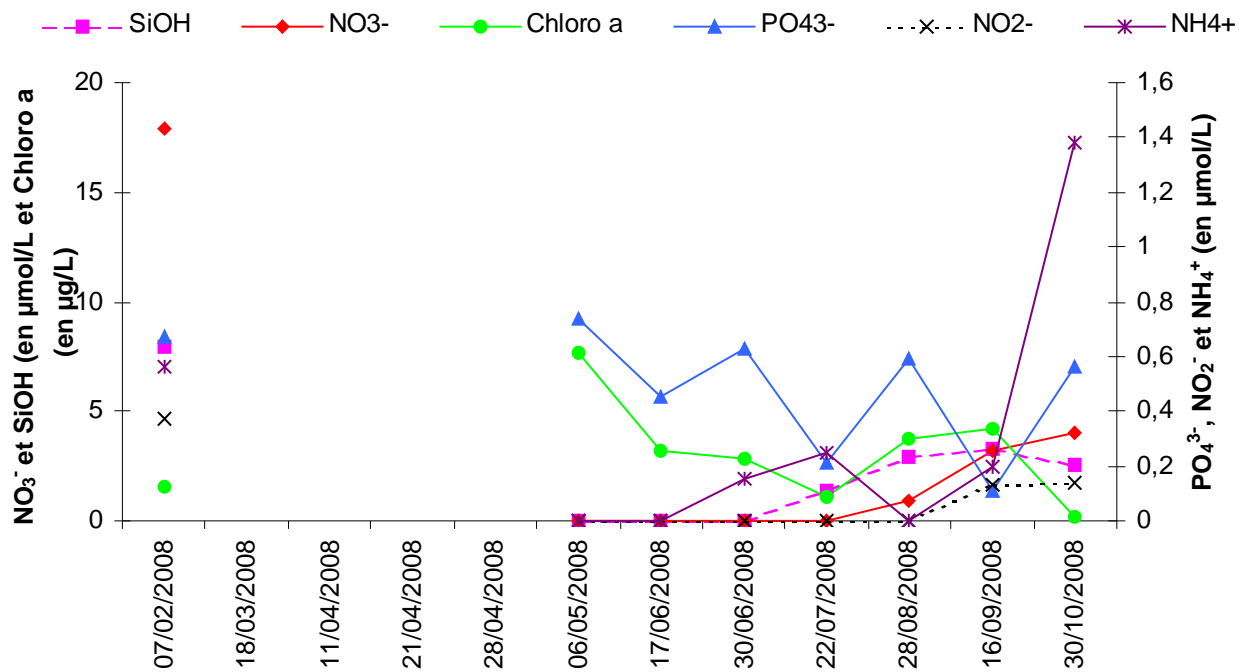


Figure 24. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* ($\mu\text{g/L}$) et des nutriments ($\mu\text{mol/L}$) au point 4 de la radiale de Dunkerque

Le pourcentage d'activité chlorophyllienne est globalement supérieur à 60 %. Le maximum se situe au point 4 avec 87,6 % le 06/05 et le minimum est mesuré au point 1 avec 55,6 % le 28/08.

Le gradient côte-large est compris entre -3,9 % et 12 % (Figure 25).

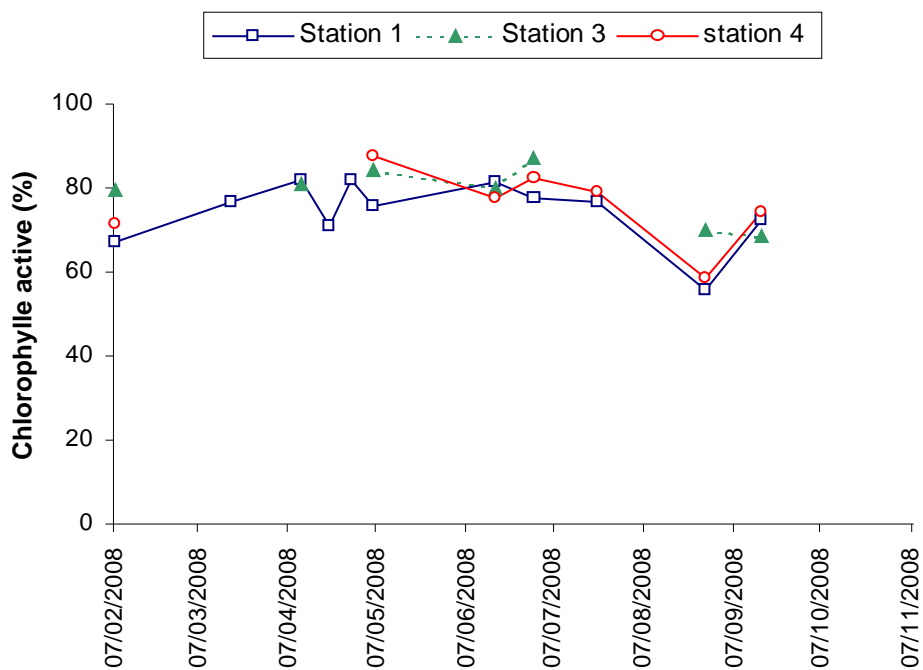


Figure 25. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque

2.2. Boulogne-sur-Mer

Pour des raisons météorologiques et techniques, les prélèvements du 18/03 (BL2 et BL3) n'ont pu être effectués. Au total, 14 campagnes de prélèvements ont été réalisées.

L'évolution des températures est classique d'un système tempéré avec des valeurs faibles en hiver (de 7,5 à 8,0 °C, le 14/02 du point 1 au point 3), suivies d'une augmentation pour atteindre les maxima estivaux (de 18,0 à 17,4 °C, le 29/08 de la côte vers le large). Puis les températures diminuent progressivement pour tendre vers les minima hivernaux (Figures 26 et 27).

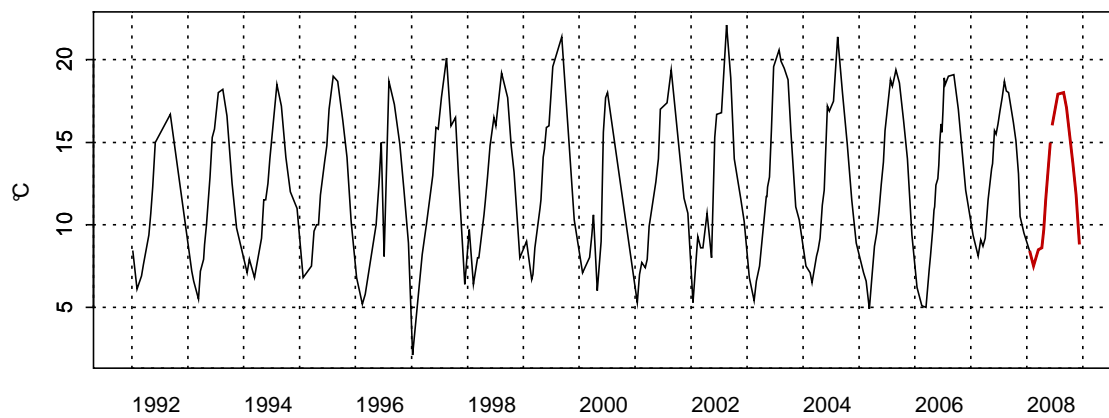
Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large, sauf en été où il varie de -1,1 °C à 0,97 °C. Le gradient est négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et est positif en hiver (Annexe 2 et Tableau 7).

Pour la période 1992-2008, les valeurs de température sont particulièrement fortes du mois de janvier au mois de mars (Figure 27).

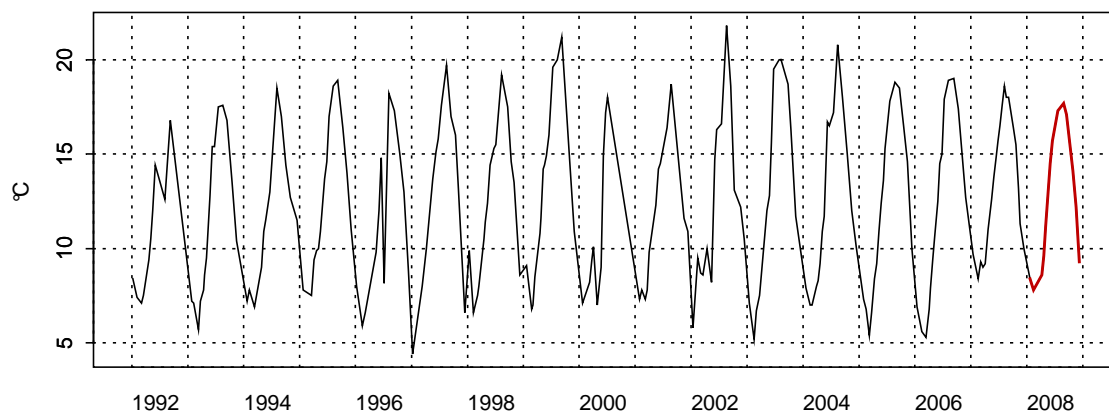
Tableau 7. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de Boulogne sur Mer et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	2,10	8,60	12,43	12,10	16,10	22,10	250
BL2	4,40	8,60	12,29	12,00	15,70	21,80	235
BL3	5,10	9,00	12,32	11,90	15,90	21,80	229

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Température



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Température



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Température

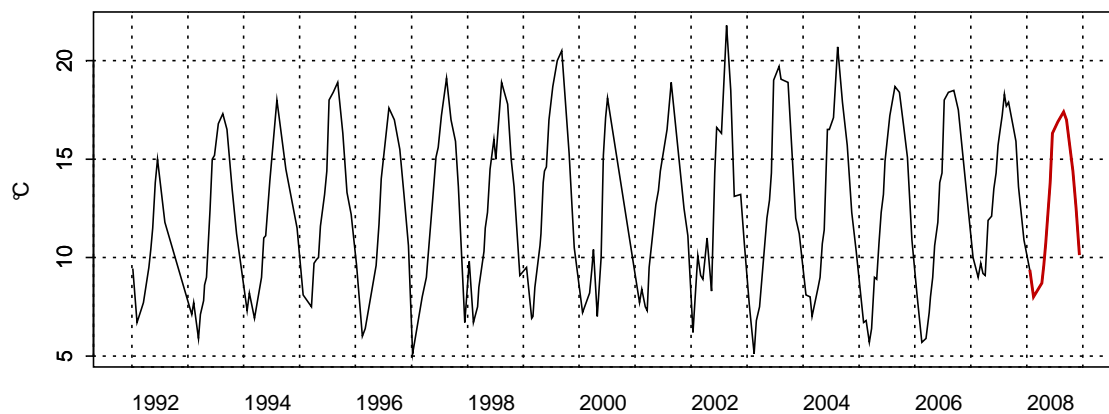
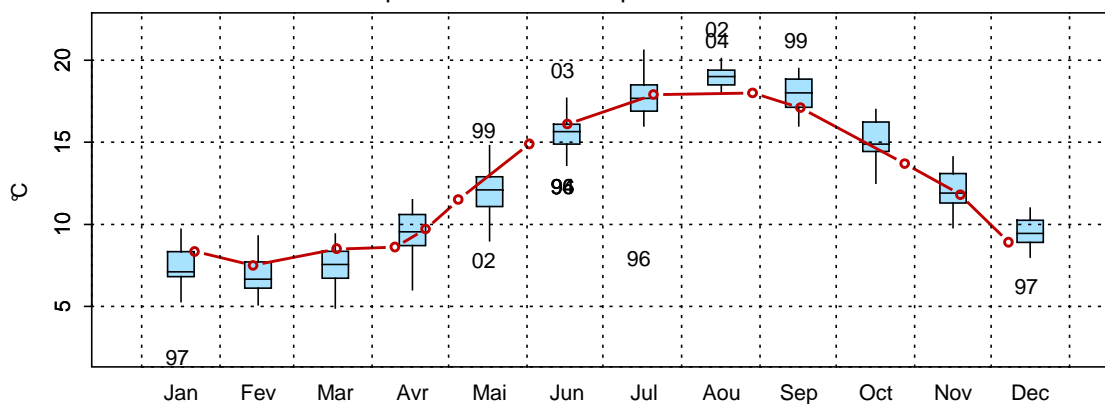
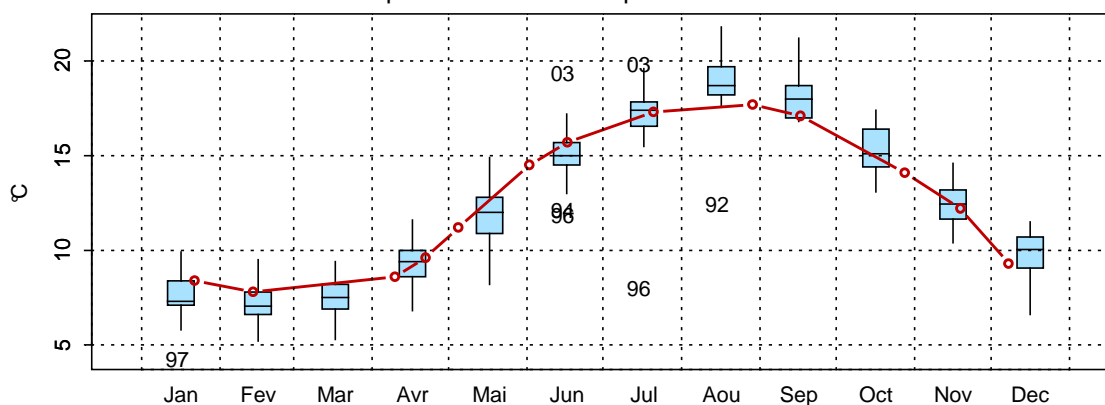


Figure 26. Évolution de la température (°C) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

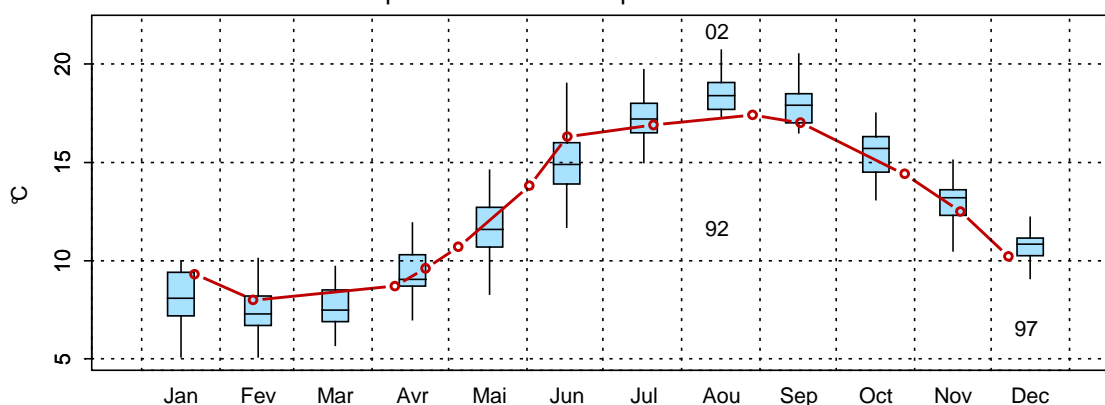


Figure 27. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

La salinité est caractéristique d'un système marin. Elle est comprise entre 33,3 et 34,7 au point 1, entre 33,6 et 35 au point 2 et entre 33,8 et 35,9 au point 3 (Annexe 2).

Les fluctuations observées sont le reflet à la fois de conditions de prélèvements différentes (contraintes liées à la marée) et de situations environnementales différentes (météorologie, courantologie) qui ne peuvent être appréhendées à cette échelle d'observation (Figure 28).

Le gradient côte-large de salinité varie entre -0,2 et 1,3.

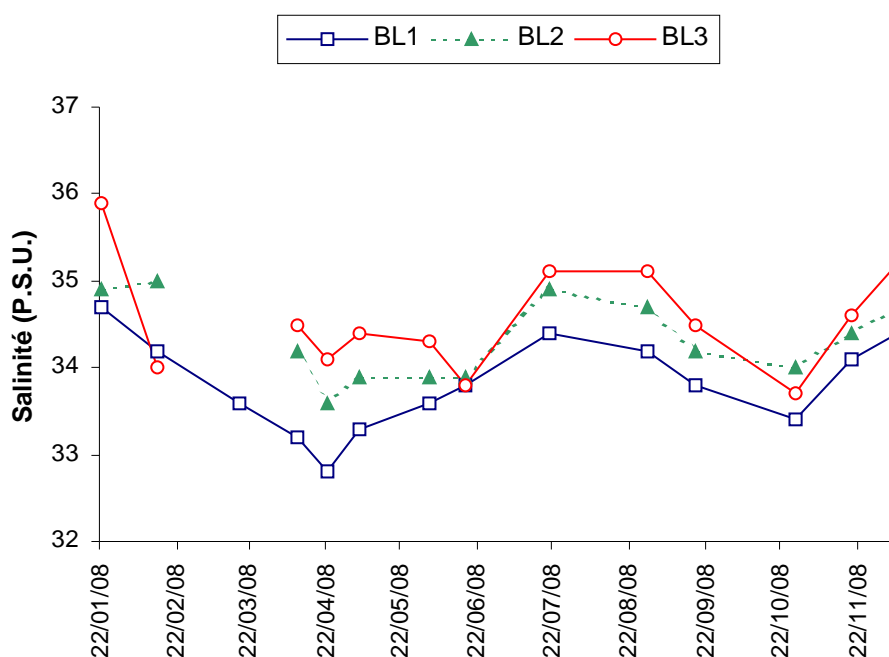


Figure 28. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

L'évolution de la turbidité est relativement comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.) (Figures 29 et 30).

Le maximum est mesuré en début de cycle (période hivernale) et le minimum l'est pendant la période estivale (Annexe 2). Cependant, on observe quelques « anomalies » par rapport à ce schéma.

Ces événements ne sont le reflet que de phénomènes à plus haute fréquence, réponse du milieu aux conditions courantologiques et/ou météorologiques. Par exemple, le 18/03, l'atténuation de l'intensité du courant par un vent contraire à la dérive résiduelle provoque une chute de turbidité au point 1.

La turbidité est maximale au point 1 (5,10 NTU) le 14/02 et minimale le 14/02 au point 2 (0,75 NTU).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés, respectivement, au point 1 (17,2 mg/L) le 05/05 et au point 3, le 22/01 (0,7 mg/L).

Les différences de turbidité et de matières en suspension entre la côte et le large sont comprises, respectivement, entre -4,2 et -0,6 N.T.U. et entre -15,9 mg/L et -0,9 mg/L.

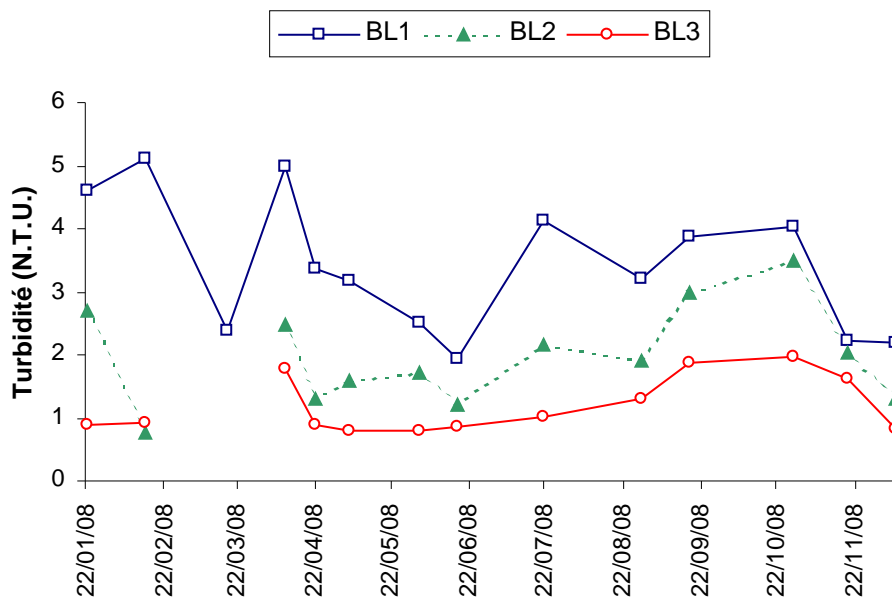


Figure 29. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

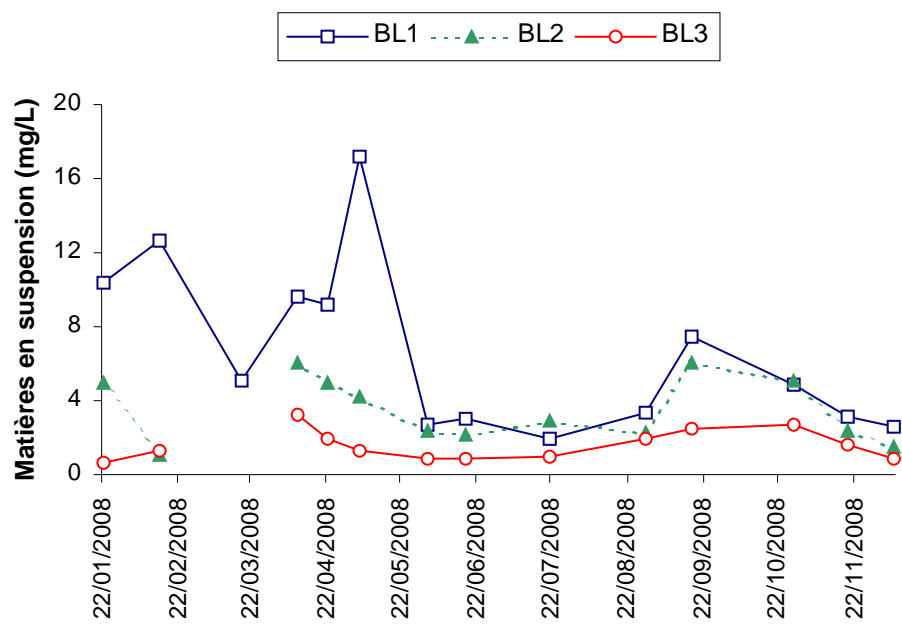


Figure 30. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par de faibles valeurs en début de saison (sauf pour le point 3 (100 % le 22/01)), pour atteindre un maximum entre avril et août (selon les points considérés avec plus de 50 % de matières organiques dans les M.E.S. avant de revenir progressivement à des niveaux comparables au début de cycle (< 50 %)) (Annexe 2).

L'augmentation au cours des mois de avril à août correspond à une production de biomasse organique liée au développement du phytoplancton, d'où l'augmentation durant la même période de la concentration en chlorophylle *a* ; ceci se vérifie également avec l'augmentation de matière organique enregistrée en septembre lors du bloom automnal (Figure 31).

Le gradient côte-large est compris entre -25,9 % et 88,5 %.

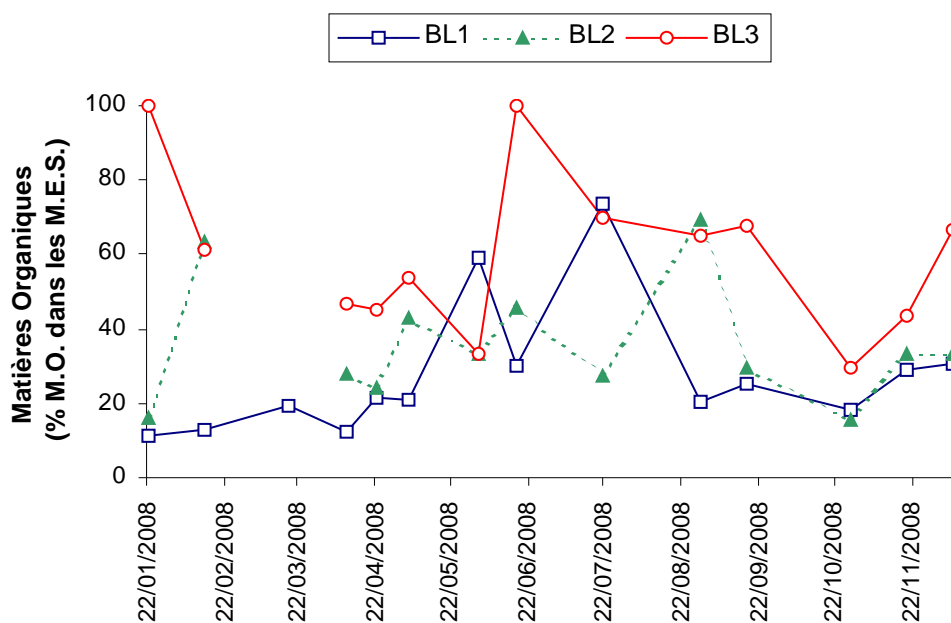


Figure 31. Évolution temporelle de la teneur en matière organique (%) dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 32 à la figure 43 ceci afin de faciliter l'interprétation.*

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier majeur généralisé de la côte vers le large (25,84 µg/L le 05/05 au point côtier) et un bloom secondaire (maximum de 7,17 µg/L le 29/08 au point 2) caractéristiques des systèmes tempérés (Annexe 2 et Tableau 8).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement fortes du mois d'avril au mois d'août et du mois d'octobre au mois de décembre (Figures 32 et 33). La concentration du mois d'août s'avère être la plus forte relevée au cours de la période 1992-2008.

Tableau 8. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de Boulogne sur Mer et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,02	1,68	5,54	3,50	7,90	29,60	251
BL2	0,05	1,12	3,79	2,35	5,05	19,22	234
BL3	0,02	0,75	2,42	1,43	2,92	16,32	225

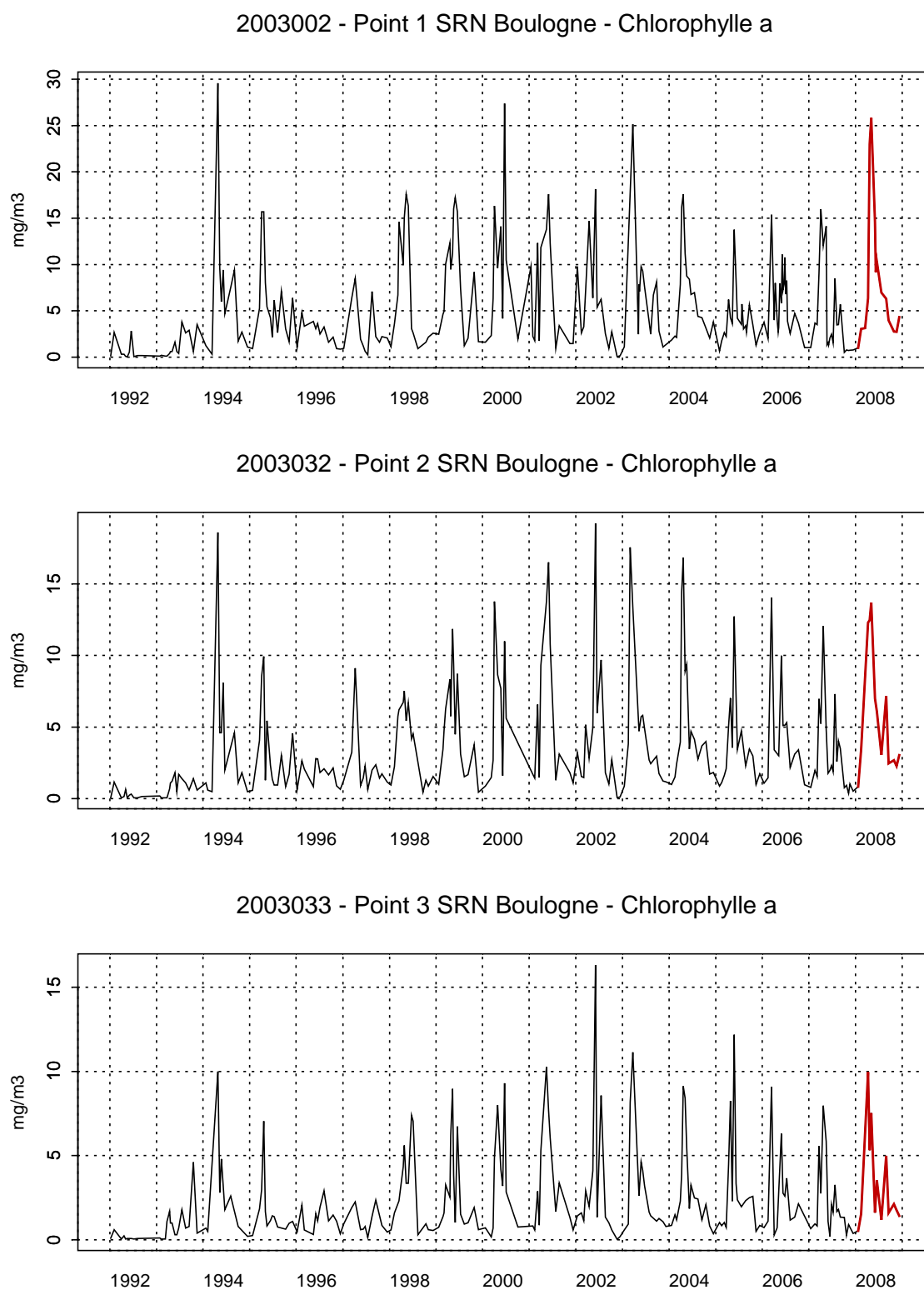
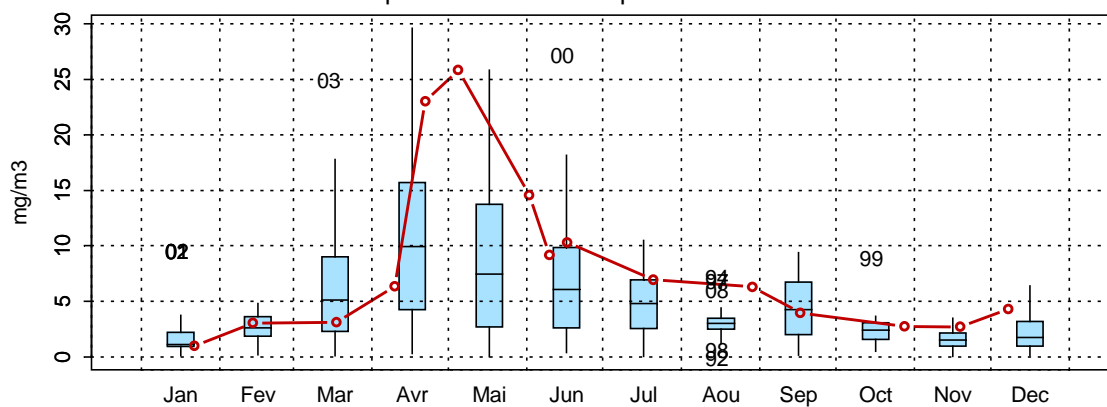
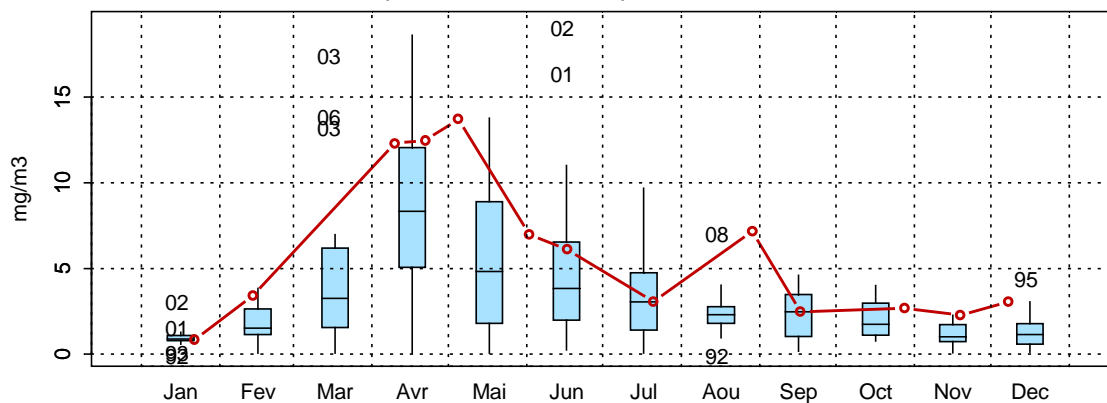


Figure 32. Évolution de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Chlorophylle a
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

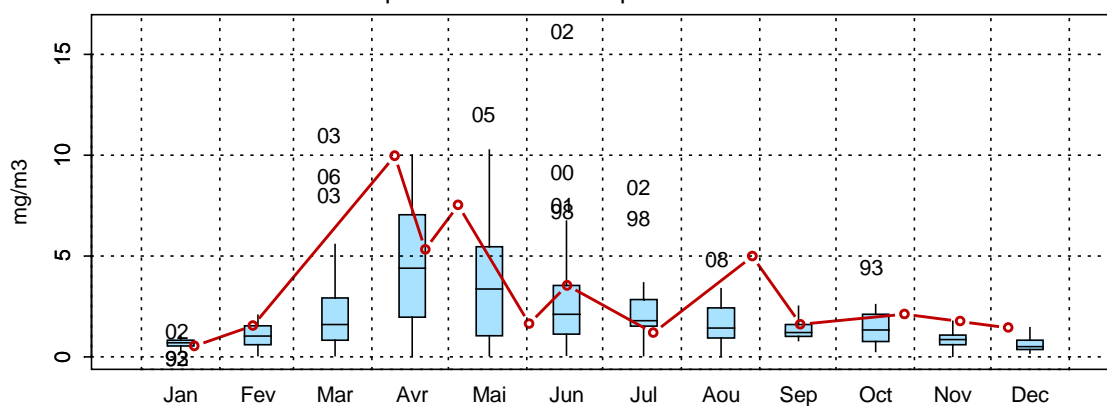


Figure 33. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

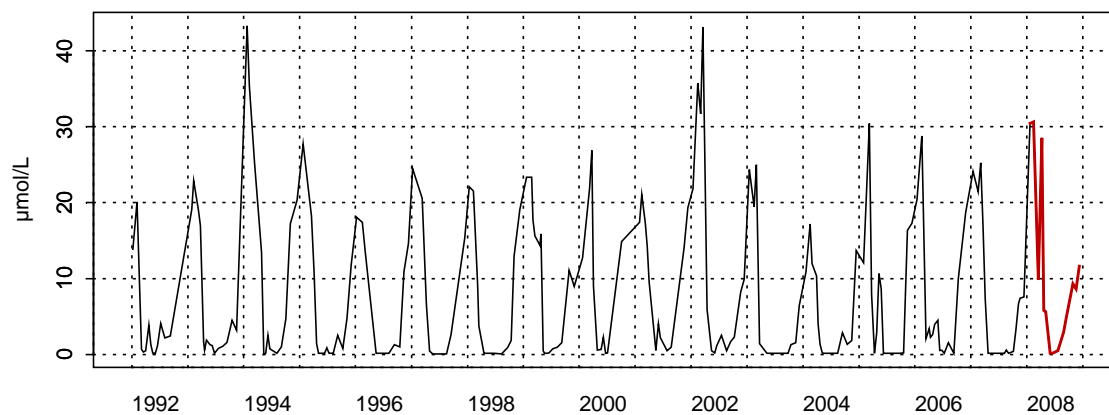
La courbe d'évolution du nitrate est classique. On observe que les concentrations maximales sont atteintes lors des mois hivernaux (notamment en janvier et février) avec des valeurs supérieures à 30 $\mu\text{mol/L}$ pour le point côtier et un gradient côte-large assez marqué (Annexe 2 et Tableau 9). Les concentrations minimales sont enregistrées de mai à septembre. La période de mars à mai se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en juin ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$) et ensuite on a une légère augmentation à partir de septembre jusqu'au mois de décembre (Figures 34 et 35).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrate sont particulièrement fortes du mois de janvier au mois de février et faibles du mois de juin au mois de juillet. Les concentrations du mois d'avril, mai et août pour le point 1 et du mois de septembre pour les points 2 et 3 s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.

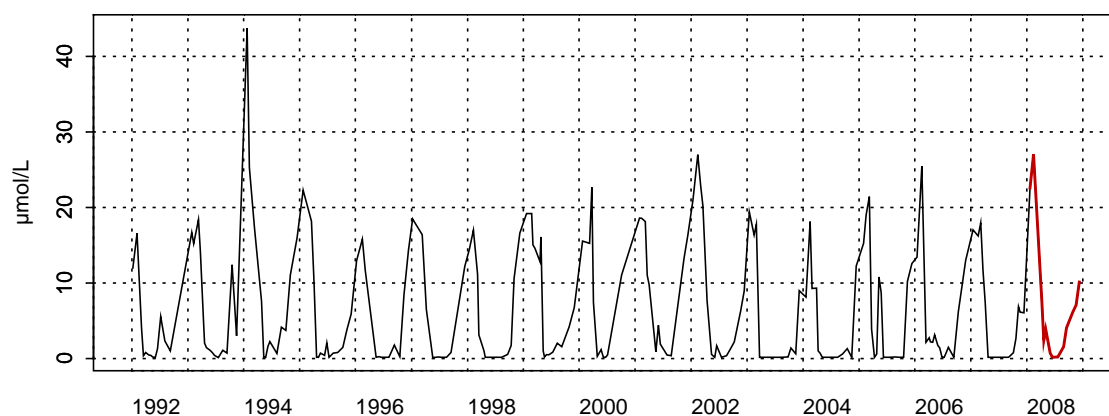
Tableau 9. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne sur Mer et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,15	0,18	7,56	2,29	13,65	43,31	238
BL2	0,15	0,19	6,16	1,81	11,31	43,78	236
BL3	0,15	0,15	5,23	1,79	8,88	39,35	228

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



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



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

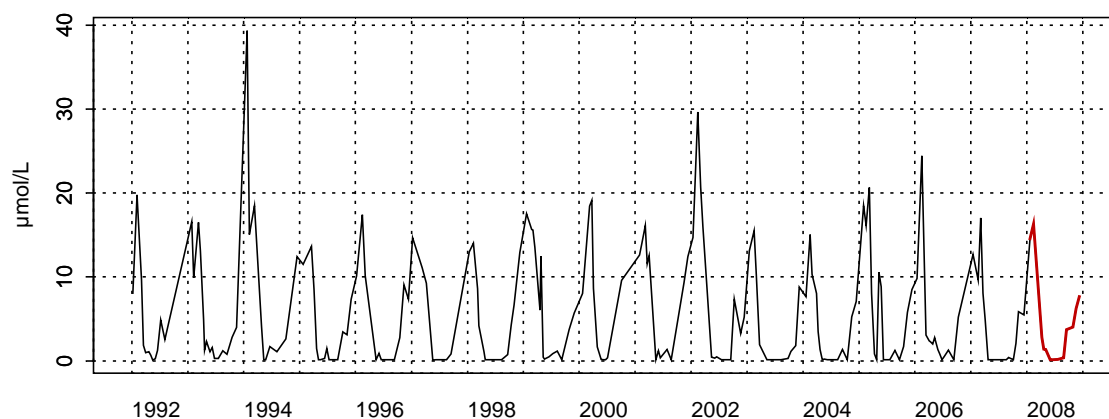
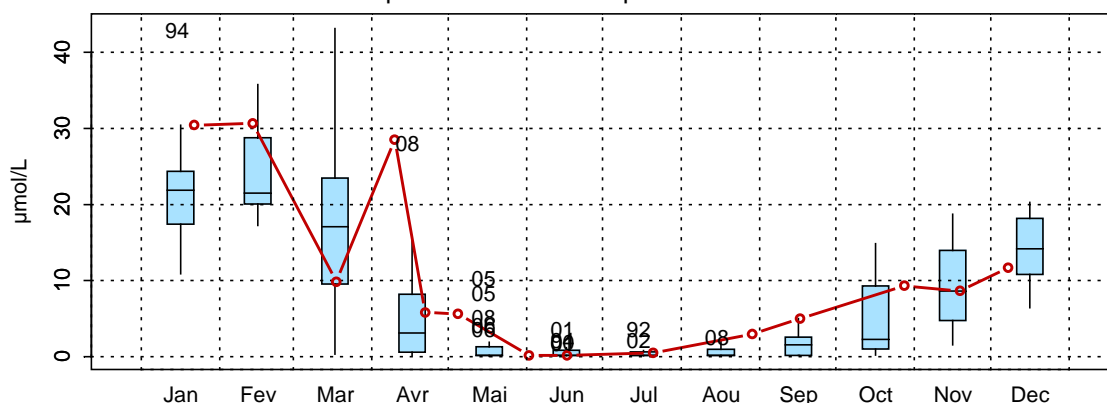
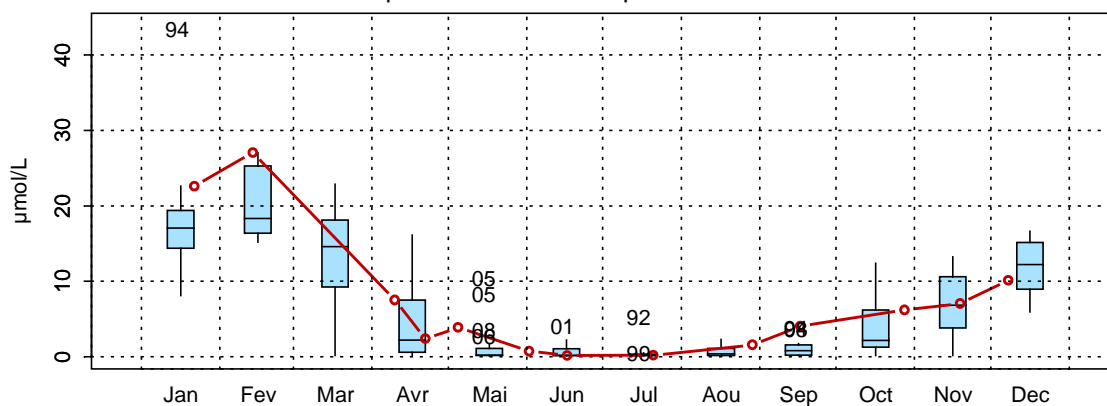


Figure 34. Évolution de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

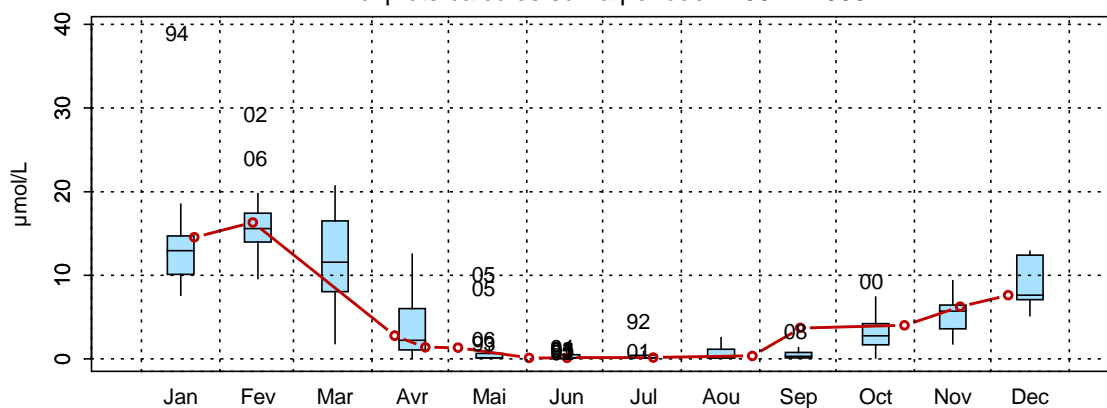


Figure 35. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

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

La courbe d'évolution des nitrites est classique et ressemble fortement à celle des nitrates. Au début de l'année, les concentrations sont comprises entre 0,38 et 0,50 $\mu\text{mol/L}$, puis les minima sont obtenus d'avril à août (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05 $\mu\text{mol/L}$). La concentration augmente alors jusqu'en décembre avec une forte augmentation pour le point 3 qui atteint le maximum le 08/12 (1,02 $\mu\text{mol/L}$) (Annexe 2).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrite sont particulièrement faibles aux mois de janvier, juin et octobre (Figures 36 et 37).



Photo 3. Chaîne de *Chaetoceros curvisetus* (Grossissement X 40)

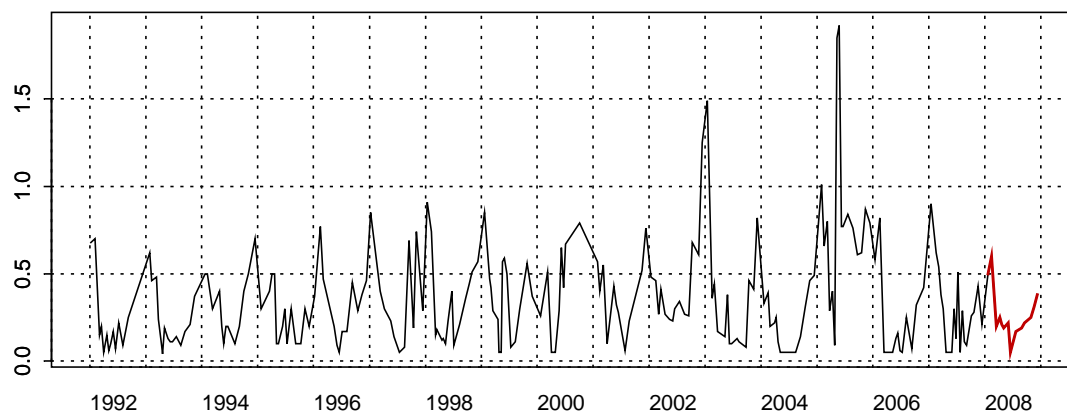
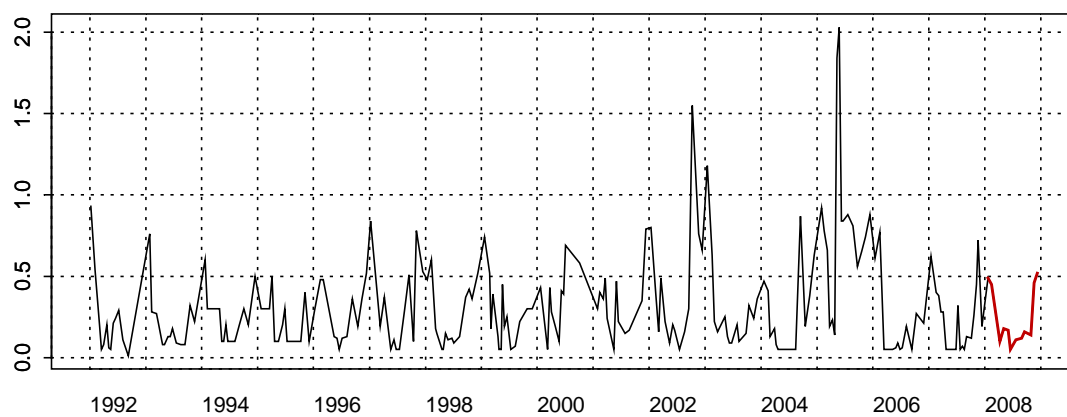
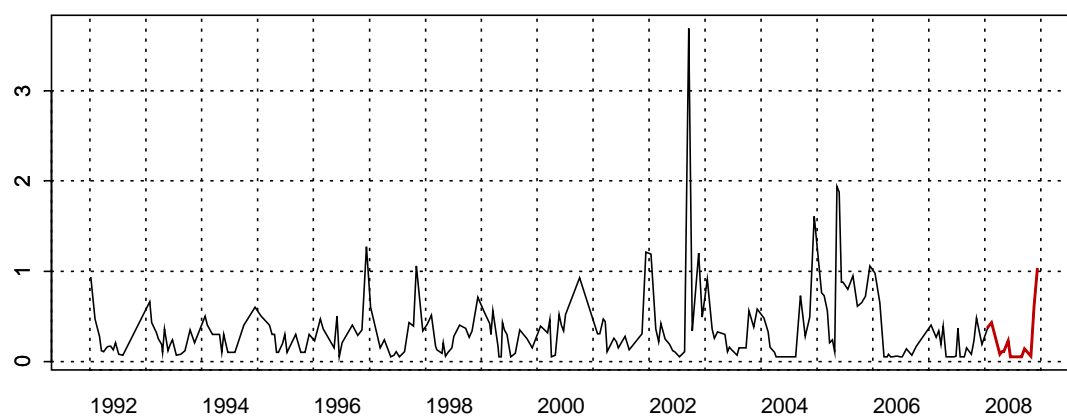
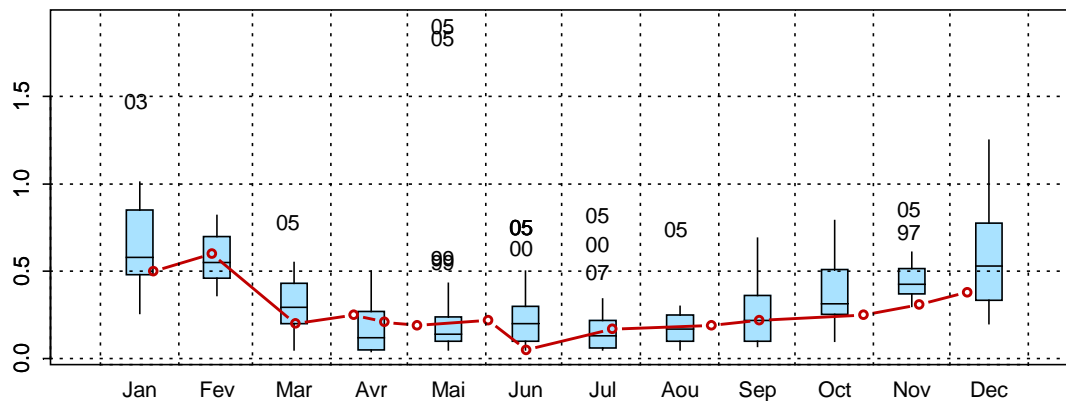
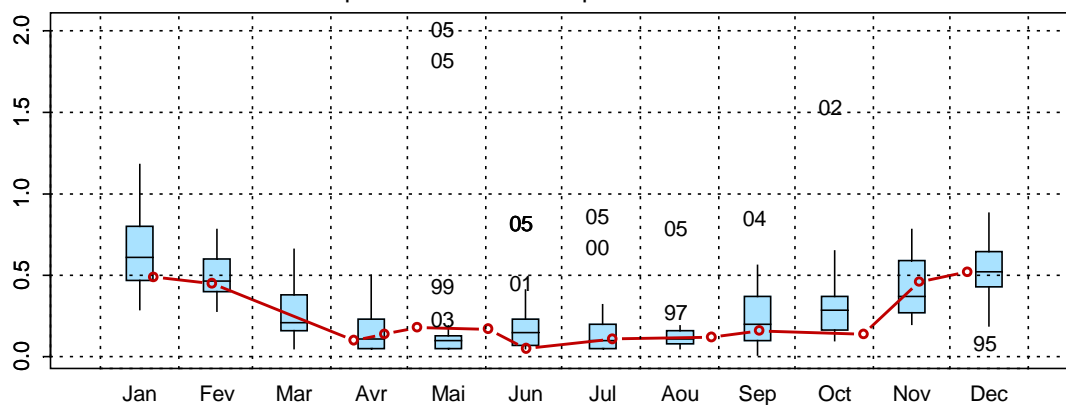
2003002 - Point 1 SRN Boulogne - NO₂2003032 - Point 2 SRN Boulogne - NO₂2003033 - Point 3 SRN Boulogne - NO₂

Figure 36. Évolution de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 NO₂
 Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 NO₂
 Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 NO₂
 Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

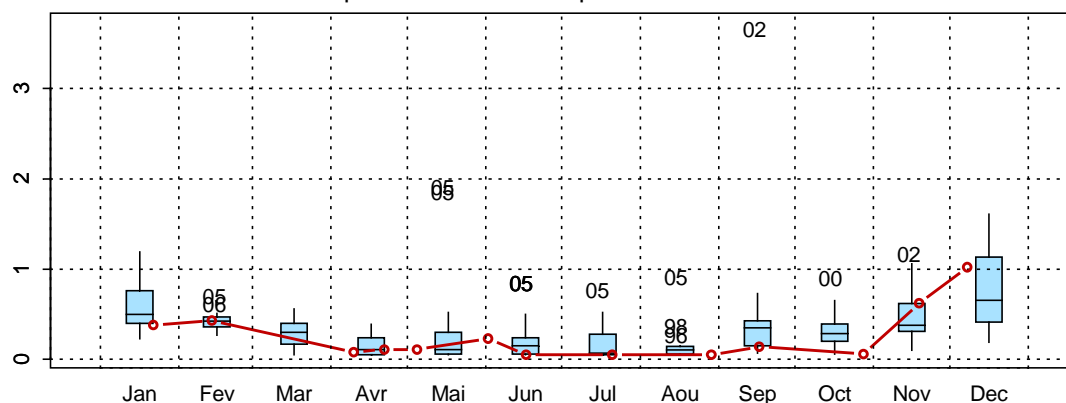


Figure 37. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique avec cependant quelques « anomalies » observées durant l'année mais inexplicable à l'échelle d'observation du SRN. On observe des concentrations faibles en début de cycle (janvier). Les minima sont obtenus d'avril à juin (valeurs proches ou égales au seuil de détection : $0,15 \mu\text{mol/L}$) et les plus élevées durant la fin du cycle avec un maxima au point côtier le 28/10 ($3,71 \mu\text{mol/L}$) (Annexe 2). Les « anomalies » sont observées durant les mois hivernaux, avec des pics de concentration ; exemples : augmentation de la concentration au point côtier en février, mars et avril. Pour la période 1992-2008, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles aux mois de mai, juin et novembre et forte au mois d'octobre (Figures 38 et 39).

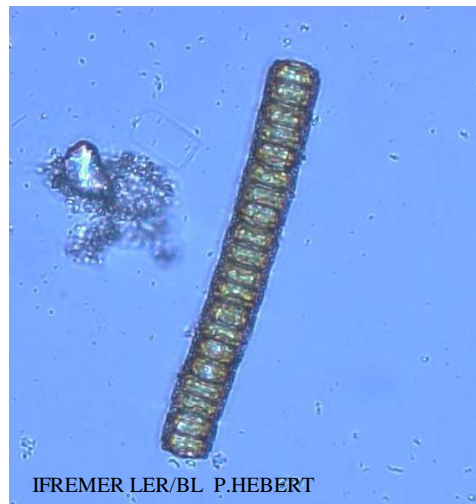
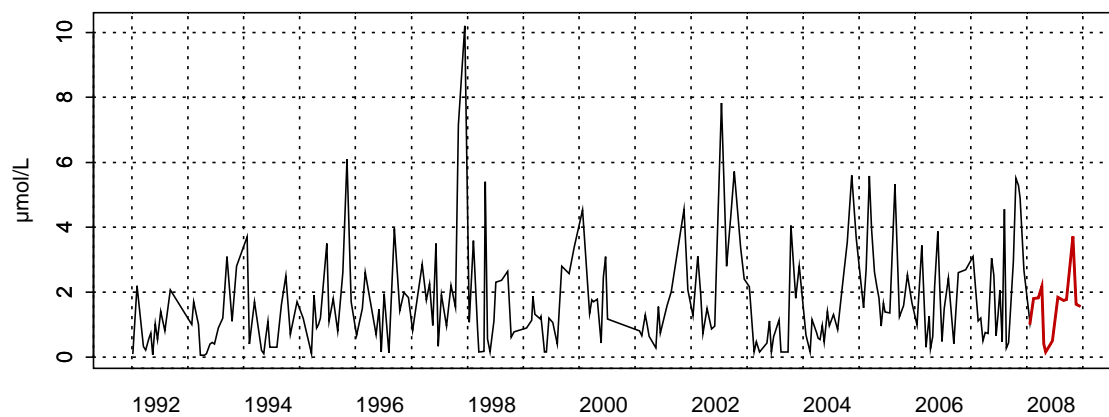
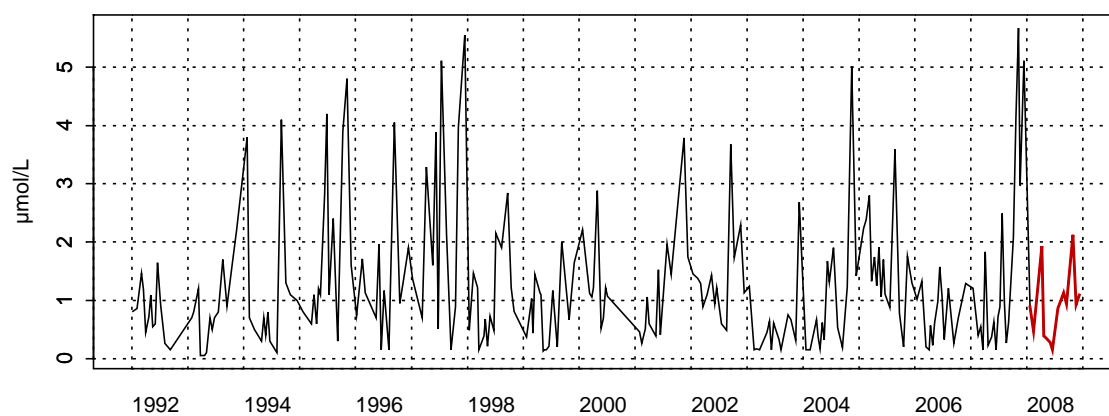


Photo 4. Chaîne de *Paralia Marina* (Grossissement X 40)

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Azote ammoniacal



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Azote ammoniacal



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Azote ammoniacal

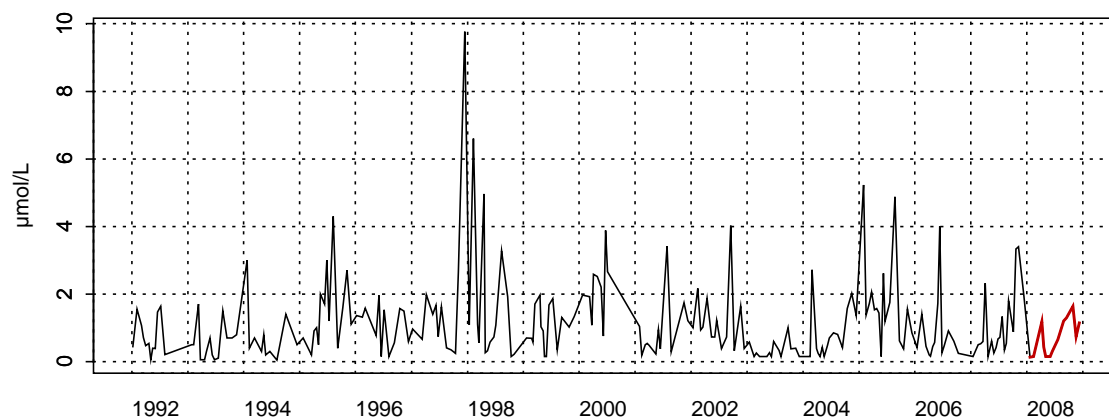
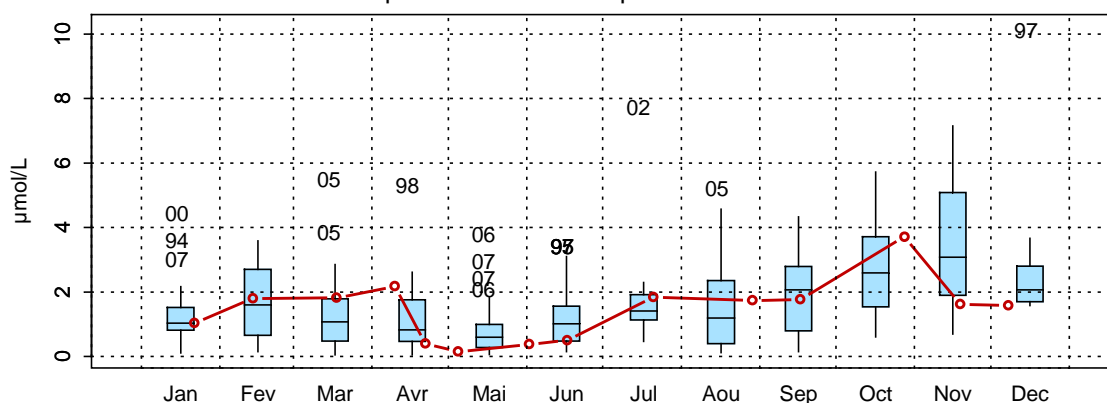
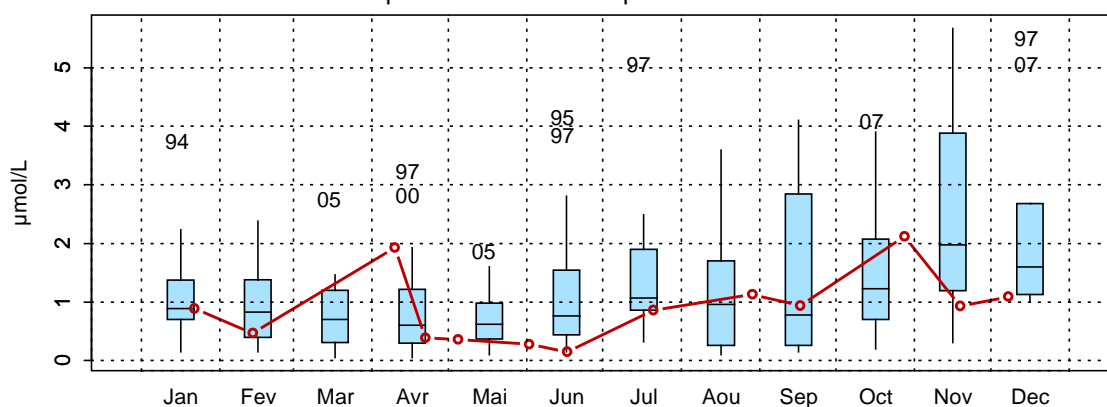


Figure 38. Évolution de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1992 - 2008

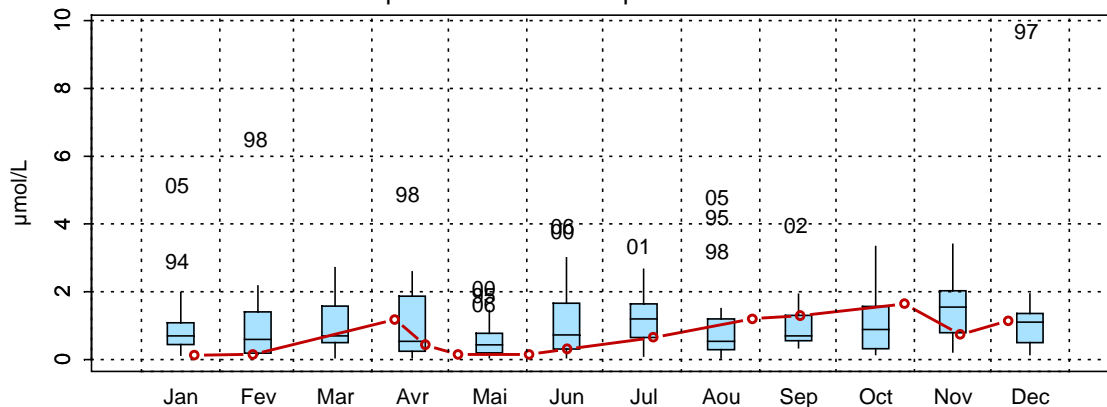


Figure 39. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium (µmol/L) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

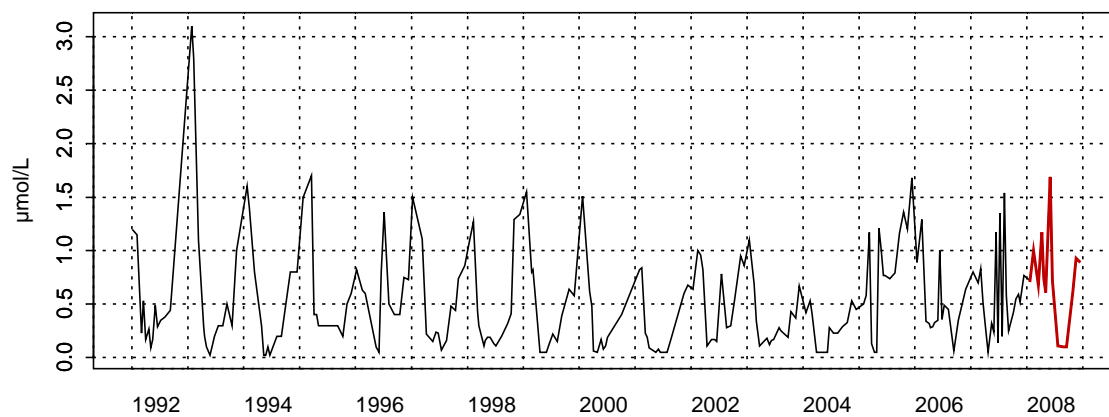
L'évolution de la concentration en phosphate est conforme à ce qui est habituellement observé sur le site. Elle est marquée dans un premier temps par de faibles valeurs en début de cycle (Annexe 2 et Tableau 10). A partir du mois de mai, on note une augmentation brutale de la concentration jusqu'au 02/06 où le maximum est atteint au point 3 (2,13 $\mu\text{mol/L}$). Puis, entre le mois de juillet et octobre, les minima sont atteints (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05 $\mu\text{mol/L}$). Du mois d'octobre jusqu'en novembre, les concentrations en phosphate augmentent progressivement. A partir de fin novembre, les concentrations commencent à diminuer.

Pour la période 1992-2008, les concentrations en phosphate sont particulièrement faibles du mois d'août au mois de septembre et fortes du mois d'avril au mois de juin et du mois de novembre au mois de décembre (Figures 40 et 41). Les concentrations aux mois d'avril, mai (points 2 et 3), juin et novembre (point 3) s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.

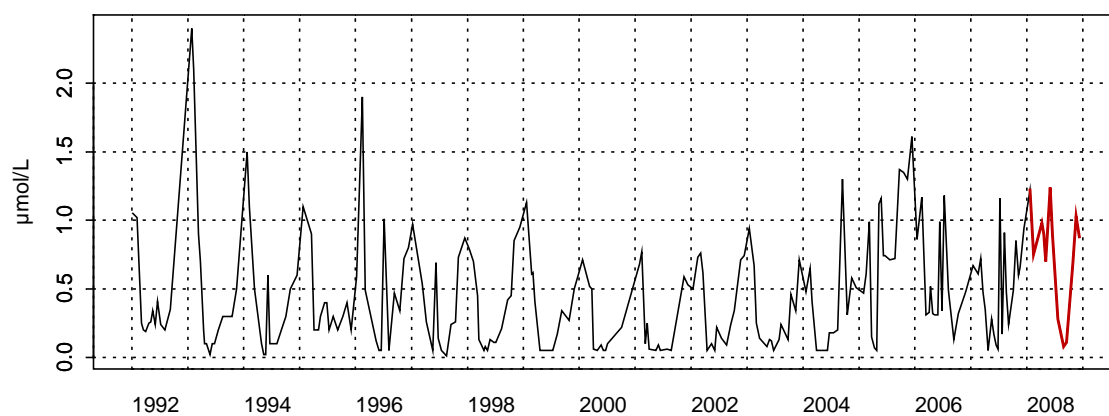
Tableau 10. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne sur Mer et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,05	0,18	0,52	0,39	0,77	3,10	240
BL2	0,05	0,12	0,45	0,31	0,70	2,40	239
BL3	0,05	0,13	0,42	0,32	0,59	2,30	232

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Phosphate



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Phosphate



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Phosphate

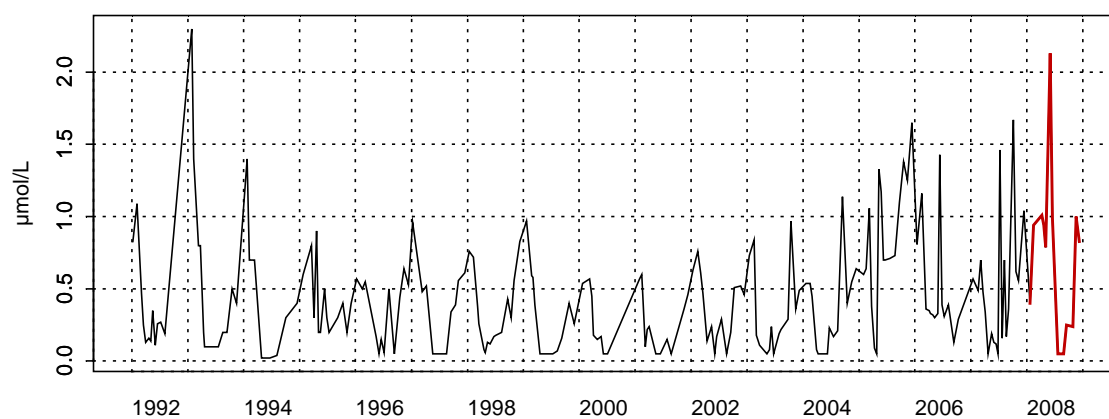


Figure 40. Évolution de la concentration en phosphate (µmol/L) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

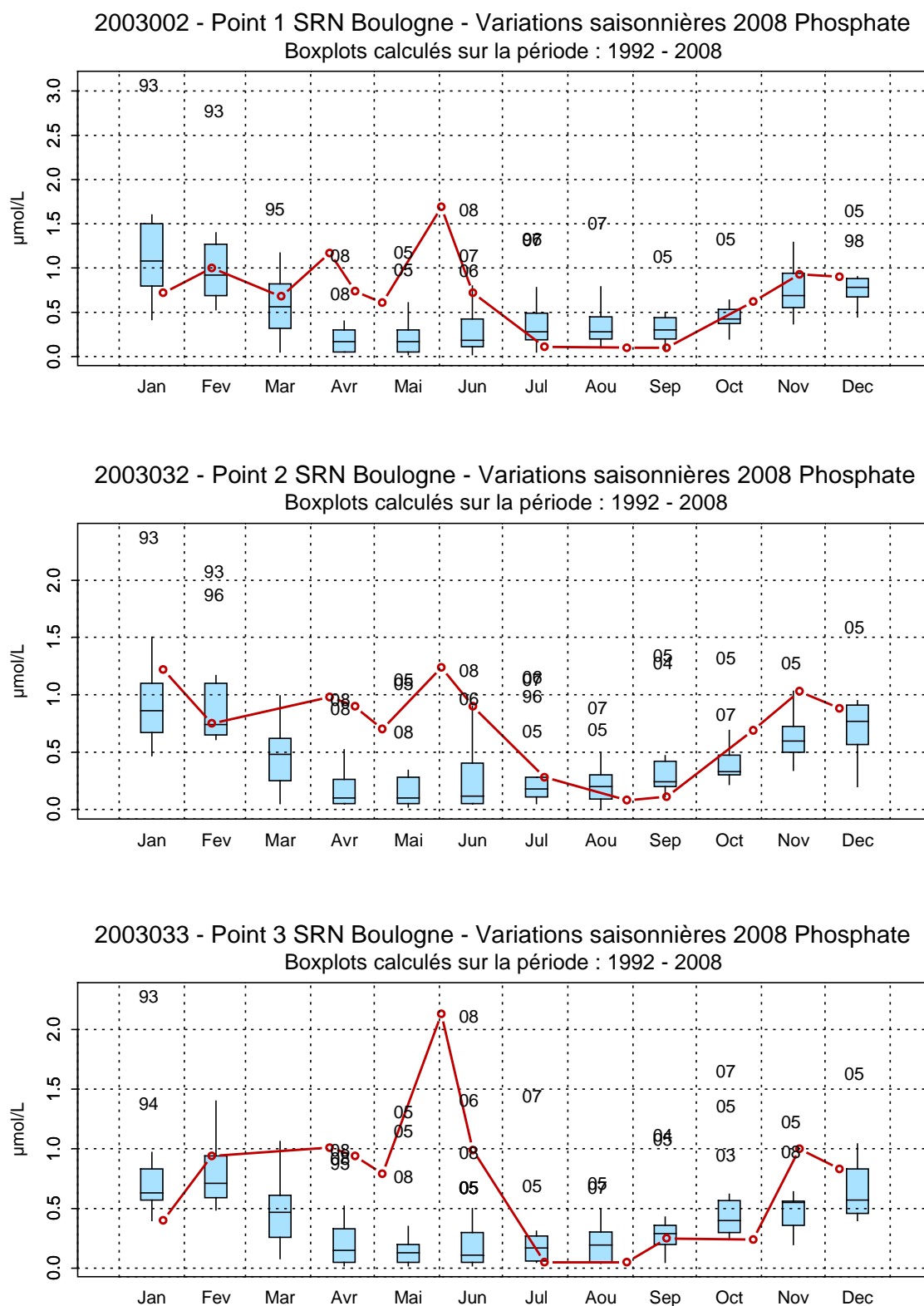


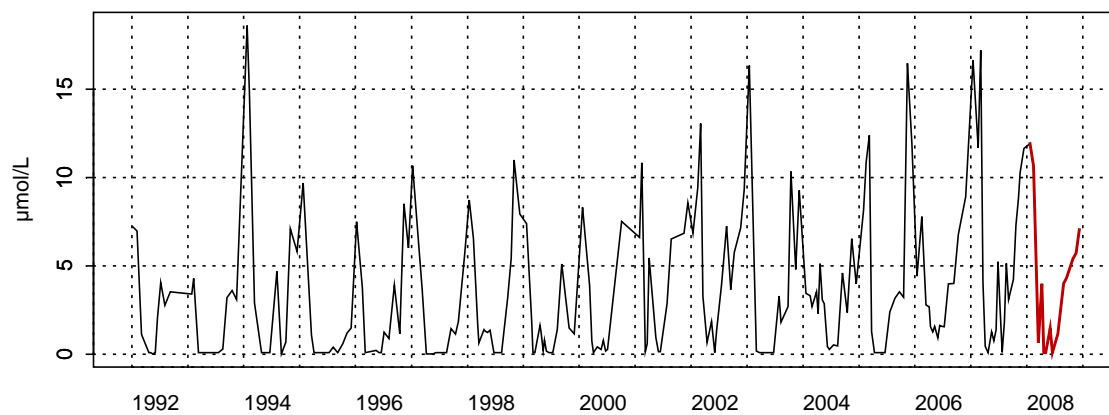
Figure 41. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

En 2008 et conformément aux autres années, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties. Les valeurs sont plus fortes en début d'année (avec un maximum au point côtier : 11,92 $\mu\text{mol/L}$ le 22/01) pour ensuite diminuer brutalement pour atteindre leur minimum, de mars à juillet, au niveau du seuil de détection (0,1 $\mu\text{mol/L}$). On peut noter cependant un pic de concentration au mois d'avril et de juin (Annexe 2 et Tableau 11). A partir du mois de juillet et jusqu'en décembre, les valeurs ne vont cesser d'augmenter (sauf le 28/10) (Figures 42 et 43). Pour la période 1992-2008, les concentrations en silicate sont particulièrement faibles du mois d'avril au mois de juin et fortes du mois d'août au mois de septembre (Figure 43). La concentration du mois d'avril au point 1 s'avère être la plus forte (3,99 $\mu\text{g/L}$) relevée au cours de la période 1992-2008.

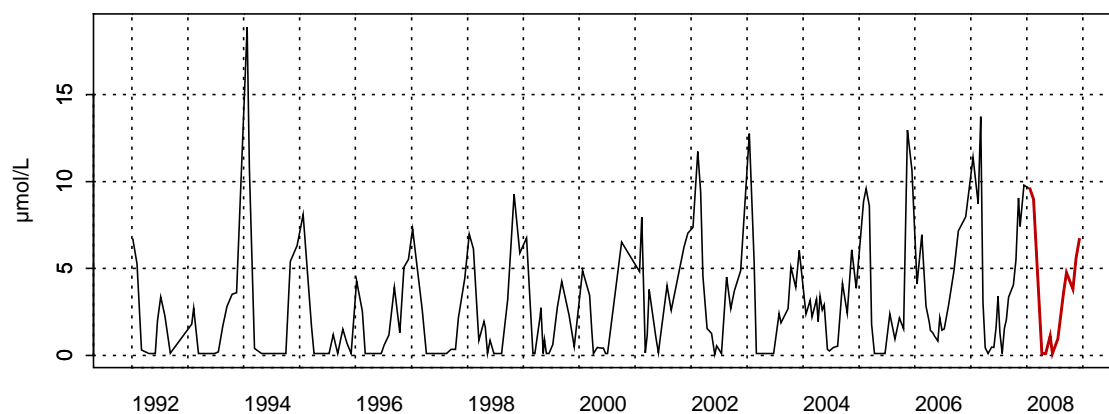
Tableau 11. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de Boulogne sur Mer et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
BL1	0,10	0,10	3,33	1,61	5,16	18,60	238
BL2	0,10	0,10	2,73	1,55	4,09	18,90	237
BL3	0,10	0,10	2,42	1,72	3,67	16,50	230

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Silicate



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Silicate



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Silicate

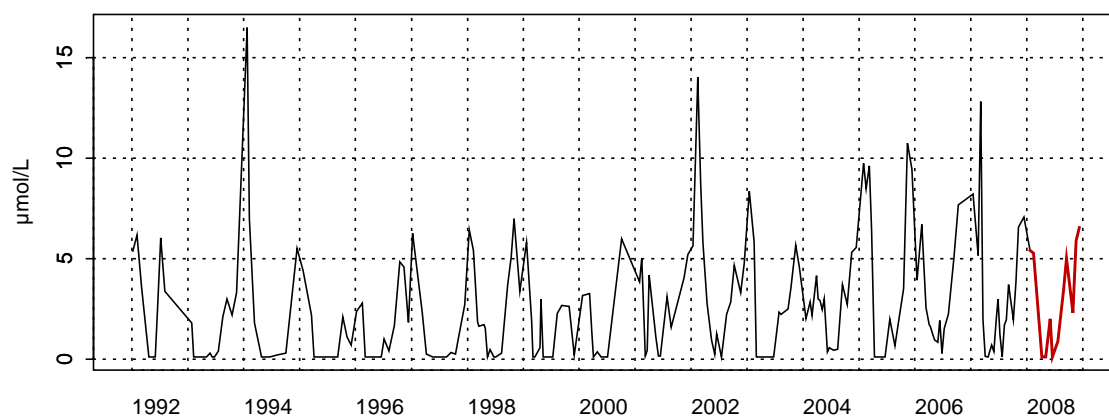


Figure 42. Évolution de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de Boulogne sur Mer pour la période 1992-2008

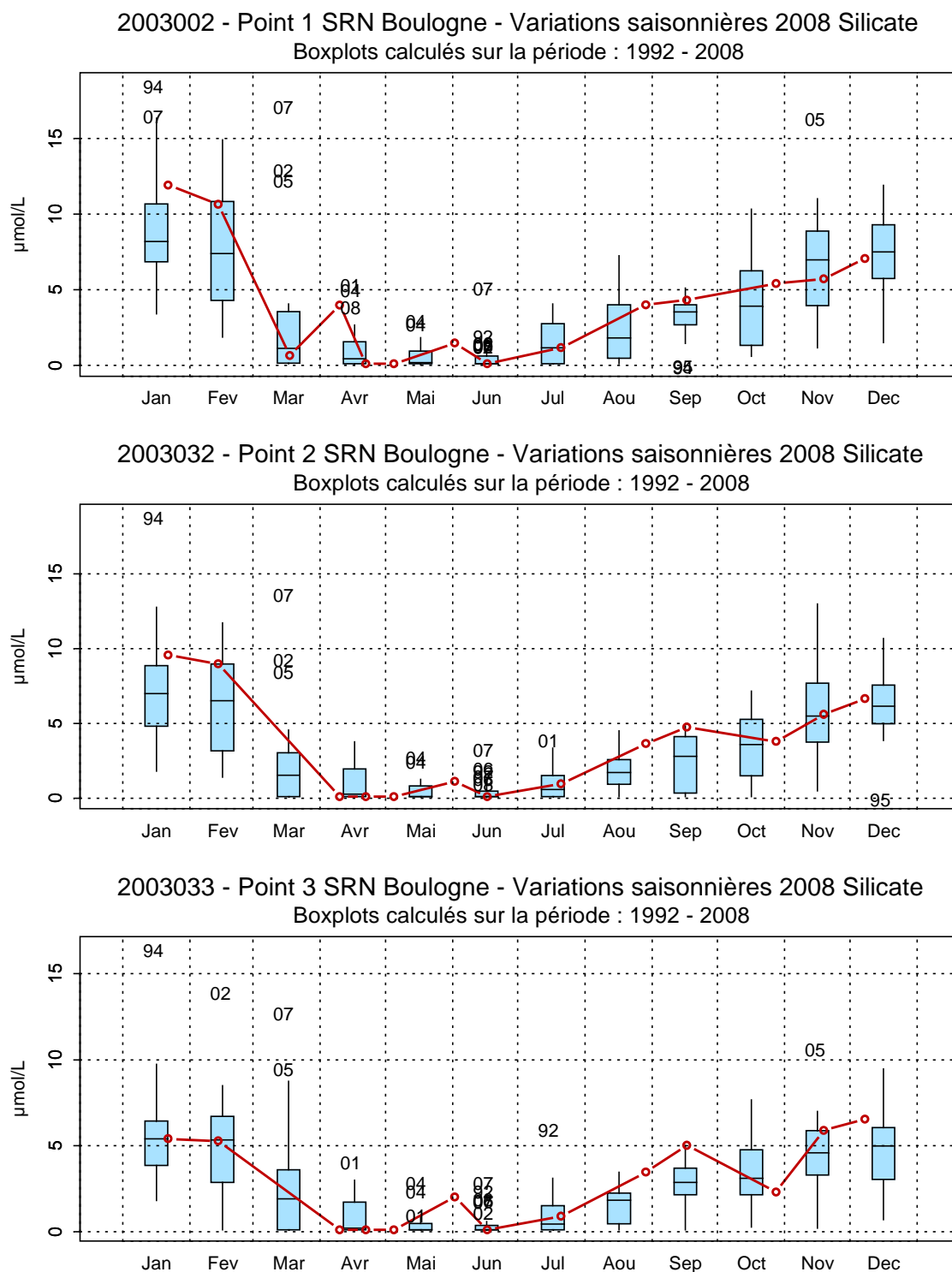


Figure 43. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de Boulogne pour la période 1992-2008

Dynamique de la biomasse phytoplanctonique et des nutriments en 2008

La dynamique d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* et en nutriments peut se décomposer en 5 phases :

(1) De janvier à début avril, la situation est dite hivernale, à savoir que le «stock» de nutriments (nitrate, nitrite, phosphate, ammonium et silicate) est à son maximum et que la concentration en chlorophylle *a* est à son minimum. Pour les stations 3 et 4, nous n'avons pas de donnée mais les résultats disponibles mettent en évidence des schémas comparables bien que les niveaux de concentrations puissent être différents en raison du gradient côte-large.

(2) De début avril à mai, la concentration en chlorophylle *a* augmente brutalement (maximum 25,84 µg/L au point côtier) est correspond au bloom printanier caractéristique des systèmes tempérés. Parallèlement, on note une diminution (jusqu'au seuil de détection) de la concentration des nutriments.

(3) Au mois de juin et juillet, on assiste à la période de post-bloom : les concentration en chlorophylle *a* et en nutriments sont faibles.

(4) Pendant la période estivale, la dynamique est différente selon le point considéré. Des efflorescences secondaires peuvent être observées en réponse à une production régénérée des nutriments et, notamment, suite à une augmentation de la concentration en ammonium, énergiquement plus favorable pour une consommation par le phytoplancton.

(5) D'octobre à décembre, on assiste à la fin du cycle biologique avec une chute de la concentration en chlorophylle *a* et une reconstitution du stock de nutriments par non consommation et par apports externes.

Les concentrations seront plus importantes à la côte qu'au large pour l'ensemble des nutriments observés.

Afin de faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des ordonnées des graphiques ne sont pas les mêmes.

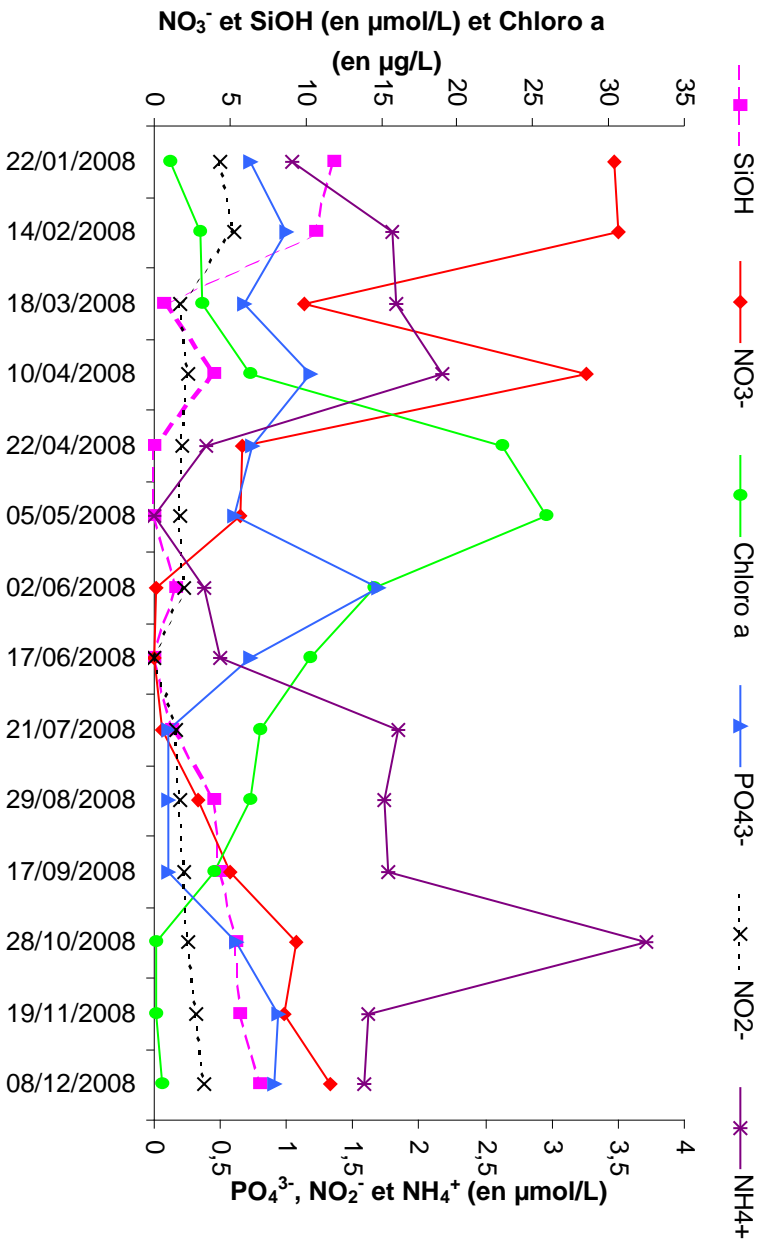


Figure 44. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* ($\mu\text{g/L}$) et des nutriments ($\mu\text{mol/L}$) au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

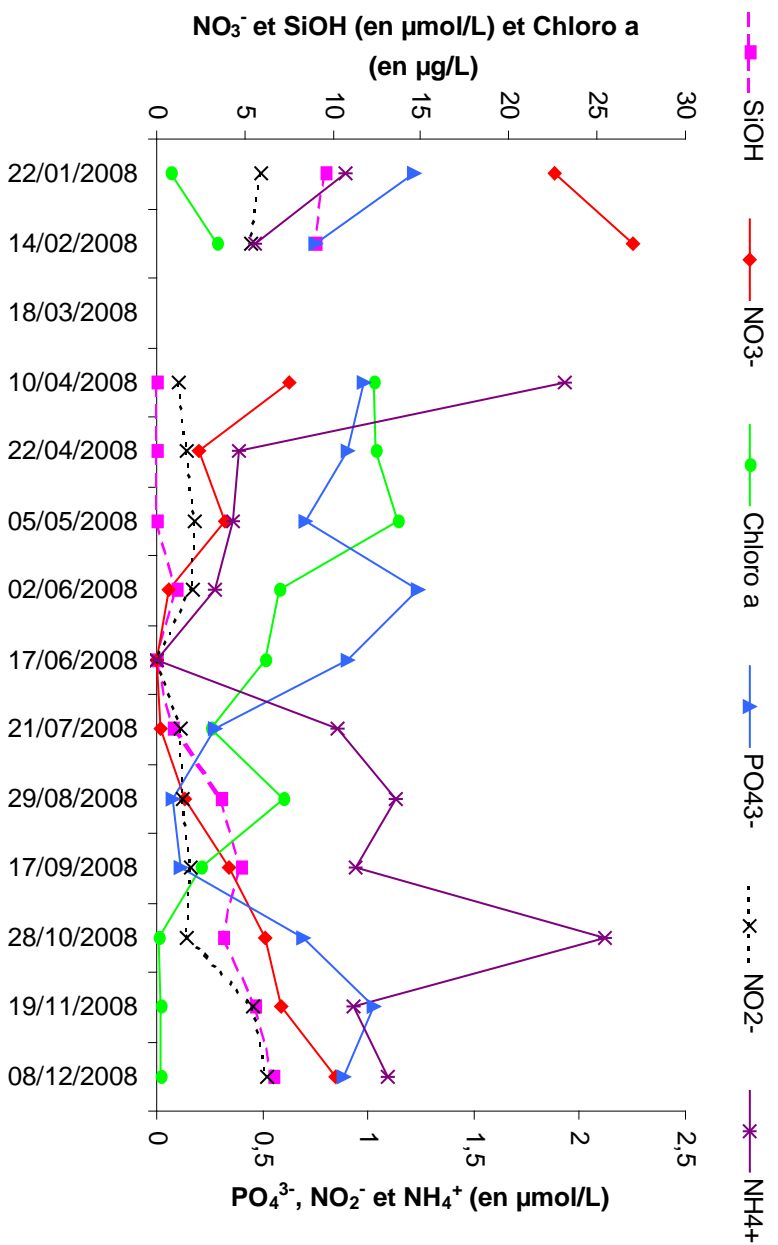


Figure 45. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* ($\mu\text{g/L}$) et des nutriments ($\mu\text{mol/L}$) au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

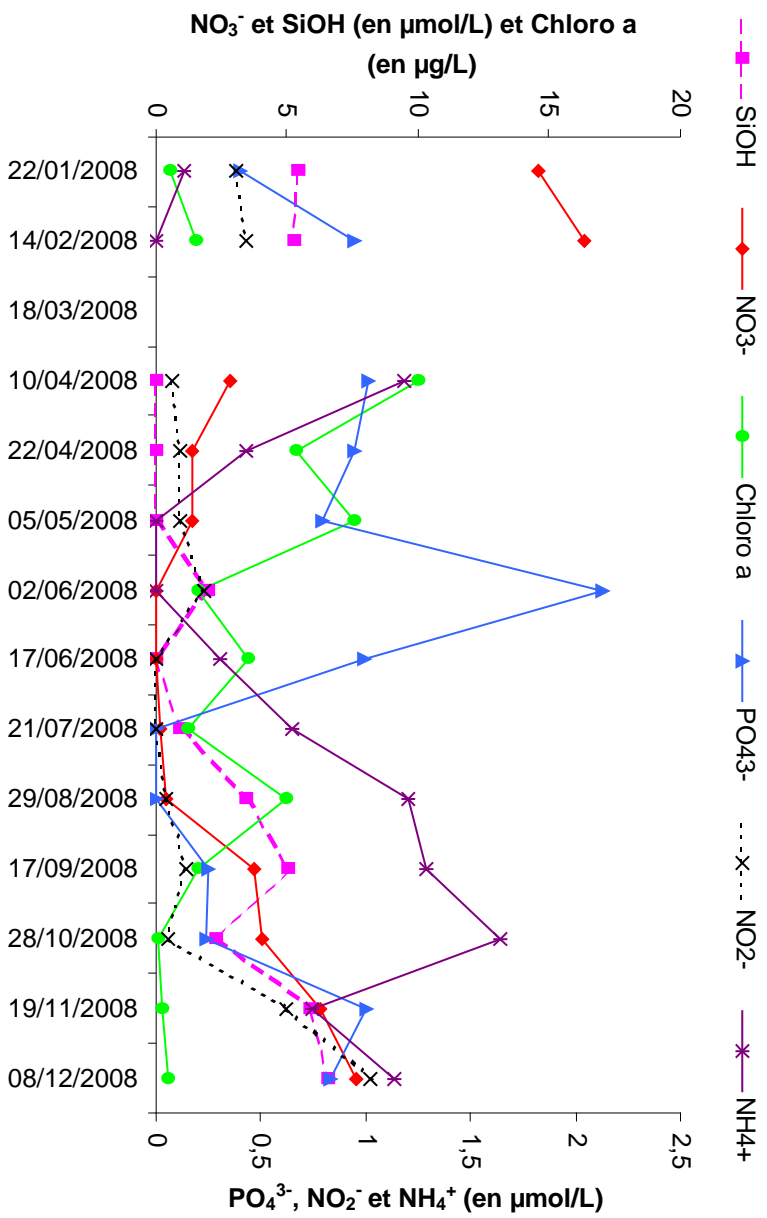


Figure 46. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* (µg/L) et des nutriments (µmol/L) au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

Le pourcentage d'activité chlorophyllienne est globalement supérieur et constant à 60 % pour les trois points. Pour le point 3, l'activité est supérieure à 80% en début de saison (janvier et février) puis oscille entre 55 % et 90 % en période estivale. Le maximum se situe au point 3 (89,2 %) le 17/06 et le minimum est mesuré au point 3 (55,8 %) le 22/04 (Figure 47).

Le gradient côte-large du pourcentage de chlorophylle active est compris entre -22,3 et 19,4 %.

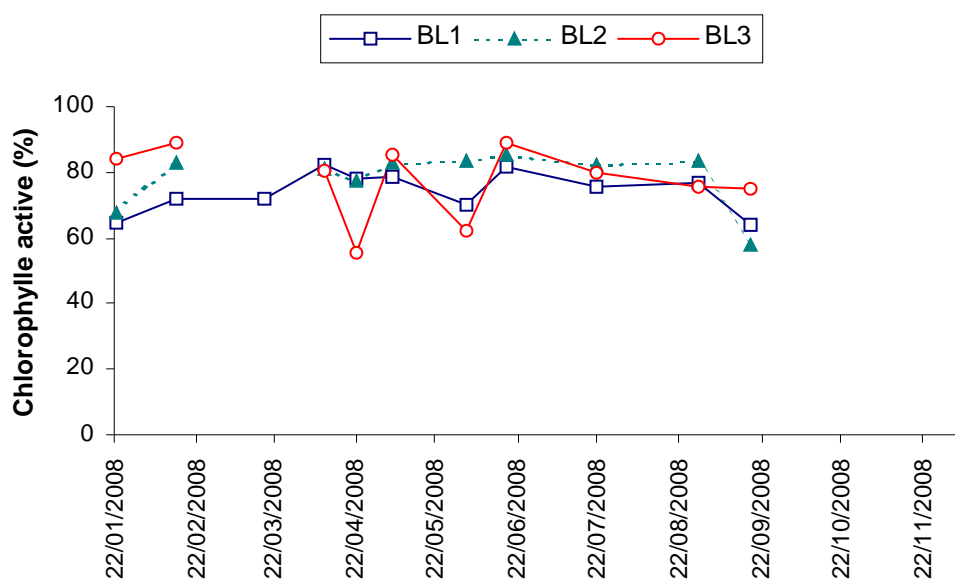


Figure 47. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.3. La baie de Somme

Pour des raisons météorologiques et techniques, les prélèvements du 19/03 (Atso, Mer1 et Mer2) et du 27/03 (Mer1 et Mer2) n'ont pu être effectués. Au total, 15 campagnes de prélèvements ont été réalisées.

La courbe de température indique une dynamique classique (Figures 48 et 49). Faibles valeurs en hiver (de 8,0 à 8,3 °C, le 28/01 du point Bif à Mer2), ensuite le minimum (7,5 °C) est atteint le 27/03 pour les points Mimer et Atso. Dès le mois d'avril, la température augmente et atteint son maximum fin juillet (18,9 °C) au point Mimer. A partir de début septembre, la température commence à diminuer ; la chute est plus importante de fin septembre à décembre (minimum de 6,6°C au point Bif le 17/12).

Il existe un faible gradient de température entre la côte et le large (de Atso à Mer2). Ce gradient varie de -0,7 °C à 0,6 °C. Il est globalement négatif ou nul au printemps et en été (eaux côtières plus chaudes) et devient positif en hiver (Annexe 2 et Tableau 12).

Pour la période 1992-2008, les valeurs de température sont particulièrement fortes aux mois de janvier, février et mai et faibles aux mois d'août et octobre (Figure 49).

Tableau 12. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour les différents points de la radiale de la baie de Somme et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	2,50	8,70	12,64	12,60	16,65	22,90	231
Mimer	3,00	9,05	13,03	12,90	17,20	22,80	159
Atso	2,00	9,40	13,25	13,00	17,40	22,10	221
Mer1	3,00	9,00	12,85	13,00	16,80	22,30	199
Mer2	3,00	9,00	12,85	12,80	16,80	21,60	195

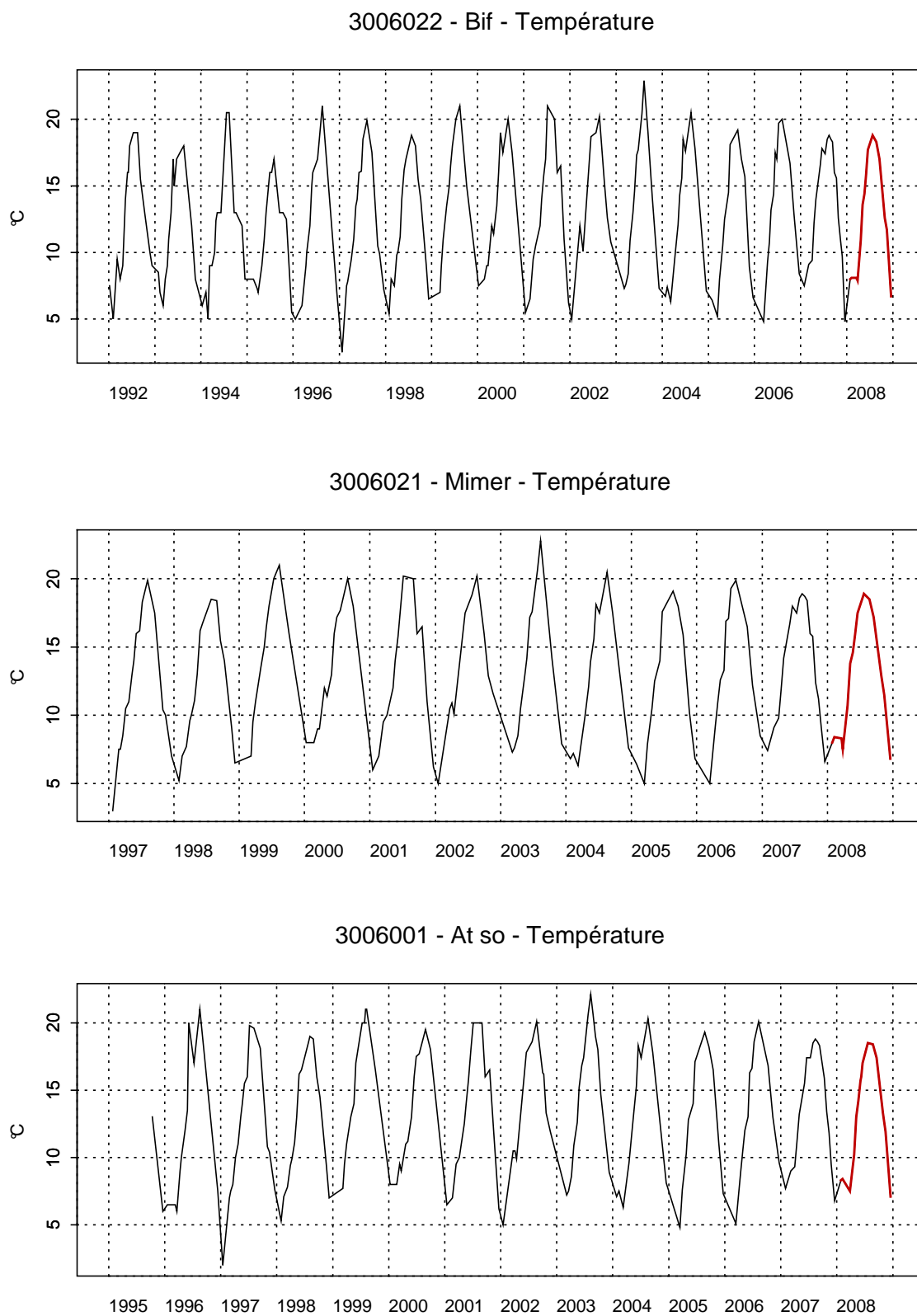
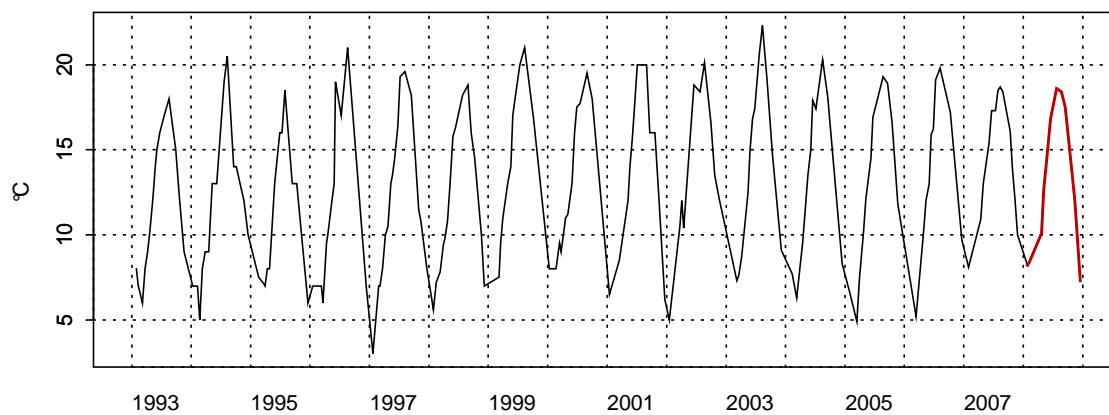
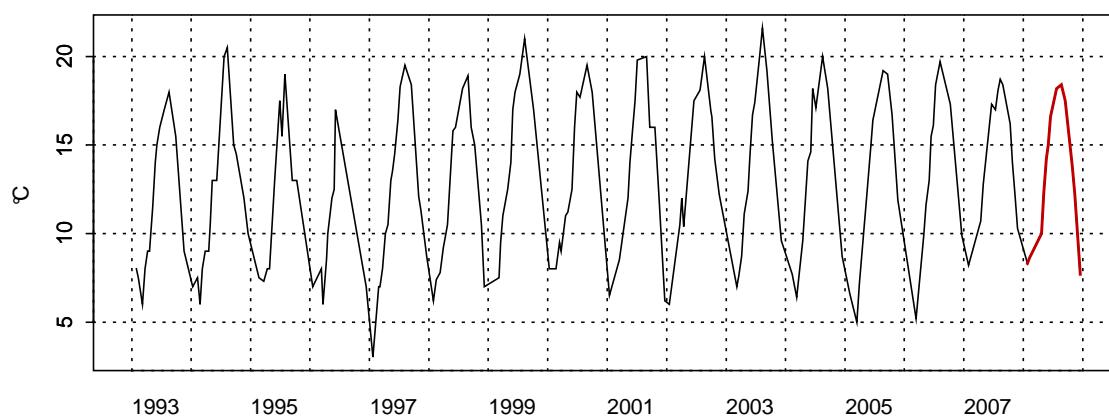


Figure 48. Évolution de la température (°C) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Température



3006020 - SRN Somme mer 2 - Température

**Figure 48 (Suite). Évolution de la température (°C) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

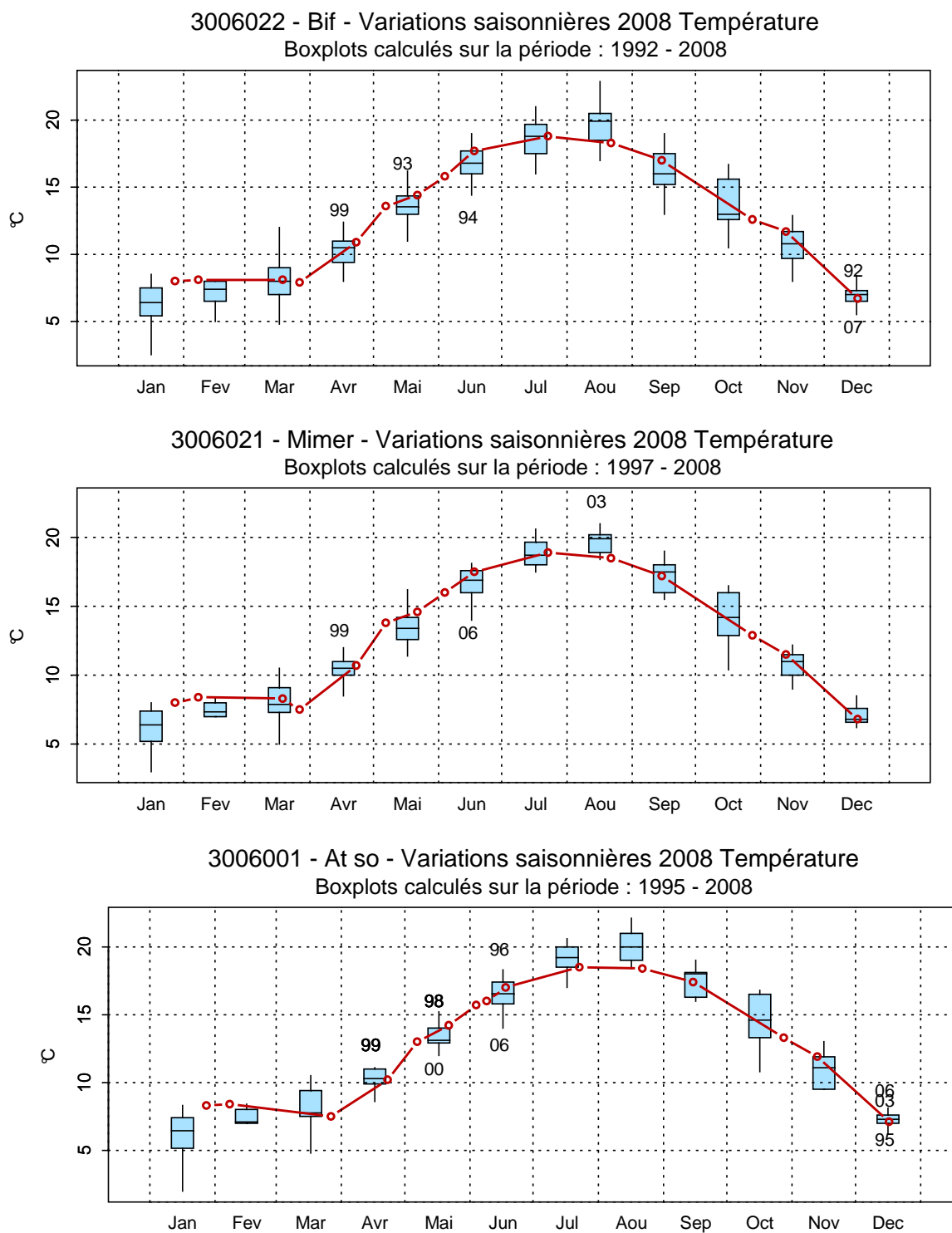
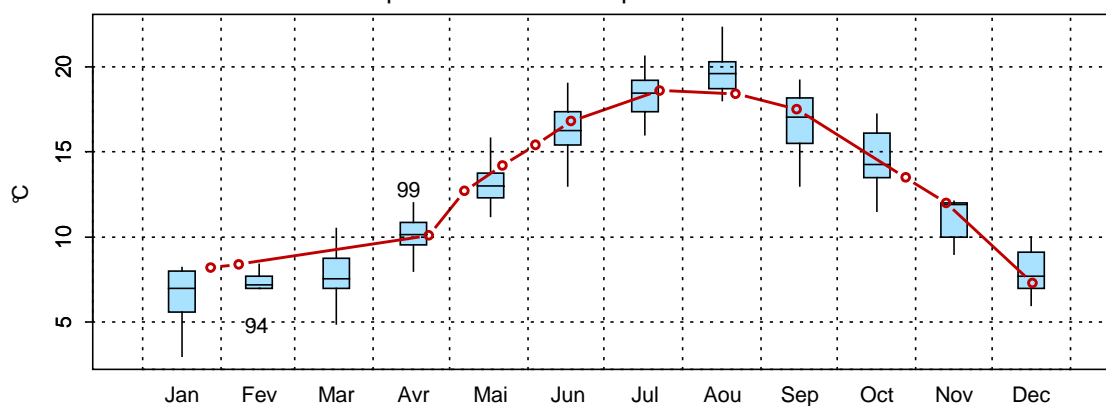


Figure 49. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 Température
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008

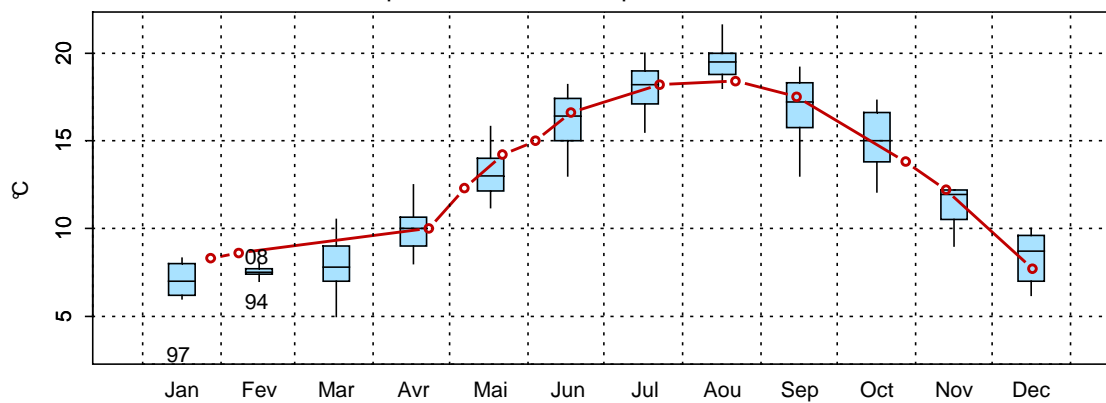


Figure 49 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

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

Les valeurs sont comprises entre 30 et 33,1 pour le point Bif (point estuarien), entre 31,2 et 32,9 pour le point Mimer, entre 31,8 et 33,5 pour le point Atso (point côtier), entre 32,2 et 33,9 pour le point Mer1 et entre 32,6 et 34,2 pour Mer2 (point du large).

On remarque une variation plus importante au niveau du point Bif qui est le plus à l'intérieur de l'estuaire de la baie, donc le plus influencé par les apports en eau douce de la somme (Figure 50 et Annexe 2).

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

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer2 est compris entre 0,1 et 0,9.

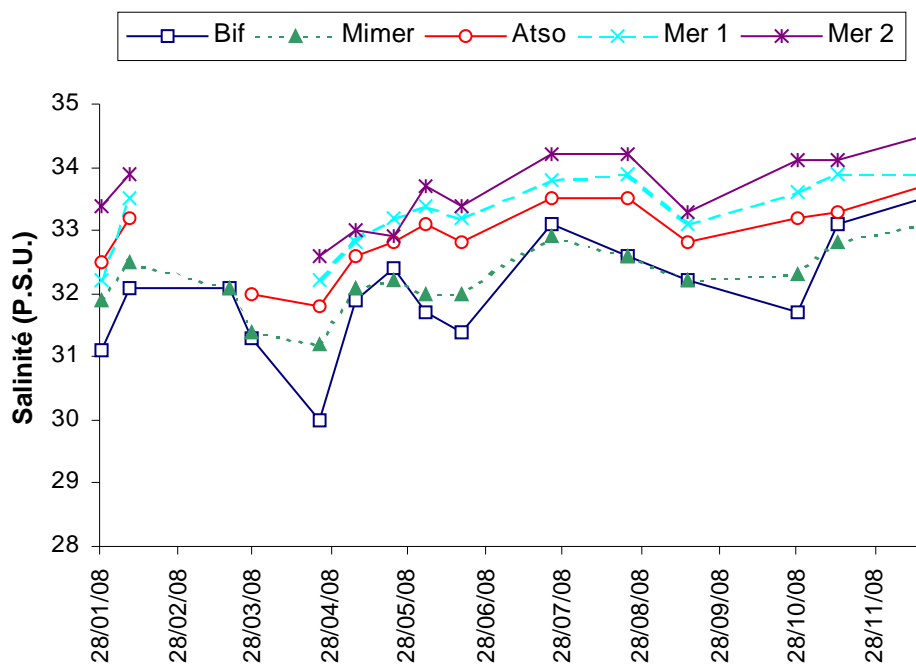


Figure 50. Évolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la baie de Somme

Les évolutions de turbidité et de concentration en matières en suspension sont comparables entre les points Bif et Mimer ainsi qu'entre les points Atso, Mer1 et Mer2 (distinction fonction de l'influence estuarienne) (Figures 51 et 52).

Le maximum est mesuré en début de cycle (période hivernale) et le minimum l'est pendant la période estivale (Annexe 2). Cependant, on observe quelques « anomalies » par rapport à ce schéma. Exemples : importante turbidité et quantité de MES le 19/03, qui sont dus à l'influence des vents de nord qui se renforcent et à un débit qui augmente. Ceci est le reflet de processus hydrodynamiques et météorologiques non abordables à cette échelle d'observation, pouvant être liée, à des remises en suspension lors d'épisode de crues ou de tempêtes combinées aux effets de la marée (échelle de quelques heures à quelques jours et non pas mensuelle).

La turbidité est maximale à la station Mimer (80,7 N.T.U.) le 19/03 et minimale le 08/02 à la station Mer1 (1,08 N.T.U.).

Le maximum et le minimum de M.E.S. sont mesurés, respectivement, à la station Mimer (150,4 mg/L) le 19/03 et à la station Mer2 le 22/05 (0,7 mg/L).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer2 pour la turbidité est compris entre -8,3 et -0,8 N.T.U. et entre -9,4 et -1,4 mg/L pour les M.E.S. (les concentrations en M.E.S. sont plus fortes à la côte qu'au large pour la majorité des prélèvements).

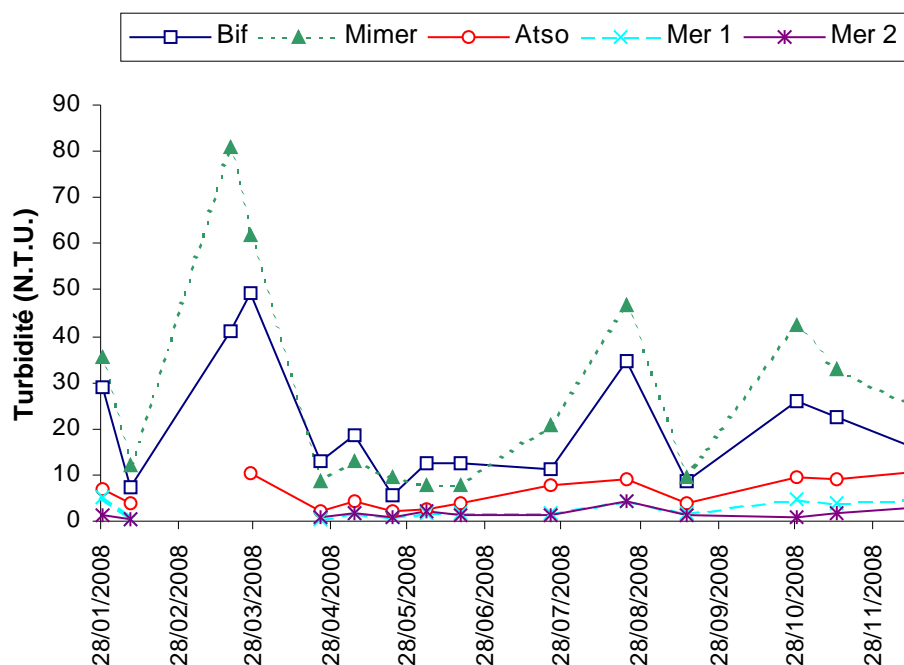


Figure 51. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la baie de Somme

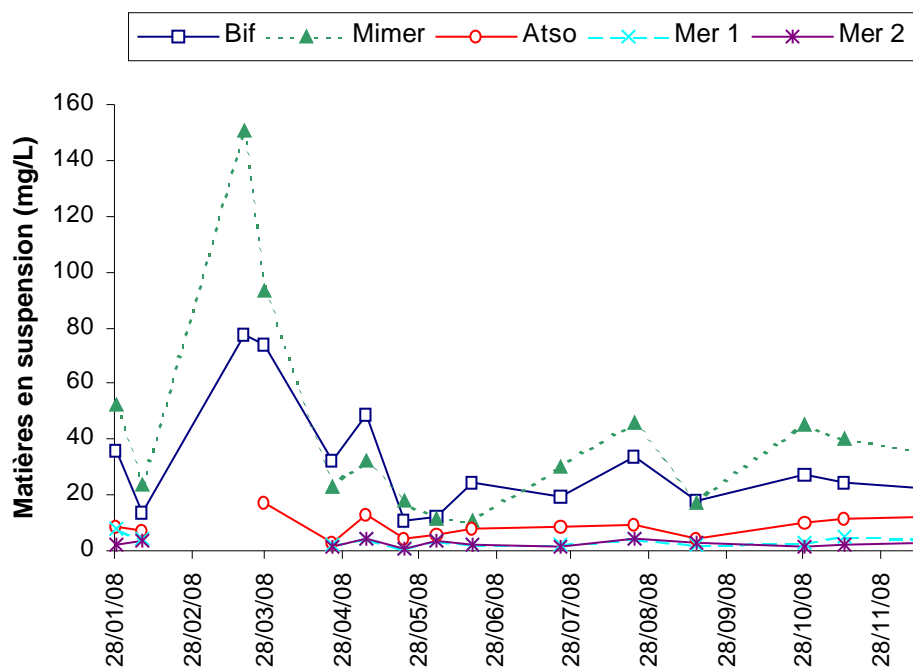


Figure 52. Évolution temporelle des matières en suspension (mg/L) sur la radiale de la Baie de Somme

L'évolution de la concentration de matière organique (M.O.) est marquée par la mesure de faibles valeurs en début de saison (janvier à mars), pour atteindre un maximum lors des mois d'avril et mai (avec 100 % pour le point Mer1 et Mer2), puis entre mai et août, les valeurs sont de l'ordre de 10 à 70 % (avec 50 % pour le point au large) avant de revenir progressivement à des niveaux comparables au début de cycle (< 10 %) durant les derniers mois (Figure 53).

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

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer2 est compris entre -5,1 % et 56 %.

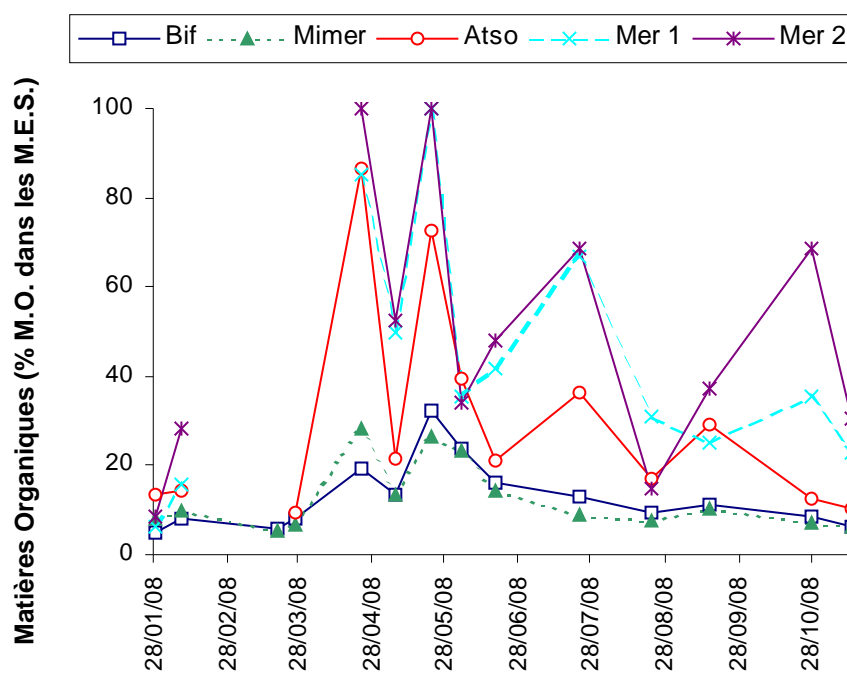


Figure 53. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (% de Matière organique dans les M.E.S.) sur la radiale de la baie de Somme

*Pour les autres paramètres (chlorophylle *a* et nutriments), les informations sont synthétisées de la figure 54 à la figure 65 ceci afin de faciliter l'interprétation.*

Le dosage de la concentration en chlorophylle *a*, indicateur de biomasse phytoplanctonique, permet de mettre en évidence un bloom printanier majeur généralisé de la côte vers le large (76,62 µg/L le 23/04 au point Mimer) suivi d'un bloom de moindre ampleur (maximum de 36,79 µg/L le 18/06 au point Bif) (Figures 54 et 55, Annexe 2 et Tableau 13).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en chlorophylle *a* sont particulièrement faibles au mois de janvier et au mois de décembre et fortes aux mois de mai et août (Figure 55). Les concentrations du mois d'avril au mois de juin pour le point Mimer et au mois de juillet pour le point Atso s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.

Tableau 13. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) pour les différents points de la radiale de la baie de Somme et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,32	4,56	16,48	11,20	21,61	128,16	232
Mimer	0,19	3,87	12,62	7,23	17,34	76,62	160
Atso	0,21	3,60	9,88	6,41	13,46	58,53	221
Mer1	0,08	2,14	7,06	4,60	9,54	39,15	206
Mer2	0,05	2,24	6,75	4,75	8,87	34,60	199

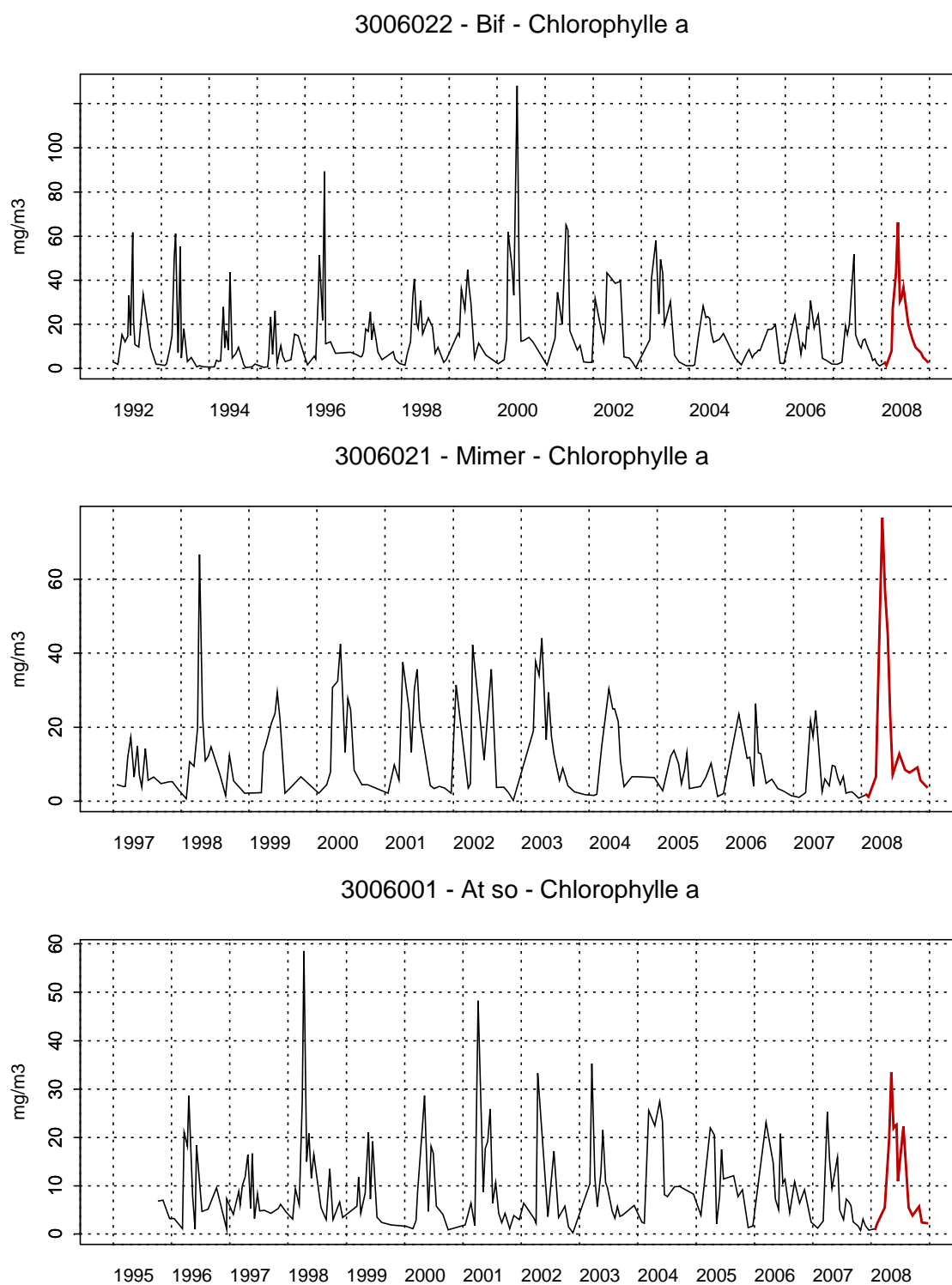


Figure 54. Évolution de la concentration en chlorophylle a (mg/m³) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

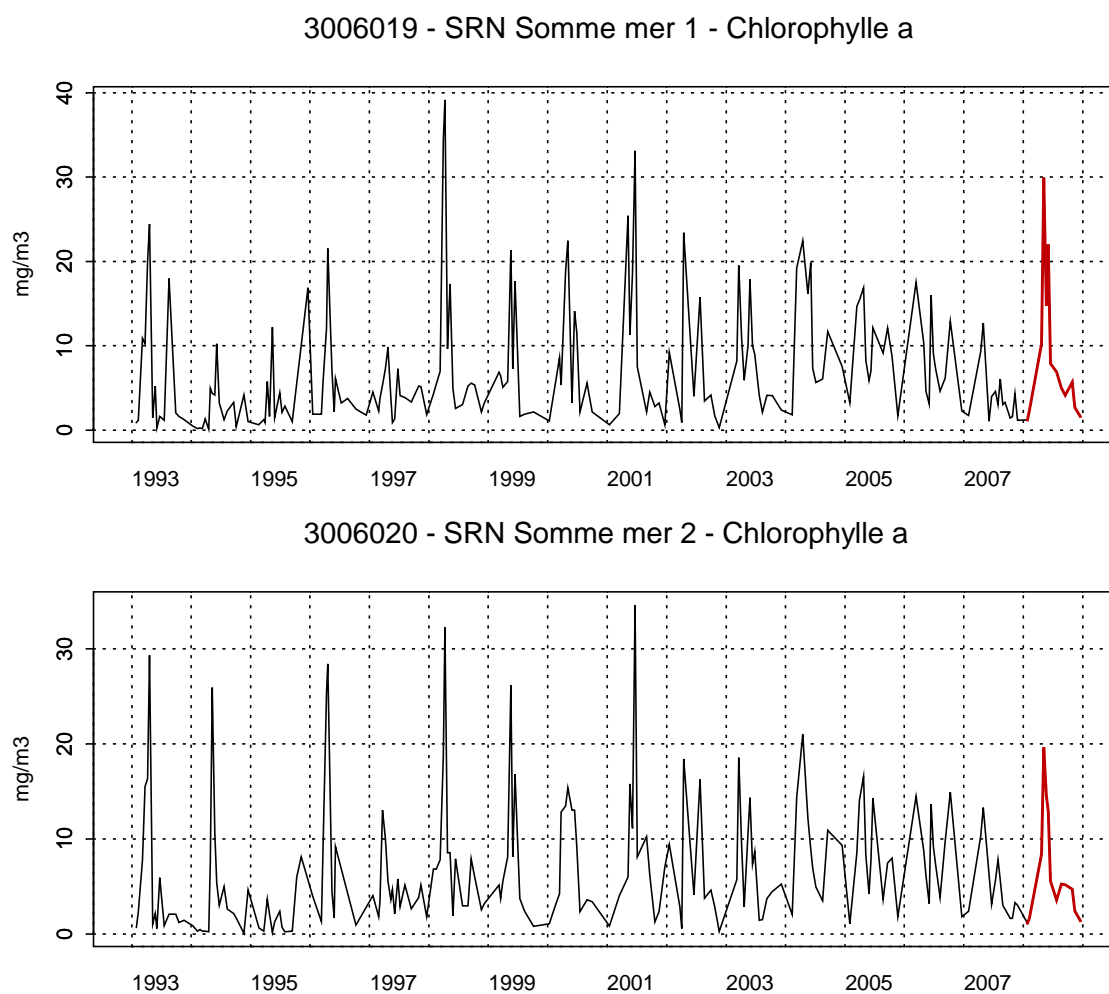


Figure 54 (Suite). Évolution de la concentration en chlorophylle a (mg/m^3) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

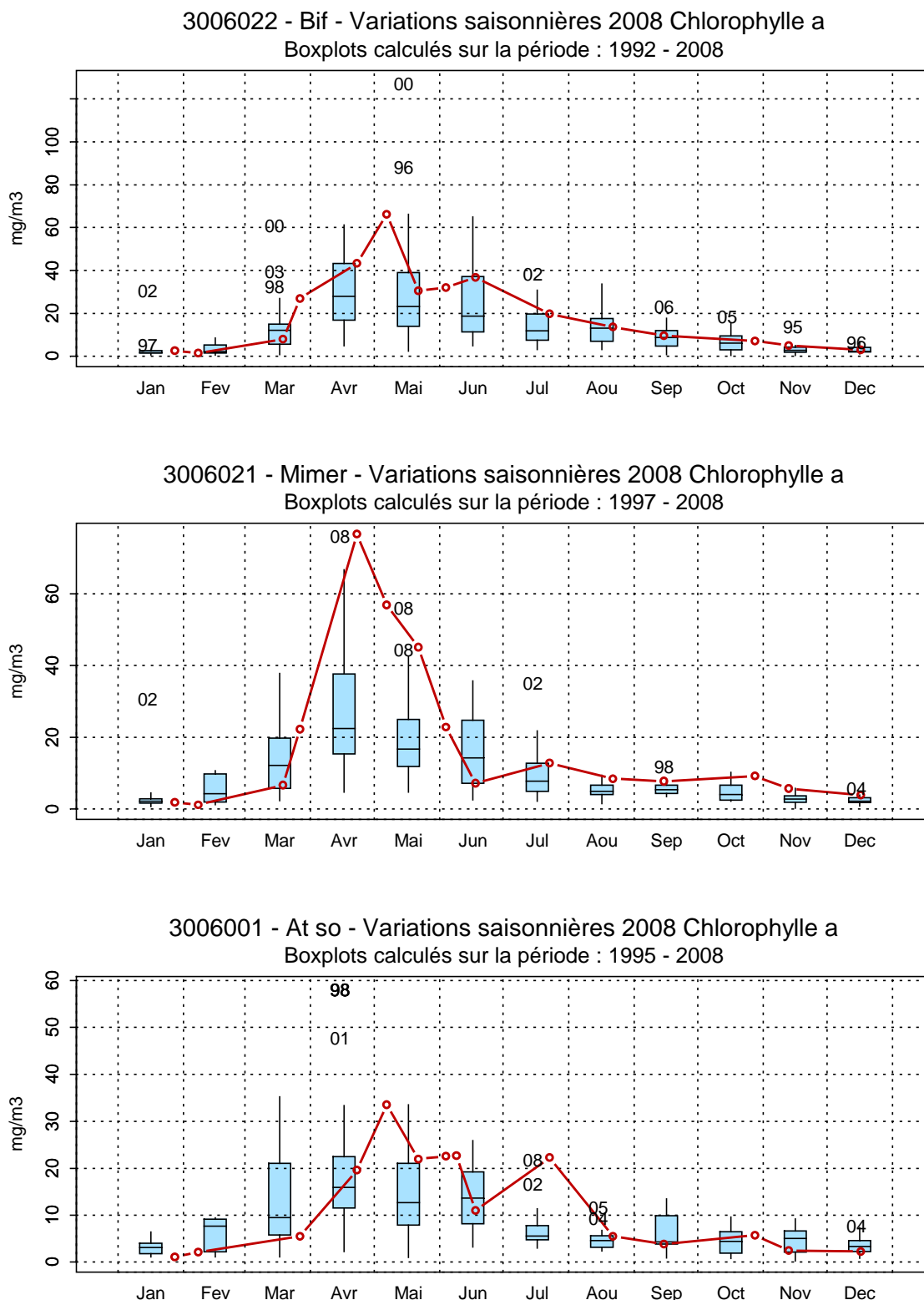


Figure 55. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle a (mg/m³) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

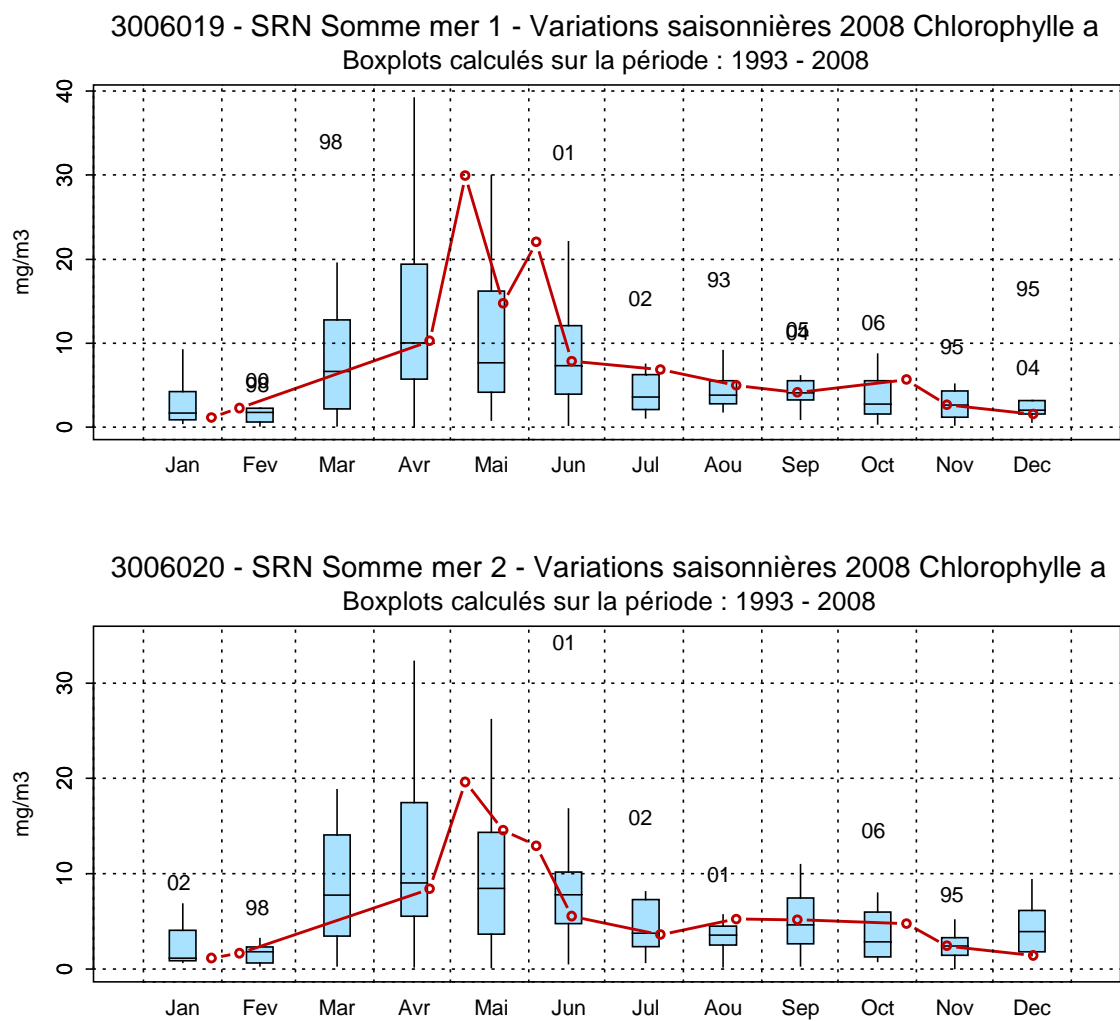


Figure 55 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle *a* (mg/m³) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

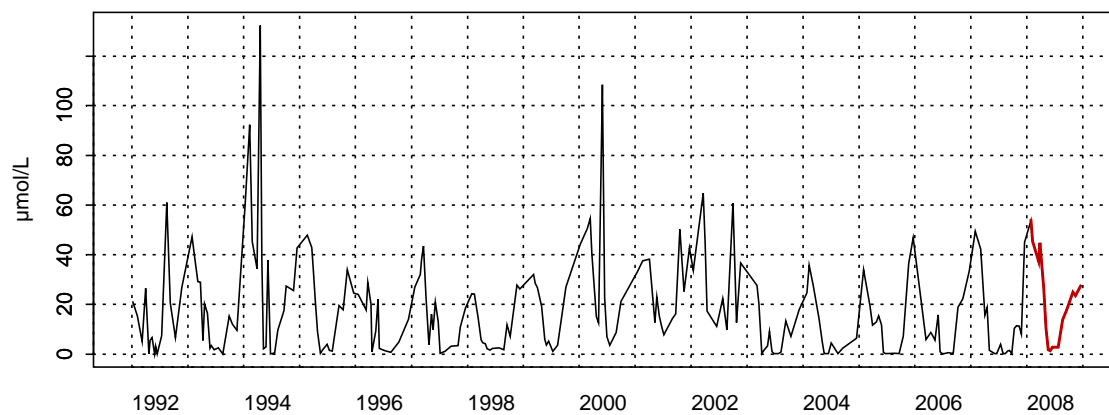
La courbe d'évolution du nitrate est classique. On observe que les concentrations maximales sont atteintes lors des mois hivernaux (notamment janvier et mars) avec des valeurs supérieures à 35 $\mu\text{mol/L}$ pour tous les points (Annexe 2 et Tableau 14). Les concentrations minimales sont enregistrées de mai à août. La période de mars à mai se caractérise par une chute brutale des concentrations pour atteindre la limite du seuil de détection en juin ($< 0,15 \mu\text{mol/L}$) pour les points Atso, Mer1 et Mer2, et ensuite il y a une augmentation progressive du mois d'août jusqu'au mois de décembre (Figures 56 et 57).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrate sont particulièrement faibles du mois de mai au mois de juin et fortes aux mois de janvier, août et septembre (Figure 57). La concentration du mois d'août s'avère être la plus forte relevée au cours de la période 1992-2008.

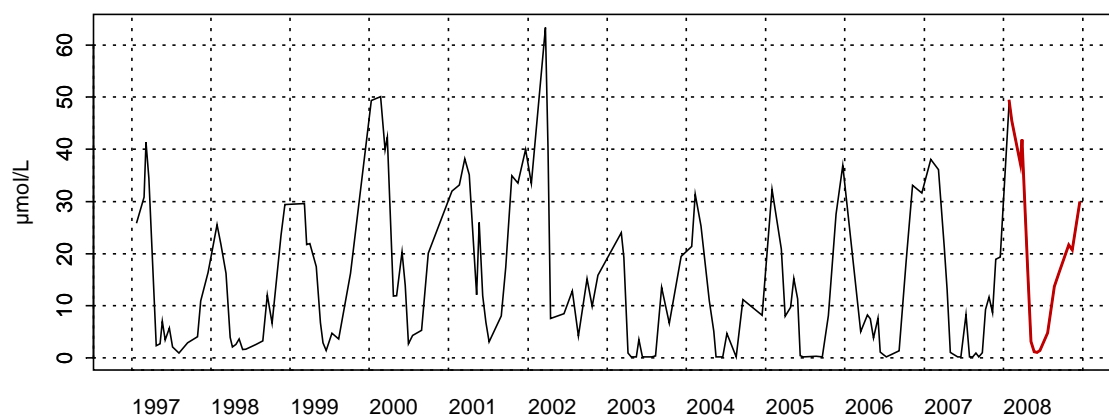
Tableau 14. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la baie de Somme et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,15	2,91	17,84	12,67	26,90	132,31	233
Mimer	0,15	2,69	14,28	9,72	21,79	63,33	161
Atso	0,15	2,26	12,86	7,67	21,03	56,09	232
Mer1	0,15	1,29	11,61	6,48	18,70	55,91	206
Mer2	0,15	1,15	9,98	4,80	16,72	50,90	198

3006022 - Bif - Azote nitrique (nitrate)



3006021 - Mimer - Azote nitrique (nitrate)



3006001 - At so - Azote nitrique (nitrate)

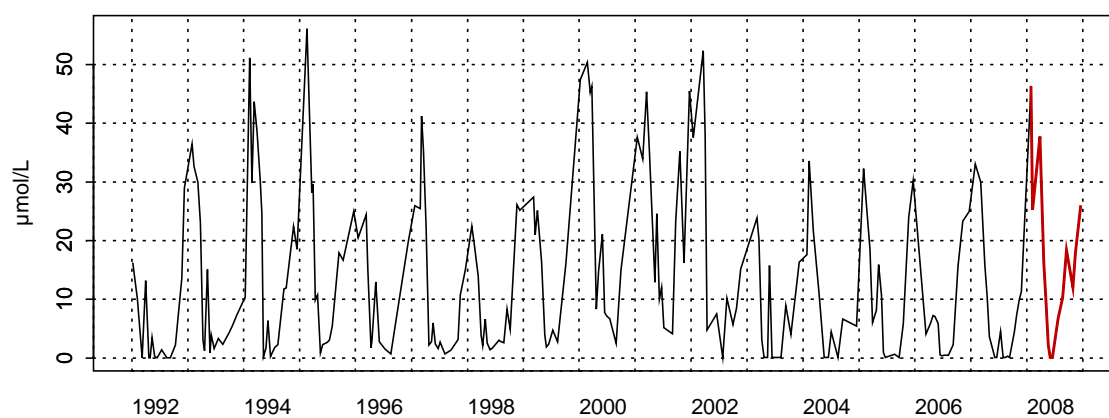
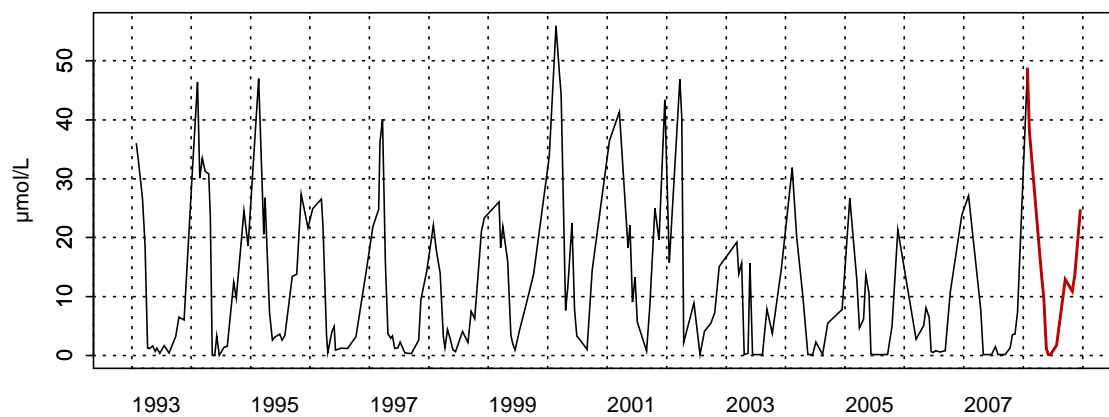
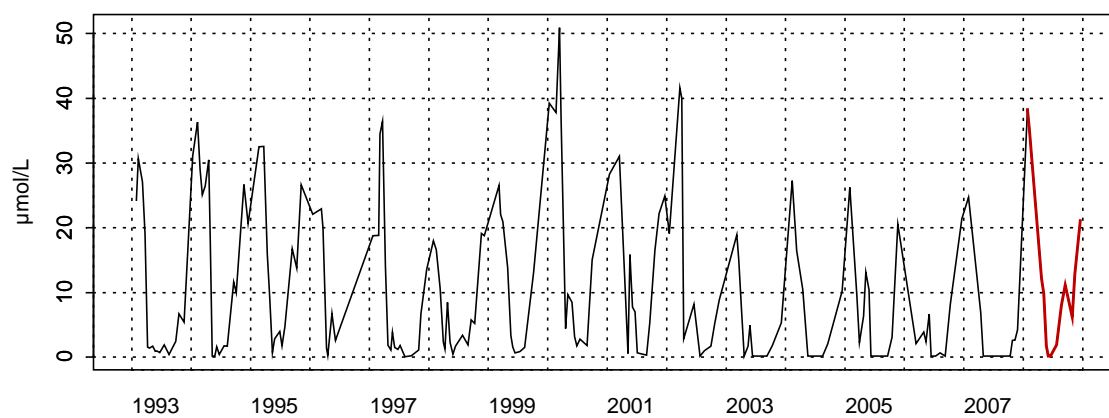


Figure 56. Évolution de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

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



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



**Figure 56 (Suite). Évolution de la concentration en nitrate (µmol/L)
pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

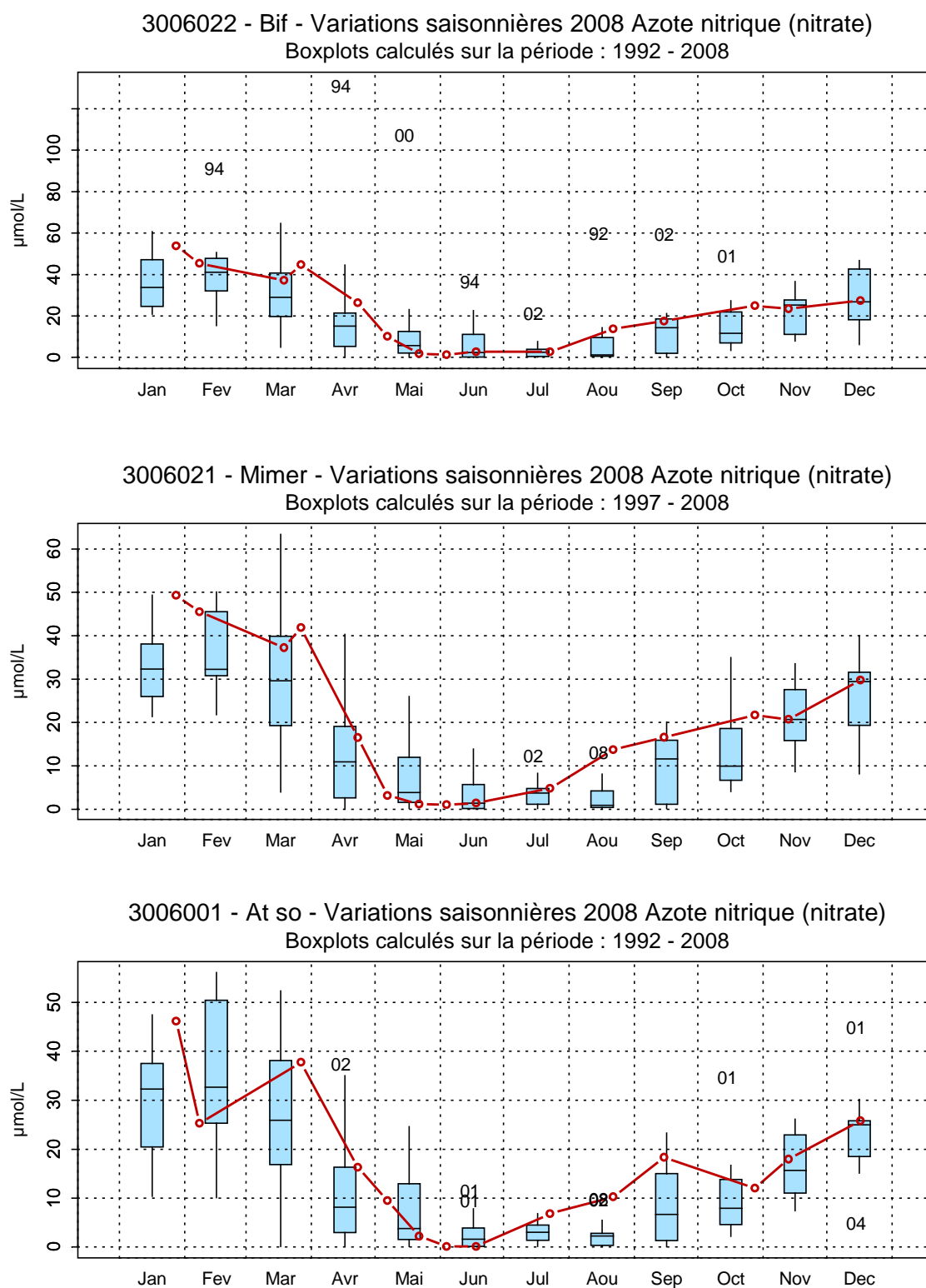
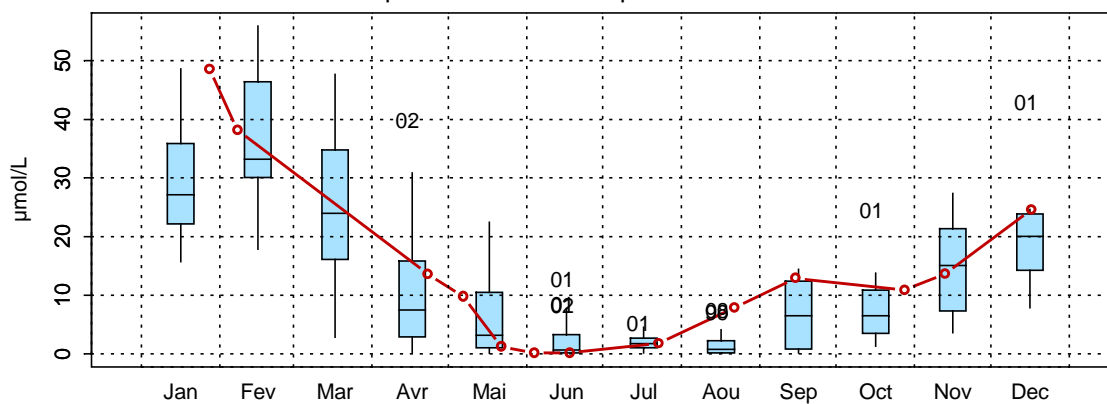


Figure 57. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008

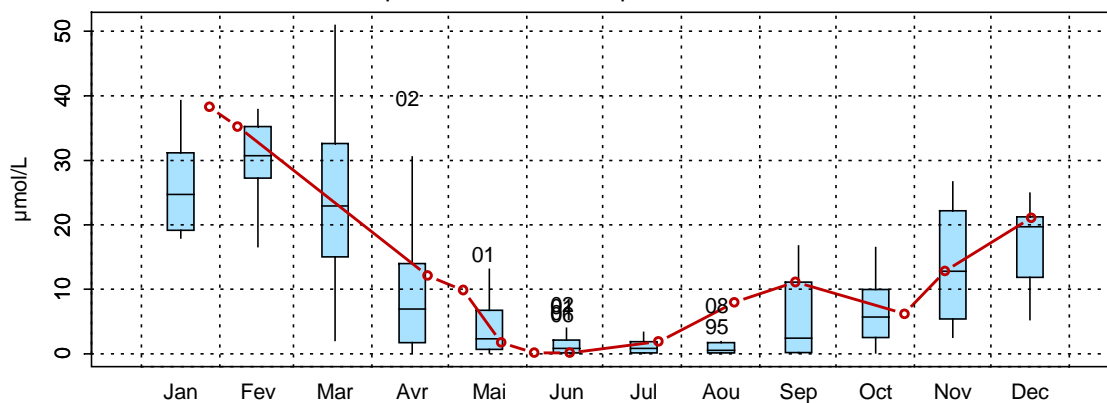


Figure 57 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

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

La courbe d'évolution du nitrite est classique et ressemble fortement à celle du nitrate. Au début de l'année, les concentrations sont comprises entre 0,55 et 0,60 $\mu\text{mol/L}$, puis il y a une légère augmentation. Les minima sont obtenues au mois de juin (valeurs proches ou égales au seuil de détection : 0,05 $\mu\text{mol/L}$) pour le point Mer1 et Mer2. Ensuite, la concentration augmente jusqu'au 15 septembre puis diminue progressivement jusqu'au mois de décembre. Cependant, on observe une « anomalie » sur ce schéma, le 07/05 avec un pic de nitrite pour le point Mimer de la radiale, qui est liée à des processus hydrodynamique et météorologique non abordables à cette échelle d'observation (Annexe 2).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en nitrite sont particulièrement fortes au mois d'août et faibles du mois de novembre au mois de décembre (Figures 58 et 59).



Photo 5. Chaîne de *Thalassiosira rotula* (Grossissement X 20)

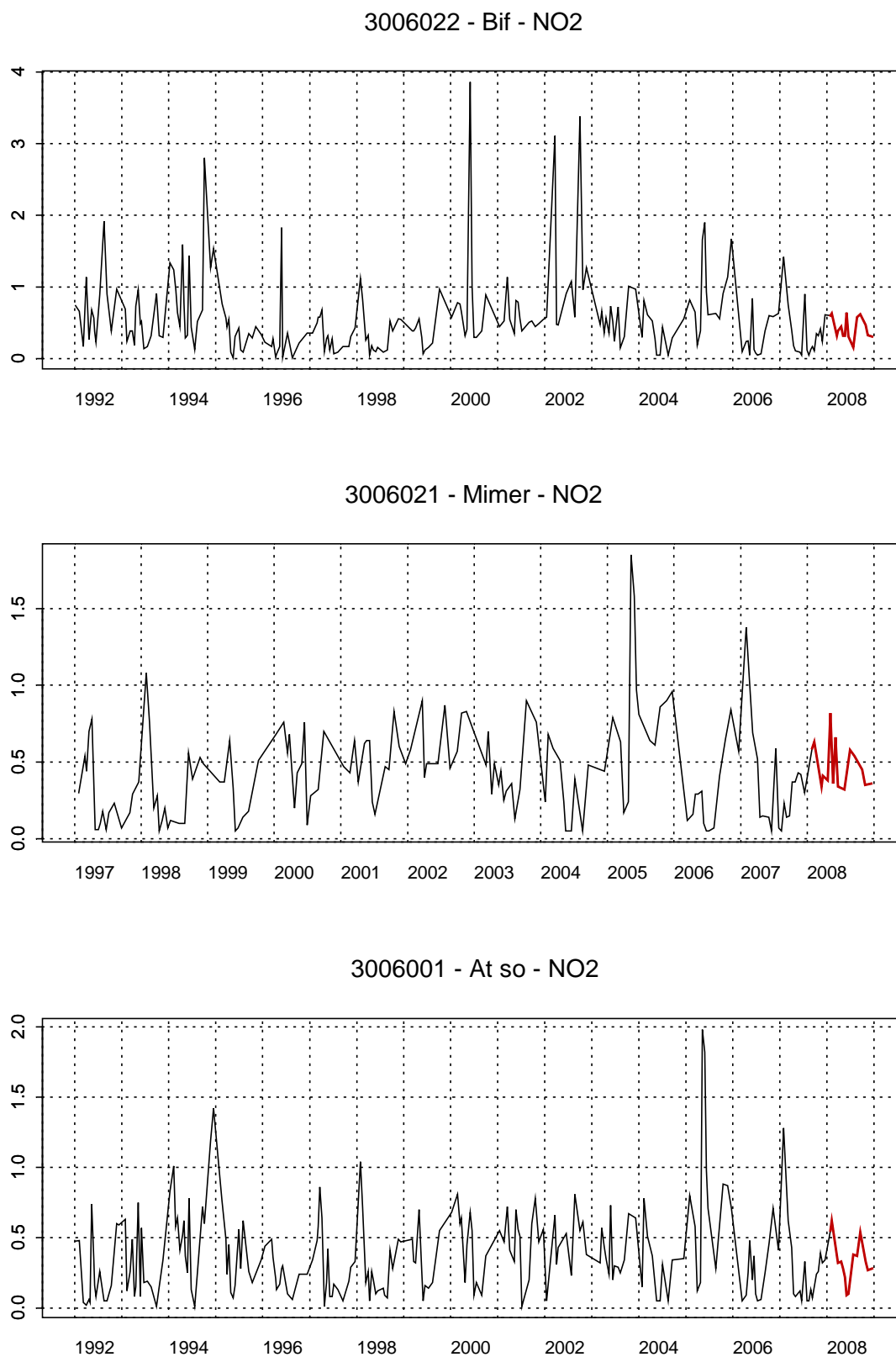
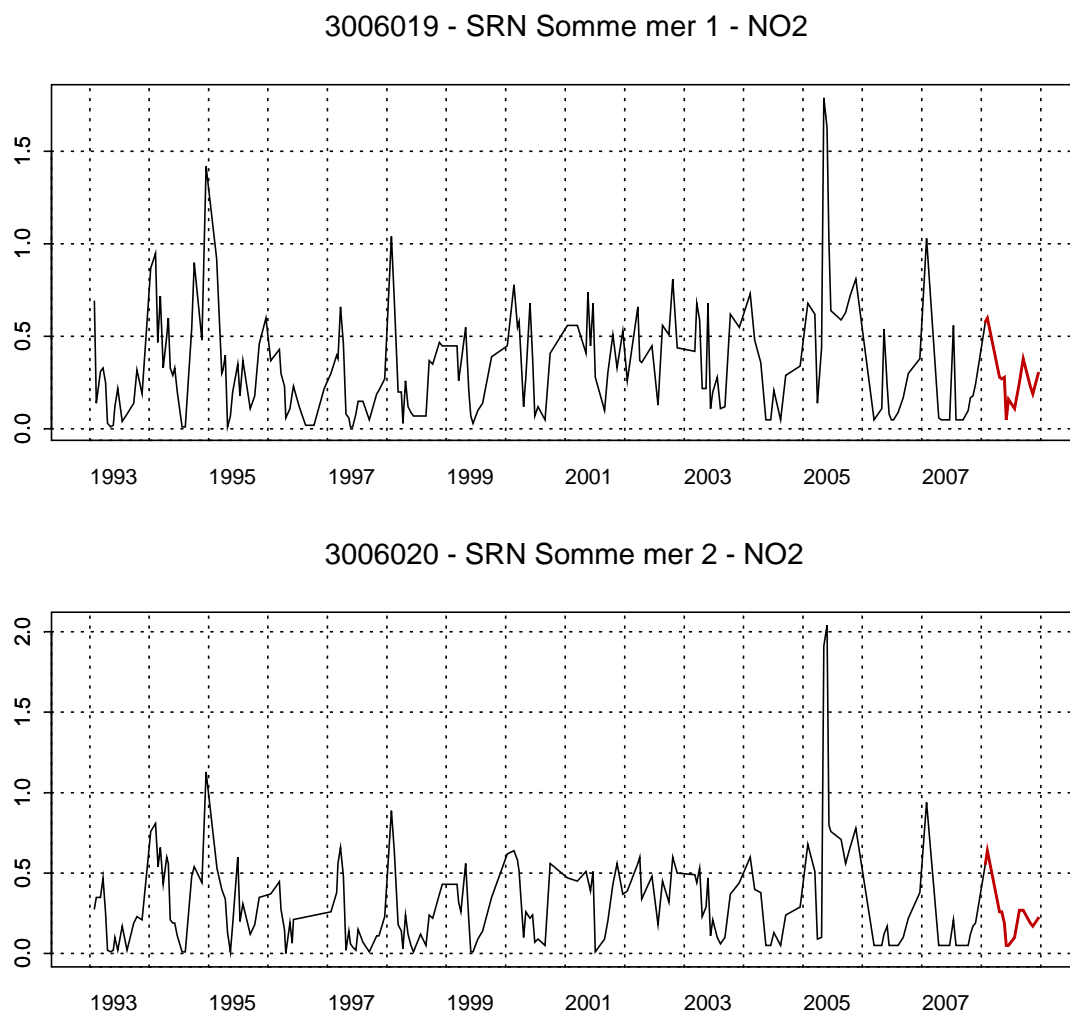


Figure 58. Évolution de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme



**Figure 58 (Suite). Évolution de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$)
pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

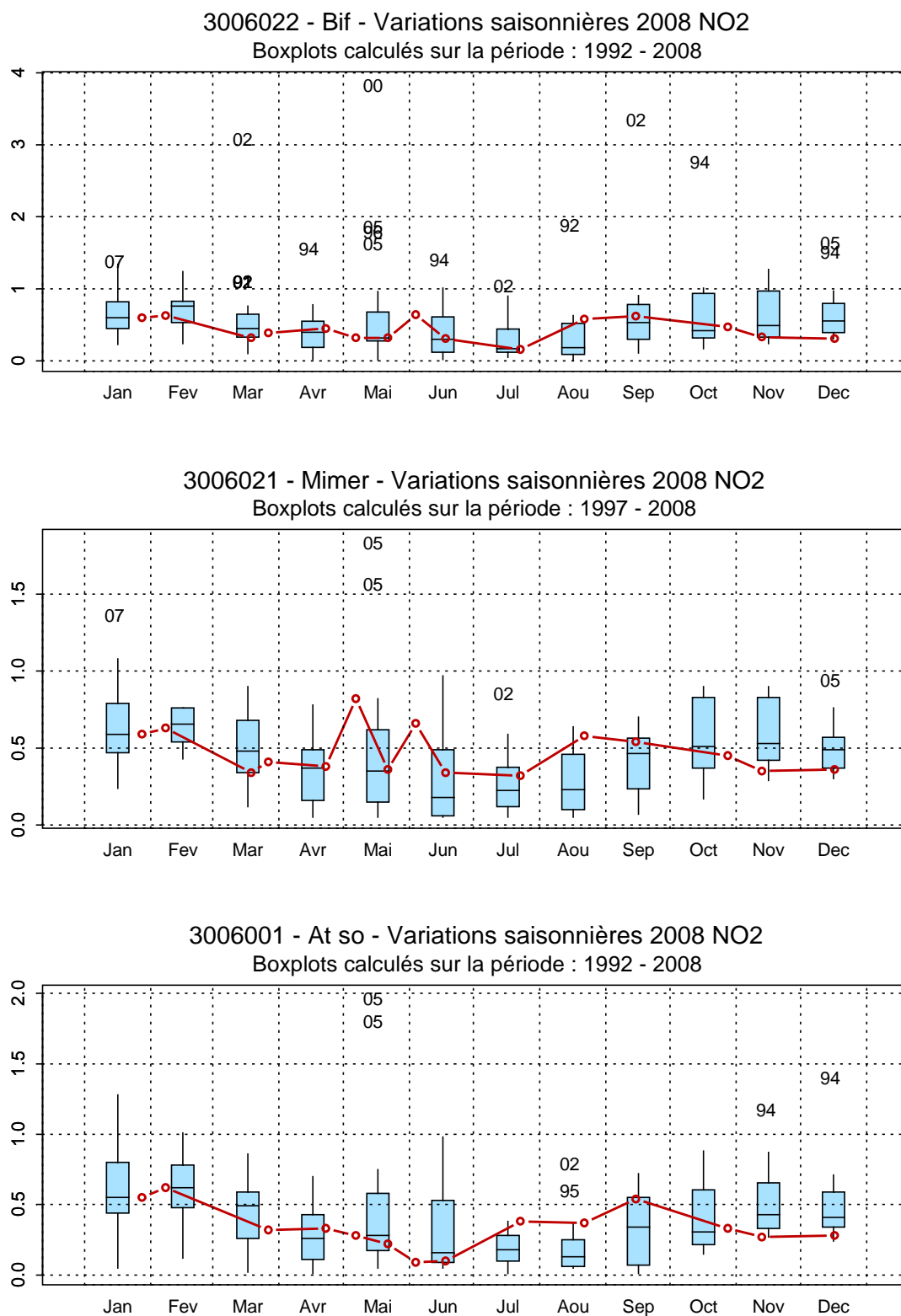
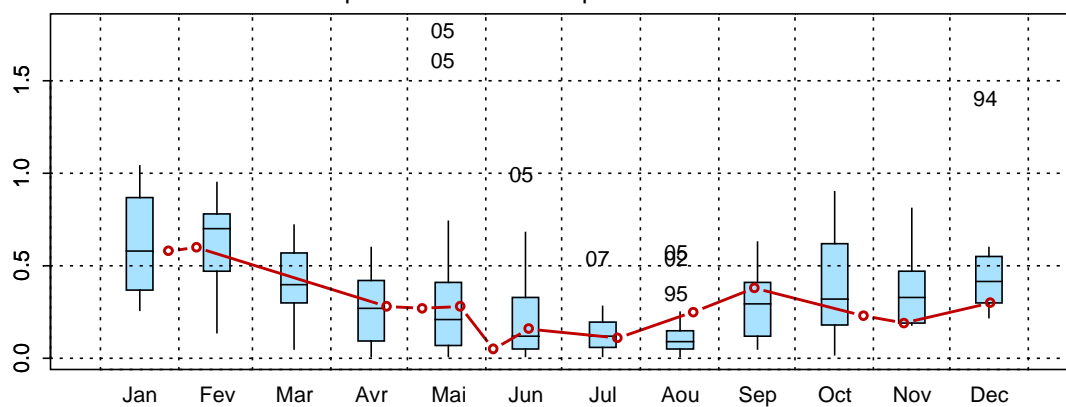


Figure 59. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2008 NO2
 Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 NO2
 Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008

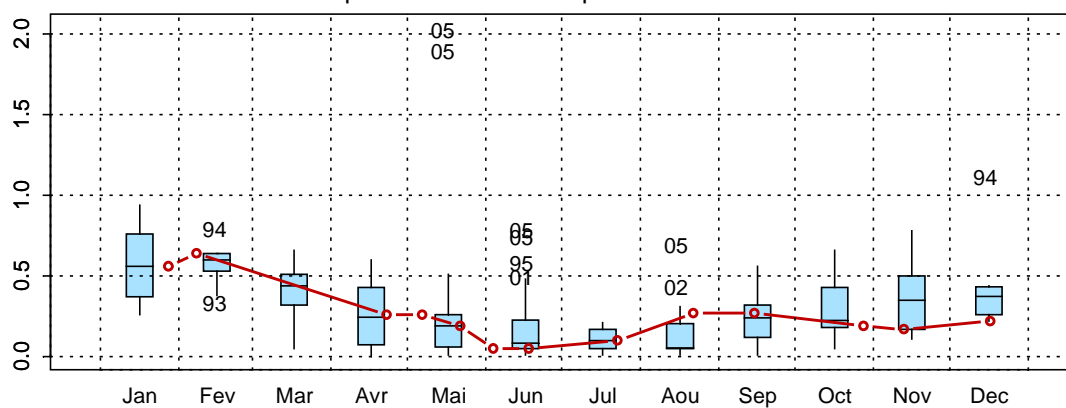


Figure 59 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique durant l'année. On observe des concentrations moyennes de janvier à mars, puis les minima sont obtenues d'avril à juillet (valeurs proches ou égales au seuil de détection : $0,15 \mu\text{mol/L}$) et les plus élevées du mois d'août au mois de décembre avec un maximum au point Mimer ($6,52 \mu\text{mol/L}$) le 22/08 (Annexe 2). On observe une légère augmentation de l'ammonium durant le mois de juin pour tous les points (Figures 60 et 61).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en ammonium sont particulièrement faibles aux mois de mai et novembre et fortes au mois d'août (Figure 61). La concentration du mois de juillet au point Asto et du mois d'août au point Mimer s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.



Photo 6. Cellule de *Dinophysis* sp. (Grossissement X 60)

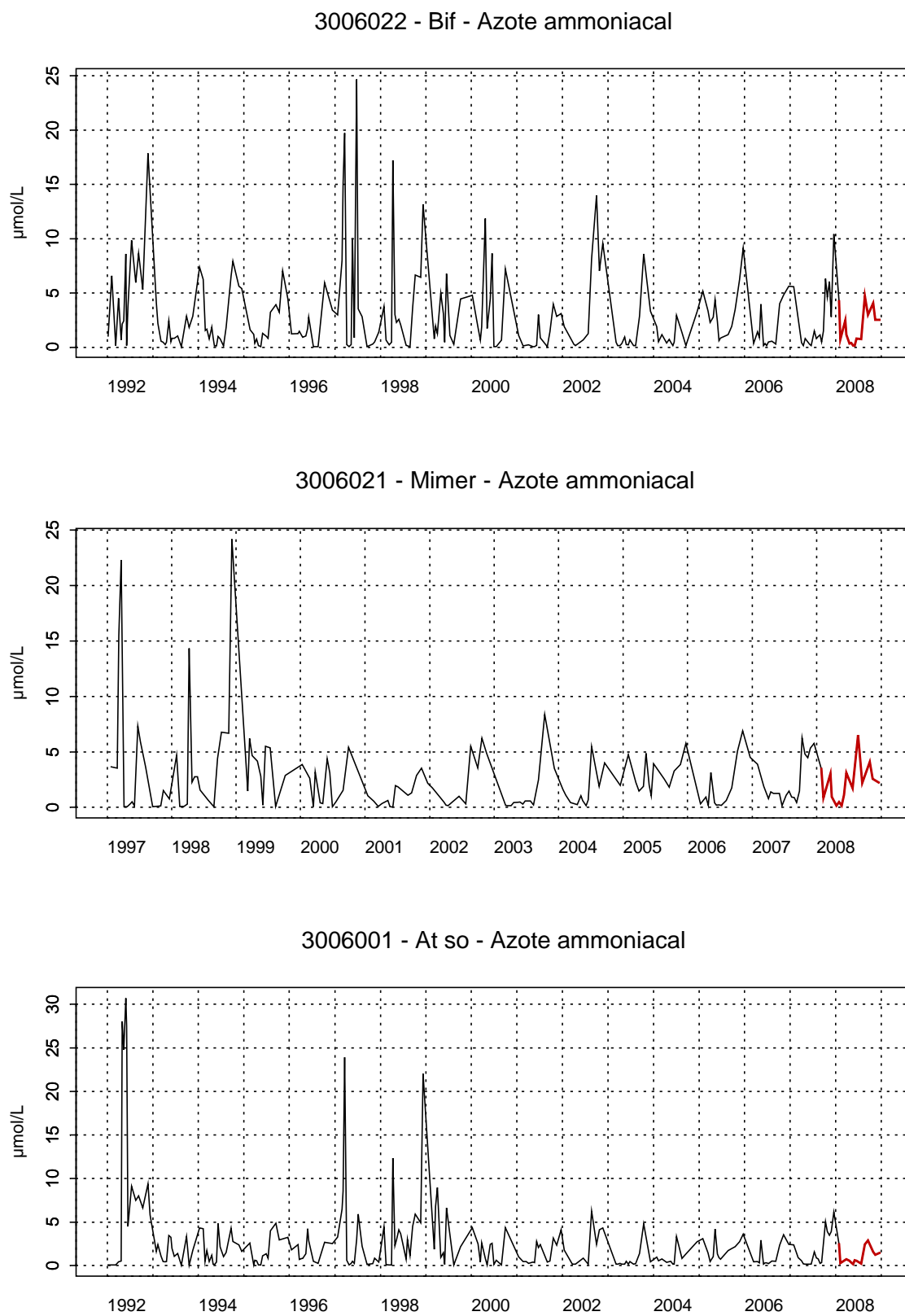
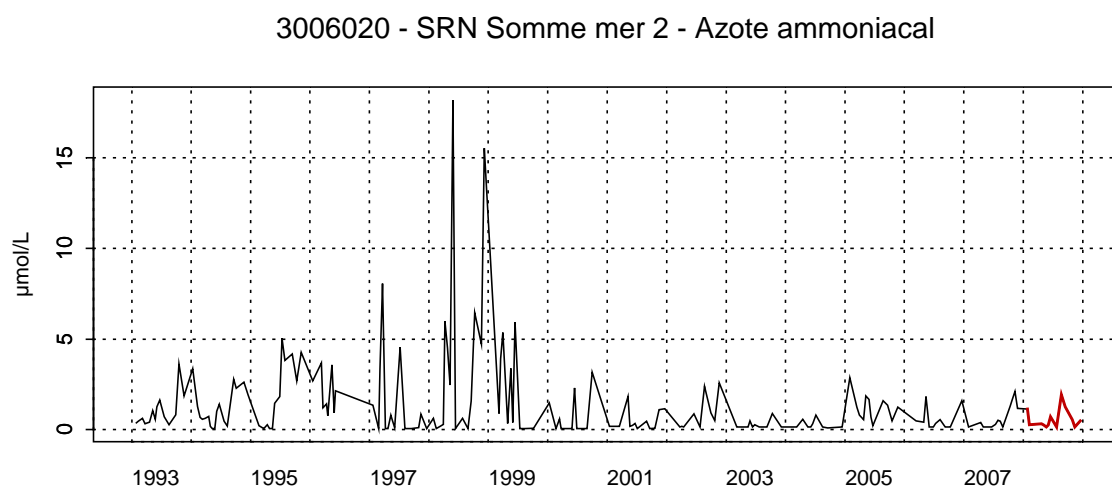
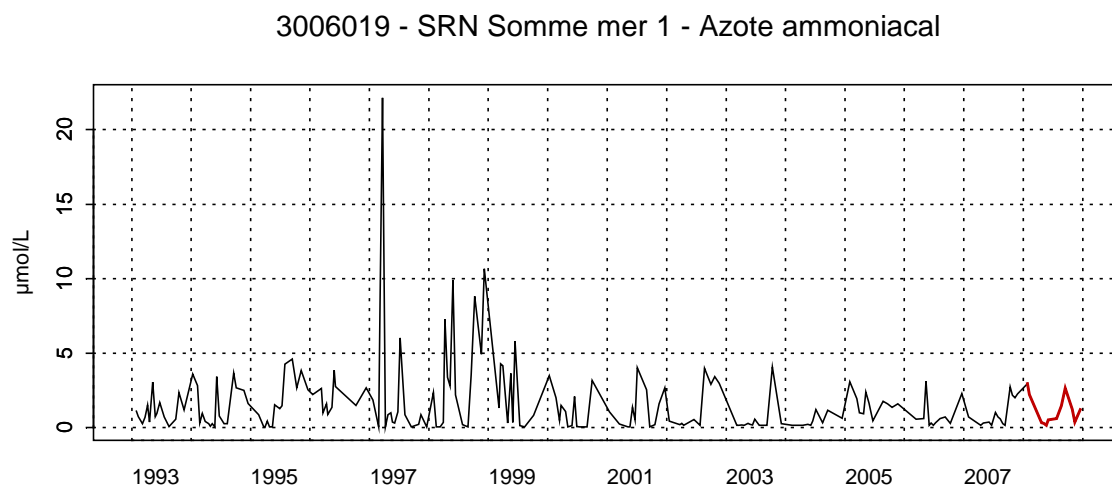


Figure 60. Évolution de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme



**Figure 60 (Suite). Évolution de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$)
pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

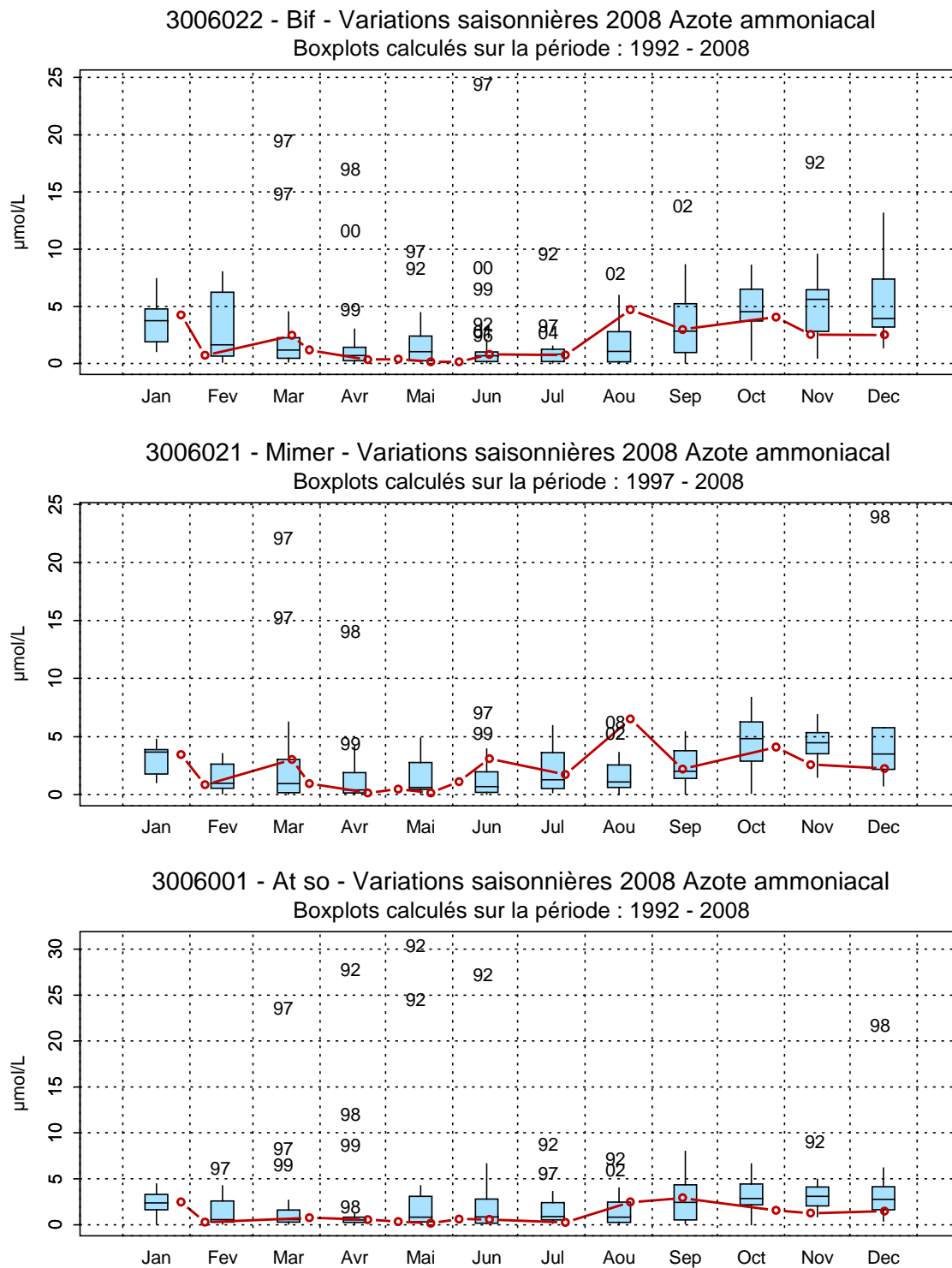
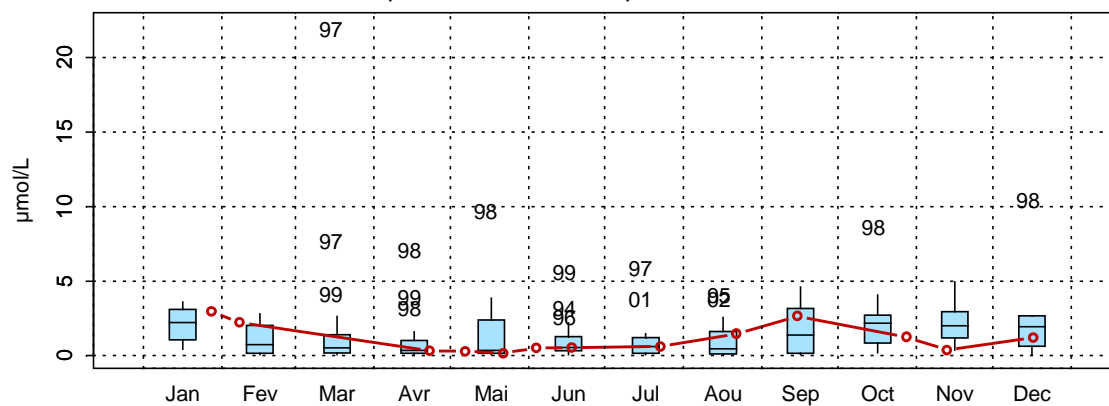


Figure 61. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008

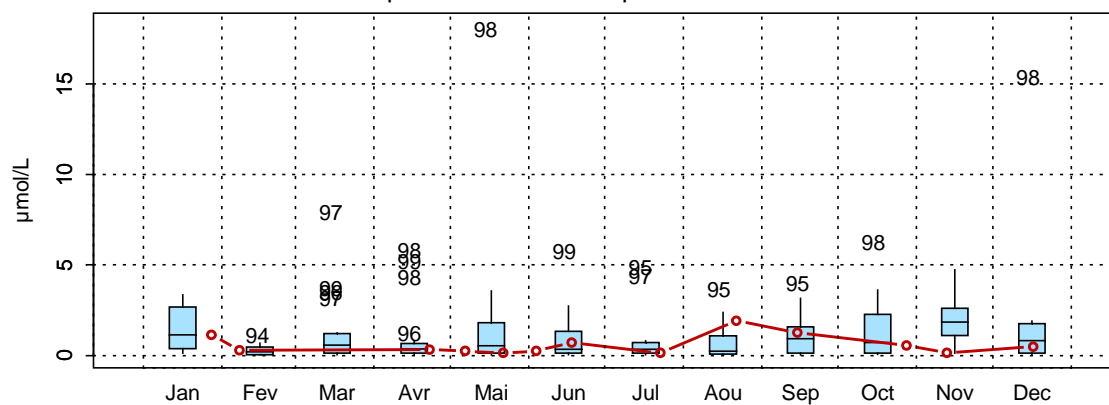


Figure 61 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

L'évolution de la concentration en phosphate est différente à ce qui est habituellement observé sur le site avec là aussi quelques « anomalies » à préciser. Elle est marquée dans un premier temps par une chute de concentration du mois de janvier au mois de mai, puis il y a des augmentations brutales pour les points Bif et Mimer et le maxima est atteint le 07/05 (4,73 $\mu\text{mol/L}$) pour le point Mimer. Ensuite, il y a une diminution brutale pour atteindre le minimum (seuil de détection : 0,05 $\mu\text{mol/L}$). Dès le mois d'octobre, on note une augmentation progressive de la concentration jusqu'au mois de novembre (Annexe 2 et Tableau 15).

On observe des « anomalies » par exemple : les importantes concentration de phosphate le 07/05 au point Mimer et le 04/06 aux points Bif et Mimer qui sont liées à des processus hydrodynamique et météorologique non abordables à cette échelle d'observation (Figures 62 et 63).

Pour la période 1992-2008, les concentrations en phosphate sont particulièrement fortes du mois de mai au mois de juin et faibles aux mois de septembre et décembre (Figure 63). Les concentrations aux mois de mars (Mimer), mai (Mimer et Mer1) et juin (Bif, Mimer et Mer1) s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.

Tableau 15. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la baie de Somme et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,05	0,19	1,15	0,45	0,94	31,50	229
Mimer	0,05	0,15	0,56	0,40	0,77	4,73	161
Atso	0,05	0,14	0,47	0,33	0,67	3,03	233
Mer1	0,05	0,10	0,41	0,24	0,64	1,78	206
Mer2	0,05	0,06	0,39	0,23	0,66	1,64	200

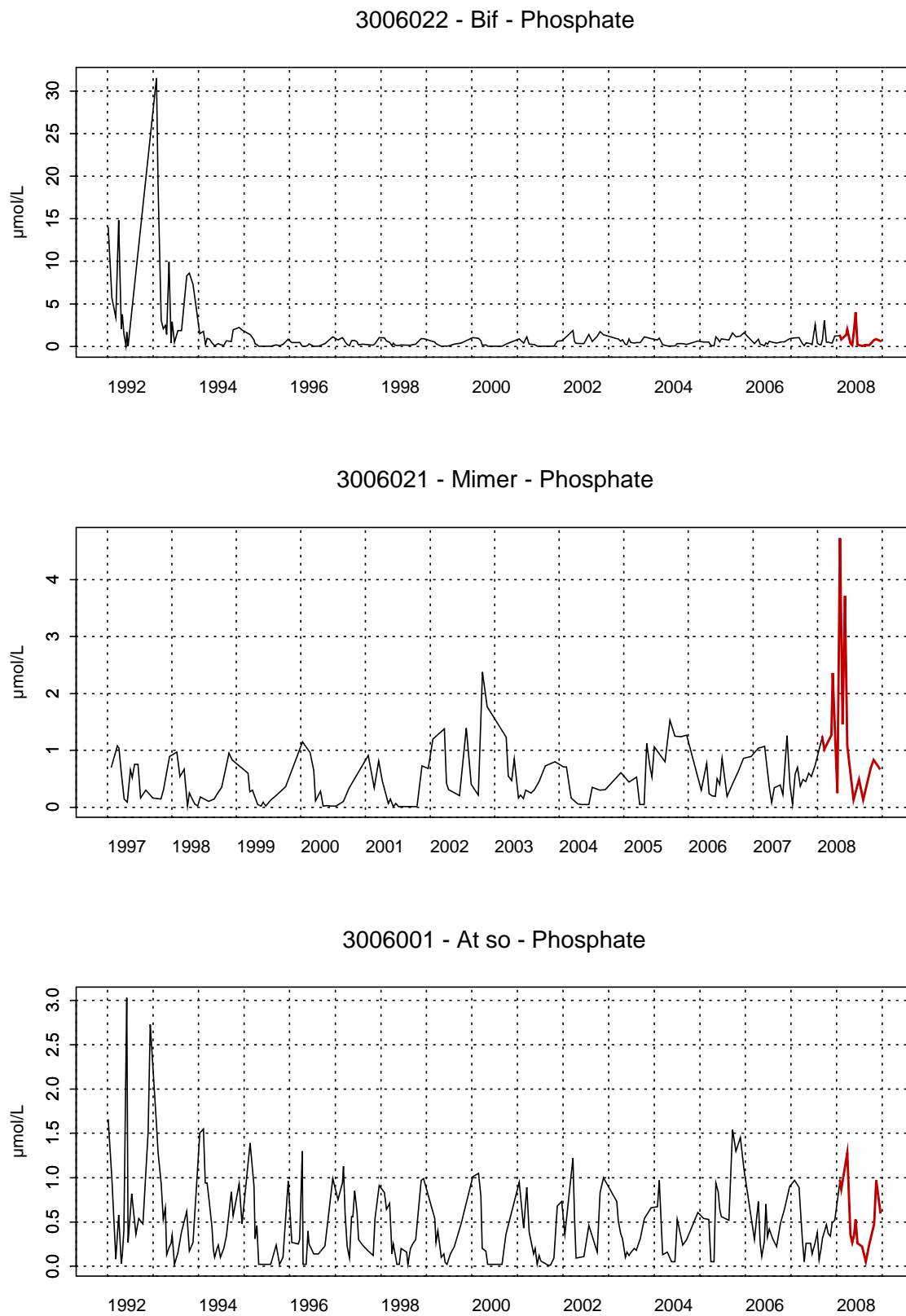
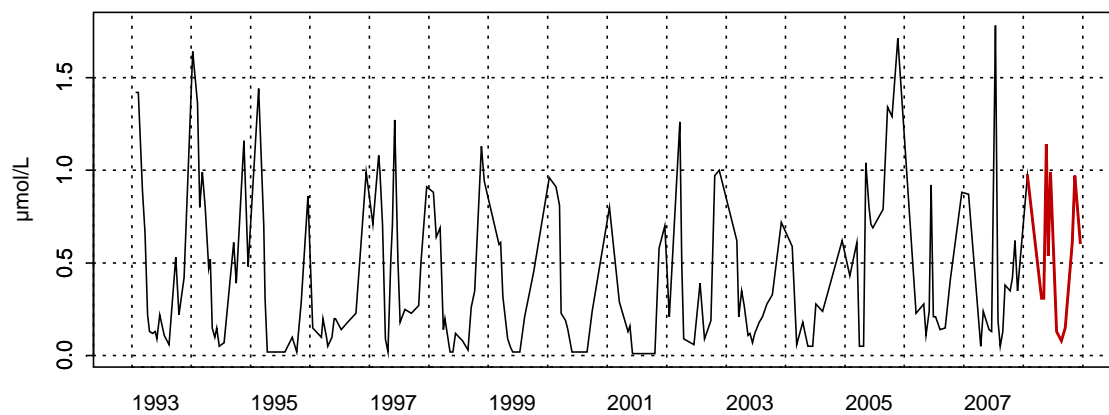
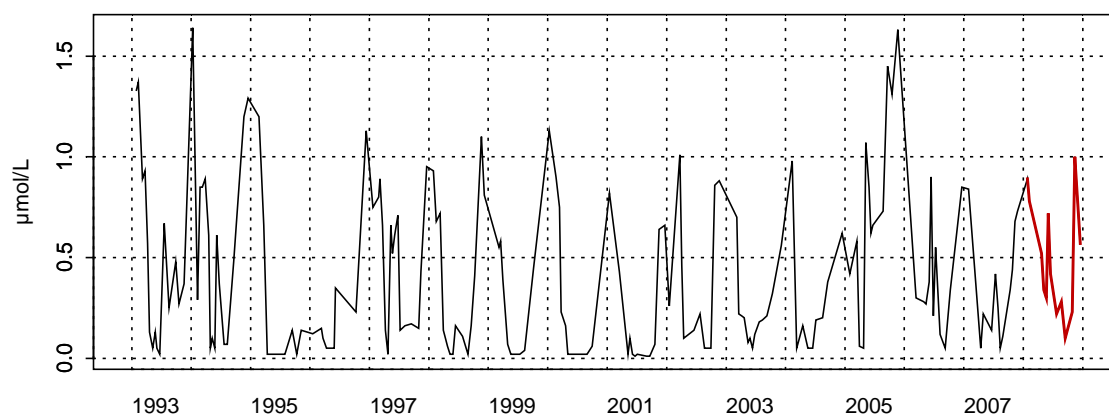


Figure 62. Évolution de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Phosphate



3006020 - SRN Somme mer 2 - Phosphate



**Figure 62 (Suite). Évolution de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$)
pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

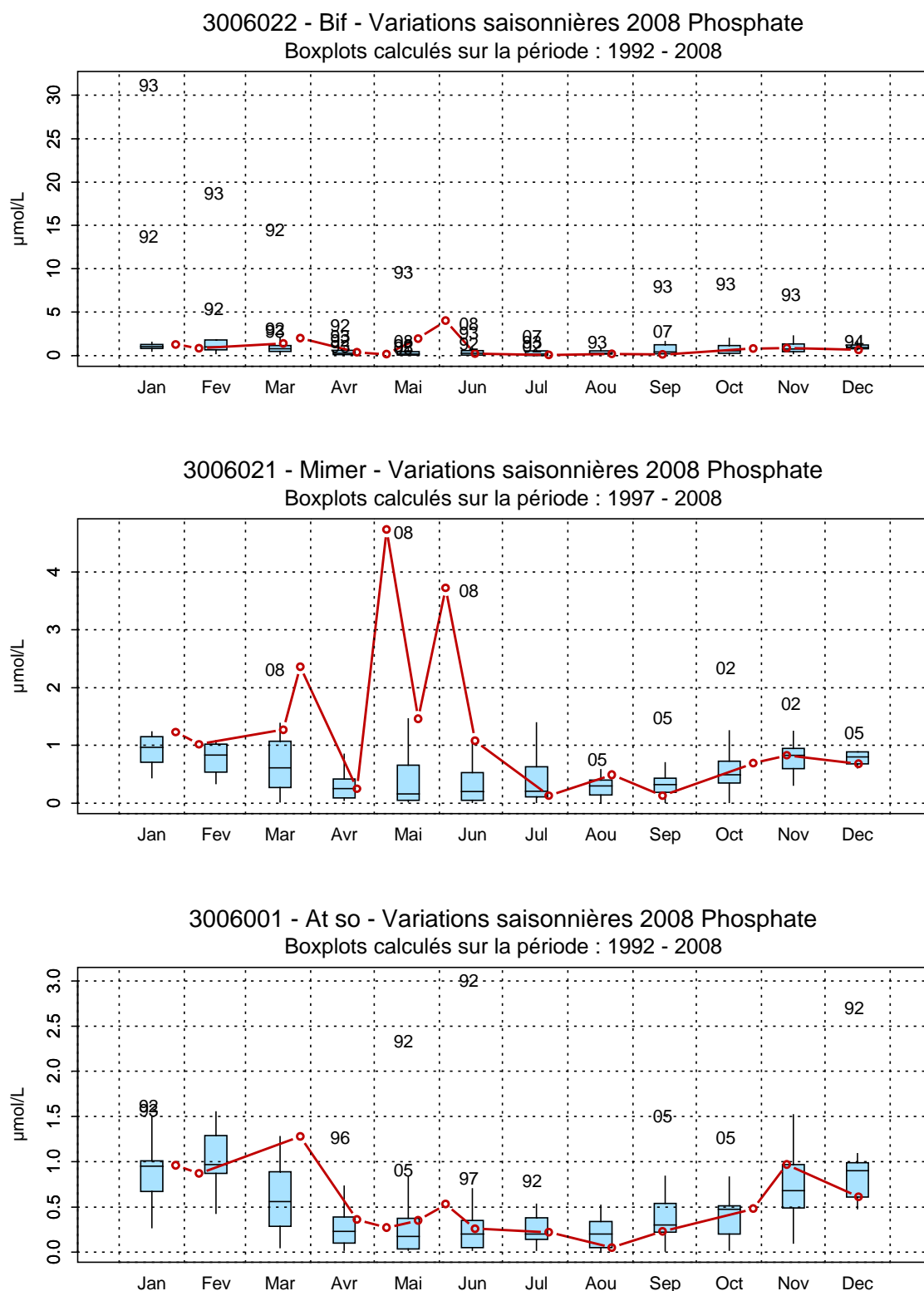


Figure 63. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

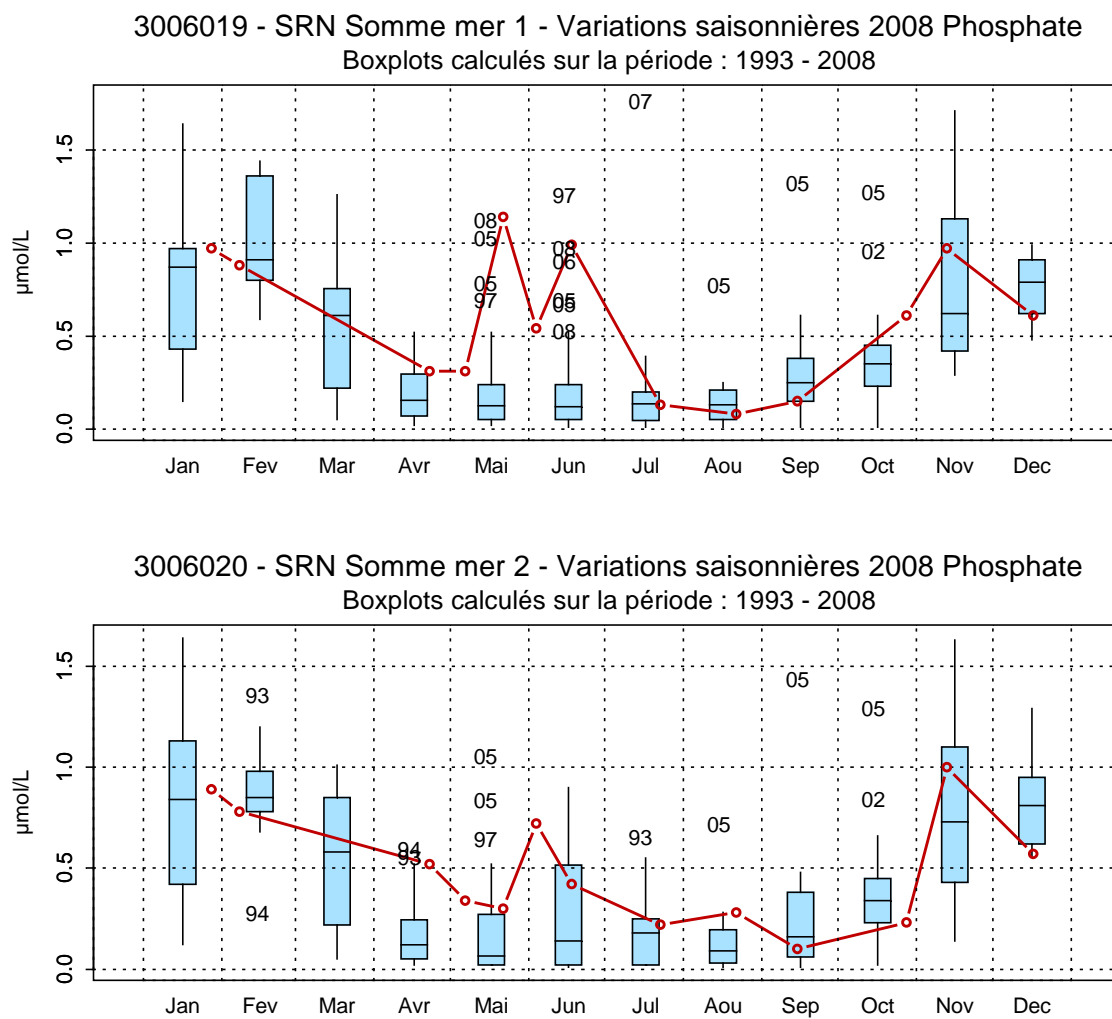


Figure 63 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

En 2008 et conformément aux autres années, l'évolution de la concentration en silicate peut être divisée en 3 parties. Les valeurs sont fortes en début d'année (25,05 $\mu\text{mol/L}$, le 28/01 pour le point Bif) pour ensuite diminuer brutalement pour atteindre leur minimum, d'avril à juin, au niveau du seuil de détection (0,1 $\mu\text{mol/L}$). On peut noter cependant un pic de concentration en mai et en juin pour le point Mimer (Annexe 2 et Tableau 16). A partir de fin juin et jusqu'en décembre, les valeurs vont augmenter pour atteindre un maximum de 39,01 $\mu\text{mol/L}$ au point Bif (Figures 64 et 65). Pour la période 1992-2008, les concentrations en silicate sont particulièrement faibles aux mois de mai, juin et décembre et fortes du mois de juillet au mois d'août (Figure 65). Les concentrations aux mois de juillet (Atso et Mer2) et d'août (Mimer) s'avèrent être les plus fortes relevées au cours de la période 1992-2008.

Tableau 16. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les différents points de la radiale de la baie de Somme et pour la période 1992-2008.

	Min	Q1	Moy	Med	Q3	Max	n
Bif	0,10	1,54	7,93	3,98	11,05	108,78	233
Mimer	0,10	1,49	6,81	4,16	11,04	31,82	161
Atso	0,10	1,32	6,40	4,07	9,96	34,04	233
Mer1	0,10	1,14	5,41	3,35	8,20	32,27	206
Mer2	0,10	0,99	4,84	2,96	6,92	45,78	200

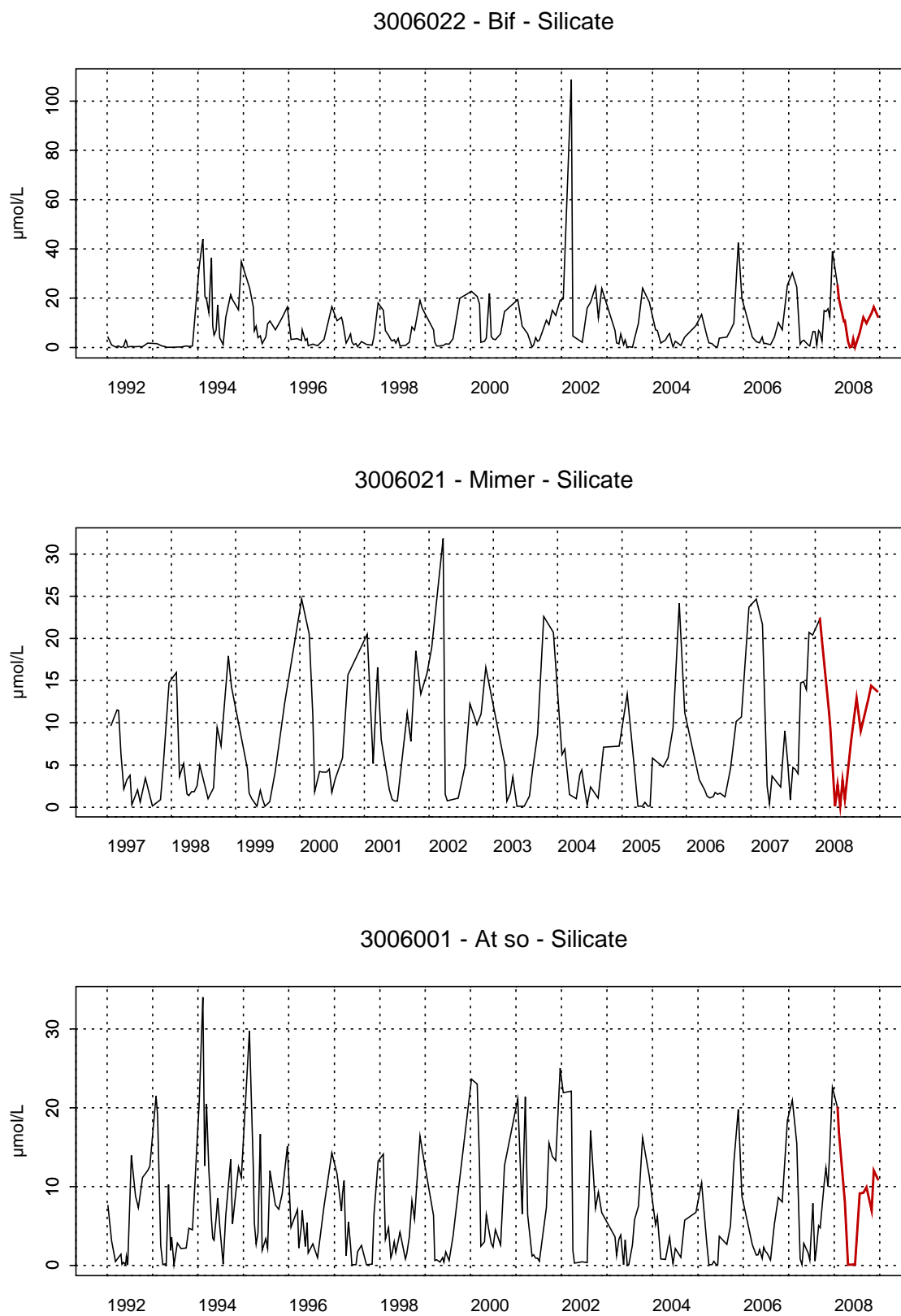
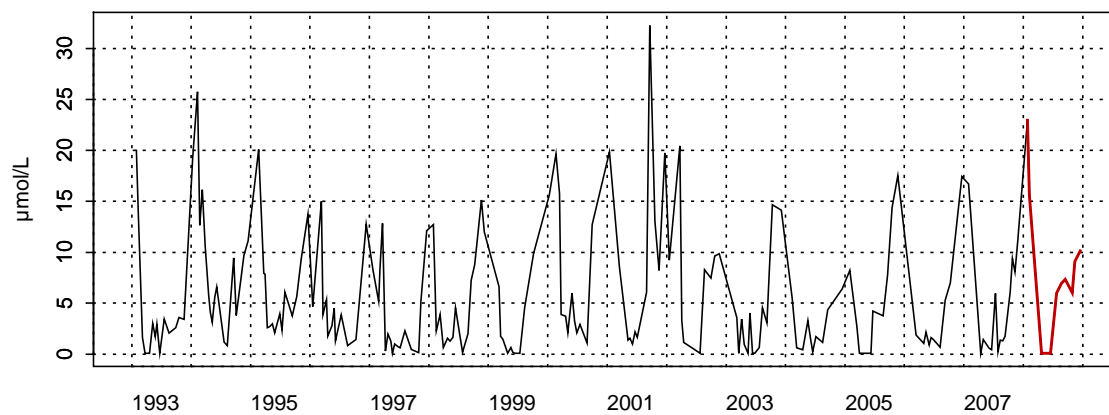
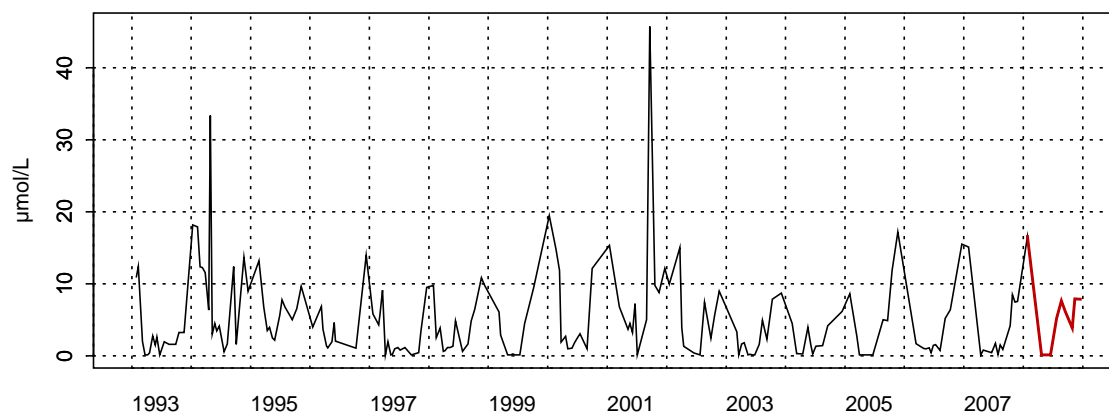


Figure 64. Évolution de la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) pour les trois points de la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Silicate



3006020 - SRN Somme mer 2 - Silicate



**Figure 64 (Suite). Évolution de la concentration en silicate (µmol/L)
pour les trois points de la radiale de la baie de Somme**

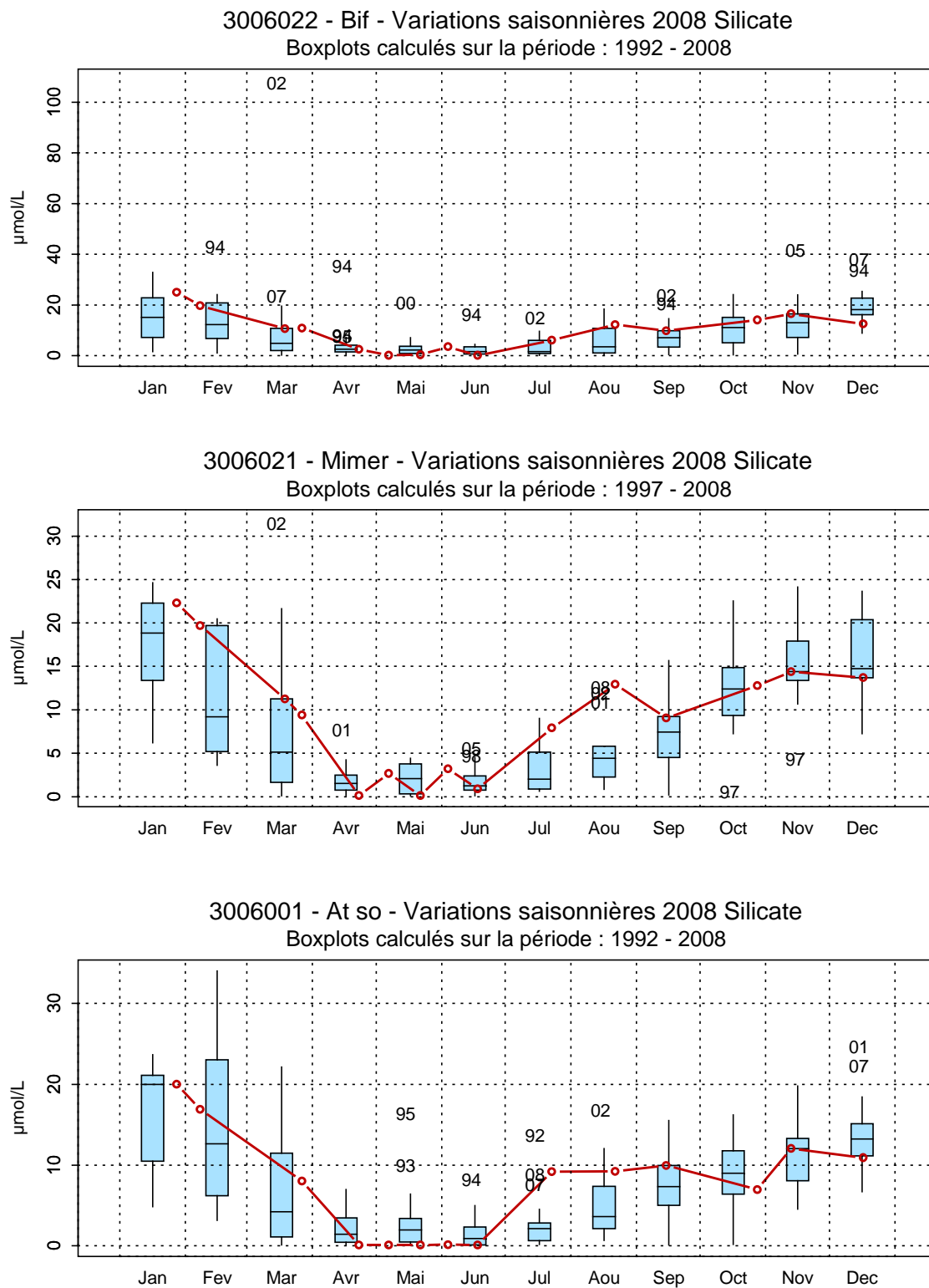
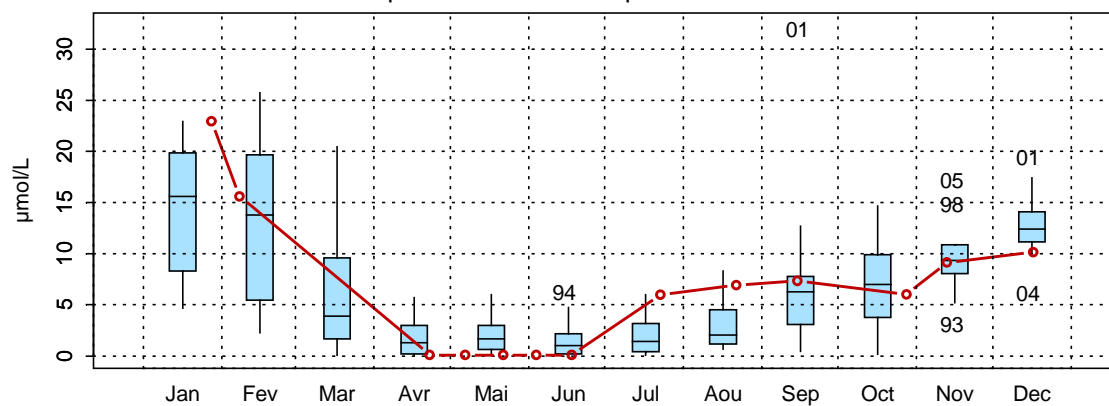


Figure 65. Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2008 Silicate
 Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2008 Silicate
 Boxplots calculés sur la période : 1993 - 2008

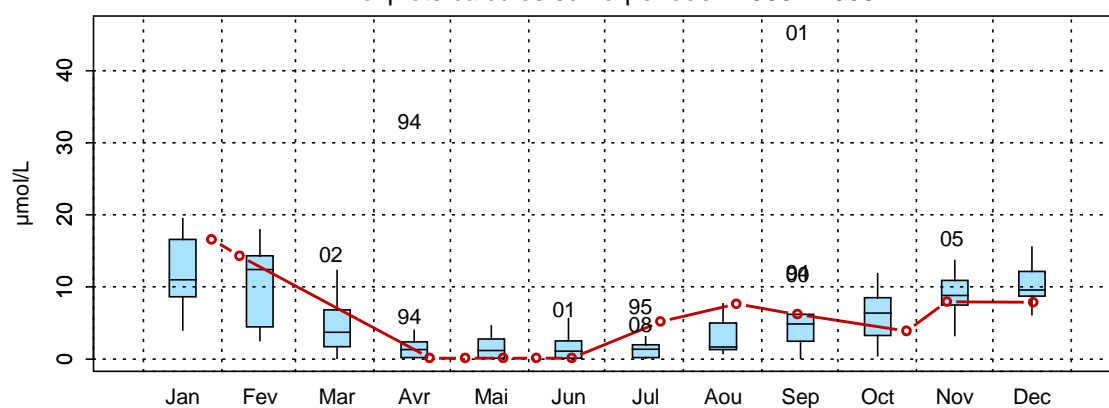


Figure 65 (Suite). Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol/L}$) mesurée sur la radiale de la baie de Somme

Dynamique de la biomasse phytoplanctonique et des nutriments en 2008

La radiale de la baie de Somme possède une dynamique particulière ; on assiste (en fonction des points de prélèvements) à des évolutions différentes de la biomasse phytoplanctonique et des sels nutritifs en raison des influences nuancées entre le système côtier et le système estuarien.

(1) De janvier à début mars, la situation est dite hivernale, à savoir que le «stock» de nutriments (nitrate, nitrite, phosphate, ammonium et silicate) est à son maximum et que la concentration en chlorophylle *a* est à son minimum. Les concentrations sont relativement identiques pour les 5 points de prélèvements.

(2) De début mars à mai, la concentration en chlorophylle *a* augmente brutalement (maximum 76,62 µg/L au point Mimer). Ceci correspond au bloom printanier caractéristique des systèmes tempérés. Parallèlement ; on note une diminution (jusqu'au seuil de détection) de la concentration des nutriments.

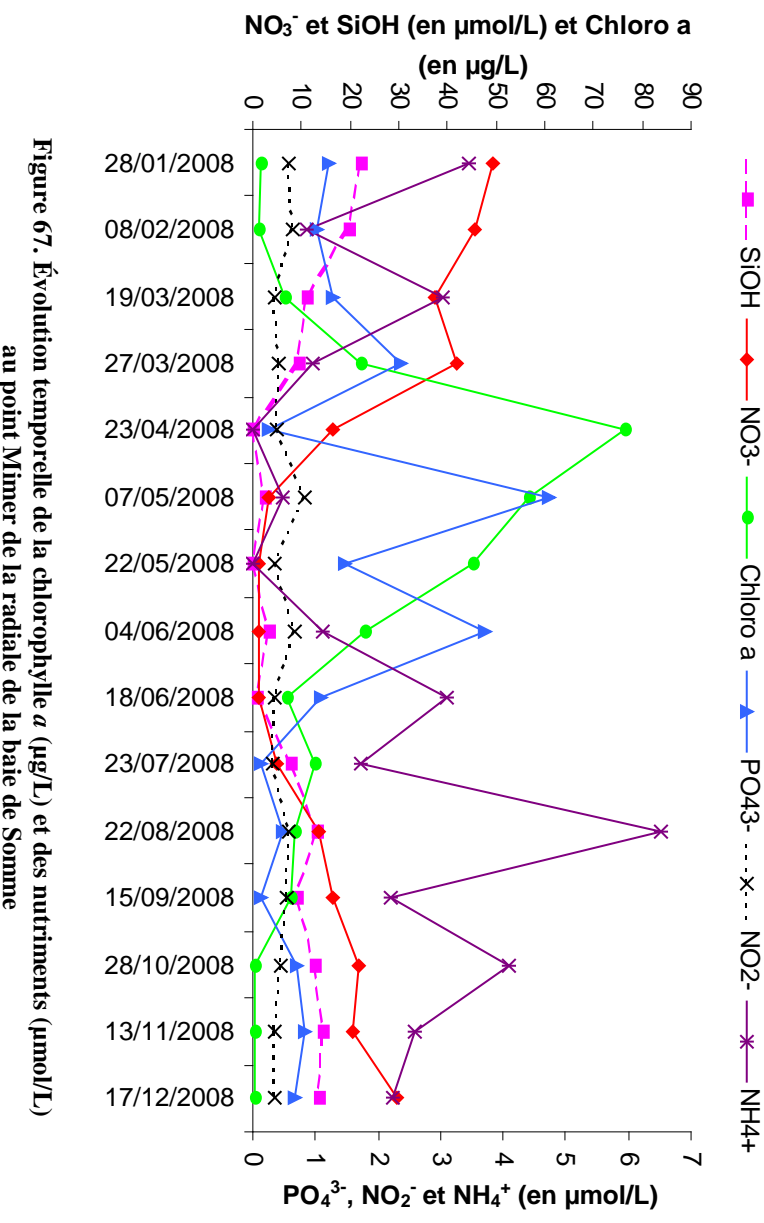
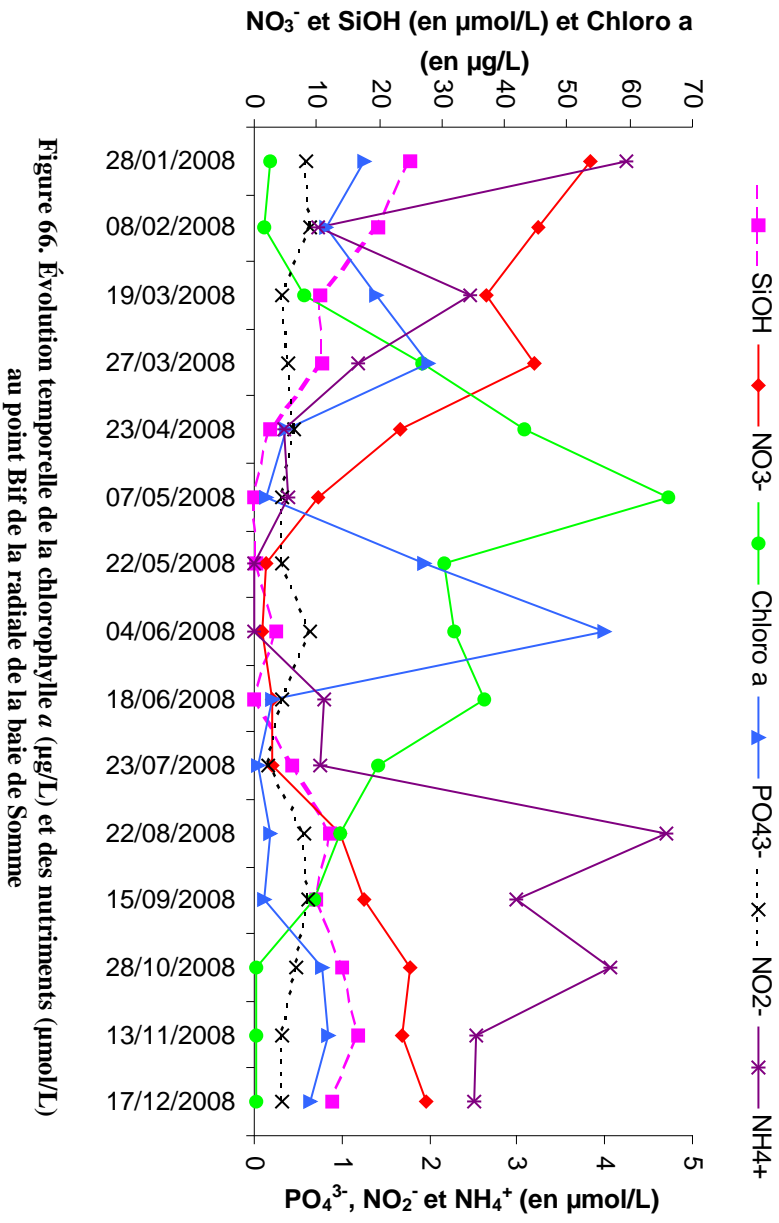
(3) Au mois de juin, on assiste à la période de post-bloom : les concentration en chlorophylle *a* et en nutriments sont faibles.

(4) Pendant la période estivale, la dynamique est différente selon le point considéré. Pour les points Bif, Mimer et Mer1, on observe une augmentation importante de la concentration en phosphate. A la mi-juin, tous les points présentent des pics de concentration en ammonium. L'augmentation de cette concentration en ammonium va être responsable d'efflorescences secondaires en réponse à une production régénérée et grâce notamment à ces apports en ammonium, énergiquement plus favorables pour une consommation par le phytoplancton qui aura lieu durant les mois de juillet et d'août. Les concentrations sont assez homogènes sur l'ensemble du site. Après le second bloom, on observe une augmentation brutale de la concentration en ammonium et une légère augmentation pour les autres nutriments.

(5) D'août à décembre, on assiste à la fin du cycle biologique avec une chute de la concentration en chlorophylle *a* et une reconstitution du stocks de nutriments par non consommation et par apports externes qui peuvent avoir des conséquences différentes selon le point considéré. Pour les points Atso, Mer1 et Mer2, les concentrations en ammonium vont diminuer jusqu'au mois de novembre puis augmenter lors du dernier mois, résultat d'une réduction incomplète du NH_4^+ en présence d'une forte concentration de NO_3^- . Ensuite pour les points Bif et Mimer, la concentration est très variable pour les mois de septembre et d'octobre, et diminue à partir de novembre. Pour les autres nutriments, leur concentration augmente progressivement durant la fin du cycle.

Les concentrations seront plus importantes à la côte qu'au large pour l'ensemble des nutriments observés.

Pour faciliter la lecture des différentes phases, les échelles des ordonnées des graphiques ne sont pas les mêmes.



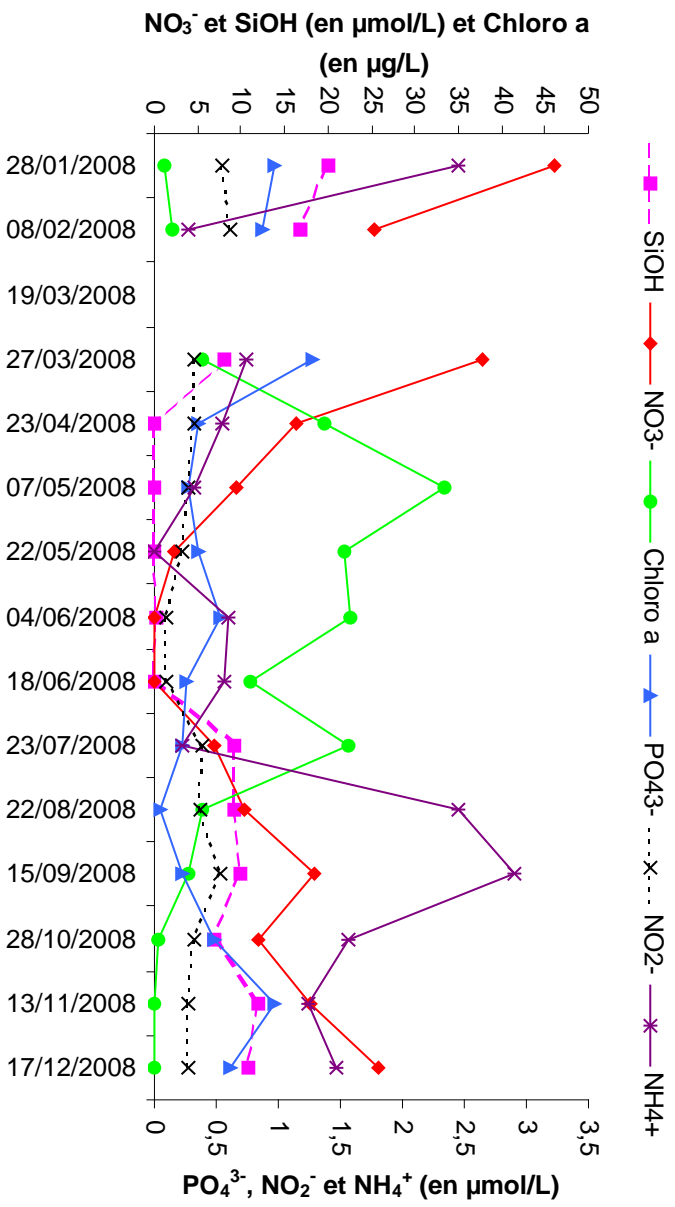


Figure 68. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* (µg/L) et des nutriments (µmol/L) au point Atso de la radiale de la baie de Somme

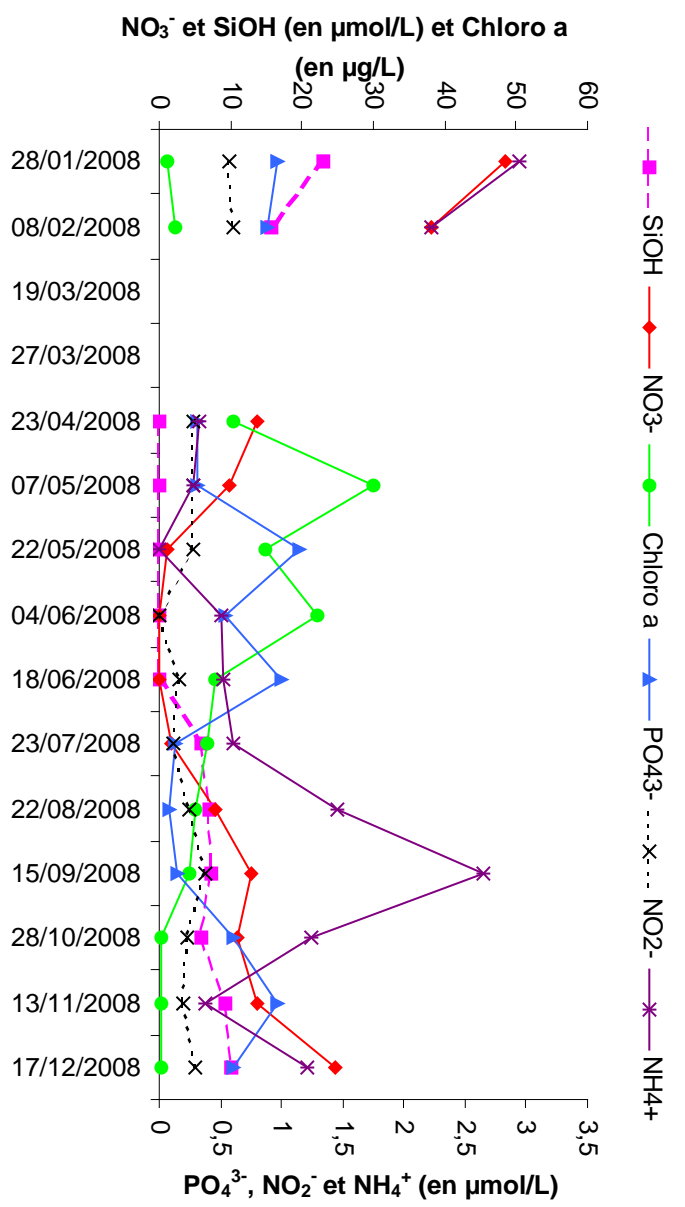


Figure 69. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* (µg/L) et des nutriments (µmol/L) au point Mer lde la radiale de la baie de Somme

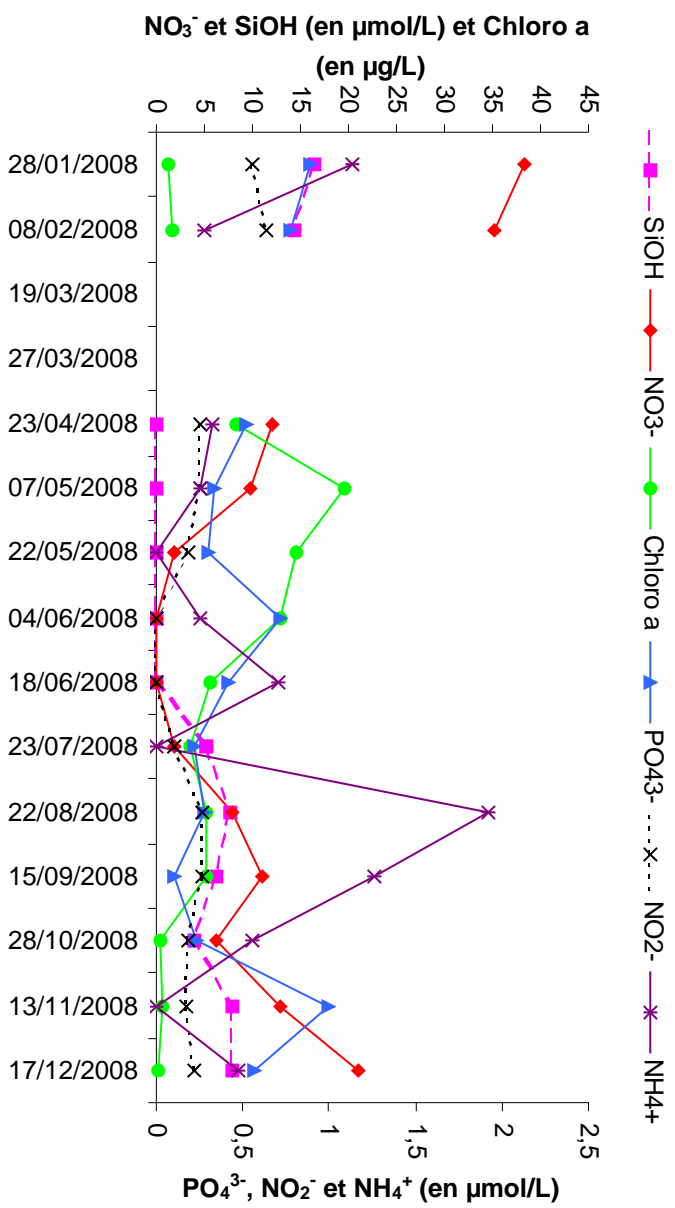


Figure 70. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* (µg/L) et des nutriments (µmol/L) au point Mer2 de la radiale de la baie de Somme

Pour les points Bif, Mimer et Atso, l'activité chlorophyllienne est assez faible durant le mois de janvier à mars, tandis que pour les points Mer1 et Mer2, l'activité chlorophyllienne est très élevée au mois de janvier et atteint le maximum le 28/01 (96,7 %) au point Mer2 puis elle diminue dès le mois de février et atteint le minimum le 08/02 (44,5 %) au point Mimer. Ensuite pour tous les points, l'activité devient relativement constante, elle oscille entre 50 et 80 % (Figure 71).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer2 est compris entre -12,8 % et 38,6 % .

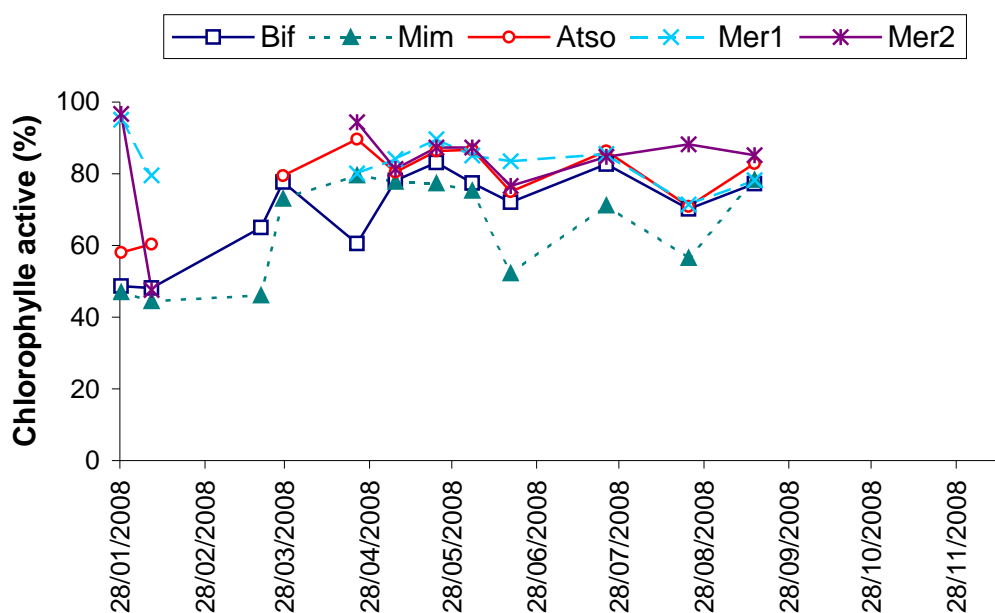


Figure 71. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la baie de Somme

3. PHYTOPLANCTON

3.1. Introduction

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

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

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

3.2. Indices écologiques

3.2.1. Indice de SANDERS

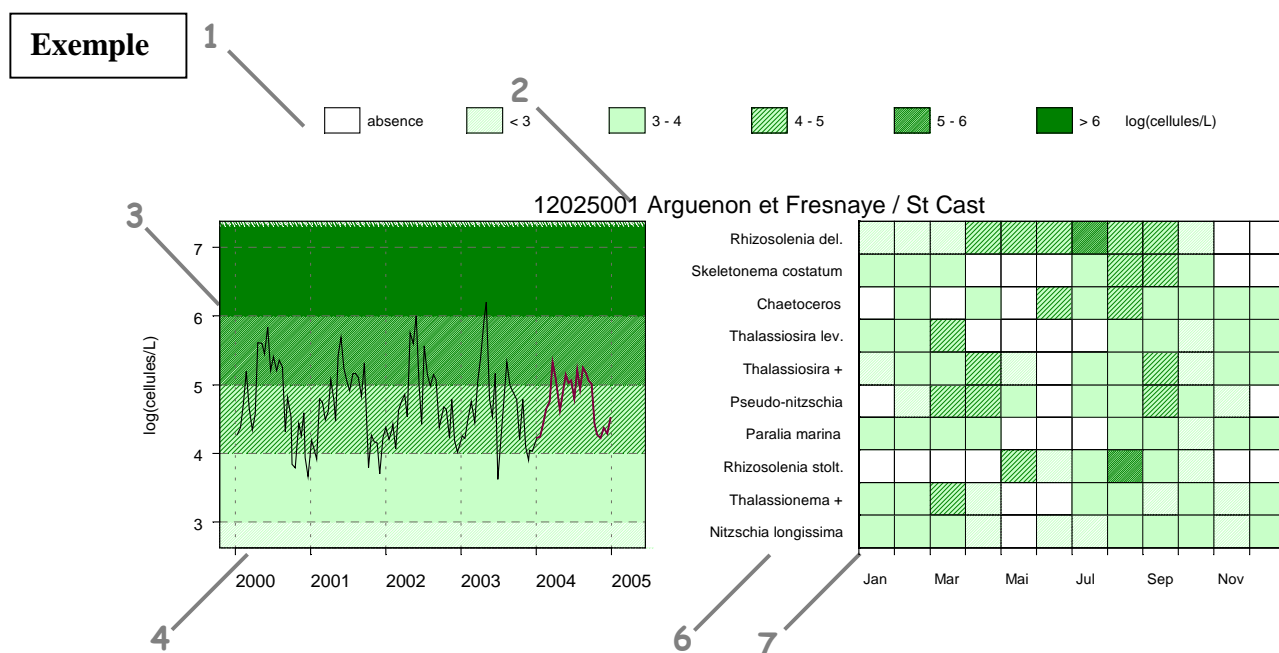
L'indice biologique d'une espèce est l'addition des rangs occupés par cette espèce pour toutes les dates (dates auxquelles l'espèce a été dénombrée). Le rang de l'espèce pour une date donnée est fonction de sa dominance par rapport à celles des autres espèces présentes.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

3.2.2. Indice de Shannon

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

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

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

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

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

avec P_i , la fréquence de l'espèce i dans l'échantillon, soit $P_i = (N_i / N)$

N_i est l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon et N l'effectif total ($\sum N_i = N$).

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

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

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

3.3. Genres toxiques et Toxicités

Une surveillance régulière de l'ensemble des espèces phytoplanctoniques permet la détection des espèces toxiques et nuisibles connues, mais également d'espèces potentiellement toxiques. C'est la présence de ces espèces toxiques dans l'eau dépassant un seuil qui déclenche la surveillance des toxines dans les coquillages.

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

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

3.4. Résultats

En raison d'un transfert de la base de données de l'Ifremer de *Quadrigel* vers *Quadrige2*, les données phytoplanctoniques de septembre à décembre 2008 n'ont pu faire l'objet d'un traitement à la date d'impression de ce rapport. Les données sont néanmoins bancarisées.

3.3.1. Dunkerque

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 3 points de la radiale de Dunkerque. Les valeurs sont élevées en période printanière et estivale (maximum au point 1 avec plus de $21,46 \cdot 10^6$ cellules par litre le 21 avril 2008). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 7 février 2008 au point 4 (54200 cell./L). D'une manière générale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 5200 et $21,46 \cdot 10^6$ cell./L au cours de la période 2004-2008. Le maximum cellulaire est donc observé durant l'année 2008 (Figure 72).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. La principale classe, en terme d'abondance des organismes qui la composent, sur cette radiale est celle des diatomées. Les autres classes identifiées sont (par ordre alphabétique) les cryptophycées, les dictyochophycées, les dinoflagellés et les prymnésiofycées (Tableau 17).

Globalement (avec quelques différences pour les points du large dus à un défaut d'échantillonnage), les diatomées dominent la population phytoplanctonique (57 à 98 % de l'abondance totale). En période printanière, cette dominance s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées : *Phaeocystis globosa* représente alors 95 % de la population échantillonnée. En 2008, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à mai (Figure 72). Son abondance est maximale le 21 avril au point 1 avec $21,06 \cdot 10^6$ cell./L et est minimale le 6 mai au point 1 avec $6,69 \cdot 10^6$ cell./L.

Les autres classes phytoplanctoniques représentent rarement plus de 5 % de l'abondance totale sauf en fin de saison estivale : la classe des cryptophycées représente entre 20 et 34 % et la classe des dinoflagellés représente 20 % le 22 juillet 2008.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Dunkerque sont identifiés sur la figure 72. On note que la classe des cryptophycées est dominante sur l'ensemble de la radiale. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale (gradient de distribution côte – large ou distribution par patch) : par exemple, on remarque que *Paralia marina* est une espèce qui se place en deuxième position pour le point 1, alors qu'elle est en quatrième position pour le point 3 et en huitième pour le point 4. Au regard du nombre d'échantillons disponibles (absence de prélèvements ou attente d'un transfert de données depuis la base *Quadrige2*), l'interprétation ne sera pas approfondie dans le présent rapport dans la mesure où les populations automnales et hivernales sont sous-représentées (Figure 72).

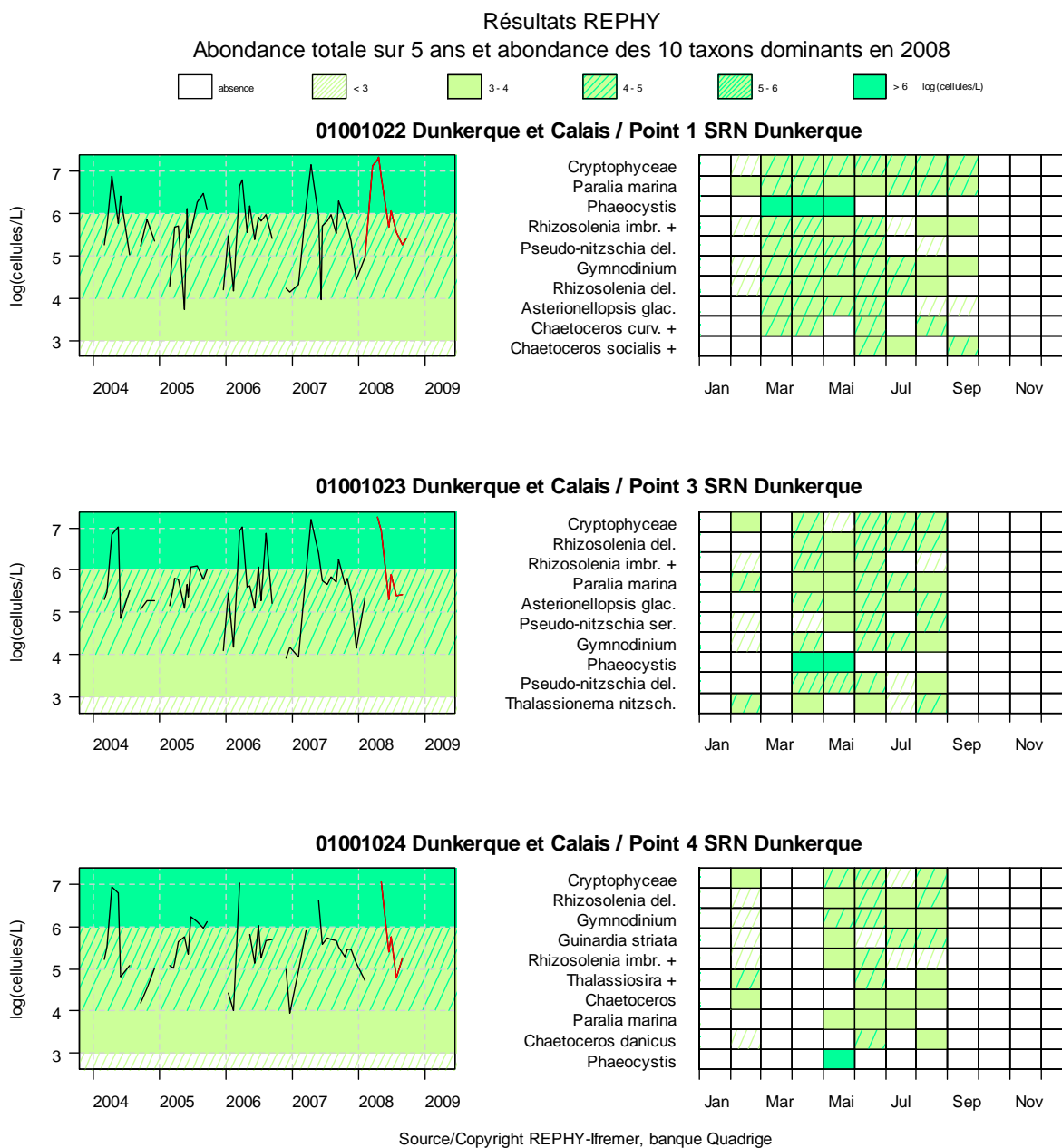


Figure 72. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2004 et 2008 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de Dunkerque

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

REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionellopsis glac.	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros danicus	<i>Chaetoceros danicus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros socialis +	<i>Chaetoceros socialis + radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia striata	<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia del.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia ser.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia del.	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassionema nitzsch.	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira +	<i>Thalassiosira + Porosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon met en évidence deux situations bien différentes (Figure 73). Pour le point côtier, l'indice est élevé au mois de février et du mois de juin au mois de septembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 25 et 40 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Asterionella glacialis*, *Chaetoceros socialis*, *C. curvicetus*, *Guinardia delicatissima*, *Paralia marina*, *Pseudonitzschia seriata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Thalassiosira rotula* et la classe des cryptophycées. L'indice est particulièrement faible du mois de mars au mois de mai. La communauté phytoplanctonique, bien que diversifiée (28 à 37 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa*. En avril et en mai, *Pseudonitzschia delicatissima* et *Rhizosolenia imbricata* sont également particulièrement abondantes.

Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. *Phaeocystis globosa* est responsable de la chute de l'indice. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

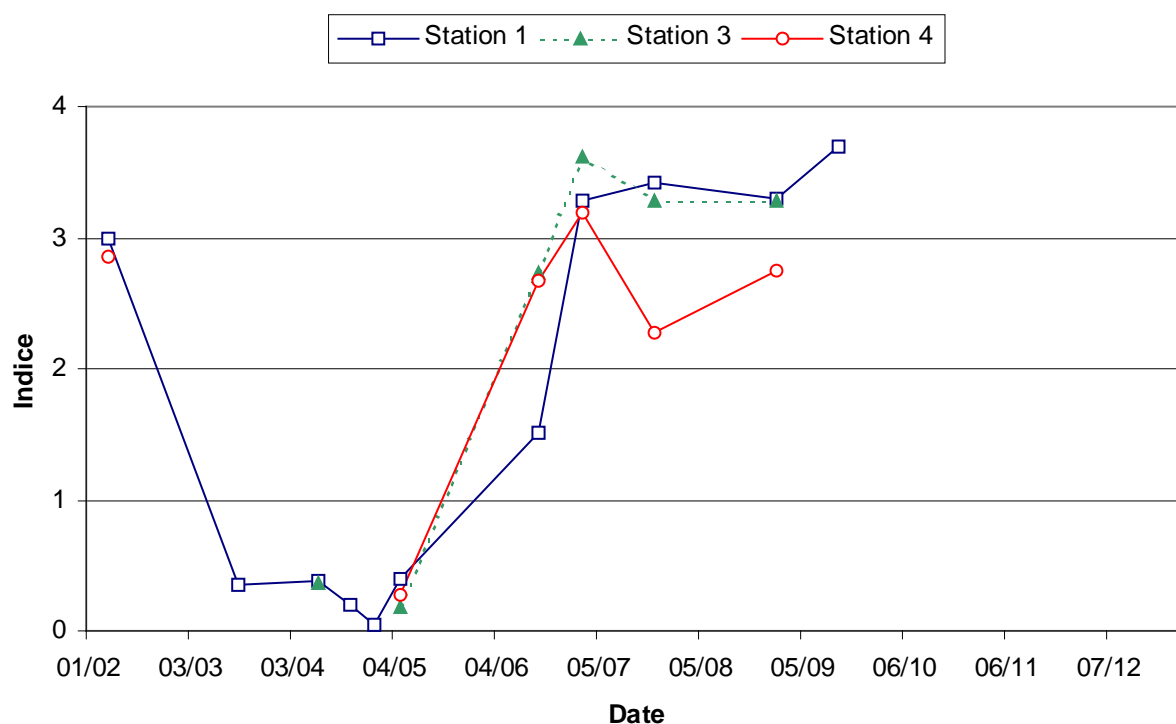


Figure 73. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque pour l'année 2008

Contrairement aux années précédentes, les genres *Dinophysis* (toxicité DSP) et *Alexandrium* (toxicité PSP) n'ont pas été observé sur Dunkerque (Figure 74). En revanche, les taxons *Pseudonitzschia seriata* (groupe des larges), *P. delicatissima* (groupe des fines, les moins toxiques) et *P. sp.* (autres groupes) sont échantillonnés sur le site de Dunkerque de février à septembre. Les concentrations varient de 300 à 416700 cell./L. Les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* (416700 cell./L) et de *Pseudonitzschia seriata* (135400 cell./L) relevées, respectivement, au point 1 le 11 avril et au point 3 le 30 juin, ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte. Les analyses de recherche de toxines ASP sur des moules prélevées au point adapté du REPHY (« bouchots Tardinghen ») se sont toutes révélées négatives.

Résultats REPHY
Abondance des flores toxiques en 2008

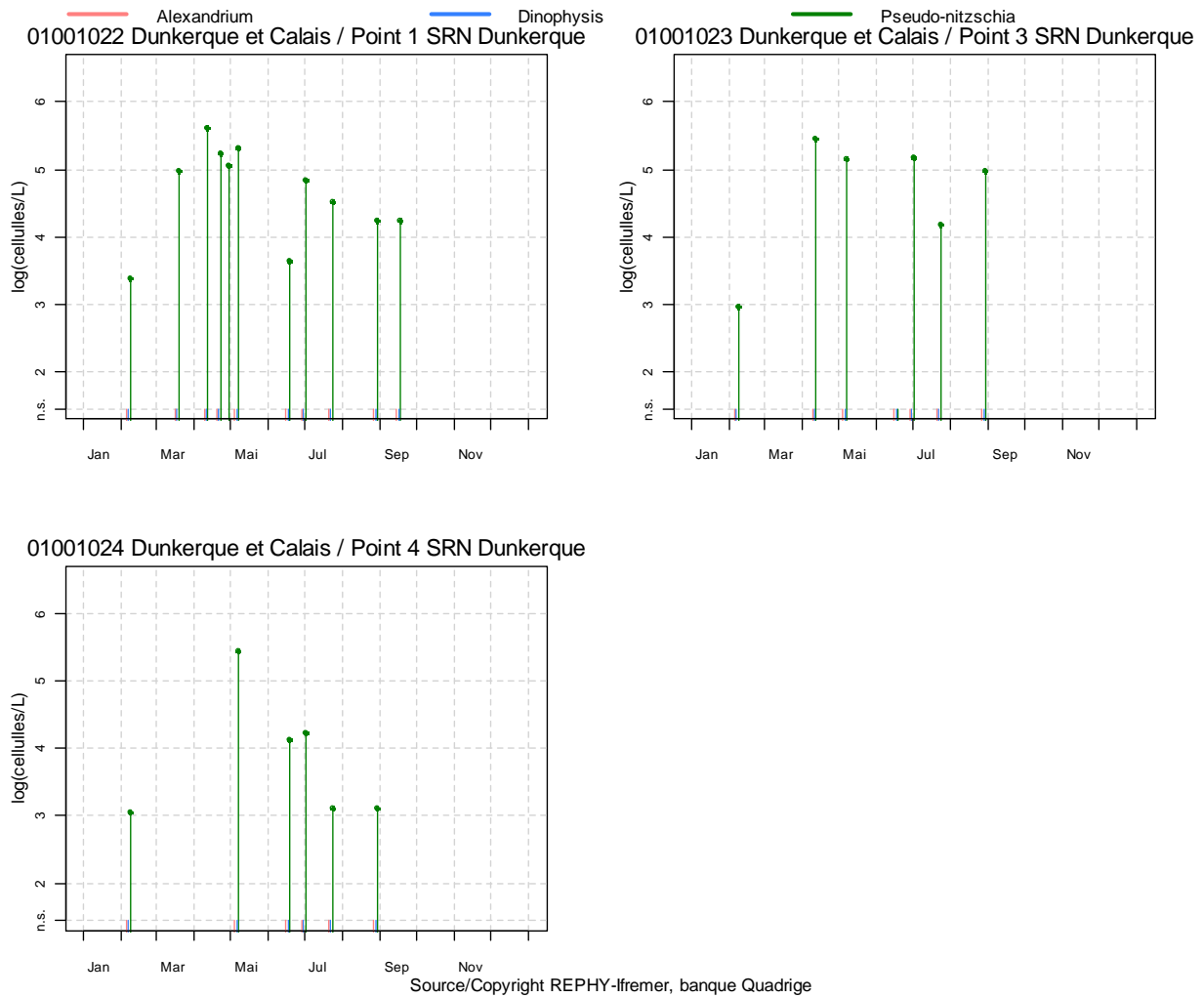


Figure 74. Évolution de l'abondance des flores toxiques en 2008 pour la radiale de Dunkerque

3.3.2. Boulogne-sur-Mer

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 3 points de la radiale de Boulogne-sur-Mer. Les valeurs sont élevées en période estivale et printanière (maximum au point 1 avec $17,00 \cdot 10^6$ cell./L le 22 avril 2008). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 22 janvier au point 1 (25800 cell./L). L'abondance phytoplanctonique totale varie entre 100 et $17,00 \cdot 10^6$ cell./L au cours de la période 2004-2008. Le maximum cellulaire est donc observé durant l'année 2008 (Figure 75).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. Les diatomées constituent la principale classe identifiée sur la radiale. On y observe également des chlorophycées, des cryptophycées, des dictyochophycées, des dinoflagellés et des prymnésiofycées (Tableau 18).

Globalement les diatomées dominent la population phytoplanctonique (49 à 100 % de l'abondance totale). En période printanière, cette dominance s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées. *Phaeocystis globosa* représente alors 95 % de la population échantillonnée. En 2008, le genre *Phaeocystis* est observé de mars à juin (Figure 75). Son abondance est maximale le 22 avril au point 1 avec $16,71 \cdot 10^6$ cell./L et minimale le 18 mars au point 1 avec 628200 cell./L. Les autres classes phytoplanctoniques représentent rarement plus de 5 % de l'abondance totale sauf :

- en début d'année, la classe des cryptophycées représente 29 % et 76 %, respectivement, au point 2 et au point 3. La classe des dinoflagellés représente 16 % au point 2.
- en fin de saison estivale, la classe des cryptophycées représente entre 14 et 40 % et la classe des dinoflagellés représente 22 % le 21 juillet 2008.

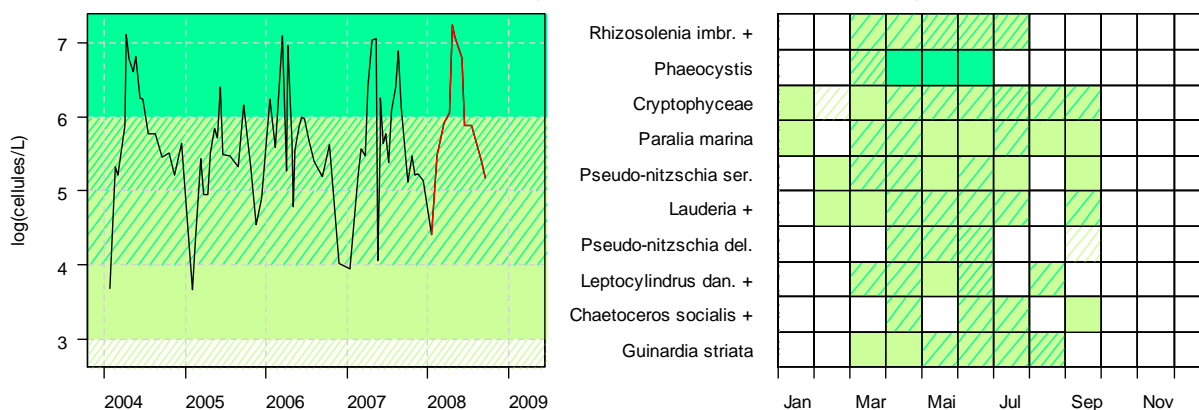
Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de Boulogne sont identifiés sur la figure 75. On note que *Rhizosolenia imbricata* (+ *R. styliformis*) domine le point 1 de la radiale tandis que la classe des cryptophycées domine les points 2 et 3 de la radiale. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale (gradient de distribution côte – large ou distribution par patch) : par exemple, on peut noter que *Phaeocystis* est une espèce qui se place en deuxième position pour le point 1, alors qu'elle est en quatrième position pour le point 2 et en cinquième position pour le point 3. Au regard du nombre d'échantillons disponibles (absence de prélèvements ou attente d'un transfert de données depuis la base Quadrigé2), l'interprétation ne sera pas approfondie dans le présent rapport dans la mesure où les populations automnales et hivernales sont sous-représentées.

Résultats REPHY

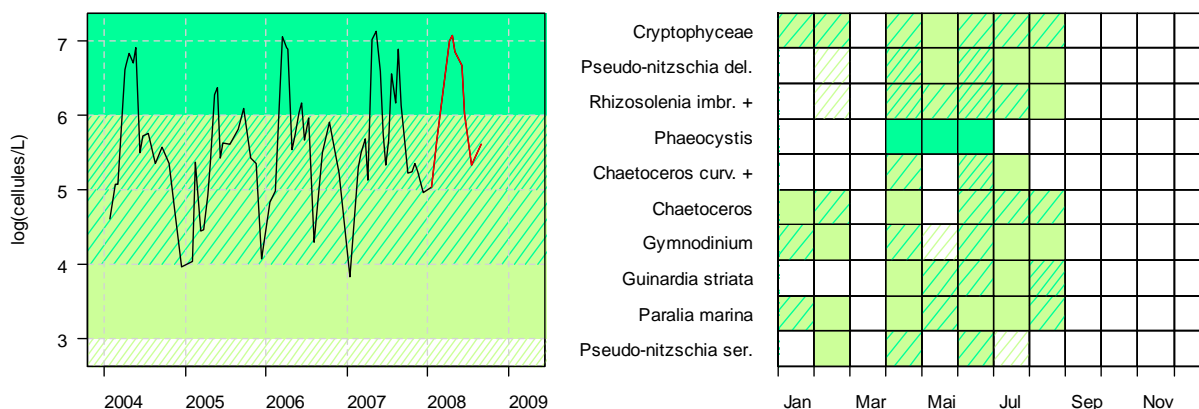
Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2008



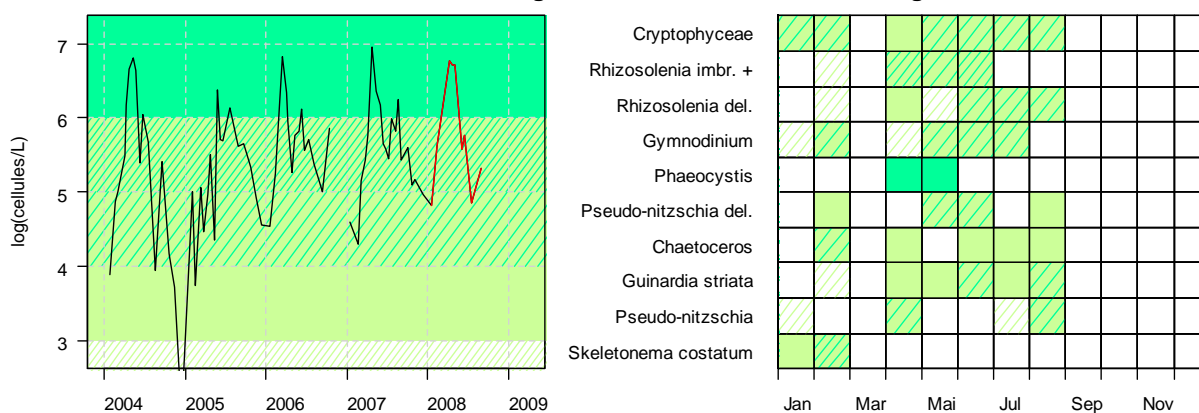
02003002 Boulogne et Canche / Point 1 SRN Boulogne



02003032 Boulogne et Canche / Point 2 SRN Boulogne



02003033 Boulogne et Canche / Point 3 SRN Boulogne



Source/Copyright REPHY-Iremer, banque Quadriq

Figure 75. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2004 et 2008 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de Boulogne-sur-Mer

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

REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros socialis +	<i>Chaetoceros socialis + radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia striata	<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Lauderia +	<i>Lauderia + Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus dan. +	<i>Leptocylindrus danicus + curvatulus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia del.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia ser.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia del.	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon met en évidence deux situations bien différentes (Figure 76). Pour le point côtier, l'indice est élevé en janvier et de juin à septembre, reflet d'une communauté phytoplanctonique diversifiée (entre 21 et 35 taxons identifiés) et relativement équilibrée. Certains taxons peuvent néanmoins présenter une forte abondance : *Eucampia sp.*, *Gymnodinium sp.*, *Guinardia delicatula*, *G. striata*, *Lauderia sp.*, *Paralia marina*, *Pseudonitzschia sp.*, *Skeletonema costatum* et la classe des cryptophyceae. L'indice est particulièrement faible de février à juin. La communauté phytoplanctonique, bien que diversifiée (19 à 35 taxons identifiés), est largement dominée par *Phaeocystis globosa*. Du mois de février et au mois de juin, *Chaetoceros curvisetus*, *Rhizosolenia imbricata*, *Skeletonema costatum* et *Thalassiosira sp.* Sont particulièrement abondantes.

Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. *Phaeocystis globosa* est responsable de la chute de l'indice. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

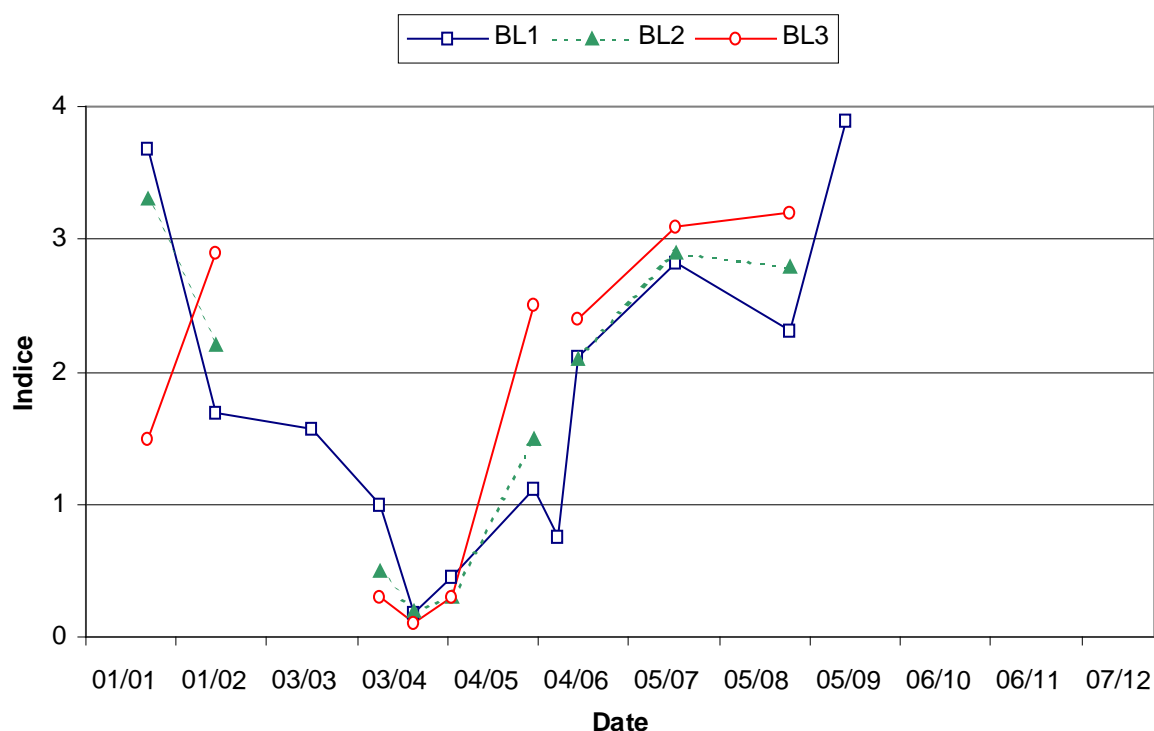


Figure 76. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne pour l'année 2008

Parmi les taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines¹, le genre *Alexandrium* (toxicité PSP) a été observé le 29/08 au point 1 et le 17/09 aux points 1 et 2 à une concentration de 100 cell./L (Figure 77). Contrairement à l'année 2007, le genre *Dinophysis* (toxicité DSP) n'a pas été observé à Boulogne. En revanche, les taxons *Pseudonitzschia seriata*, *P. delicatissima* et *P. sp.* (toxicités ASP) sont échantillonnés sur le site de Boulogne de janvier à septembre. Les concentrations varient de 100 à 457794 cell./L. Les fortes abondances de *Pseudonitzschia delicatissima* relevées le 2 juin au point 1 (457794 cell./L) et au point 2 (430200 cell./L), ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte. Les analyses de recherche de toxines ASP sur des moules prélevées au point adapté du REPHY (« Parc 10N ») se sont toutes révélées négatives.

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

Résultats REPHY
Abondance des flores toxiques en 2008

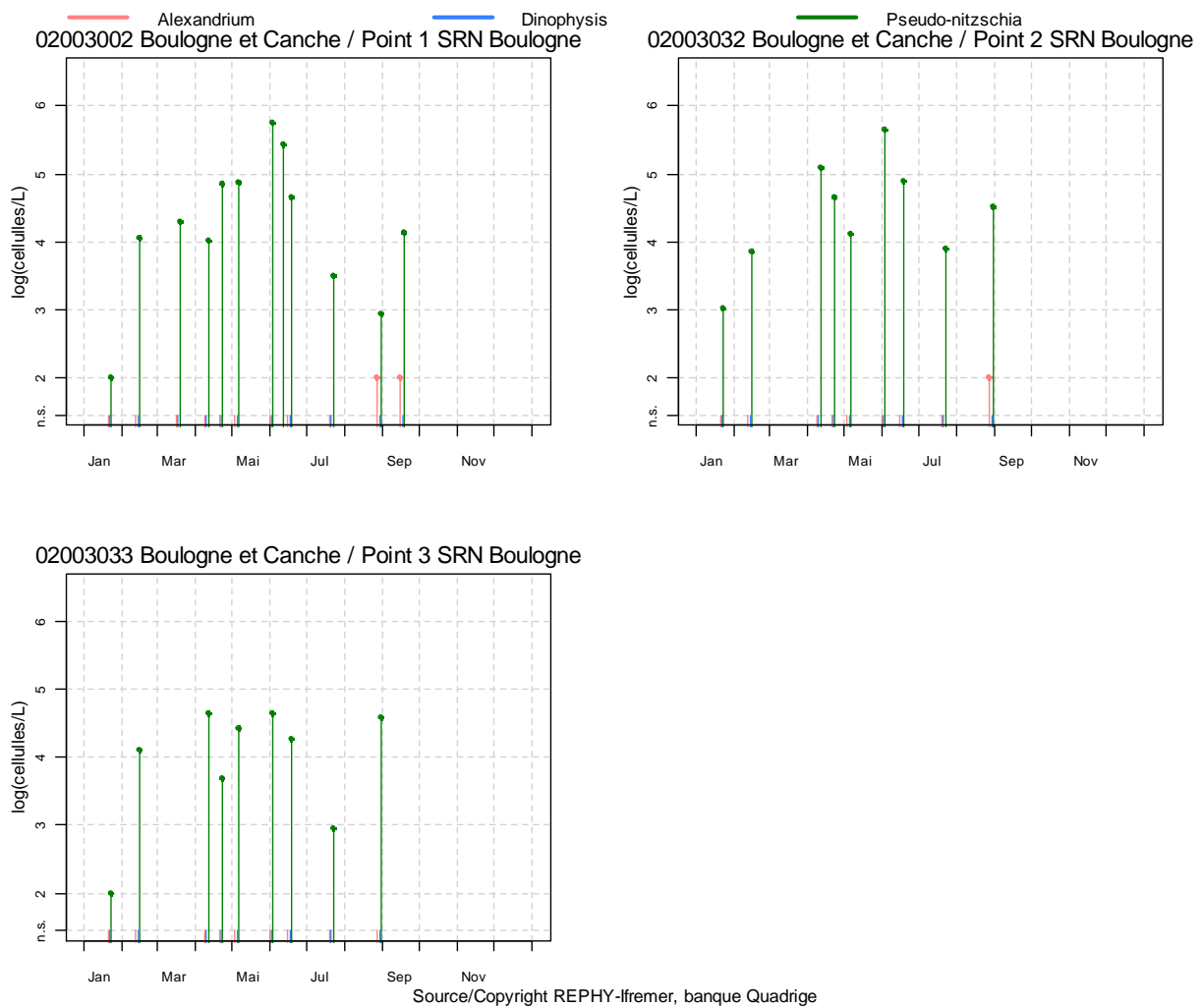


Figure 77. Évolution de l'abondance des flores toxiques en 2008 pour la radiale de Boulogne

3.3.3. Baie de Somme

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est comparable entre les 5 points de la radiale de la baie de Somme. Les valeurs sont élevées en période estivale et printanière (maximum au point Mimer avec $16,63.10^6$ cell./L le 23 avril 2008). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 28 janvier au point Mer1 (9400 cell./L). D'une manière générale, l'abondance phytoplanctonique totale varie entre 3600 et $29,60.10^6$ cell./L au cours de la période 2004-2008. Le maximum cellulaire est observé durant l'année 2007 (Figure 78).

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

Globalement, les diatomées dominent la population phytoplanctonique (52 à 100 % de l'abondance totale). En période printanière, cette dominance s'estompe au profit de celle de la classe des prymnésiofycées. *Phaeocystis globosa* représente alors 90 % de la population échantillonnée. En 2008, le genre *Phaeocystis* est observé en janvier (point Mer2), de mars à juin sur l'ensemble de la radiale et en juillet (point Atso) (Figure 78). Son abondance est maximale le 23 avril au point Mimer avec $14,91.10^6$ cell./L et minimale le 27 mars au point Bif avec 9603 cell./L.

Les autres classes phytoplanctoniques représentent rarement plus de 5 % de l'abondance totale sauf :

- en début d'année, la classe des cryptophycées représente entre 21 et 51 % de l'abondance totale
- en fin de saison estivale, la classe des cryptophycées représente entre 9 et 30 %, la classe des dinoflagellés représente entre 9 et 12 %.

Les 10 taxons dominants (au sens de l'indice de Sanders) pour la radiale de la baie de Somme sont identifiés sur la figure 78. On note que *Asterionellopsis glacialis* domine le point Bif tandis que la classe des cryptophycées domine le reste des points de la radiale. Pour le reste, bien que la composition de la communauté phytoplanctonique soit globalement la même de la côte vers le large, certaines différences de classements sont visibles entre les points de la radiale, ce qui traduit une hétérogénéité spatiale par exemple, on remarque que *Thalassiosira sp.* Est une espèce qui se place en quatrième position pour le point Bif et Mimer, en sixième position pour le point Atso et Mer1 et en huitième position pour le point Mer2. Au regard du nombre d'échantillons disponibles (absence de prélèvements ou attente d'un transfert de données depuis la base Quadrigé2), l'interprétation ne sera pas approfondie dans le présent rapport dans la mesure où les populations automnales et hivernales sont sous-représentées.

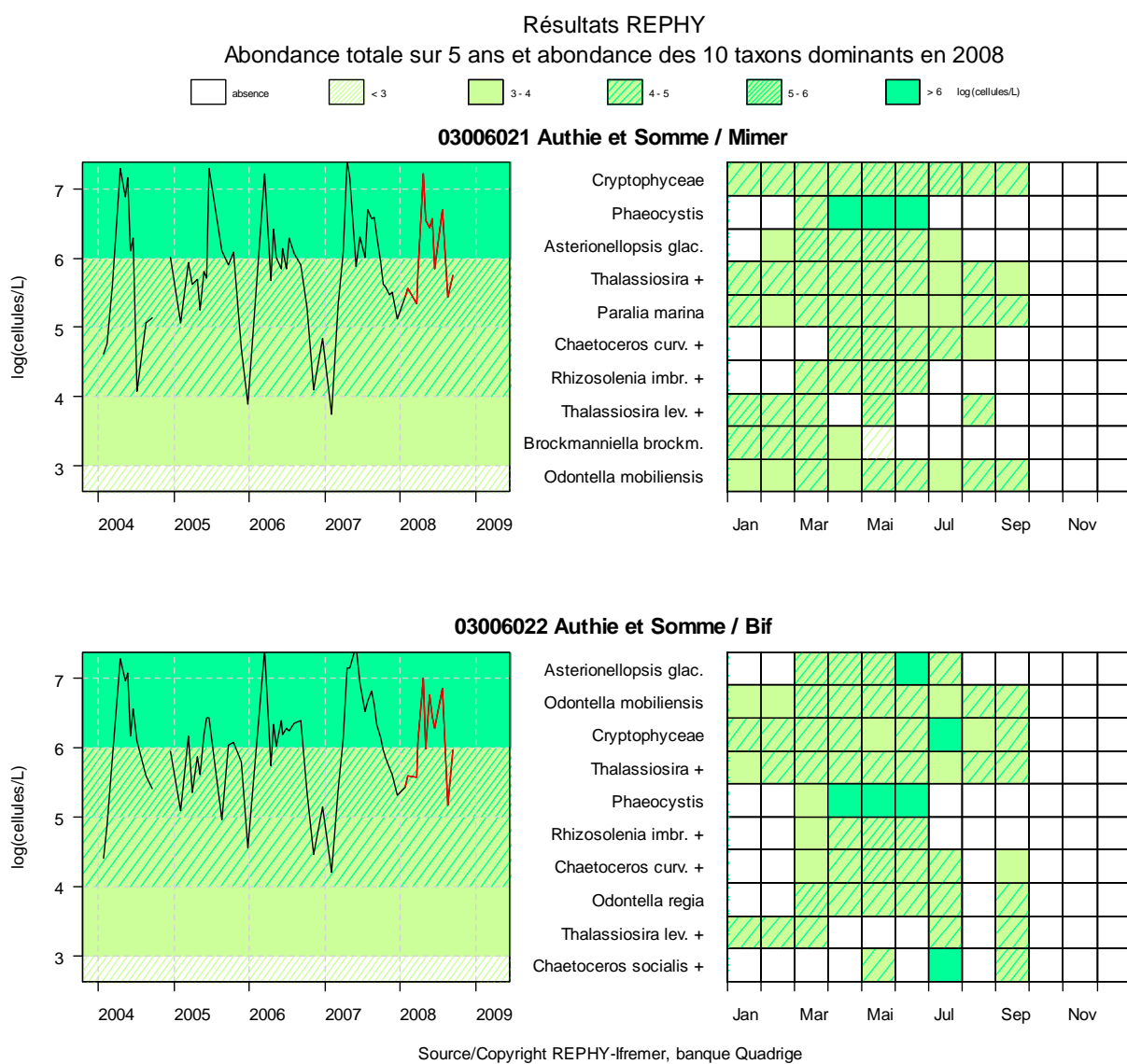


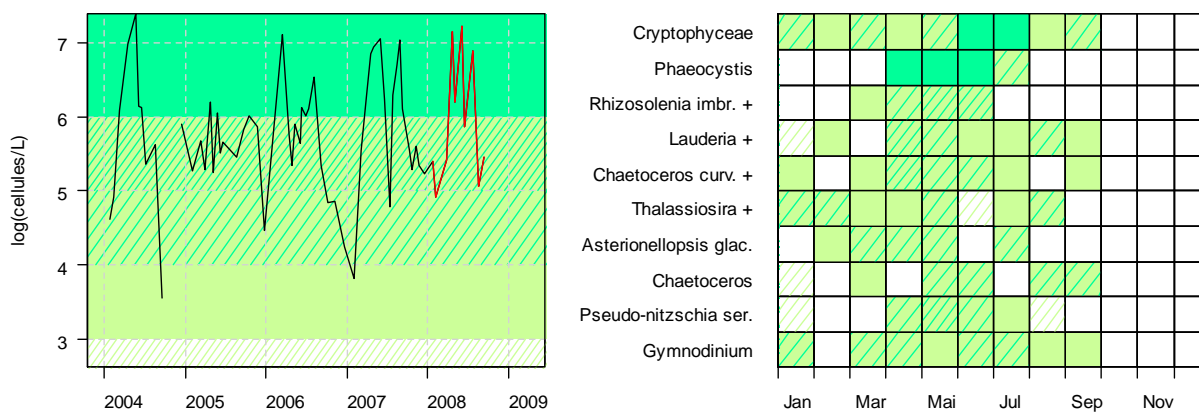
Figure 78. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2004 et 2008 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la baie de Somme

Résultats REPHY

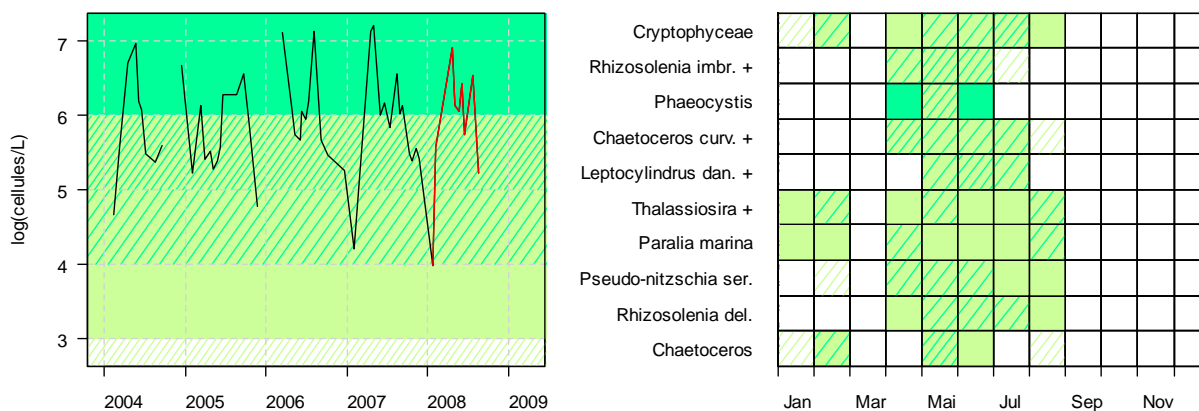
Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2008

absence
 < 3
 3 - 4
 4 - 5
 5 - 6
 > 6 log(cellules/L)

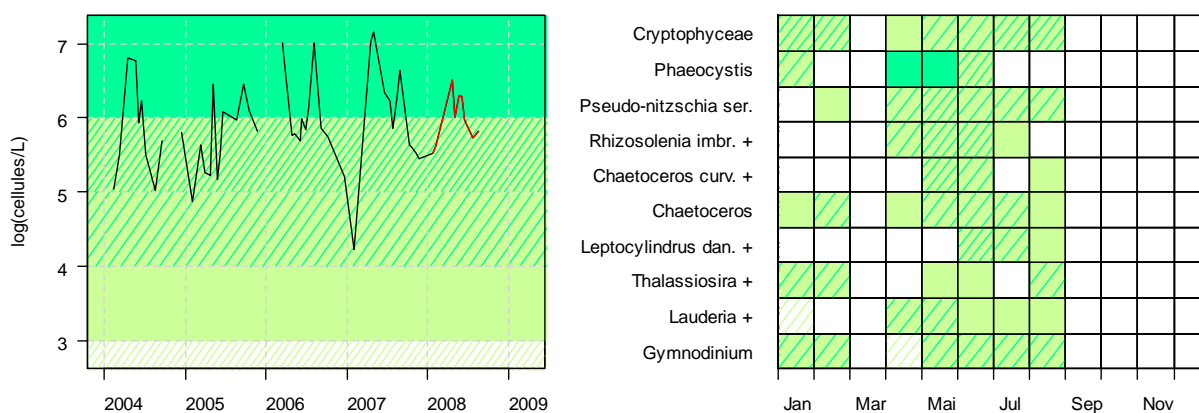
03006001 Authie et Somme / At so



03006019 Authie et Somme / SRN Somme mer 1



03006020 Authie et Somme / SRN Somme mer 2



Source/Copyright REPHY-Ifrermer, banque Quadrigé

Figure 78 (suite). Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2004 et 2008 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la baie de Somme

Tableau 19. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de la baie de Somme

REPHY – Taxons dominants – signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionellopsis glac.	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Brockmanniella brockm.	<i>Brockmanniella brockmannii</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros socialis +	<i>Chaetoceros socialis + radians</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Lauderia +	<i>Lauderia + Schroederella</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus dan. +	<i>Leptocylindrus danicus + curvatulus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella mobiliensis	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella regia	<i>Odontella regia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia ser.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia del.	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata + styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira +	<i>Thalassiosira + Porosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira lev. +	<i>Thalassiosira levanderi + minima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

Le calcul de l'indice de Shannon reflète le passage d'une communauté diversifiée de diatomées (avec quelques variations d'indice reflet d'une plus ou moins grande équitabilité de la répartition des 14 à 45 taxons) à une communauté dominée par *Phaeocystis globosa* (Figure 79). L'indice est alors particulièrement faible en avril et de fin mai à début juin. La communauté des diatomées est principalement représentée par : *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros curvisetus*, *C. debilis*, *C. socialis*, *C. pseudocurvisetus*, *C. radians*, , *Leptocylindrus danicus* , *L. minimus*, *Odontella sp.* , *Paralia marina*, *Rhizosolenia imbricata*, *R. styliformis*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira levanderi* et *T. porosira*.

Ce schéma est valable pour les points intermédiaires et du large. *Phaeocystis globosa* est responsable de la chute de l'indice. Les taxons les plus abondants sont les mêmes.

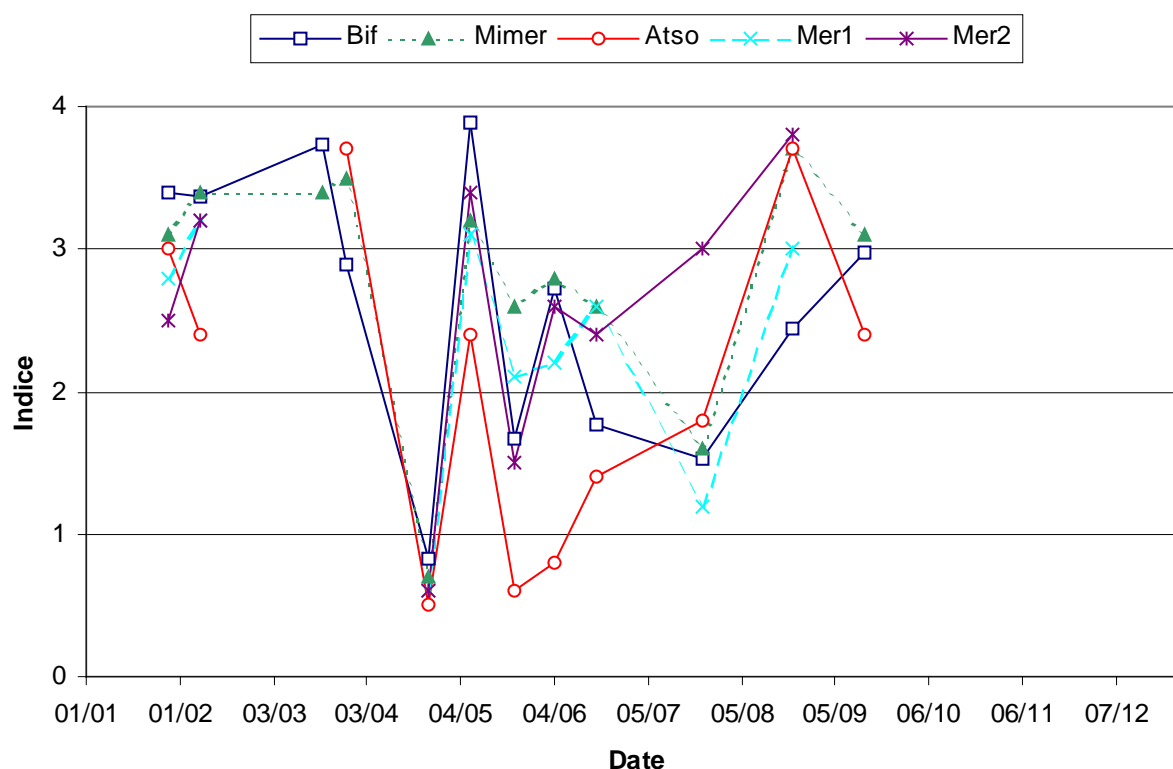


Figure 79. Évolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Baie de Somme pour l'année 2008

Parmi les taxons potentiellement responsables de la production de phycotoxines¹, le genre *Alexandrium* (toxicité PSP) a été observé d'avril à juillet toutes stations confondues (max. 2134 cell./L au point Atso le 23/04/2008). Contrairement à l'année 2007, le genre *Dinophysis* (toxicité DSP) n'a pas été observé en baie de Somme (Figure 80). En revanche, les taxons *Pseudonitzschia seriata*, *P. delicatissima* et *P. sp.* (toxicités ASP) sont échantillonnés sur le site de janvier à septembre. Les concentrations varient de 100 à 318804 cell./L. Les fortes abondances de *Pseudonitzschia seriata* relevées le 7 mai au point Mer2, le 22 mai au point Bif, Mimer et Atso et le 4 juin au point Bif et Mimer, avec des concentrations variant de 111400 à 318804 cell./L., ont conduit au déclenchement de la procédure d'alerte. Les analyses de recherche de toxines ASP sur des moules prélevées au point adapté du REPHY (« Pointe de St Quentin ») se sont toutes révélées négatives.

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

Résultats REPHY
Abondance des flores toxiques en 2008

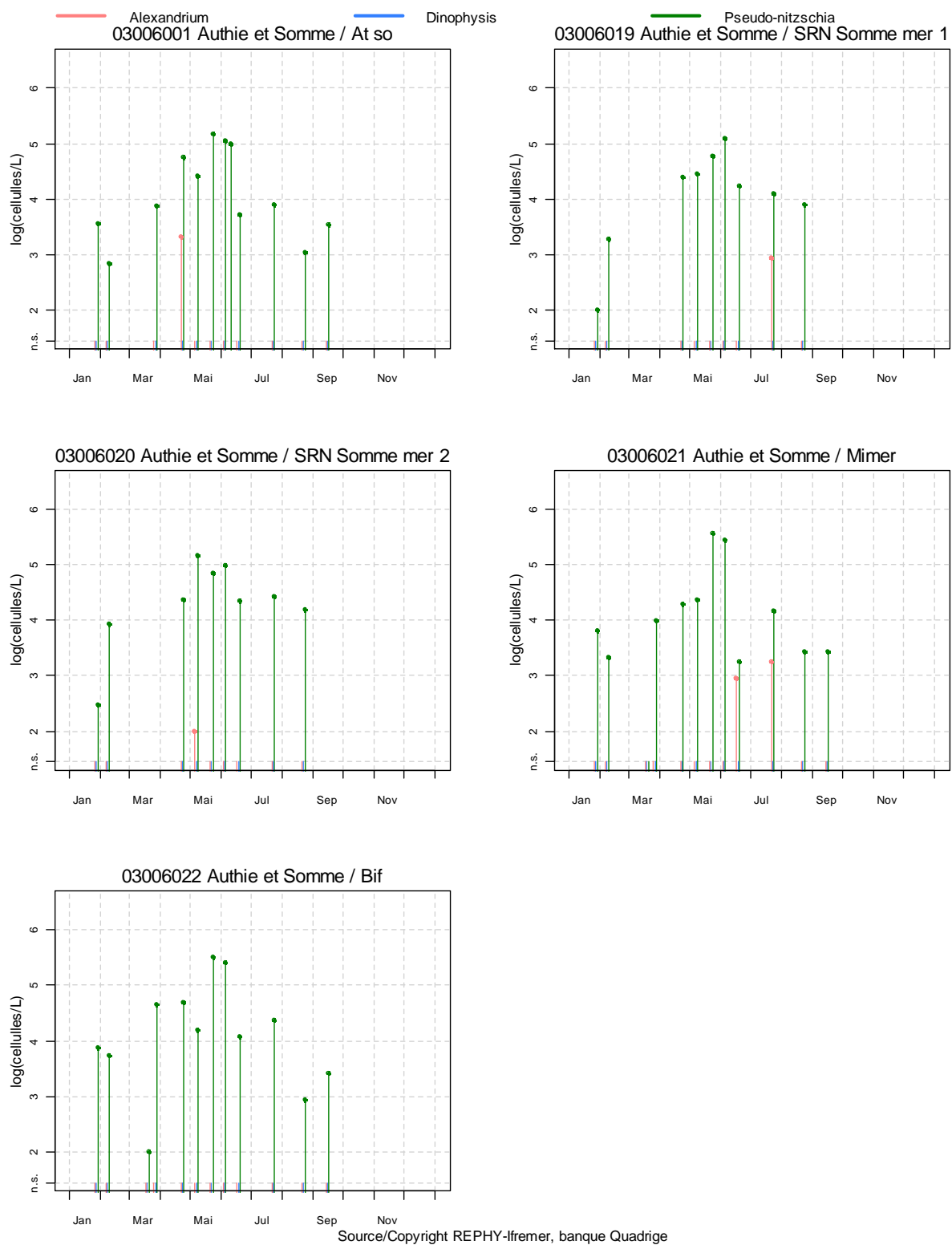


Figure 80. Évolution de l'abondance des flores toxiques en 2008 pour la radiale de baie de Somme

4. Discussion

4.1. Turbidité, matières en suspension et matière organique

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

L'évolution de la matière organique présente dans les M.E.S. est liée au développement phytoplanctonique qui a lieu de façon plus intense dès le mois de mars pour la baie de Somme et au mois d'avril pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer

En baie de Somme, deux maxima de matière organique sont observées : en avril et en mai (uniquement pour les points Atso, Mer1 et Mer2). Ces maxima se produisent en même temps qu'un maximum d'abondance du phytoplancton (entre 9603 et $14,91 \cdot 10^6$ cell/L, toutes stations confondus) représentatif de la dominance de *Phaeocystis globosa*.

Le site de Dunkerque présente des valeurs de concentration en matière organique importantes d'avril à août selon les points. Durant les mois de mars à mai, a lieu une efflorescence phytoplanctonique dominée par *Phaeocystis globosa* ($6,7 \cdot 10^5$ à $21,06 \cdot 10^6$ cell/L).

La radiale de Boulogne-sur-Mer présente des maxima de matière organique de mars à août (en fonction du point considéré). De mars à juin, on assiste à la prolifération de *Phaeocystis globosa* ($6,3 \cdot 10^5$ cell/L à $16,7 \cdot 10^6$ cell/L).

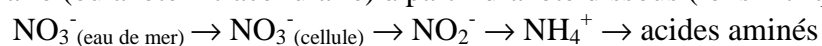
4.2. Nutriments

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

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

Durant l'été, la productivité phytoplanctonique est contrôlée par les substances nutritives issues de la minéralisation ou d'apports terrigènes. La période estivale présente de faibles concentrations mais dès l'automne, on observe la reconstitution du stock de nutriments en raison de l'absence de consommateurs et de l'augmentation des débits des rivières.

Le retour à des concentrations en sels nutritifs élevées est plus ou moins rapide selon leur catégorie. Parmi les formes azotées, c'est l'azote ammoniacal qui réapparaît le premier, suivi des nitrates, puis des nitrites. Au printemps, en général, l'azote ammoniacal disparaît le premier, puis ce sont les nitrites et enfin les nitrates. En effet, le phytoplancton absorbe préférentiellement l'ammonium, puis les nitrites, puis les nitrates. Ceci peut être expliqué par le cycle d'incorporation de l'azote organique particulaire (ou azote intracellulaire) à partir d'azote dissous (ions nitriques) :



Les concentrations les plus élevées en nitrate sont observées au point Bif de la baie de Somme (53,81 $\mu\text{mol/L}$) en janvier, au point côtier de Boulogne-sur-Mer (30,65 $\mu\text{mol/L}$) en février et également au point côtier de Dunkerque (24,59 $\mu\text{mol/L}$) en février.

Les concentrations de nitrite sont maximales en baie de Somme au point Mimer en mai (0,82 $\mu\text{mol/L}$), au point du large de Boulogne-sur-Mer (0,62 $\mu\text{mol/L}$) en novembre et au point côtier à Dunkerque en février (0,48 $\mu\text{mol/L}$).

En ce qui concerne l'azote ammoniacal, les valeurs maximales sont observées en août au point Mimer de la baie de Somme (6,52 $\mu\text{mol/L}$), en octobre aux points côtiers de Dunkerque (5,67 $\mu\text{mol/L}$) et de Boulogne-sur-Mer de (3,71 $\mu\text{mol/L}$).

Le phosphate, apporté principalement par les rejets domestiques, est rapidement absorbé dans les matières en suspension et les sédiments. Sa présence dans les échantillons s'explique par une désorption des phosphates et une remise en suspension des particules après une augmentation de débit des rivières ou lors d'épisodes de vents importants. Les apports résultent des processus de ruissellement et d'érosion qui peuvent survenir à n'importe quel moment de l'année.

Les valeurs maximales de phosphate sont : 4,73 $\mu\text{mol/L}$ en mai au point Mimer de la Baie de Somme, 2,13 $\mu\text{mol/L}$ en juin au point 3 de Boulogne-sur-Mer, et 1,03 $\mu\text{mol/L}$ en avril au point 1 de Dunkerque.

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

La baie de Somme présente les concentrations en silicate les plus importantes avec 25,05 $\mu\text{mol/L}$ au point Bif en janvier. Le maximum est de 11,92 $\mu\text{mol/L}$ au point côtier de Boulogne-sur-Mer en janvier et de 10,42 $\mu\text{mol/L}$ en février au point côtier de Dunkerque.

4.3. Chlorophylle *a*, phéopigments et phytoplancton

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

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

En Manche Orientale, l'efflorescence printanière peut-être caractérisée par la formation d'écume issue de la prolifération de *Phaeocystis globosa*, de la classe des prymnésiofycées (Plus d'informations : http://www.ifremer.fr/delbl/presentation/phaeo/phaeo_index.htm).

Hors période de prolifération de *Phaeocystis sp.*, le phytoplancton est composé presque essentiellement de diatomées (environ 90 % de la flore totale).

Différents types de diatomées se développent selon la saison : en début d'année, c'est un premier assemblage de diatomées composé d'espèces coloniales de petite taille (10–50 µm) qui sont surtout présentes (*Thalassionema nitzschoides*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira sp.*, *Thalassiosira rotula*) ainsi que des cryptophycées (petits flagellés autotrophes).

Au cours du printemps, un second assemblage de diatomées est composé d'espèces de grandes tailles (>100µm) de la famille des Rhizosolénaciées (*Guinardia delicatula*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia imbricata*), suivie d'espèces de taille moyenne (50-100 µm) (*Leptocylindrus sp.*, *Cerataulina sp.*), et d'espèces de petite taille (*Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros debile*). Cet assemblage continue de proliférer pendant l'été, parallèlement à deux espèces de dinoflagellés *Gyrodinium sp.* *Gymnodinium sp.* Et décroît en fin d'année. Deux diatomées, *Chaetoceros sp.* Et *Paralia sulcata*, semblent être présentes toute l'année (Guiselin, 2005.)

Les mesures *in situ* réalisées dans le cadre du S.R.N. mettent en évidence que le bloom en chlorophylle *a* touche d'abord Dunkerque, Boulogne-sur-Mer et enfin la baie de Somme. Les concentrations en chlorophylle *a* sont beaucoup plus importantes en baie de Somme (comme en 2007) où elles atteignent 66,15 µg/L au début du mois de mai au point Bif. Les valeurs sont plus faibles pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer avec, respectivement, pour leur point côtier 22,44 µg/L le 11/04 et 25,84 µg/L le 05/05.

En baie de Somme, pendant le bloom, différents taxons se succèdent : dominance des diatomées toute l'année puis prolifération de la prymnésiofycée *Phaeocystis sp.* Dès le mois de janvier pour le point Mer2 puis dès le mois de mars pour toute la radiale (environ 90 % de la flore totale pour tous les points confondus) ensuite dominance des diatomées avec présence des cryptophycées et dinoflagellés.

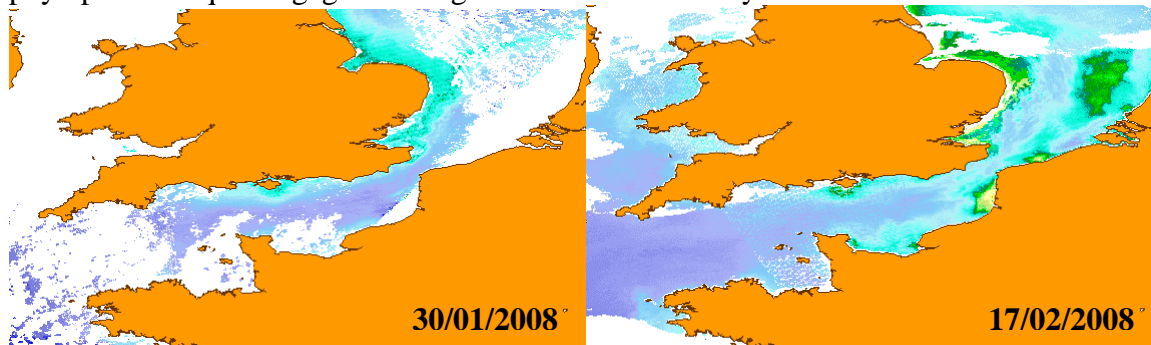
A Dunkerque, la valeur maximale de chlorophylle *a* est atteinte en avril et ce pic est lié à la présence de *Phaeocystis sp.* (plus de 95 % de la flore totale). Un deuxième pic se produit au mois de juin, essentiellement aux points 1 et 3 avec une dominance des diatomées accompagnées de quelques flagellés (dinoflagellés et cryptophycées). Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* Au printemps.

Le site de Boulogne-sur-Mer est caractérisé par deux maxima de chlorophylle *a* en mai et août. Le premier est lié au bloom de la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa*, qui représente plus de 95 % de la flore totale lors du mois d'avril et le deuxième est lié à une dominance des diatomées et des cryptophycées. Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* Au printemps.

L'utilisation des images satellites acquises par le capteurs MODIS permet d'obtenir grâce à l'algorithme OC5 (Gohin *et al.*, 2002) une représentation à méso-échelle de la concentration en chlorophylle *a*, permettant ainsi de visualiser la dynamique phytoplanctonique (biomasse) à l'échelle de la Manche et de la baie sud de la mer du Nord.

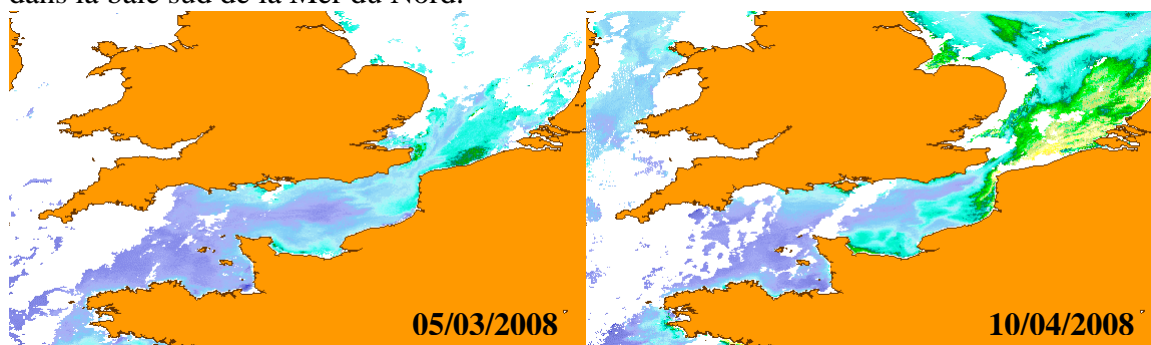
Au mois de janvier, les concentrations en chlorophylle sont faibles.

A la mi-février, on peut observer une augmentation de la concentration en chlorophylle *a* au niveau de la France, du Pas-de-Calais et de la côte est de l'Angleterre. Ce développement phytoplanctonique va gagner le large des estuaires des Pays-Bas.



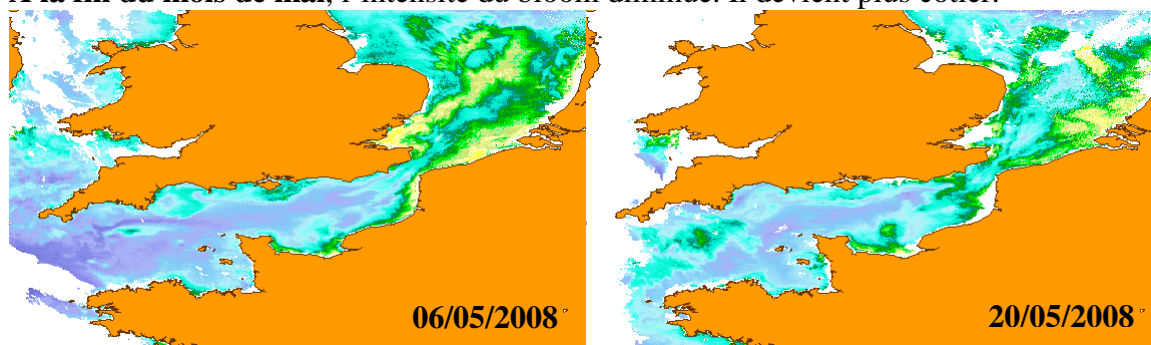
Au début du mois de mars, on peut remarquer qu'il ne reste plus que de la biomasse phytoplanctonique au niveau de la France.

Dès le mois d'avril, on observe une augmentation de la concentration en chlorophylle *a* au niveau de la baie des Veys et du Nord-Pas-de-Calais Picardie. La concentration devient très importante dans la baie sud de la Mer du Nord.



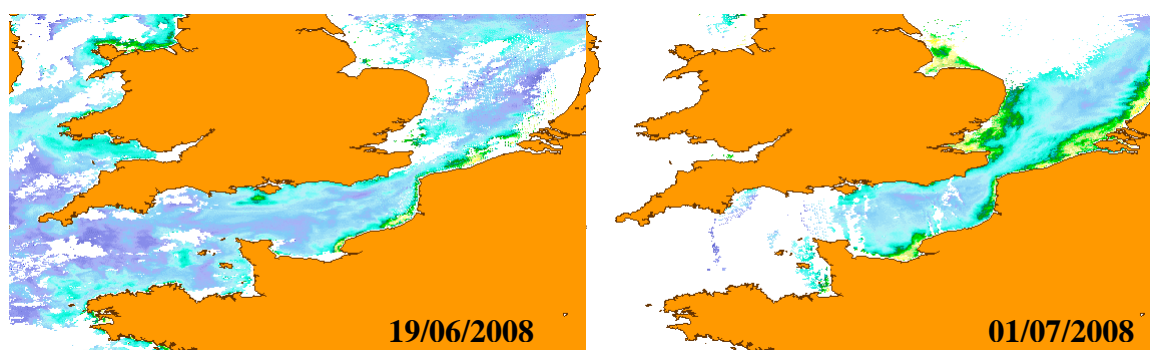
Au début du mois de mai, le bloom est généralisé à tout le littoral de la pointe du Cotentin jusqu'au sud de la Mer du Nord avec toujours une extension vers le large au niveau de la Mer du Nord. La zone sous influence de la Tamise présente des concentrations importantes. La façade sud de l'Angleterre ne présente pas de développement phytoplanctonique important.

A la fin du mois de mai, l'intensité du bloom diminue. Il devient plus côtier.



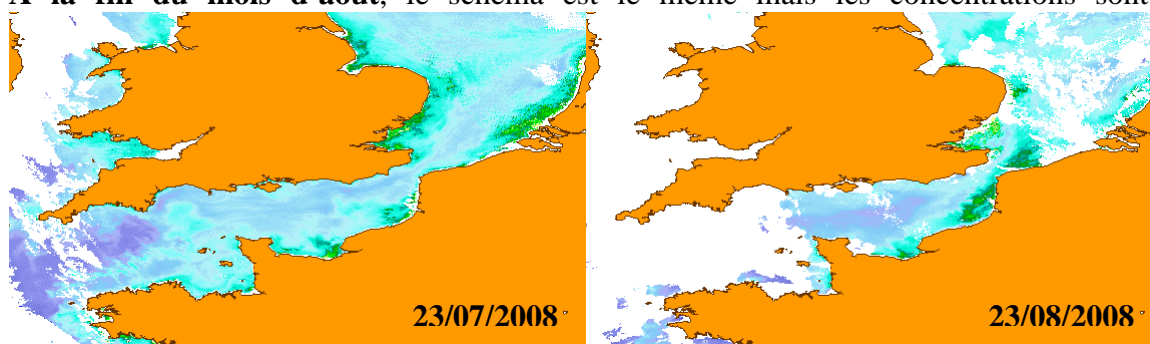
A la fin du mois de juin, le bloom est très côtier et est localisé sur le Pays de Caux et le littoral du Nord-Pas-de-Calais Picardie jusqu'à la France.

Au début du mois de juillet, la production est toujours côtière de la baie de Seine jusqu'au cap d'Antifer puis de la Picardie en passant par le boulonnais et le Nord-pas-de-calais jusqu'aux Pays-Bas.



A la fin du mois de juillet, le bloom est de moins en moins important et il ne reste plus que quelques reliquats en baie de Seine orientale, sur les côtes picardes et le boulonnais, aux abords de la Tamise et des Pays-Bas.

A la fin du mois d'août, le schéma est le même mais les concentrations sont moindres.



A la mi-septembre, les concentrations sont très faibles. Mais on peut observer quelques concentrations légèrement plus fortes : en baie de Seine, aux abords de la Tamise ainsi que sur la côte des Pays-Bas.

A la fin du mois d'octobre, les concentrations sont de nouveaux très faibles.

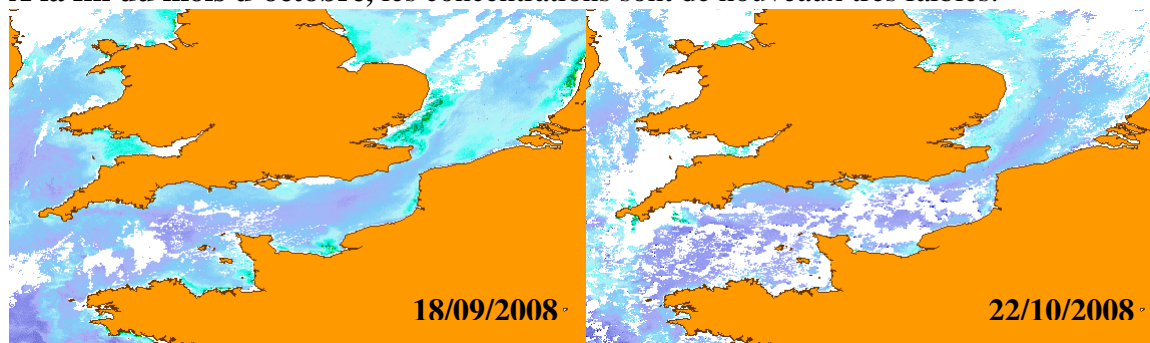


Figure 81. Images MODIS OC5 IFR illustrant à grande échelle l'évolution spatiale des concentrations en chlorophylle a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) de janvier à octobre 2008

4.4. Structure verticale des masses d'eaux

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

Pour la température, ce gradient est de l'ordre de plus ou moins $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ au maximum. Sur la vertical, la différence entre le fond et la surface atteint au maximum $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le gradient vertical est soit progressif (Figure 82), soit bien marqué pour une profondeur donnée (Figure 83)

En ce qui concerne l'oxygène, le schéma est identique avec des gradients côte-large plus importants que les gradients verticaux (Figure 84).

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

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

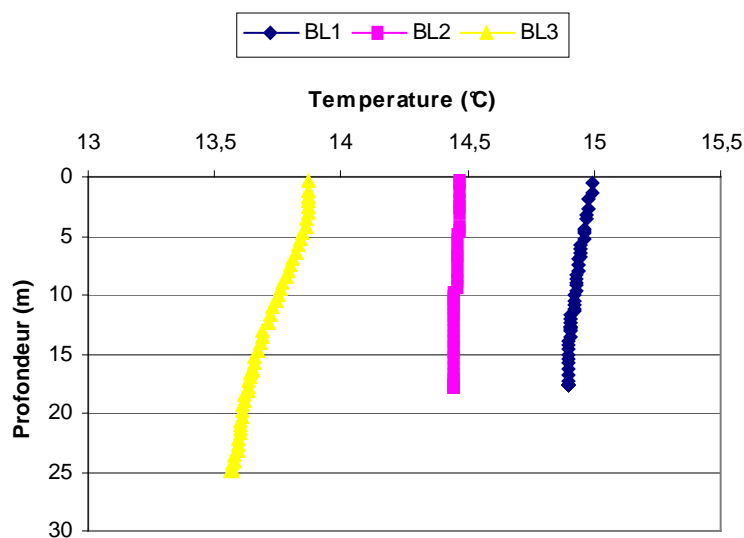


Figure 82. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 02 juin 2008

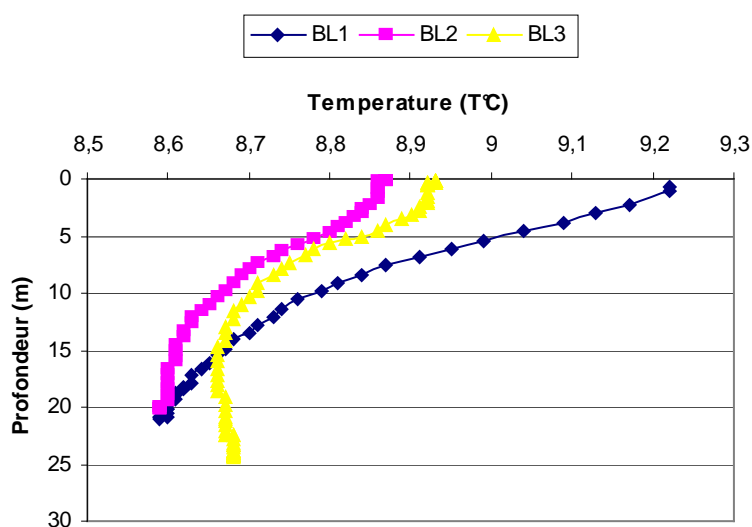


Figure 83. Évolution verticale de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer le 10 avril 2008

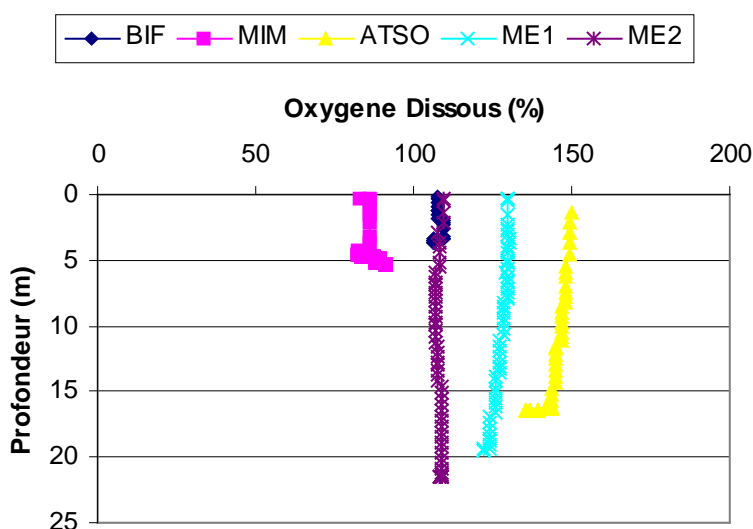


Figure 84. Évolution de la concentration en oxygène dissous en pourcentage sur la radiale de la baie de Somme le 07 mai 2008

4.5. Le SRN et la Directive Cadre sur l'Eau

La directive cadre sur l'eau (DCE – 2000/60/CE) donne la priorité à la protection de l'environnement, en demandant de veiller à la non dégradation de la qualité des eaux et d'atteindre d'ici 2015 un bon état général pour les eaux côtières mais également pour les eaux de transition.

En résumé, la DCE fixe :

- L'atteinte d'ici 2015 du « bon état » écologique et chimique, ce qui correspondrait à un écart « léger » aux conditions de référence. Celles-ci correspondent à des valeurs de référence des différents indicateurs biologiques en situation naturelle pour tous les milieux aquatiques naturels.
- La préservation de ceux qui sont en « très bon état ».
- L'atteinte du bon potentiel dans les milieux fortement artificialisés comme les ports par exemple.
- La suppression avant 2020 des rejets de substances dangereuses prioritaires (décision n° 2455/2001/CE du 20/11/2001 : liste des substances prioritaires : métaux, pesticides, hydrocarbures). Cet objectif s'ajoute à la réduction de tous les rejets de micropolluants, nécessaire à l'atteinte des objectifs de bon état et de bon potentiel écologique.

Dans le cadre de cette mise en œuvre, un programme de surveillance doit être mis en place pour suivre l'état écologique et l'état chimique des eaux. Ce programme est établi de manière à dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique.

Il comprend plusieurs volets :

- Les contrôles de surveillance
- Les contrôles opérationnels
- Les contrôles d'enquête
- Les contrôles additionnels

Le district Artois-Picardie est composé de 8 masses d'eau différentes (Figure 85) :

- 5 masses d'eau côtières (AC01, AC02, AC03, AC04, AC05)
- 3 masses d'eau de transitions (AT01, AT02, AT03)

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 les eaux de transitions sont de 3 types :

- Des paramètres biologiques
- Des paramètres chimiques et physico-chimiques
- Des paramètres hydromorphologiques

Chacun des paramètres permettra de classer les masses d'eaux, mais une combinaison de ces 3 paramètres permettra d'apprécier la qualité écologique.

Nous ne développerons ici que les volets physico-chimique et biologique en lien direct avec le SRN. Le rapport de Lebon (2008) permet d'avoir une vision d'ensemble de la mise en œuvre de la DCE sur le littoral Artois-Picardie.

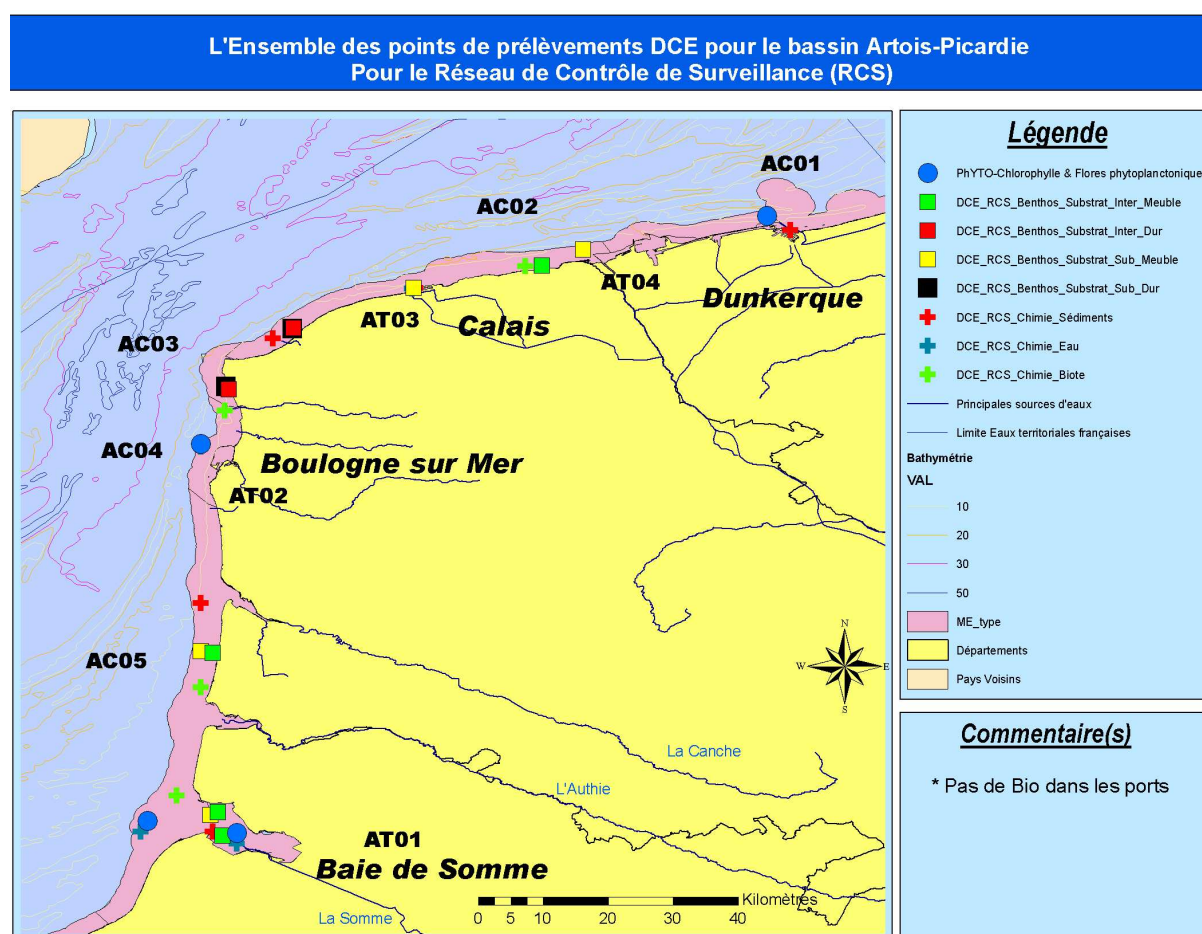


Figure 85. Points d'échantillonnage pour l'ensemble des paramètres du contrôle de surveillance pour le bassin Artois-Picardie (masses d'eaux cotières et estuariennes).

La métrique retenue pour l'oxygène est le percentile 10 des données mesurées sur 6 ans entre mars et octobre. Le résultat est comparé à une grille de lecture afin de définir l'état pour le paramètre concerné (Tableau 20).

Tableau 20. Grille de classification en fonction de l'oxygène dissous

Période productive	Percentile 10 oxygène dissous (mg/L)				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Juin à septembre	> 5,0	3 – 5	2 – 3	1 – 2	< 1

Les résultats acquis entre juin et septembre 2007 révèlent une concentration minimum en surface de 8,5 mg/L, 8,1 mg/L et 8,5 mg/L, respectivement, au niveau du point côtier des radiales de Dunkerque, de Boulogne-sur-Mer et de la baie de Somme.

Le pourcentage de saturation en oxygène (Aminot & Kérouel, 2004) (Annexe 4) entre juin et septembre 2007 est compris entre 112 et 166 pour le point côtier de la radiale de Dunkerque, entre 106 et 133 pour le point côtier de la radiale de Boulogne-sur-Mer et entre 111 et 171 pour le point côtier de la radiale de baie de Somme.

Trois indicateurs ont été retenus pour l'élément de qualité phytoplancton. L'indicateur retenu pour la biomasse du phytoplancton est la concentration chlorophylle *a*. Les indicateurs retenus pour l'abondance et la composition utilisent tous les deux la notion d'efflorescence (ou bloom).

La métrique retenue pour la chlorophylle *a* est le percentile 90 des données mesurées sur 6 ans entre mars et octobre. Le résultat est comparé à une grille de lecture afin de définir l'état pour le paramètre concerné (Tableau 21).

Tableau 21. Grille de classification en fonction de la chlorophylle a

Période productive	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Mars-Octobre	0 – 7,5	7,5 – 12,5	12,5 – 20	20 – 40	> 40

Pour les indicateurs efflorescence toutes espèces ou espèces nuisibles la métrique est le nombre de blooms par an, en faisant une moyenne sur six ans. Un bloom est défini comme une concentration supérieure à 100000 cellules par litre pour les grandes cellules, 250000 cellules par litre pour les petites cellules pour les efflorescence toutes espèces et 1000000 cellules par litre pour les espèces nuisibles. Le résultat est comparé à une grille de lecture afin de définir l'état pour le paramètre concerné (Tableaux 22 et 23).

Tableau 22. Grille de classification pour les efflorescences toutes espèces

	Nombre de blooms par an (toutes espèces)				
Période productive	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Mars à Octobre	0 – 15	15 – 30	30 – 45	45 – 60	> 60

Tableau 23. Grille de classification pour les efflorescences d'espèces nuisibles

	Nombre de blooms par an (espèces nuisibles)				
Période productive	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Mars à Octobre	0 – 1	1 – 3	3 – 6	6 – 10	> 10

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

Soudant et Belin (2009) sur la base des informations disponibles dans les documents de travail des décisions européennes lors de leur étude ont étudiés l'élément de qualité phytoplancton afin de proposer une premières expertises au regard des données acquises pour la période 2002-2007. Il en ressort que les masses d'eau de qualité inférieure à « bon » sont la FRAC04-La Wrenne, la FRAC05-La Wrenne à Ault et la FRAT01-Baie de Somme (Tableau 24).

Tableau 24. Bilan de l'évaluation de l'état écologique au sens de la DCE pour l'élément de qualité phytoplancton sur la période 2002-2007 (Résultat codé par classes de 1 à 5 du très bon vers le très mauvais état).

	Elément de qualité	Paramètre de l'élément de qualité		
	Phytoplancton	Biomasse	Abondance	Composition
FRAC02	2	2	3	1
FRAC04	3	2	3	2
FRAC05	3	4	3	2
FRAT01	4	4	3	2

4.6. Le SRN et la convention OSPAR

La stratégie de lutte contre l'eutrophisation élaborée dans le cadre de la convention d'Oslo et de Paris (OSPAR) a abouti à la création d'une procédure commune d'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux marines de la zone OSPAR. C'est en partie sur la base de cette procédure que peut être évalué l'objectif d'atteinte d'un milieu sain exempt d'eutrophisation à l'horizon 2010. Cette évaluation est basée sur la définition de quatre catégories de paramètres d'évaluation (Tableau 25) :

Cat. I = Category I. Degree of nutrient enrichment (causative factors);

Cat. II = Category II. Direct effects of nutrient enrichment;

Cat. III = Category III. Indirect effects of nutrient enrichment;

Cat. IV = Category IV. Other possible effects of nutrient enrichment.

Tableau 25. Les différentes catégories de paramètres d'évaluation de la procédure commune OSPAR d'évaluation de l'état d'eutrophisation.

<i>Assessment parameters</i>	
Category I	Degree of nutrient enrichment
	1 Riverine inputs and direct discharges¹ (area-specific) Elevated inputs and/or increased trends of total N and total P (compared with previous years)
	2 Nutrient concentrations (area-specific) Elevated level(s) of winter DIN and/or DIP
	3 N/P ratio (area-specific) Elevated winter N/P ratio (Redfield N/P = 16)
Category II	Direct effects of nutrient enrichment (during growing season)
	1 Chlorophyll <i>a</i> concentration (area-specific) Elevated maximum and mean level
	2 Phytoplankton indicator species (area-specific) Elevated levels of nuisance/toxic phytoplankton indicator species (and increased duration of blooms)
	3 Macrophytes including macroalgae (area-specific) Shift from long-lived to short-lived nuisance species (e.g. <i>Ulva</i>). Elevated levels (biomass or area covered) especially of opportunistic green macroalgae).
Category III	Indirect effects of nutrient enrichment (during growing season)
	1 Oxygen deficiency Decreased levels (< 2 mg/l: acute toxicity; 2 – 6 mg/l: deficiency) and lowered % oxygen saturation
	2 Zoobenthos and fish Kills (in relation to oxygen deficiency and/or toxic algae) Long-term area-specific changes in zoobenthos biomass and species composition
	3 Organic carbon/organic matter (area-specific) Elevated levels (in relation to III.1) (relevant in sedimentation areas)
Category IV	Other possible effects of nutrient enrichment (during growing season)
	1 Algal toxins Incidence of DSP/PSP mussel infection events (related to II.2)

L'évaluation consiste à comparer les résultats obtenus pour une période donnée à des niveaux de référence, permettant ainsi de définir un score. La compilation de ces scores (Tableau 26) permet de définir la première évaluation. La prise en compte d'informations et/ou de paramètres complémentaires permet de confirmer ou d'infirmer cette première évaluation et permet d'aboutir à la classification finale en zone à problème au regard de l'eutrophisation (PA : Problem Area) ou sans problème (NPA : Non Problem Area). Le résultat de cette approche peut être comparé, dans une certaine mesure, avec les différentes catégories d'état écologique définies par la Directive Cadre sur l'Eau (CE 2000/60) (Tableau 27).

¹ Principles of the Comprehensive Study on Riverine Inputs and Direct Discharges (RID) (reference number: 1998-5, as amended).

Tableau 26. Exemples d'intégration des paramètres d'évaluation pour une première évaluation.

	Category I Degree of nutrient enrichment Nutrient inputs Winter DIN and DIP Winter N/P ratio	Category II Direct effects Chlorophyll <i>a</i> Phytoplankton indicator species Macrophytes	Categories III and IV Indirect effects/other possible effects Oxygen deficiency Changes/kills in zoobenthos, fish kills Organic carbon/matter Algal toxins	Initial Classification
a	+	+	+	problem area
	+	+	-	problem area
	+	-	+	problem area
b	-	+	+	problem area ¹
	-	+	-	problem area ¹
	-	-	+	problem area ¹
c	+	-	-	non-problem area ²
	+	?	?	Potential problem area
	+	?	-	Potential problem area
	+	-	?	Potential problem area
d	-	-	-	non-problem area

(+) = Increased trends, elevated levels, shifts or changes in the respective assessment parameters in Table 1

(-) = Neither increased trends nor elevated levels nor shifts nor changes in the respective assessment parameters in Table 1

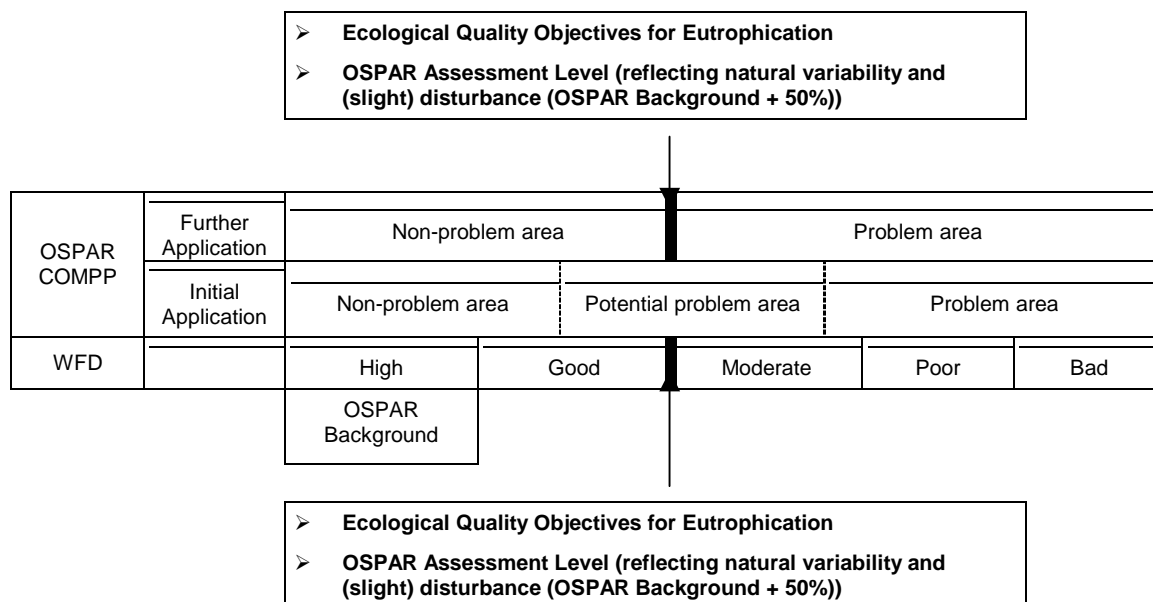
? = Not enough data to perform an assessment or the data available is not fit for the purpose

Note: Categories I, II and/or III/IV are scored '+' in cases where one or more of its respective assessment parameters is showing an increased trend, elevated level, shift or change.

¹ For example, caused by transboundary transport of (toxic) algae and/or organic matter arising from adjacent/remote areas.

² The increased degree of nutrient enrichment in these areas may contribute to eutrophication problems elsewhere.

Tableau 27. Relation entre la classification sous la procédure commune d'OSPAR (COMPP) , le set intégré d'objectifs de qualité pour l'eutrophisation et la directive Cadre sur l'Eau (WFD).
(Note: Assessment levels are based on a justified area-specific % deviation from background not exceeding 50%).



Pour le littoral Nord, Pas de Calais et Picardie, les résultats du réseau SRN contribuent à alimenter la base de données nécessaire à l'évaluation de l'état d'eutrophisation. Lors de la première application de la procédure commune (2002), le littoral a été classé comme zone à problème au regard de l'eutrophisation (PA). La seconde application (2007) classe le littoral en zone à problème potentiel au regard de l'eutrophisation (PPA). Ce résultat est, de nouveau, principalement lié aux efflorescences de *Phaeocystis globosa* et aux apports de nutriments. Alors que la première classification (application des critères des tableaux 25 et 26) aboutissait à un classement comme zone à problème (PA), ce sont les résultats des recherches entreprises dans le cadre du Contrat de Plan Etat Région et du Programme National Environnement Côtier *Phaeocystis* (2000-2007) (dont une partie était consacré au traitements des données SRN) qui ont permis de relativiser l'ampleur du phénomène et de conclure quant à une potentialité d'eutrophisation (PPA) pour la classification finale.

4.7. Indicateur *Phaeocystis* de perturbation de l'écosystème

Lancelot *et al.* (2009) ont développé un indicateur permettant de juger des potentialités de perturbation des efflorescences de *Phaeocystis globosa* sur l'écosystème en zone côtière belge. Sur la base d'une série de données *in situ* et d'un travail de modélisation écologique, Lancelot *et al.* ont défini un seuil de 4.10^6 cellules par litre au delà duquel les caractéristiques de *Phaeocystis globosa* (capacité de croissance lui permettant d'atteindre une taille incompatible avec une consommation par les copépodes) vont perturber le fonctionnement de l'écosystème (accumulation de biomasse). Dans un système naturel, c'est à dire pour une concentration inférieure à 4.10^6 cellules par litre et une taille de colonie inférieure à 400 μm , l'écosystème est à l'équilibre et le transfert de production vers les niveaux trophiques supérieures est possible. La possibilité de transfert de production est également liée à un déséquilibre entre les apports d'azote inorganique total (DIN) et de phosphore inorganique total (DIP), expliqué par une réduction plus marquée des apports de DIP alors que les apports de DIN restent élevés. Ainsi, un rapport N : P supérieur à 25 dans un système dominé par *Phaeocystis globosa* indique une dominance des formes coloniales et

une moindre efficacité du transfert de production vers les niveaux trophiques supérieurs. Appliqué à la zone côtière du littoral Nord, Pas de Calais et Picardie, ce raisonnement permettrait de conclure que les écosystèmes échantillonnés au large de Dunkerque, de Boulogne sur Mer et de la baie de Somme seraient perturbés par *Phaeocystis globosa* entre mars et mai. Les concentrations cellulaires sont nettement supérieures à 4.10^6 cellules par litre ; elles atteignent plus de 21.10^6 cellules par litre au point côtier de la radiale de Dunkerque, plus de 16.10^6 cellules par litre au point côtier de la radiale de Boulogne sur Mer et plus de 14.10^6 cellules par litre au point Mimer de la radiale de la baie de Somme. Par ailleurs, le rapport N : P est régulièrement supérieur à 25 au cours de cette période (et au-delà) et pour l'ensemble des points échantillonnés.

4.8. Mesures à haute-fréquence

Le réseau SRN dont les objectifs et par conséquent la stratégie ont été défini au début des années 90 permet de répondre à un certain nombre de questions relatives au cycle saisonnier des paramètres physico-chimiques et biologiques, à l'évaluation de la qualité du milieu (critère de la DCE ou d'OSPAR). Dans un milieu dont la dynamique évolue au grès des marées, et par conséquent avec des cycles de l'ordre de 15 jours (alternance morte-eau / vive-eau) et de quelques heures (12h ou 6 h, alternance basse-mer / pleine mer), il est clair que la stratégie du SRN ne permet pas d'appréhender les phénomènes à haute fréquence qui sont déterminants voire structurants pour expliquer la dynamique de l'écosystème. Ces événements sont régulièrement nommés « anomalies » dans les rapports de synthèse du SRN. C'est pour appréhender ces phénomènes qu'un système de mesures à haute fréquence : MAREL Carnot a été implanté sur le site de Boulogne sur Mer en 2004 (Lefebvre & Répecaud, 2006 ; Lefebvre, 2007, 2008). La figure 86 illustre la dynamique de la biomasse phytoplanctonique (estimée par la mesure de la fluorescence) au cours de l'année 2008. L'étude de ce signal met clairement en évidence deux augmentations considérables de la biomasse phytoplanctonique à la fin des mois d'avril et de mai, ainsi qu'une forte variabilité du signal (Rappel : les mesures sont faites toutes les 20 minutes) (Figure 87). La distribution des campagnes de prélèvements du SRN permet de capturer la dynamique global du bloom printanier (Figure 87), mais ne reflète pas cette variabilité. L'intervalle entre deux campagnes peut même être tel qu'un développement de biomasse peut passer inaperçu. Cet intervalle peut dépendre de la disponibilité des moyens nautiques comme des conditions météorologiques. Néanmoins, le niveau d'information n'est pas le même puisque le SRN permet d'identifier la dynamique de la succession des taxons phytoplanctoniques alors que MAREL Carnot ne donne qu'une approximation de la biomasse sur site (au même titre que la concentration en chlorophylle *a*, bien que les deux signaux ne soit pas directement comparables – Lefebvre, 2006). Les développements technologiques en cours devrait permettre à terme d'envisager une observation à haute fréquence de la dynamique phytoplanctonique (cytométrie, analyse d'images ...).

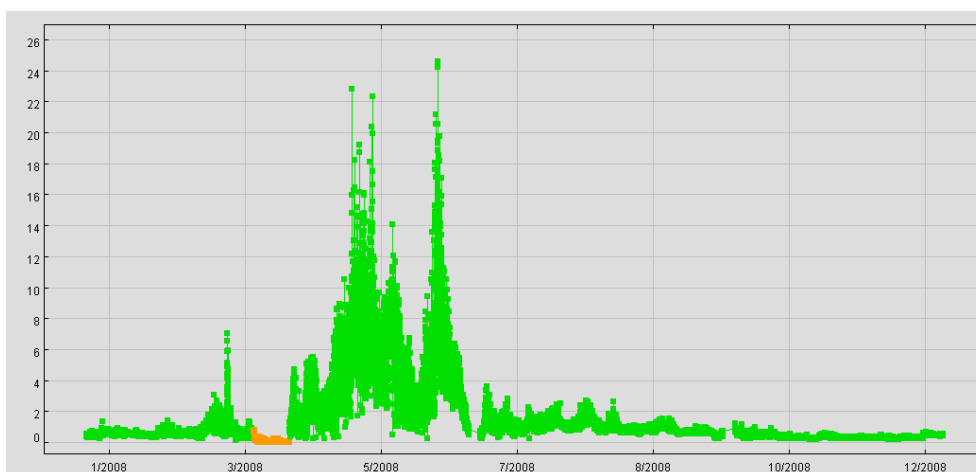


Figure 86 : Évolution du signal de fluorescence (FFU) acquis par la station MAREL Carnot entre le 01/01 et le 31/12/2008.

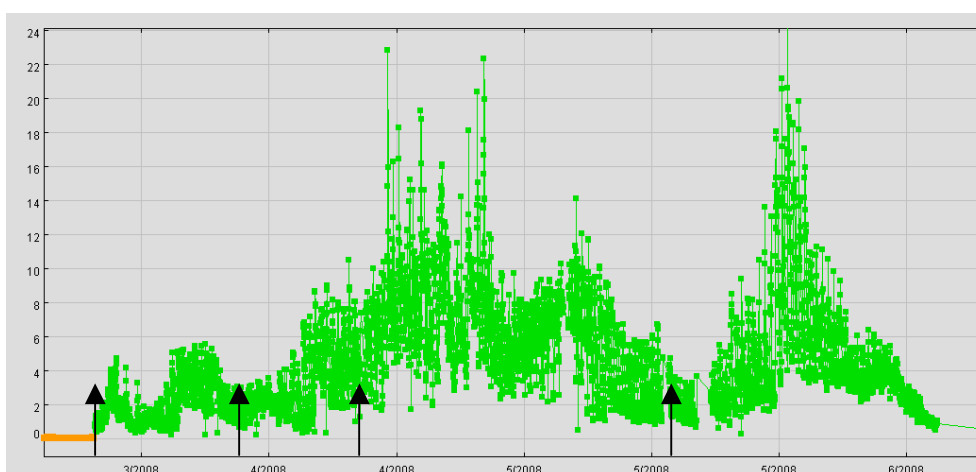


Figure 87 : Évolution du signal de fluorescence (FFU) acquis par la station MAREL Carnot entre la fin du mois de mars et la mi-juin 2008 (les flèches représentent l'échantillonnage SRN du 10/04, du 22/04, du 05/05 et du 02/06).

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

L'année 2008 est caractérisée par un début de saison (fin d'hiver et printemps) assez doux alors que la température estivale est inférieure à la « normale » établie sur la période 1992-2008.

Les concentrations en chlorophylle *a* pour la période estivale sont fortes et pour la période hivernale sont faibles. Les valeurs les plus importantes sont relevées en avril pour la baie de Somme et Dunkerque (respectivement 76,62 µg/L et 22,44 µg/L) et en mai pour Boulogne-sur-Mer (25,84 µg/L).

L'évolution saisonnière de la concentration en nitrate est classique et comparable pour les trois sites bien que les niveaux atteints soient différents. Il faut cependant noter que la concentration est particulièrement importante en janvier pour les radiales de la Baie de Somme et de Boulogne-sur-Mer (respectivement 53,81 µmol/L au point Bif et 30,44 µmol/L au point côtier) et elle est faible en juin pour les trois radiales.

Les concentrations en nitrite sont classiques par rapport aux valeurs médianes établies sur la période 1992-2008 avec cependant des valeurs assez faibles en début d'année.

Les concentrations en phosphate sont classiques mais on note lors des printemps que les valeurs de concentrations obtenues sont parmi les plus élevées de la période 1992-2008 (de l'ordre de 0,63 à 4,73 µmol/L pour les trois radiales).

Le schéma saisonnier du silicate est classique pour les 3 radiales. Les concentrations sont particulièrement importantes de juillet à septembre (de l'ordre de 0,9 à 12,95 µmol/L pour les trois points) et elles sont également faibles d'avril à mai.

Le compartiment phytoplanctonique est caractérisé par une dominance des diatomées tout au long de l'année excepté au printemps où c'est la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* qui domine le cortège phytoplanctonique (maximum le 21 avril au point de Dunkerque avec 21,06.10⁶ cell./L). On voit aussi apparaître par moment les cryptophycées et les dinoflagellés de plus en plus nombreuses ces dernières années.

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

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

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

Dans le contexte de la mise en œuvre dès 2007 de la Directive Cadre sur l'Eau (D.C.E. - Directive 2000/60/CE), (COM, 2005,a,b,c) certains points côtiers du S.R.N. intègrent le dispositif dit de Contrôle de Surveillance et de Contrôle Opérationnel. La nouvelle Directive Stratégie Marine Européenne (D.S.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. Ainsi, d'autres points du S.R.N. répondront également aux attentes de diagnostic et de surveillance préconisées par la D.S.M.

Dans le cadre de la seconde application de la Procédure Commune de la convention d'Oslo et de Paris (OSPAR - <http://www.ospar.org/>) engagée en 2007, 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. Notre littoral n'est plus considéré comme zone à problème mais comme zone à problème potentiel au regard de l'eutrophisation.

BIBLIOGRAPHIE

Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans : 395 pp.

Aminot A. & R. Kérouel, 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336 p.

Aminot A., Belin C., Chapelle A., Guillaud J.F., Joanny M., Lefebvre A., Menesguen A., Merceron A., Piriou J.Y., Souchu P., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 : 59 pp.

Anonyme, 1985. The international system of units (SI) in oceanography. UNESCO Technical papers N°. 45.

Anonyme, 1986. Le littoral de la Région Nord Pas-de-Calais, Qualité du milieu marin. Rapport IFREMER n°3 : 149 pp.

Anonyme, 1988. Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, Dix années de surveillance, 1974-1984. Rapport IFREMER, vol. II : 229 pp.

Anonyme, 1989. Groupe de travail pour l'étude de l'eutrophisation des cours d'eau et des eaux littorales de la Région Nord-Pas-de-Calais. Secrétariat d'Etat du Premier Ministre chargé de l'Environnement - Service de l'Eau Rapport 1989 : 74 pp.

Anonyme, 1989. Le littoral de la Région Nord Pas-de-Calais, Apports à la mer. Rapport IFREMER n° 15 : 149 pp.

Anonyme, 1990. Review of potentially harmful substances. Nutrients. United Nations Educational, Scientific and Organisation, Reports and studies n° 34 : 40 pp.

Anonyme, 1991. Annuaire de la qualité des eaux de surface du département de la Somme.

Anonyme, 1992. Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin ; Surveillance du milieu marin, Travaux du RNO, Inter comparaison 1992 pour la salinité et les sels nutritifs. Rapport IFREMER : 68 pp.

Anonyme, 1993. North Sea subregion 4 & 9, Assessment Report. North Sea Task Force : 195 pp. et 153 pp.

Artigas L.F., Guiselin N., Courcot L., Sazhin A., Jauzein C., Lizon F., Lefebvre A., Hebert P., M.J. Chrétiennot-Dinet, D. Purdie, C. Labry, 2005b. Phytoplankton spring blooms in coastal waters of the eastern English Channel : interannual and seasonal monitoring of species composition, biomasses and activities in coastal systems characterised by important *Phaeocystis globosa* outbursts. III International Plankton Symposium. Figueira da Foz, PT, 17-20/03/05

Artigas L.F., Guiselin N., Courcot L., Sazhin A., Jauzein C., Lizon F., Lefebvre A., Hebert P., Gentilhomme V., Chétiennot-Dinet M.-J., Purdie D., 2005a. Seasonal and inter-annual variability of *Phaeocystis globosa* outbursts in the eastern English Channel and associated phytoplankton dynamics. SCOR-UNESCO working group « *Phaeocystis* » Final meeting, Groningen - NL, 30/08 au 03/09/09.

Barbet F., 2005. L'eutrophisation sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie : étude des tendances passées et perspectives d'évolution. Rapport IFREMER/RST.LER.BL/05.09, Laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 142 p.

Barbier G., Arnal O., Delattre J.-M., Grossel H. & M. Morel, 1986. Le littoral de la région Nord - Pas de Calais : Qualité du milieu marin. Convention de Coopération Région Nord - Pas de Calais / IFREMER. Rapport Scientifique et Techniques de l'IFREMER, N° 3, 152 pp.

Belin C., 2001. Cahier des procédures REPHY. Document de prescription. R. Int. IFREMER / DEL, 47 pp.

Bendschneider, K. and Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96. In : Aminot A. & M. Chaussepied,

1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 119¹24.

Bentley D, Lafite R., Morley N.H., James R., Statham P. & J.C.Guary, 1993. Flux de nutriments entre la Manche et la mer du Nord, situation actuelle et évolution depuis 10 ans. *Oceanol. Acta*, 16 (5-6) : 599-606.

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

Brylinski J.M., 1993. Ecohydrodynamique pélagique en Manche Orientale, 30 pp.

Brylinski J. M. & Y. Lagadeuc, 1990. L'interface eaux côtières / eaux du large dans le Pas de Calais (côte française) : une zone frontale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 311 (2): 535-540.

Brylinski J.M., Lagadeuc Y., Gentilhomme V., Dupont J.P., Lafite R., Dupeuple P.A., Huault M.F., Auger Y., Puskaric E., Wartel M. & L. Cabioch, 1991. Le fleuve côtier : un phénomène hydrologique important en Manche Orientale. Exemple du Pas de Calais. *Oceanol. Acta*, 11 (Vol. Spec.): 197-203.

Billen G., Lancelot C. & M Meybeck, 1991. N, P, Si retention along the aquatic continuum from land to ocean. *In* : Mantoura R.F.C., Martin J.M. & R. Wollast (eds). Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, p. 203-209.

COM, 2005a. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. COM (2005), 505 final, SEC (2005), 1290, 31 pp.

COM, 2005b. Communication from the Commission to the Council and the European parliament. Thematic strategy on the protection and conservation of the marine environment. COM (2005), 1290, 9 pp.

COM, 2005c. Commission staff working document. Annex to the communication from the Commission to the Council and the European parliament. Thematic strategy on the protection and conservation of the marine environment and proposal for a directive of the European parliament and of the Council, establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy. COM (2005), 504 and 505 final, SEC (2005), 1290, 79 pp.

Delinieres G., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1996. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1995. Rapport IFREMER DEL : 49 pp.

Frontier S., Pichod-Viale D., 1991. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution, 391 pp.

Gentilhomme V. & F. Lizon, 1998. Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well-mixed coastal system (Eastern English Channel). *Hydrobiologia* 361 : 191-199.

Gohin F., Druon J.N., and L. Lampert, 2002. A five channel chlorophyll algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23 , 8, pp 1639-1661.

Goidin L., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1999. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1998. Rapport IFREMER DEL : 59 pp.

Guiselin N., 2005. Successions d'espèces phytoplanctoniques en eaux côtières en Manche Orientale : analyse rétrospective des données des réseaux de surveillance 1992-2004 et bilan des suivis en cours. Ifremer/TMR.LER.BL/05.08.l¹aboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 30 p. + Annexes.

Hitier B., Olivesi R., Delesmont R. & M. Morel, 1994. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1993. Rapport IFREMER DEL : 66 pp.

Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1995. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1994. Rapport IFREMER DEL : 71 pp.

Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1996. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Synthèse des résultats du suivi de 1992 à 1994. Rapport IFREMER DEL : 67 pp.

Ifremer, laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 2002. Résultats de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral, Edition 2002, 43 p.

Jickells T.D., 1998. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. *Science*, 281 : 217-222.

Joanny M., 1993. Qualité du milieu marin littoral. Rapport IFREMER : 241 pp.

Koroleff, F., 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. ICES, C.M. 1969/C : 9 Hydr. Comm. In : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 107-118.

Lamy D., 2006. Manuscrit de thèse : Dynamique bactérienne en Manche orientale – Relation avec les poussées de *Phaeocystis globosa*.

Lancelot C., Keller M.D., Rousseau V., Smith W.O. & S. Mathot, 1998. Autecology of the marine haptophyte *Phaeocystis* sp.. NATO ASI Series, vol. G41, Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Anderson D.M. & G.M. Hallegraeff (eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 69-84.

Lancelot C., Rousseau V. & N. Gypens, 2009. Ecologically based indicators for *Phaeocystis* disturbance in eutrophied Belgian coastal waters (Southern North Sea) based on field observations and ecological modelling. *Journal of Sea Research*, 61 (1-2): 44-49.

Lebon Sylvain (stagiaire IUT-ULCO ; encadrant : A. Lefebvre), 2008. Mise en œuvre de la DCE sur le bassin Artois-Picardie : le milieu marin : Synthèses méthodologiques et cartographique. Ifremer/TMR.LER.BL/08.06, 68 pages.

Lefebvre A., 2004. Seasonal trends of the *Phaeocystis* sp. And nutrients dynamics in the eastern English Channel. *J. Rech. Oceanogr., JRO*, 28, fasc. 1 et 2, 57-61.

Lefebvre A., Libert A., 2004. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2003. Rapport IFREMER/DEL/BL/RST/04/04 : 92 p.

Lefebvre A., Carton C., 2005. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2004. Rapport IFREMER/RST.LER.BL/05.05 : 130 p.

Lefebvre A., Artigas L. F., Guiselin N. & F.Barbet Long-term changes on the phytoplankton communities, temporarily dominated by *Phaeocystis globosa* in relation with hydroclimatic conditions and eutrophication processes in the eastern English Channel and southern bight of the North Sea. Colloque de restitution finale du chantier PNEC Manche orientale – Le bloom de *Phaeocystis* : causes & consequences. Wimereux, 29-30 janvier 2007.

Lefebvre A. & M. Repecaud, 2006. MAREL Carnot – Partie 1 : Bilan de la mise en place d'un système de mesures automatisées à haute fréquence en zone côtière de Boulogne-sur-Mer. Rapport Ifremer/RST.LER.BL/06.09, 18 pages + CD ROM.

Lefebvre A., 2007. MAREL Carnot : Partie 2 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Données de l'année 2006. Ifremer/RST.LER.BL/07.08, 44 pages.

Lefebvre A., 2008. MAREL Carnot : Rapport n°3 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2007. Ifremer/RST.LER.BL/08.04, 23 pages

Loquet N., Rybarczyk H. & B. Elkaim, 2000. Echanges de sels nutritifs entre la zone côtière et un système estuarien intertidal : la baie de Somme (Manche, France). *Oceanol. Acta*, 23 (1) : 47-64.

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

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

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

Mullin, J. B. and Riley, J. P., 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12, 162-170. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 143-150.

Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27, 31-36. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 135¹42.

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

OSPAR, 2005. Common procedure for the identification of the eutrophication status of the OSPAR maritime area, OSPAR agreement 2005-3.

Peta O., Hitier B., Olivesi R., Delesmont R., Morel M. & N. Loquet, 1998. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1997. Rapport IFREMER DEL : 59 pp.

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

Redfield A.C., Ketchum B.H. & Richards F.A., 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. *In* : Hill M.N. (ed), *The Sea*. John Wiley, New York, Vol. 2, p. 26-77.

Rybarczyk H., 1992. Processus d'eutrophisation et ses conséquences sur les peuplements d'un écosystème estuarien : la Baie de Somme. Thèse de l'Université Paris VI : 171 pp.

Smayda T.J., 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea : evidence for a global epidemic. *In* : Granéli E. (ed). *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier Science Publishing Co., New York, p. 29-40.

Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R., 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167, 311 p. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 143-150.

Sanders HL ,1960. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography*, Vol. 5, no. 2, pp. 138-153. Sandin L. & R.K. Johnson, 2000. The statistical power of selected indicator metrics using macroinvertebrates for assessing acidification and eutrophication of running waters. *Hydrobiologia*, 422/423 : 233-243.

Soudant D. & C. Belin, 2009. Evaluation DCE de décembre 2008. Eléments d'expertise. Rapport Interne Ifremer, R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-04/DS, 6 volumes.

Truffier S., Hitier B., Olivesi R., Rybarczyk H., Delesmont R. & M. Morel, 1997. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1996. Rapport IFREMER DEL : 62 pp.

ANNEXES

- P. 156-160 : Annexe 1** Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
- P. 161-167 : Annexe 2** Données brutes des analyses physico-chimiques
- P. 168-171 : Annexe 3** Concentrations en oxygène dissous

Annexe 1

Calendrier des sorties et conditions de prélèvements

(NA : Donnée manquante)

Dunkerque

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
07/02/08	DK1	13h50	PM à 13h13	PM + 00h37	84/88
	DK3	14h05		PM + 00h52	
	DK4	14h25		PM + 01h12	
18/03/08	DK1	14h05	PM à 10h41	PM + 03h24	58/65
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
11/04/08	DK1	14h25	PM à 17h33	PM - 03h08	71/63
	DK3	14h05		PM - 03h28	
	DK4	NA		NA	
21/04/08	DK1	13h55	PM à 14h23	PM - 00h28	86/84
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
28/04/08	DK1	10h30	PM à 06h38	PM + 03h52	35/33
	DK3	NA		NA	
	DK4	NA		NA	
06/05/08	DK1	12h35	PM à 14h00	PM - 01h25	104/104
	DK3	12h20		PM - 01h40	
	DK4	12h00		PM - 02h00	
17/06/08	DK1	14h45	PM à 13h05	PM + 01h40	62/64
	DK3	14h25		PM + 01h20	
	DK4	14h10		PM + 01h05	
30/06/08	DK1	12h20	PM à 10h47	PM + 01h33	63/67
	DK3	12h00		PM + 01h13	
	DK4	11h40		PM + 00h53	
22/07/08	DK1	15h00	PM à 16h17	PM - 01h47	81/80
	DK3	14h40		PM - 02h07	
	DK4	14h25		PM - 02h22	
28/08/08	DK1	10h30	PM à 11h52	PM - 01h22	63/71
	DK3	10h15		PM - 01h37	
	DK4	10h00		PM - 01h52	
16/09/08	DK1	12h30	PM à 14h10	PM - 01h40	98/100
	DK3	12h10		PM - 02h00	
	DK4	11h55		PM - 02h15	
30/10/08	DK1	12h45	PM à 13h17	PM - 00h32	85/83
	DK3	12h25		PM - 00h52	
	DK4	12h00		PM - 01h17	

Boulogne-sur-Mer

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
22/01/08	BL1	15h25	PM à 11h39	PM + 03h46	85/90
	BL2	15h05		PM + 03h26	
	BL3	14h40		PM + 03h01	
14/02/08	BL1	10h00	PM à 04h28	PM + 05h32	59/52
	BL2	09h35		PM + 05h07	
	BL3	09h10		PM + 04h42	
18/03/08	BL1	09h25	PM à 09h44	PM - 00h19	58/65
	BL2	NA		NA	
	BL3	NA		NA	
10/04/08	BL1	14h20	PM à 15h49	PM - 01h29	88/80
	BL2	14h05		PM - 01h44	
	BL3	13h45		PM - 02h04	
22/04/08	BL1	14h55	PM à 14h03	PM + 00h52	83/80
	BL2	14h45		PM + 00h42	
	BL3	14h20		PM + 00h17	
05/05/08	BL1	15h15	PM à 12h30	PM + 02h45	100/103
	BL2	14h55		PM + 02h25	
	BL3	14h25		PM + 01h55	
02/06/08	BL1	15h25	PM à 11h14	PM + 04h11	82/87
	BL2	15h10		PM + 02h56	
	BL3	14h45		PM + 03h31	
17/06/08	BL1	16h20	PM à 12h14	PM + 04h06	62/64
	BL2	16h06		PM + 03h52	
	BL3	15h20		PM + 03h06	
21/07/08	BL1	15h20	PM à 14h58	PM + 00h22	82/82
	BL2	15h10		PM + 00h12	
	BL3	14h45		PM - 00h13	
29/08/08	BL1	10h50	PM à 11h53	PM - 01h03	78/85
	BL2	10h40		PM - 01h13	
	BL3	10h20		PM - 01h33	
17/09/08	BL1	11h25	PM à 14h02	PM - 02h37	101/101
	BL2	11h10		PM - 02h52	
	BL3	10h45		PM - 03h17	
28/10/08	BL1	9h57	PM à 11h23	PM - 01h26	86/87
	BL2	9h45		PM - 01h38	
	BL3	9h25		PM - 01h58	
19/11/08	BL1	14h27	PM à 16h28	PM - 02h01	59/55
	BL2	14h15		PM - 02h13	
	BL3	14h00		PM - 02h28	
08/12/08	BL1	17h15	PM à 19h49	PM - 02h34	47/51
	BL2	17h00		PM - 02h49	
	BL3	16h40		PM - 03h09	

Baie de Somme

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
28/01/2008	BIF	15h40	PM à 15h24	PM + 00h16	68/62
	MiMer	15h30		PM + 00h06	
	ATSO	14h52		PM - 00h32	
	ME1	15h05		PM - 00h19	
	ME2	15h15		PM - 00h09	
08/02/2008	BIF	13h15	PM à 12h39	PM + 00h36	92/94
	MiMer	12h55		PM + 00h16	
	ATSO	12h05		PM - 00h34	
	ME1	12h20		PM - 00h19	
	ME2	12h35		PM - 00h04	
19/03/2008	BIF	10h18	PM à 10h21	PM - 00h03	72/79
	MiMer	09h45		PM - 00h36	
	ATSO	NA		NA	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
27/03/2008	BIF	15h35	PM à 14h40	PM + 00h55	62/56
	MiMer	15h15		PM + 00h35	
	ATSO	14h50		PM + 00h10	
	ME1	NA		NA	
	ME2	NA		NA	
23/04/2008	BIF	15h35	PM à 14h18	PM + 01h17	77/74
	MiMer	15h12		PM + 00h54	
	ATSO	13h42		PM - 00h36	
	ME1	14h40		PM + 00h22	
	ME2	14h25		PM + 00h07	
07/05/2008	BIF	15h00	PM à 13h51	PM + 01h09	103/100
	MiMer	14h20		PM + 00h29	
	ATSO	13h10		PM - 00h41	
	ME1	13h40		PM - 00h11	
	ME2	13h50		PM - 00h01	
22/05/2008	BIF	14h24	PM à 13h57	PM + 00h27	72/71
	MiMer	14h07		PM + 00h10	
	ATSO	13h48		PM - 00h09	
	ME1	13h38		PM - 00h19	
	ME2	13h20		PM - 00h37	
04/06/2008	BIF	13h25	PM à 12h48	PM + 00h37	96/97
	MiMer	13h05		PM + 00h17	
	ATSO	12h50		PM + 00h02	
	ME1	12h40		PM - 00h08	
	ME2	12h30		PM - 00h18	

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
18/06/2008	BIF	13h00	PM à 12h30	PM + 00h30	66/68
	MiMer	12h45		PM + 00h15	
	ATSO	12h30		PM - 00h00	
	ME1	12h20		PM - 00h10	
	ME2	12h00		PM - 00h30	
23/07/2008	BIF	16h00	PM à 15h53	PM + 00h07	78/76
	MiMer	15h50		PM - 00h03	
	ATSO	15h30		PM - 00h23	
	ME1	15h20		PM - 00h33	
	ME2	15h05		PM - 00h48	
22/08/2008	BIF	16h35	PM à 16h04	PM + 00h31	80/74
	MiMer	16h20		PM + 00h16	
	ATSO	16h05		PM + 00h01	
	ME1	15h50		PM - 00h14	
	ME2	15h36		PM - 00h28	
15/09/2008	BIF	13h00	PM à 12h41	PM + 00h19	91/95
	MiMer	12h50		PM + 00h09	
	ATSO	12h10		PM - 00h31	
	ME1	12h35		PM - 00h06	
	ME2	12h25		PM - 00h16	
28/10/08	BIF	12h00	PM à 11h11	PM + 00h49	86/87
	MiMer	11h50		PM + 00h39	
	ATSO	10h50		PM - 00h21	
	ME1	11h10		PM - 00h01	
	ME2	11h25		PM + 00h14	
13/11/08	BIF	12h20	PM à 11h16	PM + 01h04	96/99
	MiMer	12h00		PM + 00h44	
	ATSO	10h55		PM - 00h21	
	ME1	11h25		PM + 00h09	
	ME2	11h35		PM + 00h19	
17/12/08	BIF	16h15	PM à 15h03	PM + 01h12	81/76
	MiMer	16h00		PM + 00h57	
	ATSO	14h45		PM - 00h18	
	ME1	15h05		PM + 00h02	
	ME2	15h20		PM + 00h17	

Annexe 2

Données brutes des analyses physico-chimiques

Temp. : Température (°C)

Sali. : Salinité (P.S.U.)

Turb. : Turbidité (N.T.U.)

M.E.S. : Matières En Suspension (mg/L)

M.E.S. Org. : Matière Organique dans les Matières En Suspension (ou Matière Organique Particulaire : MOP) (mg/L)

Chloro. *a* : chlorophylle *a* (µg/L)

Phéo. : Phéopigments (µg/L)

NH₄⁺ : Ammonium (µmol/L)

NO₂⁻ : Nitrite (µmol/L)

NO₃⁻ : Nitrate (µmol/L)

PO₄³⁻ : Phosphate (µmol/L)

SiOH : Silicate (µmol/L)

O₂ : Oxygène Dissous (mg/L)

NA

: Donnée manquante

< 0,05

: Donnée inférieure au seuil de détection

2008, Radiale de Dunkerque, Station 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH	O2
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	mg/l
07/02/2008	8,6	34,7	4,03	8,4	1,1	2,16	1,06	0,92	0,48	24,59	0,88	10,42	NA
18/03/2008	8,5	32,7	3,56	8,4	2	11,30	3,42	0,41	0,28	9,25	0,20	<0,1	NA
11/04/2008	8,7	33,2	5,91	15,6	4	22,44	5,02	<0,15	0,06	<0,15	1,03	<0,1	13,03
21/04/2008	9,5	33,3	4,64	12,4	4,8	16,66	6,78	<0,15	NA	NA	NA	NA	11,93
28/04/2008	11,7	32,4	2,57	10,4	6,8	13,78	3,04	NA	NA	NA	NA	NA	7,40
06/05/2008	12	33,9	4,55	14,2	4,8	4,49	1,45	<0,15	0,05	<0,15	0,79	<0,1	8,70
17/06/2008	16,6	33,5	2,47	4,3	1,4	7,48	1,70	0,72	0,11	0,34	0,50	<0,1	8,16
30/06/2008	17,4	34,5	4,81	7,7	1,4	8,76	2,55	2,82	0,32	1,51	0,77	1,40	8,90
22/07/2008	17,9	34,9	2,36	3,3	0,9	2,56	0,78	0,17	<0,05	0,19	0,42	1,84	8,96
28/08/2008	18	34,8	4,20	5,5	1	2,32	1,85	2,77	0,24	1,83	0,6	6,96	7,41
16/09/2008	16,9	33,9	5,47	8,8	1,4	5,42	2,05	2,41	0,31	3,72	0,14	4,29	7,27
30/10/2008	12,8	34,3	6,90	9,8	1,1	3,88	NA	3,95	0,43	5,68	0,72	5,44	8,68

2008, Radiale de Dunkerque, Station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
07/02/2008	8,5	35	NA	NA	NA	1,95	0,50	0,35	0,41	19,39	0,71	8,28
18/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11/04/2008	8,6	33,7	3,89	10	3,6	18,03	4,30	0,26	<0,05	<0,15	0,69	<0,1
21/04/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
28/04/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
06/05/2008	11,8	34	1,75	9,4	3,6	4,32	0,80	<0,15	0,05	<0,15	0,71	<0,1
17/06/2008	15,7	33,8	0,79	1,8	1,2	2,16	0,54	<0,15	<0,05	<0,15	0,58	<0,1
30/06/2008	16,6	34,8	1,58	5,3	1,9	7,06	1,05	<0,15	<0,05	<0,15	0,68	<0,1
22/07/2008	17,6	35,1	1,15	1,4	0,3	2,45	<0,04	0,33	<0,05	<0,15	0,32	1,51
28/08/2008	17,8	34,7	2,10	2,6	1,1	2,19	0,94	0,70	0,06	1,61	0,58	4,01
16/09/2008	17,1	34	4,18	7,5	1,3	5,34	2,47	0,18	0,15	2,99	0,16	2,72
30/10/2008	13,3	34,6	4,45	6,6	0,9	4,68	NA	1,55	0,21	4,57	0,66	2,75

2008, Radiale de Dunkerque, Station 4

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
07/02/2008	8,5	35,2	1,66	4	0,8	1,54	0,61	0,56	0,37	17,91	0,67	7,94
18/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11/04/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
21/04/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
28/04/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
06/05/2008	11,2	34,1	1,73	3,8	3,8	7,65	1,08	<0,15	<0,05	<0,15	0,74	<0,1
17/06/2008	15,6	33,8	0,66	1,7	0,9	3,19	0,92	<0,15	<0,05	<0,15	0,45	<0,1
30/06/2008	16,3	34,9	0,91	2,7	1,4	2,80	0,60	0,15	<0,05	<0,15	0,63	<0,1
22/07/2008	17,1	35,1	0,84	1,1	0,4	1,14	0,30	0,25	<0,05	<0,15	0,21	1,41
28/08/2008	17,7	34,6	1,10	1,6	0,8	3,72	2,65	<0,15	<0,05	0,88	0,59	2,91
16/09/2008	17,1	34,1	1,91	3,4	1,1	4,24	1,45	0,20	0,13	3,19	0,11	3,31
30/10/2008	13,7	34,7	2,03	2,2	0,6	3,15	NA	1,38	0,14	4	0,56	2,55

2008, Radiale de Boulogne , Station 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH	O2
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	mg/l
22/01/2008	8,34	34,7	4,60	10,4	1,2	1,00	0,54	1,04	0,50	30,44	0,72	11,92	7,92
14/02/2008	7,50	34,2	5,10	12,6	1,6	3,05	1,19	1,80	0,60	30,65	1	10,65	NA
18/03/2008	8,50	33,6	2,39	5,1	1	3,12	1,22	1,82	0,20	9,84	0,68	0,65	NA
10/04/2008	8,60	33,2	4,97	9,6	1,2	6,37	1,39	2,18	0,25	28,51	1,17	3,99	11,15
22/04/2008	9,70	32,8	3,36	9,2	2	23,02	6,47	0,40	0,21	5,79	0,74	<0,1	11,75
05/05/2008	11,50	33,3	3,16	17,2	3,6	25,84	7,02	<0,15	0,19	5,64	0,61	<0,1	10,91
02/06/2008	14,90	33,6	2,50	2,7	1,6	14,57	6,18	0,38	0,22	0,17	1,69	1,47	6,87
17/06/2008	16,10	33,8	1,93	3	0,9	10,30	2,35	0,50	<0,05	<0,15	0,72	<0,1	10,1
21/07/2008	17,90	34,4	4,13	1,9	1,4	6,95	2,23	1,84	0,17	0,5	0,11	1,16	8,07
29/08/2008	18,00	34,2	3,20	3,4	0,7	6,32	1,88	1,74	0,19	2,97	0,1	4	6,26
17/09/2008	17,10	33,8	3,86	7,5	1,9	3,96	2,23	1,77	0,22	5	0,1	4,32	10,28
28/10/2008	13,70	33,4	4,04	4,9	0,9	2,75	NA	3,71	0,25	9,33	0,62	5,41	8,82
19/11/2008	11,80	34,1	2,22	3,1	0,9	2,71	NA	1,62	0,31	8,65	0,93	5,72	8,77
08/12/2008	8,9	34,4	2,19	2,6	0,8	4,32	NA	1,58	0,38	11,67	0,9	7,05	9,38

2008, Radiale de Boulogne , Station 2

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
22/01/2008	8,39	34,9	2,69	5	0,8	0,84	0,40	0,89	0,49	22,60	1,22	9,57
14/02/2008	7,80	35	0,75	1,1	0,7	3,42	0,70	0,47	0,45	27,07	0,75	8,99
18/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10/04/2008	8,60	34,2	2,47	6,1	1,7	12,3	2,83	1,93	0,10	7,51	0,98	<0,1
22/04/2008	9,60	33,6	1,30	5	1,2	12,47	3,59	0,39	0,14	2,40	0,90	<0,1
05/05/2008	11,20	33,9	1,59	4,2	1,8	13,71	2,87	0,36	0,18	3,89	0,70	<0,1
02/06/2008	14,50	33,9	1,70	2,4	0,8	6,98	1,40	0,28	0,17	0,73	1,24	1,12
17/06/2008	15,70	33,9	1,20	2,2	1	6,11	1,05	<0,15	<0,05	<0,15	0,90	<0,1
21/07/2008	17,30	34,9	2,15	2,9	0,8	3,06	0,66	0,86	0,11	0,19	0,28	0,96
29/08/2008	17,70	34,7	1,90	2,3	1,6	7,17	1,40	1,13	0,12	1,55	0,08	3,64
17/09/2008	17,10	34,2	2,97	6,1	1,8	2,47	1,78	0,94	0,16	4,06	0,11	4,75
28/10/2008	14,10	34	3,48	5,1	0,8	2,68	NA	2,12	0,14	6,18	0,69	3,79
19/11/2008	12,20	34,4	2,03	2,4	0,8	2,28	NA	0,93	0,46	7,06	1,03	5,6
08/12/2008	9,3	34,7	1,3	1,5	0,5	3,05	NA	1,09	0,52	10,13	0,88	6,65

2008, Radiale de Boulogne , Station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
22/01/2008	9,31	35,9	0,89	0,7	0,7	0,54	0,10	0,13	0,38	14,55	0,40	5,40
14/02/2008	8,00	34	0,93	1,3	0,8	1,54	0,19	<0,15	0,43	16,33	0,94	5,27
18/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10/04/2008	8,70	34,5	1,77	3,2	1,5	9,97	2,40	1,18	0,08	2,79	1,01	<0,1
22/04/2008	9,60	34,1	0,88	2	0,9	5,32	4,22	0,43	0,11	1,40	0,94	<0,1
05/05/2008	10,70	34,4	0,79	1,3	0,7	7,53	1,31	<0,15	0,11	1,37	0,79	<0,1
02/06/2008	13,80	34,3	0,80	0,9	0,3	1,63	0,98	<0,15	0,23	<0,15	2,13	2,01
17/06/2008	16,30	33,8	0,84	0,9	0,9	3,54	0,43	0,31	<0,05	<0,15	0,99	<0,1
21/07/2008	16,90	35,1	1,02	1	0,7	1,19	0,30	0,65	<0,05	0,18	<0,05	0,9
29/08/2008	17,40	35,1	1,30	2	1,3	4,99	1,59	1,20	0,05	0,38	<0,05	3,46
17/09/2008	17,00	34,5	1,88	2,5	1,7	1,61	0,53	1,29	0,14	3,72	0,25	5,02
28/10/2008	14,40	33,7	1,97	2,7	0,8	2,12	NA	1,64	0,06	4,03	0,24	2,31
19/11/2008	12,50	34,6	1,61	1,6	0,7	1,76	NA	0,74	0,62	6,25	1	5,88
08/12/2008	10,2	35,2	0,834	0,9	0,6	1,44	NA	1,14	1,02	7,62	0,83	6,54

2008, Radiale de la Baie de Somme, Station BIF

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/01/2008	8	31,1	29,1	35,8	1,8	2,58	2,72	4,24	0,6	53,81	1,25	25,05
08/02/2008	8,1	32,1	7,36	13,8	1,1	1,44	1,55	0,73	0,63	45,39	0,83	19,73
19/03/2008	8,1	32,1	40,9	77,4	4,4	7,98	4,3	2,46	0,32	37,21	1,39	10,69
27/03/2008	7,9	31,3	49,2	74	6	26,92	7,74	1,18	0,39	44,7	1,99	10,9
23/04/2008	10,9	30	12,9	32,2	6,2	43,3	28,2	0,35	0,45	23,33	0,37	2,51
07/05/2008	13,6	31,9	18,5	48,8	6,6	66,15	18,55	0,39	0,32	10,2	0,14	<0,1
22/05/2008	14,4	32,4	5,62	10,6	3,4	30,47	6,18	<0,15	0,32	1,82	1,94	0,39
04/06/2008	15,8	31,7	12,5	12,3	2,9	32,02	9,36	<0,15	0,64	1,33	3,99	3,49
18/06/2008	17,7	31,4	12,5	24,1	3,9	36,79	14,29	0,8	0,31	2,77	0,21	<0,1
23/07/2008	18,8	33,1	11,2	19,2	2,5	19,72	4,12	0,75	0,16	2,75	0,05	6,04
22/08/2008	18,3	32,6	34,6	34	3,2	13,63	5,8	4,71	0,58	13,82	0,19	12,3
15/09/2008	17	32,2	8,73	18	2	9,62	2,84	2,98	0,62	17,61	0,12	9,78
28/10/2008	12,6	31,7	25,8	27,3	2,3	7,16	NA	4,07	0,47	24,99	0,78	14,09
13/11/2008	11,7	33,1	22,6	24,3	1,5	4,99	NA	2,53	0,33	23,52	0,85	16,49
17/12/2008	6,7	33,5	15,1	22,4	1,6	3,05	NA	2,52	0,31	27,45	0,65	12,56

2008, Radiale de la Baie de Somme, Station MIMER

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/01/2008	8	31,9	35,3	52,5	4,2	1,83	2,07	3,45	0,59	49,25	1,23	22,31
08/02/2008	8,4	32,5	12	23,7	2,3	1,21	1,51	0,85	0,63	45,51	1,02	19,69
19/03/2008	8,3	32,1	80,7	150,4	8,4	6,65	7,78	3,03	0,34	37,21	1,27	11,26
27/03/2008	7,5	31,4	61,8	93,6	6,4	22,27	8,21	0,96	0,41	41,88	2,36	9,38
23/04/2008	10,7	31,2	8,73	22,8	6,4	76,62	19,71	<0,15	0,38	16,53	0,25	<0,1
07/05/2008	13,8	32,1	13	32,6	4,4	56,84	16,22	0,47	0,82	3,16	4,73	2,65
22/05/2008	14,6	32,2	9,4	18	4,8	45,12	13,22	<0,15	0,36	1,18	1,46	<0,1
04/06/2008	16	32	7,6	11,6	2,7	22,88	7,52	1,12	0,66	1,06	3,72	3,19
18/06/2008	17,5	32	7,88	11,1	1,6	7,19	6,57	3,11	0,34	1,41	1,08	0,89
23/07/2008	18,9	32,9	20,7	30,1	2,7	12,78	5,17	1,74	0,32	4,8	0,13	7,89
22/08/2008	18,5	32,6	46,6	46,2	3,6	8,48	6,53	6,52	0,58	13,72	0,49	12,95
15/09/2008	17,2	32,2	9,34	17,2	1,8	7,74	2,15	2,2	0,54	16,58	0,13	9,04
28/10/2008	12,9	32,3	42,2	45	3,2	9,16	NA	4,1	0,45	21,68	0,69	12,78
13/11/2008	11,5	32,8	32,8	40,4	2,6	5,72	NA	2,59	0,35	20,7	0,83	14,38
17/12/2008	6,8	33,1	24,1	34,8	2,2	3,88	NA	2,25	0,36	29,74	0,68	13,71

2008, Radiale de la Baie de Somme, Station ATSO

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH	O ₂
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
28/01/2008	8,3	32,5	6,93	8,9	1,2	1,08	0,78	2,45	0,55	46,13	0,96	19,98	11,3
08/02/2008	8,4	33,2	4	7	1	2,1	1,38	0,27	0,62	25,28	0,87	16,9	NA
19/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/03/2008	7,5	32	10,2	17,3	1,6	5,48	1,42	0,74	0,32	37,73	1,28	8,03	8,13
23/04/2008	10,2	31,8	1,95	3	2,6	19,61	2,26	0,55	0,33	16,3	0,36	<0,1	12,08
07/05/2008	13	32,6	4,5	13	2,8	33,52	8,13	0,33	0,28	9,49	0,27	<0,1	10,96
22/05/2008	14,2	32,8	2,06	4	2,9	21,94	3,46	<0,15	0,22	2,23	0,35	<0,1	4,06
04/06/2008	15,7	33,1	2,8	5,6	2,2	22,55	3,47	0,6	0,09	<0,15	0,53	0,14	8,26
18/06/2008	17	32,8	3,89	7,6	1,6	10,98	3,66	0,56	0,1	<0,15	0,26	<0,1	9,31
23/07/2008	18,5	33,5	7,65	8,5	3,1	22,25	3,53	0,23	0,38	6,82	0,22	9,17	9,98
22/08/2008	18,4	33,5	8,9	9,4	1,6	5,49	2,25	2,45	0,37	10,26	0,05	9,22	6,35
15/09/2008	17,4	32,8	3,76	4,1	1,2	3,81	0,79	2,9	0,54	18,34	0,23	9,96	11,24
28/10/2008	13,3	33,2	9,35	10,2	1,3	5,73	NA	1,56	0,33	12,03	0,48	6,96	8,59
13/11/2008	11,9	33,3	8,94	11,7	1,2	2,43	NA	1,25	0,27	17,98	0,97	12,04	8,85
17/12/2008	7,1	33,7	10,9	12,1	1	2,25	NA	1,46	0,28	25,8	0,61	10,92	9,72


2008, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/01/2008	8,2	32,2	5,02	8	0,5	1,16	0,06	2,95	0,58	48,56	0,97	22,94
08/02/2008	8,4	33,5	0,614	4,4	0,7	2,29	0,59	2,23	0,6	38,14	0,88	15,6
19/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23/04/2008	10,1	32,2	0,617	2	1,7	10,25	2,55	0,32	0,28	13,63	0,31	<0,1
07/05/2008	12,7	32,8	1,54	4	2	29,92	5,65	0,28	0,27	9,76	0,31	<0,1
22/05/2008	14,2	33,2	0,872	0,8	0,8	14,74	1,71	<0,15	0,28	1,22	1,14	<0,1
04/06/2008	15,4	33,4	1,7	3,4	1,2	22,03	3,87	0,51	<0,05	<0,15	0,54	<0,1
18/06/2008	16,8	33,2	1,73	2,4	1	7,87	1,56	0,53	0,16	<0,15	0,99	<0,1
23/07/2008	18,6	33,8	1,77	1,8	1,2	6,86	1,16	0,61	0,11	1,77	0,13	5,98
22/08/2008	18,4	33,9	4,4	4,2	1,3	5	2	1,46	0,25	7,91	0,08	6,93
15/09/2008	17,5	33,1	1,85	2,4	0,6	4,13	1,15	2,65	0,38	12,88	0,15	7,35
28/10/2008	13,5	33,6	4,63	3,1	1,1	5,67	NA	1,24	0,23	10,87	0,61	6,01
13/11/2008	12	33,9	3,97	5,2	1,2	2,67	NA	0,37	0,19	13,66	0,97	9,12
17/12/2008	7,3	33,9	4,65	4,3	0,6	1,58	NA	1,21	0,3	24,58	0,61	10,14

2008, Radiale de la Baie de Somme, Station MER 2												
	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S Org	Chloro a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/01/2008	8,3	33,4	1,13	2,4	0,2	1,16	0,04	1,14	0,56	38,24	0,89	16,56
08/02/2008	8,6	33,9	0,63	3,9	1,1	1,66	1,83	0,28	0,64	35,21	0,78	14,30
19/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
27/03/2008	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23/04/2008	10	32,6	0,65	1,5	1,5	8,42	0,50	0,32	0,26	12,10	0,52	<0,1
07/05/2008	12,3	33	1,52	4	2,1	19,61	4,51	0,25	0,26	9,85	0,34	<0,1
22/05/2008	14,2	32,9	0,84	0,7	0,7	14,57	2,11	<0,15	0,19	1,78	0,30	<0,1
04/06/2008	15	33,7	2,00	3,5	1,2	12,92	1,88	0,26	<0,05	<0,15	0,72	<0,1
18/06/2008	16,6	33,4	1,44	2,5	1,2	5,53	1,69	0,71	<0,05	<0,15	0,42	<0,1
23/07/2008	18,2	34,2	1,49	1,6	1,1	3,60	0,65	<0,15	0,1	1,9	0,22	5,18
22/08/2008	18,4	34,2	4,30	4	0,6	5,25	0,70	1,92	0,27	7,97	0,28	7,63
15/09/2008	17,5	33,3	1,37	2,7	1	5,16	0,90	1,26	0,27	11,14	0,1	6,18
28/10/2008	13,8	34,1	1,08	1,6	1,1	4,75	NA	0,55	0,19	6,2	0,23	3,86
13/11/2008	12,2	34,1	1,73	2,3	0,7	2,43	NA	<0,15	0,17	12,82	1	7,92
17/12/2008	7,7	34,5	2,86	2,9	0,8	1,42	NA	0,48	0,22	21,06	0,57	7,86

Annexe 3

Concentrations en oxygène dissous

 Valeurs retenues pour la concentration en oxygène dissous selon les préconisations de la Directive Cadre sur l'Eau (D.C.E.) (2000/60/CE) (résultats de Juin à Septembre).

Equation de saturation en oxygène exprimée en « micromole par litre ».

- t = température Celsius (°C) ;
- T = température thermodynamique (K), $T(K) = t (°C) + 273,15$;
- S = Salinité

L'équation est schématisée comme suit :

$$\text{Ln } C_s (\mu\text{mol/L}) = I + J/T + K/T^2 + L/T^3 + M/T^4 - S * (N + P/T + H/T^2) , \text{ avec :}$$

I	-135,90205
J	1,575701E+05
K	-6,642308E+07
L	1,243800E+10
M	-8,621949E+11
N	0,017674
P	-10,754
Q	2140,7

Domaine d'application : t = 0-40°C ; S = 0-40.

On obtient Cs selon : $C_s = \exp (\text{Ln } C_s)$.

Equation de saturation en oxygène exprimée en « minigramme par litre ».

La solubilité en milligramme par litre est obtenue en multipliant les valeurs en micromole par litre par la masse molaire du dioxygène (31,9988 g/mol) et par 10^{-3} pour la cohérence des unités, soit :

$$C_{s(\text{mg/l})} = C_{s(\mu\text{mol/l})} * 0,0319988$$

Pourcentage de saturation.

Le pourcentage de saturation (O₂ %) s'obtient, connaissant la concentration mesurée (C_m) et la saturation (C_s) exprimées dans la même unité, selon :

$$\text{O}_2 \% = 100 * C_m / C_s$$

Boulogne-sur-mer, Point 1, 2008

	Saturation en O ₂ (μmol/L)	Saturation en O ₂ (mg/L)	Saturation en O ₂ (%)	Concentration mesuré (Cm)	Température T (K)	Température t (°C)	Salinité
22/01/2008	293,08	9,38	84,45	7,92	281,49	8,34	34,7
14/02/2008	299,66	9,59	NA	NA	280,65	7,5	34,2
18/03/2008	294,12	9,41	NA	NA	281,65	8,5	33,6
10/04/2008	294,23	9,41	118,43	11,15	281,75	8,6	33,2
22/04/2008	287,90	9,21	127,55	11,75	282,85	9,7	32,8
05/05/2008	276,06	8,83	123,50	10,91	284,65	11,5	33,3
02/06/2008	256,94	8,22	83,56	6,87	288,05	14,9	33,6
17/06/2008	250,62	8,02	125,94	10,1	289,25	16,1	33,8
21/07/2008	241,21	7,72	104,56	8,07	291,05	17,9	34,4
29/08/2008	241,04	7,71	81,16	6,26	291,15	18	34,2
17/09/2008	245,81	7,87	130,70	10,28	290,25	17,1	33,8
28/10/2008	263,56	8,43	104,58	8,82	286,85	13,7	33,4
19/11/2008	272,94	8,73	100,42	8,77	284,95	11,8	34,1
08/12/2008	290,01	9,28	101,08	9,38	282,05	8,9	34,4

Dunkerque, Point 1, 2008

	Saturation en O ₂ (μmol/L)	Saturation en O ₂ (mg/L)	Saturation en O ₂ (%)	Concentration mesuré (Cm)	Température T (K)	Température t (°C)	Salinité
07/02/2008	291,39	9,32	NA	NA	281,75	8,6	34,7
18/03/2008	295,84	9,47	NA	NA	281,65	8,5	32,7
11/04/2008	293,57	9,39	138,71	13,03	281,85	8,7	33,2
21/04/2008	288,24	9,22	129,35	11,93	282,65	9,5	33,3
28/04/2008	276,46	8,85	83,65	7,40	284,85	11,7	32,4
06/05/2008	272,14	8,71	99,91	8,70	285,15	12	33,9
17/06/2008	248,64	7,96	102,56	8,16	289,75	16,6	33,5
30/06/2008	243,37	7,79	114,29	8,9	290,55	17,4	34,5
22/07/2008	240,49	7,70	116,43	8,96	291,05	17,9	34,9
28/08/2008	240,18	7,69	96,42	7,41	291,15	18	34,8
16/09/2008	246,60	7,89	92,13	7,27	290,05	16,9	33,9
30/10/2008	266,97	8,54	101,61	8,68	285,95	12,8	34,3

Baie de Somme, Point ATSO, 2008

	Saturation en O ₂ (μmol/L)	Saturation en O ₂ (mg/L)	Saturation en O ₂ (%)	Concentration mesuré (Cm)	Température T (K)	Température t (°C)	Salinité
28/01/2008	297,56	9,52	118,68	11,3	281,45	8,3	32,5
08/02/2008	295,55	9,46	NA	NA	281,55	8,4	33,2
27/03/2008	303,99	9,73	83,58	8,13	280,65	7,5	32
23/04/2008	286,60	9,17	131,72	12,08	283,35	10,2	31,8
07/05/2008	268,71	8,60	127,47	10,96	286,15	13	32,6
22/05/2008	261,87	8,38	48,45	4,06	287,35	14,2	32,8
04/06/2008	253,67	8,12	101,76	8,26	288,85	15,7	33,1
18/06/2008	247,77	7,93	117,43	9,31	290,15	17	32,8
23/07/2008	239,78	7,67	130,07	9,98	291,65	18,5	33,5
22/08/2008	240,23	7,69	82,61	6,35	291,55	18,4	33,5
15/09/2008	245,87	7,87	142,86	11,24	290,55	17,4	32,8
28/10/2008	266,06	8,51	100,90	8,59	286,45	13,3	33,2
13/11/2008	273,74	8,76	101,03	8,85	285,05	11,9	33,3
17/12/2008	303,39	9,71	100,12	9,72	280,25	7,1	33,7