

**Laboratoire Environnement Côtier & Ressources Aquacoles
de Boulogne Sur Mer**

Ifremer

Alain Lefebvre

Yoann Bonte (stagiaire IUT)

Juin 2006

Ifremer/RST.LER.BL/06.03

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

Bilan de l'année 2005



Vue sur la rade de Boulogne-sur-Mer

FICHE DOCUMENTAIRE

Numéro d'identification du rapport : RST.LER.BL/06.03 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 Juin 2006 nombre de pages 149 bibliographie (Oui / Non) illustration(s) (Oui / Non) langue du rapport Français
Titre et sous-titre du rapport : Le suivi régional des nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais Picardie. Bilan de l'année 2005. Titre traduit : The regional nutrients monitoring network of the coastal zone of the Nord Pas-de-Calais Picardie. Annual report for 2005.		
Auteur(s) principal(aux) : Lefebvre Alain Bonte Yoann		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/LER/Boulogne sur Mer Stagiaire IUT Génie Biologique – Université du Littoral Côte d'Opale.
Collaborateur(s) : Blondel C. Vilbas J.V. 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 :		n° de contrat IFREMER 06/1215941/MFY
Organisme commanditaire : MEDD Organisme(s) réalisateur(s) : Institut Français de Recherche pour l'exploitation durable 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 Programme : B031101 Convention : 55024.00 Suivi Régional des Nutriments Projet : _____ Autres (préciser) : _____ Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)		

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 Prymnesiphycée *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 2005, 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. This 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 2005 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 :

apports continentaux - eutrophisation - qualité des eaux littorales - surveillance

Keywords :

continental inputs - eutrophication - quality of coastal waters - Monitoring

Commentaire :

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
1. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS.....	4
1.1. LES RADIALES.....	4
1.2. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS.....	4
1.3. PRELEVEMENTS EN MER.....	4
1.4. PARAMETRES ETUDIES 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. Interprétation des figures.....	12
2. COMPARAISON INTRA-RADIALE.....	13
2.1. DUNKERQUE.....	13
2.1.1. Température.....	13
2.1.2. Salinité.....	16
2.1.3. Turbidité et matières en suspension.....	17
2.1.4. Matière organique.....	21
2.1.5. Chlorophylle a et sels nutritifs.....	23
2.1.6. Phéopigments.....	37
2.1. BOULOGNE-SUR-MER.....	38
2.2.1. Température.....	38
2.2.2. Salinité.....	41
2.2.3. Turbidité et matières en suspension.....	42
2.2.4. Matière organique.....	46
2.2.5. Chlorophylle a et sels nutritifs.....	48
2.2.6. Phéopigments.....	62
2.3. LA BAIE DE SOMME.....	63
2.3.1. Température.....	63
2.3.2. Salinité.....	68
2.3.3. Turbidité et matières en suspension.....	69
2.3.4. Matière organique.....	75
2.3.5. Chlorophylle a et sels nutritifs.....	78
2.3.6. Phéopigments.....	105
3. PHYTOPLANCTON.....	106
3.1. INTRODUCTION.....	106
3.2. INDICES ECOLOGIQUES.....	106
3.2.1. Indice de SANDERS.....	106
3.2.2. Indice de SHANNON.....	107
3.2.3. Résultats.....	108

SOMMAIRE

4.	DISCUSSION.....	118
4.1.	<i>Température et salinité</i>	<i>118</i>
4.2.	<i>Turbidité, matières en suspension et matière organique.....</i>	<i>118</i>
4.3.	<i>Nutriments.....</i>	<i>119</i>
4.4.	<i>Chlorophylle a, phéopigments et phytoplancton.....</i>	<i>120</i>
	CONCLUSIONS & PERSPECTIVES	123
	BIBLIOGRAPHIE.....	125
	ANNEXES	129
	ANNEXE 1.....	131
	ANNEXE 2.....	137
	ANNEXE 3.....	145

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 été 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 stoechiométrique 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 de 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

Chaque station est échantillonnée mensuellement. La fréquence de l'échantillonnage devient bimensuelle entre les mois de mars et de juin, période de prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot *et al.*, 1998).

En 2004, 16 prélèvements étaient prévus, tous ont pu être réalisés à Boulogne-sur-Mer. En raison de conditions météorologiques défavorables et de problèmes techniques relatifs aux moyens nautiques, seules 9 sorties ont été réalisées à Dunkerque et 12 en Baie de Somme (Annexe 1).

1.3. Prélèvements en mer

Les prélèvements sont effectués en sub-surface (-0,5 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	<u>RNO 1</u> 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		<u>OPHELIE OU APPROCHE</u> 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	<u>RNO 3</u> Latitude : 51°06'70 N Longitude : 2°17'20 E	<u>ZC1</u> Latitude : 50°45'02 N Longitude : 1°27'15 E	<u>MER 1</u> Latitude : 50°13'60 N Longitude : 1°27'20 E
Station 4	<u>RNO 4</u> Latitude : 51°09'20 N Longitude : 2°15'10 E		<u>MER 2</u> Latitude : 50°13'15 N Longitude : 1°26'75 E

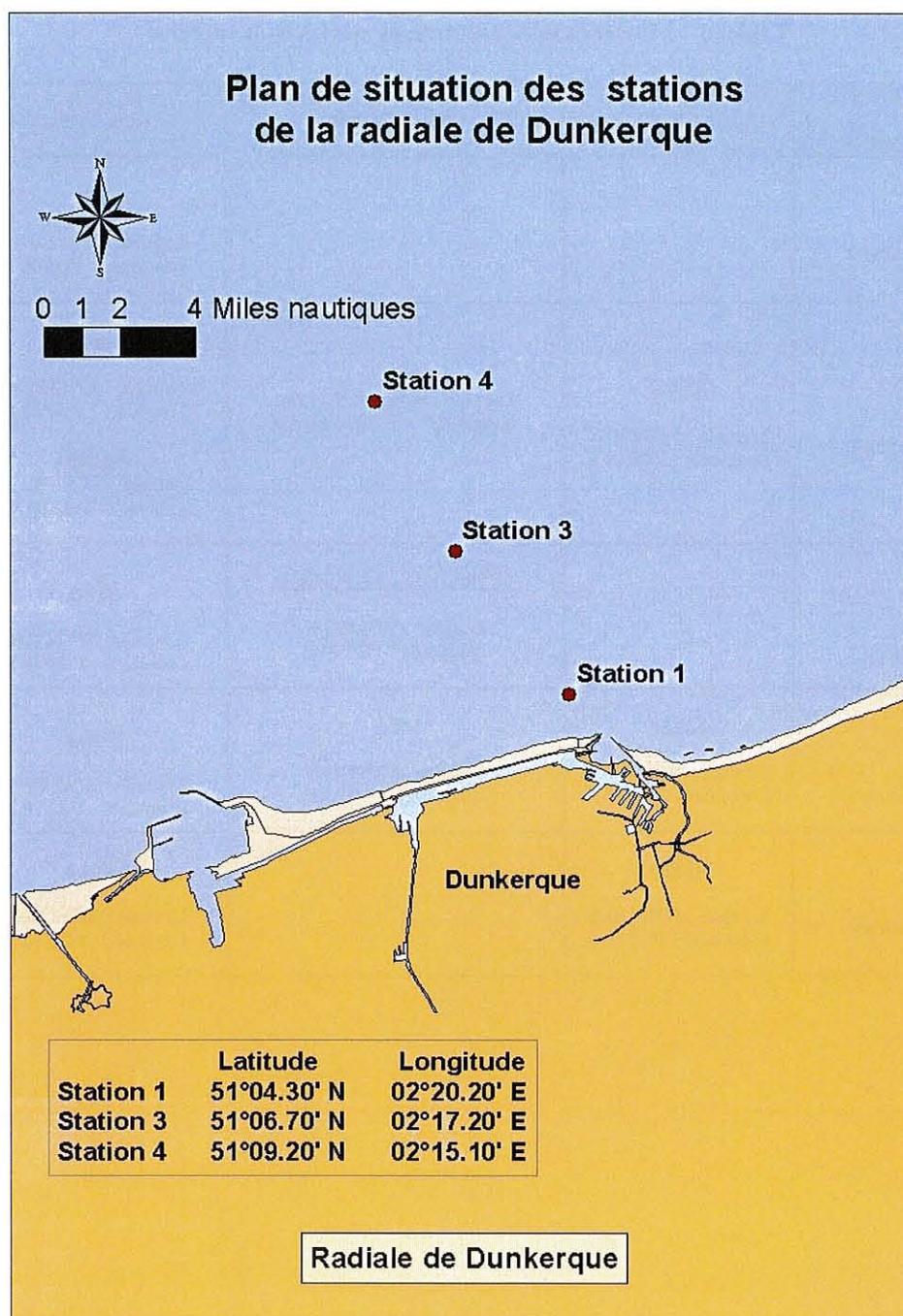


Figure 1. Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

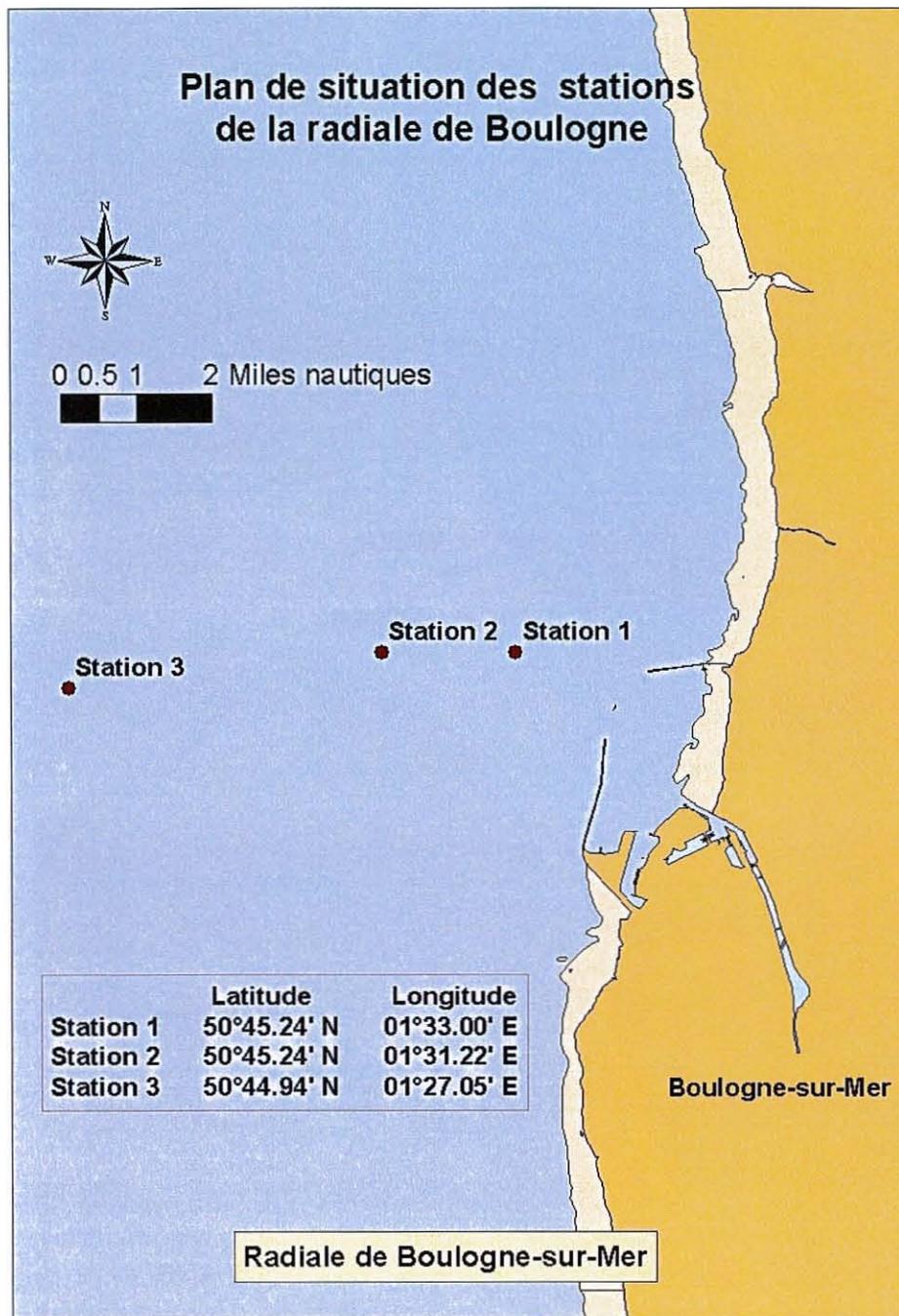


Figure 2. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Boulogne-sur-Mer

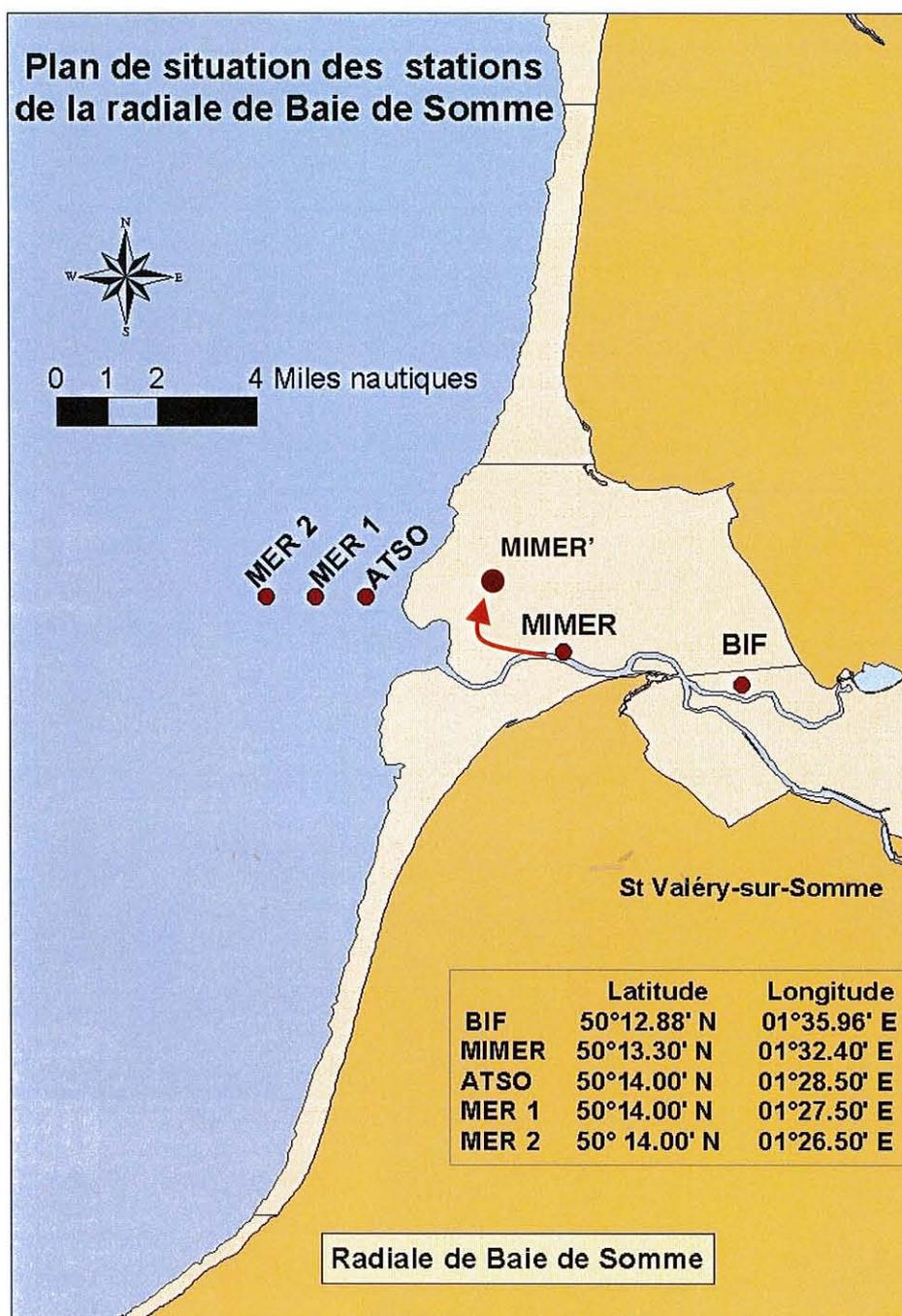


Figure 3. Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

1.4. Paramètres étudiés et analyses

Les méthodes d'analyses suivent les procédures décrites dans le manuel des analyses chimiques en milieu marin d'Aminot & Chaussepied (1983) 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 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection de l'appareil est de 0,15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de 0,15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

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} .

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} .

1.4.10. Chlorophylle *a* et phéopigments

La méthode de Lorenzen (1967) est appliquée pour définir les concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments qui sont respectivement des indicateurs de la biomasse et de la quantité phytoplanctonique. Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C de 47 mm), le matériel particulaire est concentré. Les pigments sont ensuite extraits dans un solvant (acétone à 90%). Après centrifugation de 20 minutes à 6000tr.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 $\mu\text{g.l}^{-1}$ ou mg.m^{-3} (précision $\pm 0,01$). Les seuils de détection sont respectivement de $0,04 \mu\text{g.l}^{-1}$ et de $0,02 \mu\text{g.l}^{-1}$ 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).

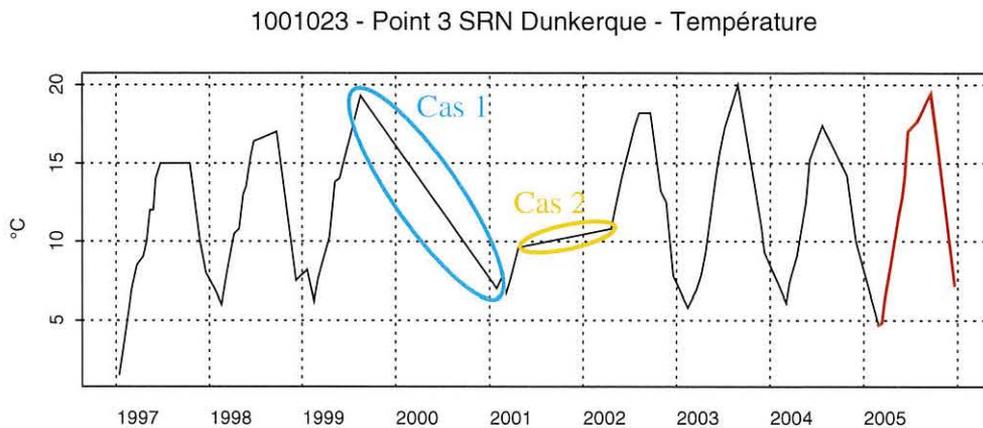
Pour la lecture, lorsque aucune espèce n'est a priori véritablement dominante, la cuve est parcourue entièrement. Dans le cas où une ou plusieurs espèces apparaîtraient très dominantes, un sous-échantillonnage est réalisé. Il consiste en une numération sur les diamètres de la cuve ou des champs choisis 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

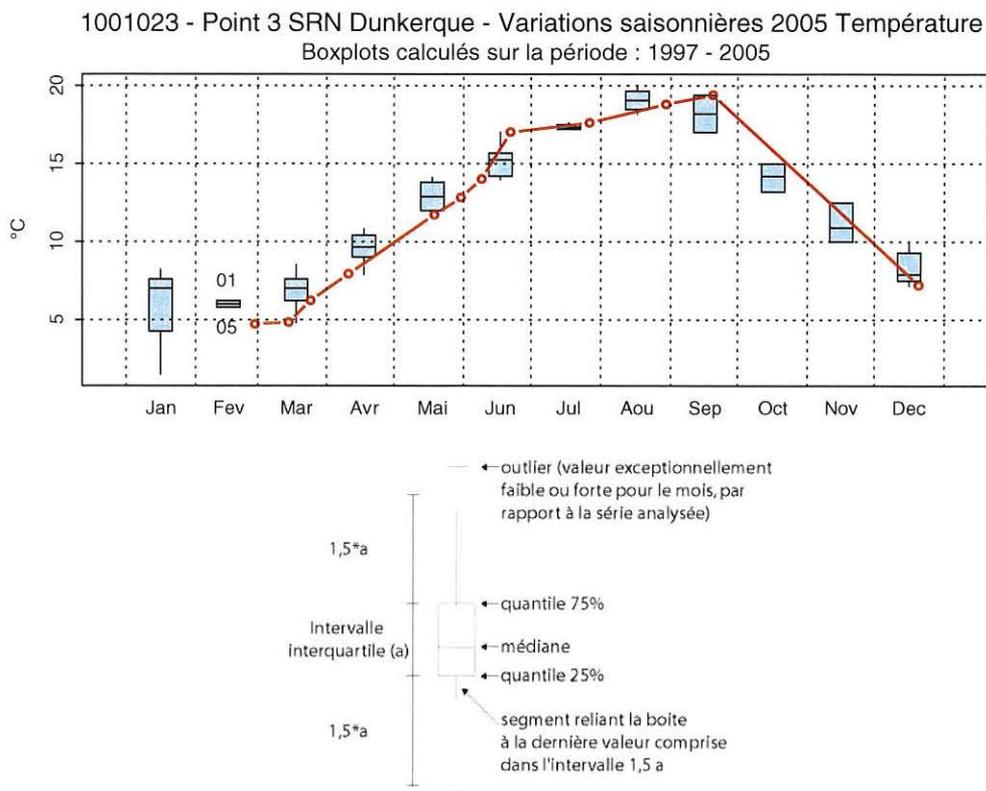
L'ensemble des analyses réalisées au laboratoire LER du centre Ifremer Manche - mer du Nord de Boulogne-sur-Mer se fait sous Assurance Qualité (Plan qualité physicochimie du 01/07/2000 et plan qualité métrologie du 23/07/2002). De plus, le laboratoire est impliqué dans le Programme d'Inter Comparaison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

1.4.13. Interprétation des figures

Les paramètres hydrologiques mesurés sur la période 1997 – 2005 sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, le premier illustre l'évolution du paramètre considérée à long terme, de 1997 à 2005. Les valeurs de l'année étudiée sont figurées en rouge, mais 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).



Enfin, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières. Elles représentent la distribution des valeurs dans 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 2001, la valeur de la température fut exceptionnelle à Dunkerque).



2. Comparaison intra-radiale

2.1. Dunkerque

Pour des raisons météorologiques et techniques, les prélèvements du mois de janvier, février, octobre, novembre et décembre (pour le point 4) n'ont pu être effectués. Au total, 12 prélèvements ont été réalisés pour les autres points.

2.1.1. Température

Bilan 2005

La courbe de température est classique (Figure 1.1.). Les valeurs relevées en début de saison varient entre 3,9 °C et 4,7 °C de la côte vers le large. Dès le mois de mars la température augmente et atteint son maximum en septembre. A partir d'octobre, la température devrait diminuer (données non disponibles) jusqu'à atteindre les minima hivernaux en décembre (7,2 °C aux points côtier et intermédiaire) (Figure 1.1. - Annexe 2).

Il existe globalement un faible gradient de température entre la côte et le large, sauf en été où il varie de + 0,5 °C à + 3,8 °C. Il est particulièrement important à la fin du mois de juin (voir également partie 2.1.2.). En hiver, le gradient s'inverse (inertie des masses d'eau) (Figure 1.1. - Annexe 2).

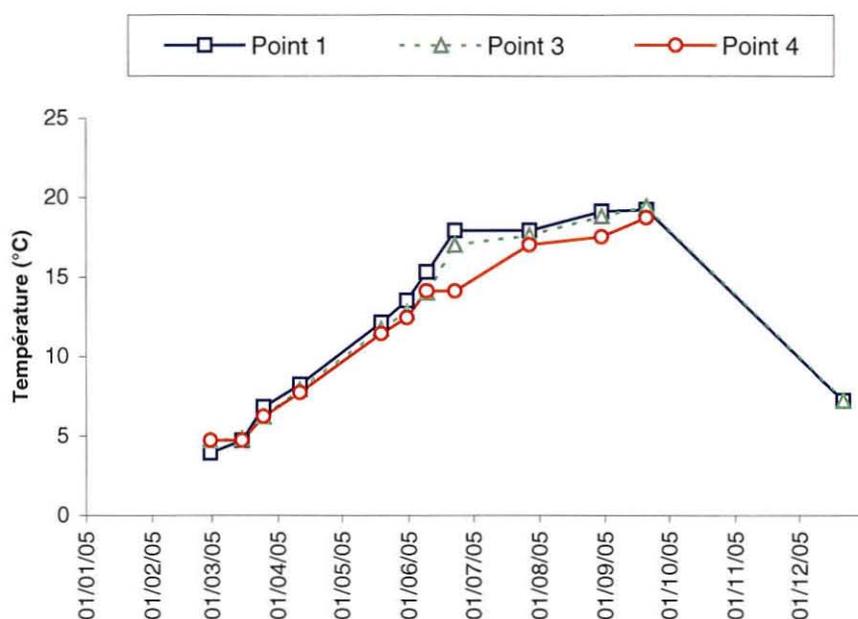


Figure 1.1. Évolution temporelle de la température sur la radiale de Dunkerque

Évolution à long terme

Les cycles saisonniers sont nettement marqués pour l'ensemble de la période considérée (valeurs manquantes en 2000 pour les points 3 et 4, et en 2001 pour les 3 points). La médiane des températures de 2005 (12,80 °C pour le point côtier) est supérieure à celle mesurée sur la période 1997-2005 (10,80 °C pour le point côtier). L'évolution temporelle des températures en 2005 est cohérente avec le schéma établi sur la période 1997 – 2005 (Figure 1.2.a.).

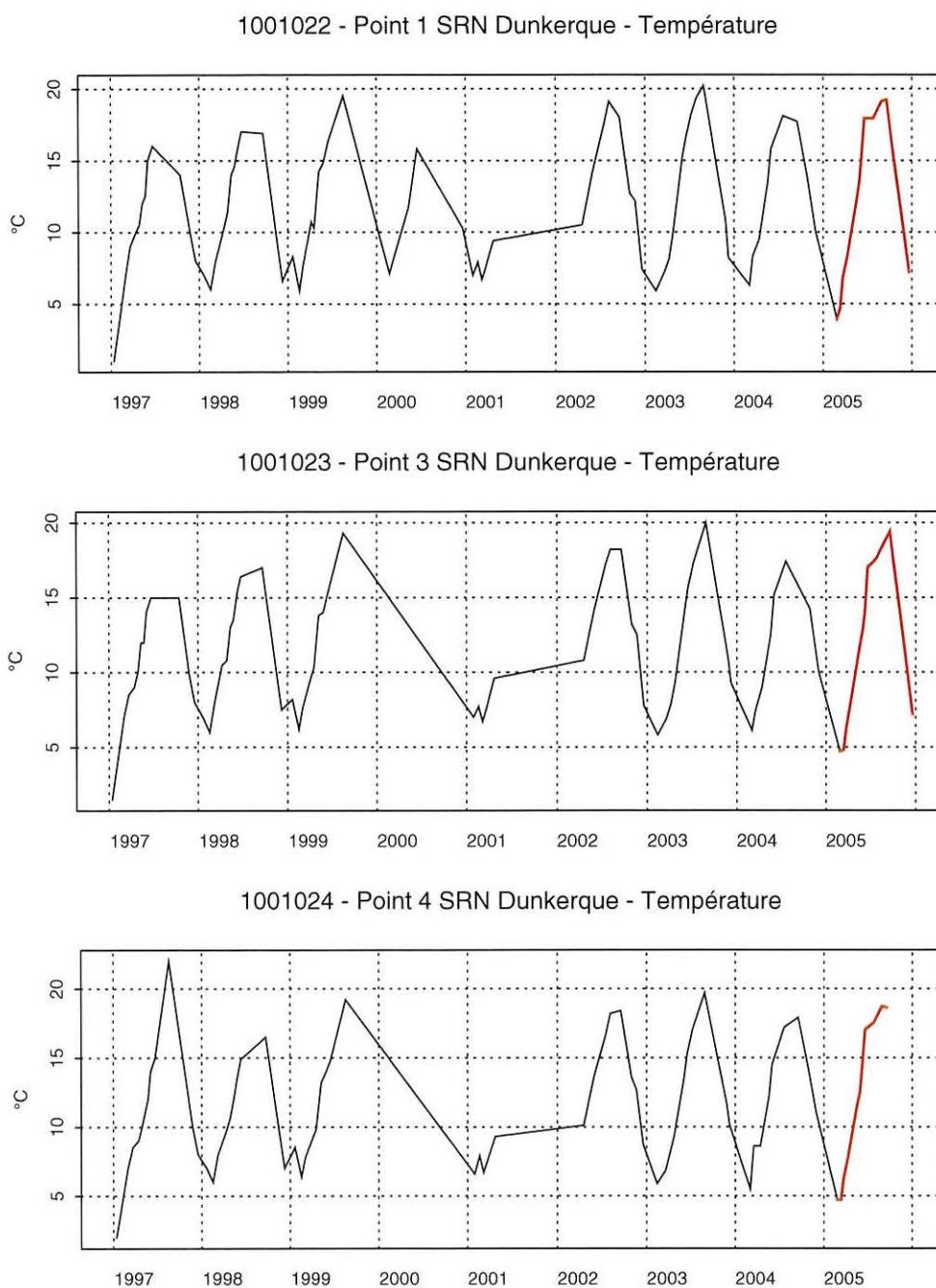


Figure 1.2.a. Évolution de la température sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

La période 1997-2005 présente une médiane de 10,80 °C au point côtier. La température maximale est observée en 2003 (20,2 °C au point côtier) alors que l'hiver 1997 présente la température minimale (1,0 °C au point côtier). L'hiver et le printemps 2005 sont apparus comme relativement froid, mais les températures estivales apparaissent parfois supérieures à la « normale » saisonnière (Figure 1.2.b.).

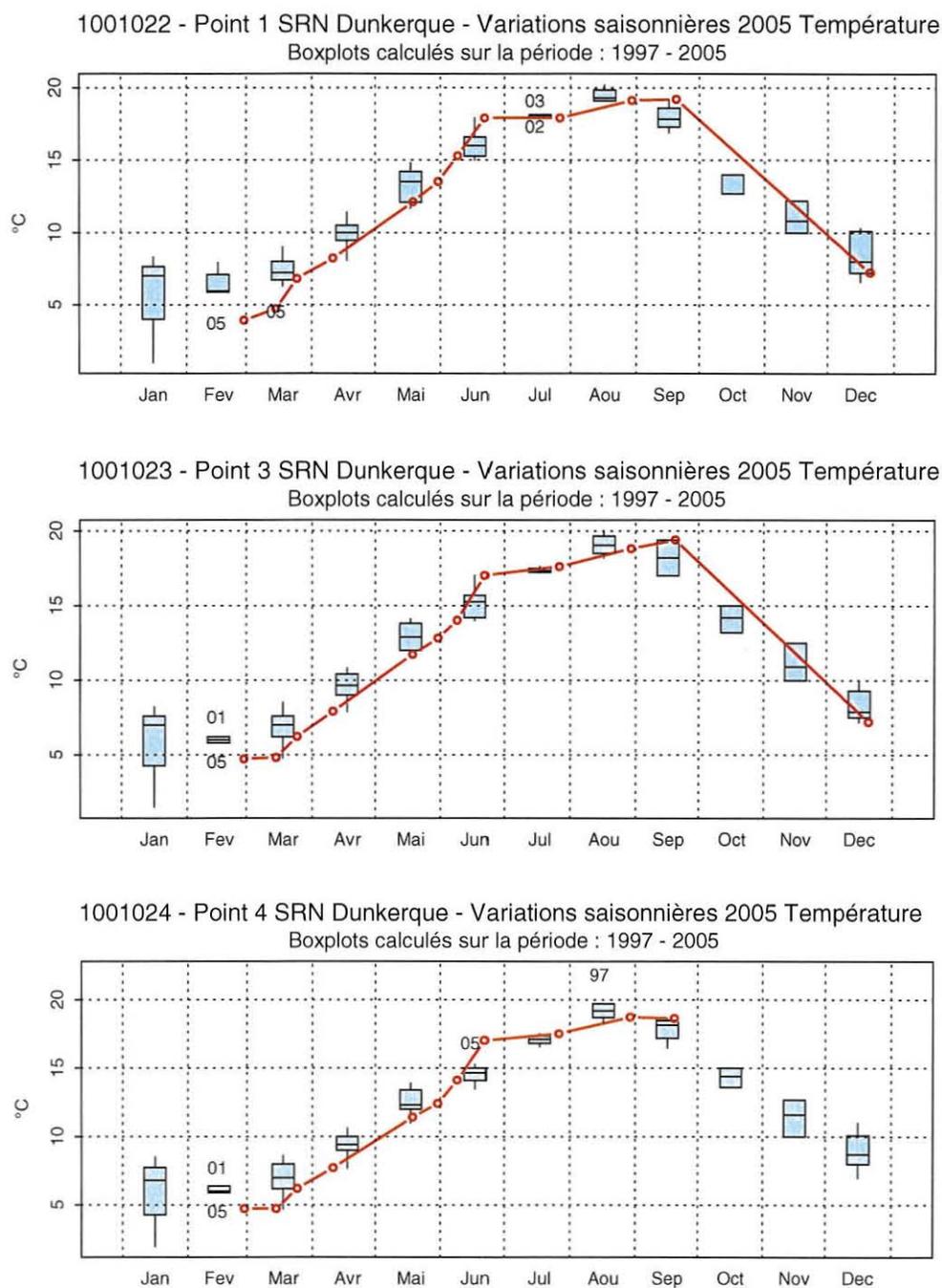


Figure 1.2.b. Évolution des variations saisonnières de température sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

2.1.2. Salinité

Bilan 2005

La salinité est caractéristique d'un système marin côtier (Figure 1.3.). Elle est comprise entre 31,4 et 34,6 au point 1, entre 32,9 et 35,1 au point 3 et entre 32,4 et 34,8 au point 4. On observe 3 dessalures importantes aux mois de février, mai et décembre (pour les points 1 et 3), ainsi qu'une inversion du gradient de salinité en juin (Figure 1.3. – Annexe 2).

Le gradient côte – large de salinité est compris entre 0,0 et 1,4 (Figure 1.3. - Annexe 2).

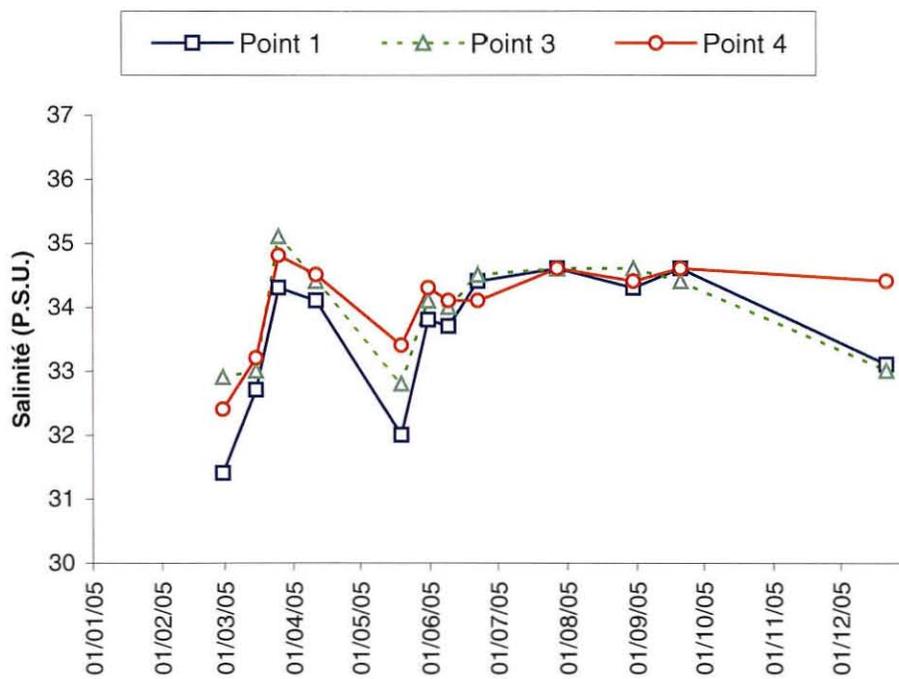


Figure 1.3. Évolution temporelle de la salinité sur la radiale de Dunkerque

2.1.3. Turbidité et matières en suspension

Bilan 2005

L'évolution de la turbidité est comparable à celle des matières en suspension (M.E.S.). Les valeurs sont élevées en hiver et chutent au printemps. L'eau est plus turbide à la côte qu'au large (Figures 1.4. et 1.5.).

Les maximums de turbidité et de M.E.S. sont observés fin février, avec, respectivement, 53,5 N.T.U. et 66,4 mg.l⁻¹ pour le point 1, 13,1 N.T.U. et 16,0 mg.l⁻¹ pour le point 4. Ils sont de 16,1 N.T.U. et 21,6 mg.l⁻¹ en décembre pour le point 3 (Figures 1.4. et 1.5. - Annexe 2).

Les différences de turbidité et de matières en suspension entre la côte et le large sont comprises, respectivement entre 0,4 et 40,4 N.T.U. et entre 0,8 et 50,4 mg.l⁻¹ (Figure 1.4. et 1.5. - Annexe 2).

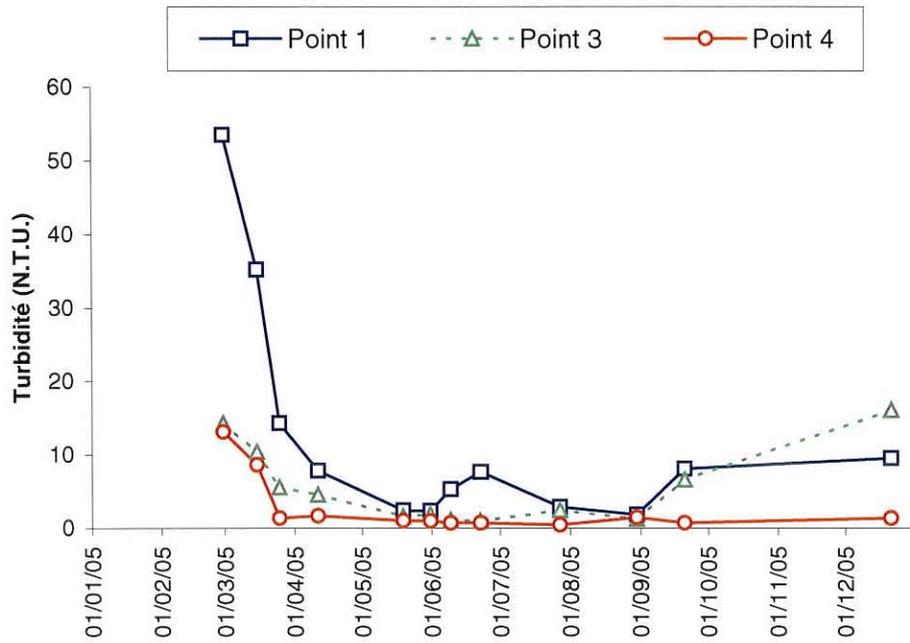


Figure 1.4. Évolution temporelle de la turbidité sur la radiale de Dunkerque

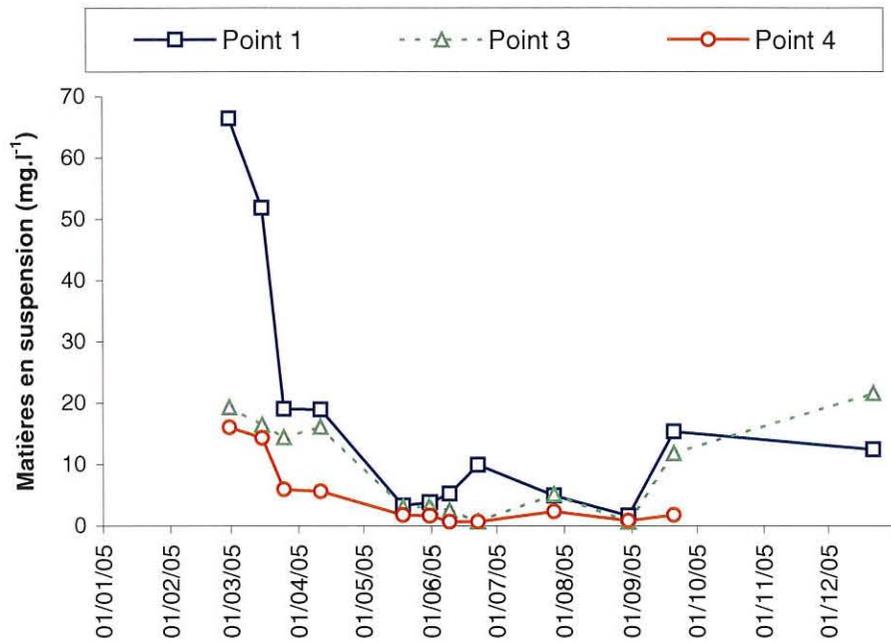


Figure 1.5. Évolution temporelle des matières en suspension sur la radiale de Dunkerque

Évolution à long terme

Le cycle saisonnier présente des maxima situés en hiver et des minima en été. L'année 2005 suit ce cycle avec des valeurs supérieures aux « normales » pour les 3 points de la radiale au début du cycle et à la fin de l'année pour le point 3. Les conditions météorologiques (vent et état de la mer) les jours précédents la sortie sont responsables de ces valeurs élevées (Figure 1.6.). Les années 1997, 1998 et 1999 sont caractérisées par des turbidités maximales en fin de cycle saisonnier.

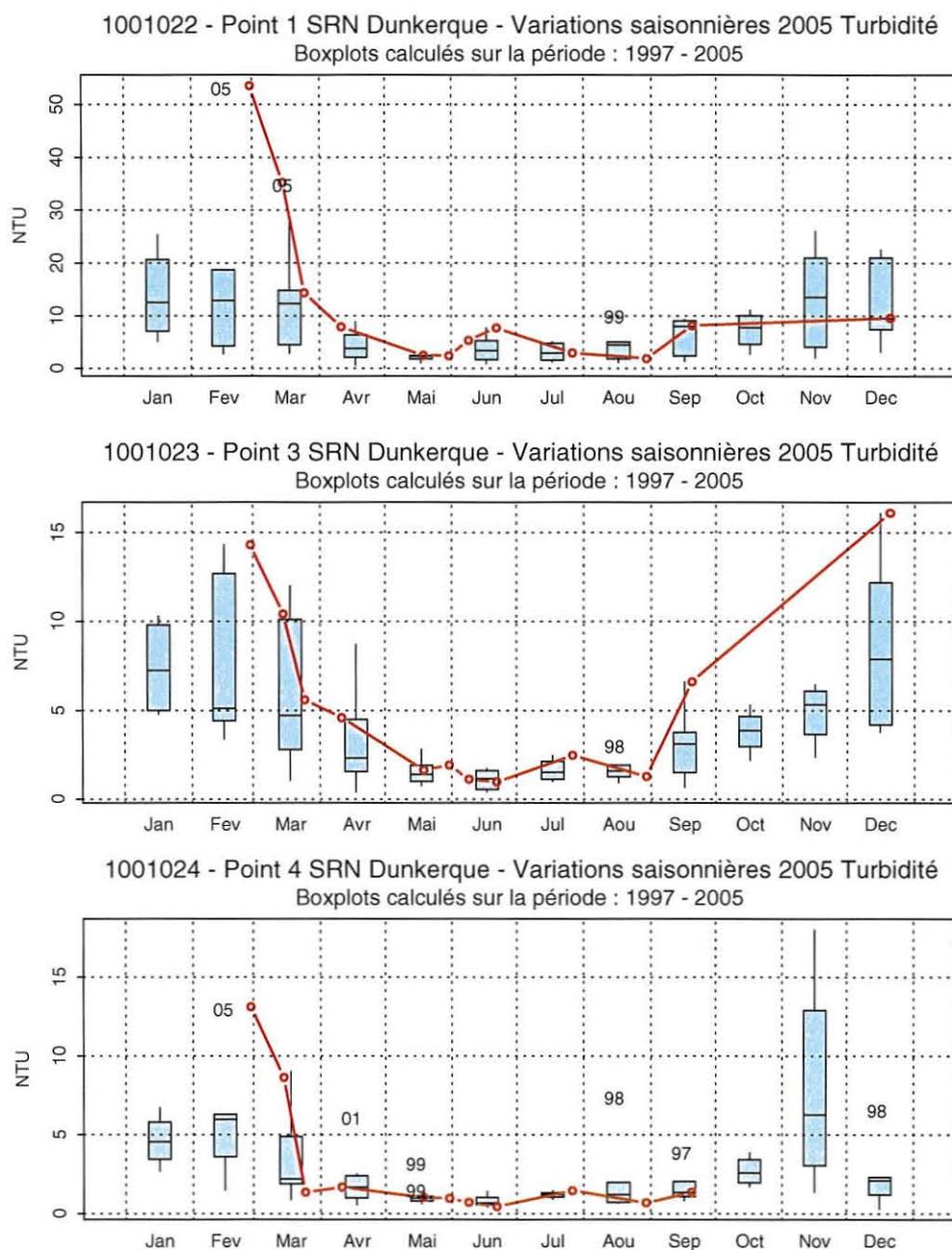
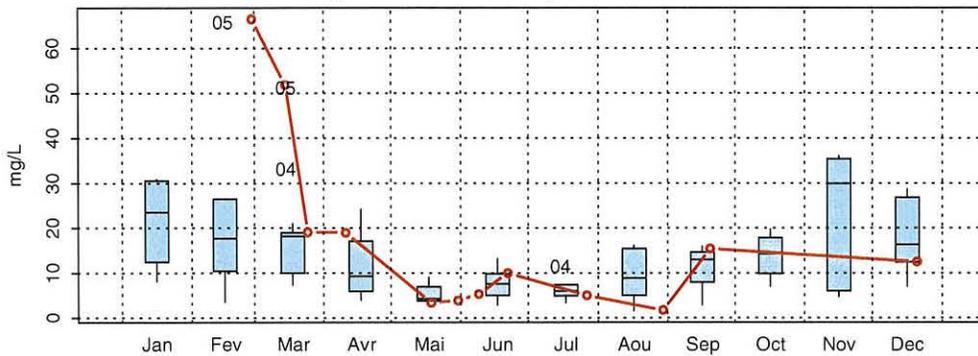


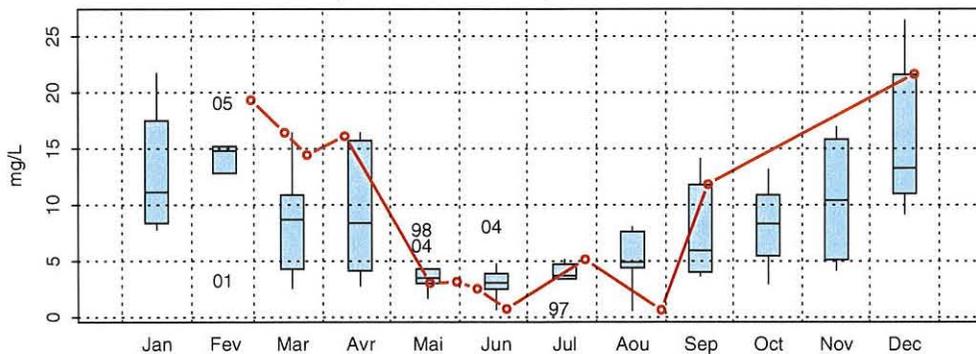
Figure 1.6. Évolution des variations saisonnières de turbidité sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Globalement, les teneurs en M.E.S. sont plus fortes en hiver qu'en été et elles sont plus importantes à la côte qu'au large. Pour le point côtier, le schéma d'évolution de la turbidité est similaire, mais les valeurs atteintes lors des mois de février et mars 2005 représentent les maximales observées sur la période 1997-2005 (Figure 1.7.). Les années 1997, 1998, 2003 et 2004 ont également été caractérisées par des minimums et/ou des maximums mensuels essentiellement au printemps et en été.

1001022 - Point 1 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



1001023 - Point 3 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



1001024 - Point 4 SRN Dunkerque - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005

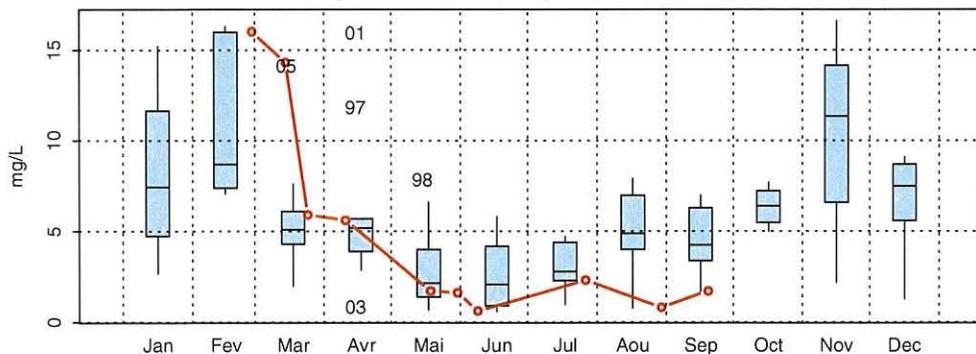


Figure 1.7. Évolution des variations saisonnières de matières en suspension sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

2.1.4. Matière organique

Bilan 2005

On observe des maximums de teneur en matière organique aux mois de mai et à la fin du mois d'août pour tous les points et au mois de juin pour le point 3. Ces maxima atteints sont en rapport avec ceux de chlorophylle *a* (partie 2.1.5.) sauf celui de fin août. En général, les valeurs sont plus faibles à la côte qu'au large (Figure 1.8. – Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre 4,09 % et 64,14 % (Figure 1.8. - Annexe 2).

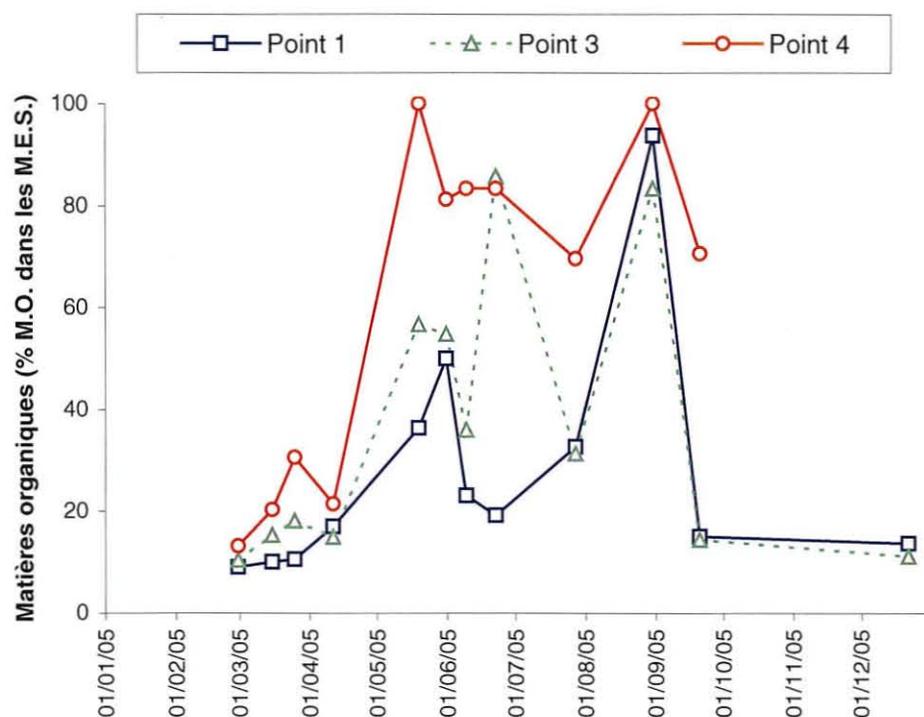


Figure 1.8. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension sur la radiale de Dunkerque

Évolution à long terme

La médiane au point côtier pour l'année 2005 est de 1,90 mg.l⁻¹ contre 2,27 mg.l⁻¹ pour la période 1997-2005. Les valeurs sont classiques pour les 3 points, sauf lors des mois de février et mars où elles sont légèrement supérieures (Figure 1.9.). Les valeurs d'avril 2001 représentent toujours le maximum observé. Des minimums mensuels ont été observés lors des années 1997, 2001 et 2002 alors que des maximums ont été observés en 1998, 2000 et 2003.

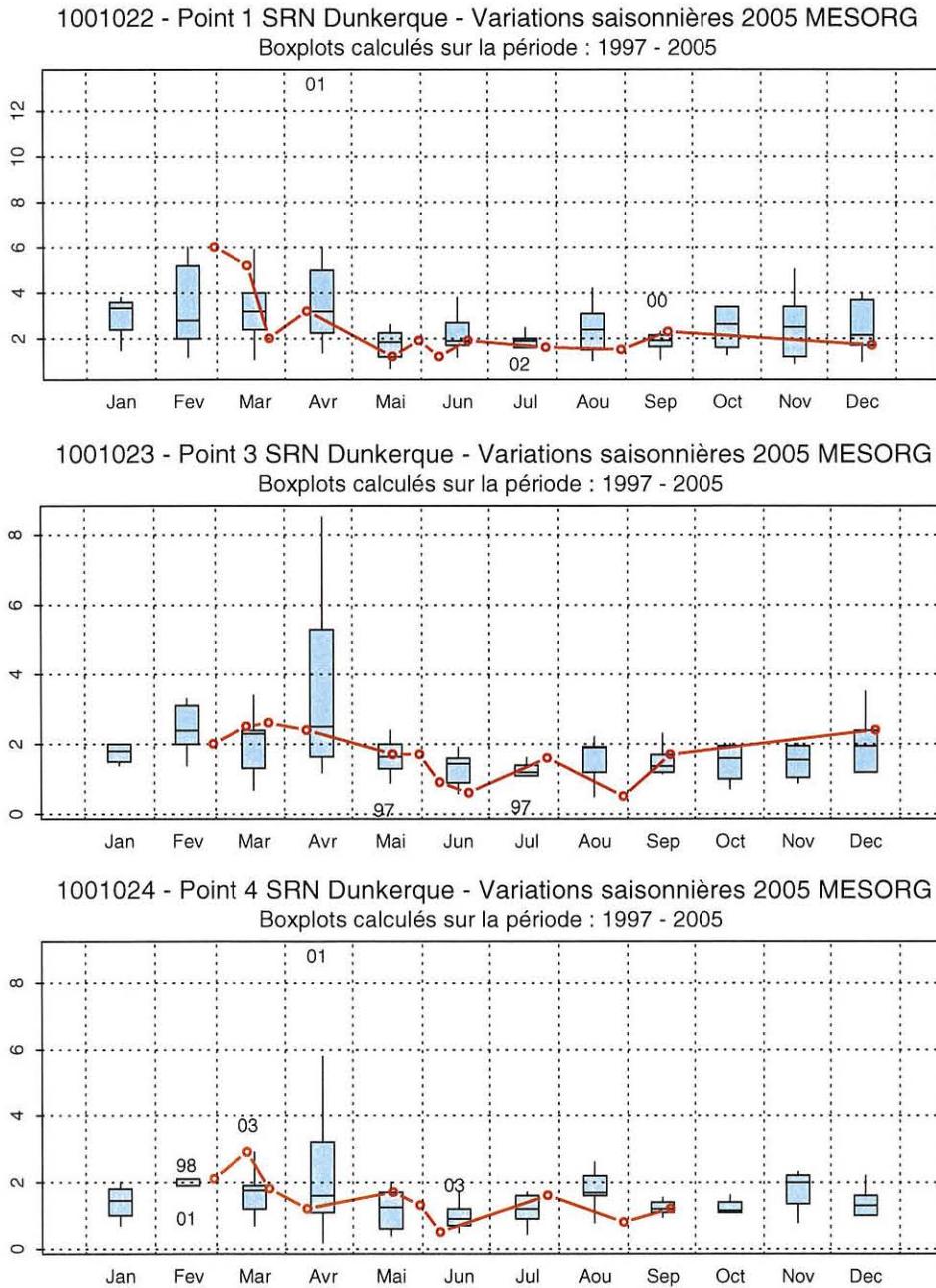


Figure 1.9. Évolution des variations saisonnières en M.E.S. organiques sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

2.1.5. Chlorophylle *a* et sels nutritifs

Évolution à long terme par paramètre

- Chlorophylle *a*

L'année 2005 apparaît comme une année moyenne en terme de concentration en chlorophylle *a*. Un maximum se situe au printemps comme chaque année ($15,57 \mu\text{g.l}^{-1}$ au point côtier). Un autre maximum aussi marqué que le premier est observé en début d'été (Figure 1.10.a.).

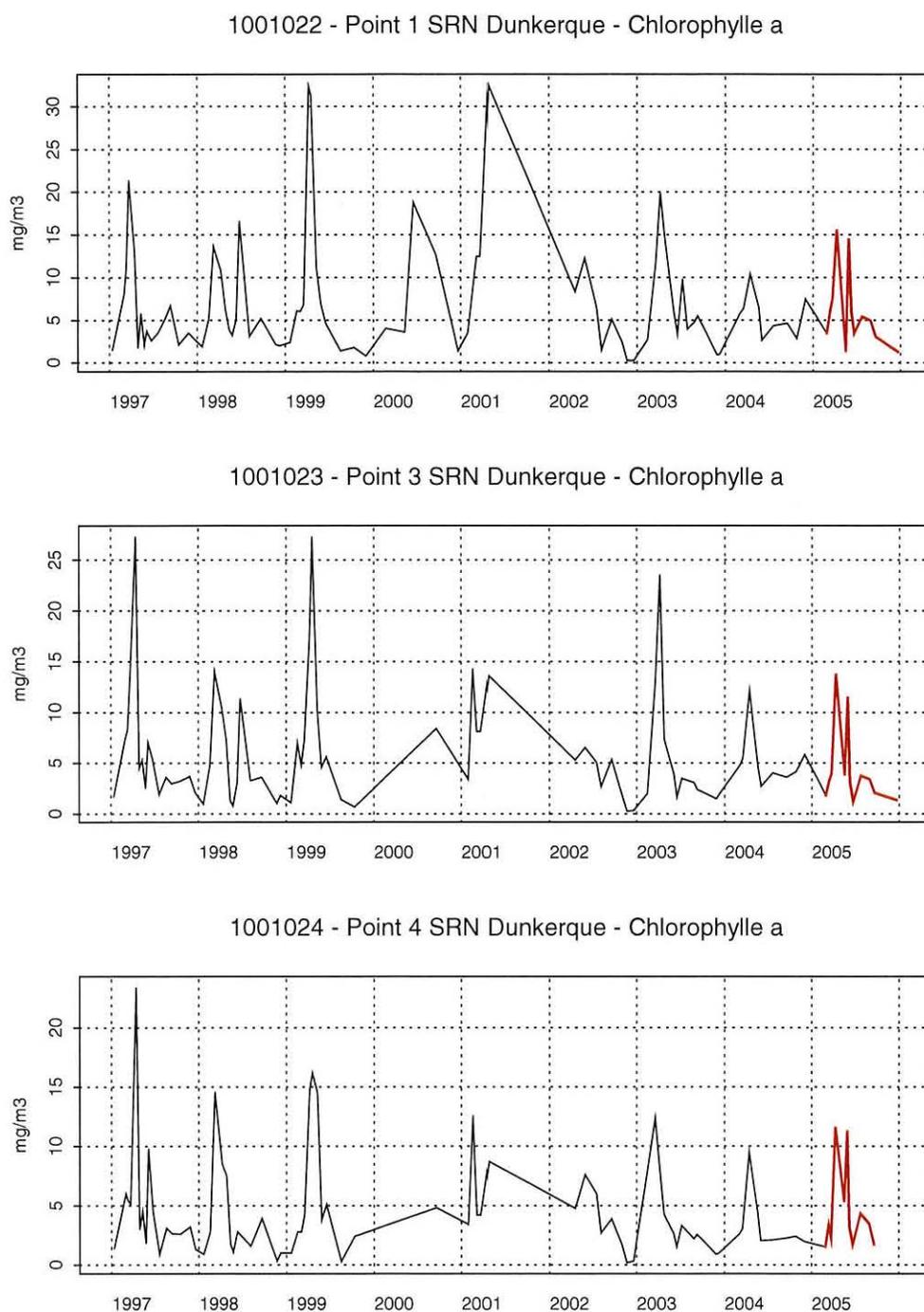


Figure 1.10.a. Évolution de la chlorophylle *a* sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Les variations saisonnières suivent le schéma établi sur la période 1997-2005 : les concentrations en chlorophylle *a* sont plus fortes de mars à mai et la dispersion autour de la médiane est plus importante à cette période (Figure 1.10.b.). Les années 1997, 1998 et 2003 restent remarquables du point de vue des concentrations atteintes lors de certains mois printaniers.

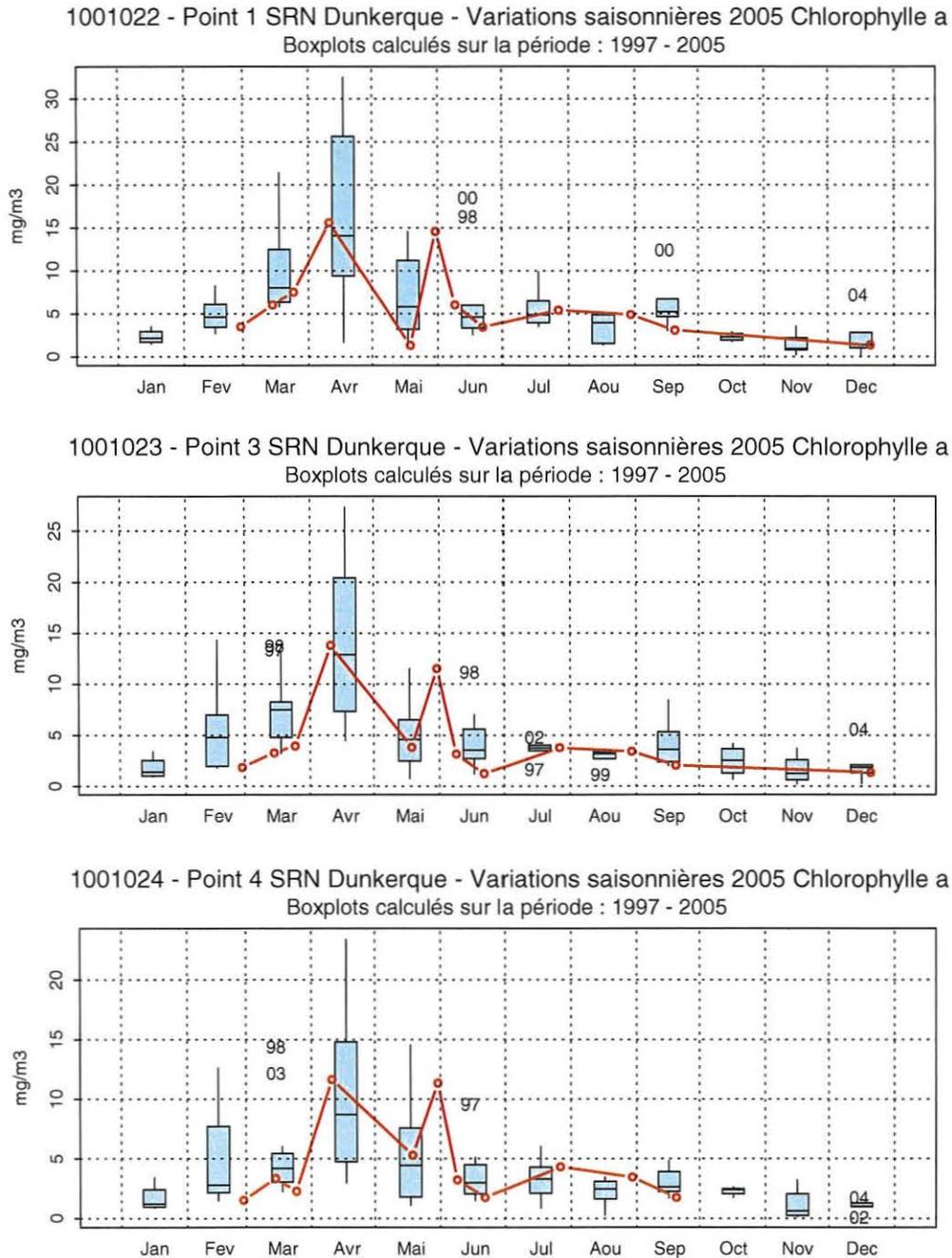


Figure 1.10.b. Évolution des variations saisonnières en chlorophylle *a* sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

- Nitrate

La concentration de nitrate est particulièrement importante en 2005. Elle est maximale en mars au point côtier ($48,11 \mu\text{mol.l}^{-1}$). Les teneurs en nitrate sont plus élevées en période hivernale qu'estivale. Un pic printanier caractérise également cette année 2005 (Figure 1.11.a.).

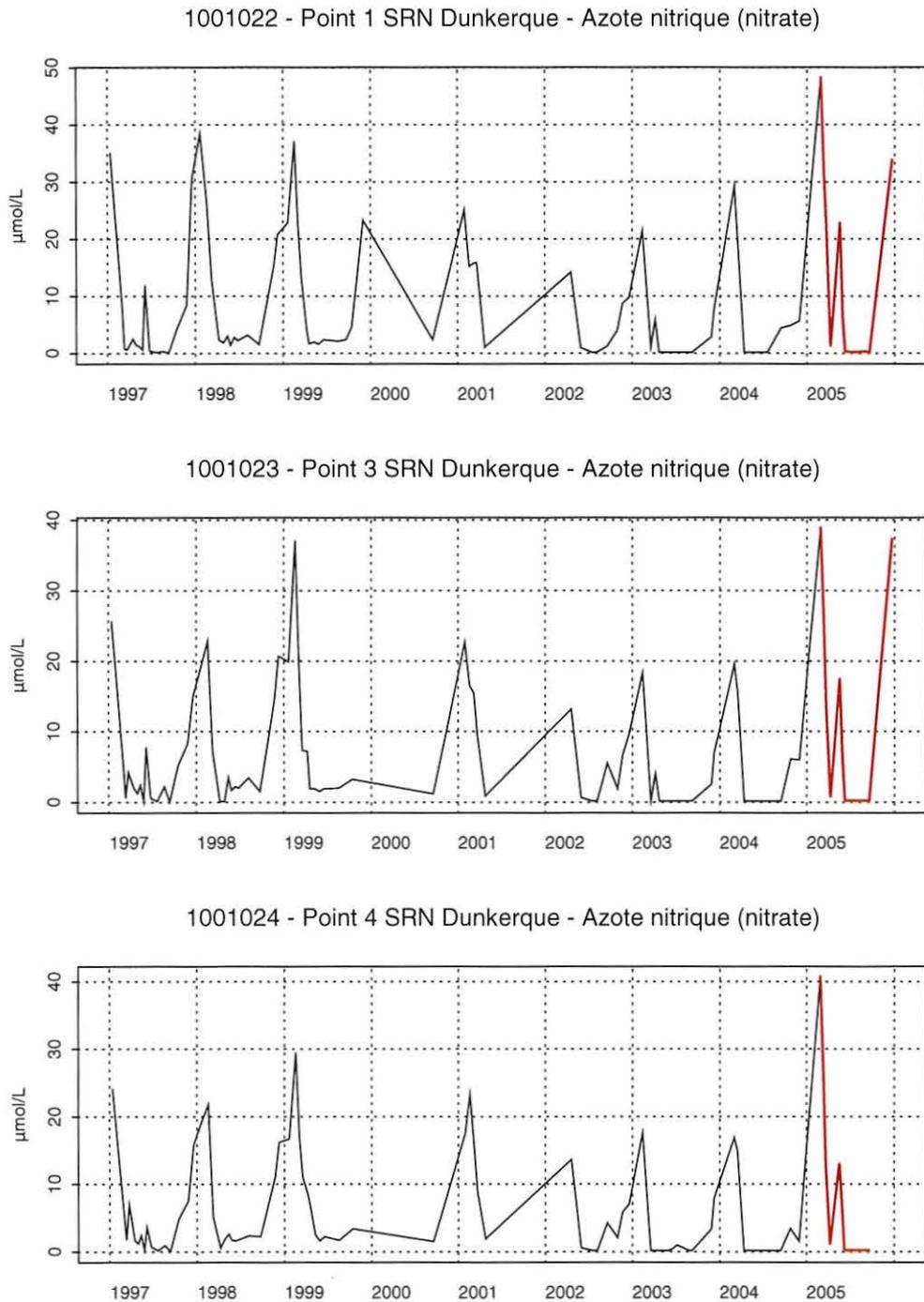


Figure 1.11.a. Évolution des teneurs en nitrate sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Les variations saisonnières sont telles que les concentrations sont élevées en période hivernale et faibles en période estivale. La concentration hivernale est particulièrement importante en 2005. Alors que l'on devrait observer des valeurs faibles en mai, un maximum est enregistré. L'absence de données en fin d'année ne permet pas de conclure quant à une concentration automnale plus élevée que la « normale » (sauf décembre). Les années 1997 et 2002 apparaissent comme des années particulières avec des valeurs estivales et/ou printanières particulièrement élevées (Figure 1.11.b.).

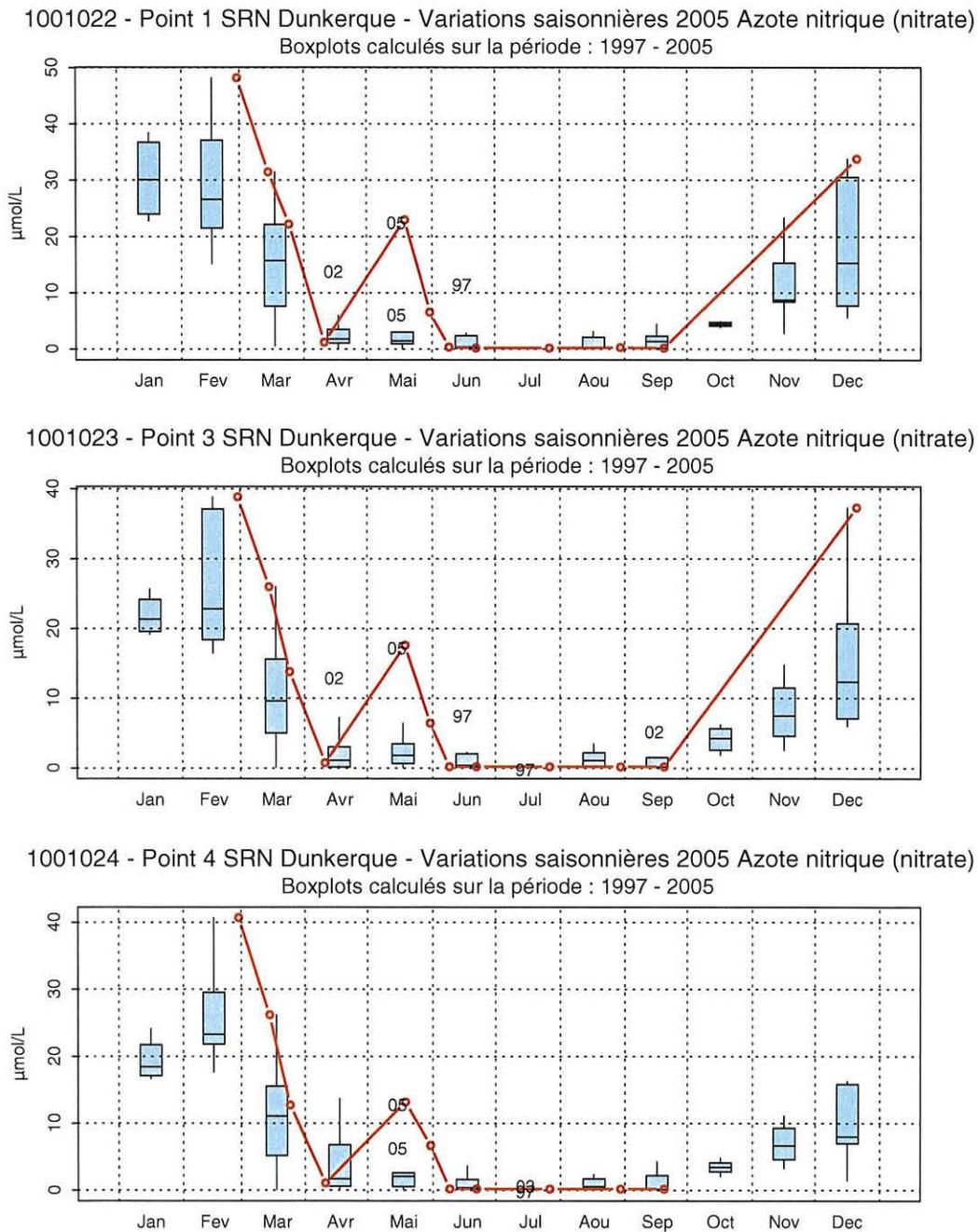


Figure 1.11.b. Évolution des variations saisonnières en nitrate sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

- Nitrite

Pour l'année 2005, la concentration médiane de nitrite est élevée ($0,9 \mu\text{mol.l}^{-1}$ contre $0,34 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la période 1997-2005). On peut observer un cycle avec une augmentation du stock de nitrite à chaque hiver (Figure 1.12.a.).

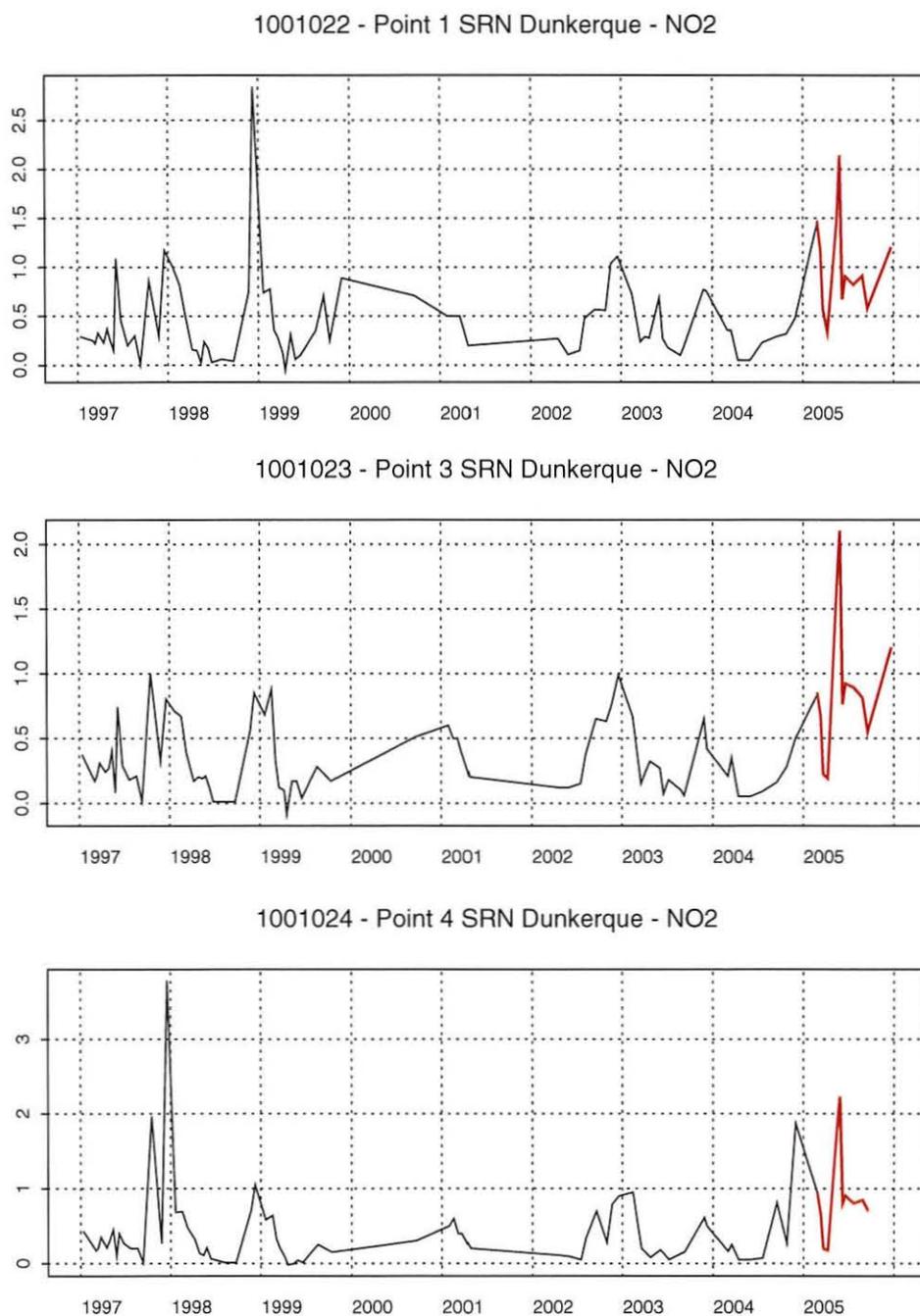


Figure 1.12.a. Évolution de la teneur en nitrite sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

En 2005, les concentrations en nitrite sont globalement plus importantes, il y a atteinte de maximums aux mois de février, mars, mai* (valeurs 2 à 4 fois supérieures à la « normale »), juillet et août. * Ces valeurs maximales sont à mettre en relation avec les maximums de nitrate et d'ammonium mesurés le 19 mai. Les concentrations de nitrite ont été particulièrement importantes en décembre 1997 et/ou 1998 (Figure 1.12.b.).

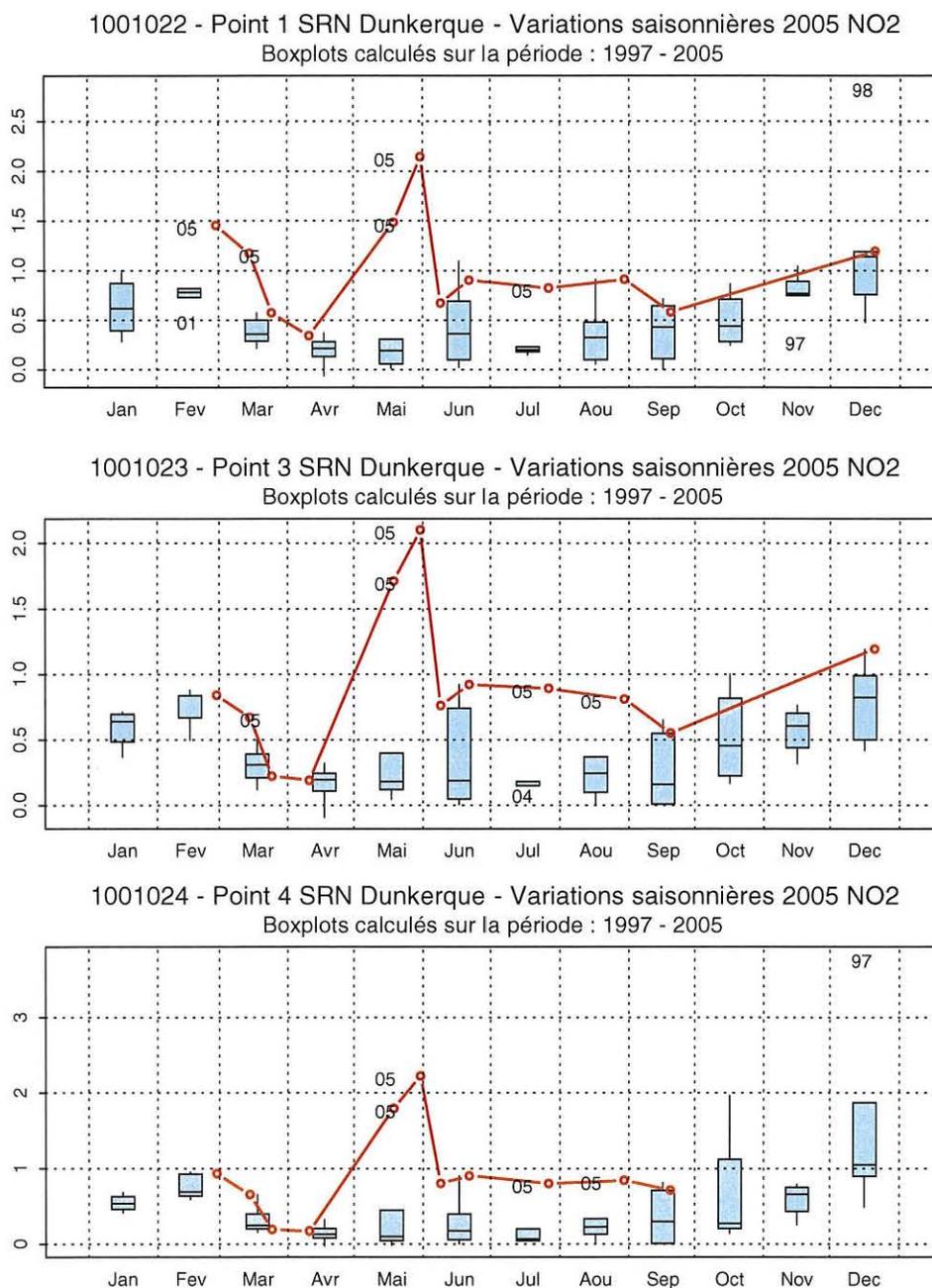


Figure 1.12.b. Évolution des variations saisonnières en nitrite sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

- Ammonium

Le schéma d'évolution de la concentration en ammonium apparaît classique mais les niveaux atteints sont différents par rapport au schéma établi sur la période 1997-2005 (Figure 1.13.a.).

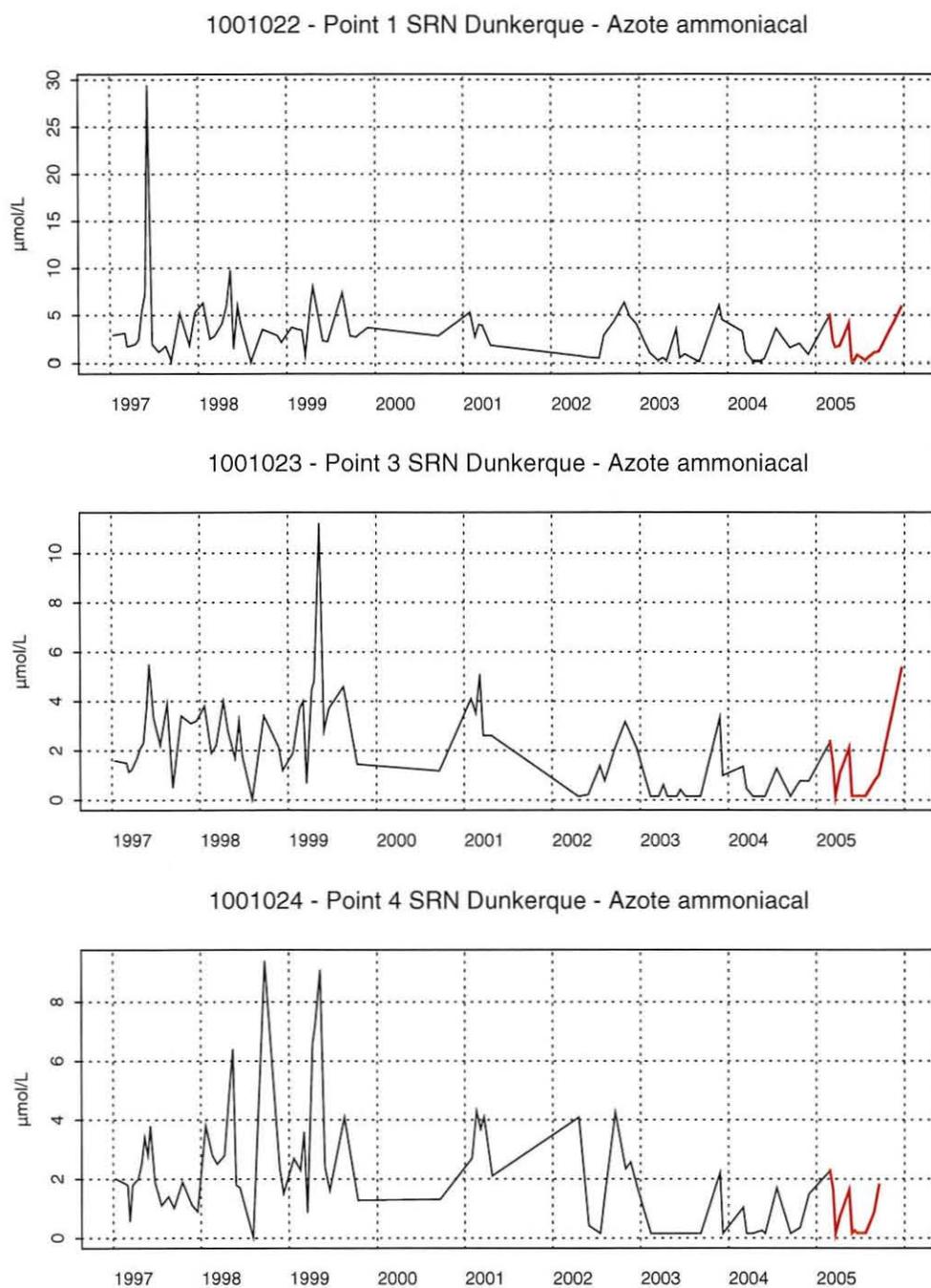


Figure 1.13.a. Évolution de la teneur en ammonium la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

En 2005, les concentrations en ammonium sont bien inférieures à celles habituellement enregistrés, sauf pour le mois de mai qui présente un maximum supérieur à celui de la médiane mensuelle de la période 1997-2005 (Figure 1.13.b.). Les années 1997, 1999 et 2001 sont remarquables du point de vue des concentrations atteintes lors de certains mois et pour certains points.

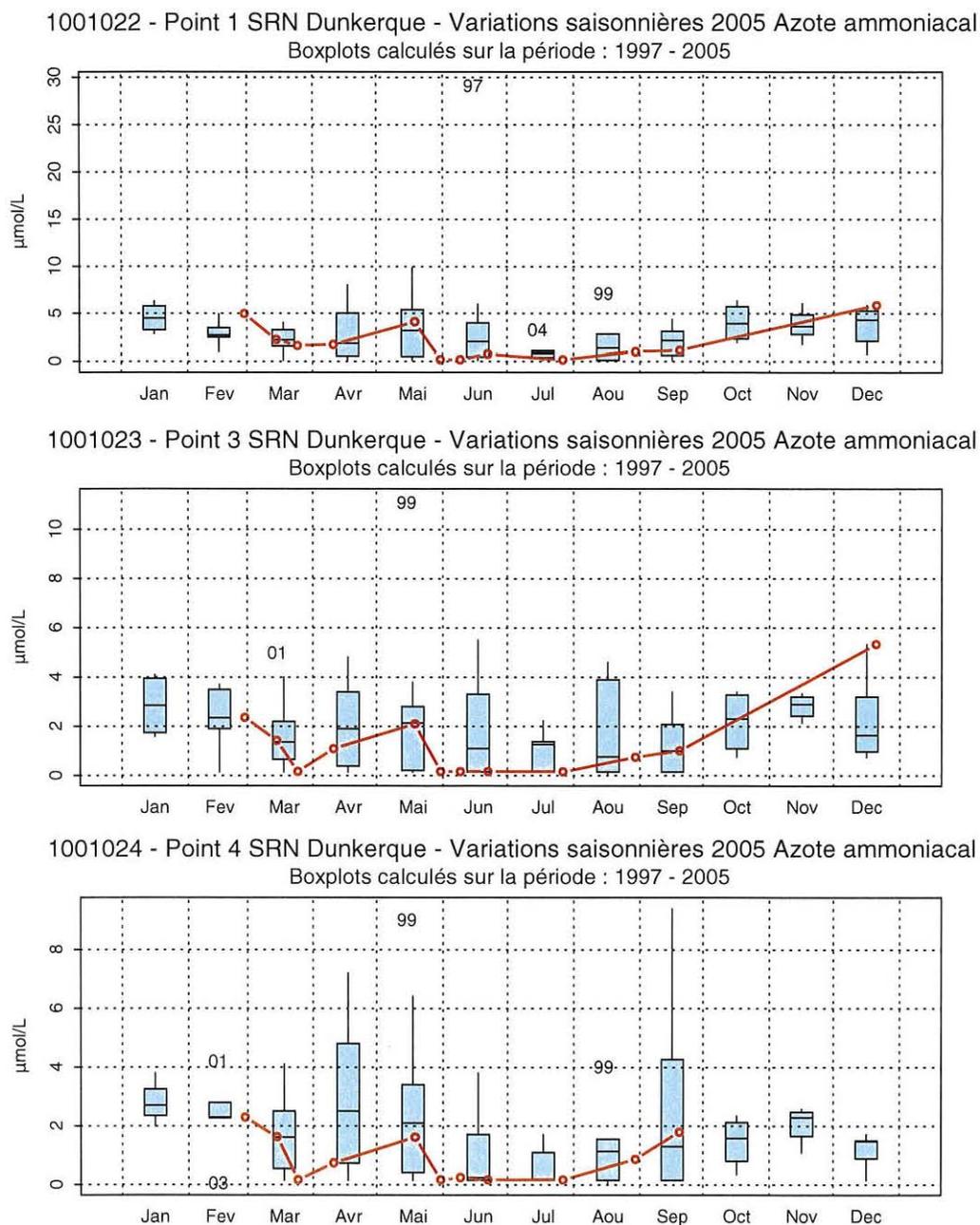


Figure 1.13.b. Évolution des variations saisonnières en ammonium sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

- Phosphate

Au point côtier, la médiane est de $0,87 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour l'année 2005 contre $0,59 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la période 1997-2005. L'année 2005 est donc plus riche en phosphate que les autres années ; le maximum précédent a été relevé en 2004 au point du large ($2,69 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en fin d'année) (Figure 1.14.a).

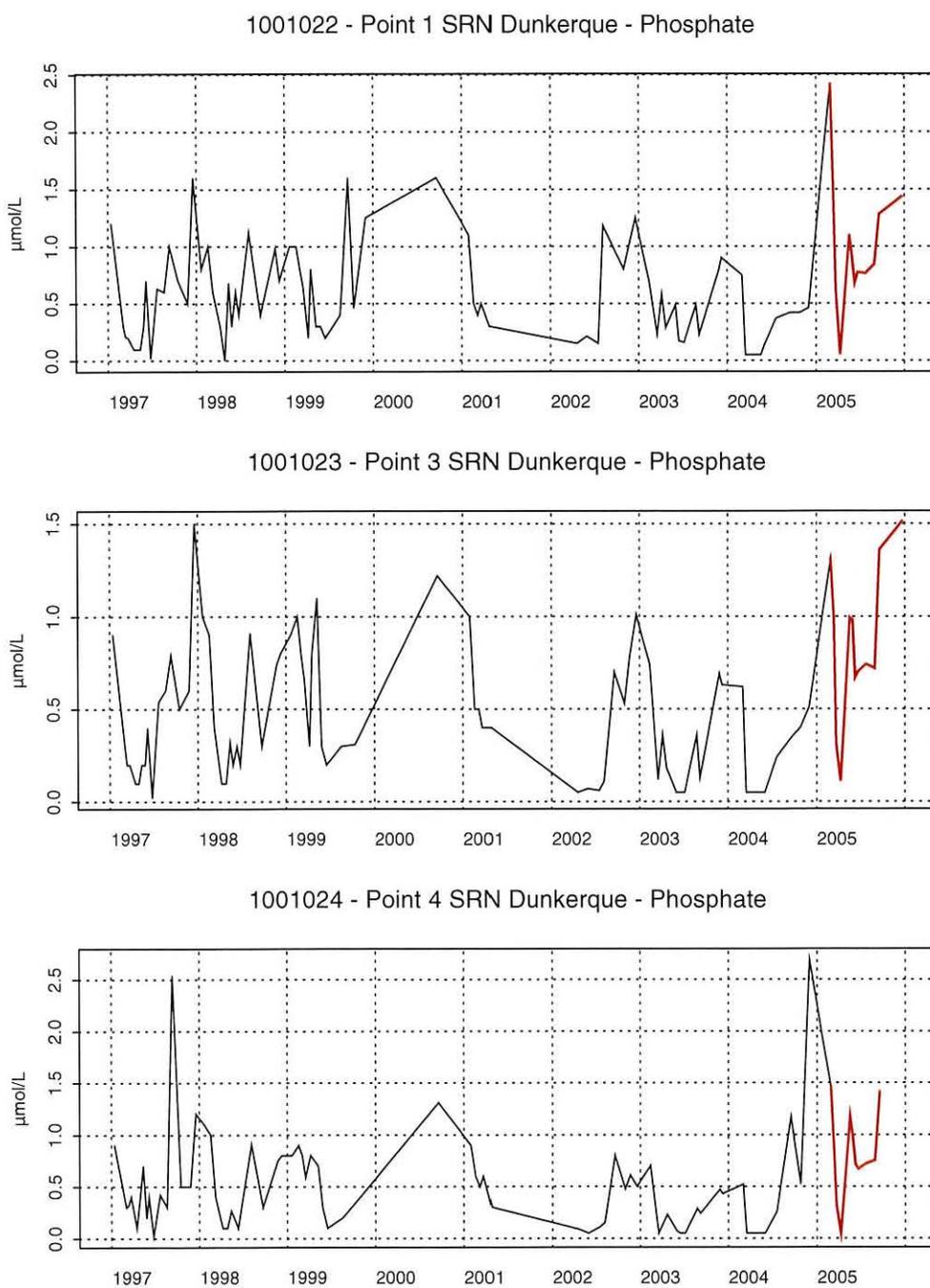


Figure 1.14.a. Évolution de la teneur en phosphate sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Les variations saisonnières sont bien marquées et suivent globalement le schéma établi sur la période 1997-2005. Les valeurs sont cependant supérieures à celles observées habituellement ; il y a atteinte de nouveaux maximums en 2005 au point côtier pour les mois de février et mars. L'absence de données au point côtier pour les mois d'octobre et novembre ne permet pas de conclure quant à ce schéma d'évolution en fin de cycle. Les concentrations d'avril 1999 et de décembre 2004 (point 4) sont particulièrement élevées par rapport à celle mesurées sur la période 1997-2005 (Figure 1.14.b.).

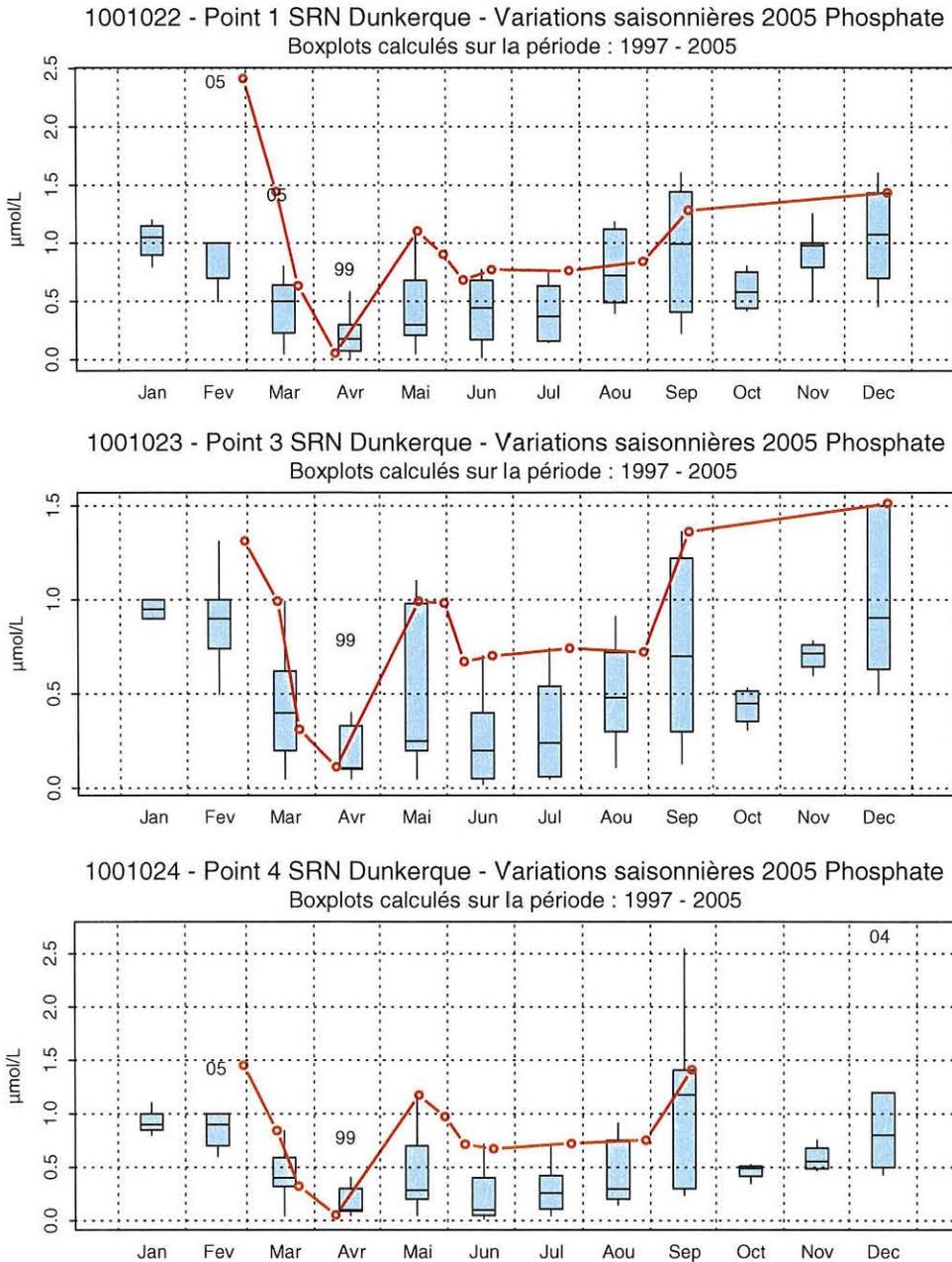


Figure 1.14.b. Évolution des variations saisonnières en phosphate sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

- Silicate

Les maximums de concentrations en silicate sont atteints en période hivernale et diminuent fortement au printemps. Pendant la période estivale, les concentrations sont relativement faibles, puis le stock se reconstitue à la fin de l'automne (Figure 1.15.a.).

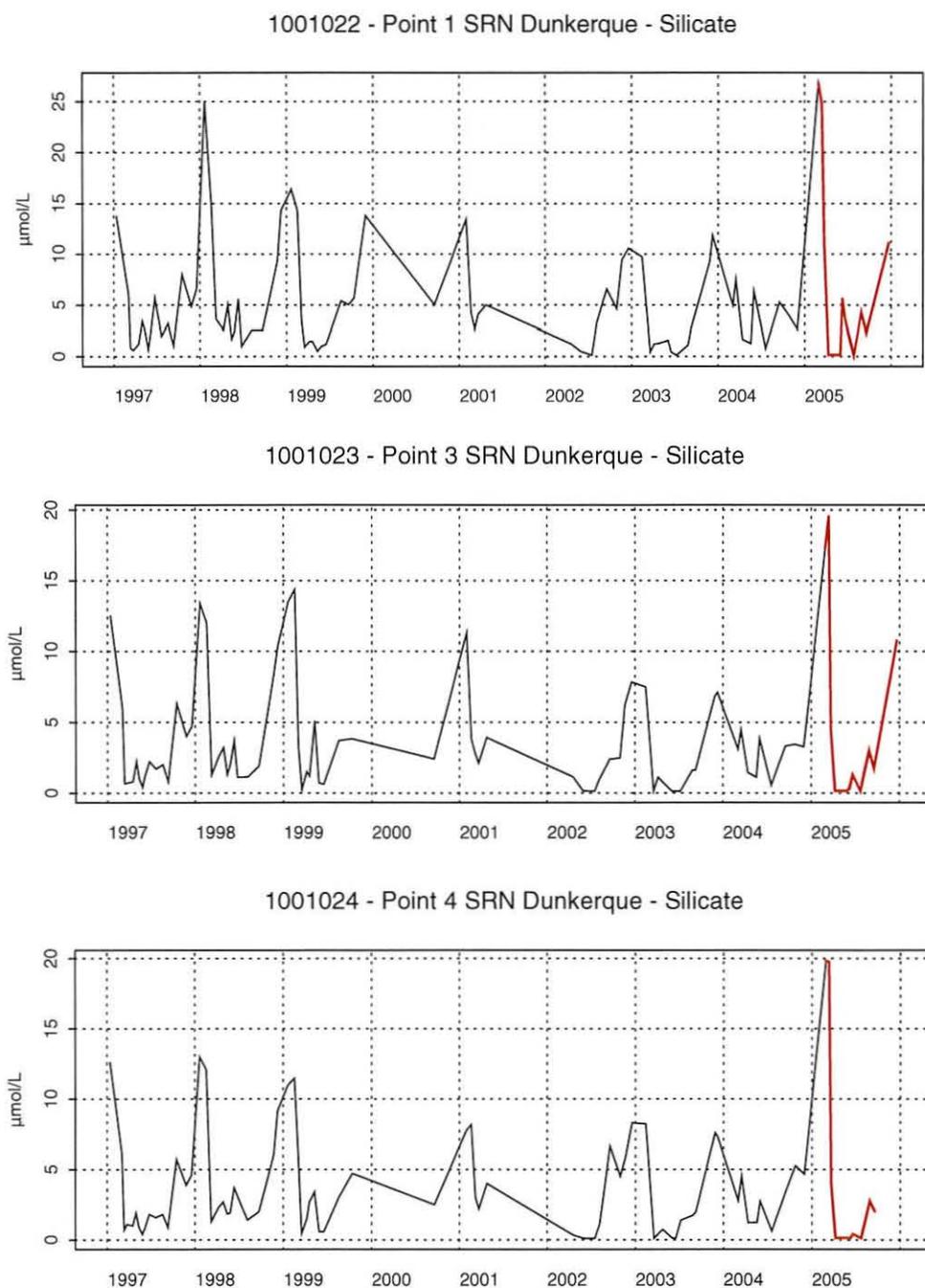


Figure 1.15.a. Évolution de la teneur en silice sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Le cycle saisonnier 2005 suit la tendance à long terme, sauf pour les mois de février et mars où la concentration est nettement supérieure à celles habituellement enregistrées. La médiane au point côtier pour l'année 2005 est de $4,01 \mu\text{mol.l}^{-1}$ contre $3,45 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la période de 1997 à 2005. Les années 1997, 1999 et 2002 apparaissent particulières du point de vue des concentrations atteintes lors de certains mois pour certains points (Figure 1.15.b.).

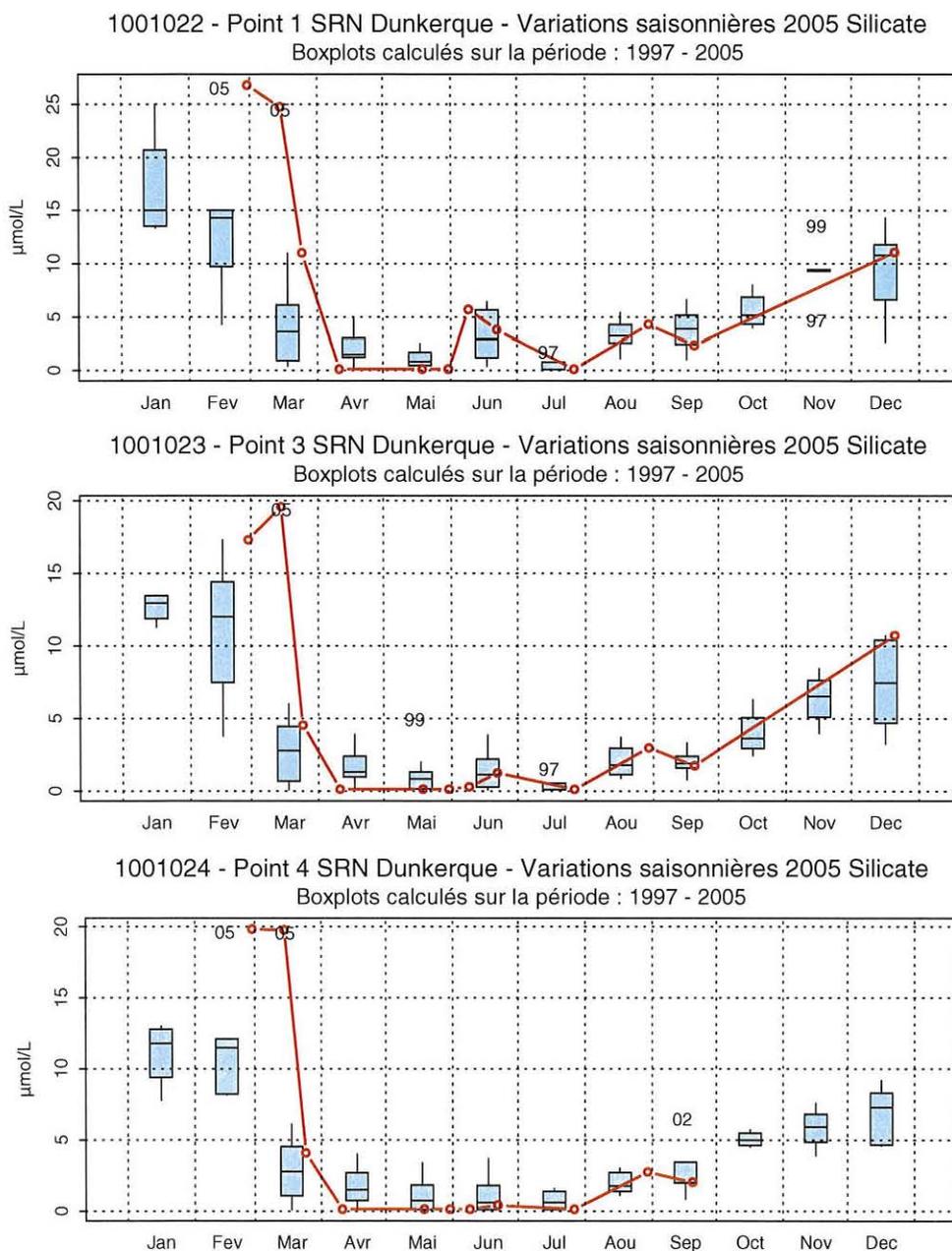


Figure 1.15.b. Évolution des variations saisonnières en silice sur la radiale de Dunkerque pour la période de 1997 à 2005

Bilan 2005

Le point 1 présente une dynamique d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* et en sels nutritifs en 5 phases : (1) en mars-avril, la concentration en chlorophylle *a* augmente brutalement (maximum $15,57 \mu\text{g.l}^{-1}$ au point côtier) parallèlement à une diminution (jusqu'au seuil de détection) de la concentration en sels nutritifs (divisé par 40 pour les nitrates et par 260 pour les silicates). La concentration en ammonium reste supérieure au seuil de détection avec cependant une diminution d'un facteur 3. (2) Après la chute de la concentration en chlorophylle *a* et une augmentation de la concentration en sels nutritifs (sauf les silicates) pour atteindre un maximum le 19 mai (le 31 pour l'ammonium), (3) la concentration en chlorophylle *a* atteint un nouveau maximum fin mai/début juin ($14,56 \mu\text{g.l}^{-1}$ au point côtier) (54 % de prymnésiofycées à cette période) alors qu'au même moment la concentration des éléments nutritifs chute de nouveau. (4) La concentration en chlorophylle *a* reste relativement importante en juillet et en août alors que la concentration en nitrate est inférieure au seuil de détection. Les concentrations en nitrite et en phosphate sont alors, respectivement, de $0,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$ et $0,75 \mu\text{mol.l}^{-1}$. La concentration en silicate est inférieure au seuil de détection en juillet et de l'ordre de $4,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en août. (5) Dès septembre, la concentration en chlorophylle *a* diminue alors que les concentrations en nitrate, ammonium et silicates augmentent pour tendre vers leur niveau maximal hivernal (Figure 1.16. – Annexe 2).

Ce schéma est observé au point 3 bien que les concentrations soient inférieures à celles mesurées au point 1 (Figure 1.17. – Annexe 2).

Au point 4, la différence concerne la phase (4). La concentration en chlorophylle *a* chute de juin à juillet pour n'augmenter qu'en août. Le schéma d'évolution des concentrations en sels nutritifs n'est différent de celui des deux autres points qu'au niveau de la concentration en silice qui reste inférieure au seuil de détection d'avril à juillet (Figure 1.18. – Annexe 2).

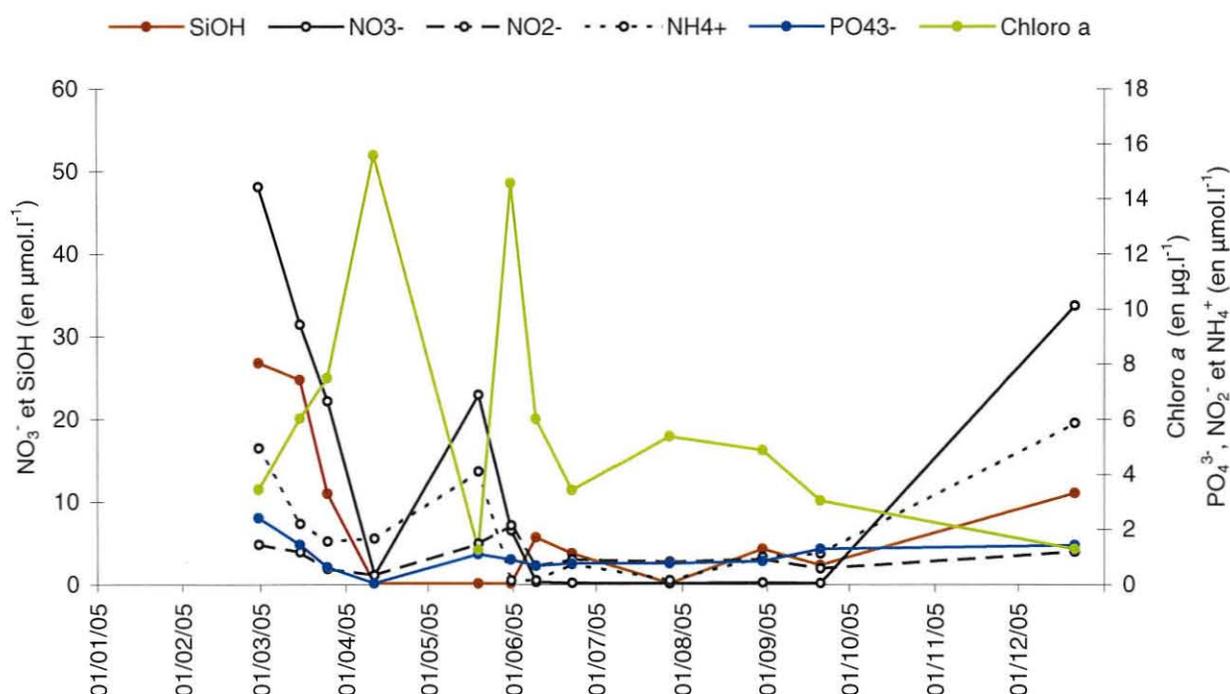


Figure 1.16. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 1 de la radiale de Dunkerque

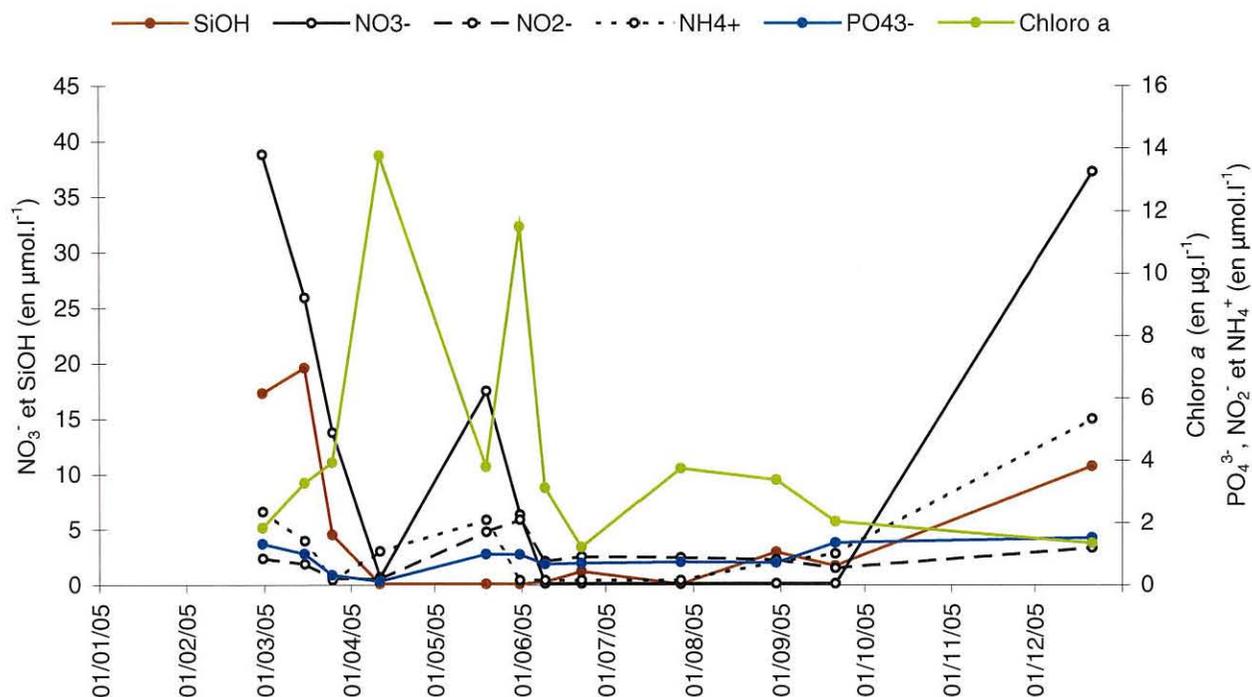


Figure 1.17. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 3 de la radiale de Dunkerque

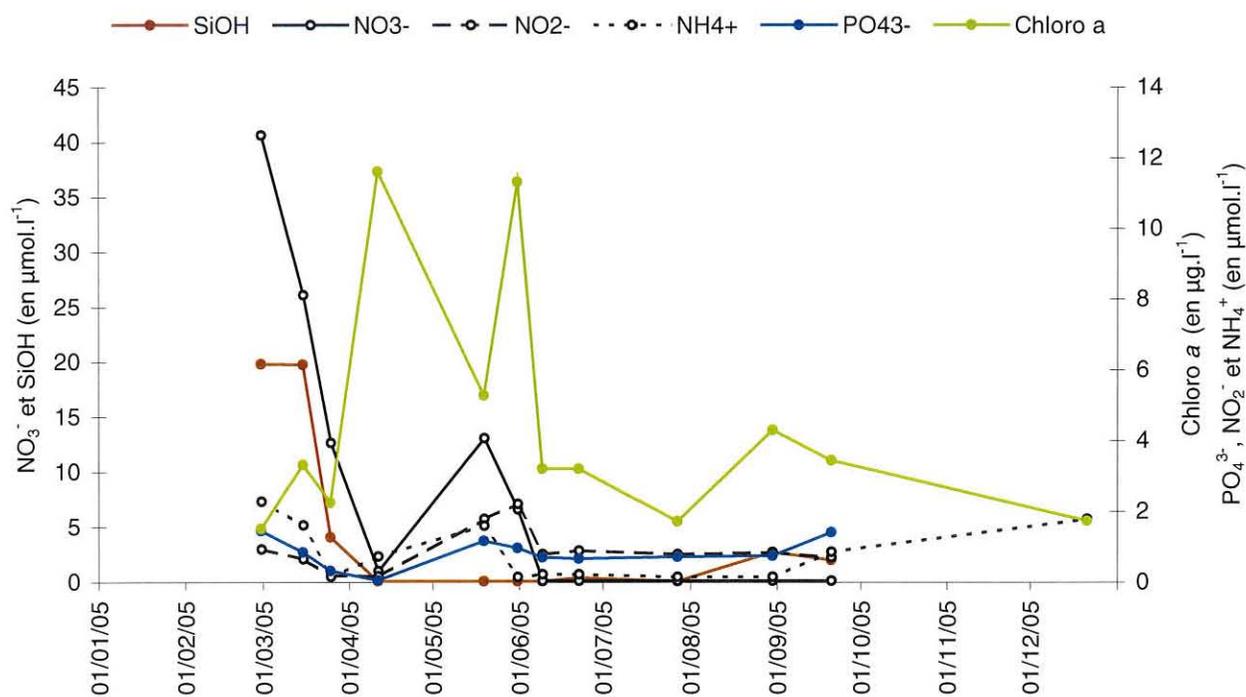


Figure 1.18. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 4 de la radiale de Dunkerque

2.1.6. Phéopigments

Le taux de phéopigments est exprimé en pourcentage de chlorophylle active.

Au début du printemps les valeurs sont proches de 45 % puis l'activité chlorophyllienne augmente au moment du bloom printanier pour atteindre des valeurs maximales d'environ 85 % (avril). On constate une baisse de l'activité en mai puis un autre maximum vers mai/juin (second bloom) avec des valeurs pouvant atteindre 90 % (figure 1.19. - Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre 0,99 % et 30,01 % (Figure 1.19. - Annexe 2).

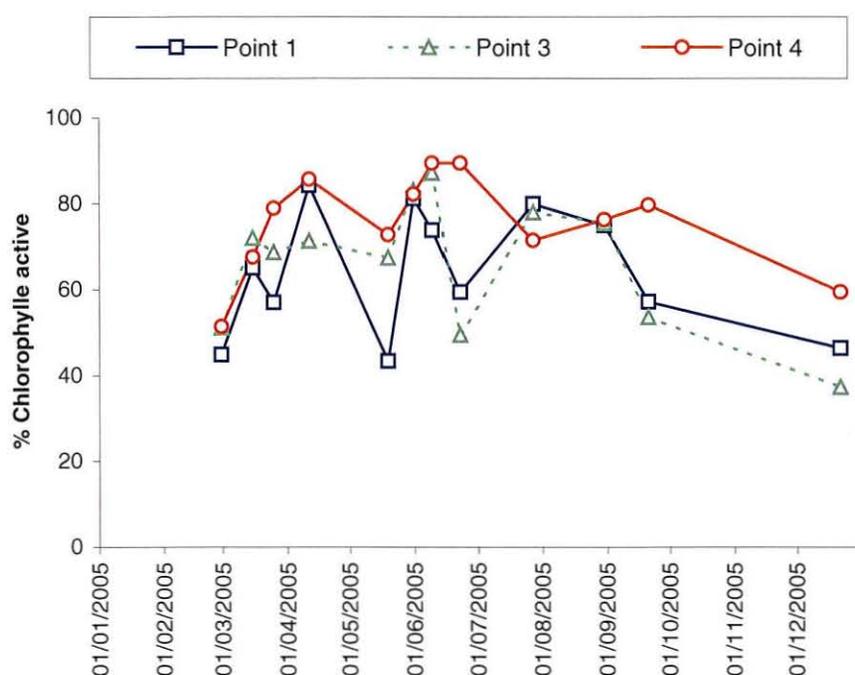


Figure 1.19. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Dunkerque

2.1. Boulogne-sur-Mer

2.2.1. Température

Bilan 2005

L'évolution des températures est classique d'un système tempéré avec de valeurs faibles en hiver (de 4,9 à 6,6 °C en mars) suivies d'une augmentation pour atteindre les maxima estivaux (fin août de l'ordre de 19,0 °C), puis les températures diminuent progressivement pour tendre vers les minima hivernaux (Figure 2.1. - Annexe 2).

Le gradient de température côte-large est négatif en hiver, s'inverse au printemps et en automne. Il est positif en période estivale (Figure 2.1. - Annexe 2).

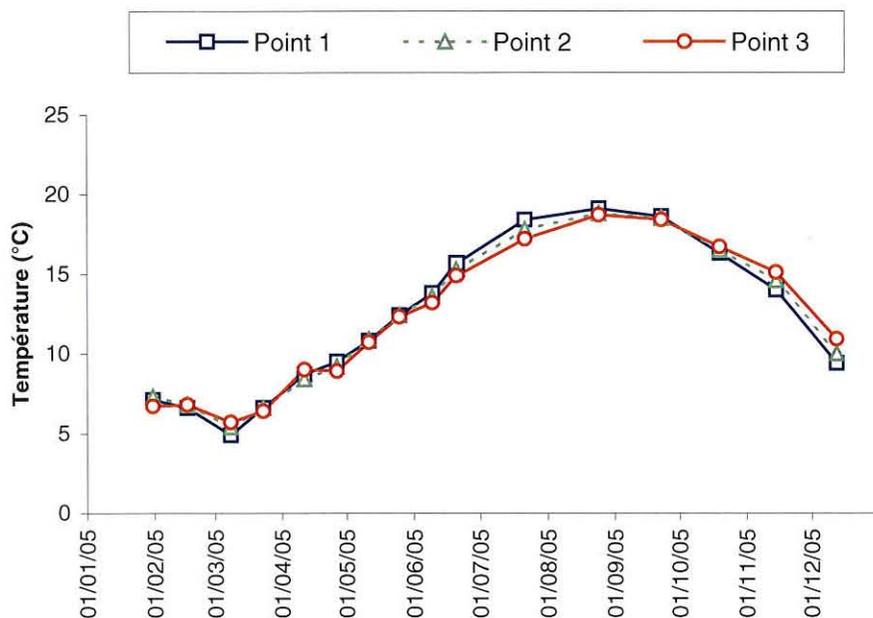


Figure 2.1. Évolution temporelle de la température sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

Évolution à long terme

La température maximale relevée sur la période 1997-2005 est de 22,10 °C en 2002. La température minimale (2,10 °C) est relevée au début de l'année 1997. Les températures de 2005 sont élevées par rapport aux années précédentes (médiane de 13,8 °C contre 11,9 °C sur la période 1997-2005) (Figure 2.2.a.).

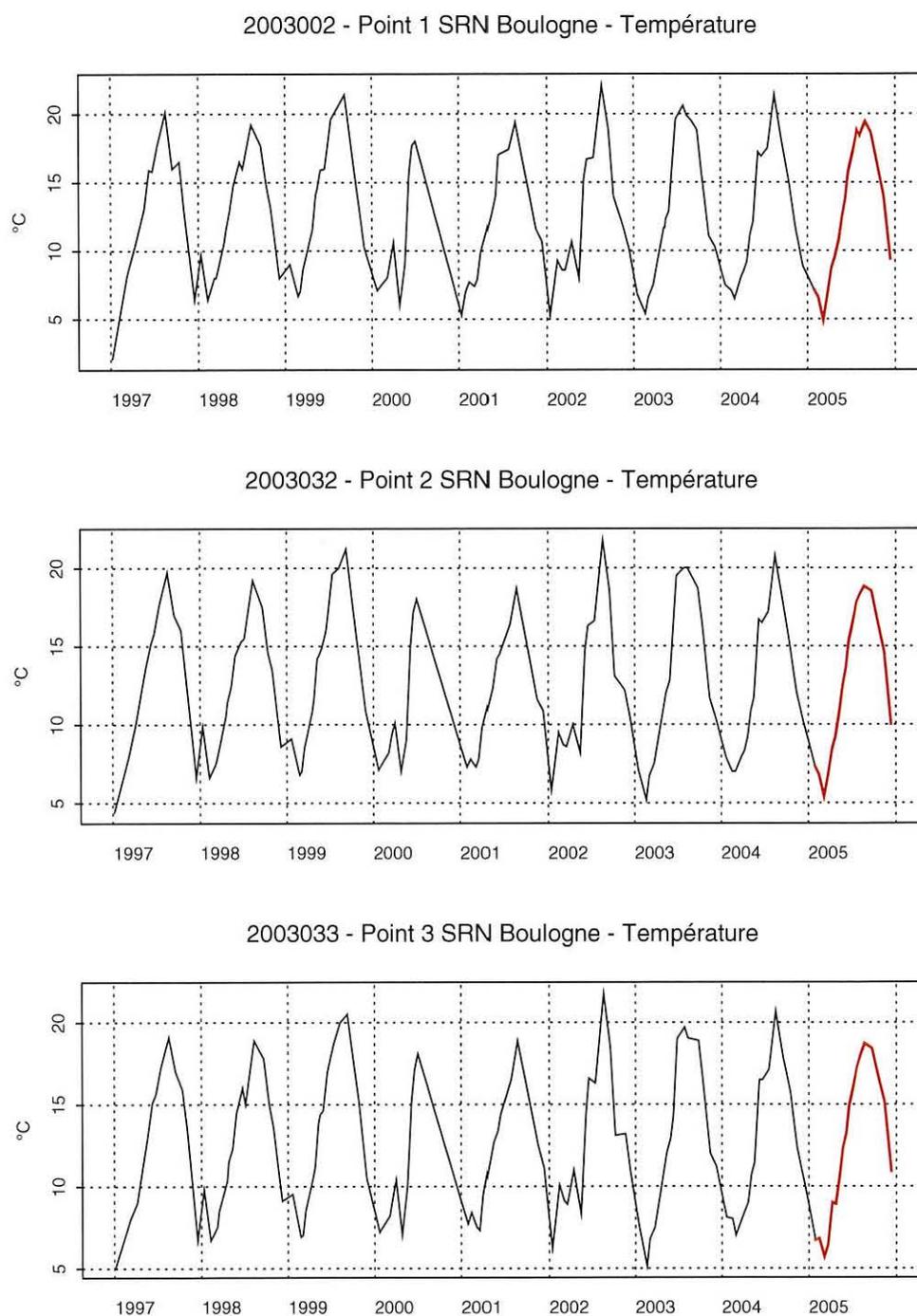


Figure 2.2.a. Évolution des températures sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Les variations saisonnières sont cohérentes avec le schéma établi sur la période 1997-2005, malgré des valeurs en dessous de la « normale » au mois de mars (minimum mensuel atteint au point côtier). Les températures sont globalement inférieures à la médiane en début de saison, et supérieures vers la fin de saison. Des minima et/ou des maxima ont été mesurés lors des années 1999, 2000, 2002, 2003 (Figure 2.2.b.).

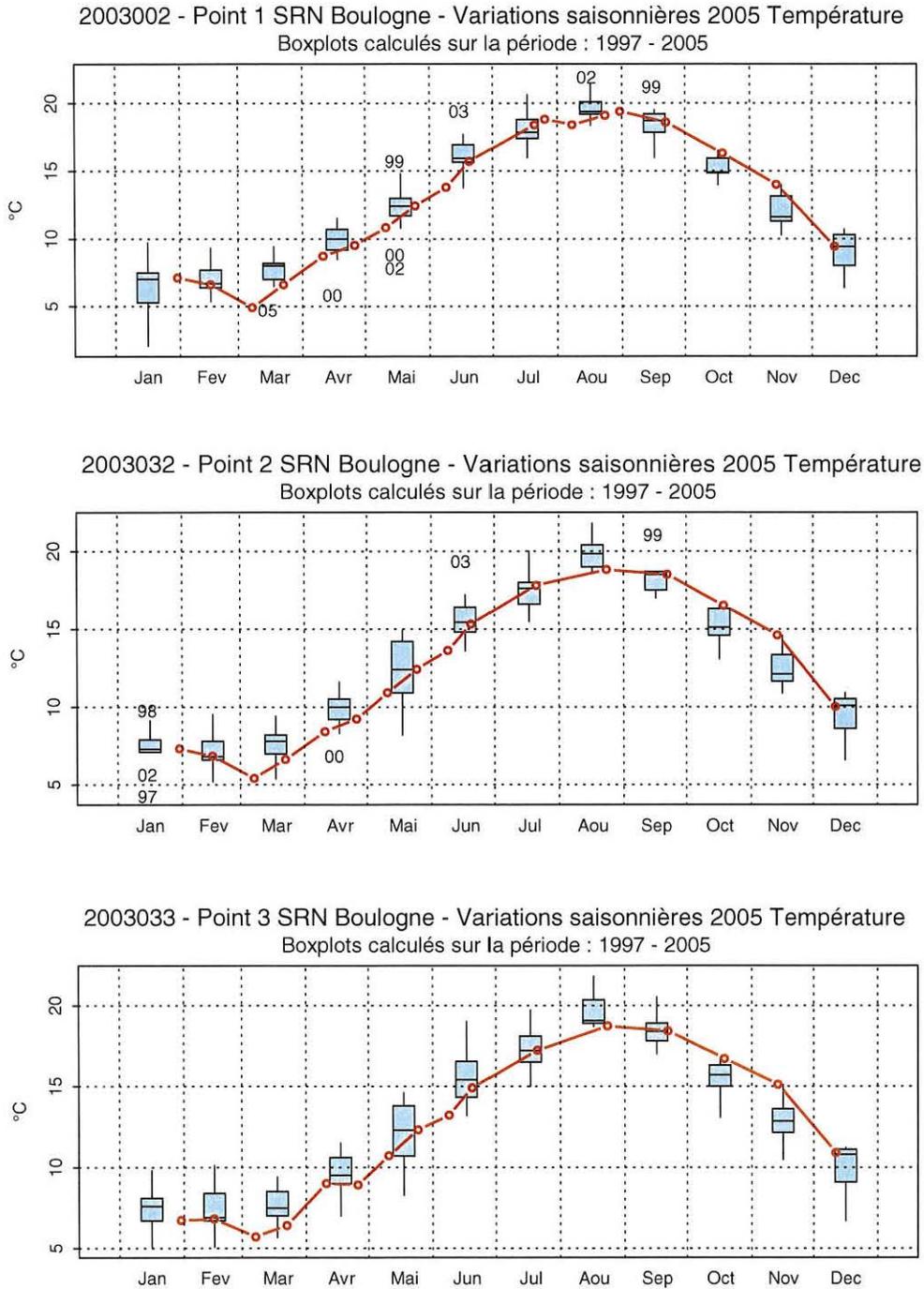


Figure 2.2.b. Évolution des variations saisonnières de température sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

2.2.2. Salinité

Bilan 2005

La salinité apparaît stable toute l'année mais n'est que le reflet de la stratégie d'échantillonnage. Le mois de mars présente toutefois une dessalure importante (passage de 35,1 à 33,1 au point côtier) (Figure 2.3. - Annexe 2).

Le gradient côte-large de salinité varie de 0 à 1,1 (Figure 2.3. - Annexe 2).

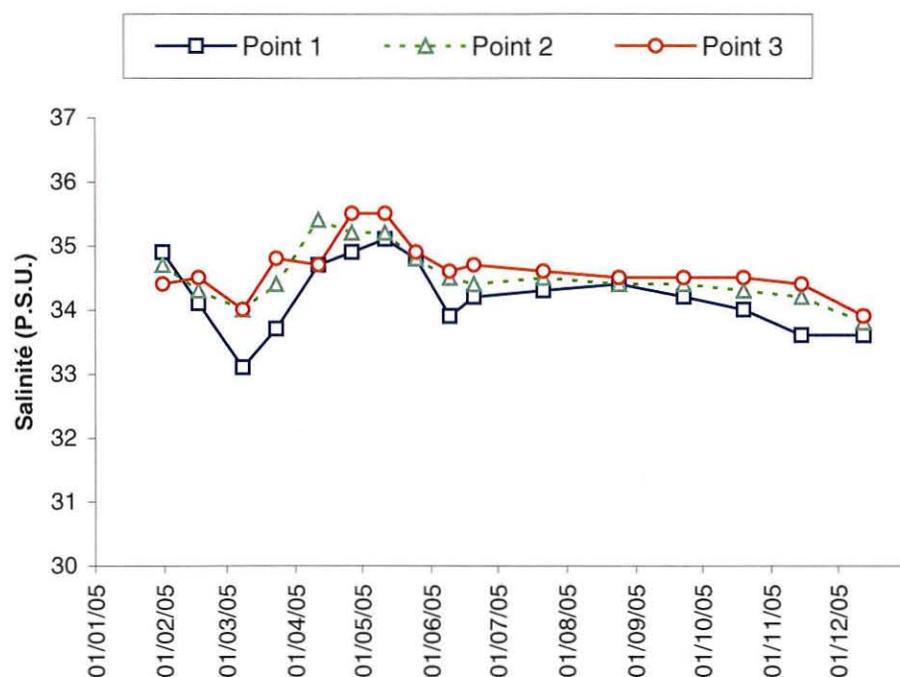


Figure 2.3. Évolution temporelle de la salinité sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.3. Turbidité et matières en suspension

Bilan 2005

Les valeurs de turbidité sont plus importantes en hiver qu'en été, avec 2 maximums importants en mars et avril (13,9 et 11,7 N.T.U. au point côtier). Durant la saison estivale, les valeurs sont de l'ordre de 1,7 N.T.U. (de mai à juillet). Une augmentation est observée en août. Pour les matières en suspension (M.E.S.), l'évolution est comparable : les valeurs les plus importantes sont mesurées au mois de mars et avril avec, respectivement, 19,3 et 20,5 mg.l⁻¹. Une augmentation brutale est observée en juin aux 3 points (concentration multipliée par 6). A partir d'octobre les valeurs sont relativement stables (niveau hivernal). Les valeurs de turbidité et de M.E.S. sont plus stables et plus faibles au large qu'à la côte ; sauf au début du mois de février (Figures 2.5. et 2.6. - Annexe 2).

Les gradients côte-large de turbidité et des M.E.S. sont compris, respectivement, entre 0,01 et 11,06 N.T.U. et entre 0,1 et 18,1 mg.l⁻¹ (Figure 2.5. et 2.6. - Annexe 2).

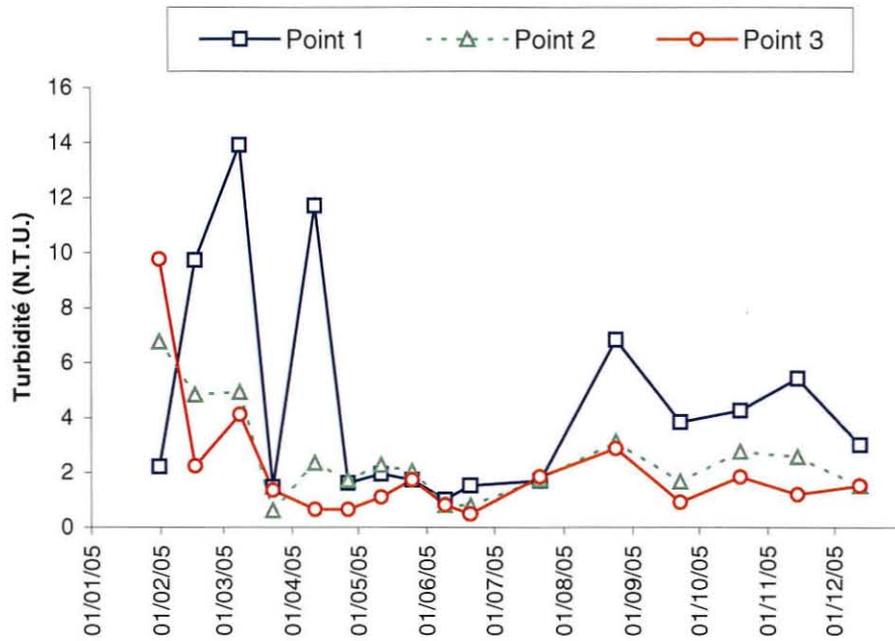


Figure 2.5. Évolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

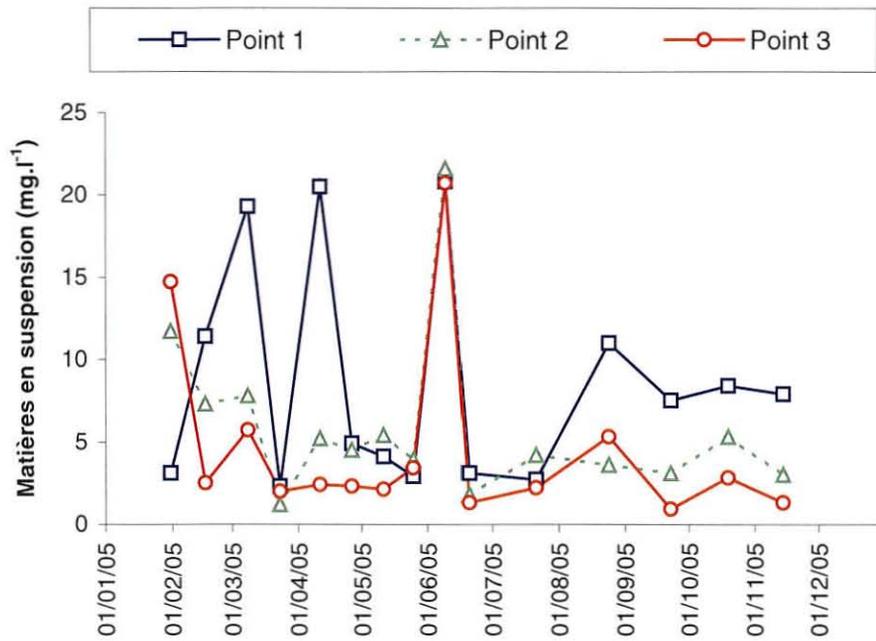


Figure 2.6. Évolution temporelle des matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

Évolution à long terme

Les valeurs de turbidité sont plus importantes en période hivernale. Pour la période 1997-2005, la turbidité est plus importante au point côtier avec une médiane de 3,16 N.T.U. contre 1,72 N.T.U. et 1,10 N.T.U. pour les points intermédiaire et large.

Les valeurs de mars à mai et d'août 2005 sont particulièrement importantes pour l'ensemble des points. Un maximum exceptionnel (9,75 N.T.U.) est relevé au point du large en janvier. Les années 1997, 1998, 2000, 2003, 2004 sont remarquables du point de vue de la turbidité mesurée sur certains points lors de certains mois (Figure 2.7.).

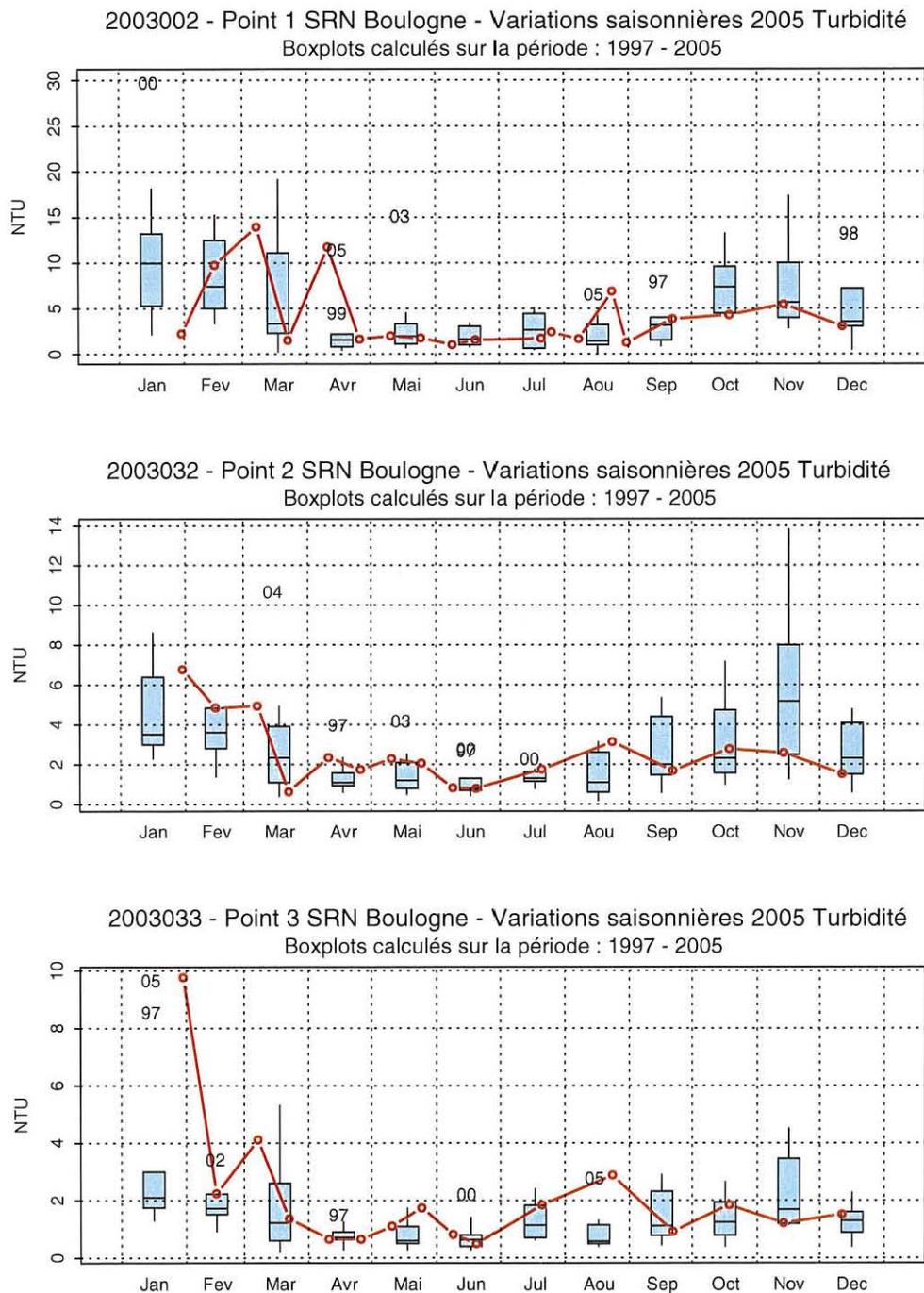
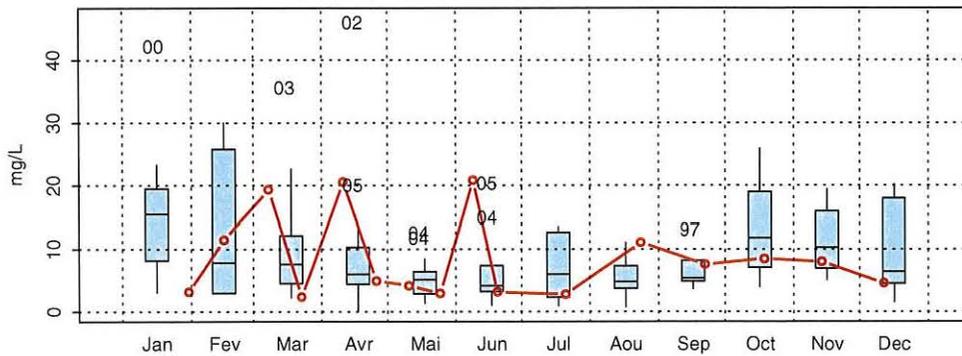


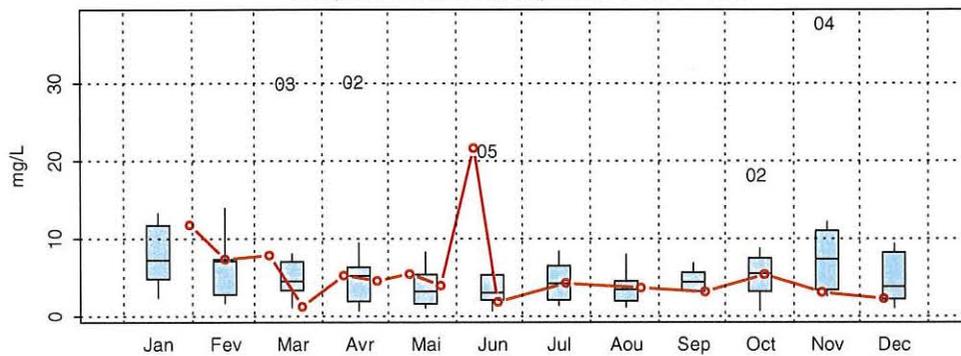
Figure 2.7. Évolution des variations saisonnières de turbidité sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Les teneurs en M.E.S. sont plus importantes à la côte qu'au large (médiane en 2005 au point côtier de 6,2 mg.l⁻¹ contre 4,35 mg.l⁻¹ et 2,45 mg.l⁻¹ aux points intermédiaire et large). Sur le long terme, l'année 2005 est une année « moyenne » du point de vue des M.E.S. : les médianes sur la période 1997-2005 sont de 6,4 mg.l⁻¹ au point 1, 4,25 mg.l⁻¹ au point 2 et 2,7 mg.l⁻¹ au point 3. La variabilité est nettement supérieure à la côte. Des teneurs particulièrement élevées ont pu être mesurées en 2000, 2002, 2003 et 2004 (Figure 2.8.).

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005

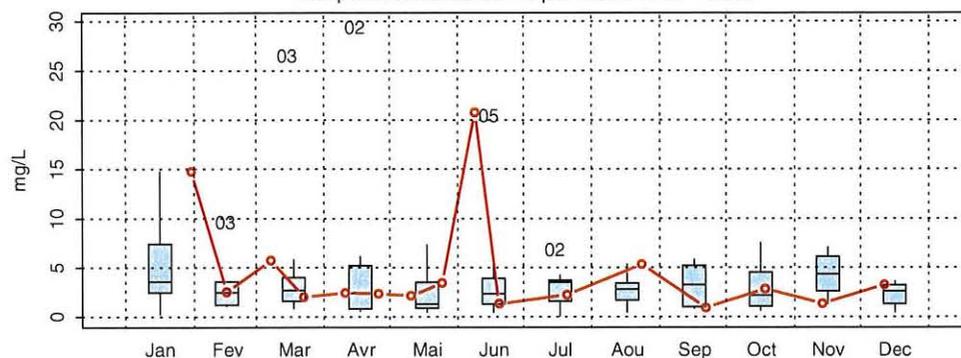


Figure 2.8. Évolution des variations saisonnières de M.E.S. sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

2.2.4. Matière organique

Aux points côtier et intermédiaire, malgré une forte variabilité, la teneur en matière organique augmente globalement de janvier à juin (d'environ 15 à 40 %) puis chute pour atteindre les faibles niveaux hivernaux (de l'ordre de 20 %). Le schéma est différent au point du large caractérisé par des variations de forte amplitude quelle que soit la saison (Figure 2.9. - Annexe 2).

La teneur en matière organique est toujours plus importante au large (à l'exception de fin janvier et mi-mars). Le gradient côte-large est compris entre 1,34 % et 70,69 % (Figure 2.9. - Annexe 2).

Certains maximums de matière organique correspondent aux maximums de chlorophylle *a* (voir paragraphe 2.2.5.).

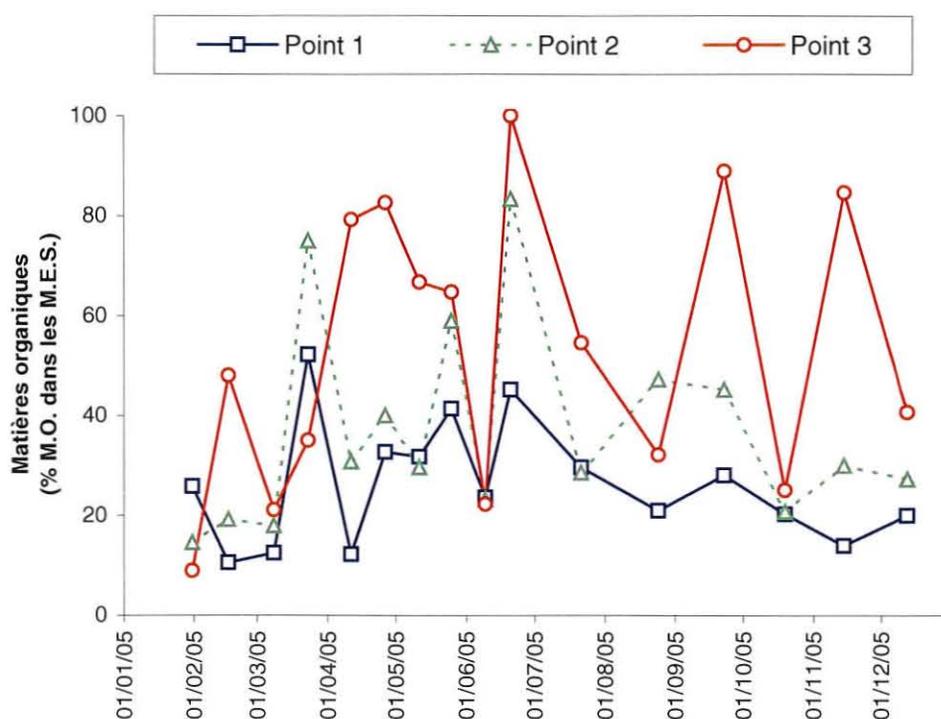


Figure 2.9. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

Évolution à long terme

Les concentrations en M.E.S. organiques sont plus importantes de mars à juin pour les 3 points. Aux points 2 et 3, excepté pour le mois de juin, les valeurs sont proches des médianes mensuelles. Les années 1997, 2001 à 2004 restent des années où la concentration en M.E.S. organiques était relativement importante pour certains points de la radiale et lors de certains mois (Figure 2.10.).

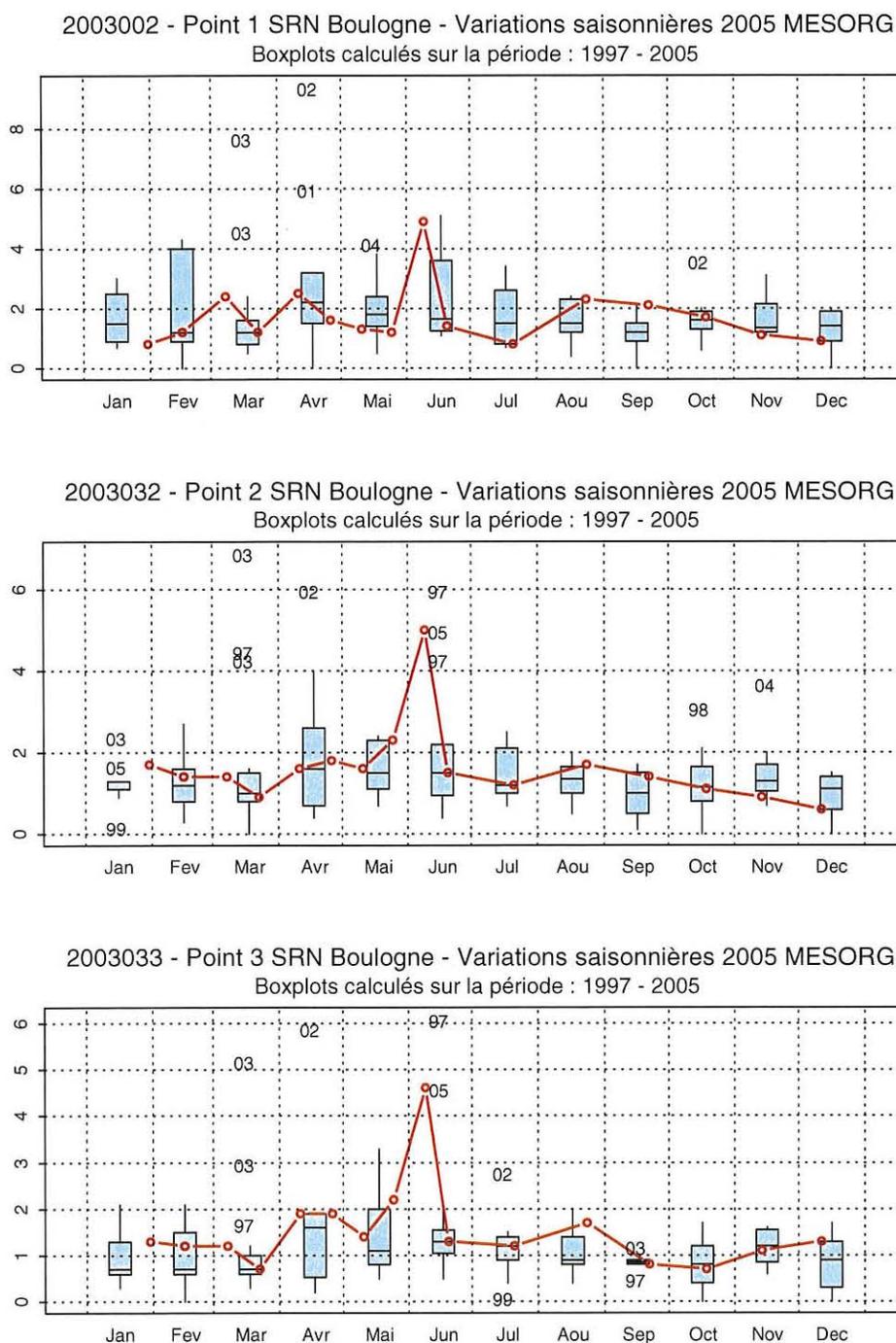


Figure 2.10. Évolution des variations saisonnières de M.E.S. organiques sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

2.2.5. Chlorophylle *a* et sels nutritifs

Évolution à long terme par paramètres

- Chlorophylle *a*

Les concentrations en chlorophylle *a* les plus importantes ont été mesurées en 2000 et 2003. L'année la plus pauvre est l'année 1997. L'année 2005 peut être considérée comme « moyenne » (Figure 2.12.a.).

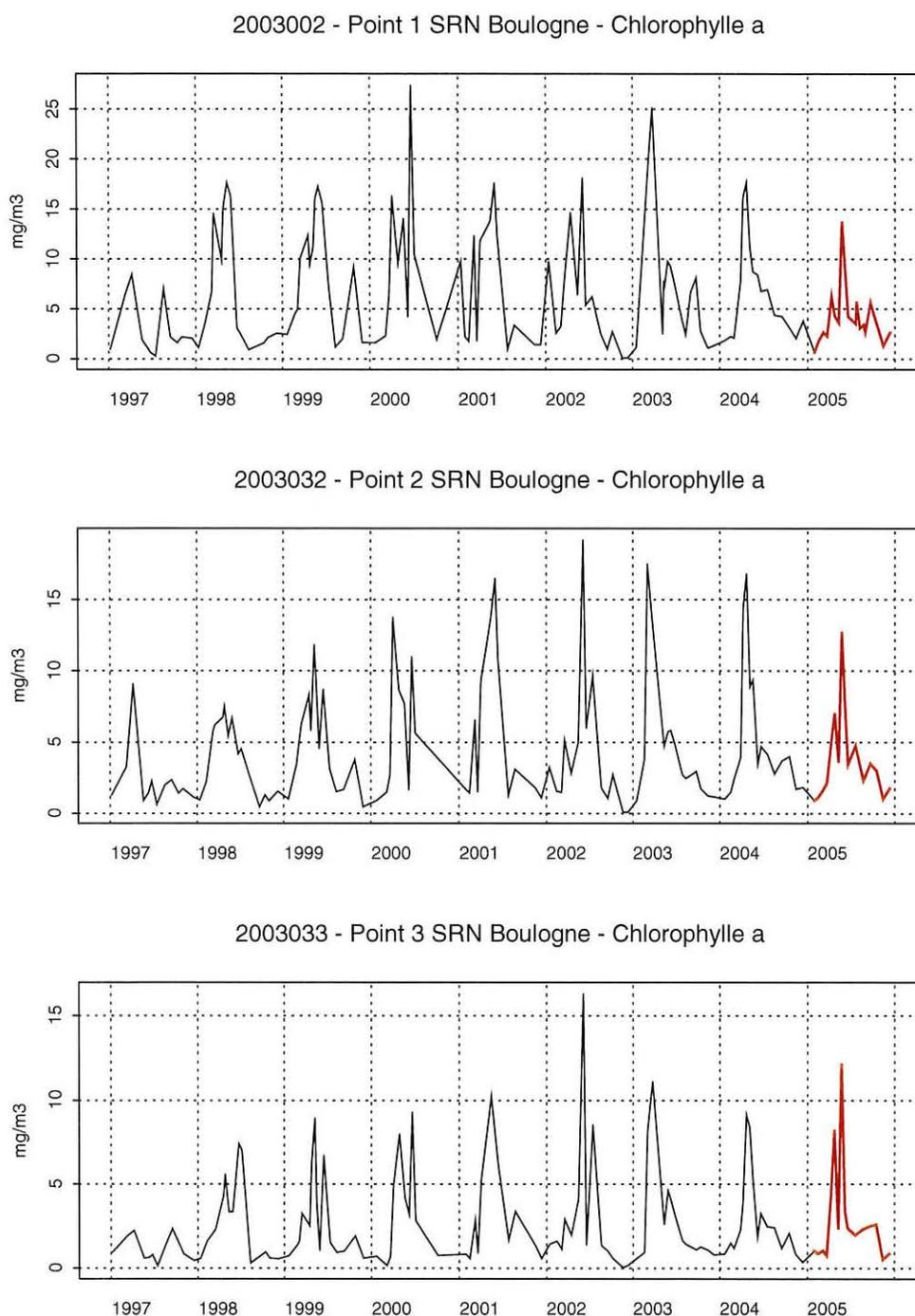


Figure 2.12.a. Évolution de la chlorophylle *a* sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005
Le schéma d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* est tel que les valeurs sont faibles en période hivernale, fortes au printemps et moyennes en automne. En 2005, deux pics sont

observables au printemps ainsi qu'un pic automnal. Les années 2002, 2003 et 2004 sont des années exceptionnelles quant aux valeurs enregistrées certains mois pour certains points (Figure 2.12.b).

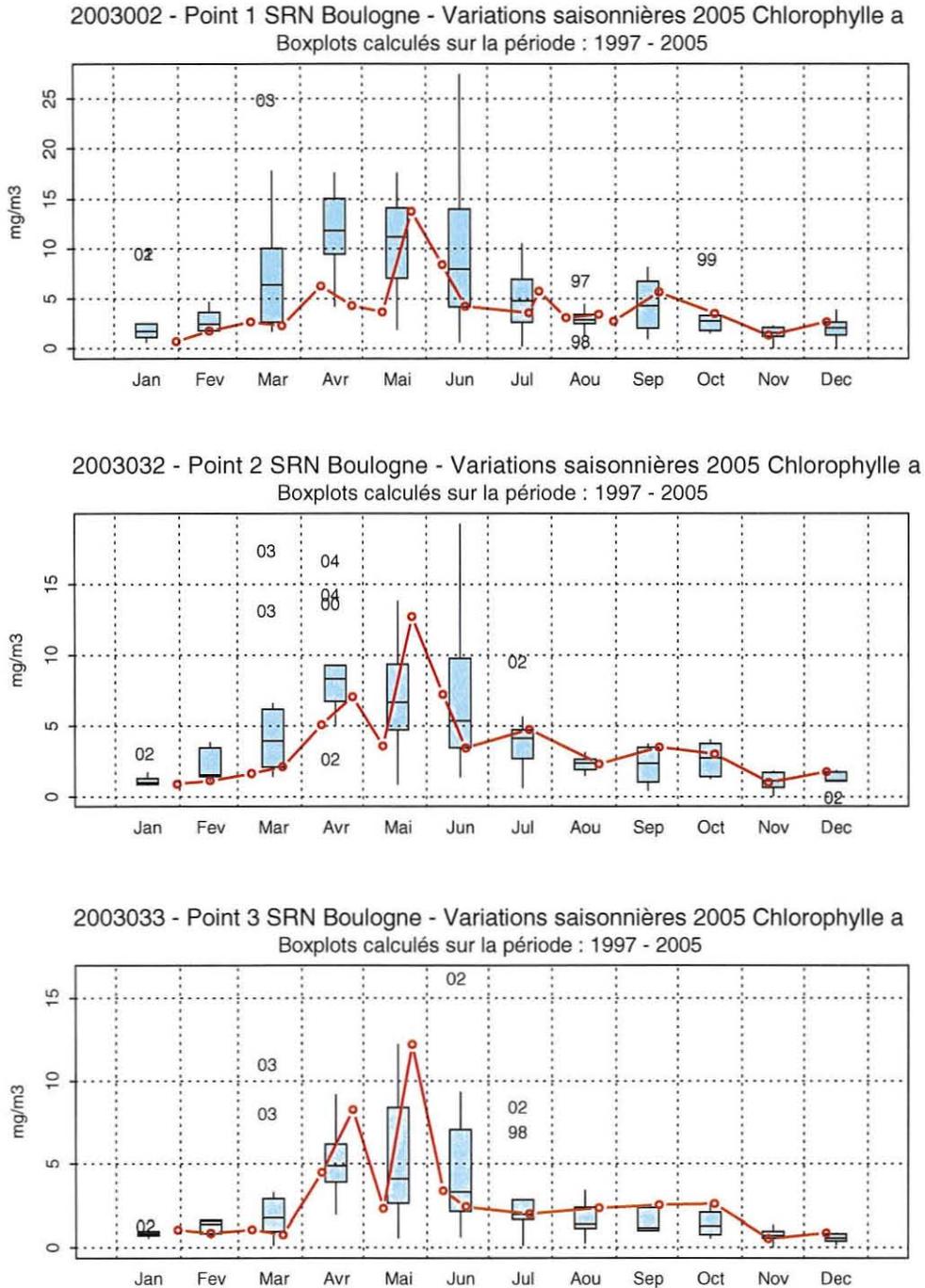


Figure 2.12.b. Évolution des variations saisonnières en chlorophylle *a* sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

- Nitrate

L'année 2005 présente des concentrations en nitrate supérieures à celles des années précédentes (médiane au point côtier en 2005 : $5,42 \mu\text{mol.l}^{-1}$ et médiane sur la période 1997-2005 : $2,29 \mu\text{mol.l}^{-1}$). Les concentrations sont toujours plus élevées en période hivernale mais en 2005 un second maximum est observé au printemps (Figure 2.15.a.).

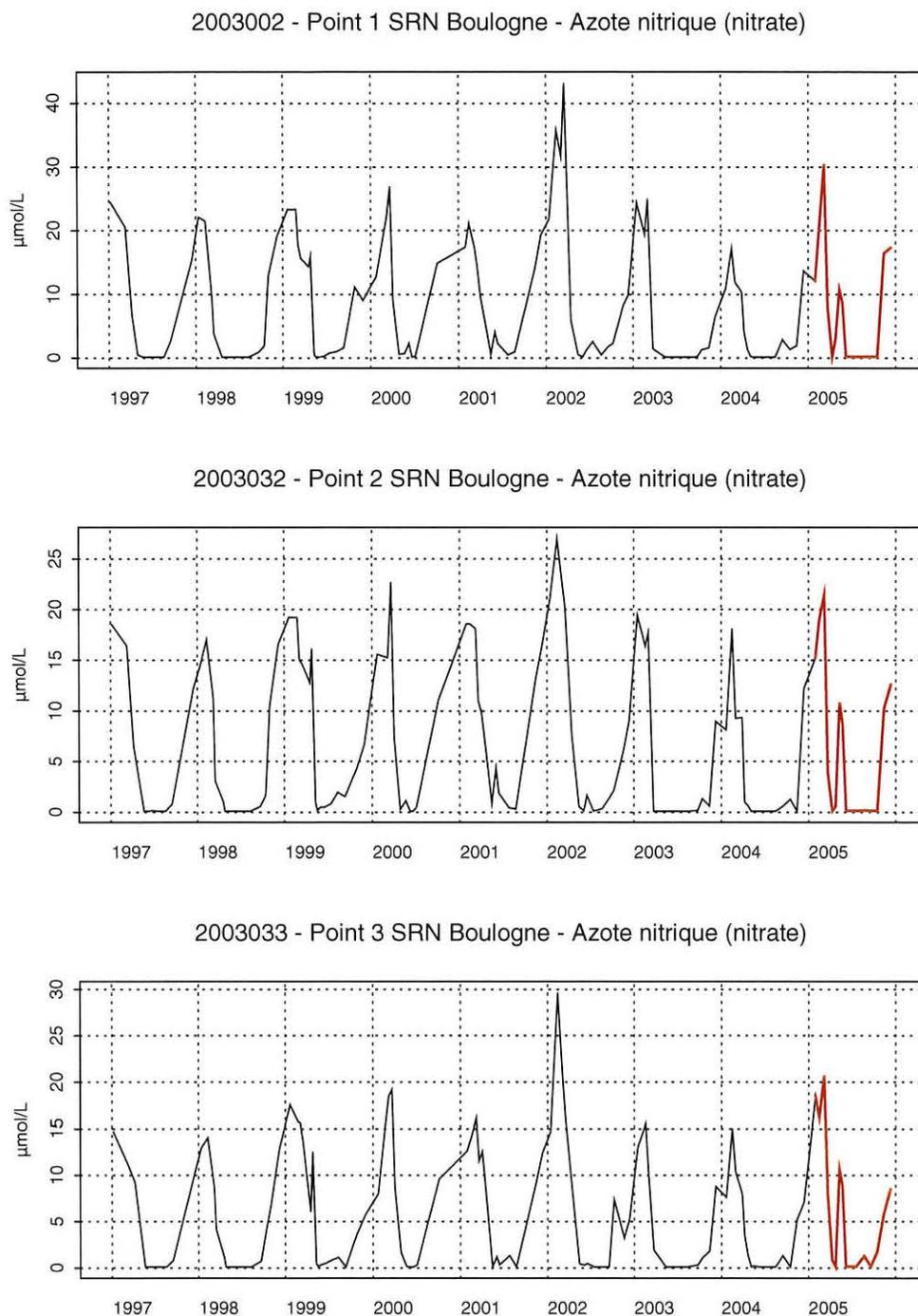
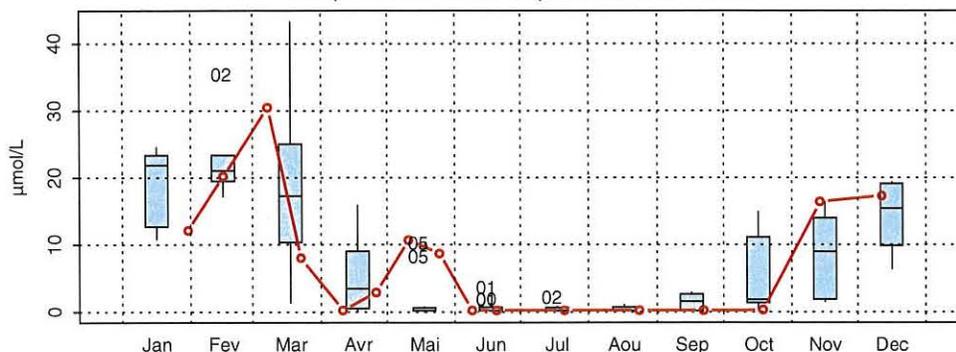


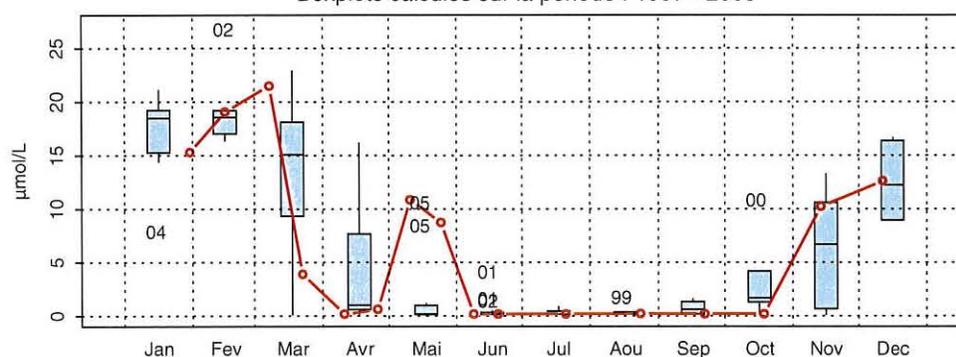
Figure 2.15.a. Évolution des nitrates sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

L'évolution saisonnière est telle que les concentrations de nitrate sont élevées en période hivernale et basses en période estivale. Le cycle saisonnier 2005 est cohérent avec celui établi pour la période 1997-2005 sauf au mois de mai ($10,67 \mu\text{mol.l}^{-1}$ au point côtier pour comparaison avec des valeurs généralement proches du seuil de détection : $0,15 \mu\text{mol.l}^{-1}$). Des concentrations maximales ont également été atteintes en février 2002. Les concentrations ont été particulièrement faibles en janvier 2004 aux points intermédiaire et du large (Figure 2.15.b.).

2003002 - Point 1 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



2003032 - Point 2 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



2003033 - Point 3 SRN Boulogne - Variations saisonnières 2005 Azote nitrique (nitrate)
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005

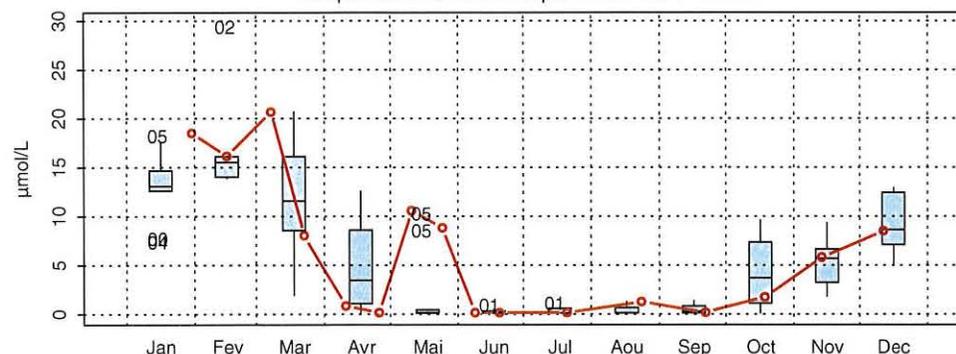


Figure 2.15.b. Évolution des variations saisonnières de nitrate sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

- Nitrite

L'année 2005 présente les plus hautes valeurs jamais enregistrées aux points 1 et 2, et des valeurs relativement élevées au point 3, en raison d'un maximum de concentration mesuré au printemps (Figure 2.17.a.).

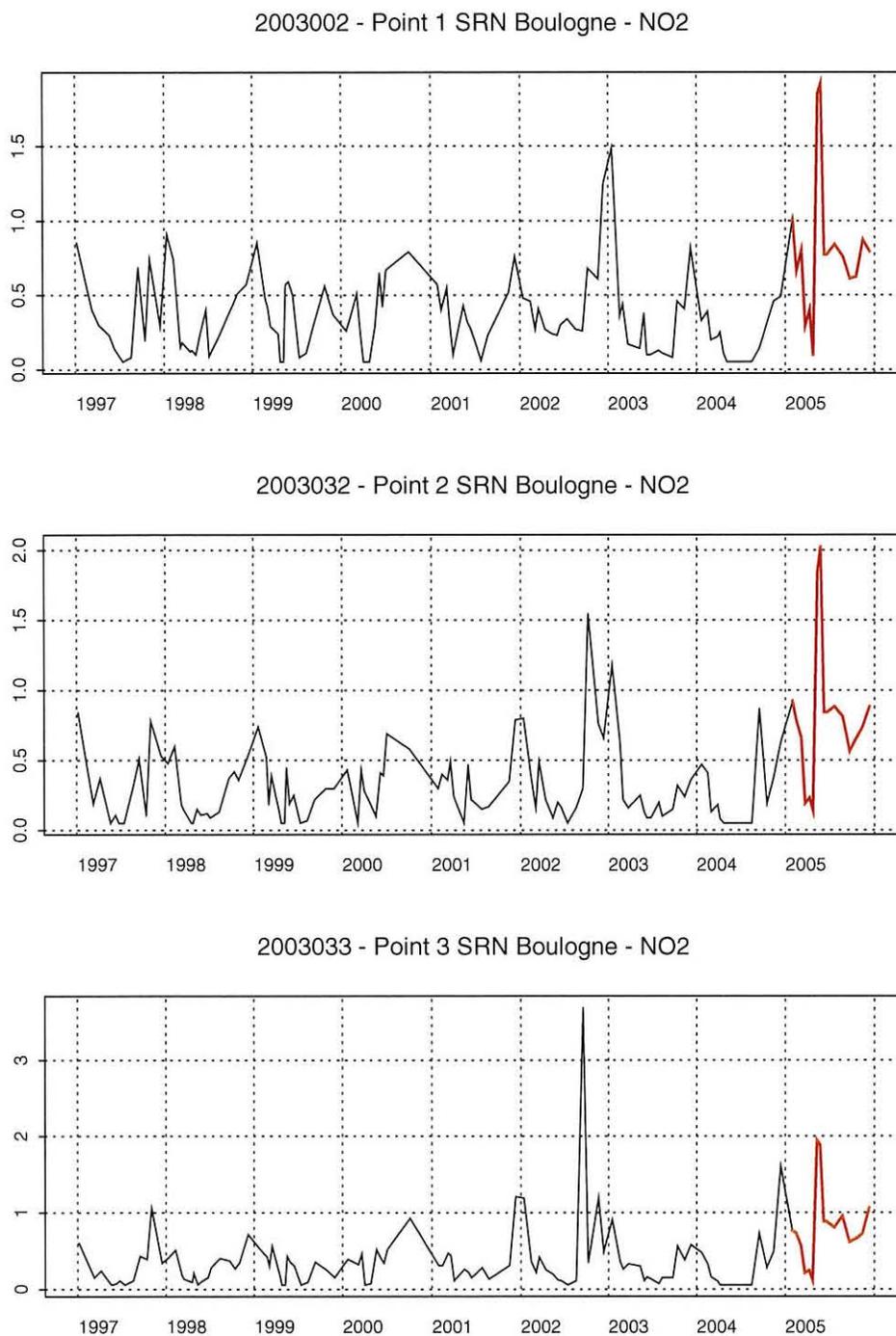


Figure 2.17.a. Évolution des nitrites sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Pour la période 1997-2005, un cycle saisonnier est identifié : les concentrations peuvent être multipliées par un facteur 2,5 entre l'été et l'hiver. En 2005, pour les trois points, les valeurs sont situées au-dessus de la « normale ». Les années 2000 et 2002 sont également caractérisées par des concentrations importantes lors de certains mois pour certains points (Figure 2.17.b).

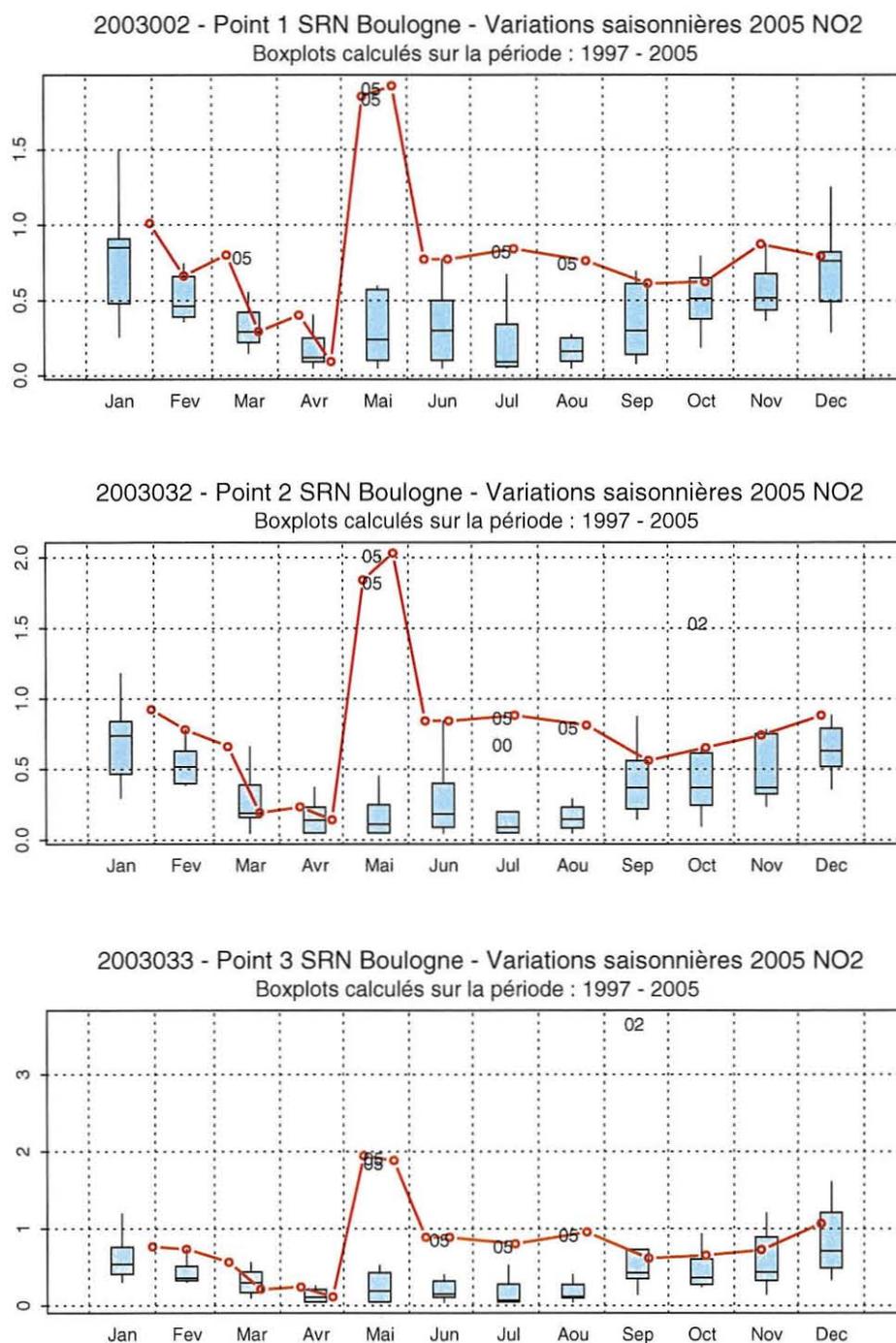


Figure 2.17.b. Évolution des variations saisonnières en nitrite sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

- Ammonium

La concentration en ammonium apparaît plus importante en 2005. La médiane de 2005 est plus élevée que celle de la période 1997-2005 pour les 3 points avec : 1,7 contre 1,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (point 1) ; 1,5 contre 1,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (point 2) ; 1,5 contre 0,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (point 3) (Figure 2.19.a.).

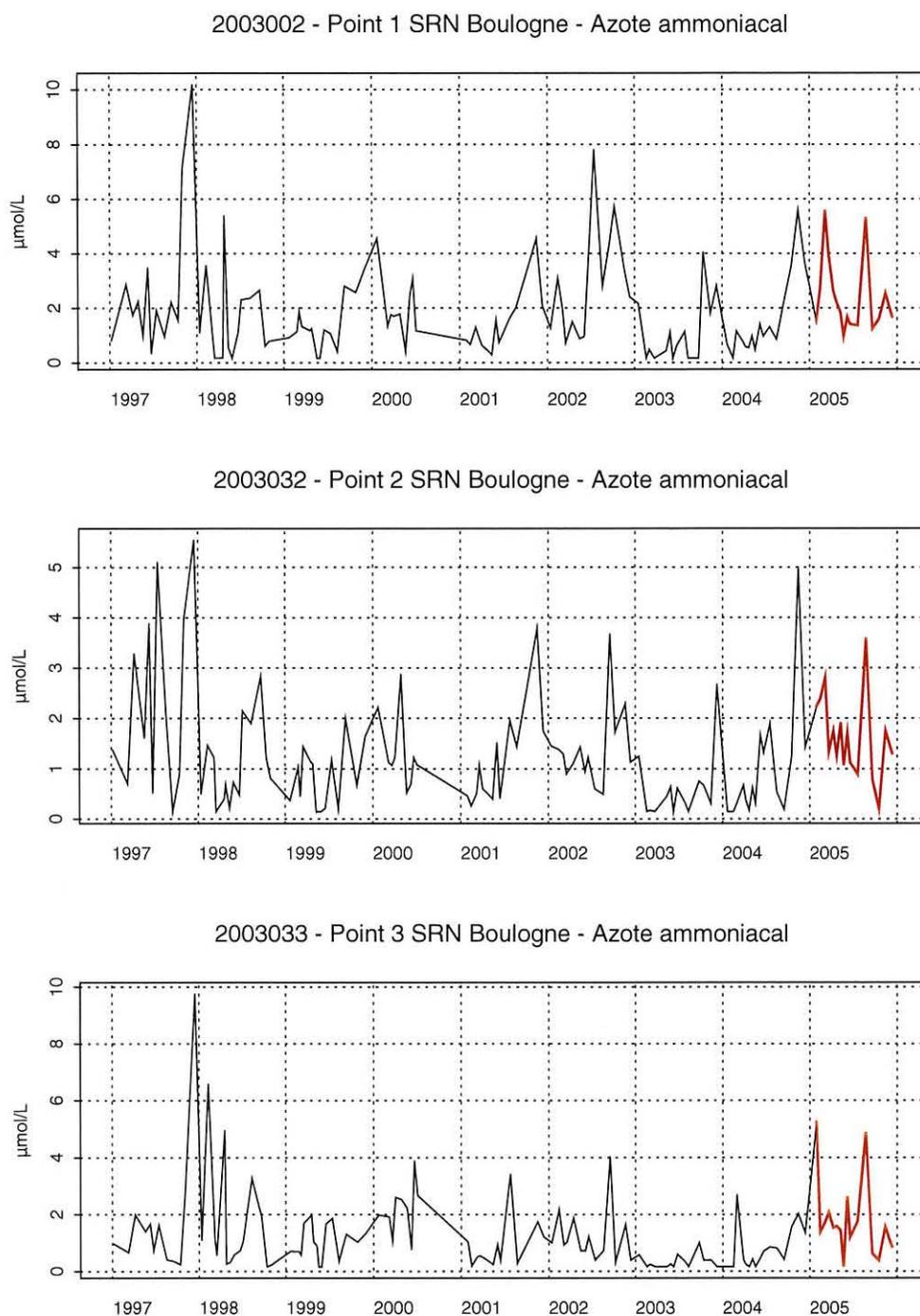


Figure 2.19.a. Évolution de l'ammonium sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

L'évolution de la concentration en ammonium en 2005 ne suit pas le schéma établi sur la période 1997-2005. Deux maximums sont visibles, en mars et en août, aux 3 points. Les années 1997, 1998, 2000 et 2002 restent exceptionnelles quant aux valeurs enregistrées lors de certains mois pour certains points (Figure 2.19.b.).

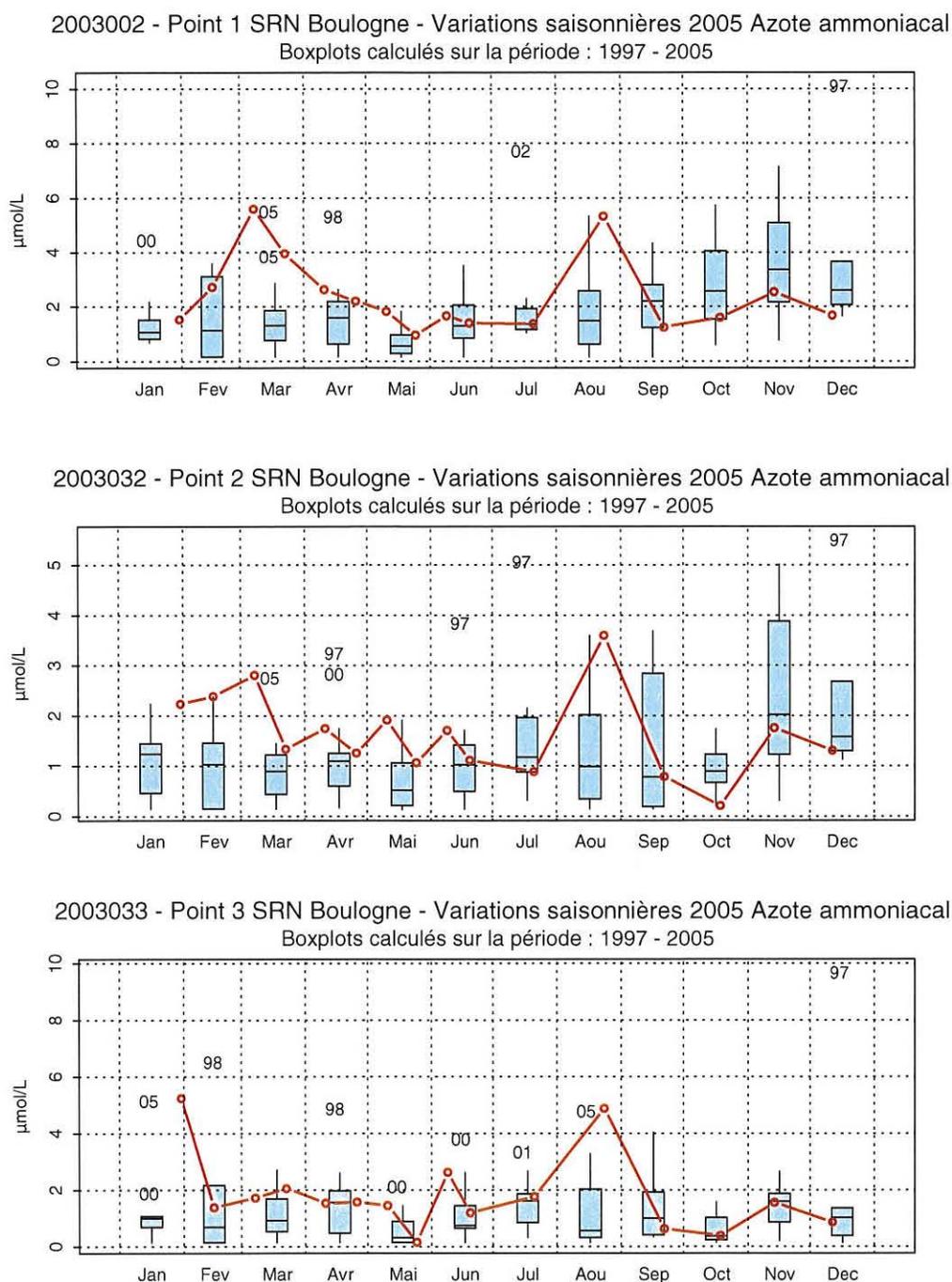


Figure 2.19.b. Évolution des variations saisonnières en ammonium sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

- Phosphate

L'année 2005 présente les concentrations en phosphate les plus importantes jamais enregistrées (médiane de $0,78 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 2005 contre une médiane de $0,30 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la période 1997-2005). En 2005, la courbe d'évolution des concentrations en phosphate ne suit pas les variations que l'on pouvait observer lors des années antérieures (Figure 2.21.a).

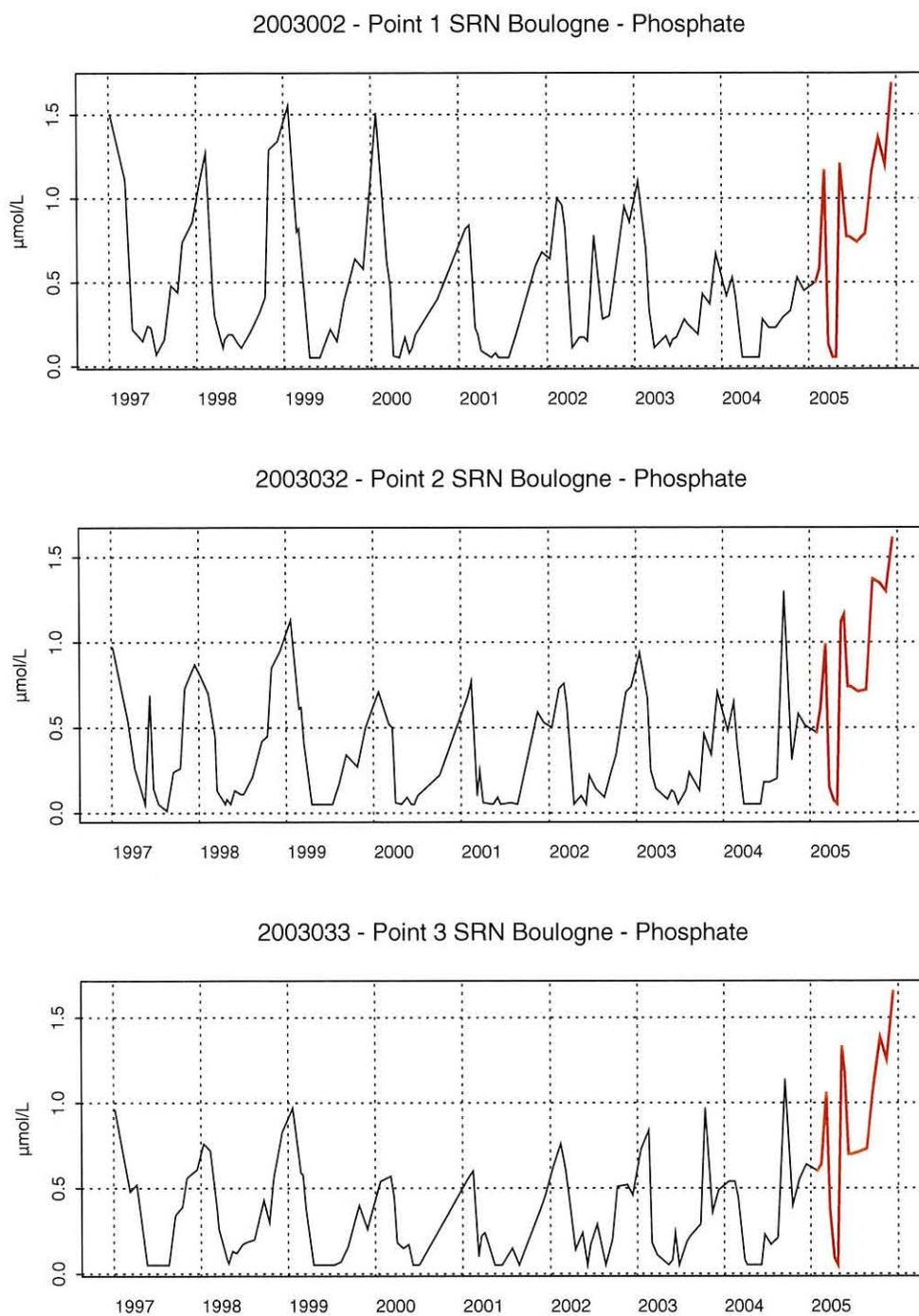


Figure 2.21.a. Évolution des phosphates sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Globalement, les concentrations en phosphate sont plus importantes en période hivernale qu'estivale. Une forte dispersion des valeurs est observée au point côtier en période hivernale. En 2005, les concentrations sont particulièrement importantes en mars puis de mai à décembre. Les concentrations ont été également importantes lors de certains mois de l'année 1997 et pour certains points (Figure 2.21.b.).

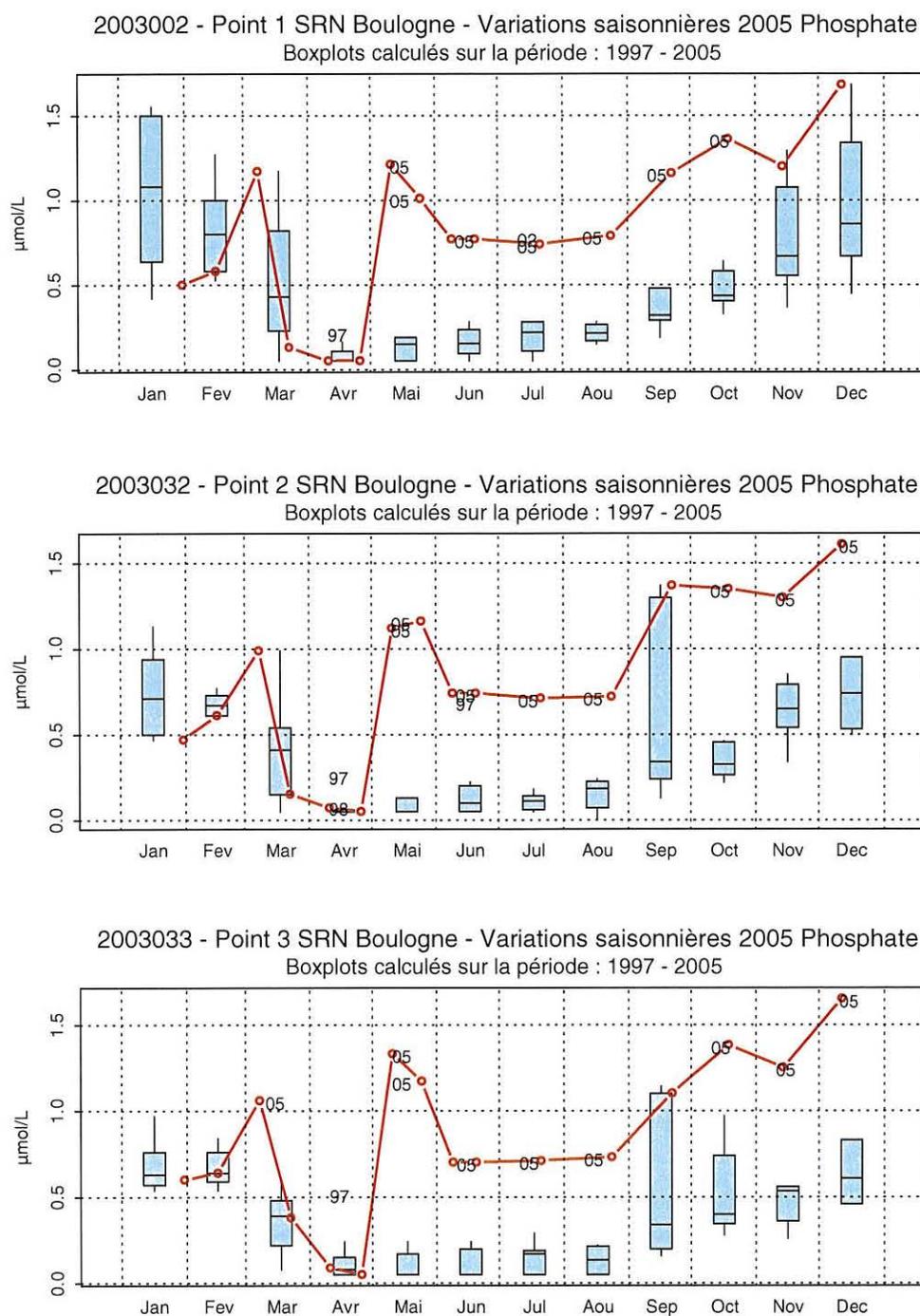


Figure 2.21.b. Évolution des variations saisonnières en phosphate sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

- Silicate

Le schéma d'évolution de la concentration en silicate correspond à ce qui a été observé lors des années antérieures. Les hivers 2002 et 2003 sont marqués par les plus fortes concentrations mesurées entre 1997 et 2005 (Figure 2.23.a).

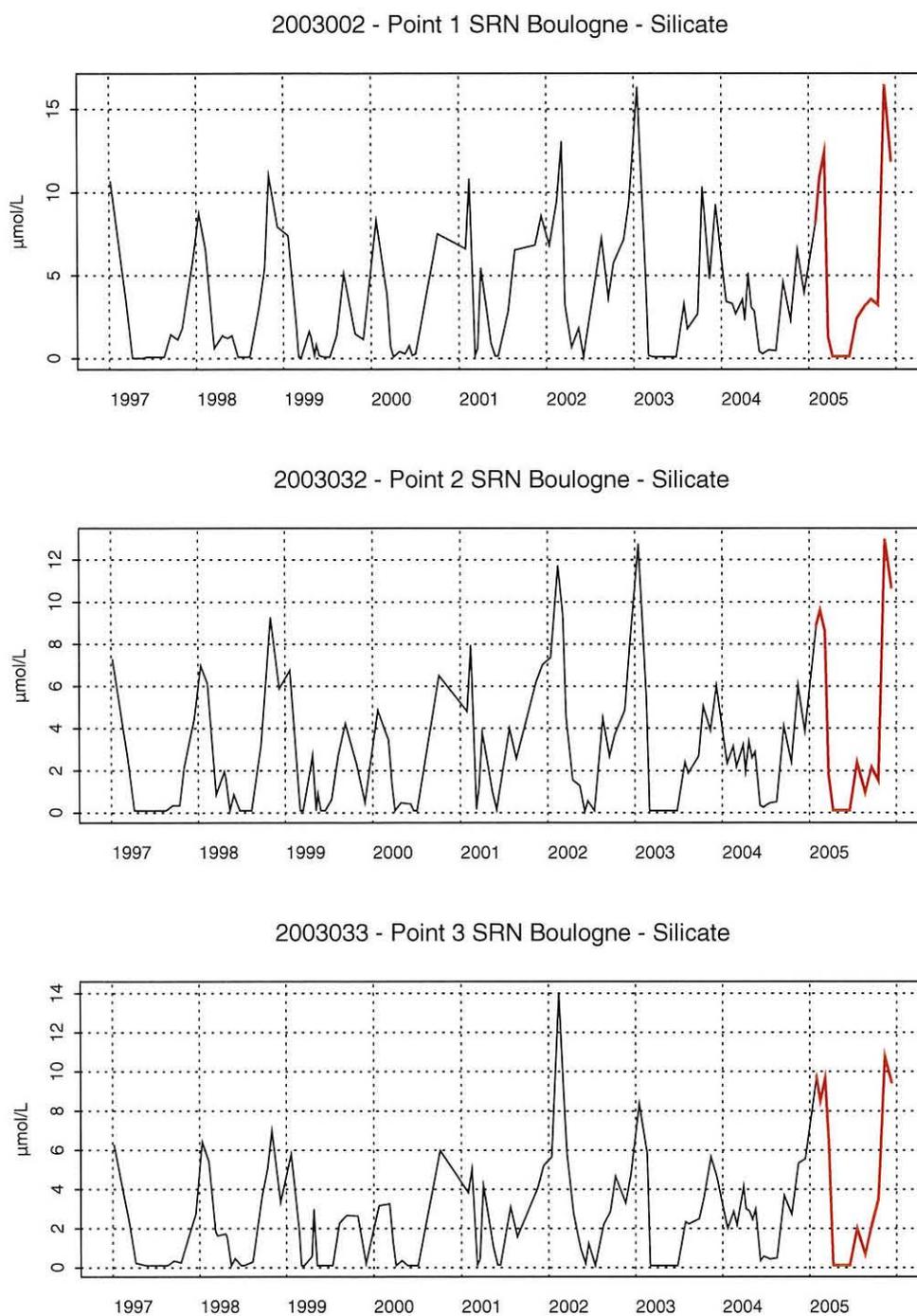


Figure 2.23.a. Évolution des silicates sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Globalement, le cycle saisonnier est tel que les valeurs les plus élevées sont mesurées en période hivernale. Les variations saisonnières 2005 sont cohérentes avec le schéma établi sur la période 1997-2005. En 2005, les concentrations sont particulièrement élevées lors des mois de mars (points 1 et 2), novembre et décembre (valeur mensuelle la plus élevée au point du large) (Figure 2.23.b.).

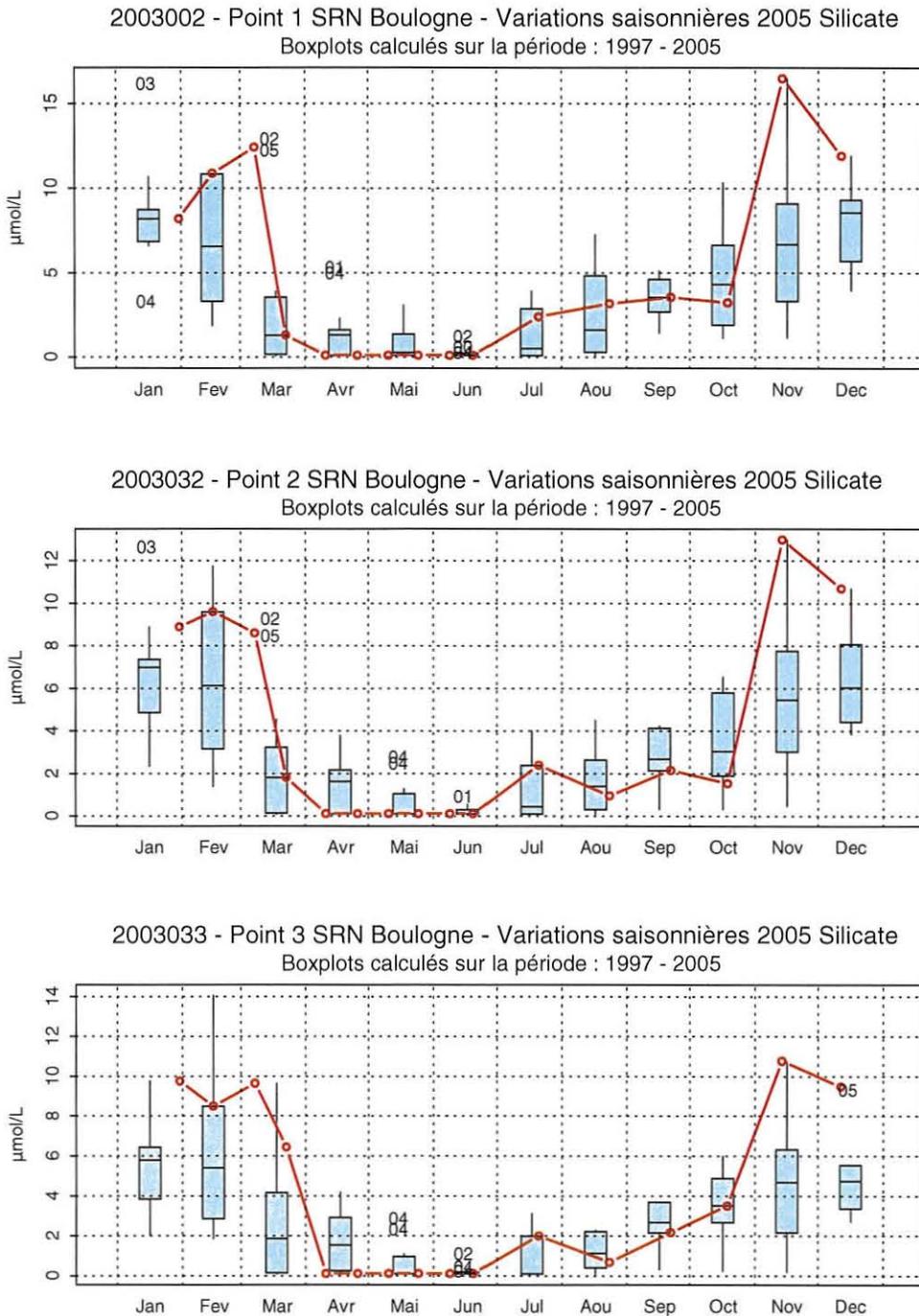


Figure 2.23.b. Évolution des variations saisonnières en silicate sur la radiale de Boulogne-sur-Mer pour la période 1997-2005

Bilan 2005

L'évolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 1 peut être décomposée en plusieurs phases : (1) la concentration des sels nutritifs chute brutalement en mars pour atteindre le seuil de détection en avril (sauf pour l'ammonium) alors que la concentration en chlorophylle *a* atteint un premier maximum (6,23 $\mu\text{g.l}^{-1}$ au point côtier). (2) Après une légère diminution de la concentration en chlorophylle *a* jusque début mai et une augmentation de la concentration en nitrate, en phosphate, une diminution de la concentration en silicate jusqu'au seuil de détection de mars à juin et une diminution régulière la concentration en ammonium de mars à mai, (3) la concentration en chlorophylle *a* augmente considérablement pour atteindre 13,75 $\mu\text{g.l}^{-1}$ le 25 mai alors que la concentration en nitrate chute jusqu'au seuil de détection. (4) De juin à août, la concentration en chlorophylle *a* est plus faible (de l'ordre de 3,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$). La concentration en phosphate est stable (environ 0,75 $\mu\text{mol.l}^{-1}$). La concentration en nitrate reste inférieure au seuil de détection (jusque novembre). La concentration en silicate augmente progressivement depuis juin et se stabilise en août-septembre. Un maximum de concentration en ammonium est observé le 24 août (5,32 $\mu\text{mol.l}^{-1}$). (5) En septembre, une troisième valeur remarquable de chlorophylle *a* est mesurée (5,63 $\mu\text{g.l}^{-1}$). La concentration en ammonium a chuté entre août et septembre. (6) La concentration en nitrate et silicate augmente entre octobre et novembre (multiplié par 79 pour les nitrates et 5 pour les silicates) alors que la concentration en chlorophylle *a* est de l'ordre de 2,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 2.16. – Annexe 2).

Les évolutions aux points 2 et 3 sont comparable, mais les niveaux de concentration atteints sont différents. Le pic automnal de chlorophylle *a* n'est pas observé. A cette période, le schéma d'évolution des concentrations en sels nutritifs est le même mais les niveaux atteints sont inférieurs (Figure 2.17. et 2.18. – annexe 2).

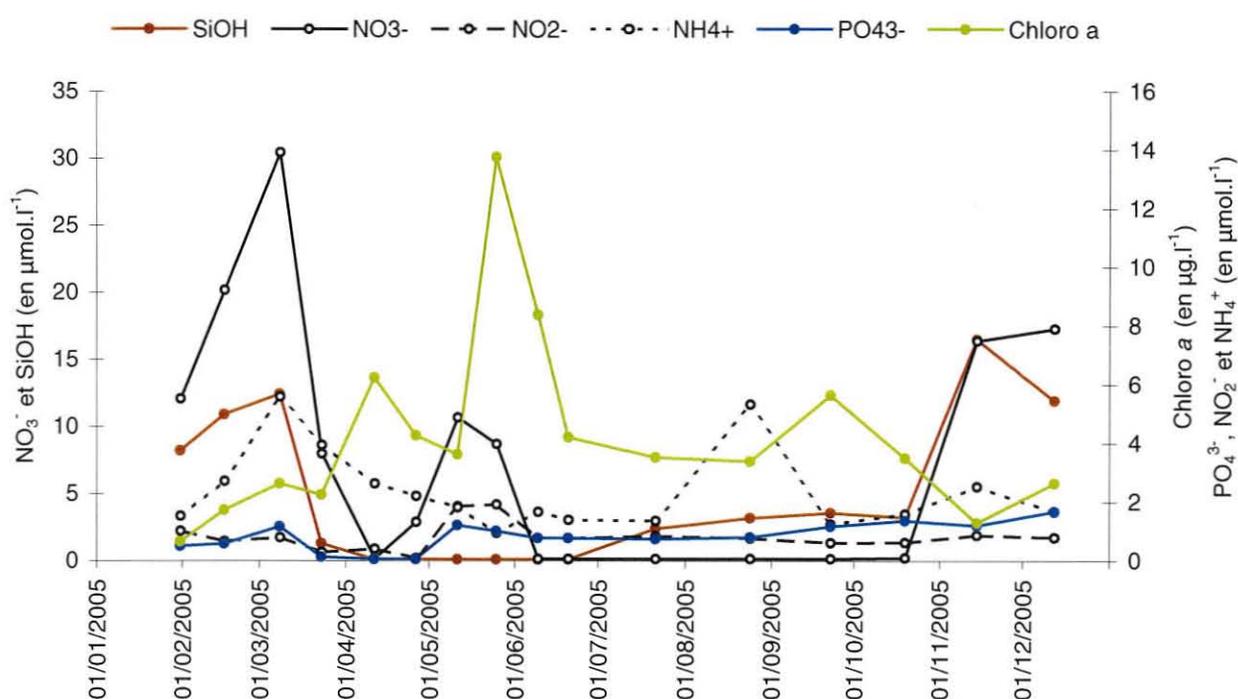


Figure 2.16. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

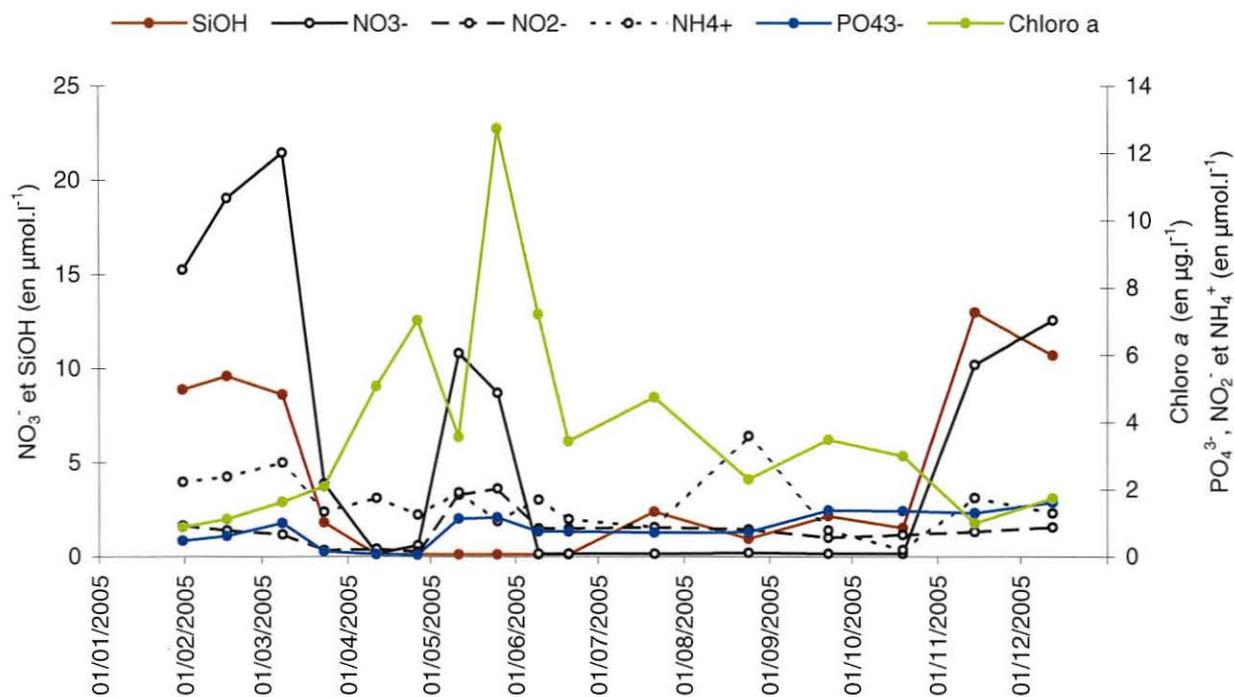


Figure 2.17. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

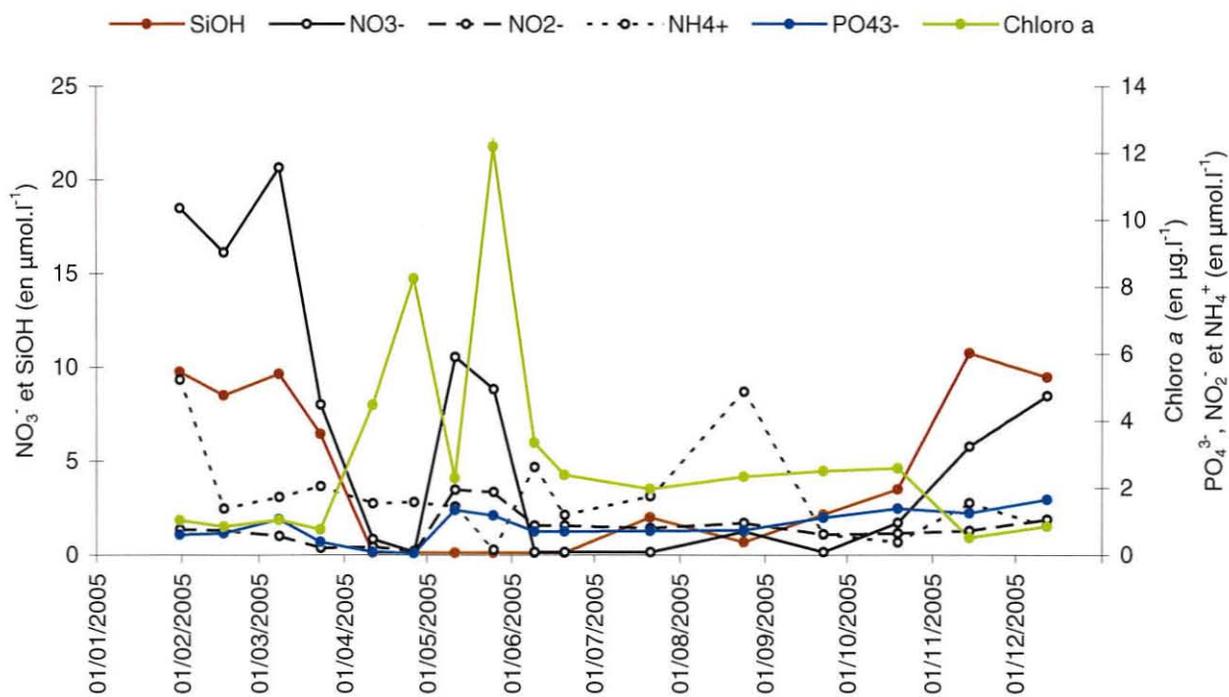


Figure 2.18. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.6. Phéopigments

Le taux de phéopigments est exprimé en pourcentage de chlorophylle active.

La chlorophylle est peu active en hiver (entre 50 et 60 %). L'activité est maximale pendant la période printanière et estivale (les maxima sont proches de 85 %). Après les mois de juillet et août, l'activité chute pour atteindre 55 % environ (Figure 2.13. - Annexe 2).

Le gradient côte-large du pourcentage de chlorophylle active est compris entre 2,14 % et 18,24 % (Figure 2.13. - Annexe 2).

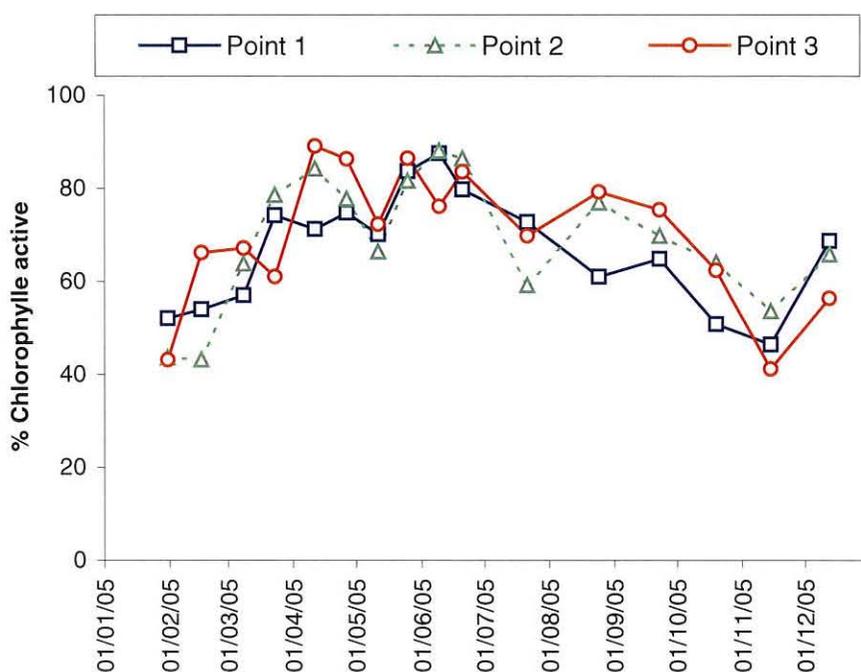


Figure 2.13. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.3. La Baie de Somme

Pour des raisons météorologiques et techniques, les prélèvements des mois de février, avril, juillet et décembre (pour les stations Mer 1 et Mer 2) n'ont pu être effectués. Au total, 13 prélèvements ont été réalisés.

2.3.1. Température

Bilan 2005

L'évolution des températures est classique et caractérisée par de faibles valeurs en période hivernale (de 5,2 °C au point BIF à 4,8 °C au point Atso en mars) et par des températures maximales en août (de l'ordre de 19,0 °C). La température diminue ensuite pour tendre vers des valeurs comparables à celles du début de l'année (Figure 3.1. - Annexe 2).

Les températures sont assez homogènes pour les 5 points, le gradient côte-large est soit nul, soit au maximum de 1,8 °C. Il est négatif ou nul en hiver et positif en été (eaux côtières plus chaudes) (Figure 3.1. - Annexe 2).

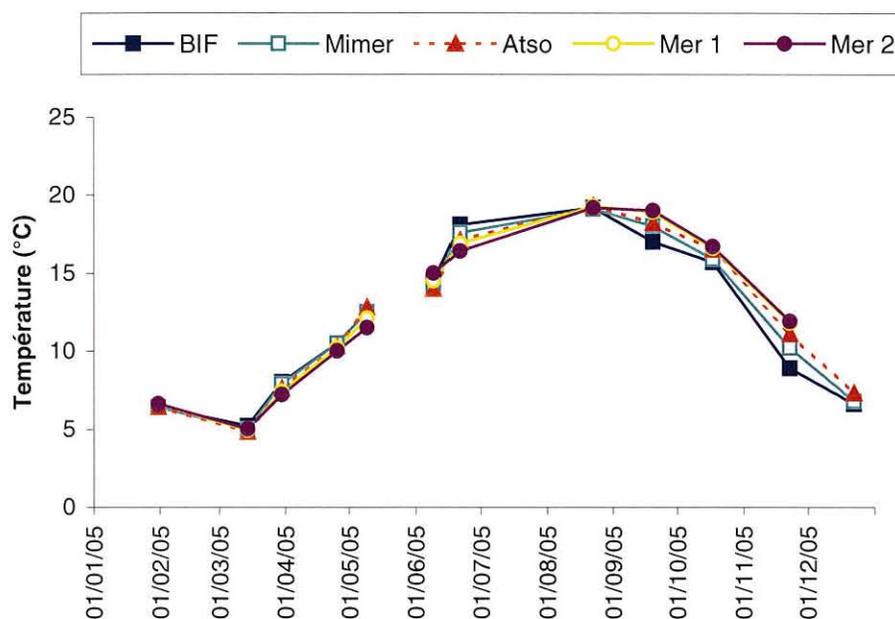


Figure 3.1. Évolution temporelle de la température sur la radiale de la Baie de Somme

Évolution à long terme

Les cycles saisonniers sont nettement marqués (Figure 3.2.a.). Les variations saisonnières de température pour la période 1997-2005 sont classiques avec des faibles valeurs en hiver et élevées en été. Les valeurs de 2005 sont assez proches de celles habituellement enregistrées, sauf pour les mois de février et mars. Les valeurs maximales ont été enregistrées en août 2003 avec 22,9 °C au point BIF (Figure 3.2.a.).

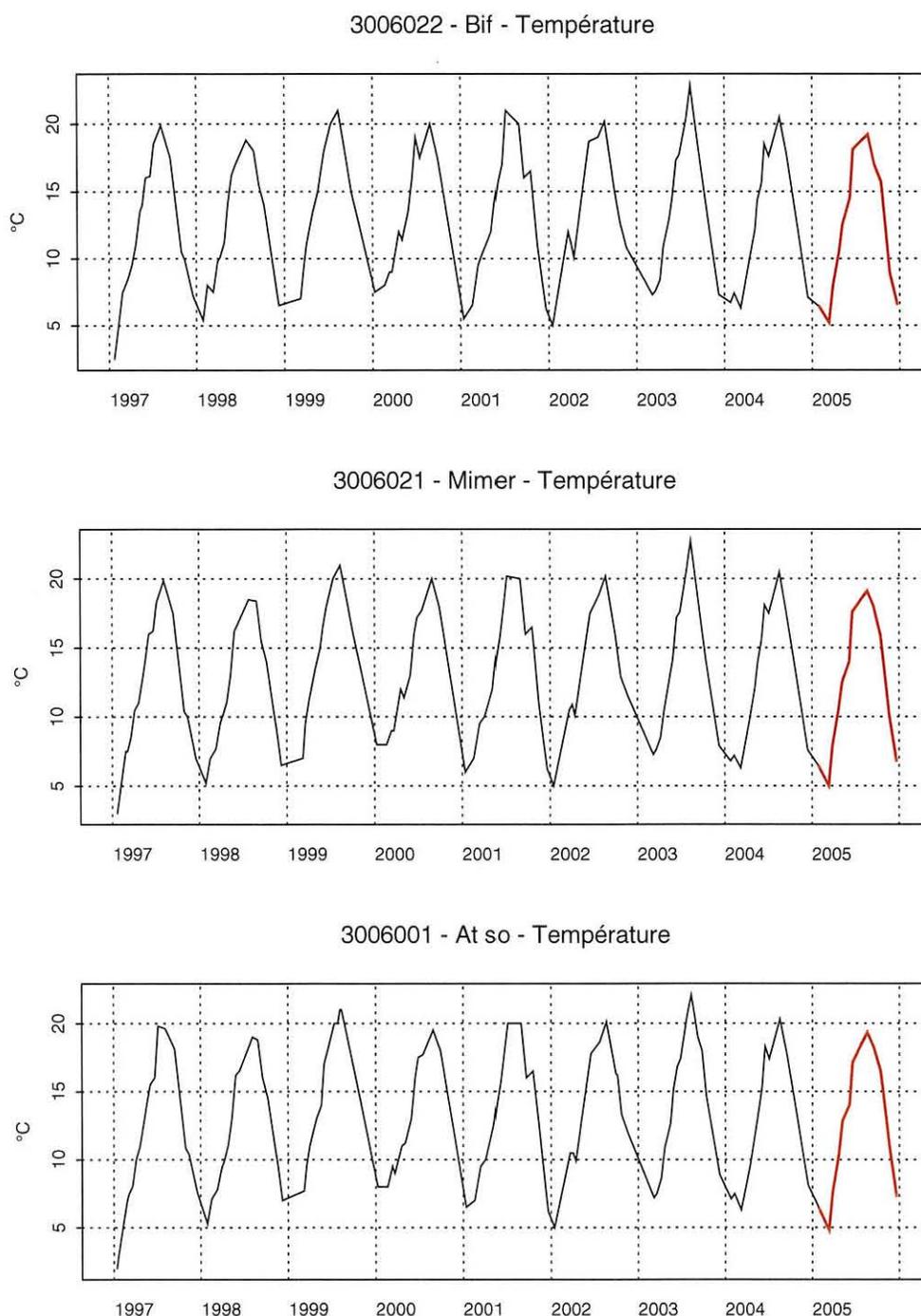


Figure 3.2.a. Évolution des températures sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

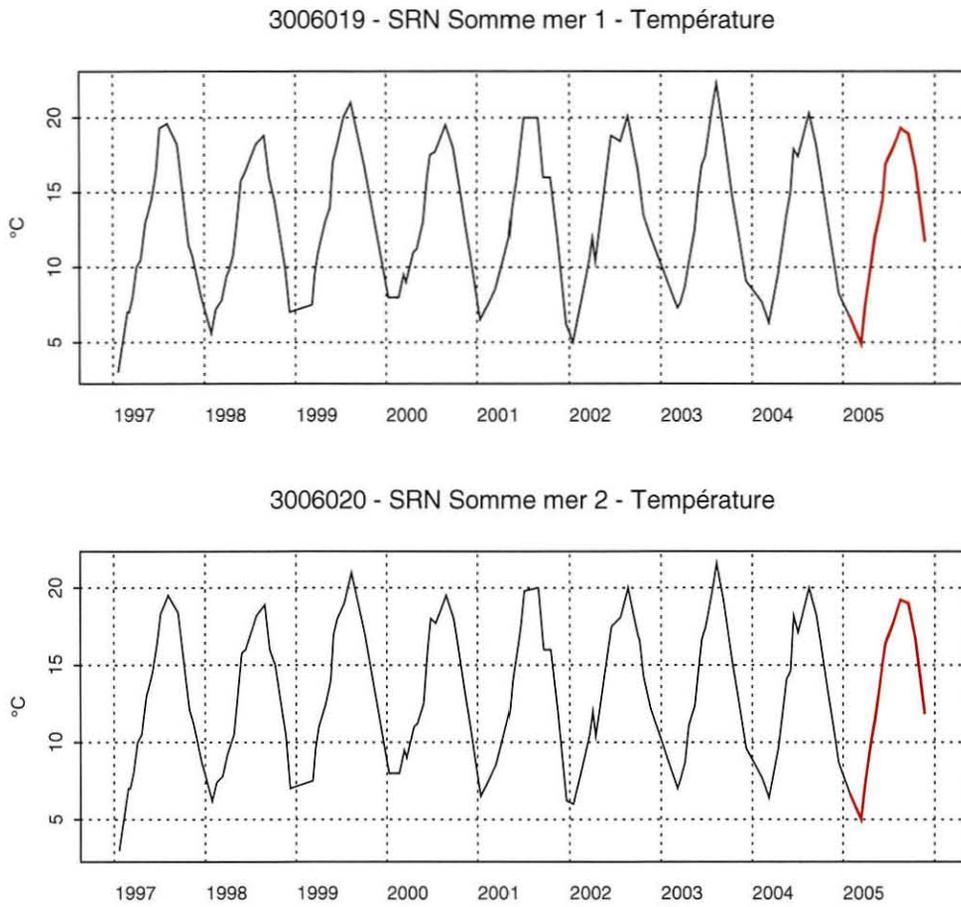


Figure 3.2.a. (suite) Évolution des températures sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Les médianes pour 2005 et pour la période 1997-2005 sont, respectivement : 11,5 °C contre 12,8 °C (BIF), 11,5 °C contre 12,9 °C (Mimer), 11,95 °C contre 13,15 °C (Atso), 12,10 °C contre 13,0 °C (Mer 1) et 11,9 °C contre 13,0 (Mer 2) (Figure 3.2.b.).

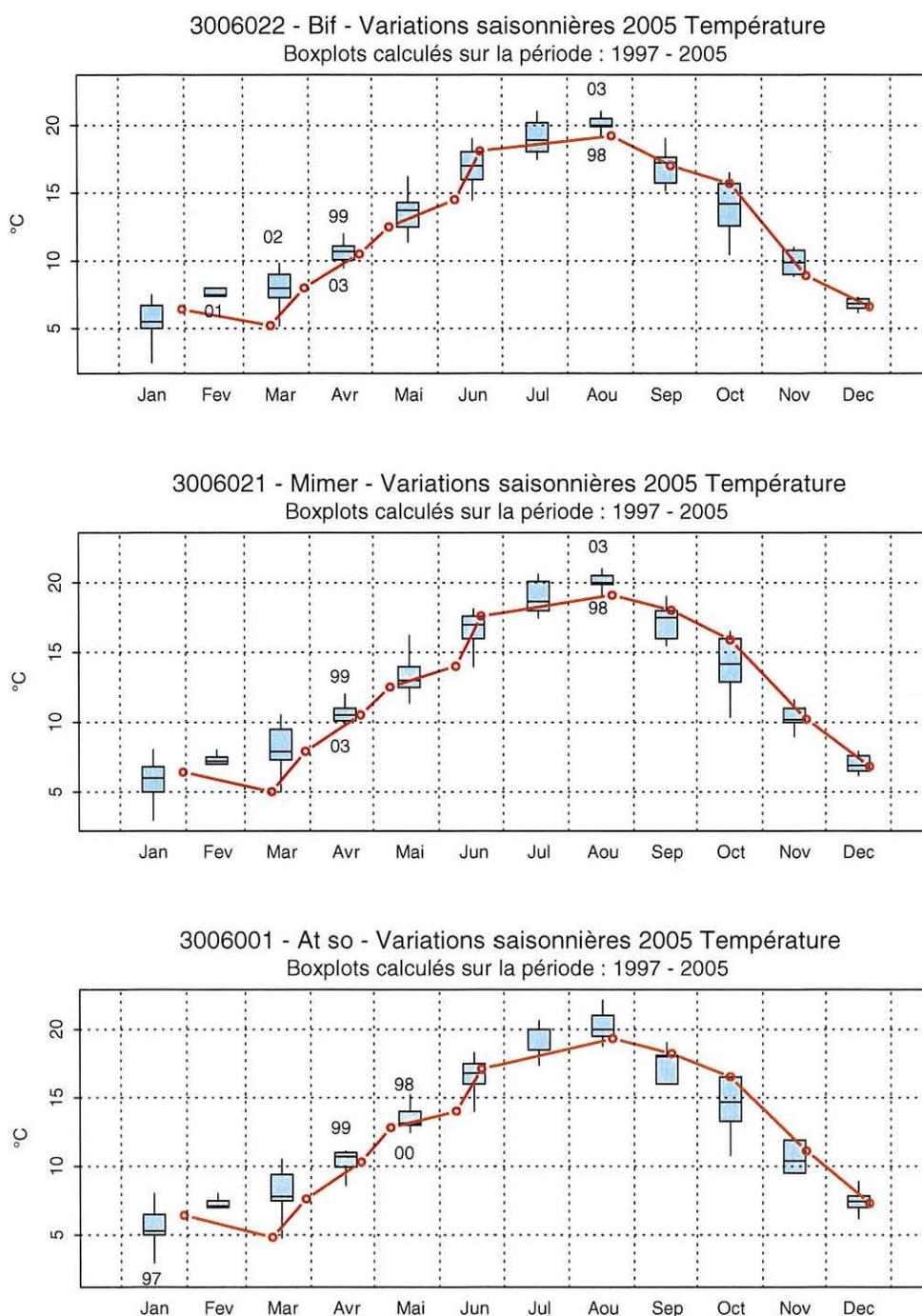


Figure 3.2.b. Évolution des variations saisonnières de température sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

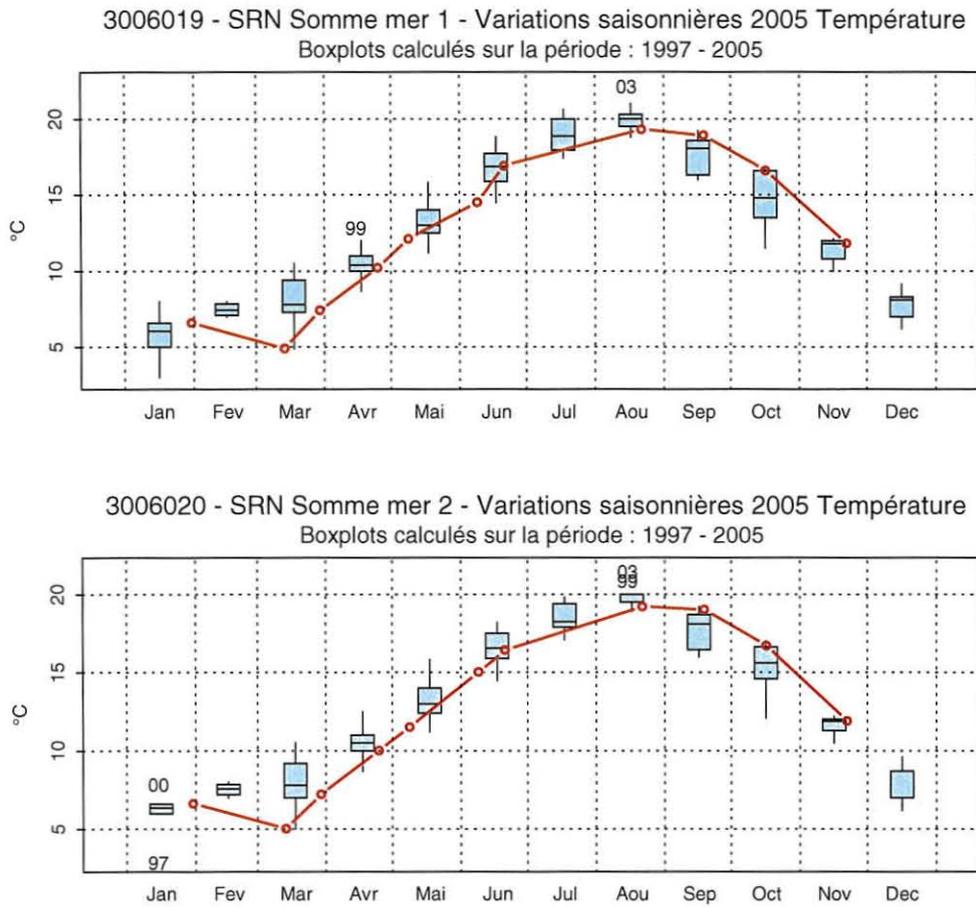


Figure 3.2.b. (suite) Évolution des variations saisonnières de température sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

2.3.2. Salinité

Bilan 2005

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 32,7 et 33,9 pour le point BIF (point estuarien), entre 32,1 et 33,9 pour le point Mimer, entre 32,8 et 34,2 pour le point Atso (point côtier), entre 33,3 et 34,8 pour le point Mer 1 et entre 33,4 et 34,8 pour Mer 2 (point du large). On remarque une variation plus importante sur le point BIF (point le plus à l'intérieur de l'estuaire de baie, le plus influencé par les apports en eau douce de la somme) avec une salinité de 29,3 au mois de décembre (Figure 3.3. - Annexe 2).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre 0,0 et 1,0 et le gradient côte-large entre les points BIF et Mer 2 est compris entre 0,7 et 2,7 (Figure 3.3. - Annexe 2).

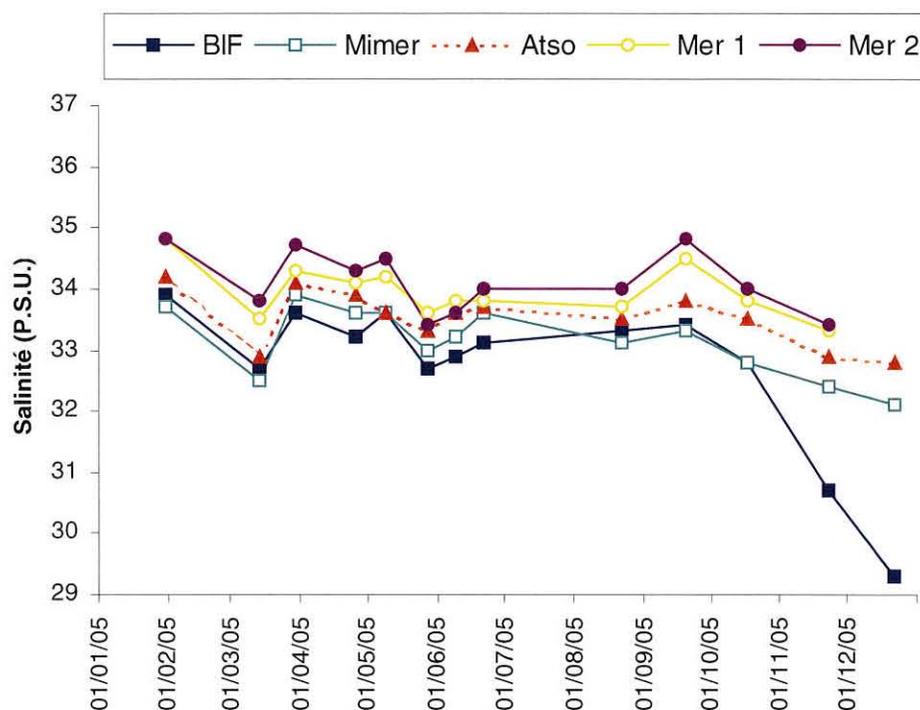


Figure 3.3. Évolution temporelle de la salinité sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.3. Turbidité et matières en suspension

Bilan 2005

Les évolutions de turbidité et de concentration en matières en suspension sont comparables pour les points Mimer et Atso (BIF présentant des similitudes), et Mer 1 et Mer 2. Les points du large présentent une turbidité plus faible (comprise entre 0,6 et 5,8 N.T.U.) que les points côtiers et estuariens (entre 2,0 et 22,3 N.T.U.). Les évolutions en M.E.S. sont globalement les mêmes pour tous les points sauf BIF ; seuls les niveaux atteints sont différents. Deux valeurs remarquables en M.E.S. sont notées en avril et en août au point Atso (Figures 3.4. - Figure 3.5. - Annexe 2).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 pour la turbidité est compris entre 0,8 et 14,3 N.T.U. et entre 0,1 et 27,9 mg.l⁻¹ pour les M.E.S. ; celui entre BIF et Mer 2 est compris entre 2,0 et 18,5 N.T.U. pour la turbidité, et entre 2,9 et 22,5 mg.l⁻¹ pour les M.E.S. (Figure 3.4. - Figure 3.5. - Annexe 2).

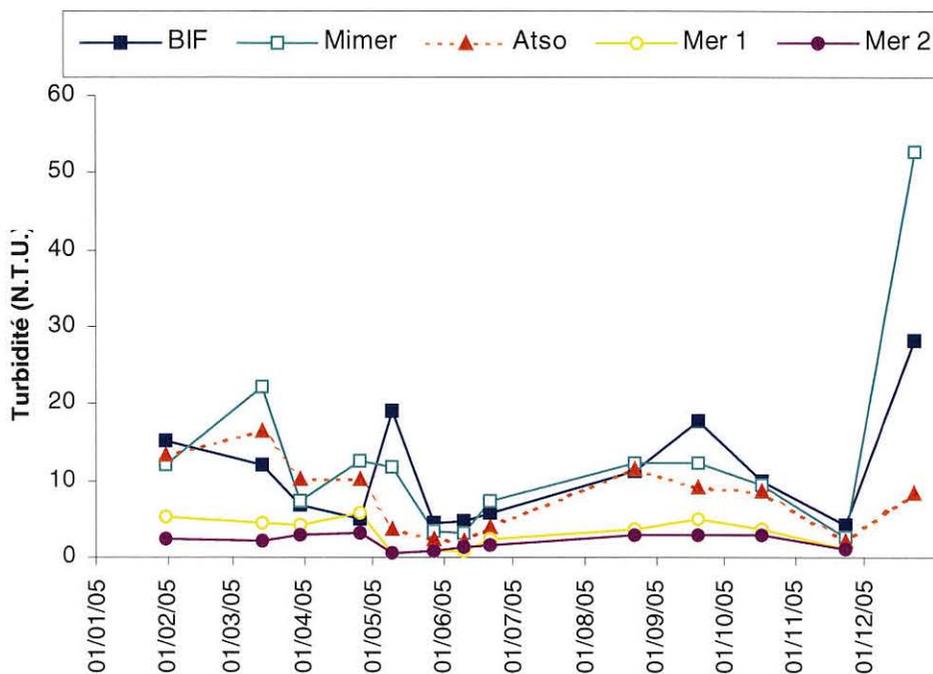


Figure 3.4. évolution temporelle de la turbidité sur la radiale de la Baie de Somme

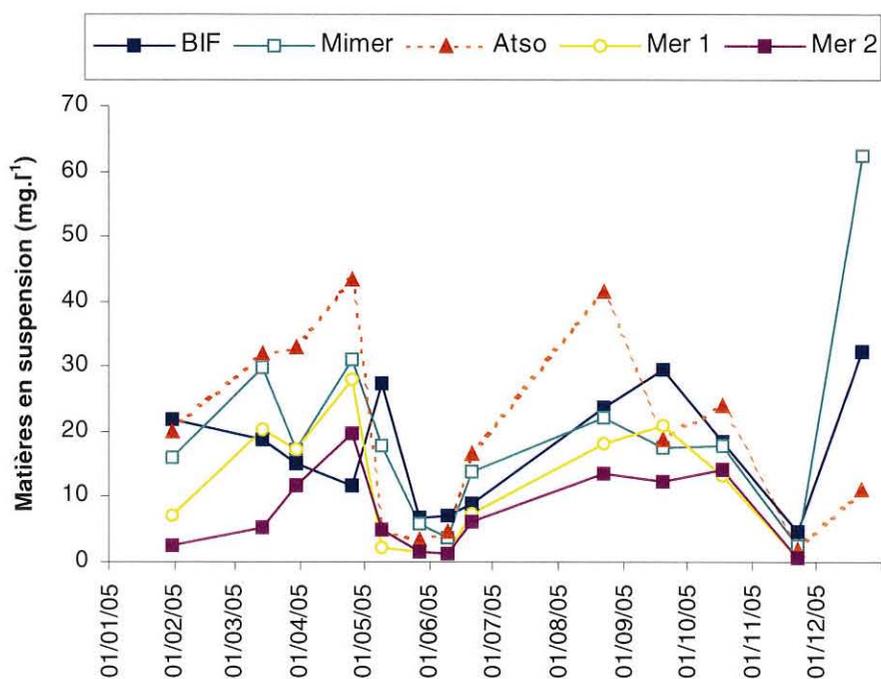


Figure 3.5. Évolution temporelle des matières en suspension sur la radiale de la Baie de Somme

Évolution à long terme

Le cycle saisonnier de la turbidité présente des valeurs plus fortes en hiver qu'en été, elles sont aussi plus importantes aux points côtiers qu'aux points du large. Les valeurs de médianes de turbidité sont en baisse pour l'année 2005 : au point BIF (9,8 N.T.U. en 2005 contre 20,0 pour la période 1997-2005), au point Mimer (11,7 N.T.U. en 2005 contre 15,0 pour la période 1997-2005) et au point Mer 2 (2,2 N.T.U. en 2005 contre 2,5 pour la période 1997-2005). En revanche il y a une légère augmentation au point Atso (8,6 N.T.U. en 2005 contre 8,1 pour la période 1997-2005), et au point Mer 1 (3,7 N.T.U. en 2005 contre 3,5 pour la période 1997-2005). De nouveaux 'records' de minima mensuels sont atteints au mois de novembre aux points Mimer et Mer 1. Les années 1997 et 1998 restent des années exceptionnelles du point de vue des valeurs atteintes certains mois pour certains points (Figure 3.6.).

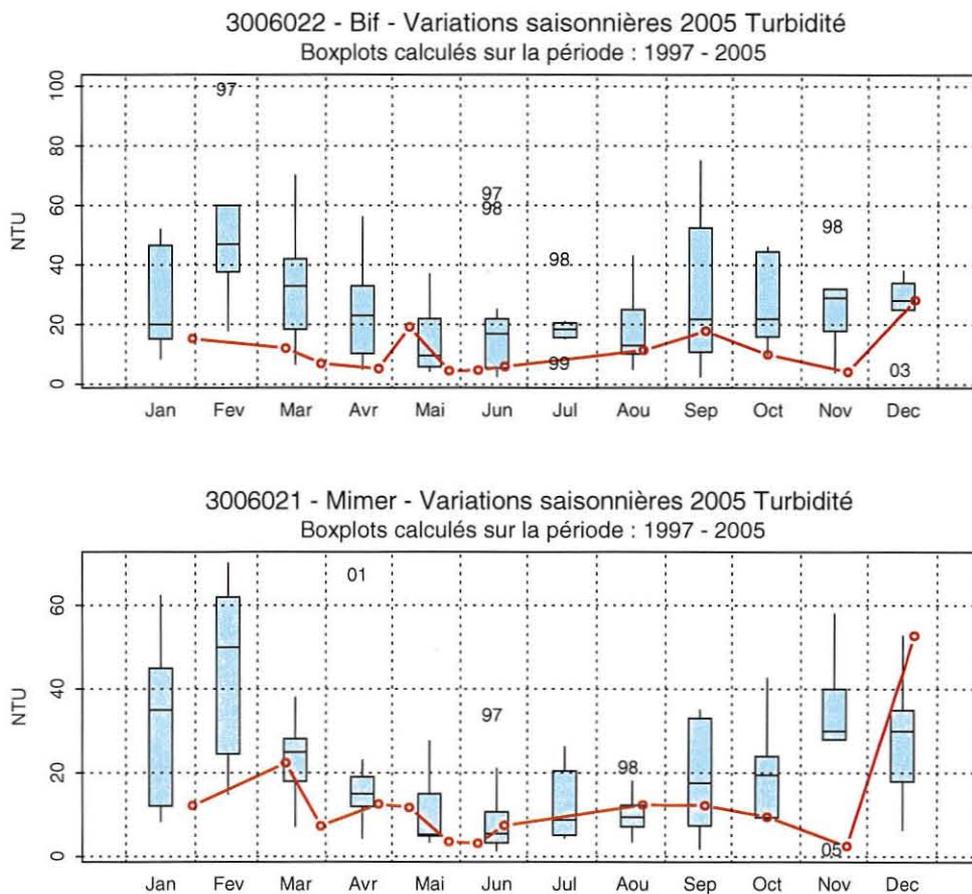


Figure 3.6. Évolution des variations saisonnières de turbidité sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

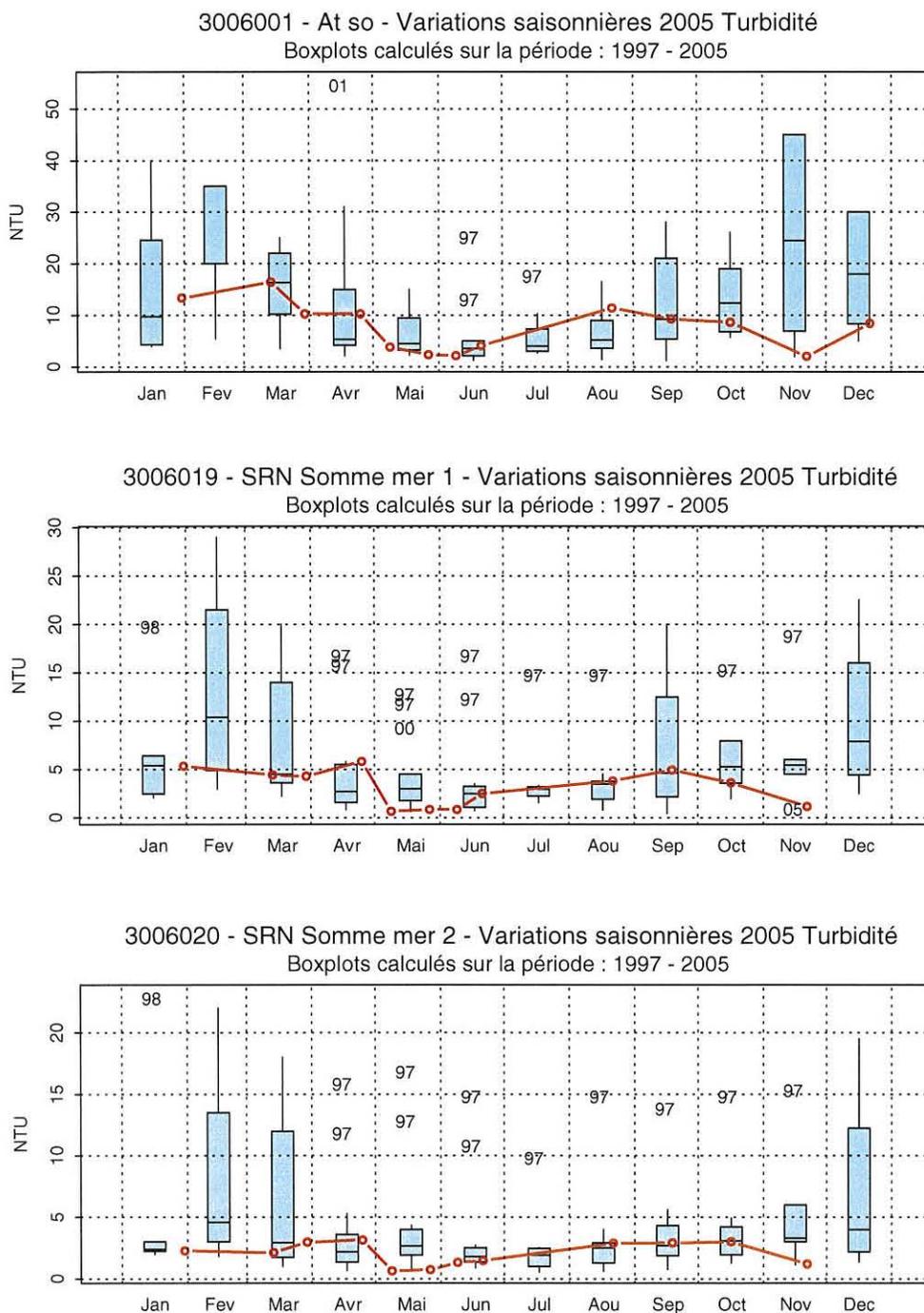


Figure 3.6. (suite) Évolution des variations saisonnières de turbidité sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Les cycles saisonniers sont marqués du point Mimer à Mer 2 ; la dispersion est plus importante en automne et en hiver. Pour le point BIF, la dispersion est importante toute l'année, le cycle saisonnier n'est pas très marqué. On retrouve pour les M.E.S. une évolution similaire à celle de la turbidité : des valeurs élevées en hiver et plus faibles l'été. Les valeurs médianes de M.E.S. en 2005 ont diminué par rapport aux valeurs médianes pour la période 1997-2005 aux points BIF (18,4 contre 31,2 mg.l⁻¹), Mimer (17,6 contre 19,7 mg.l⁻¹) et Mer 2 (5,6 contre 6,0 mg.l⁻¹), et elles ont augmenté pour les points Atso (18,7 contre 13,5 mg.l⁻¹) et Mer 1 (10,4 contre 8,1 mg.l⁻¹). Le point Atso est celui où les fluctuations ont été les plus importantes (maximum de 43,2 mg.l⁻¹) (Figure 3.7.).

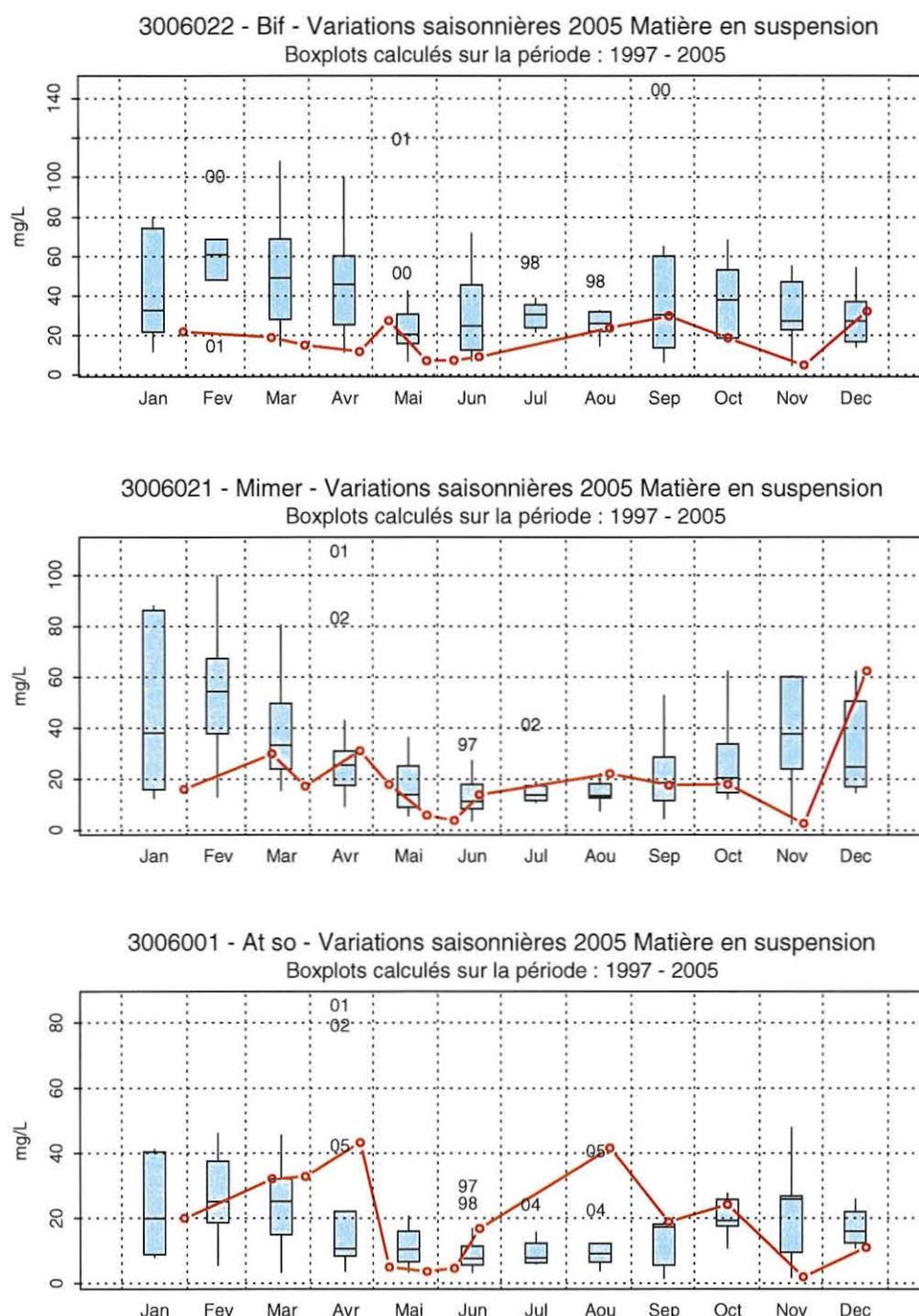
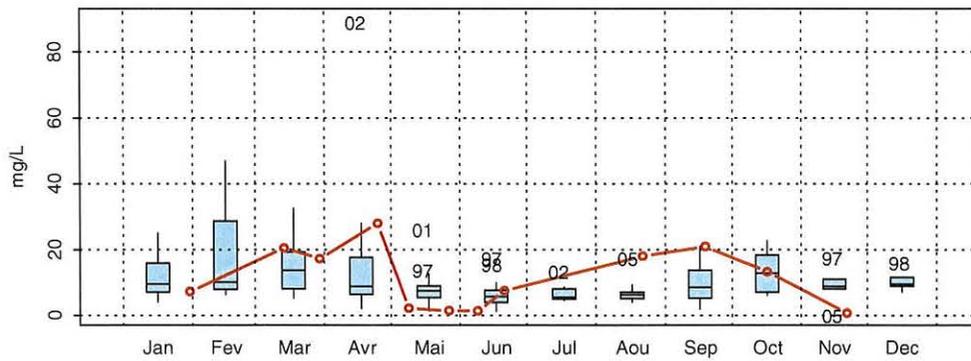


Figure 3.7. Évolution des variations saisonnières de matières en suspension sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
 Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2005 Matière en suspension
 Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005

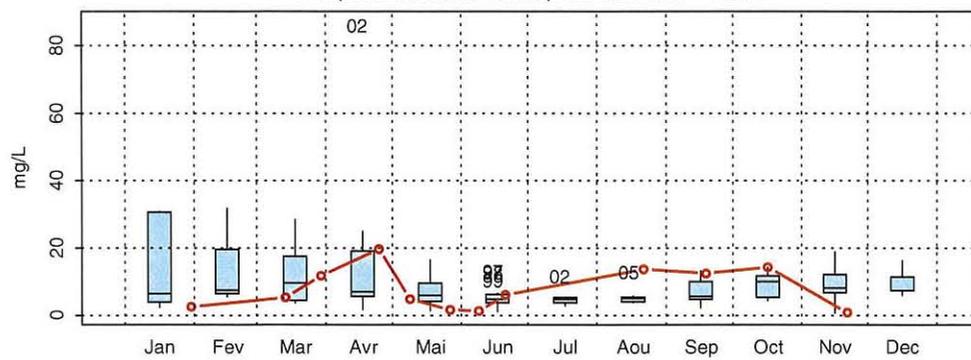


Figure 3.7. (suite) Évolution des variations saisonnières de matières en suspension sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

2.3.4. Matière organique

Bilan 2005

Les teneurs en matière organique sont plus importantes en périodes printanière et estivale (de mai à juillet) et en milieu de période hivernale (novembre et décembre). Les points estuariens (BIF et Mimer) et le point côtier Atso ont des valeurs comparables avec des maxima d'environ 35 % de matière organique dans les M.E.S. en juin et 45 à 55 % en novembre. Le reste de l'année, les teneurs sont proches des minima (10 à 15 %). Les points situés plus au large présentent les mêmes variations mais avec des valeurs beaucoup plus importantes : environ 90 % en juin pour les points Mer 1 et Mer 2, 85 % pour Mer 2 et 100 % pour Mer 1 en novembre. Entre ces pics, les valeurs de Mer 1 et Mer 2 varient entre 10 et 15 % (exception pour le point Mer 2 qui présente une variation en février/mars de l'ordre de 25 à 40 %) (Figure 3.8. - Annexe 2).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre 0,39 % et 68,04 % ; celui entre BIF et Mer 2 est compris entre 0,41 % et 77,81 % (Figure 3.8. - Annexe 2).

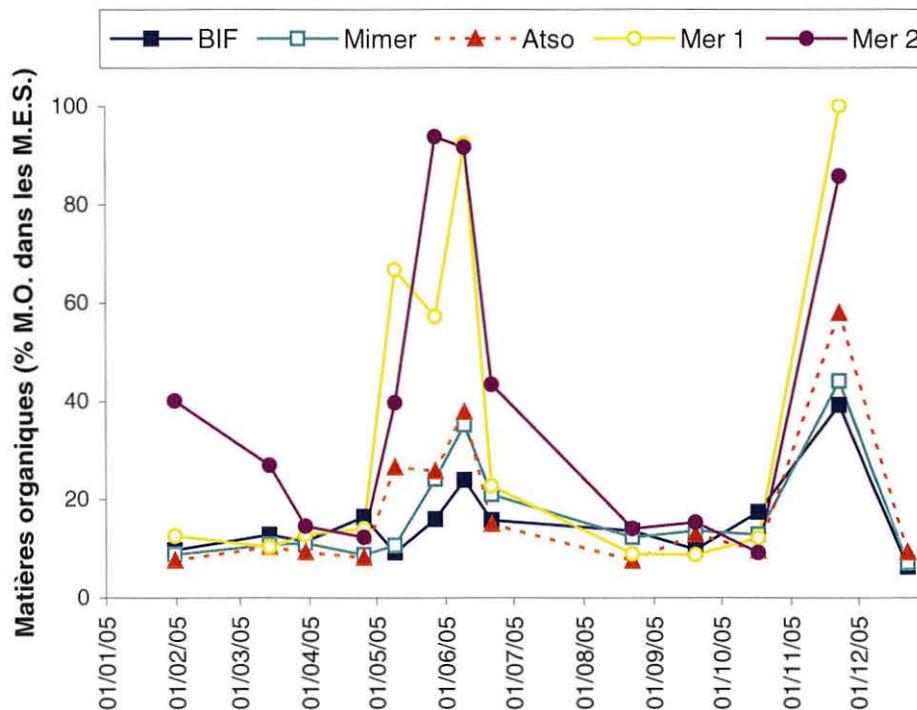


Figure 3.8. Évolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension sur la radiale de la Baie de Somme

Évolution à long terme

Les concentrations en M.E.S. organiques sont très faibles pour cette année 2005 comparé aux autres années (moins de 5 mg.l⁻¹ pour tous les points). La médiane de 2005 est de 2 mg.l⁻¹ au point côtier alors qu'elle est de 8 mg.l⁻¹ pour la période 1997-2005.

Les variations saisonnières sont peu marquées en 2005 alors que l'on devrait observer une augmentation pour les mois de mars à mai (Figure 3.9.).

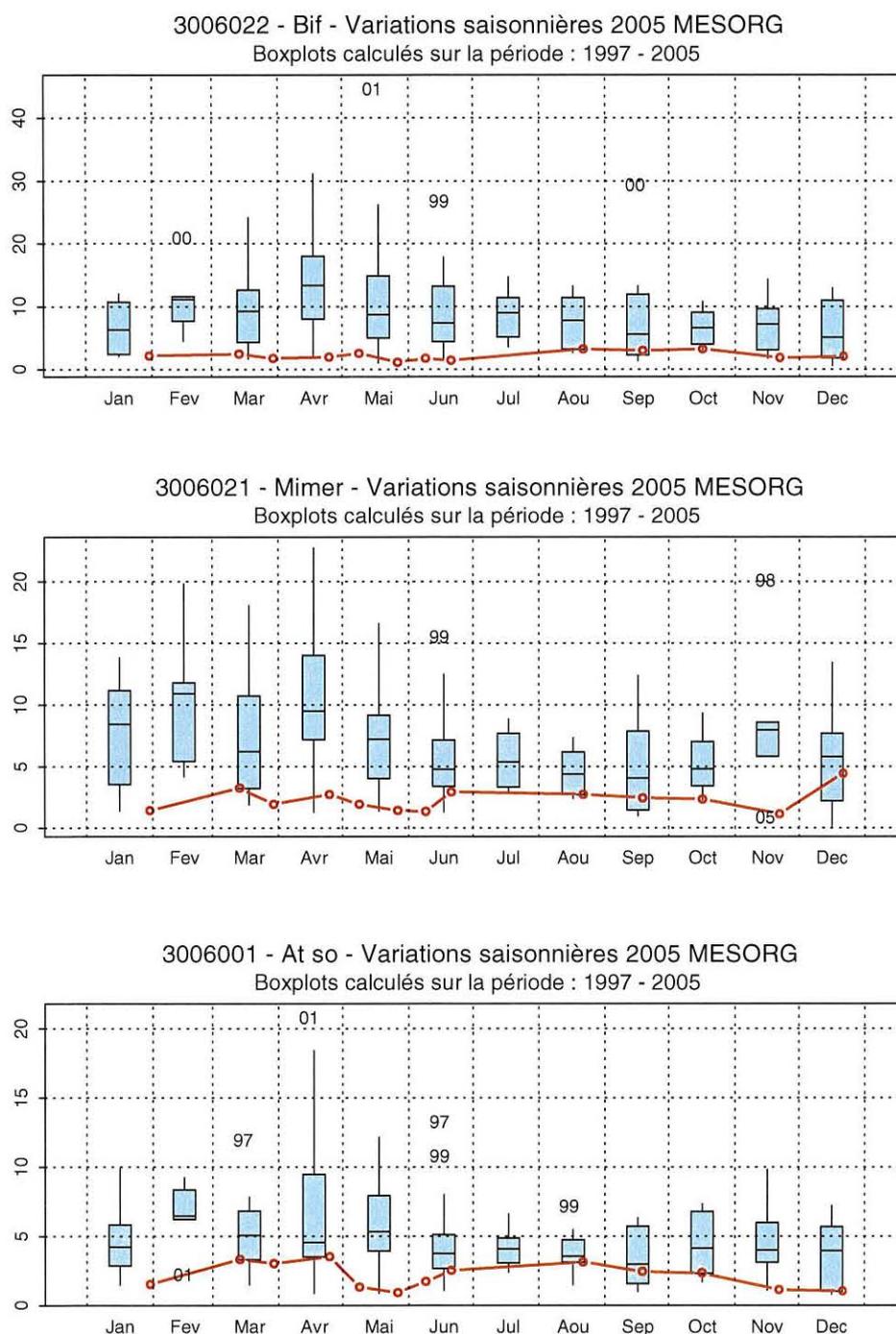


Figure 3.9. Évolution des variations saisonnières de M.E.S. organiques sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

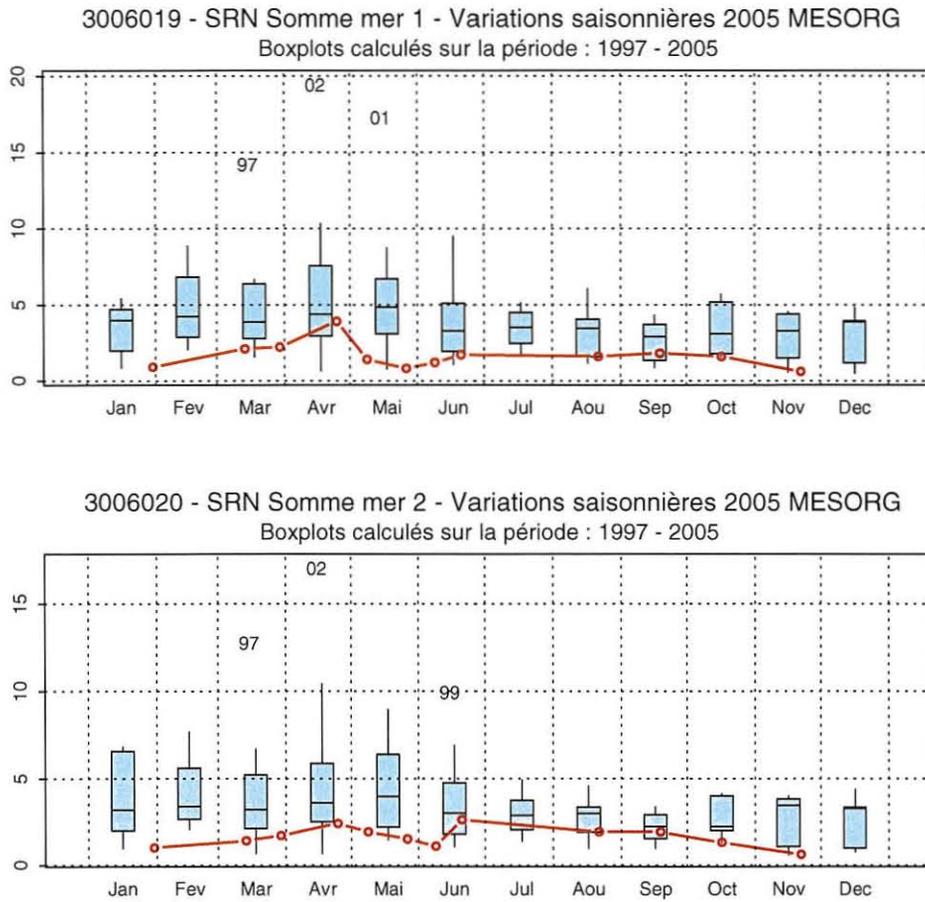


Figure 3.9. (suite) Évolution des variations saisonnières de M.E.S. organiques sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

2.3.5. Chlorophylle *a* et sels nutritifs

Évolution à long terme par paramètres

- Chlorophylle *a*

L'année 2005 est comparable à l'année 1997 pour les points BIF et Mimer. Le schéma d'évolution de l'année 2005 est le même pour presque tous les points ; le point BIF ne présente pas de pic printanier (Figure 3.10.a.).

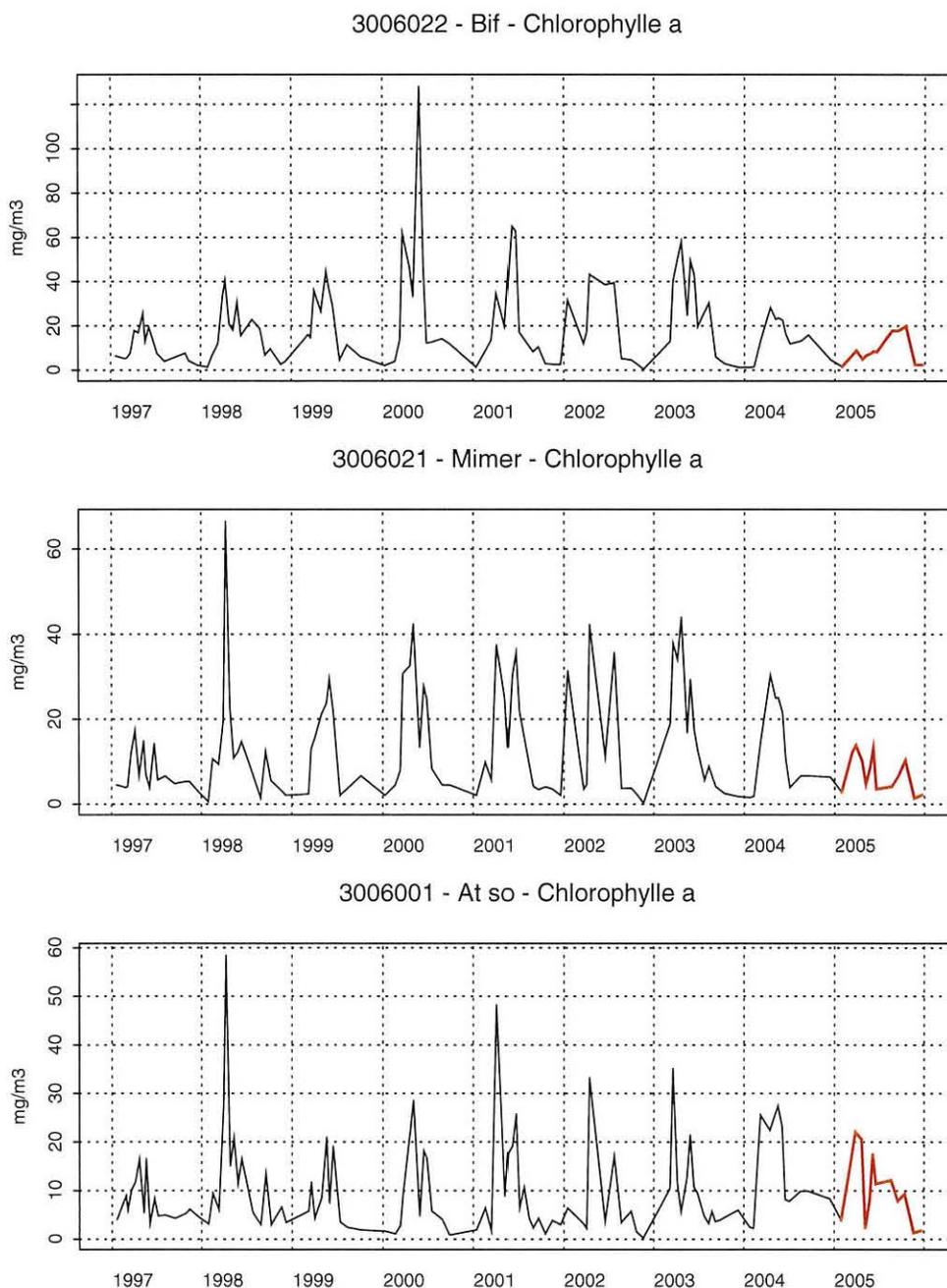


Figure 3.10.a. Évolution de la chlorophylle *a* sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

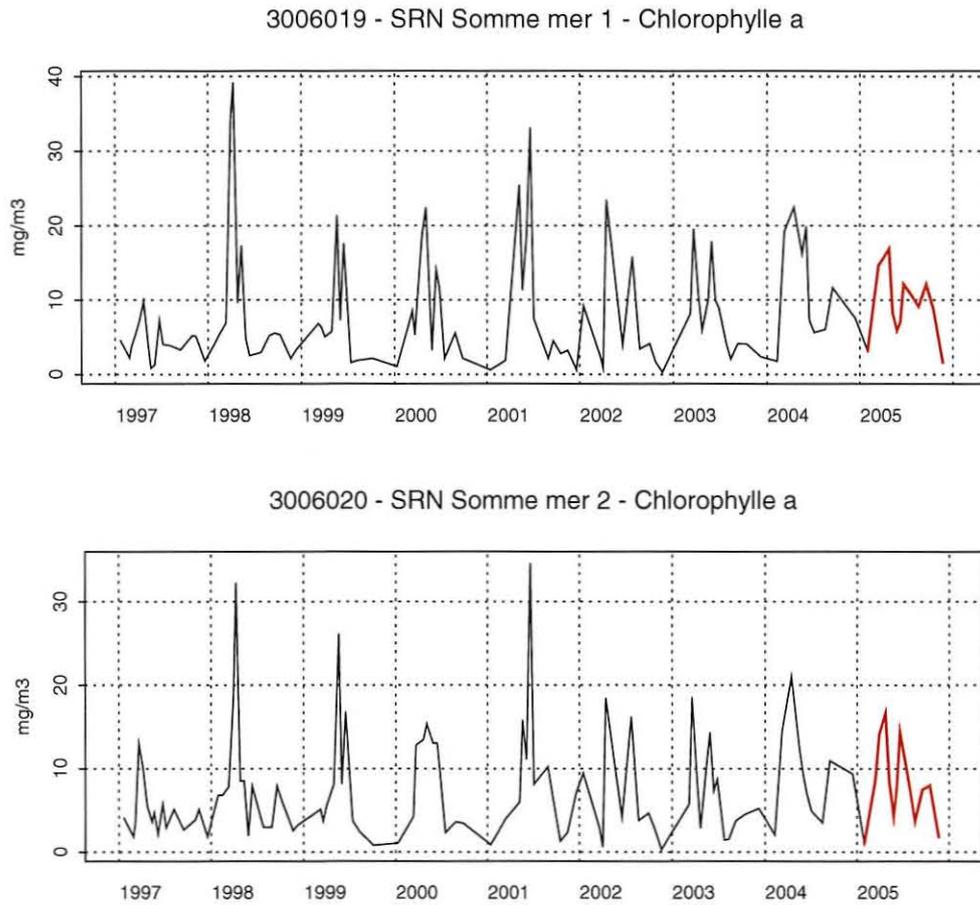


Figure 3.10.a. (suite) Évolution de la chlorophylle a sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Généralement, la dispersion en chlorophylle *a* est importante au printemps et les concentrations y sont aussi plus hautes (un schéma similaire mais de moindre ampleur peut être observé en automne). En 2005, les variations saisonnières ne sont pas tout à fait cohérentes avec le schéma établi sur la période 1997-2005. Au point BIF, les concentrations augmentent progressivement de mars à octobre. Ailleurs, les concentrations en chlorophylle *a* sont importantes au printemps, sauf pour les points BIF et Mimer pour lesquels elles sont en dessous des valeurs habituelles. Le bloom automnal est visible pour les 5 points (Figure 3.10.b.).

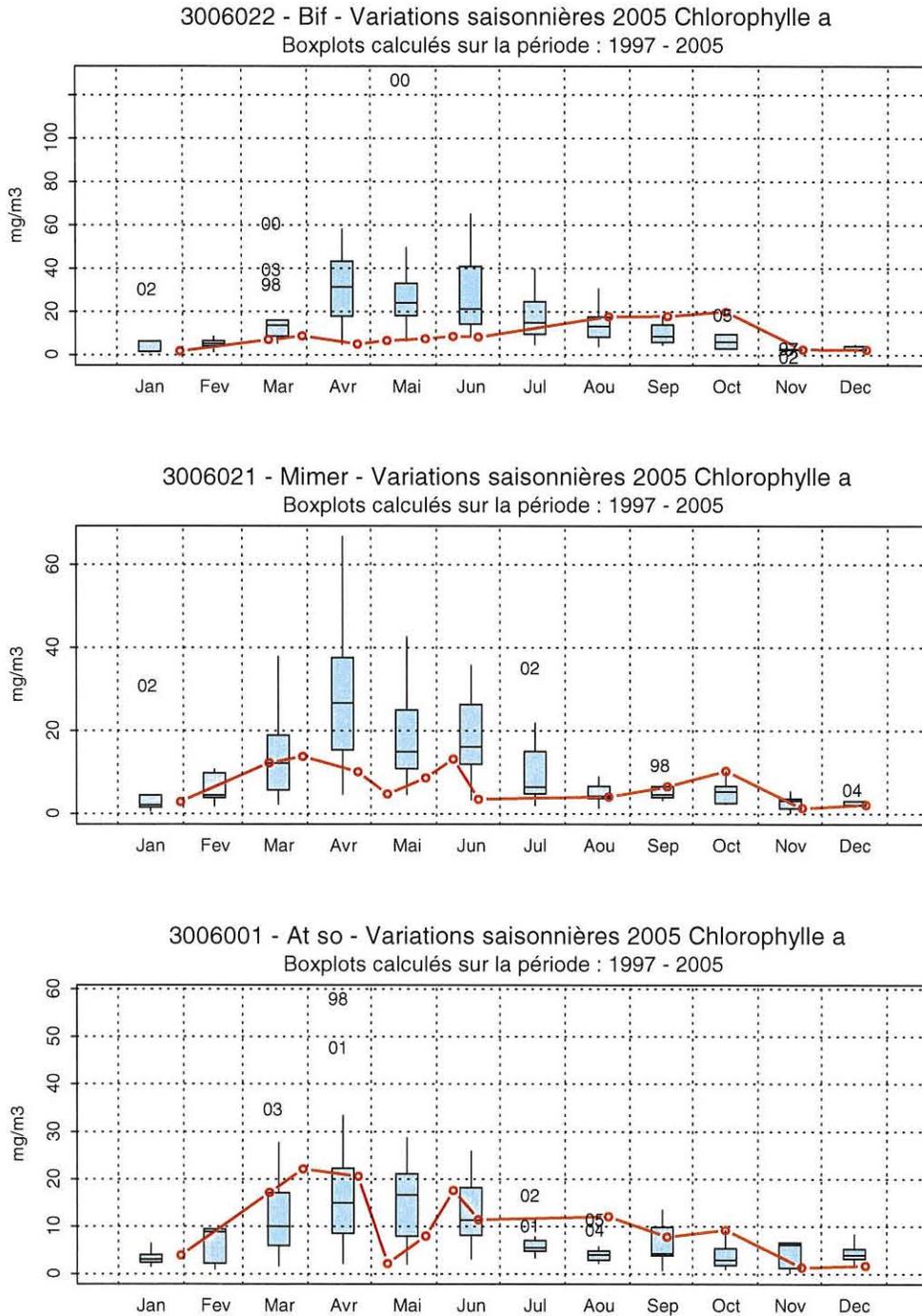


Figure 3.10.b. Évolution des variations saisonnières de chlorophylle *a* sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

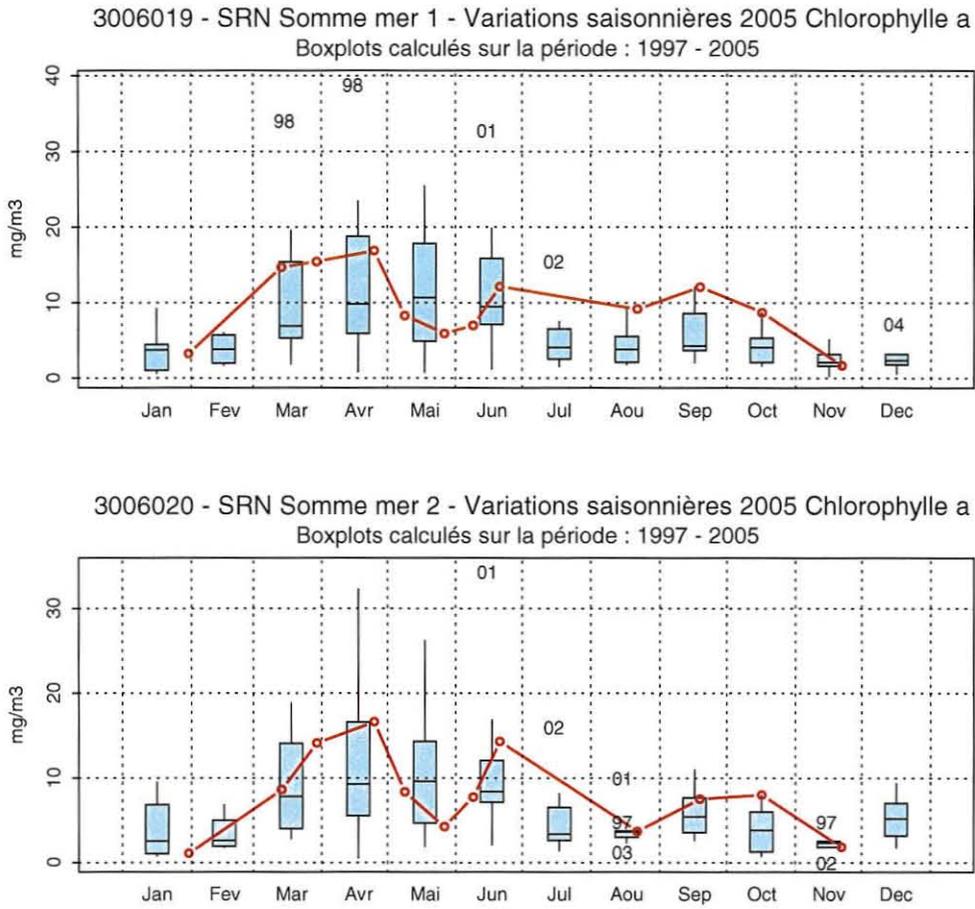


Figure 3.10.b. (suite) Évolution des variations saisonnières de chlorophylle *a* sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

- Nitrate

L'évolution saisonnière est classique. L'année 2005 présente comme les autres années des maxima en période hivernale et une forte chute de la concentration au début du printemps. Les concentrations les plus faibles sont atteintes en période estivale, puis au début de l'hiver le stock se reconstitue. Les médianes annuelles sont toutes inférieures aux médianes de la période 1997-2005. L'évolution globale de l'année 2005 est comparable à celle des années 1999, 2003 et 2004 (Figure 3.11.a.).

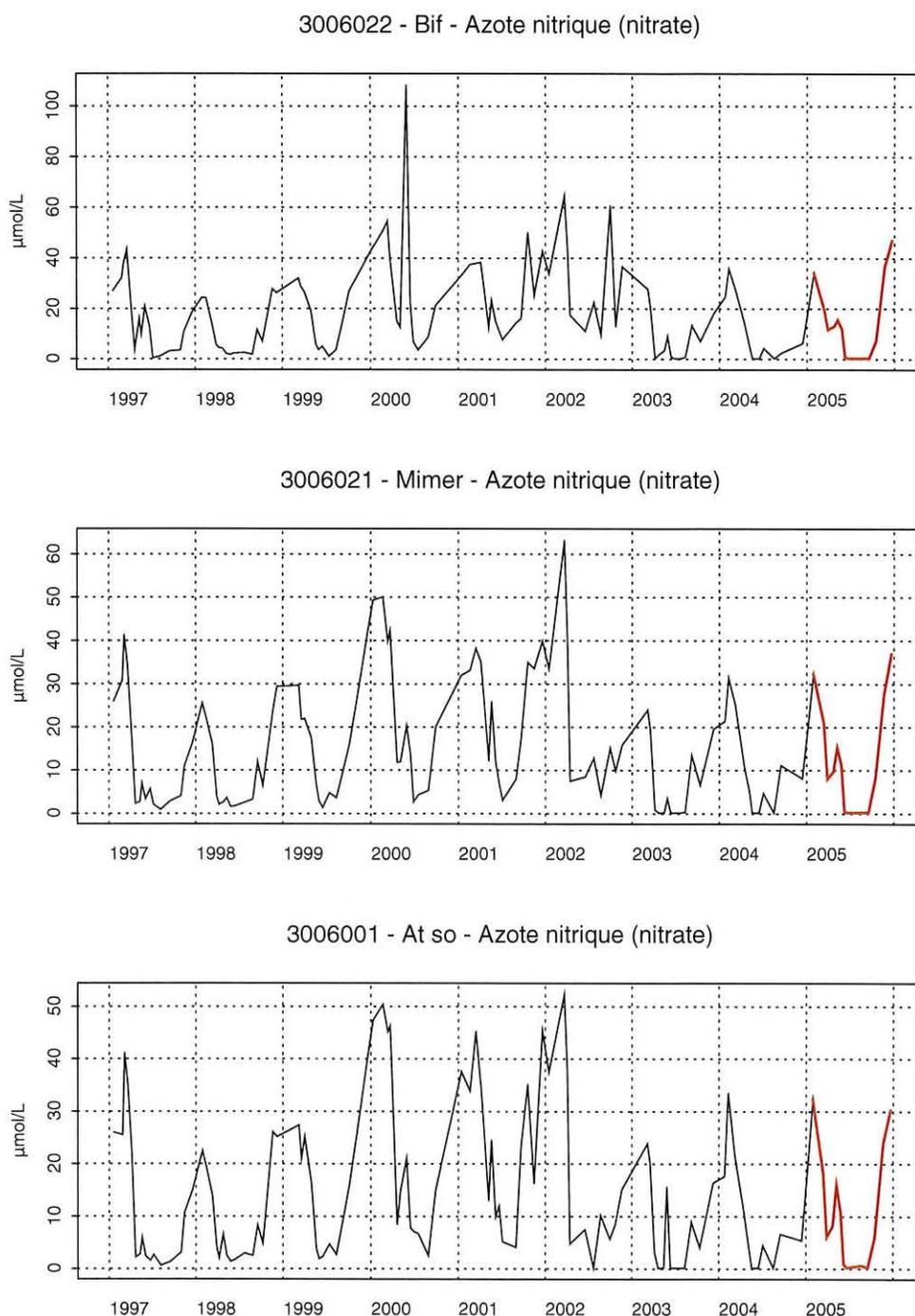


Figure 3.11.a. Évolution des nitrates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

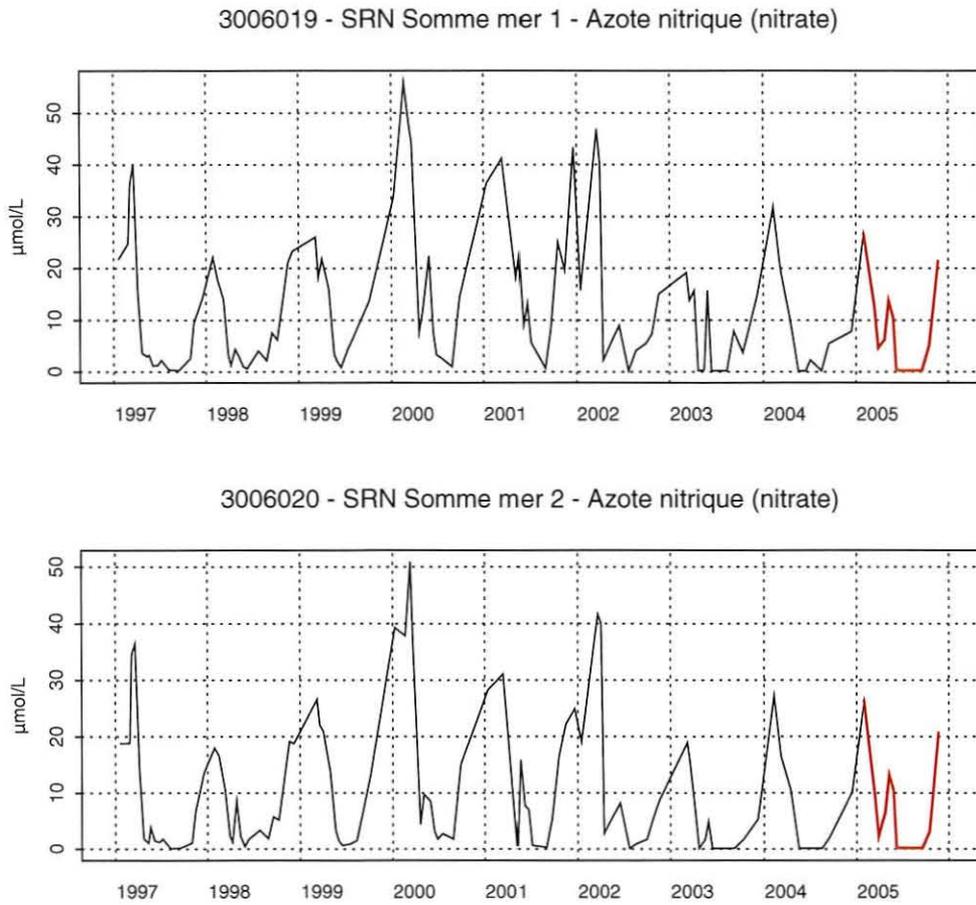


Figure 3.11.a. (suite) Évolution des nitrates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Les valeurs de 2005 sont globalement moins importantes, sauf pour les mois de mai, novembre et décembre. Les valeurs proches du seuil de détection en septembre montrent que la reconstitution du stock a été plus tardive cette année ; elle a commencé en octobre au lieu de septembre (Figure 3.11.b.).

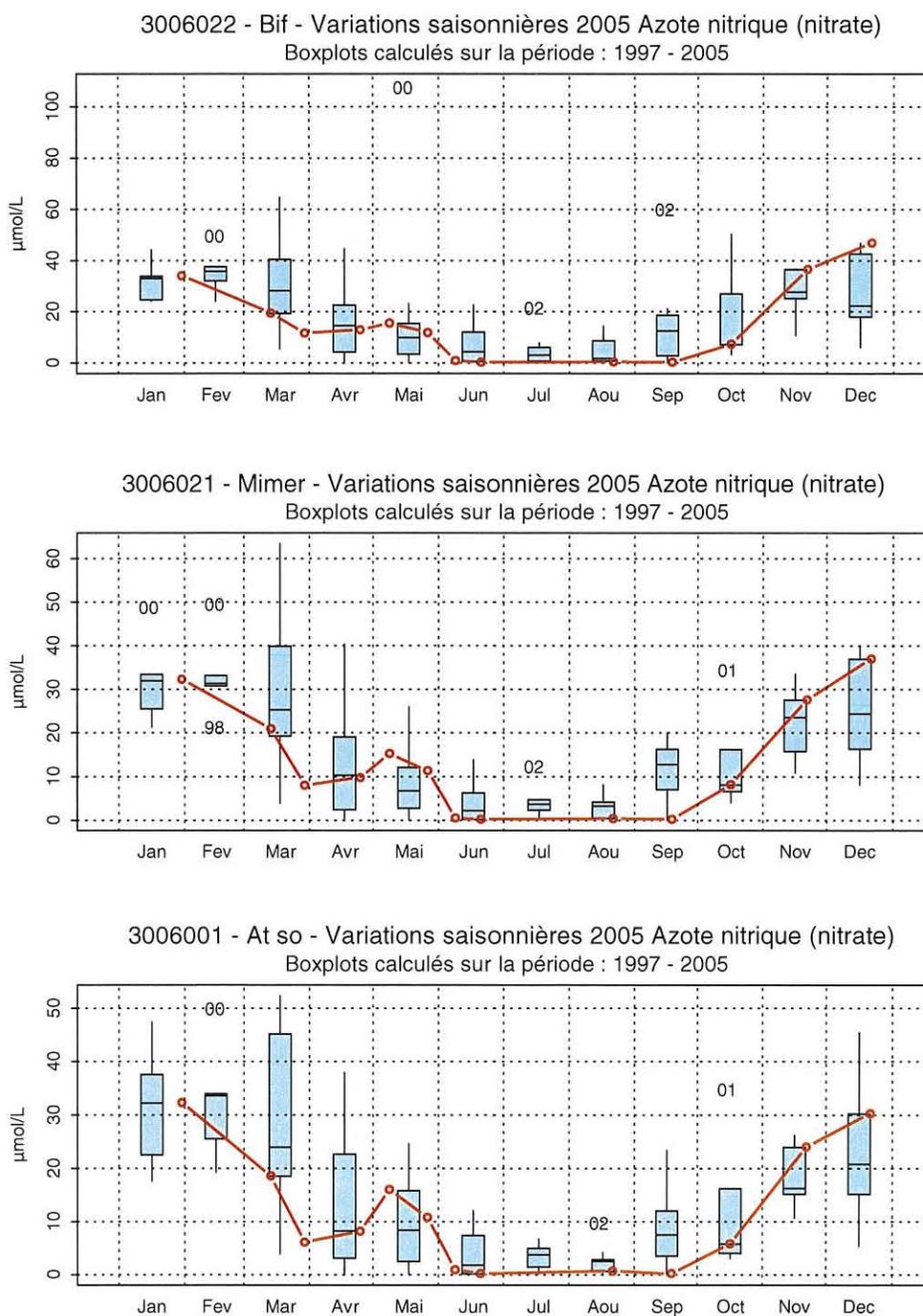


Figure 3.11.b. Évolution des variations saisonnières en nitrate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

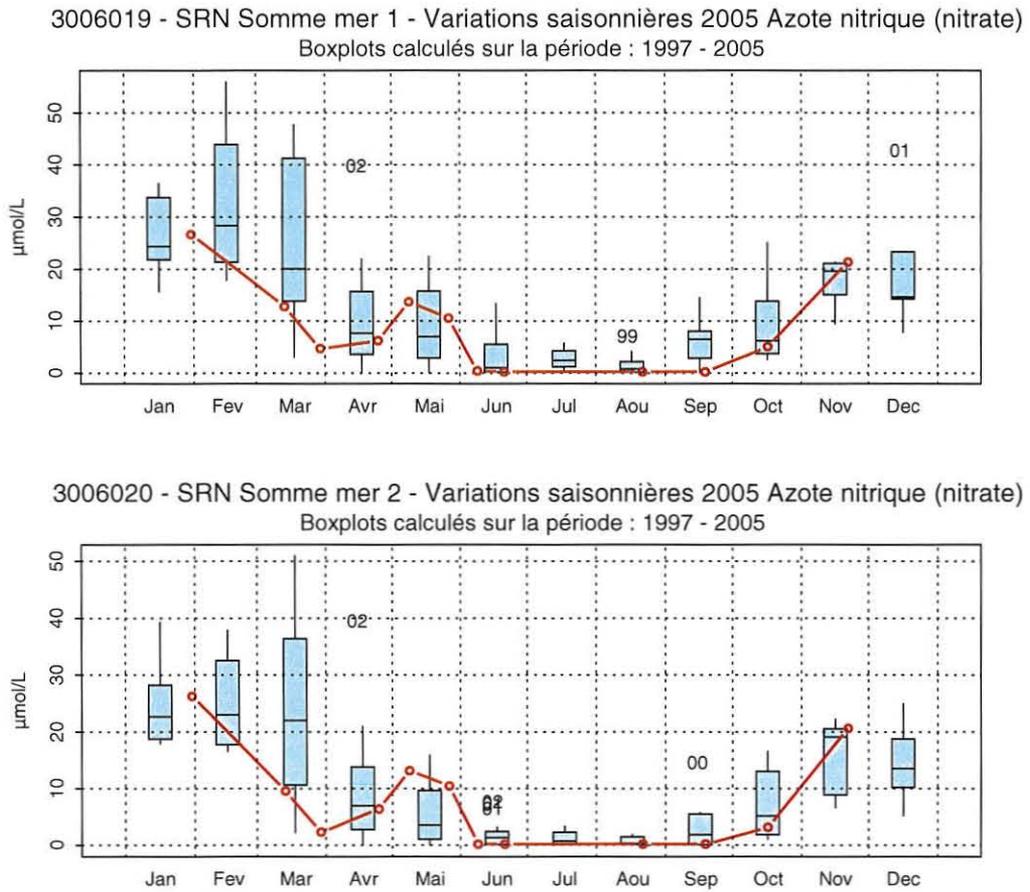


Figure 3.11.b. (suite) Évolution des variations saisonnières en nitrate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

- Nitrite

Le point BIF présente des concentrations intermédiaires par rapport aux années de forte concentration (2000, 2002) et les années de faible concentration. Les points Mimer à Mer 2 présentent les concentrations les plus fortes jamais enregistrées. Cette année 2005 a pour particularité un pic très important au printemps et une forte augmentation de concentration en fin de saison. En 2005, les concentrations les plus importantes ont été enregistrées aux points Mimer, Atso, Mer 1 et Mer 2 (Figure 3.12.a.).

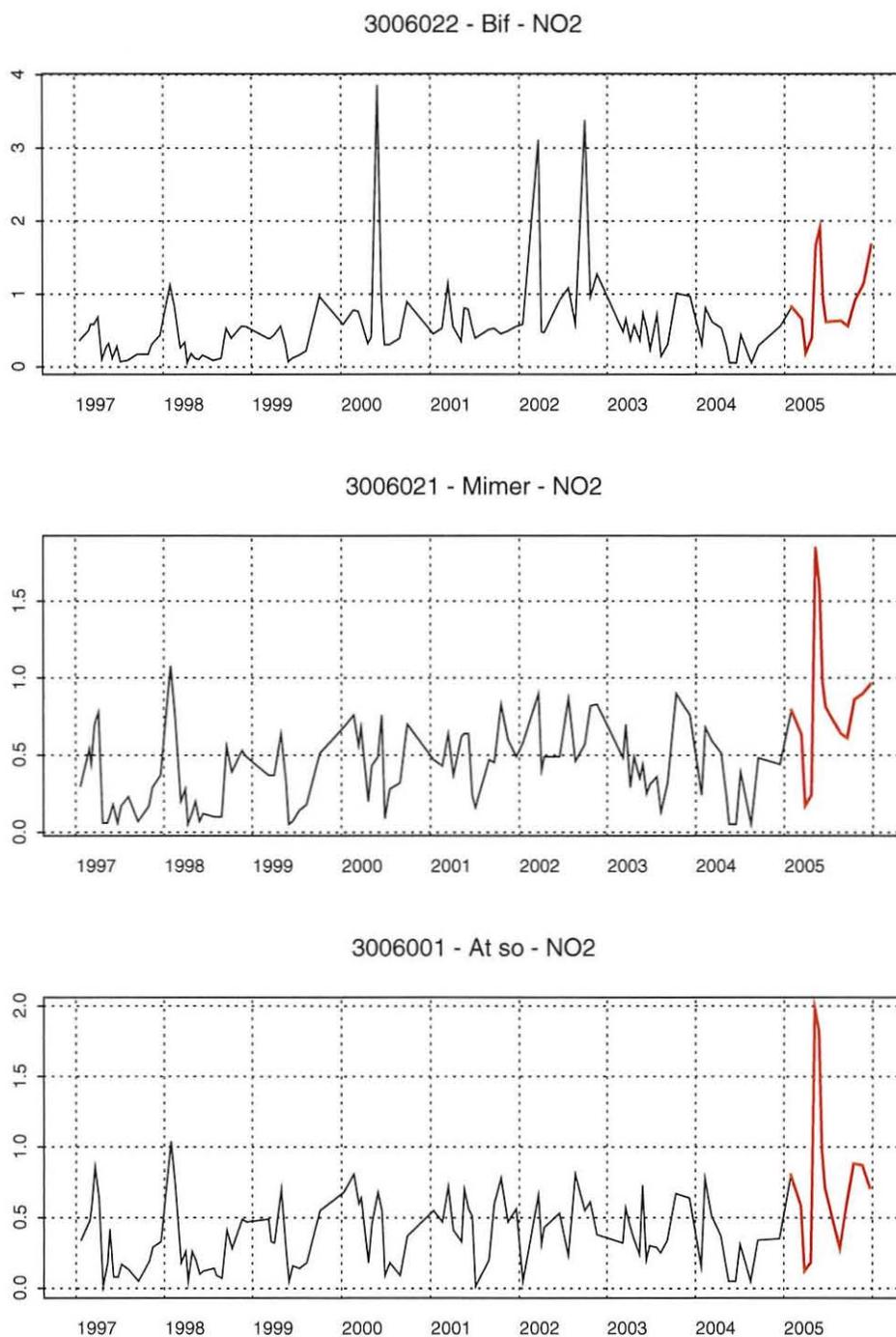


Figure 3.12.a. (suite) Évolution des nitrites sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

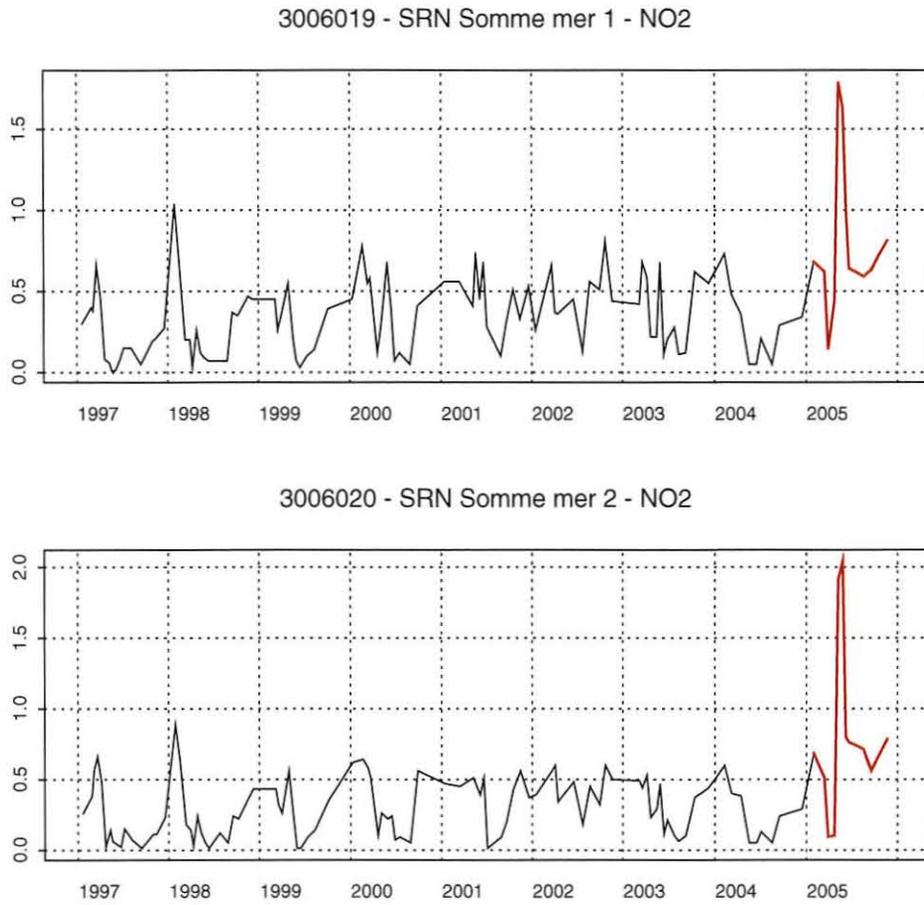


Figure 3.12.a. Évolution des nitrites sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

De nouveaux 'records' de maximums mensuels sont atteints en 2005. Les concentrations de 2005 sont globalement plus importantes que la 'normale' 1997-2005 avec en particulier un maximum au mois de mai au point BIF (4 fois plus), Mimer (6 fois plus), Atso (6 fois plus), Mer 1 (7 fois plus) et Mer 2 (8 fois plus), et des valeurs importantes en décembre aux points BIF et Mimer (2 fois plus), et au point Atso (1,5 fois plus). Une forte concentration est également visible en novembre au point Atso (2 fois plus) (Figure 3.12.b.).

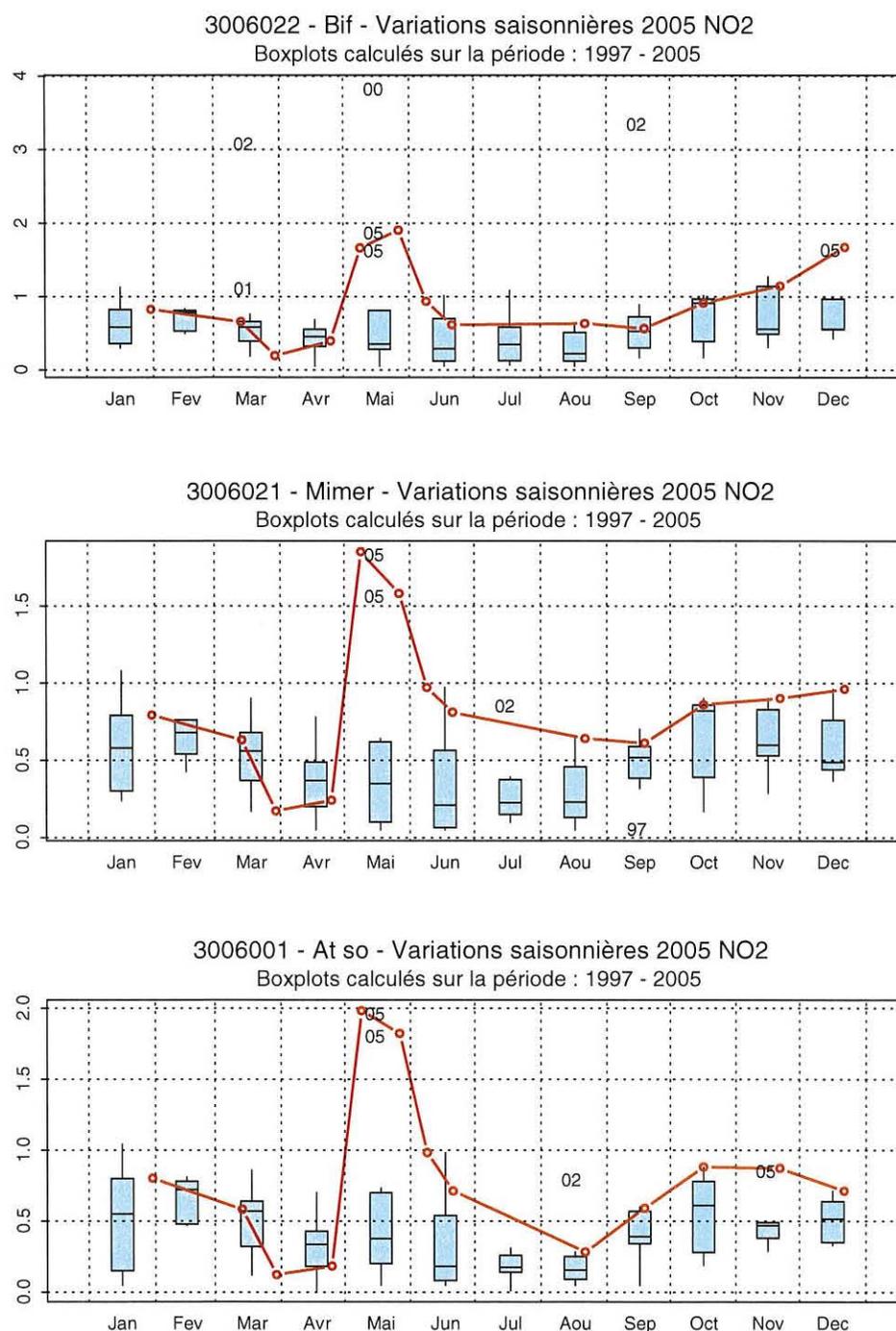


Figure 3.12.b. Évolution des variations saisonnières en nitrite sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

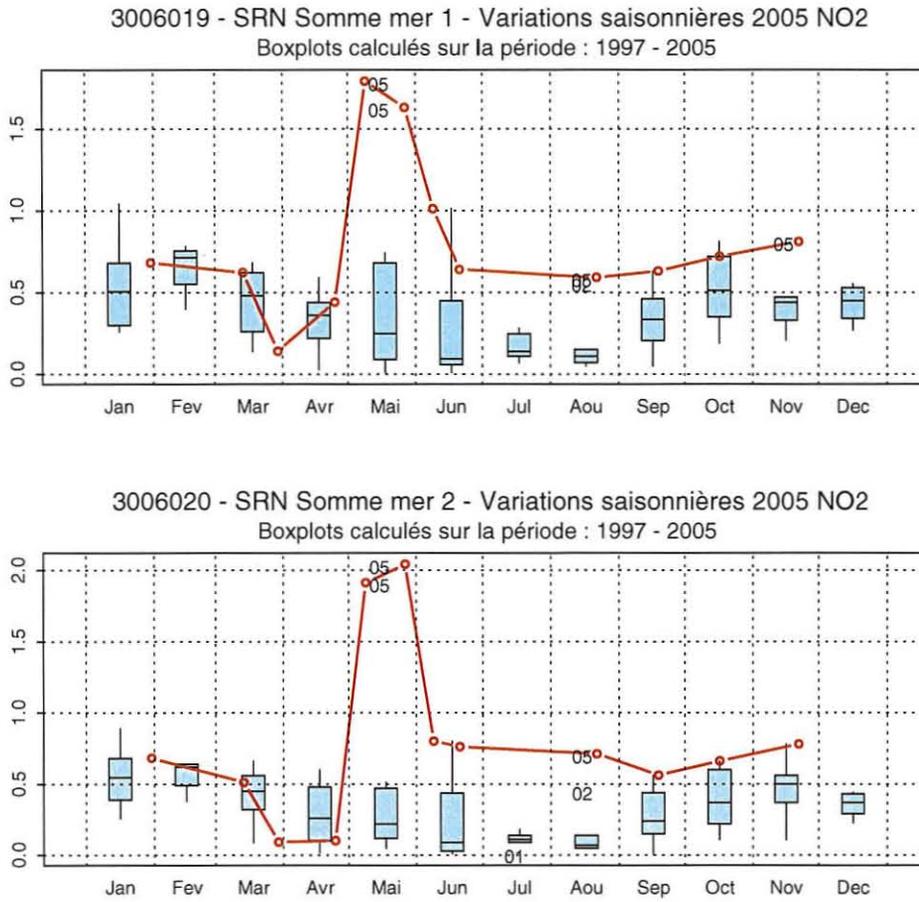


Figure 3.12.b. (suite) Évolution des variations saisonnières en nitrite sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

- Ammonium

L'année 2005 présente des concentrations moyennes en ammonium par rapport aux années à fortes (1997, 1998, 2000, 2002) et faibles concentrations (Figure 3.13.a.).

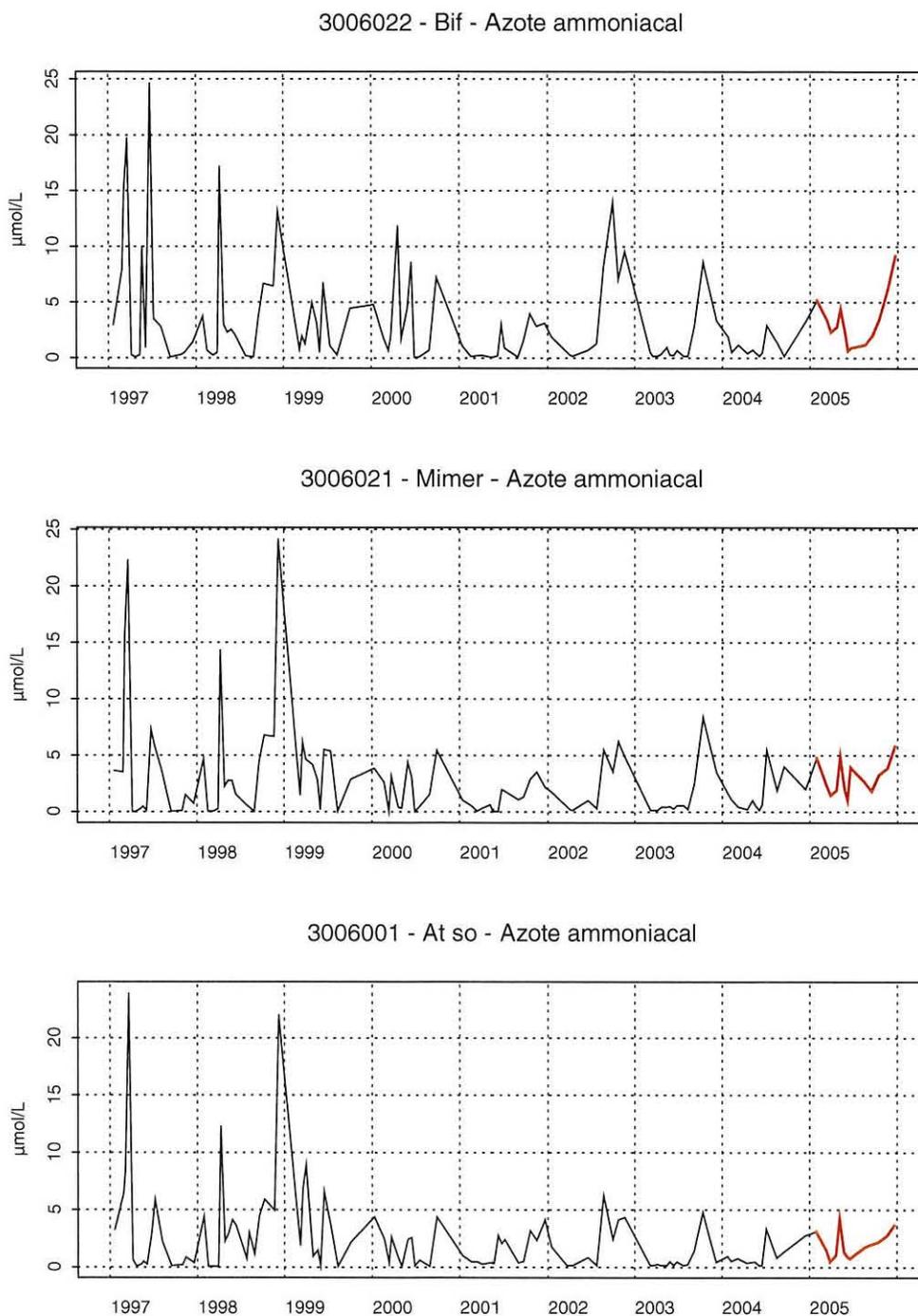


Figure 3.13.a. Évolution de l'ammonium sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

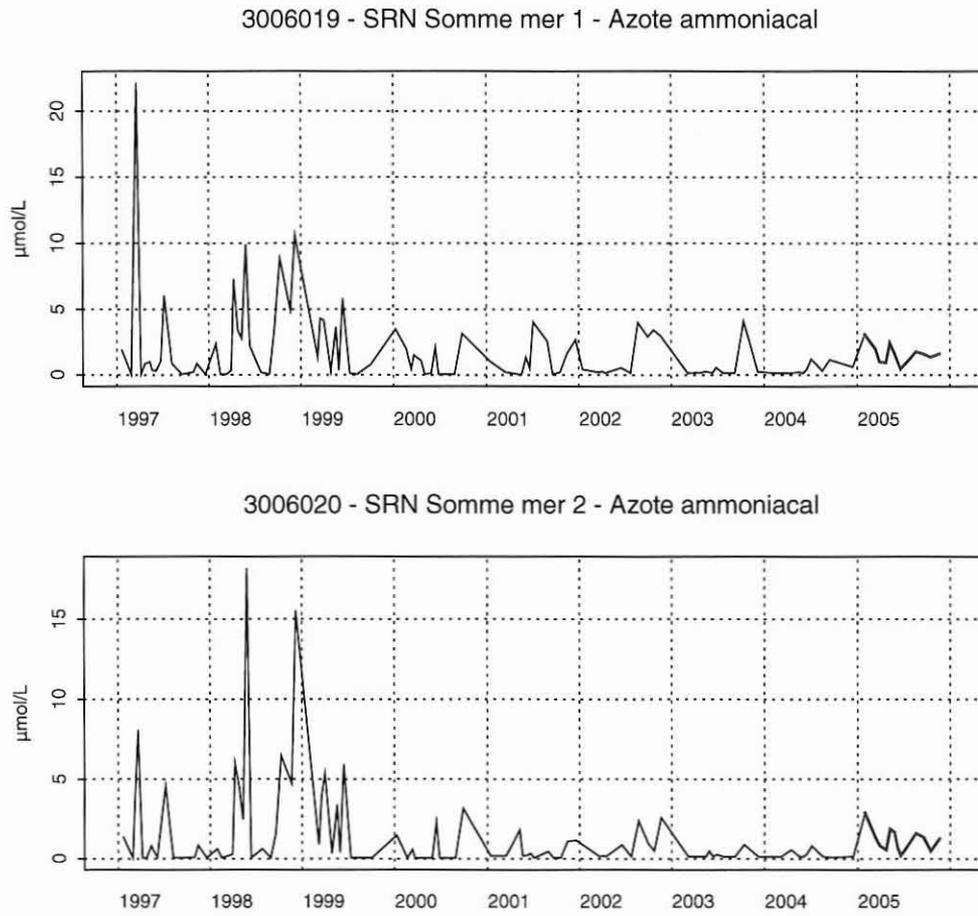


Figure 3.13.a. (suite) Évolution de l'ammonium sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Les médianes mensuelles de 2005 sont globalement plus importantes. Des valeurs particulières sont observées en mai aux 5 points de la radiale. Les années 1997, 1998, 1999, 2000 et 2002 sont exceptionnelles du point de vue des valeurs en ammonium atteintes lors de certains mois et pour certains points (Figure 3.13.b.).

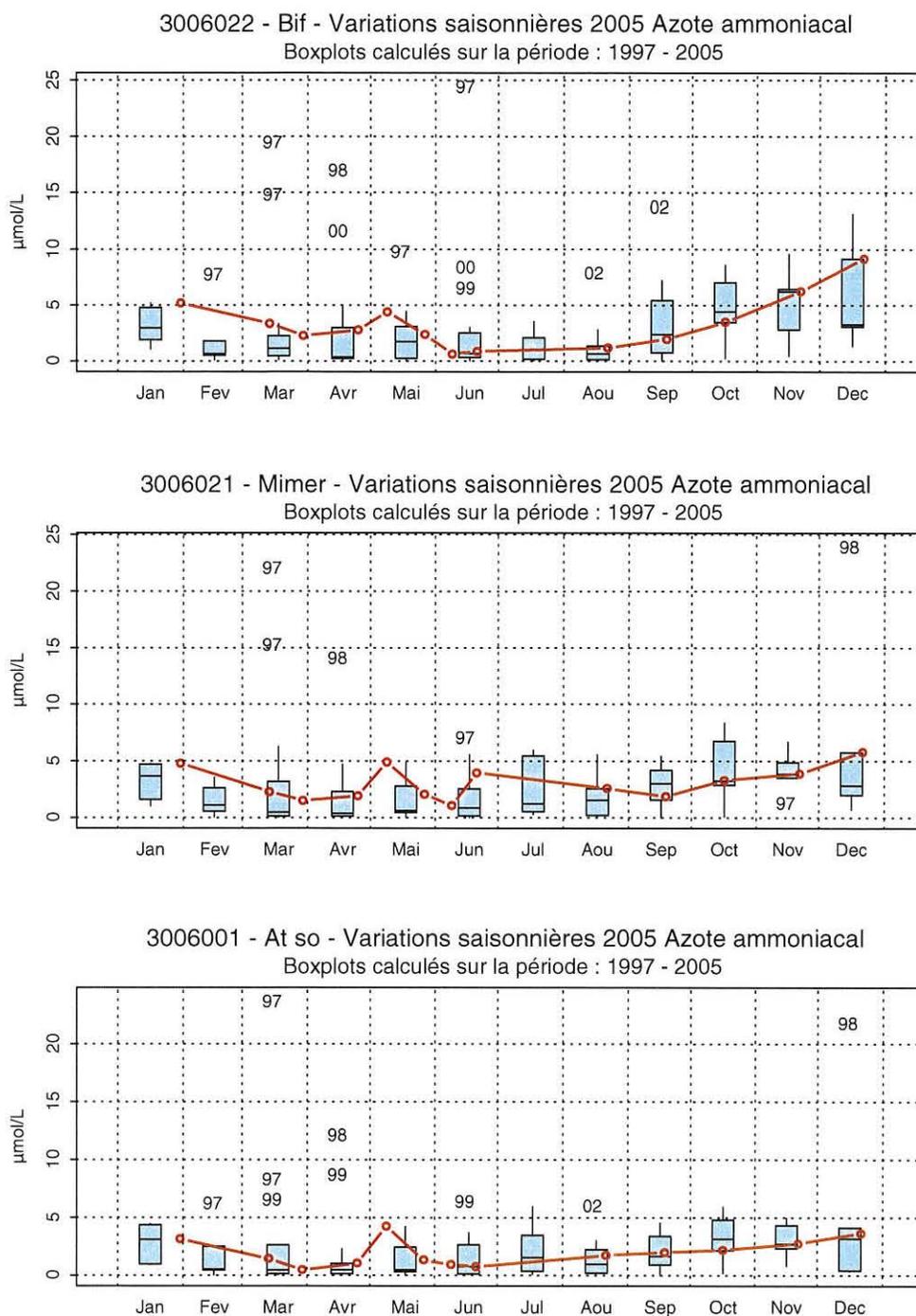
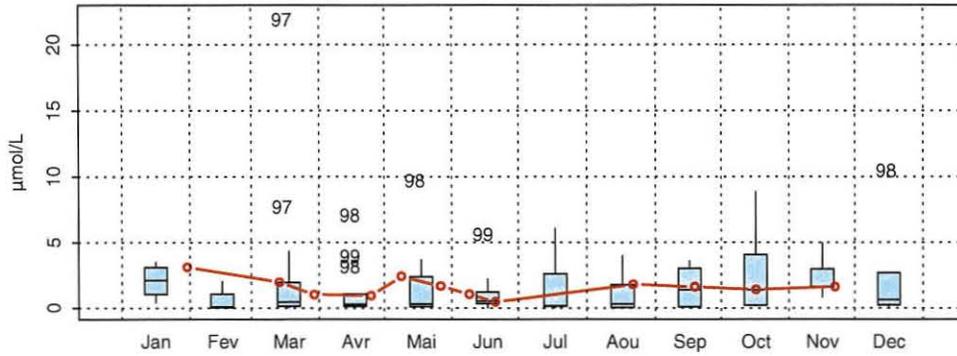


Figure 3.13.b. Évolution des variations saisonnières en ammonium sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

3006019 - SRN Somme mer 1 - Variations saisonnières 2005 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005



3006020 - SRN Somme mer 2 - Variations saisonnières 2005 Azote ammoniacal
Boxplots calculés sur la période : 1997 - 2005

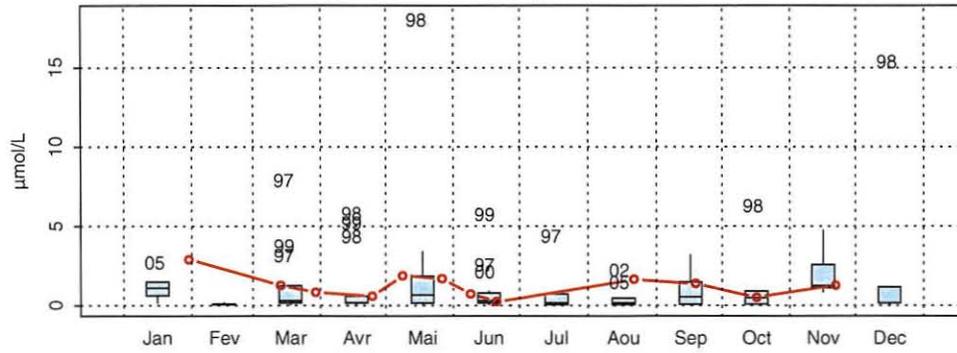


Figure 3.13.b. (suite) Évolution des variations saisonnières en ammonium sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

- Phosphate

Par comparaison aux autres années, 2005 est une année à forte concentration en phosphate : en tous points les médianes de 2005 sont plus de 2 fois (pour le point BIF) à 3,5 fois (pour le point Mer 2) plus importantes que celles pour la période 1997-2005. Pour cette année 2005, on n'observe pas de cycle précis avec des maxima en hiver et des minima en été. La seule similitude est la diminution du stock hivernal de phosphates au début du printemps. La saison estivale est marquée par des concentrations élevées (Figure 3.14.a.).

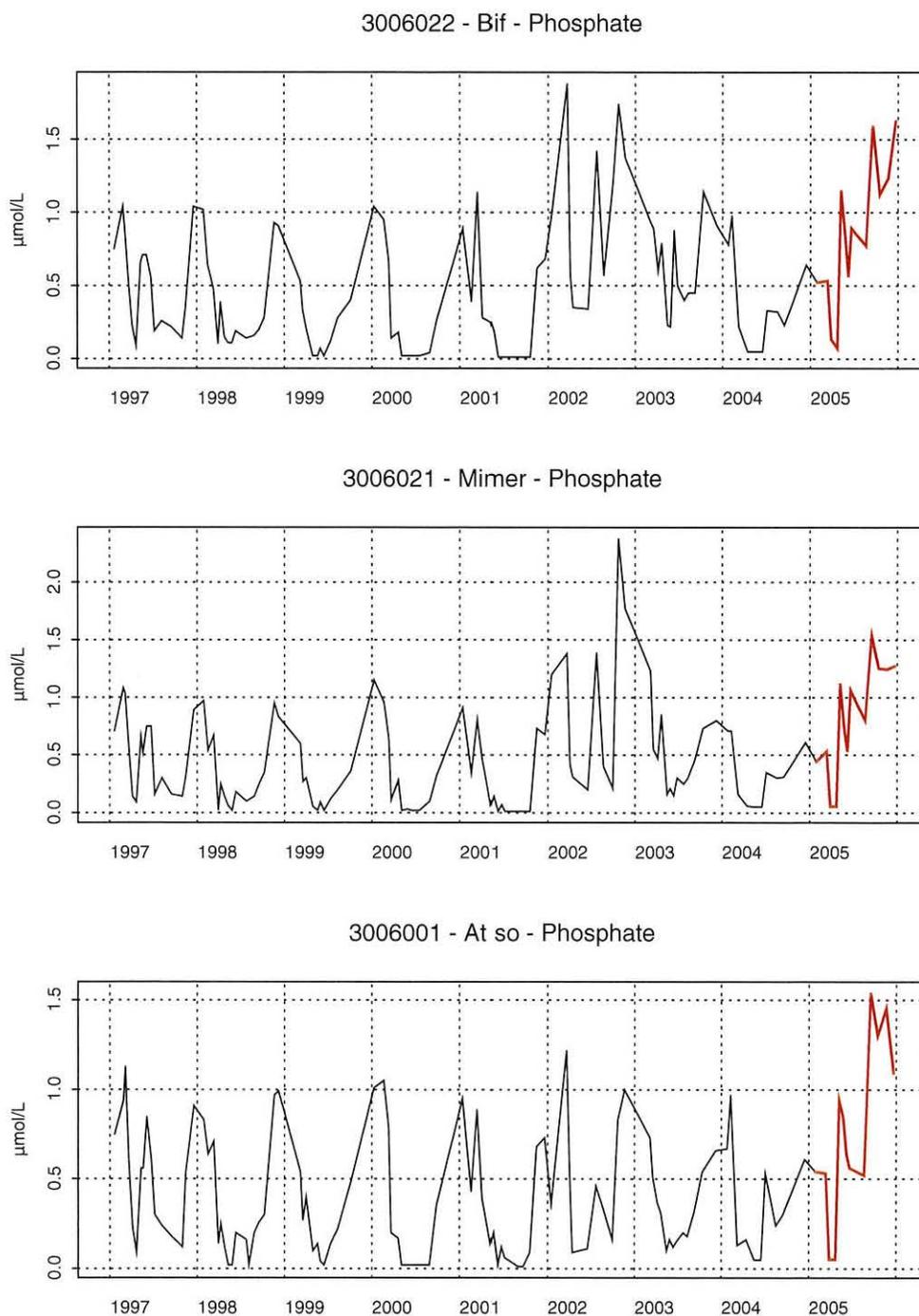


Figure 3.14.a. Évolution des phosphates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

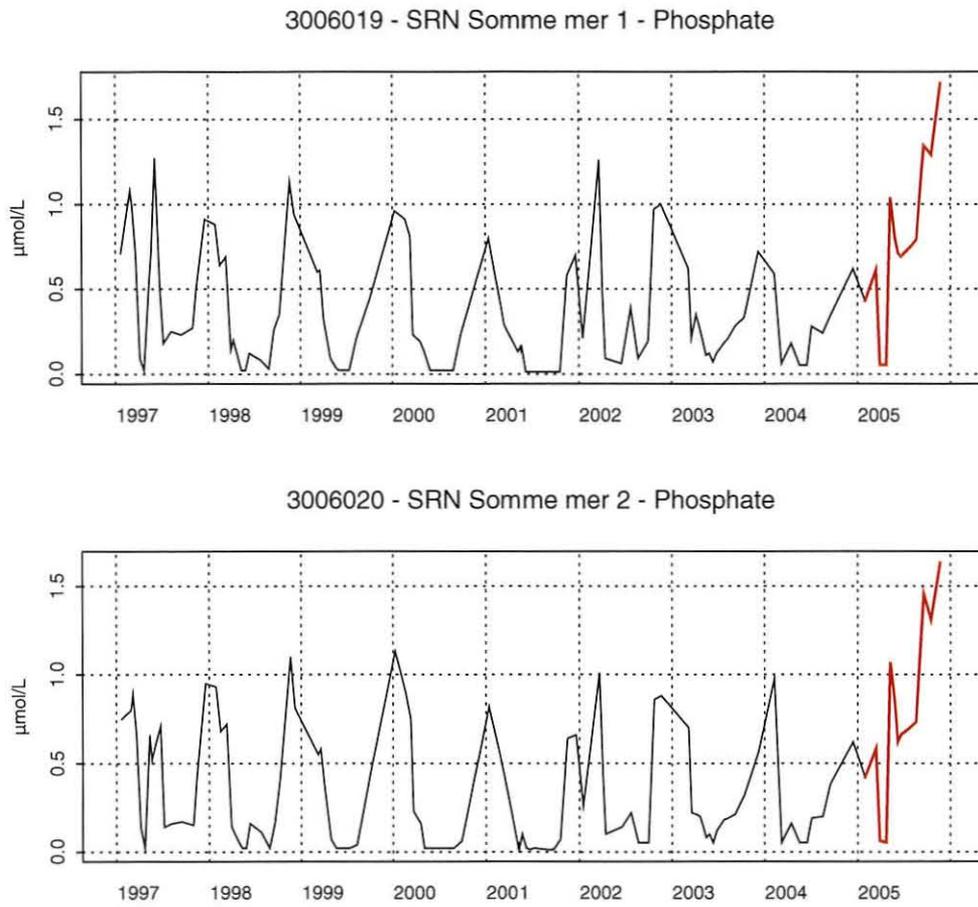


Figure 3.14.a. (suite) Évolution des phosphates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Les variations saisonnières en phosphate pour la période 1997-2005 sont telles que les valeurs les plus élevées sont observées en hiver plutôt qu'en été. Les concentrations en phosphate suivent globalement la même évolution que ce qui a été enregistré pour la période 1997-2005 avec un décalage d'environ 0,3 à 1,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ par rapport à la médiane à long terme (voir paragraphe 1.4.12. assurance qualité). Cependant, en début d'année les concentrations sont en dessous de celles observées habituellement, notamment au mois d'avril. Les années 1997 et 2002 ont été caractérisées par des concentrations particulièrement importantes lors de certains mois et pour certains points (Figure 3.14.b.).

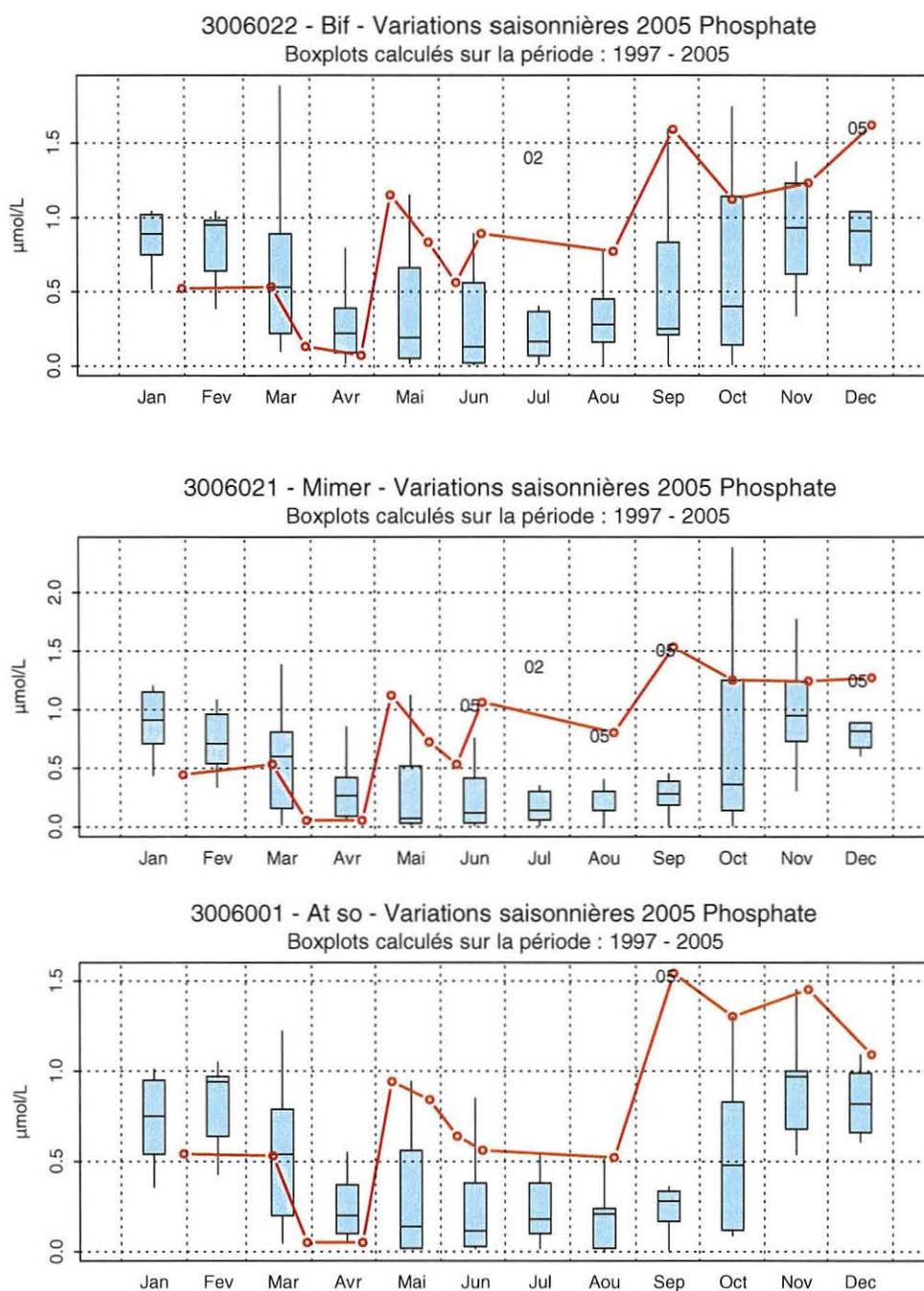


Figure 3.14.b. Évolution des variations saisonnières en phosphate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

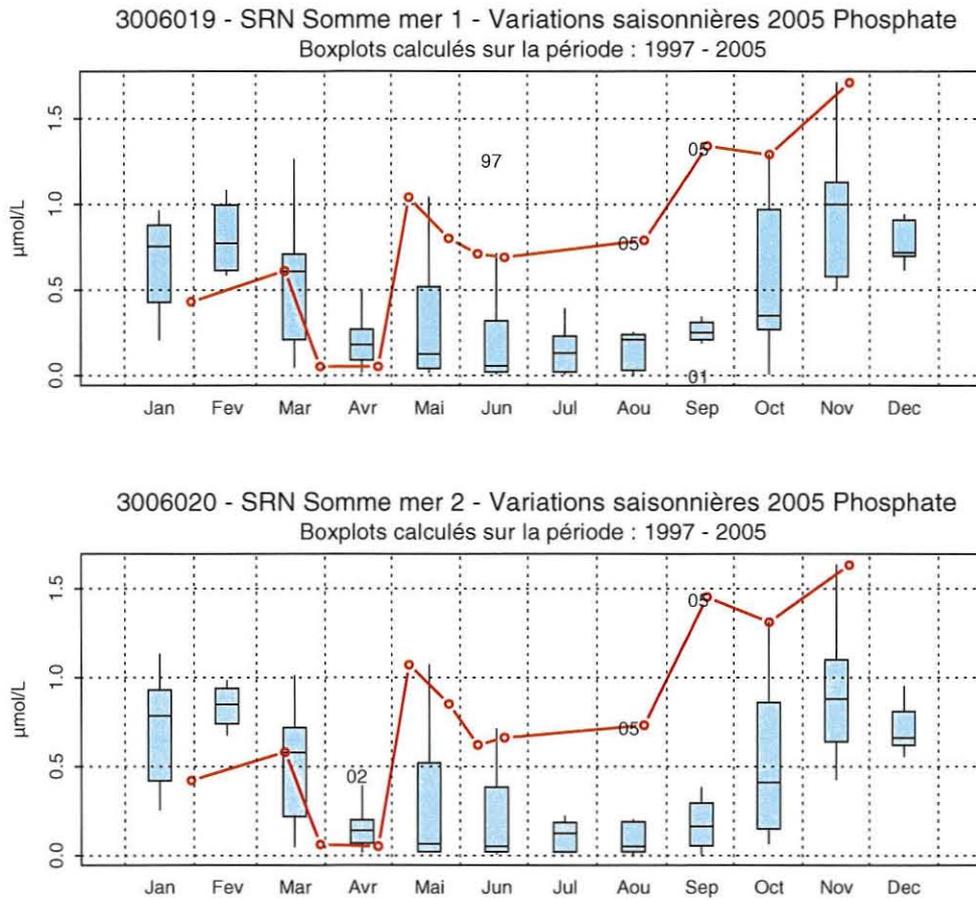


Figure 3.14.b. (suite) Évolution des variations saisonnières en phosphate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

- Silicate

Le cycle 'classique' correspond à des maxima en période hivernale et des minima en période estivale est visible. Les années 2002 (point BIF) et 2001 (points Mer 1 et Mer 2) sont des années remarquables. Les variations entre Mimer et Atso sont comparables, aux niveaux atteints près (Figure 3.15.a.).

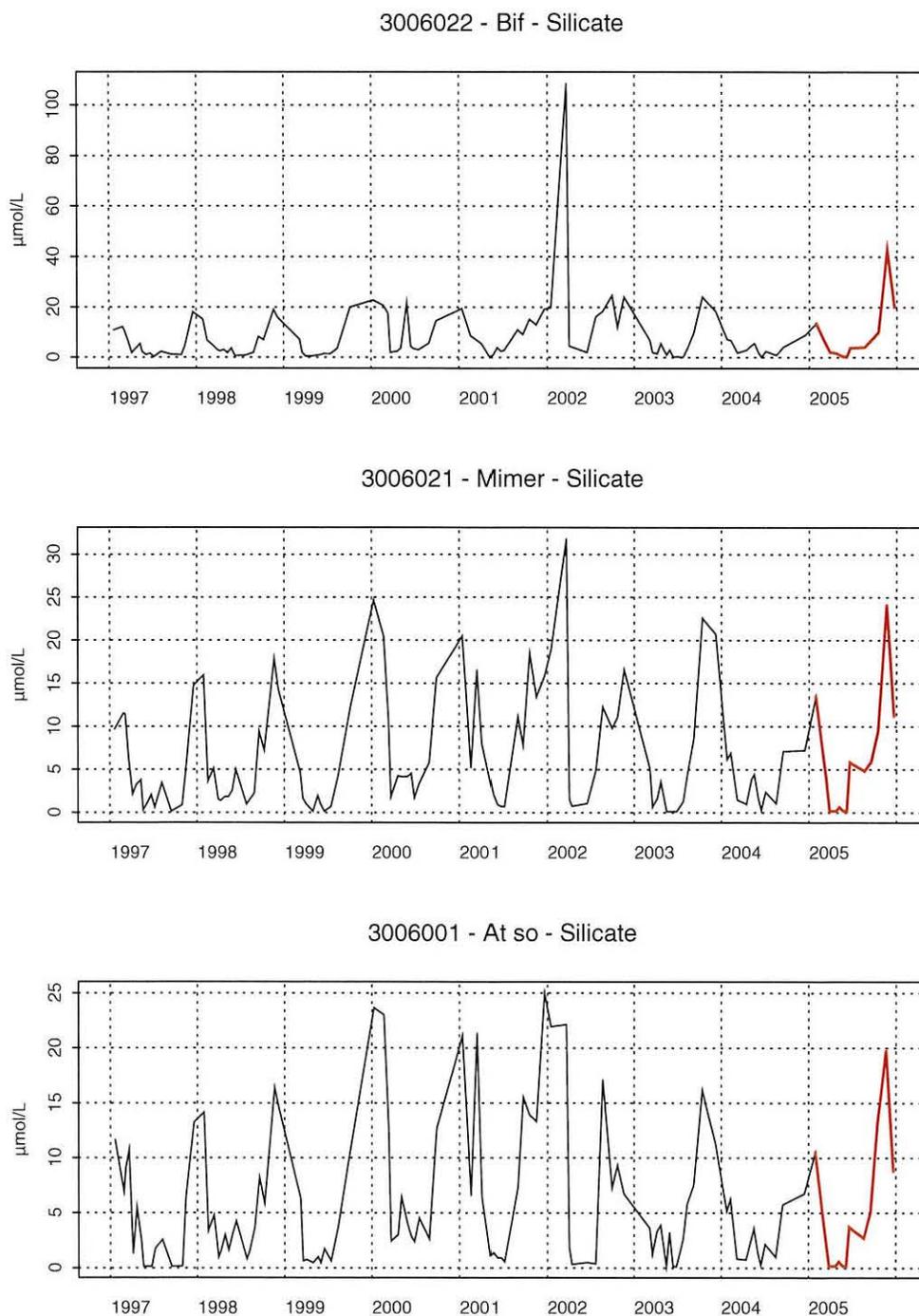


Figure 3.15.a. Évolution des silicates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

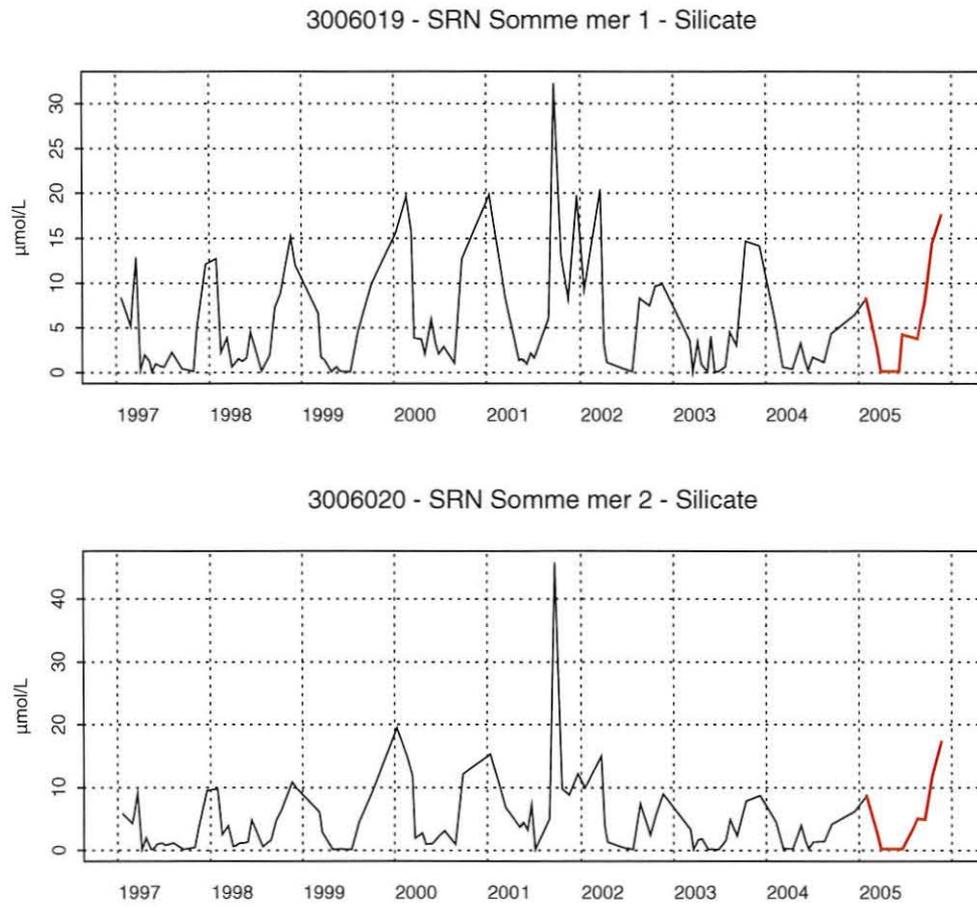


Figure 3.15.a. (suite) Évolution des silicates sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Le cycle saisonnier 2005 évolue en parallèle du schéma établi sur la période de 1997 à 2005 avec des concentrations faibles en période estivale et élevées en période hivernales. Des valeurs particulièrement fortes sont observées en juin aux points Mimer, Atso et Mer 1, en octobre aux points Mer 1 et Mer 2 et en novembre pour tous les points. 2000, 2001 et 2002 restent des années exceptionnelles du point de vue des concentrations atteintes à certains points pour certains mois (Figure 3.15.b).

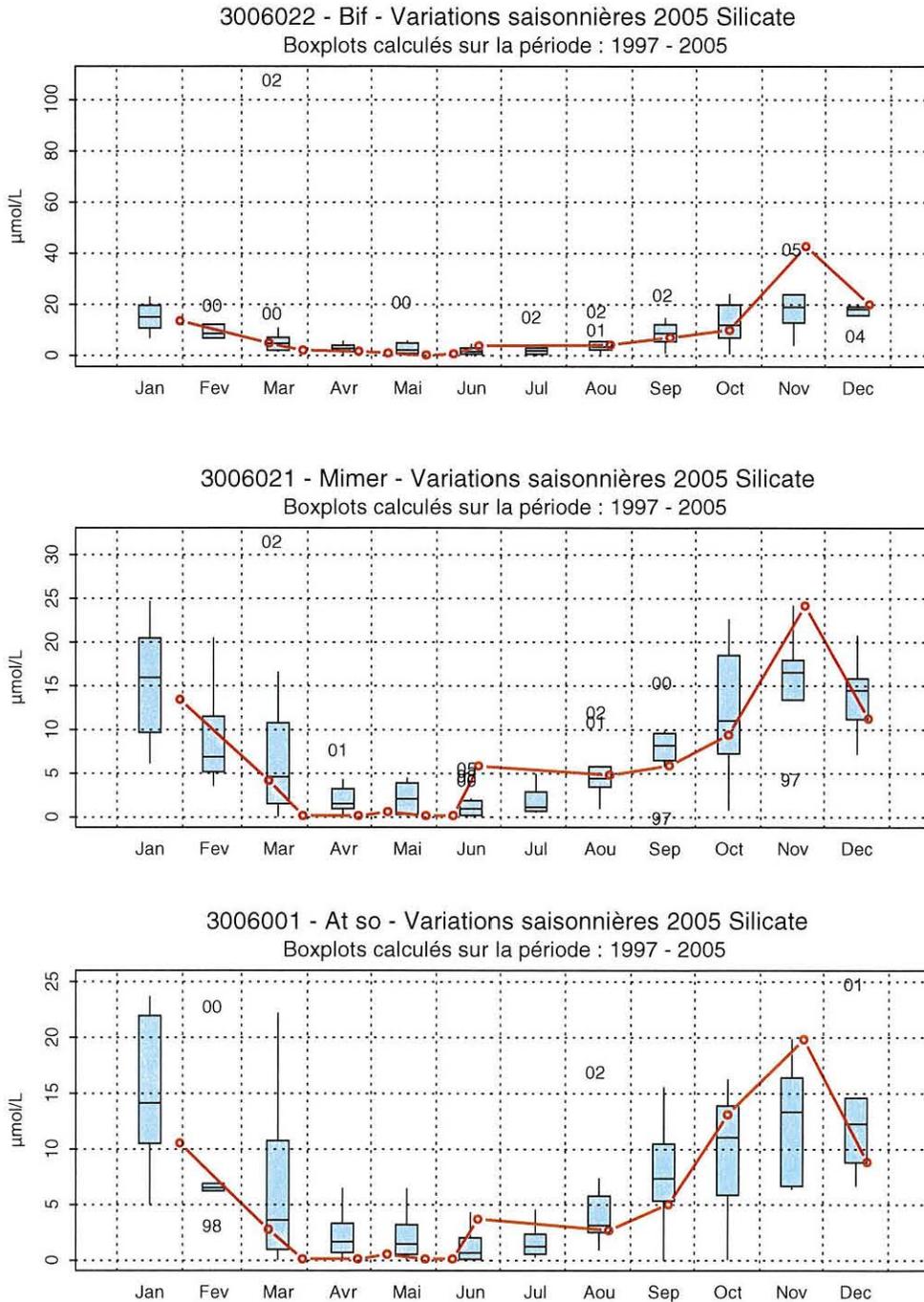


Figure 3.15.b. Évolution des variations saisonnières en silicate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

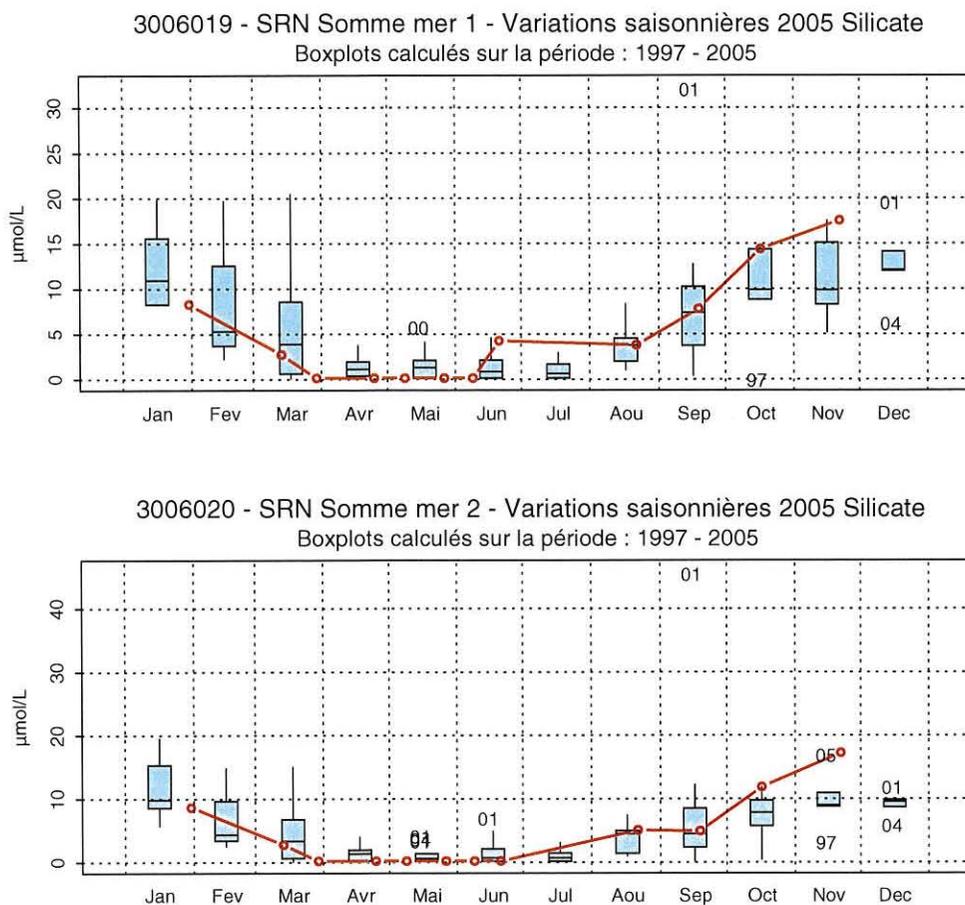


Figure 3.15.b. (suite) Évolution des variations saisonnières en silicate sur la radiale de la Baie de Somme pour la période 1997-2005

Bilan 2005

Au point BIF, l'augmentation de concentration en chlorophylle *a* fin mars est consécutive à une chute de la concentration en nitrate, silicate et ammonium. Les concentrations en nitrate, ammonium, nitrite et phosphate sont de nouveau plus importantes en mai. Une nouvelle augmentation de la chlorophylle *a* est observée alors que la concentration des sels nutritifs chute pour atteindre des valeurs proches ou inférieures au seuil de détection en juin ; la concentration en chlorophylle *a* continue d'augmenter pour atteindre un maximum de $19,78 \mu\text{g.l}^{-1}$ le 17 octobre. En novembre, la concentration en chlorophylle *a* est faible ($2,36 \mu\text{g.l}^{-1}$) alors que les concentrations en silicate, nitrate et ammonium ont considérablement augmentées (Figure 3.16. – Annexe 2).

Au point Mimer, la dynamique des sels nutritifs est quasiment la même ; les niveaux de concentration atteints sont inférieurs et une augmentation de la concentration en ammonium est observée en juin. Le schéma d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* est très différent : 3 valeurs remarquables sont observées, respectivement, à la fin des mois de mars ($13,77 \mu\text{g.l}^{-1}$), au début du mois de juin ($13,13 \mu\text{g.l}^{-1}$) et en octobre ($10,25 \mu\text{g.l}^{-1}$) (Figure 3.17. – Annexe 2).

Aux points Atso, Mer1 et Mer2, les cycles des sels nutritifs sont similaires à ceux enregistrés au point BIF. Le point Mer 2 présente une évolution des concentrations en chlorophylle *a* similaire à celle du point Mimer mais avec un léger décalage temporel (Mer 2 après Mimer). Les points Atso, Mer 1 et Mer 2 ont des évolutions de la concentration en chlorophylle comparables à celle de Mimer de mars à mai, en revanche le bloom de juin laisse des valeurs de chlorophylle *a* importantes jusque septembre au point Atso et jusqu'octobre au point Mer 1 (Figures 3.18. à 3.20. – Annexe 2).

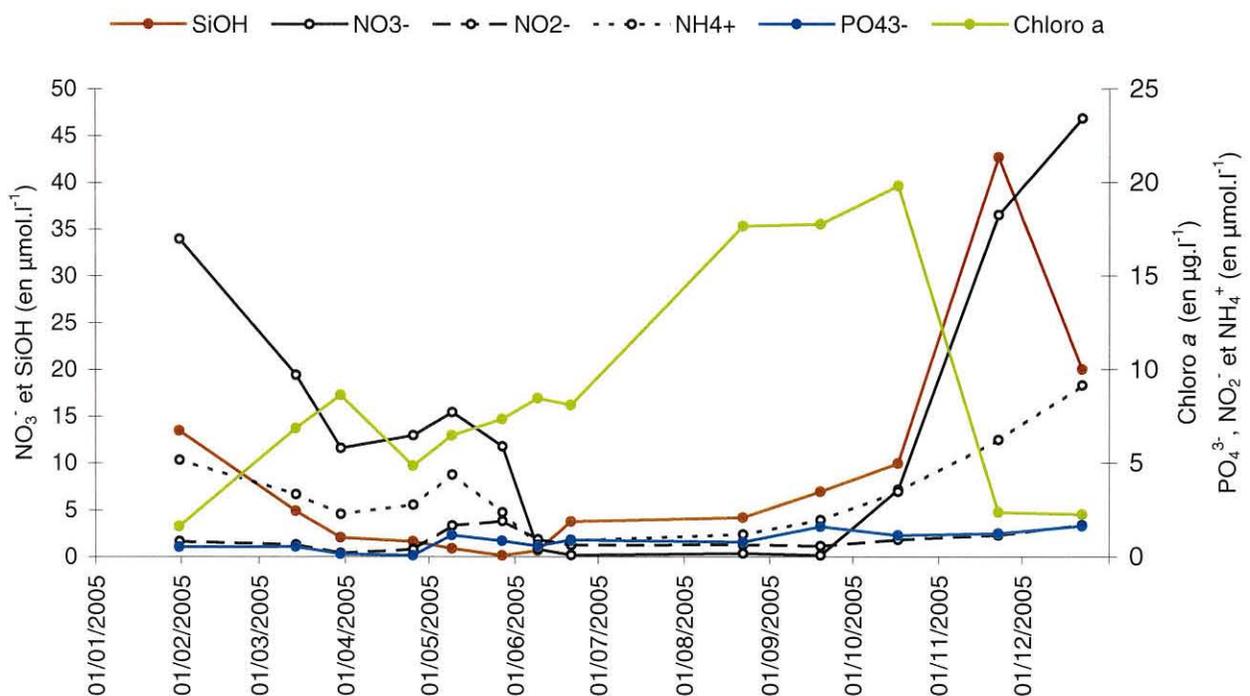


Figure 3.16. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point BIF de la radiale de la Baie de Somme

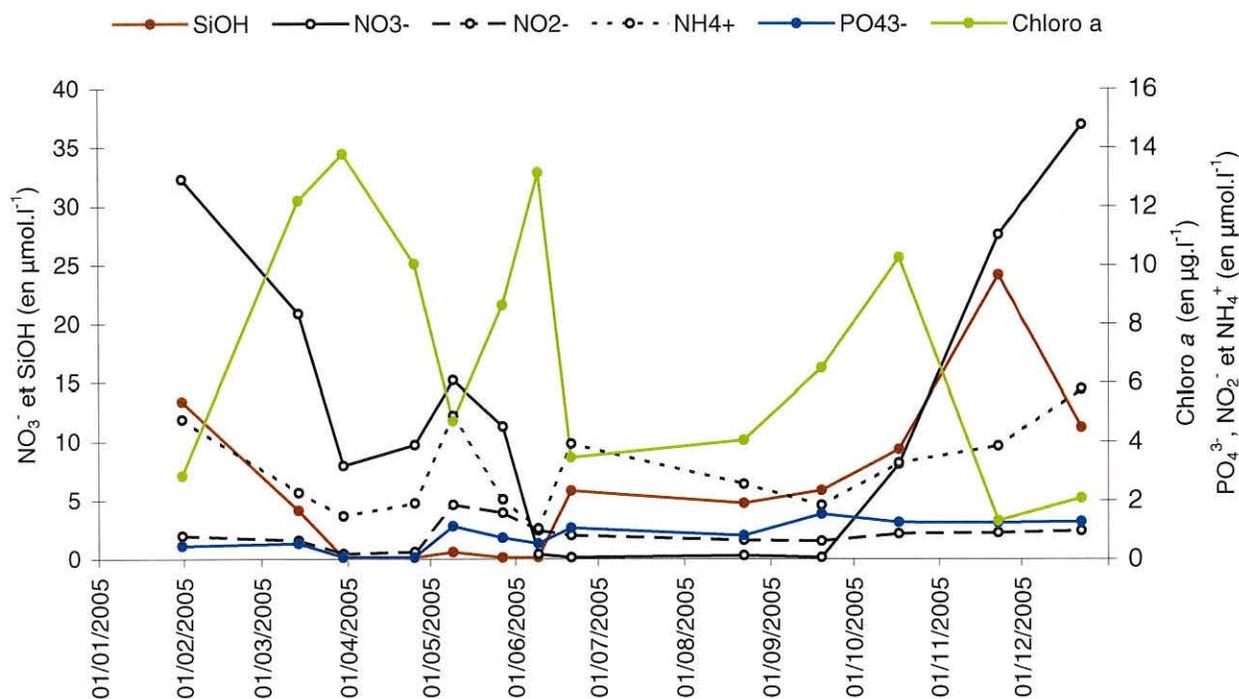


Figure 3.17. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point Mimer de la radiale de la Baie de Somme

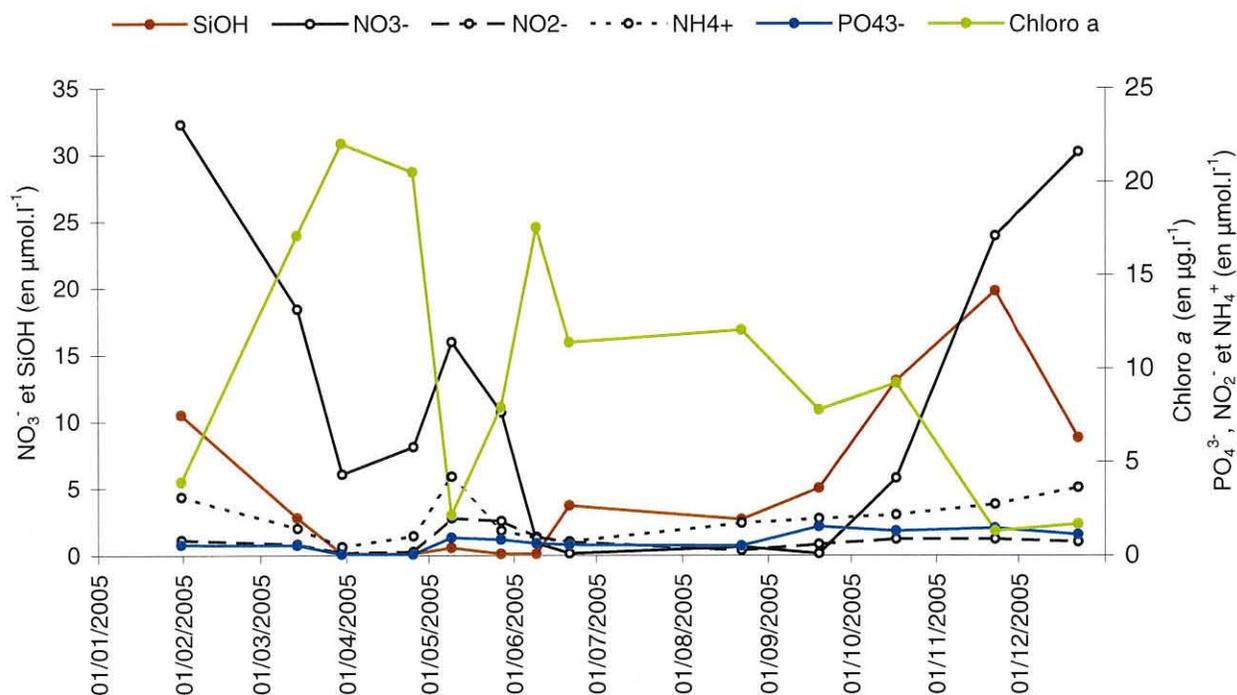


Figure 3.18. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point Atso de la radiale de la Baie de Somme

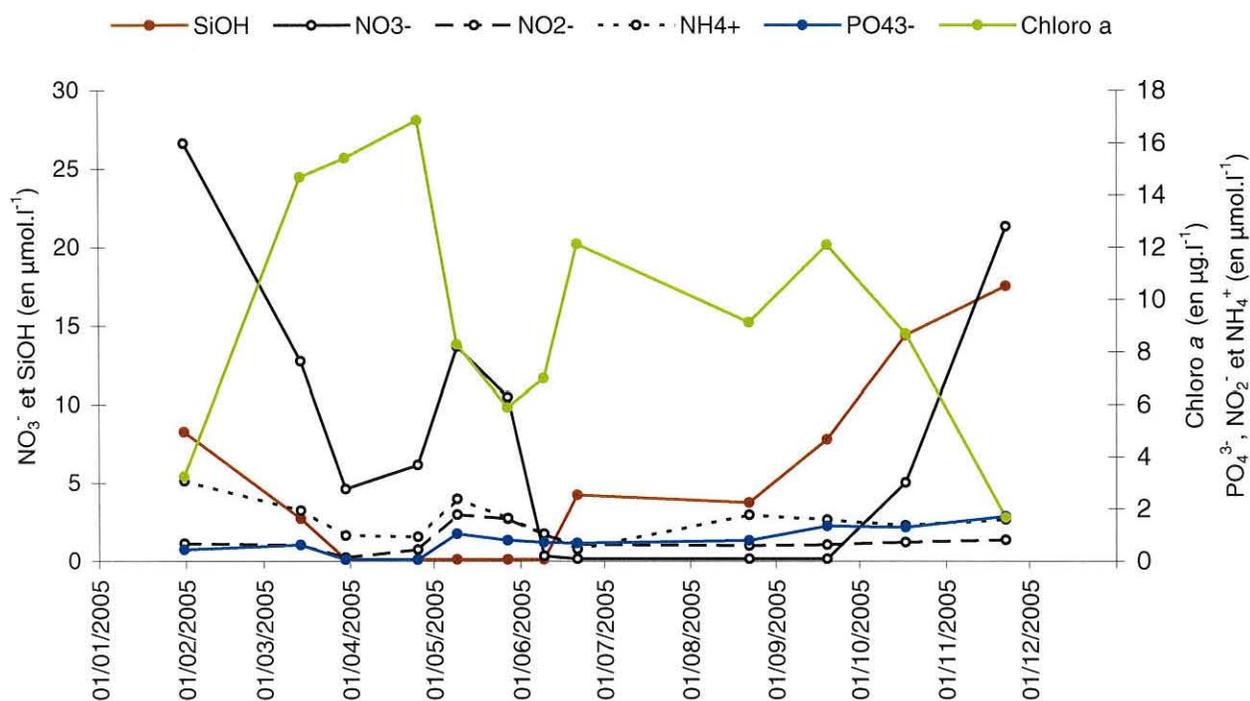


Figure 3.19. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point Mer 1 de la radiale de la Baie de Somme

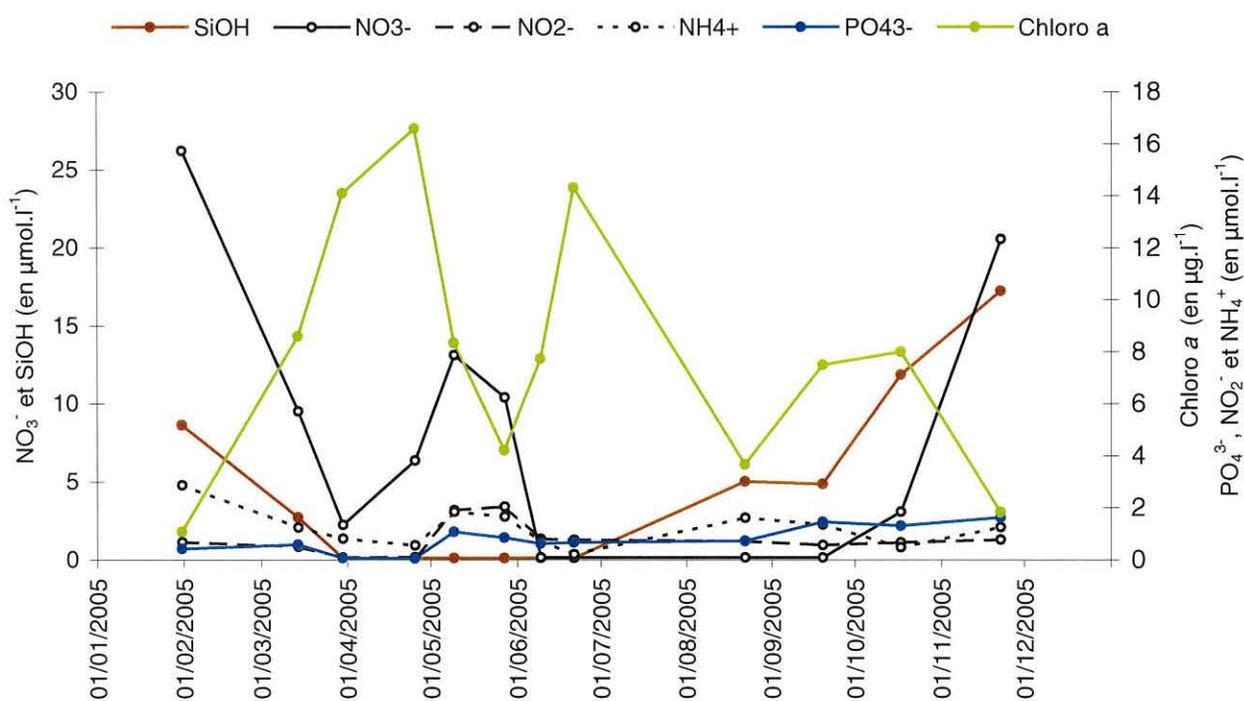


Figure 3.20. Évolution temporelle de la chlorophylle *a* et des sels nutritifs au point Mer 2 de la radiale de la Baie de Somme

2.3.6. Phéopigments

Le taux de phéopigments est exprimé en pourcentage de chlorophylle active.

L'activité chlorophyllienne aux points Mer 1 et Mer 2 est relativement constante ; elle oscille entre 70 et 90 %. En revanche, l'activité chlorophyllienne des points côtiers et estuariens présente des variations plus marquées avec des maxima mi-mars, mi-juin comparables aux valeurs observées au large alors que l'activité 'moyenne' est comprise entre 40 et 70 %. Les valeurs de décembre sont faibles (< 50 %) (Figure 3.21. - Annexe 2).

Le gradient côte-large entre les points Atso et Mer 2 est compris entre 0,12 % et 22,69 % ; celui entre BIF et Mer 2 est compris entre 1,79 % et 38,62 % (Figure 3.21. - Annexe 2).

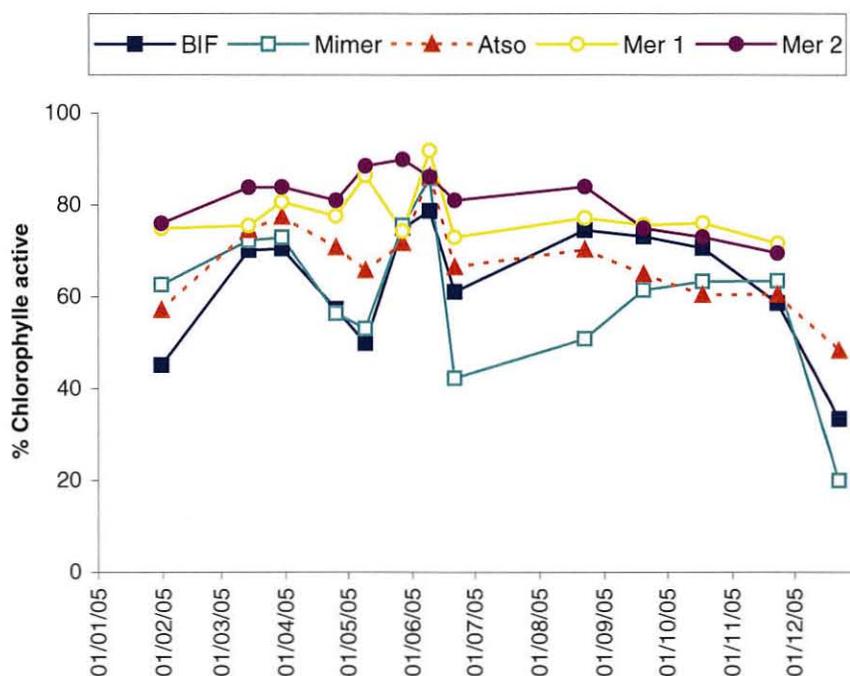


Figure 3.21. Évolution temporelle du pourcentage de chlorophylle active sur la radiale de la Baie de Somme

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.

Dans les zones de climat tempéré, la croissance du phytoplancton peut être limitée par deux types de facteurs : les facteurs physiques (température, éclaircissement, 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.

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux variations d'abondance des espèces et à la densité spécifique de la communauté phytoplanctonique grâce 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 biocénotique 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, ou préférants, par point et par trimestre pour l'année 2004 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 trimestre considéré. Les diatomées sont libellées en bleu foncé, les dinoflagellés en magenta, les cryptophycées en bleu vif, les prymnesiophycées en vert et les autres espèces en noir.

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.

3.2.3. Résultats

3.2.3.1. Dunkerque

L'évolution générale de l'abondance phytoplanctonique est similaire pour les 3 points de la radiale de Dunkerque. Les valeurs sont élevées au printemps et en période estivale (maximum au point 1 avec $9,75 \cdot 10^5$ cellules par litre le 31 mai). L'abondance est faible en période hivernale. Le minimum est observé en période printanière (mai) au point côtier (5 000 cell./L).

La prolifération de *Phaeocystis sp.* est plus marquée au point 3 où il est présent de février à septembre en concentration variant de 10^3 à plus de 10^5 cell./L avec un maximum en avril de $1,7 \cdot 10^5$ cell./L (38 % de la flore totale). Aux points 1 et 4, il est surtout présent entre avril et août (Figure 3.1.1.).

A Dunkerque, le phytoplancton est essentiellement composé de diatomées, de cryptophycées, de dinophycées et de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* (Figure 3.1.1. et tableau 3.1.).

La proportion des différents groupes est variable dans le temps et dans l'espace. Les diatomées sont dominantes lors de chaque prélèvement sauf les 9 juin (au point 4) et 22 juin (au point 1) où ce sont les prymnesiophycées qui le sont, ainsi que le 19 mai (au point 1) où ce sont les dinoflagellés. Les prymnesiophycées sont très présentes au point 3 (20 à 40 % de l'abondance totale) les 11 avril, 31 mai, 9 juin, 30 août et 20 septembre. On les retrouve également le 22 juin au point 1 (54 %) et le 9 juin au point 4 (48 %).

Les dinoflagellés sont présents au point 1 le 19 mai (52 %) et le 30 août (32 %), au point 3 le 22 juin et au point 4 le 30 août (20 %).

Les protistes¹ sont très abondants au point 1 les 19 mai et 22 juin avec $5,3 \cdot 10^5$ et $1,6 \cdot 10^6$ cell./L, au point 3 le 22 juin avec $1,1 \cdot 10^6$ cell./L et au point 4 les 31 mai et 27 juillet avec respectivement $3,6 \cdot 10^5$ et $1,1 \cdot 10^6$ cell./L.

Globalement, l'indice de Shannon varie entre 2,5 et 4 pour les 3 points au cours de l'année, avec ponctuellement des valeurs inférieures à 2,5 (*l'indice étant particulièrement sensible à la dominance d'un taxon, les protistes, particulièrement abondants en 2005, n'ont pas été intégrés dans les calculs*).

Le 19 mai, l'indice chute en dessous de 2 pour les 3 points en raison du faible nombre d'espèces présentes. La dominance de *Guinardia delicatula* (889 566 cell./L) le 31 mai au point 1 est responsable de la diminution de l'indice (0,5). La dispersion de l'indice des 3 points le 22 juin est due à une diminution de diversité entre les points 3 et 4 (respectivement 20 et 11 espèces) et à la dominance des cryptophycées (253 900 cell./L) et de *Phaeocystis sp.* (61 880 cell./L) au point 1. La chute de l'indice aux 3 points le 27 juillet est due à la dominance de *Rhizosolenia imbricata* (entre $4 \cdot 10^5$ et $6 \cdot 10^5$ cell./L).

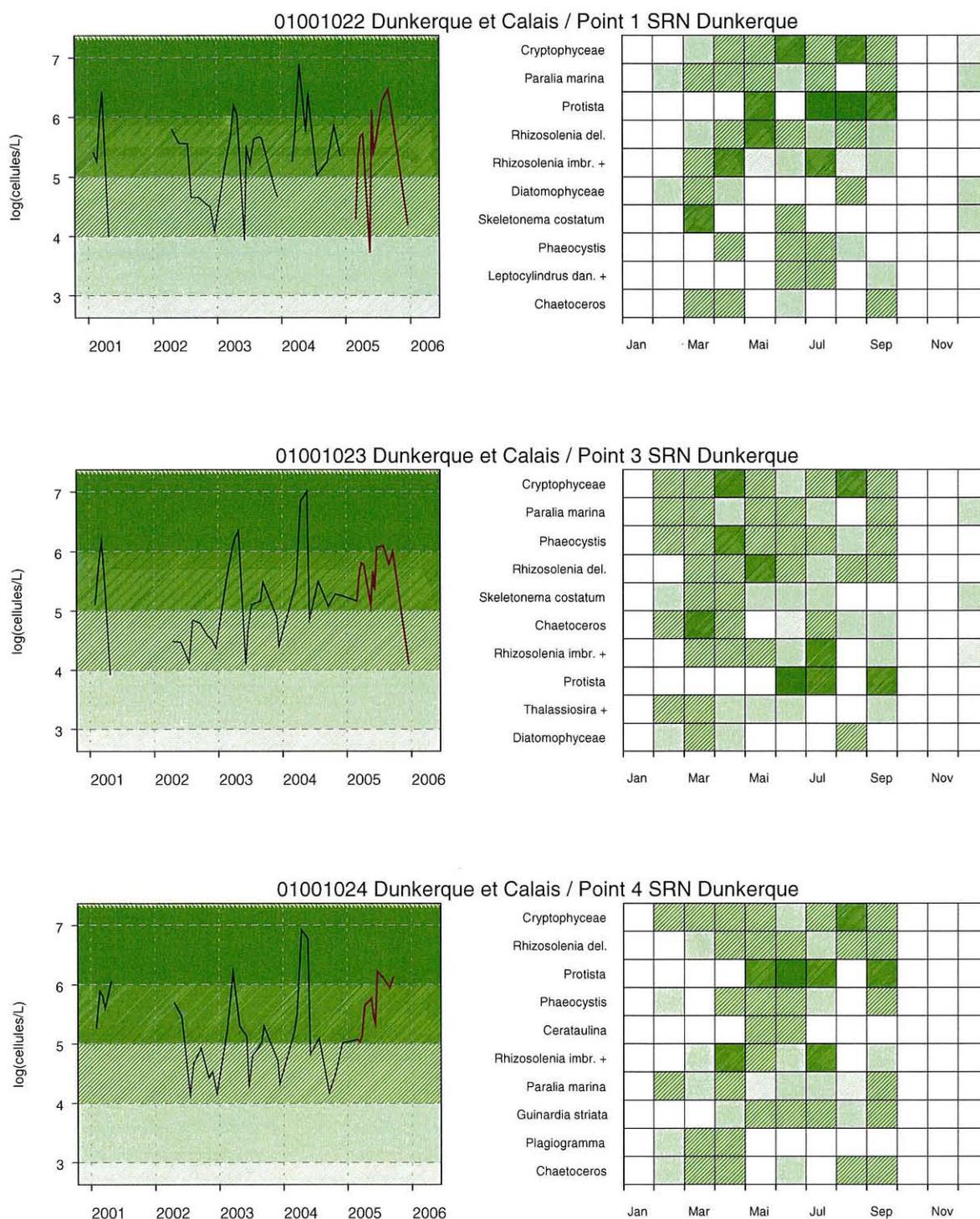
La dominance de *Skeletonema costatum* et *Paralia marina* le 21 décembre est la cause d'un indice de Shannon compris entre 2 et 3 pour les points 1 et 3 (Figure 3.1.2.).

¹ Protiste : êtres vivant dont l'organisme est constitué par une seule cellule pendant la plus grande partie de son cycle reproductif, mais qui possède un noyau cellulaire nettement délimité. Ce sont des *eucaryotes*, auxquels on peut opposer les *procaryotes* (bactéries). On distingue 2 groupes : les *protozoaires*, dépourvus de chlorophylle et les *protophytes*, qui en possèdent.

Résultats REPHY

Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2005

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



Source/Copyright REPHY-Ifrermer, banque Quadrige

Figure 3.1.1. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2001 et 2005 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de Dunkerque

Tableau 3.1. Correspondance entre les intitulés et la classe taxonomique pour la radiale de Dunkerque (sans les protistes)

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Cerataulina	<i>Cerataulina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Diatomophyceae	<i>Diatomophyceae</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia striata	<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus dan. +	<i>Leptocylindrus danicus + curvatulus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Plagiogramma	<i>Plagiogramma</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>
Thalassiosira +	<i>Thalassiosira + Porosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

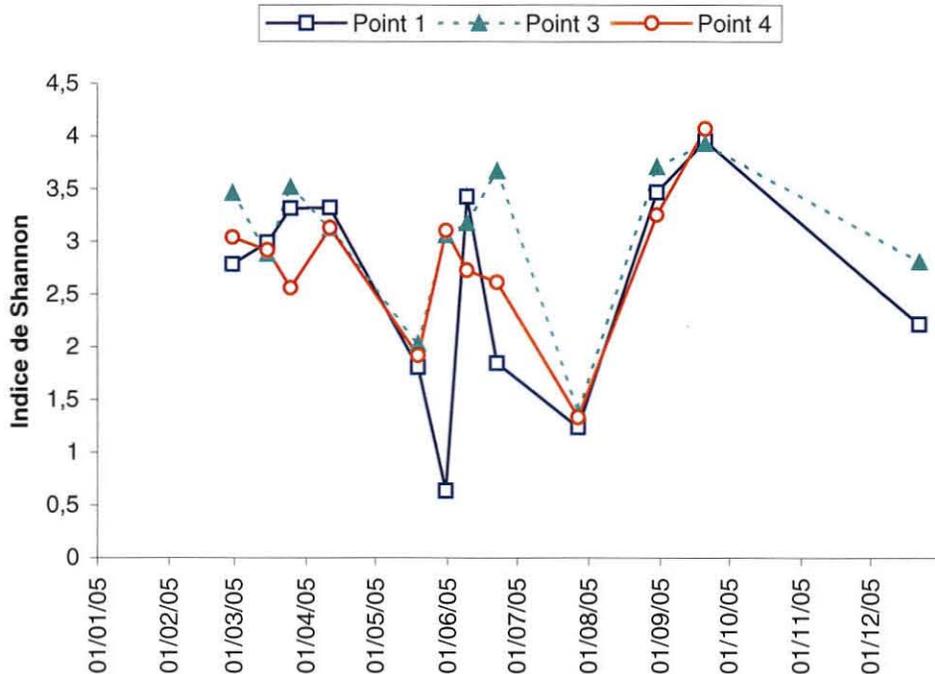


Figure 3.1.2. Évolution temporelle de l'indice de Shannon pour la radiale de Dunkerque (sans les protistes)

3.2.3.2. 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 (maximum au point 1 avec $1,46 \cdot 10^6$ cellules par litre le 22 septembre). L'abondance est faible en période hivernale, le minimum est observé le 31 janvier au point côtier (4 700 cell./L).

La prolifération de *Phaeocystis sp.* est plus marquée au point 2 où il est présent de février à novembre (sauf pour les mois de mars, mai et octobre) en concentration variant de 10^4 à $4,9 \cdot 10^5$ cell./L (maximum enregistré en septembre) (50 % de la flore totale). Sa présence est plus ponctuelle au point 3 où il est présent d'avril à novembre (sauf aux mois de mai, août et octobre) en concentration variant de $8 \cdot 10^3$ à $3,4 \cdot 10^5$ cell./L. Au point 1, on ne le retrouve que le 22 septembre où son abondance est de 10^6 cell./L (70 % de la flore totale) (Figure 3.2.1.).

A Boulogne-sur-Mer, le phytoplancton est essentiellement composé de diatomées, de cryptophycées, de dinophycées et de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* (Figure 3.2.1. et tableau 3.2.).

La proportion des différents groupes est variable dans le temps et sur la radiale. Les diatomées sont dominantes lors de chaque prélèvement sauf le 22 septembre (aux points 1 et 2) et le 9 juin (au point 3) où ce sont les prymnesiophycées qui le sont. Les dinophycées sont présentes en faibles quantités (< 10 % de l'abondance totale) sauf le 31 août au point 1 et le 14 novembre au point 3 où elles représentent, respectivement, 43 et 25 % de la flore totale. Les prymnesiophycées sont présentes avec une proportion comprise entre 20 et 45 % le 26 avril (point 2 et 3), le 20 juin et le 22 septembre (point 3). Les fortes proportions de prymnesiophycées sont enregistrées le 9 juin (77 % au point 3), et le 22 septembre (50 % au point 2 et 70 % au point 1).

Les protistes¹ sont très abondants le 9 juin au point 1 ($1,8 \cdot 10^6$ cell./L), au point 1 et 2 le 11 mai ($5,9 \cdot 10^5$ cell./L et $1,7 \cdot 10^6$ cell./L), et au point 2 et 3 le 25 mai ($1,7 \cdot 10^6$ cell./L et $1,9 \cdot 10^6$ cell./L).

En 2005 l'indice de Shannon varie globalement entre 2 et 4 pour les 3 points mais on observe ponctuellement des valeurs inférieures à 2 (*l'indice étant particulièrement sensible à la dominance d'un taxon, les protistes, particulièrement abondants en 2005, n'ont pas été intégrés dans les calculs*).

Le 23 mars, l'indice chute à 1,5 pour le point 3 à cause de la dominance de *Skeletonema costatum* (20 300 cell./L). Le 25 mai, l'indice chute en dessous de 1 pour les 3 points à cause de la dominance de *Cerataulina sp.* ($570\,927$ cell./L au point 3). La chute de l'indice (1,89) au point 1 le 22 septembre est liée à la présence de *Phaeocystis sp.*. La diversité reste néanmoins très importante (36 taxons dénombrés) (Figure 3.2.2.).

¹ Protiste : êtres vivant dont l'organisme est constitué par une seule cellule pendant la plus grande partie de son cycle reproductif, mais qui possède un noyau cellulaire nettement délimité. Ce sont des *eucaryotes*, auxquels on peut opposer les *procaryotes* (bactéries). On distingue 2 groupes : les *protozoaires*, dépourvus de chlorophylle et les *protophytes*, qui en possèdent.

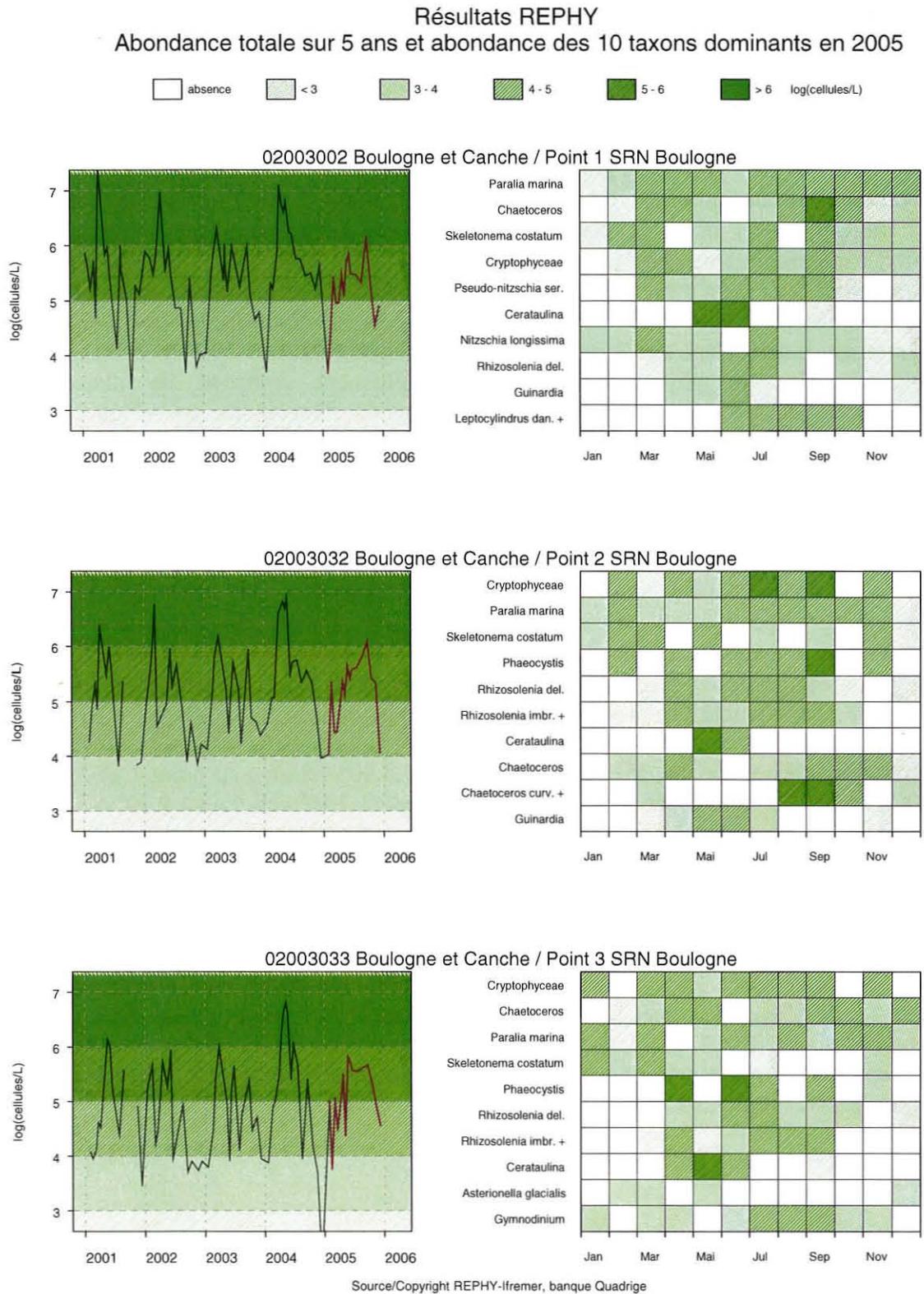


Tableau 3.2. Correspondance entre la base de données Quadrigé de l'Ifremer et la classe de chaque taxon pour la radiale de Boulogne-sur-Mer (sans les protistes)

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionella glacialis	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Cerataulina	<i>Cerataulina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia	<i>Guinardia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus dan. +	<i>Leptocylindrus danicus + curvatulus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Nitzschia longissima	<i>Nitzschia longissima</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>
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

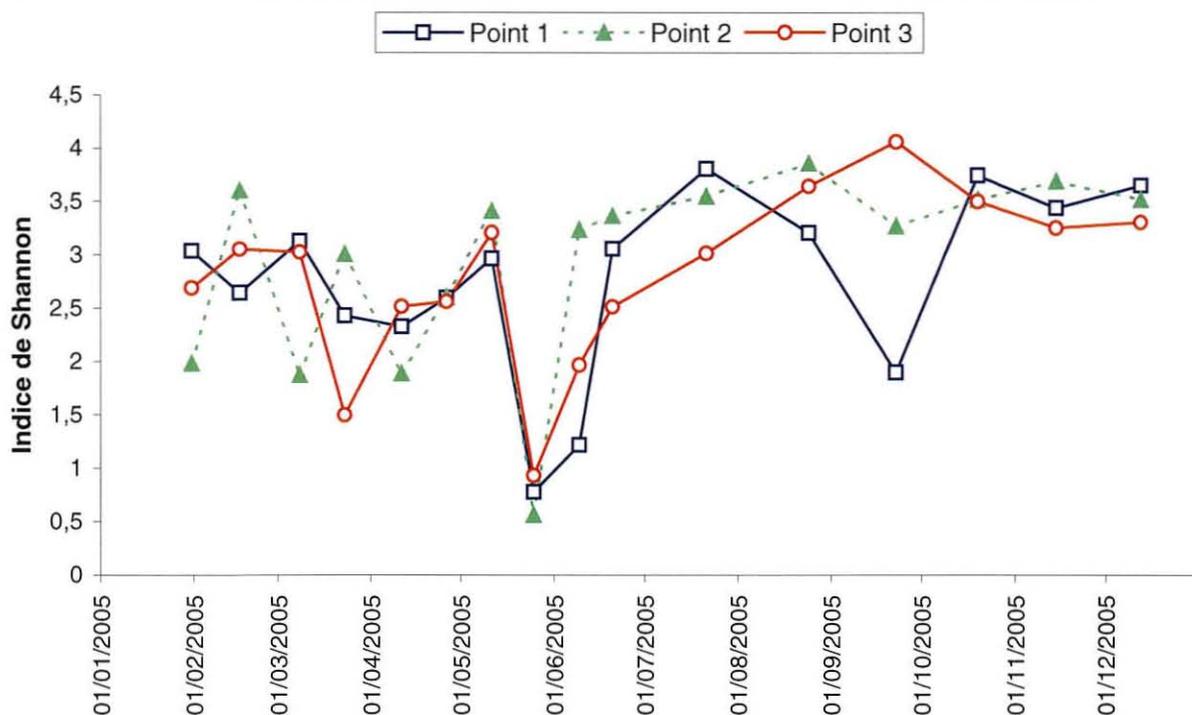


Figure 3.2.2. Évolution temporelle de l'indice de Shannon pour la radiale de Boulogne-sur-Mer (sans les protistes)

3.2.3.3. Baie de Somme

L'évolution de l'abondance phytoplanctonique est quasiment la même aux 5 points de la radiale de la Baie de Somme, avec 3 valeurs remarquables, une au printemps, une en été et une en automne (sauf pour les points Mimer et Mer 1 où le pic été/automne correspond à un seul maximum). Les valeurs maximales sont toutes situées en période automnale (la plus forte au point Mer 2 avec $1,23 \cdot 10^6$ cell./L) sauf pour le point BIF qui présente un maximum en période estivale de $2,68 \cdot 10^6$ cell./L. L'abondance est faible en période hivernale (7 900 cell./L au point Mimer en décembre).

La présence de *Phaeocystis sp.* est notée régulièrement sur les 5 points de la radiale (Figure 3.3.1. – 3.3.1.bis).

En Baie de Somme, le phytoplancton est composé de diatomées, de cryptophycées, de chlorophycées, de dinophycées et de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* (Figure 3.3.1. – 3.3.1.bis et tableau 3.3.).

La proportion des différents groupes est variable dans le temps et sur la radiale. Les diatomées sont dominantes lors de chaque prélèvement sauf le 14 mars (BIF et Mer 1), le 25 avril (BIF), le 9 mai (Mer 1) et le 21 juin (Atso) où ce sont les prymnesiophycées qui le sont. Les dinophycées sont présentes en faibles proportions (< 10 %) sauf le 22 août au point Mer 2 (14,4 % de la flore totale). Les prymnesiophycées sont présentes avec une abondance représentant entre 20 et 40 % de la flore totale le 31 janvier (BIF), le 14 mars (Mimer), le 25 avril (Mimer et Mer 1), le 9 et le 27 mai (Atso) et le 19 septembre (Mimer, Atso et Mer 1). Les plus fortes valeurs d'abondance de prymnesiophycées sont enregistrées le 14 juin (BIF et Mer 1) avec respectivement 65 et 52 % de l'abondance totale, le 25 avril avec 48 % (BIF), le 9 mai avec 48 % (Mer 1) et le 21 juin avec 66 % (Atso).

Les protistes¹ sont très abondants : le 25 avril au point Atso avec $1,3 \cdot 10^6$ cell./L, le 9 mai au point Mer 2 avec $2,65 \cdot 10^6$ cell./L, le 27 mai au point Atso avec $8,6 \cdot 10^5$ cell./L, le 21 juin aux points BIF, Mimer et Mer 1 avec, respectivement, $1,1 \cdot 10^6$ cell./L, $1,9 \cdot 10^7$ cell./L et $1,6 \cdot 10^6$ cell./L, le 22 août au point Mer 1 avec $8,5 \cdot 10^5$ cell./L et le 19 septembre aux points Mer 1 et Mer 2 avec, respectivement, $2,56 \cdot 10^6$ cell./L et $1,85 \cdot 10^6$ cell./L.

En 2005 l'indice de Shannon varie globalement entre 2 et 4 pour les 5 points mais on observe des valeurs inférieures à 2 (*l'indice étant particulièrement sensible à la dominance d'un taxon, les protistes, particulièrement abondants en 2005, n'ont pas été intégrés dans les calculs*).

Le 9 mai, l'indice chute à 1,5 pour le point Mer 2 en raison de la dominance de *Rhizosolenia imbricata* + *styliformis* (90 331 cell./L). Le 27 mai, l'indice chute à 1,5 à cause de la dominance de *Asterionellopsis glacialis* (1 113 000 cell./L) au point BIF et celle de *Cerataulina sp.* (201 710 cell./L) au point Atso. Le 9 juin, la chute de l'indice à 1,0 et 1,2 est due, respectivement, à la dominance de *Asterionellopsis glacialis* (2 316 000 cell./L) au point BIF et à celle de *Guinardia sp.* (152 546 cell./L) et *Guinardia delicatula* (162 830 cell./L) au point Atso. Le 21 juin, l'indice est de 1,65 au point Mimer, 1,85 au point BIF et 0,74 au point Mer 2. Ces valeurs sont liées à la dominance de *Cryptophyceae* au point BIF (avec 1 038 000 cell./L) et au point Mimer (avec 217 700 cell./L) et à celle de *Guinardia sp.* (359 940 cell./L) du point Mer 2 (Figure 3.3.2.).

¹ Protiste : êtres vivant dont l'organisme est constitué par une seule cellule pendant la plus grande partie de son cycle reproductif, mais qui possède un noyau cellulaire nettement délimité. Ce sont des *eucaryotes*, auxquels on peut opposer les *procaryotes* (bactéries). On distingue 2 groupes : les *protozoaires*, dépourvus de chlorophylle et les *protophytes*, qui en possèdent.

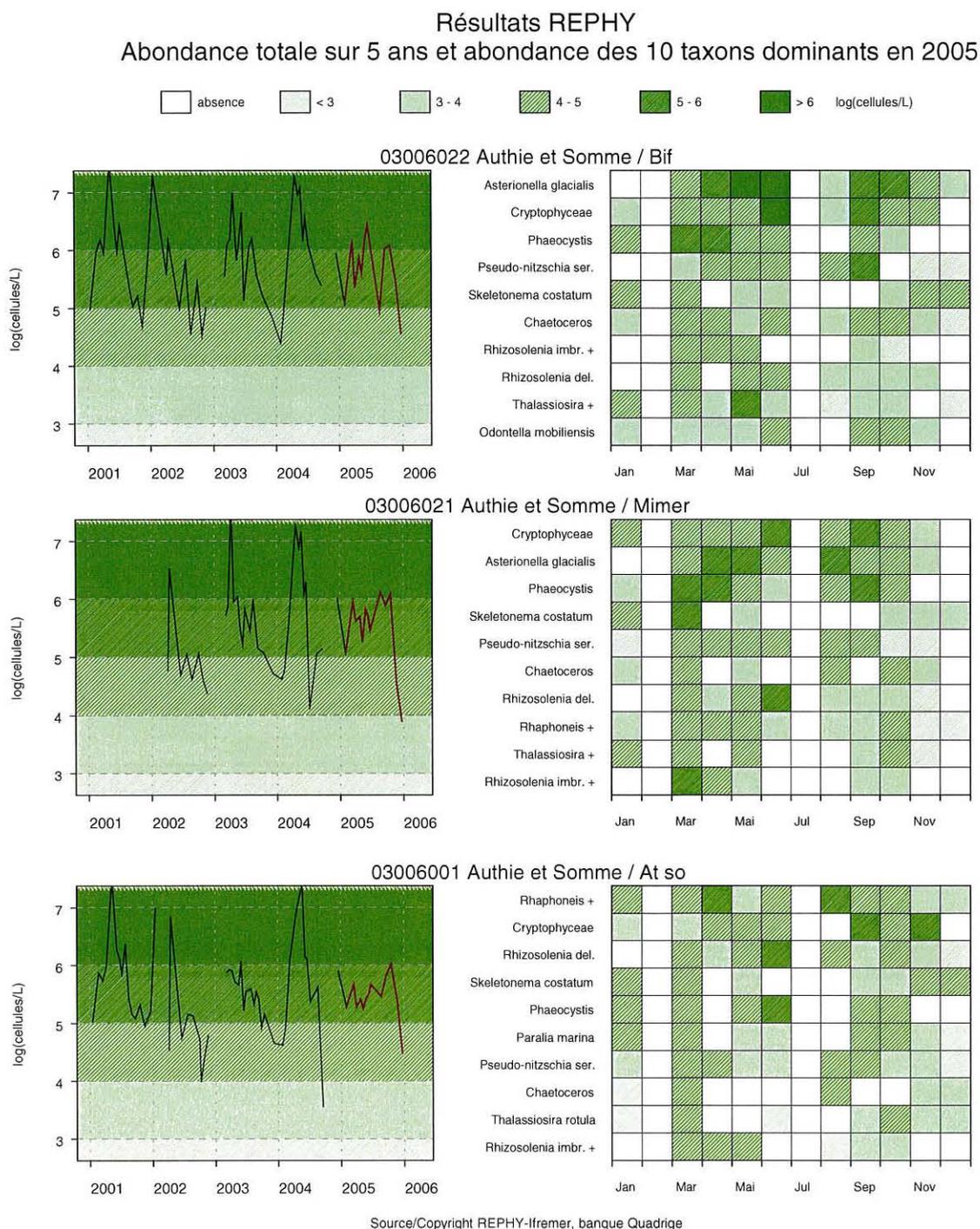


Figure 3.3.1. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2001 et 2005 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois pour la radiale de la Baie de Somme

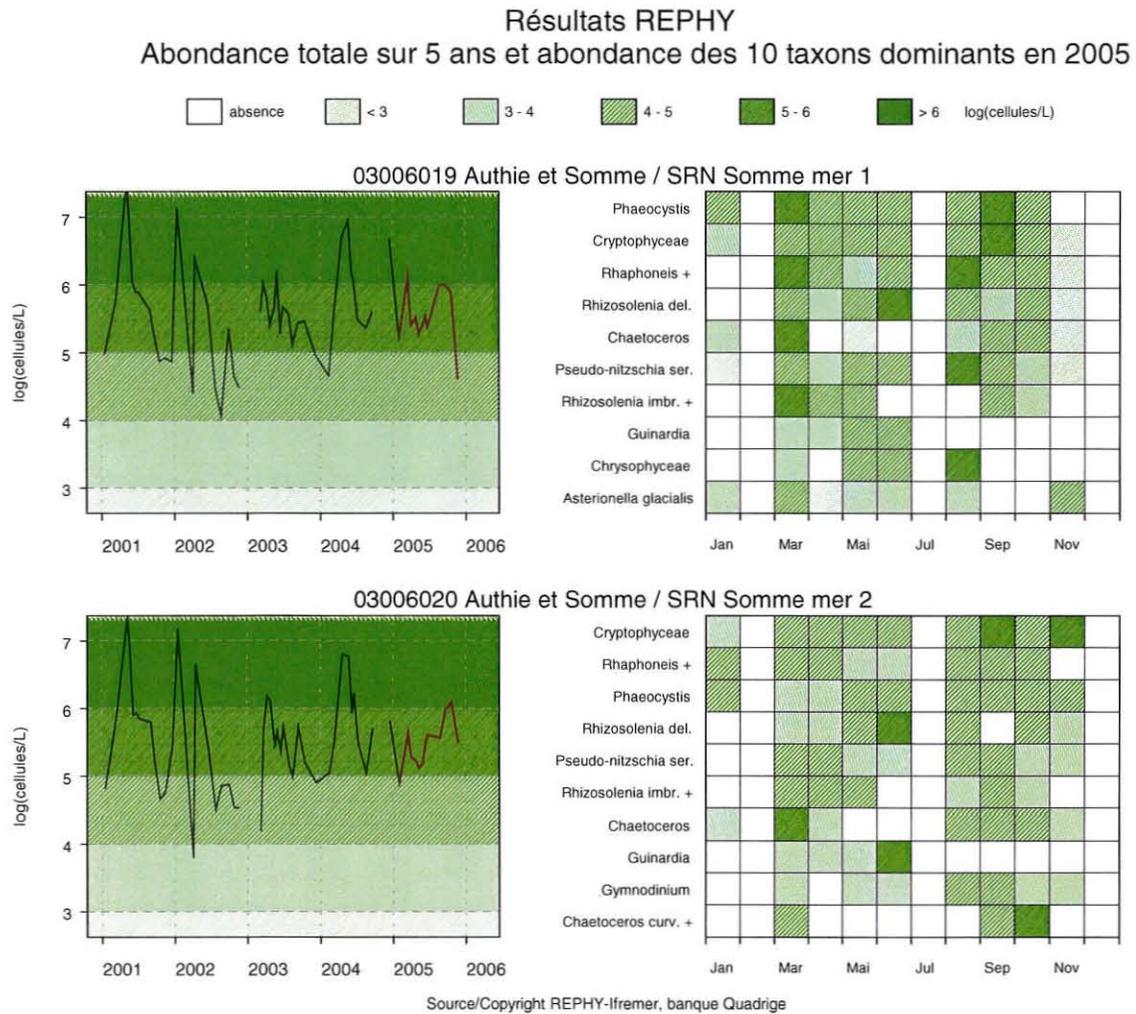


Tableau 3.3. Correspondance entre la base de données Quadrigé de l'Ifremer et la classe de chaque taxon pour la radiale de la Baie de Somme

REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrigé	Classe
Chrysophyceae	<i>Chrysophyceae</i>	<i>Chlorophyceae</i>
Cryptophyceae	<i>Cryptophyceae</i>	<i>Cryptophyceae</i>
Asterionella glacialis	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia	<i>Guinardia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Odontella mobiliensis	<i>Odontella mobiliensis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia ser.	<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhaphoneis +	<i>Rhaphoneis + Delphineis</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>
Thalassiosira +	<i>Thalassiosira + Porosira</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira rotula	<i>Thalassiosira rotula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Gymnodinium	<i>Gymnodinium</i>	<i>Dinophyceae</i>
Phaeocystis	<i>Phaeocystis</i>	<i>Prymnesiophyceae</i>

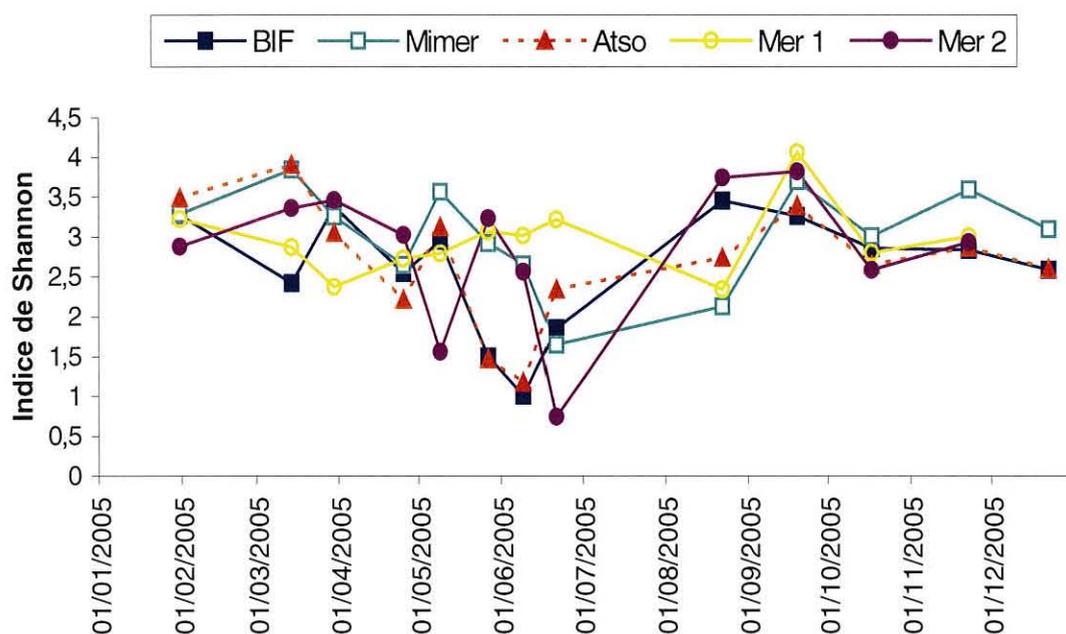


Figure 3.3.2. Évolution temporelle de l'indice de Shannon pour la radiale de la Baie de Somme

4. Discussion

4.1. Température et salinité

La température de l'eau dépend en grande partie de celle de l'air (Annexe 3), en effet, elles tendent à s'équilibrer. Cependant, les variations de température de l'eau sont moins accentuées que celles de l'air et elles sont plus importantes à la côte qu'au large (températures plus élevées en hiver et plus faibles en été au large), conséquences de la grande inertie thermique des masses d'eau. La température de l'eau est fortement influencée par les courants et les vents. Les températures maximales relevées en 2005 sont de 19,4 °C au point intermédiaire de Dunkerque et au point côtier de Boulogne-sur-Mer, vient ensuite le site de la Baie de Somme avec 19,3 °C au point estuarien.

Les variations de salinité sont causées par l'évapotranspiration (en cas de forte chaleur ou de tempête) et par l'apport d'eau douce. La salinité est comprise entre 33,1 et 35,5 à Boulogne-sur-Mer, entre 31,4 et 35,1 à Dunkerque et entre 29,3 et 34,8 en Baie de Somme, tous points confondus. La Baie de Somme présente des salinités plus faibles en raison de l'influence de la Somme, bien que les prélèvements aient lieu à $PM \pm 2h$. Les vents et courants influencent beaucoup la salinité. Les dessalures observées à Boulogne-sur-Mer (en particulier le 8 mars 2005) sont dues aux conditions d'échantillonnage : prélèvement à BM - 2h. Dans ce cas, il y a vidange de la rade et par conséquent apport d'eau douce vers le large.

4.2. 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. Les teneurs les plus élevées sont de 53,5 N.T.U. fin février au point côtier de Dunkerque (valeur exceptionnelle) et 52,7 N.T.U. en Baie de Somme au point Mimer, situé dans l'estuaire. Les sites de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque présentent une moindre charge en particules.

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 Boulogne-sur-Mer, au mois d'avril pour Dunkerque et fin avril pour la Baie de Somme.

En Baie de Somme, deux maxima de matière organique sont observés : en mai/juin et en novembre. Le maximum du 27 mai au 9 juin se produit en même temps qu'un des maxima d'abondance du phytoplancton (entre $1,48.10^5$ et $2,68.10^6$ cellules par litre, toutes stations confondues) (dominance d'*Asterionellopsis glacialis*). Le maximum de novembre est lié au phytoplancton et notamment aux espèces *Skeletonema costatum*, *Asterionellopsis glacialis* et à la famille des *Cryptophyceae*.

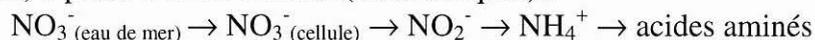
Le site de Dunkerque présente un maximum en mai/juin, qui correspond au bloom printanier et à la prolifération de *Phaeocystis sp.* (bloom phytoplanctonique variant de $5,77.10^5$ à $1,34.10^6$ cell./L). Le mois d'août est marqué par un pic important aux 3 points, cependant il ne correspond pas à un maximum de chlorophylle. A Dunkerque, la fin du mois d'août est marquée par un pic de M.E.S. organique aux 3 points ; la concentration en chlorophylle *a* est alors relativement faible mais les abondances phytoplanctoniques sont importantes (entre $6,07.10^5$ et $2,94.10^6$ cell./L).

Boulogne-sur-Mer présente des valeurs importantes de mars à mai, qui correspondent au bloom printanier et à la prolifération de *Phaeocystis sp.*. Un autre maximum est visible en fin juin aux 3 points, il correspond au développement de diatomées accompagnées de prymnésiophyces. Enfin 2 derniers pics sont visibles au point 3, en septembre et novembre, ils correspondent à une forte abondance d'espèces phytoplanctoniques (cryptophycées notamment).

4.3. 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 continue. Au début du printemps, le stock hivernal est utilisé par le phytoplancton quand la lumière et la température sont suffisantes. Les apports de substances nutritives entraînent une augmentation et un allongement du bloom. 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. Les concentrations sont plus élevées à la côte car la zone est sous l'influence des apports continentaux et du fleuve côtier (masse d'eau côtière homogène et isolée du large, caractérisée par une dessalure et une turbidité d'origine fluviale) qui permet un maintien à la côte et une circulation résiduelle vers le nord-est de ces apports (Brylinski *et al.*, 1991).

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 nitrites, puis des nitrates. Cet ordre correspond aux différentes formes successives de reminéralisation de l'azote. Au printemps, 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 en nitrate les plus élevées sont observées aux points côtiers de Dunkerque (48,11 $\mu\text{mol.l}^{-1}$) en février, de la Baie de Somme (46,83 $\mu\text{mol.l}^{-1}$) en décembre et enfin de Boulogne-sur-Mer (30,42 $\mu\text{mol.l}^{-1}$) en mars. Les nitrites présentent des concentrations de 2,22 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai au point 4 à Dunkerque, contre 2,04 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en Baie de Somme au point Mer 2 et 2,03 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à Boulogne-sur-Mer au point 2. En ce qui concerne l'azote ammoniacal, les valeurs maximales sont observées en décembre au point BIF de la Baie de Somme (9,15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$), vient ensuite Dunkerque (5,86 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ mesuré en décembre au point côtier) et Boulogne-sur-Mer avec 5,23 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ au point du large à la fin du mois de janvier.

Le phosphate, apporté principalement par les rejets domestiques, est un nutriment qui est rapidement absorbé dans les matières en suspension et les sédiments. Sa présence dans les échantillons s'explique par un relargage 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 de 2,41 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ au point 1 de Dunkerque (février), de 1,71 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ au point Mer 1 de la Baie de Somme et de 1,68 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ au point côtier de Boulogne-sur-Mer (décembre).

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 en novembre au point BIF avec $42,64 \mu\text{mol.l}^{-1}$, suivi de Dunkerque avec $26,76 \mu\text{mol.l}^{-1}$ au point côtier en février et puis Boulogne-sur-Mer avec $16,47 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en novembre au point côtier.

4.4. 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. Les faibles profondeurs permettent l'extension géographique de ces poussées phytoplanctoniques. Le cycle annuel 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 pour permettre une augmentation du taux d'accroissement suffisant pour compenser les pertes par dégradation ou prédation. Les populations sont alors peu diversifiées. 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. La productivité est faible pendant l'hiver. Des blooms peuvent survenir en automne et en été. Ils sont fortement liés aux conditions de lumière et de température. Si les conditions le permettent, le bloom apparaît avec la restauration du stock de sels nutritifs. Ce phénomène est observé principalement à la côte car cette zone reçoit les apports continentaux liés aux pluies fréquemment observées à cette période.

En Manche Orientale, le bloom printanier peut-être caractérisé par la formation d'écume issue de la prolifération de *Phaeocystis sp.*, de la classe des prymnesiophycées. Cette espèce se développe sur le nitrate en excès restant après épuisement du silicate par le bloom printanier de diatomées, quand la température est suffisante (Gentilhomme *et al.*, 1998). *Phaeocystis sp.* présente plusieurs étapes de cycle de vie : forme libre, coloniale et flagellée quand les conditions de vie sont défavorables, la forme isolée alternant avec la forme coloniale pendant le bloom. Il existe une forte compétitivité de *Phaeocystis sp.* sur les diatomées. Il est capable de synthétiser des enzymes qui reminéralisent le phosphore organique, ce qui correspond à un avantage compétitif majeur en cas de limitation par le phosphate (Veldhuis et Admiraal, 1987). De plus, cette espèce est capable de mettre en œuvre une stratégie de photoadaptation lorsque la turbidité est trop élevée.

Hors période de prolifération de *Phaeocystis sp.*, le phytoplancton comprend essentiellement des diatomées (environ 90 % de la flore totale). Les diatomées dominent dans les eaux turbulentes, riches en sels nutritifs et n'ont besoin que d'une faible intensité lumineuse, ce qui explique leur développement en hiver. Les éléments que requièrent les diatomées se trouvent essentiellement dans les zones côtières soumises aux apports telluriques.

L'utilisation des images satellites acquises par le capteurs SeaWiifs (*National Aeronautics and Space Administration - Goddard Earth Sciences Distributed Active Archive Center*) permet d'obtenir grâce à l'algorithme OC5 (Gohin *et al.*, 2002) une représentation à méso-échelle de la concentration en chlorophylle *a*. Globalement, les concentrations en chlorophylle *a* et par conséquent la production phytoplanctonique sont plus importantes en Manche est qu'en Manche ouest. La biomasse phytoplanctonique est plus importante dans le détroit du Pas-de-calais et en baie sud de la Mer du Nord dès le mois d'avril (Planche 1). A la fin du mois d'avril, les concentrations sont très importantes en mer du Nord. En mai, les concentrations sont particulièrement importantes sur notre littoral et le long des côtes sud-est et est de l'Angleterre ainsi qu'en baie de Seine présentant des concentrations supérieures à 5 mg.m^{-3} et pouvant atteindre localement 20 à 25

$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Planche 1). En juin, la production se restreint à la zone côtière de la baie de Seine à la mer du Nord ainsi qu'à la côte est de l'Angleterre. Ce schéma est valable jusque septembre bien que les concentrations soient de moins en moins importantes. En octobre, les concentrations sont globalement inférieures à $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

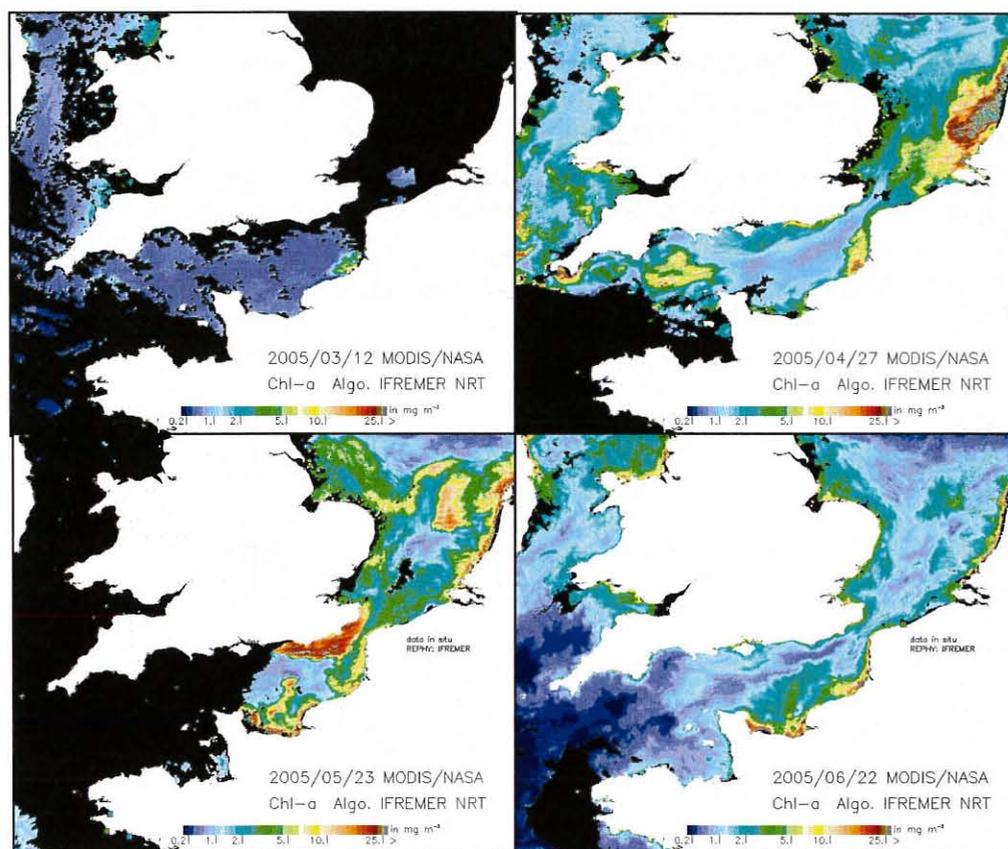


Planche 1 : Images du satellite Seawifs de la NASA illustrant à grande échelle l'évolution spatiale les fortes concentrations en chlorophylle *a* de mars à juin 2005

Les concentrations en chlorophylle *a* sont beaucoup plus importantes en Baie de Somme où elles atteignent $20,49 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ au mois d'avril au point Atso. Les valeurs sont plus faibles pour Boulogne-sur-Mer et Dunkerque, où les apports fluviaux et la production phytoplanctonique sont moins importants, avec respectivement $8,24 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ au point du large et $15,57 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ au point côtier.

En Baie de Somme, la concentration en chlorophylle *a*, liée à la biomasse phytoplanctonique, est à son maximum en avril, toutes stations confondues (sauf BIF). Le bloom est étalé dans le temps et différents taxons s'y succèdent : dominance des diatomées (notamment de *Rhizosolenia imbricata* + *styliformis*) en mars puis prolifération de la prymnesiophycée *Phaeocystis sp.* dès le mois d'avril (environ 40 % de la flore totale aux points Mimer et Atso). Les maxima de chlorophylle *a* en juin au point Atso sont liés à la présence de *Phaeocystis sp.* qui représente alors 66 % de l'abondance phytoplanctonique. Le bloom automnal d'octobre/novembre est lié à la présence de diatomées comme *Chaetoceros sp.* aux 5 points de la radiale ; ce bloom correspond au maximum de chlorophylle *a* mesuré au point BIF.

A Dunkerque, le développement phytoplanctonique est initié par un bloom de diatomées composés notamment de *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros sp.*. Les valeurs maximales de chlorophylle *a* sont atteintes en avril et le pic est lié à la présence de *Phaeocystis sp.* (38 % de la flore totale) et de diatomées (*Rhizosolenia imbricata* + *styliformis*, *Pseudo-nitzschia seriata*). Le pourcentage de

chlorophylle active est plus important au moment du bloom en raison du fort développement phytoplanctonique. Un deuxième maximum se produit entre fin mai et début juin avec une dominance des diatomées (*Guinardia sp.*) suivie de l'arrivée de *Phaeocystis sp.* (33% de la flore totale au point 3 et 48 % au point 4). Hors période de bloom, les diatomées dominent, ainsi que quelques flagellés (dinoflagellés et cryptophycées) en période estivale.

Le site de Boulogne-sur-Mer est caractérisé par deux maximums de chlorophylle *a* en avril et en mai/juin. Celui d'avril est lié en premier lieu au bloom de diatomées (espèces dominantes : *Rhizosolenia imbricata* + *styliformisles*) puis au maxima d'abondance de *Phaeocystis sp.*, qui représente environ 40 % de la flore totale. Le maximum de mai/juin est lié à un bloom de diatomées (*Cerataulina*), suivit d'une forte abondance de *Phaeocystis sp.* au point 3 (77 % de la flore totale). Une légère augmentation de la concentration en chlorophylle *a* est observable en septembre, et s'explique par la présence de *Phaeocystis sp.* (respectivement des points 1 à 3 : 70, 49 et 23 % de la flore totale). Les espèces préférentielles du site sont les diatomées et les flagellés (cryptophycées et dinoflagellés en période estivale) et *Phaeocystis sp.* au printemps et à l'automne.

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

L'année 2005 est caractérisée par un début de saison (fin d'hiver et printemps) particulièrement froid alors que la température estivale est supérieure à la « normale » établie sur la période 1997-2005.

Les concentrations en chlorophylle *a* correspondent à des valeurs intermédiaires entre les années à forte (maximum > 20 µg/L à la côte) et à faible concentration. Les valeurs les plus importantes sont relevées mi-avril et fin mai à Dunkerque, en mai et en septembre pour Boulogne-sur-Mer et lors des mois de mars, avril, juin et octobre en baie de Somme.

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 mai tous sites confondus.

Les concentrations en nitrite et en phosphate sont bien supérieures à la « normale » établie sur la période 1997-2005 (particulièrement en mai tous sites confondus).

Le schéma saisonnier du silicate est classique. Les concentrations sont cependant particulièrement importantes en hiver pour Dunkerque et Boulogne-sur-Mer et supérieure à la « normale » au second semestre en baie de Somme.

Le compartiment phytoplanctonique est caractérisé par de très faibles concentrations cellulaires en *Phaeocystis sp.*. Les protistes (eucaryotes unicellulaires) dénombrés en même temps que les cellules phytoplanctoniques sont particulièrement abondants en 2005 (de 10^5 à 10^7 cell./L).

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/cersat/facilities/browse/del/roses/browse.htm>

<http://www.ifremer.fr/nausicaa/roses/index.htm>

Un travail spécifique sur la série de données hydrologiques et phytoplanctoniques du S.R.N. pour la période 1992-2004 (Guiselin, 2005) a déjà fait l'objet de communications scientifiques (Artigas *et al.*, 2005a,b) et devraient aboutir à la rédaction d'une publication internationale.

Dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (D.C.E. – Directive 2000/60/CE), certains points côtiers du S.R.N. intégreront le dispositif dit de Contrôle de Surveillance. La nouvelle Stratégie Marine Européenne (S.M.E.) (COM, 2005,a,b,c) 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 S.M.E..

Dans le cadre de la seconde application de la Procédure Commune de la convention d'Oslo et de Paris (OSPAR - <http://www.ospar.org/>), les résultats du S.R.N. seront intégrés à la base de données utilisées pour définir le statut des masses d'eaux au regard de l'eutrophisation.

La récente parution d'un arrêté préfectoral portant extensions des zones sensibles à l'eutrophisation pour le bassin Artois-Picardie (classement de la totalité des eaux de surface intérieures et littorales) dans le contexte de la directive européenne du 21 mai 1991 relative aux traitements des eaux résiduaires urbaines confirme l'intérêt de disposer d'un tel réseau afin d'être en mesure d'apprécier les évolutions des trois systèmes étudiés (chacun étant représentatif de conditions hydrodynamiques, biogéographiques, biogéochimiques et biologiques particulières) face aux politiques de gestion et d'aménagement mises en œuvre sur le littoral Nord – Pas-de-Calais – Picardie.

Depuis peu, une station de mesure automatisée à haute fréquence MAREL permettant des analyses des principales caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'eau de mer a été installée à l'extrémité de la digue Carnot à Boulogne-Sur-Mer. Les données récoltées par ce système pourront venir compléter les points 1, 2 et 3 de la radiale de Boulogne-Sur-Mer. La position de la station de mesures permet d'appréhender les phénomènes à haute fréquence générés en réponse aux pressions anthropiques (phase de vidange de la rade de Boulogne/Mer) ou marine (phase de remplissage de la rade) (Planche 2).

Les données sont accessibles via le site Ifremer : <http://marelcarnot.ifremer.fr/dif/index.htm>

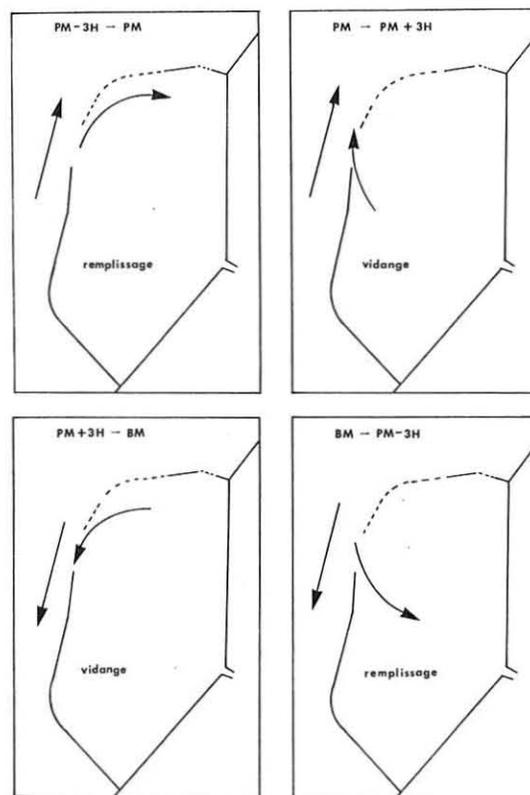


Planche 2 : Schéma de circulation de l'eau dans la rade de Boulogne-sur-Mer
(Source : Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais).

Par ailleurs, l'aspect vertical de la structure des masses d'eau est en cours de caractérisation grâce à la mise en œuvre de profils de sonde lors des campagnes de prélèvements. L'obtention de mesures de la température, salinité, fluorescence, turbidité et concentration en O₂ dissous devrait permettre d'étendre le raisonnement spatio-temporel 2D à une approche 3D qui pourra être intégrée dans les travaux en cours de modélisation du fonctionnement de l'écosystème Manche – Sud – Mer du Nord (Thèse 2002-2005 Vanhoutte-Brunier A. en cours de finalisation – Financement Ifremer/Région Nord Pas-de-Calais).

BIBLIOGRAPHIE

- Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans : 395 pp.
- 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, C. Jauzein, , F. Lizon, A. Lefebvre , P. Hébert, 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., Hébert 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., Grosse H. & M. Morel, 1986. Le littoral de la région Nord – Pas de Calais : Qualité du milieu marin. Convention de Coopération Région Nord – Pas de Calais / IFREMER. Rapport Scientifique et Techniques de l'IFREMER, N° 3, 152 pp.
- Belin C., 2001. Cahier des procédures REPHY. Document de prescription. R. Int. IFREMER / DEL, 47 pp.
- Bendschneider, K. and Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96. In : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 119-124.

- Bentley D, Lafite R., Morley N.H., James R., Statham P. & J.C.Guary, 1993. Flux de nutriments entre la Manche et la mer du Nord, situation actuelle et évolution depuis 10 ans. *Oceanol. Acta*, 16 (5-6) : 599-606.
- 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. Disponible à partir de http://europa.eu.int/eur-lex/lex/lexUriServ/site/en/com/2005/com2005_0505en01.pdf
- 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. Disponible à partir de http://europa.eu.int/eur-lex/lex/lexUriServ/site/en/com/2005/com2005_0504en01.pdf
- 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/Laboratoire 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.
- 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.
- 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.
- Loquet N., Rybarczyk H. & B. Elkaim, 2000. Echanges de sels nutritifs entre la zone côtière et un système estuarien intertidal : la baie de Somme (Manche, France). *Oceanol. Acta*, 23 (1) : 47-64.
- Lorenzen C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343-346.
- Meybeck M & R Helmer, 1989. The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, 75 : 283-309.
- Mirlicourtois M., Olivesi R., Jamet F., Rybarczyk. H & M. Morel, 1993. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1992. Rapport IFREMER DEL : 115 pp.
- Mullin, J. B. and Riley, J. P., 1955. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12, 162-170. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 143-150.
- Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27, 31-36. *In* : Aminot A. & M. Chaussepied, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 135-142.
- Officer C.B. & J.H. Ryther, 1980. The possible importance of silicon in marine eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3 : 83-91.
- 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.
- 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.
- Quisthoudt C., Bentley D., Brylinski J.M., 1987. Discontinuité hydrobiologique dans le détroit du Pas-de-Calais. *J. Plankton Res.*, 9 (5) : 995-1002.

- 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.
- 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. 131-136 : Annexe 1** Calendrier des sorties et conditions de prélèvements
- P. 137-126 : Annexe 2** Données brutes des analyses physico - chimiques
- P. 144-148 : Annexe 3** Données météorologiques (Source : Météo-France)

Annexe 1

Calendrier des sorties et conditions de prélèvements

Dunkerque

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
28/02/05	1	16h20	PM à 15h16	PM + 1h04 PM + 0h35 PM + 0h04	82
	3	15h55			
	4	15h20			
15/03/05	1	16h25	PM à 16h06	PM + 0h19 PM - 0h11 PM - 0h46	68
	3	15h55			
	4	15h20			
25/03/05	1	13h50	PM à 12h56	PM + 0h54 PM + 0h29 PM + 0h04	89
	3	13h25			
	4	13h00			
11/04/05	1	16h04	PM à 15h23	PM + 0h41 PM + 0h12 PM - 0h18	91
	3	15h35			
	4	15h05			
19/05/05	1	11h45	PM à 10h31	PM + 1h14 PM + 0h49 PM + 0h14	51
	3	11h20			
	4	10h45			
31/05/05	1	9h35	PM à 7h57	PM + 1h38 PM + 1h23 PM + 1h07	55
	3	9h20			
	4	9h04			
09/06/05	1	16h35	PM à 15h21	PM + 1h14 PM + 0h49 PM + 0h24	69
	3	16h10			
	4	15h45			
22/06/05	1	13h32	PM à 13h38	PM - 0h06 PM - 0h28 PM - 0h44	89
	3	13h10			
	4	12h54			
27/07/05	1	15h30	PM à 18h14	PM - 2h44 PM - 3h21 PM - 3h38	73
	3	14h53			
	4	14h36			
30/08/05	1	16h05	PM à 11h00	PM + 5h05 PM + 4h30 PM + 4h15	41
	3	15h30			
	4	15h15			
20/09/05	1	17h05	PM à 14h59	PM + 2h06 PM + 1h41 PM + 1h21	106
	3	16h40			
	4	16h20			
21/12/05	1	15h05	PM à 16h20	PM - 1h15 PM - 1h50	52
	3	14h30			

Boulogne-sur-Mer

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
31/01/05	1	15h20	PM à 15h23	PM - 0h03 PM - 0h18 PM - 0h43	64
	2	15h05			
	3	14h40			
16/02/05	1	15h40	PM à 17h16	PM - 1h36 PM - 1h51 PM - 2h26	44
	2	15h25			
	3	14h50			
08/03/05	1	15h10	BM à 17h43	BM - 2h33 BM - 2h48 BM - 3h08	82
	2	14h55			
	3	14h35			
23/03/05	1	15h43	BM à 18h08	BM - 2h25 BM - 2h43 BM - 3h08	70
	2	15h25			
	3	15h00			
11/04/05	1	15h30	PM à 14h35	PM + 0h55 PM + 0h40 PM + 0h10	91
	2	15h15			
	3	14h45			
26/04/05	1	10h40	BM à 9h12	BM + 1h28 BM + 1h08 BM + 0h43	95
	2	10h20			
	3	9h55			
11/05/05	1	11h05	BM à 9h41	BM + 1h24 BM + 1h14 BM + 0h59	77
	2	10h55			
	3	10h30			
25/05/05	1	11h00	BM à 8h52	BM + 2h08 BM + 1h58 BM + 1h38	92
	2	10h50			
	3	10h30			
09/06/05	1	10h55	BM à 9h22	BM + 1h33 BM + 1h20 BM + 0h58	71
	2	10h42			
	3	10h20			
20/06/05	1	15h15	BM à 18h24	BM - 3h09 BM - 3h19 BM - 3h39	74
	2	15h05			
	3	14h45			
21/07/05	1	10h25	BM à 7h32	BM + 2h53 BM + 2h33 BM + 2h08	85
	2	10h05			
	3	9h40			
24/08/05	1	10h10	BM à 11h14	BM - 1h04 BM - 1h19 BM - 1h34	89
	2	9h55			
	3	9h30			
22/09/05	1	11h40	BM à 10h36	BM + 1h04 BM + 0h44 BM - 0h21	87
	2	11h20			
	3	10h15			
19/10/05	1	10h05	BM à 8h58	BM + 1h07 BM + 0h57 BM + 0h32	102
	2	9h55			
	3	9h30			
14/11/05	1	11h25	PM à 10h25	PM + 1h00 PM + 0h45 BM + 0h25	88
	2	11h10			
	3	10h50			
12/12/05	1	11h25	PM à 9h06	PM + 2h19 PM + 2h04 PM + 1h44	67
	2	11h10			
	3	10h50			

Baie de Somme

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
31/01/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	15h34 15h20 14h38 14h51 15h02	PM à 15h13	PM + 0h21 PM + 0h07 PM - 0h35 PM - 0h22 PM - 0h11	64
14/03/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	14h55 14h35 13h50 14h10 14h20	PM à 14h24	PM + 0h31 PM + 0h11 PM - 0h34 PM - 0h14 PM - 0h04	84
30/03/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	16h00 15h45 15h00 15h10 15h25	PM à 15h27	PM + 0h33 PM + 0h18 PM - 0h27 PM - 0h17 PM - 0h02	76
25/04/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	14h15 13h50 12h55 13h15 13h30	PM à 13h19	PM + 0h56 PM + 0h31 PM - 0h24 PM - 0h04 PM + 0h11	95
09/05/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	13h41 13h30 13h15 13h05 12h58	PM à 13h19	PM + 0h22 PM + 0h11 PM - 0h04 PM - 0h14 PM - 0h21	88
27/05/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	15h35 15h10 14h25 14h40 14h50	PM à 15h09	PM + 0h26 PM + 0h01 PM - 0h44 PM - 0h29 PM - 0h19	79
09/06/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	15h05 14h45 14h05 14h16 14h28	PM à 14h11	PM + 0h54 PM + 0h34 PM - 0h06 PM + 0h05 PM + 0h17	69
21/06/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	12h25 12h10 11h30 11h45 11h55	PM à 11h47	PM + 0h38 PM + 0h23 PM - 0h17 PM - 0h02 PM + 0h08	83
22/08/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	15h12 14h45 14h04 14h15 14h30	PM à 14h27	PM + 0h45 PM + 1h18 PM - 0h23 PM - 0h12 PM + 0h03	106
19/09/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	14h53 13h10 12h40 12h50 12h56	PM à 13h31	PM + 1h22 PM - 0h21 PM - 0h51 PM - 0h41 PM - 0h35	111
17/10/05	BIF Mimer ATSO ME1 ME2	12h30 12h20 12h10 11h55 11h50	PM à 12h24	PM + 0h06 PM - 0h04 PM - 0h14 PM - 0h33 PM - 0h38	105

Date	Point de Prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation Marée	Coefficient
22/11/05	BIF	15h45	PM à 15h21	PM + 0h24	44
	Mimer	15h30		PM + 0h09	
	ATSO	15h00		PM - 0h21	
	ME1	15h05		PM - 0h16	
	ME2	15h15		PM - 0h06	
22/12/05	BIF	16h15	PM à 15h40	PM + 0h35	46
	Mimer	15h50		PM + 0h10	
	ATSO	15h25		PM - 0h15	

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^{-1})

M.E.S. Org. : Matière Organique dans les Matières En Suspension (ou Matière Organique

Particulaire : MOP) (mg.l^{-1})

Chloro. *a* : Chlorophylle *a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Phéo. : Phéopigments ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

NH_4^+ : Ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)

NO_2^- : Nitrite ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)

NO_3^- : Nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)

PO_4^{3-} : Phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)

SiOH : Silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)



Valeurs inférieures au seuil de détection

2005, 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
Point 1	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/02/05	3,9	31,4	53,5	66,4	6	3,44	4,24	4,95	1,45	48,11	2,41	26,76
15/03/05	4,7	32,7	35,2	51,8	5,2	6,01	3,24	2,2	1,17	31,44	1,44	24,71
25/03/05	6,8	34,3	14,3	19	2	7,48	5,64	1,56	0,57	22,18	0,63	10,98
11/04/05	8,2	34,1	7,83	18,9	3,2	15,57	2,91	1,67	0,34	1,17	< 0,05	< 0,1
19/05/05	12,1	32	2,42	3,3	1,2	1,26	1,65	4,1	1,48	22,92	1,1	< 0,1
31/05/05	13,5	33,8	2,35	3,8	1,9	14,56	3,38	< 0,15	2,14	6,53	0,9	< 0,1
09/06/05	15,3	33,7	5,3	5,2	1,2	6	2,13	< 0,15	0,67	0,31	0,68	5,67
22/06/05	17,9	34,4	7,65	9,9	1,9	3,42	2,34	0,74	0,9	0,18	0,77	3,75
27/07/05	17,9	34,6	2,89	4,9	1,6	5,36	1,35	< 0,15	0,82	< 0,15	0,76	< 0,1
30/08/05	19,1	34,3	1,82	1,6	1,5	4,87	1,63	1	0,91	0,25	0,84	4,27
20/09/05	19,2	34,6	8,08	15,3	2,3	3,04	2,28	1,11	0,58	< 0,15	1,28	2,33
21/12/05	7,2	33,1	9,51	12,4	1,7	1,28	1,48	5,86	1,19	33,75	1,43	11,05

2005, 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
Point 3	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/02/05	4,7	32,9	14,3	19,3	2	1,82	1,74	2,35	0,84	38,8	1,31	17,3
15/03/05	4,8	33	10,4	16,4	2,5	3,26	1,27	1,41	0,67	25,91	0,99	19,58
25/03/05	6,2	35,1	5,57	14,4	2,6	3,92	1,79	< 0,15	0,22	13,75	0,31	4,53
11/04/05	7,9	34,4	4,56	16,1	2,4	13,76	5,53	1,08	0,19	0,69	0,11	< 0,1
19/05/05	11,7	32,8	1,62	3	1,7	3,8	1,84	2,09	1,71	17,52	0,99	< 0,1
31/05/05	12,8	34,1	1,89	3,1	1,7	11,49	2,34	< 0,15	2,1	6,37	0,98	< 0,1
09/06/05	14	34	1,1	2,5	0,9	3,12	0,46	< 0,15	0,76	< 0,15	0,67	0,27
22/06/05	17	34,5	0,956	0,7	0,6	1,21	1,24	< 0,15	0,92	< 0,15	0,7	1,23
27/07/05	17,6	34,6	2,45	5,1	1,6	3,75	1,06	< 0,15	0,89	< 0,15	0,74	< 0,1
30/08/05	18,8	34,6	1,26	0,6	0,5	3,38	1,1	0,74	0,81	< 0,15	0,72	2,97
20/09/05	19,4	34,4	6,59	11,8	1,7	2,04	1,77	1,01	0,55	< 0,15	1,36	1,73
21/12/05	7,2	33	16,1	21,6	2,4	1,34	2,25	5,33	1,19	37,26	1,51	10,71

2005, 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
Point 4	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
28/02/05	4,7	32,4	13,1	16	2,1	1,5	1,42	2,28	0,93	40,64	1,45	19,81
15/03/05	4,7	33,2	8,63	14,3	2,9	3,31	1,59	1,61	0,65	26,1	0,84	19,74
25/03/05	6,2	34,8	1,34	5,9	1,8	2,24	0,6	< 0,15	0,19	12,66	0,32	4,07
11/04/05	7,7	34,5	1,67	5,6	1,2	11,61	1,94	0,73	0,17	1,02	< 0,05	< 0,1
19/05/05	11,4	33,4	1,01	1,7	1,7	5,28	1,98	1,6	1,79	13,09	1,17	< 0,1
31/05/05	12,4	34,3	0,955	1,6	1,3	11,32	2,46	< 0,15	2,22	6,64	0,97	< 0,1
09/06/05	14,1	34,1	0,7	0,6	0,5	3,2	0,38	0,23	0,8	< 0,15	0,71	< 0,1
22/06/05	14,1	34,1	0,7	0,6	0,5	3,2	0,38	0,23	0,9	< 0,15	0,67	0,4
27/07/05	17	34,6	0,441	2,3	1,6	1,72	0,69	< 0,15	0,8	< 0,15	0,72	< 0,1
30/08/05	17,5	34,4	1,45	0,8	0,8	4,3	1,34	< 0,15	0,84	< 0,15	0,75	2,73
20/09/05	18,7	34,6	0,681	1,7	1,2	3,44	0,88	0,86	0,71	< 0,15	1,41	2,02
21/12/05	/	34,4	1,34	/	/	1,73	1,18	1,78	/	/	/	/

2005, Radiale de Boulogne-sur-Mer, 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
Point 1	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
31/01/05	7,1	34,9	2,2	3,1	0,8	0,65	0,6	1,52	1,01	12,07	0,5	8,18
16/02/05	6,6	34,1	9,72	11,4	1,2	1,72	1,47	2,71	0,66	20,16	0,58	10,87
08/03/05	4,9	33,1	13,9	19,3	2,4	2,62	1,98	5,58	0,8	30,42	1,17	12,4
23/03/05	6,6	33,7	1,46	2,3	1,2	2,24	0,78	3,94	0,29	7,98	0,13	1,29
11/04/05	8,7	34,7	11,7	20,5	2,5	6,23	2,52	2,62	0,4	0,17	< 0,05	< 0,1
26/04/05	9,5	34,9	1,61	4,9	1,6	4,26	1,44	2,2	0,09	2,87	< 0,05	< 0,1
11/05/05	10,8	35,1	1,95	4,1	1,3	3,61	1,54	1,82	1,85	10,67	1,21	< 0,1
25/05/05	12,4	34,8	1,72	2,9	1,2	13,75	2,69	0,95	1,92	8,68	1,01	< 0,1
09/06/05	13,8	33,9	1	20,8	4,9	8,37	1,2	1,66	0,77	< 0,15	0,77	< 0,1
20/06/05	15,7	34,2	1,51	3,1	1,4	4,2	1,07	1,39	0,77	< 0,15	0,77	< 0,1
21/07/05	18,4	34,3	1,69	2,7	0,8	3,52	1,32	1,36	0,84	< 0,15	0,74	2,38
24/08/05	19,1	34,4	6,83	11	2,3	3,37	2,16	5,32	0,76	< 0,15	0,79	3,16
22/09/05	18,6	34,2	3,83	7,5	2,1	5,63	3,06	1,24	0,61	< 0,15	1,16	3,54
19/10/05	16,3	34	4,25	8,4	1,7	3,48	3,37	1,59	0,62	0,22	1,36	3,22
14/11/05	14	33,6	5,42	7,9	1,1	1,28	1,48	2,53	0,87	16,37	1,2	16,47
12/12/05	9,4	33,6	3	4,5	0,9	2,63	1,2	1,67	0,79	17,28	1,68	11,9

2005, Radiale de Boulogne-sur-Mer, 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
Point 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
31/01/05	7,3	34,7	6,76	11,7	1,7	0,88	1,14	2,23	0,92	15,25	0,47	8,88
16/02/05	6,8	34,3	4,82	7,3	1,4	1,11	1,46	2,38	0,78	19,04	0,61	9,6
08/03/05	5,4	34	4,92	7,8	1,4	1,62	0,92	2,8	0,66	21,45	0,99	8,6
23/03/05	6,6	34,4	0,61	1,2	0,9	2,09	0,57	1,33	0,19	3,87	0,15	1,81
11/04/05	8,4	35,4	2,34	5,2	1,6	5,07	0,95	1,74	0,23	< 0,15	0,07	< 0,1
26/04/05	9,2	35,2	1,72	4,5	1,8	7,03	2,01	1,25	0,14	0,6	< 0,05	< 0,1
11/05/05	10,9	35,2	2,27	5,4	1,6	3,56	1,8	1,91	1,84	10,82	1,12	< 0,1
25/05/05	12,4	34,8	2,04	3,9	2,3	12,72	2,87	1,06	2,03	8,7	1,16	< 0,1
09/06/05	13,6	34,5	0,8	21,6	5	7,21	0,98	1,7	0,84	< 0,15	0,74	< 0,1
20/06/05	15,3	34,4	0,78	1,8	1,5	3,43	0,54	1,11	0,84	< 0,15	0,74	< 0,1
21/07/05	17,8	34,5	1,74	4,2	1,2	4,74	3,27	0,88	0,88	< 0,15	0,71	2,38
24/08/05	18,8	34,4	3,12	3,6	1,7	2,3	0,69	3,59	0,81	0,2	0,72	0,94
22/09/05	18,5	34,4	1,67	3,1	1,4	3,48	1,51	0,78	0,56	< 0,15	1,37	2,14
19/10/05	16,5	34,3	2,76	5,3	1,1	2,99	1,68	0,2	0,65	< 0,15	1,35	1,52
14/11/05	14,6	34,2	2,56	3	0,9	0,99	0,86	1,75	0,74	10,2	1,3	12,98
12/12/05	10	33,8	1,5	2,2	0,6	1,73	0,9	1,3	0,88	12,57	1,61	10,69

2005, Radiale de Boulogne-sur-Mer, 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
Station 3	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
31/01/05	6,7	34,4	9,75	14,7	1,3	1,03	1,36	5,23	0,76	18,49	0,6	9,74
16/02/05	6,8	34,5	2,23	2,5	1,2	0,84	0,43	1,38	0,73	16,13	0,64	8,49
08/03/05	5,7	34	4,1	5,7	1,2	1,04	0,51	1,72	0,56	20,65	1,06	9,63
23/03/05	6,4	34,8	1,34	2	0,7	0,75	0,48	2,05	0,21	8,01	0,38	6,43
11/04/05	9	34,7	0,64	2,4	1,9	4,46	0,55	1,53	0,24	0,83	0,09	< 0,1
26/04/05	8,9	35,5	0,64	2,3	1,9	8,24	1,31	1,57	0,11	< 0,15	< 0,05	< 0,1
11/05/05	10,7	35,5	1,09	2,1	1,4	2,29	0,88	1,44	1,94	10,55	1,33	< 0,1
25/05/05	12,3	34,9	1,73	3,4	2,2	12,18	1,92	< 0,15	1,88	8,82	1,17	< 0,1
09/06/05	13,2	34,6	0,8	20,7	4,6	3,34	1,05	2,62	0,88	< 0,15	0,7	< 0,1
20/06/05	14,9	34,7	0,483	1,3	1,3	2,38	0,47	1,19	0,88	< 0,15	0,7	< 0,1
21/07/05	17,2	34,6	1,83	2,2	1,2	1,96	0,85	1,75	0,8	< 0,15	0,71	1,99
24/08/05	18,7	34,5	2,87	5,3	1,7	2,32	0,61	4,87	0,95	1,24	0,73	0,67
22/09/05	18,4	34,5	0,905	0,9	0,8	2,5	0,82	0,62	0,61	< 0,15	1,1	2,15
19/10/05	16,7	34,5	1,83	2,8	0,7	2,58	1,56	0,38	0,65	1,71	1,38	3,49
14/11/05	15,1	34,4	1,19	1,3	1,1	0,51	0,73	1,55	0,72	5,78	1,25	10,75
12/12/05	10,9	33,9	1,5	3,2	1,3	0,85	0,66	0,85	1,06	8,47	1,65	9,46

2005, 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
BIF	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
31/01/05	6,4	33,9	15,2	21,7	2,1	1,6	1,95	5,16	0,82	33,95	0,52	13,43
14/03/05	5,2	32,7	12	18,8	2,4	6,84	2,92	3,34	0,65	19,42	0,53	4,84
30/03/05	8	33,6	6,87	14,9	1,7	8,61	3,61	2,28	0,19	11,57	0,13	2
25/04/05	10,5	33,2	5,08	11,6	1,9	4,83	3,61	2,77	0,39	12,96	0,07	1,6
09/05/05	12,5	33,6	19,1	27,3	2,5	6,46	6,51	4,37	1,66	15,41	1,15	0,85
27/05/05	/	32,7	4,4	6,9	1,1	7,33	2,46	2,36	1,9	11,74	0,83	< 0,1
09/06/05	14,5	32,9	4,59	7,1	1,7	8,45	2,3	0,62	0,93	0,77	0,56	0,63
21/06/05	18,1	33,1	5,85	8,9	1,4	8,09	5,17	0,86	0,61	0,16	0,89	3,71
22/08/05	19,2	33,3	11,3	23,6	3,2	17,63	6,05	1,18	0,63	0,33	0,77	4,14
19/09/05	17	33,4	17,8	29,6	2,9	17,73	6,53	1,95	0,56	< 0,15	1,59	6,91
17/10/05	15,7	32,8	9,84	18,4	3,2	19,78	8,25	3,47	0,91	7,14	1,12	9,92
22/11/05	8,9	30,7	4,11	4,6	1,8	2,36	1,67	6,23	1,14	36,5	1,23	42,64
22/12/05	6,6	29,3	28,2	32,2	2	2,24	4,49	9,15	1,67	46,83	1,62	19,97

2005, 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
Mimer	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
31/01/05	6,4	33,7	12,1	16	1,4	2,83	1,69	4,76	0,79	32,28	0,44	13,4
14/03/05	5	32,5	22,3	29,8	3,2	12,18	4,68	2,26	0,63	20,87	0,53	4,14
30/03/05	7,9	33,9	7,24	17,1	1,9	13,77	5,13	1,47	0,17	7,95	< 0,05	< 0,1
25/04/05	10,5	33,6	12,5	31,1	2,7	10,03	7,78	1,9	0,24	9,72	< 0,05	< 0,1
09/05/05	12,5	33,6	11,7	17,9	1,9	4,7	4,16	4,88	1,85	15,21	1,12	0,58
27/05/05	/	33	3,5	5,8	1,4	8,63	2,81	2,03	1,58	11,29	0,72	< 0,1
09/06/05	14	33,2	3,15	3,7	1,3	13,13	2,19	1,04	0,97	0,4	0,53	0,15
21/06/05	17,6	33,6	7,42	13,8	2,9	3,47	4,75	3,94	0,81	< 0,15	1,06	5,81
22/08/05	19,1	33,1	12,3	22,1	2,7	4,06	3,93	2,56	0,64	0,31	0,8	4,76
19/09/05	18	33,3	12,2	17,6	2,4	6,5	4,08	1,84	0,61	< 0,15	1,53	5,84
17/10/05	15,9	32,8	9,43	17,9	2,3	10,25	5,95	3,28	0,86	8,09	1,25	9,36
22/11/05	10,2	32,4	2,51	2,5	1,1	1,3	0,75	3,86	0,9	27,59	1,24	24,15
22/12/05	6,8	32,1	52,7	62,4	4,4	2,08	8,35	5,78	0,96	36,94	1,27	11,2

2005, 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
Atso	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
31/01/05	6,4	34,2	13,3	19,9	1,5	3,9	2,94	3,11	0,8	32,27	0,54	10,49
14/03/05	4,8	32,9	16,4	32	3,3	17,09	5,86	1,44	0,58	18,43	0,53	2,77
30/03/05	7,6	34,1	10,2	32,7	3	22,01	6,44	0,45	0,12	6,05	< 0,05	< 0,1
25/04/05	10,3	33,9	10,2	43,18	3,5	20,49	8,49	1,03	0,18	8,12	< 0,05	< 0,1
09/05/05	12,8	33,6	3,77	4,9	1,3	2,13	1,11	4,21	1,98	15,95	0,94	0,54
27/05/05	/	33,3	2,3	3,5	0,9	7,91	3,13	1,32	1,82	10,69	0,84	< 0,1
09/06/05	14	33,6	2,1	4,5	1,7	17,53	2,81	0,92	0,98	0,9	0,64	< 0,1
21/06/05	17,1	33,7	4,04	16,7	2,5	11,38	5,76	0,74	0,71	< 0,15	0,56	3,7
22/08/05	19,3	33,5	11,4	41,5	3,1	12,04	5,11	1,72	0,28	0,64	0,52	2,68
19/09/05	18,2	33,8	9,23	18,7	2,4	7,77	4,2	1,96	0,59	< 0,15	1,54	5,02
17/10/05	16,5	33,5	8,58	24,1	2,3	9,21	6,04	2,17	0,88	5,78	1,3	13,07
22/11/05	11,1	32,9	1,98	1,9	1,1	1,3	0,85	2,73	0,87	23,93	1,45	19,79
22/12/05	7,3	32,8	8,35	10,9	1	1,66	1,78	3,62	0,71	30,21	1,09	8,79

Annexe 3

Données météorologiques
(Source : Météo France)

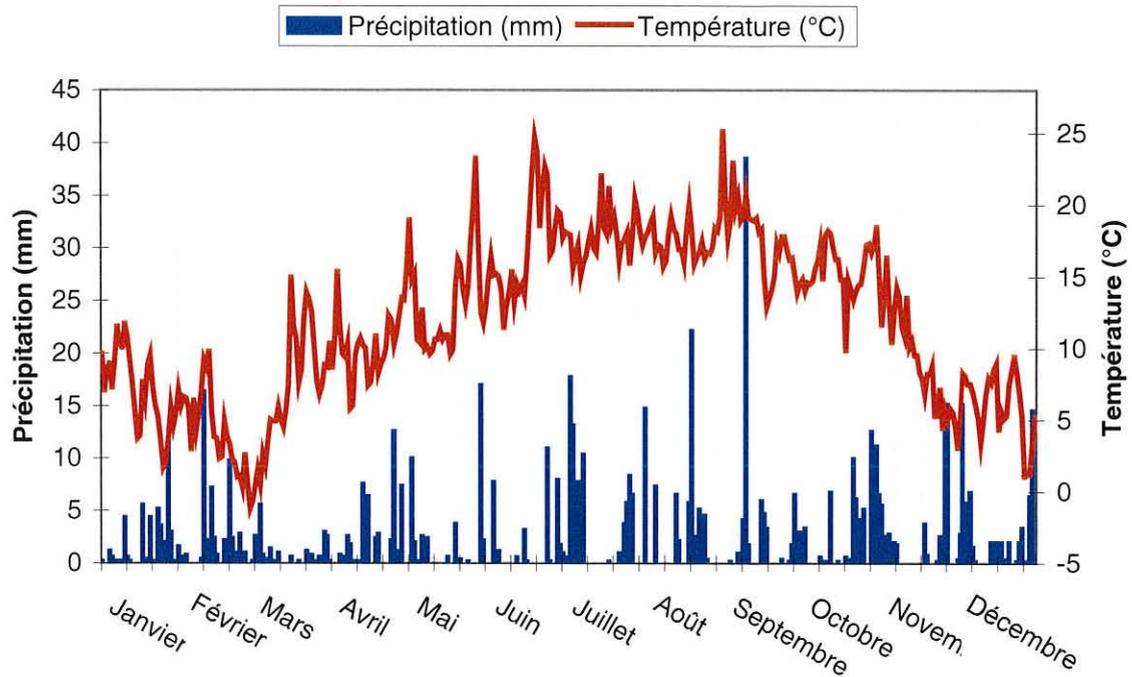


Figure I.a. Évolution des précipitations et des températures à Dunkerque en 2005

	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Minimum	0	- 4,1
Maximum	38,6	33

Figure I.b. Minima et maxima de précipitations et de températures à Dunkerque en 2005

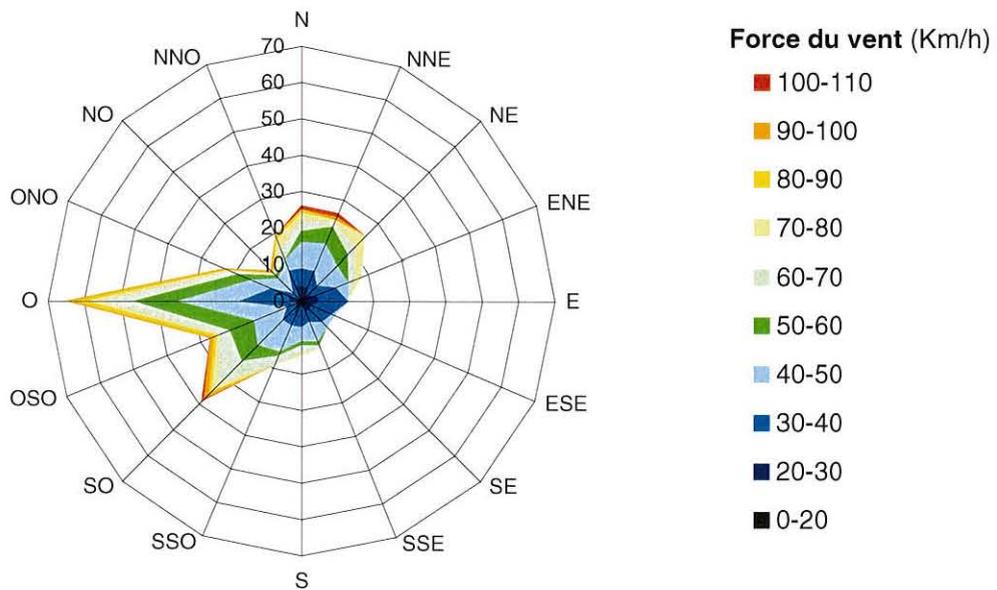


Figure I.c. Caractéristiques de vent à Dunkerque en 2005

-Station Météo France de Dunkerque-

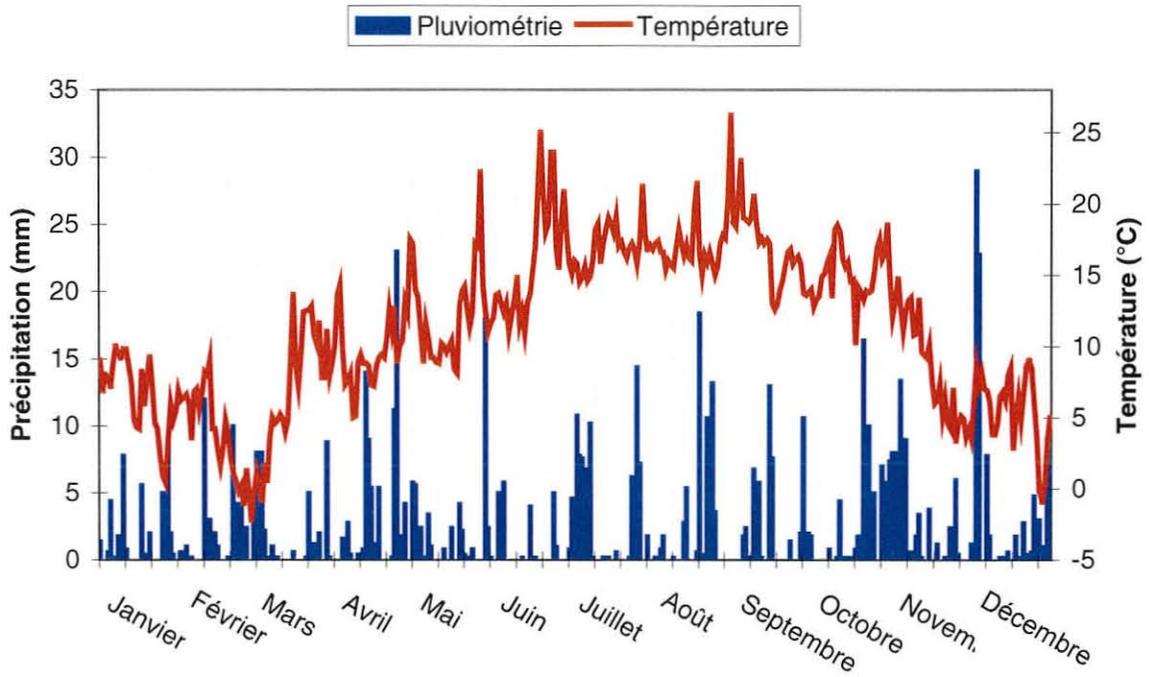


Figure II.a. Évolution des précipitations et des températures à Boulogne-sur-Mer en 2005

	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Minimum	0	- 2,4
Maximum	29	26,2

Figure II.b. Minima et maxima de précipitations et de températures à Boulogne-sur-Mer en 2005

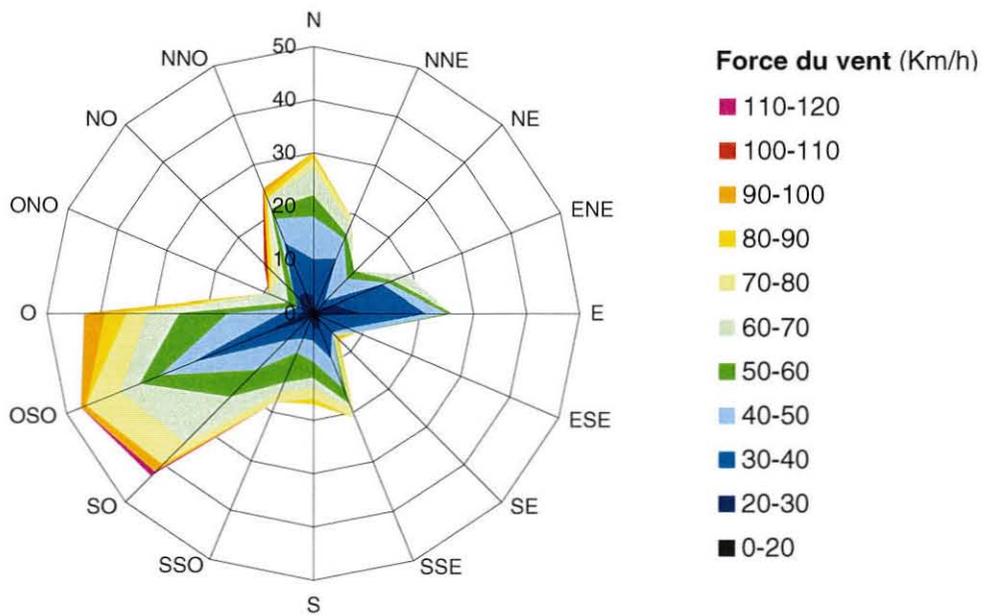


Figure II.c. Caractéristiques de vent à Boulogne-sur-Mer en 2005

-Station Météo France de Boulogne-sur-Mer-

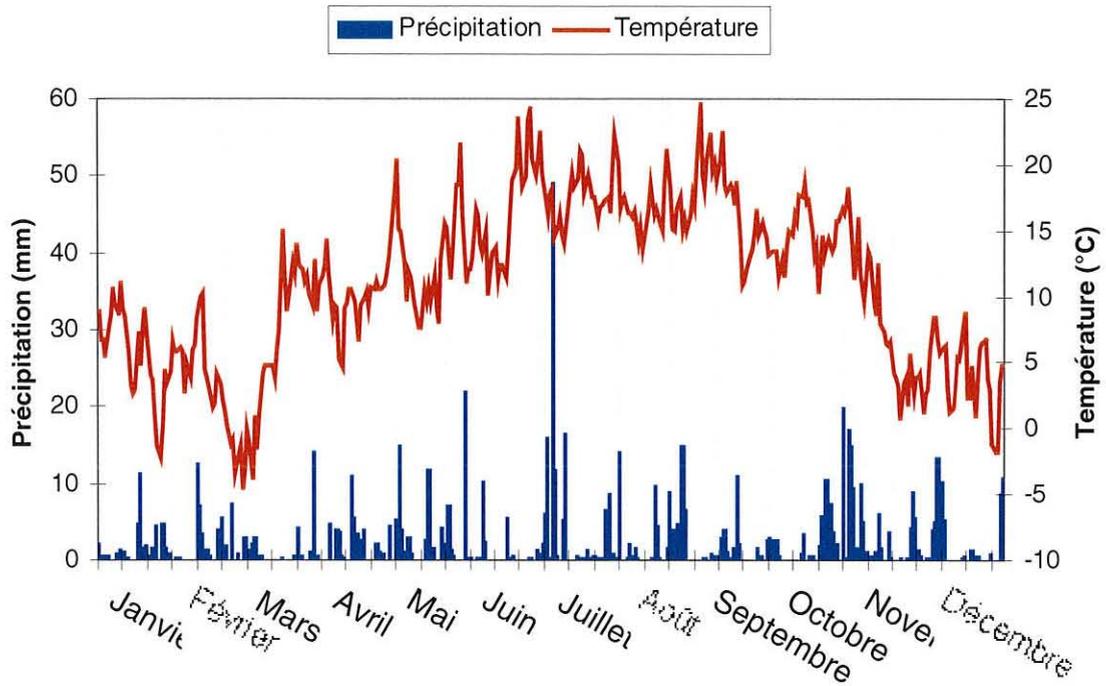


Figure III.a. Évolution des précipitations et des températures au cours de l'année 2005

	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Minimum	0	- 9,8
Maximum	49	32,5

Figure III.b. Minima et maxima de précipitations et de températures à Abbeville en 2005

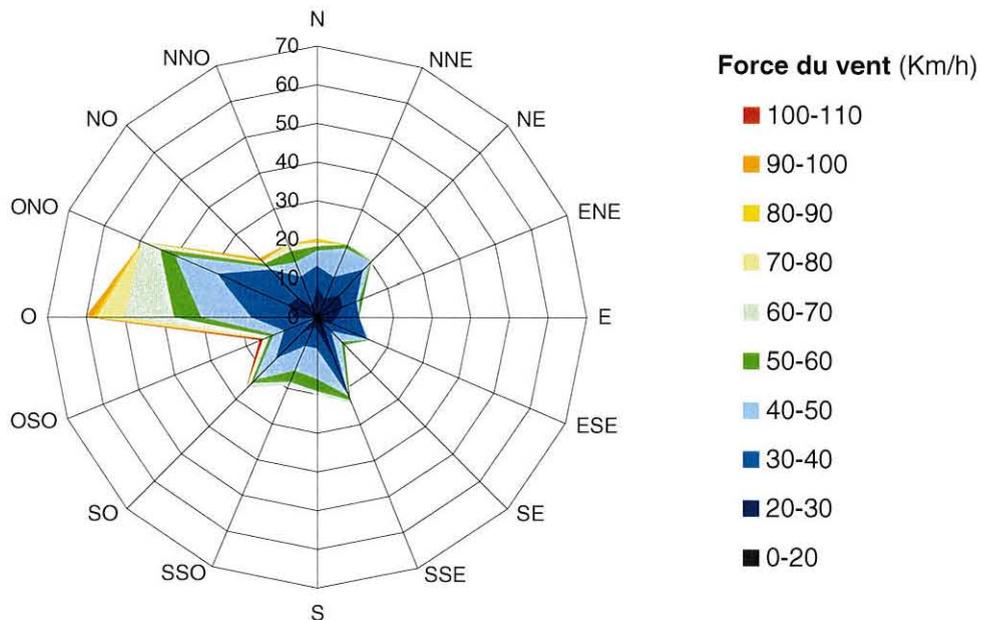


Figure III.c. Caractéristiques de vent à Abbeville en 2005

-Station Météo France d'Abbeville-

*Impression : Service IDM/RIC
IFREMER – Centre de Brest
BP 70 – 29280 Plouzané
Tél. : 02 98 22 43 53*