

67350

ND40h200-GAG-S

Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral
Laboratoire côtier de Boulogne sur mer

Mélanie GAGNARD-HOLOD (stagiaire)
Alain LEFEBVRE
Benoist HITIER

Octobre 2001

Ifremer



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

Bilan de l'année 2000

AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE

IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL09159

SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS

SUR LE LITTORAL NORD – PAS DE CALAIS / PICARDIE

Bilan de l'année 2000

Rapport rédigé par :

GAGNARD-HOLOD Mélanie / DEUST T.M.L. U.L.C.O. Calais

LEFEBVRE Alain / IFREMER DEL Boulogne sur mer

En collaboration avec:

HITIER Benoist / IFREMER Boulogne sur mer

Avec l'aide technique de :

DELESMONT Régis / Institut Pasteur Gravelines

OLIVESI René / IFREMER Saint Valery sur Somme

Avec l'aide des moyens nautiques :

Des Services Maritimes de Boulogne et de Calais

Des Services Maritimes du Nord

Du Sport Nautique Valericain

Pour les prélèvements

Et des laboratoires de :

IFREMER Boulogne et Saint Valery sur Somme

GEMEL Saint Valery sur Somme

Institut Pasteur Gravelines

Pour les analyses.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
1. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS.....	5
1.1. LES RADIALES.....	6
1.2. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS	6
1.3. PRELEVEMENTS EN MER.....	6
1.4. PARAMETRES ETUDIES ET ANALYSES	11
1.4.1. Salinité.....	11
1.4.2. Turbidité.....	11
1.4.3. Ammonium	11
1.4.4. Nitrate	11
1.4.5. Nitrite.....	12
1.4.6. Phosphate.....	12
1.4.7. Silicate	12
1.4.8. Matières En Suspension (M.E.S.).....	13
1.4.9. Matière Organique Particulaire (M.O.P.).....	13
1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments	13
1.4.11. Phytoplancton	13
2. COMPARAISON INTRA RADIALE : PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES.....	15
2.1. DUNKERQUE.....	16
2.1.1. Température.....	16
2.1.2. Salinité	17
2.1.3. Turbidité et matières en suspension.....	18
2.1.4. Matière organique	20
2.1.5. Chlorophylle a	21
2.1.6. Phéopigments.....	22
2.1.7. Ammonium	23
2.1.8. Nitrite	24
2.1.9. Nitrate	25
2.1.10. Phosphate.....	26
2.1.11. Silicate	27
2.2. BOULOGNE-SUR-MER.....	28
2.2.1. Température.....	28
2.2.2. Salinité	29
2.2.3. Turbidité et matières en suspension.....	30
2.2.4. Matière organique	32
2.2.5. Chlorophylle a	33
2.2.6. Phéopigments.....	34
2.2.7. Ammonium	35
2.2.8. Nitrite	36
2.2.9. Nitrate	37
2.2.10. Phosphate.....	38
2.2.11. Silicate	39

SOMMAIRE

2.3.	LA BAIE DE SOMME.....	40
2.3.1.	<i>Température</i>	40
2.3.2.	<i>Salinité</i>	41
2.3.3.	<i>Turbidité et matières en suspension</i>	42
2.3.4.	<i>Matière organique</i>	44
2.3.5.	<i>Chlorophylle a</i>	45
2.3.6.	<i>Phéopigments</i>	46
2.3.7.	<i>Ammonium</i>	47
2.3.8.	<i>Nitrite</i>	48
2.3.9.	<i>Nitrate</i>	49
2.3.10.	<i>Phosphate</i>	50
2.3.11.	<i>Silicate</i>	51
3.	PHYTOPLANCTON.....	52
3.1.	INTRODUCTION ET FLUCTUATIONS SAISONNIERES.....	53
3.2.	INDICES ECOLOGIQUES CALCULES PAR POINT ET PAR ESPECE.....	53
3.2.1.	Indice de SANDERS.....	53
3.2.2.	Application de l'indice de SANDERS.....	53
3.2.3.	Indice de SHANNON.....	59
3.2.4.	Application de l'indice de SHANNON.....	60
4.	DISCUSSION.....	63
4.1.	COMPARAISON INTRA-RADIALE.....	64
4.2.	COMPARAISON INTER-RADIALE.....	69
5.	CONCLUSIONS & PERSPECTIVES.....	72
6.	BIBLIOGRAPHIE.....	73
7.	ANNEXES.....	75

INTRODUCTION

La présence de l'azote dans l'eau de mer est essentielle au fonctionnement de l'écosystème pélagique marin. Ce composé entre dans la constitution de la matière organique par le biais de la production primaire. Le phytoplancton, responsable de cette dernière et premier maillon de la chaîne alimentaire, synthétise sa propre matière organique à partir de gaz carbonique, d'eau, de lumière et de sels nutritifs, dont l'azote sous forme minérale (nitrate, ammonium) en particulier.

Par conséquent, cette synthèse se déroule dans la couche éclairée, appelée couche euphotique de l'océan. Le gaz carbonique est présent en quantité importante dans la couche euphotique, aussi bien dans le domaine côtier que dans l'océan du large. Il n'en est pas de même pour les sels minéraux et plus précisément pour l'azote qui, par son absence, en particulier dans les zones océaniques du large, peut-être un élément limitant pour la croissance du phytoplancton et par conséquent pour la fertilité de ces eaux.

L'azote qu'il soit sous forme de nitrate ou d'ammoniaque, a un rôle important, comme le phosphore, dans le processus d'eutrophisation en eau douce, bien que le second élément soit le facteur limitant du phénomène. En milieu marin, la situation est généralement inverse et c'est l'azote qui règle l'importance du processus d'eutrophisation. A la différence de l'azote, le phosphore est apporté aux eaux douces ou marines par les activités industrielles, domestiques et agricoles. Il entretient le potentiel de développement des algues en milieu marin et il est responsable des proliférations d'algues dans les retenues d'eau douce et les cours d'eau lents.

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 (nitrates, phosphates...) 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 (notamment pour les stations équipées de processus de dénitrification). L'acquisition régulière des données (une fois par mois de janvier à février et de juillet à décembre et deux fois par mois de mars à juin) 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 et de la baie de Somme.

1. **Présentation du suivi régional des nutriments**

L'historique, les objectifs, les sites, les paramètres et les méthodes d'analyses ont été décrits en détail dans le rapport SRN 1992. Les principes de base des matériels et méthodes utilisés sont rappelés succinctement ci-après.

1.1. Les radiales

Au nombre de 3 : Dunkerque, Boulogne-sur-Mer, Baie de Somme, les radiales sont constituées de 3 ou 5 stations de prélèvements positionnées selon un gradient côte-large. La radiale de Dunkerque caractérise un système côtier de faible profondeur où dominent des apports industriels et où la faible pente des bassins versants est responsable d'écoulement 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 dominent 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 importante. Ces trois systèmes sont structurés hydrodynamiquement et sédimentairement par un régime mégatidal. Les coordonnées des différentes stations sont précisées dans le tableau 1. Leurs positions sont indiquées sur les figures 1, 2 et 3.

1.2. Fréquence des prélèvements

Les moyens nautiques utilisés sont mis à disposition par le Port Autonome pour Dunkerque, par le SMBC (Service Maritime des ports de Boulogne et de Calais) pour Boulogne-sur-Mer et par le Sport Nautique Valericain pour la Baie de Somme.

Chaque station est échantillonnée mensuellement. La fréquence de l'échantillonnage devient bimensuelle de mars à juin, période de prolifération de la prymnesiophycées *Phaeocystis sp.* qui peut représenter une nuisance pour le système marin et dont la dynamique est liée presque exclusivement au cycle des éléments nutritifs (Lancelot *et al.*, 1998).

En 2000, tous les prélèvements prévus n'ont pu être réalisés en raison de conditions météorologiques défavorables et de problèmes techniques concernant les moyens nautiques. Ainsi, sur 16 sorties prévues seules 12 ont été réalisées en Baie de Somme, 8 à Dunkerque et 10 à Boulogne-sur-Mer. Le calendrier des sorties figure en 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, dans un flacon à usage courant pour les analyses de CHN, MES et turbidité. Pour les sels nutritifs, l'eau doit être pré-

filtrée (maille de 200 μm) avant d'être transvasée dans un flacon. Pour l'ammoniacque, il faut également que l'eau soit pré-filtrée avant d'être transvasée dans un flacon opaque en verre de 200 ml. Ces flacons sont placés en glacière en attendant le retour pour analyse au laboratoire.

Tableau 1 : COORDONNEES DES STATIONS SUR LES 3 RADIALES

RADIALES STATIONS	DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
Station 0			<u>BIF</u> Latitude : 50°12'88 Nord Longitude : 1°35'96 Est
Station 1	<u>RNO 1</u> Latitude : 51°04'30 Nord Longitude : 2°20'20 Est	Latitude : 50°43'90 Nord au flot 50°45'02 Nord au jusant Longitude : 1°33'00 Est au flot 1°33'90 Est au jusant	<u>MIMER</u> Latitude : 50°13'30 Nord Longitude : 1°32'40 Est
Station 2		<u>OPHELIE OU APPROCHE</u> Latitude : 50°43'90 Nord au flot 50°45'30 Nord au jusant Longitude : 1°30'90 Est au flot 1°31'11 Est au jusant	<u>ATSO</u> Latitude : 50°14'0 Nord Longitude : 1°28'50 Est
Station 3	<u>RNO 3</u> Latitude : 51°06'70 Nord Longitude : 2°17'20 Est	<u>ZC1</u> Latitude : 50°45'02 Nord Longitude : 1°27'15 Est	<u>MER 1</u> Latitude : 50°13'60 Nord Longitude : 1°27'20 Est
Station 4	<u>RNO 4</u> Latitude : 51°09'20 Nord Longitude : 2°15'10 Est		<u>MER 2</u> Latitude : 50°13'15 Nord Longitude : 1°26'75 Est

PLAN DE SITUATION DES STATIONS
DE LA RADIALE DE DUNKERQUE

STATION 1
Latitude : 51°04'30 Nord
Longitude : 2°20'20 Est

STATION 3
Latitude : 51°06'70 Nord
Longitude : 2°17'20 Est

STATION 4
Latitude : 51°09'20 Nord
Longitude : 2°15'10 Est

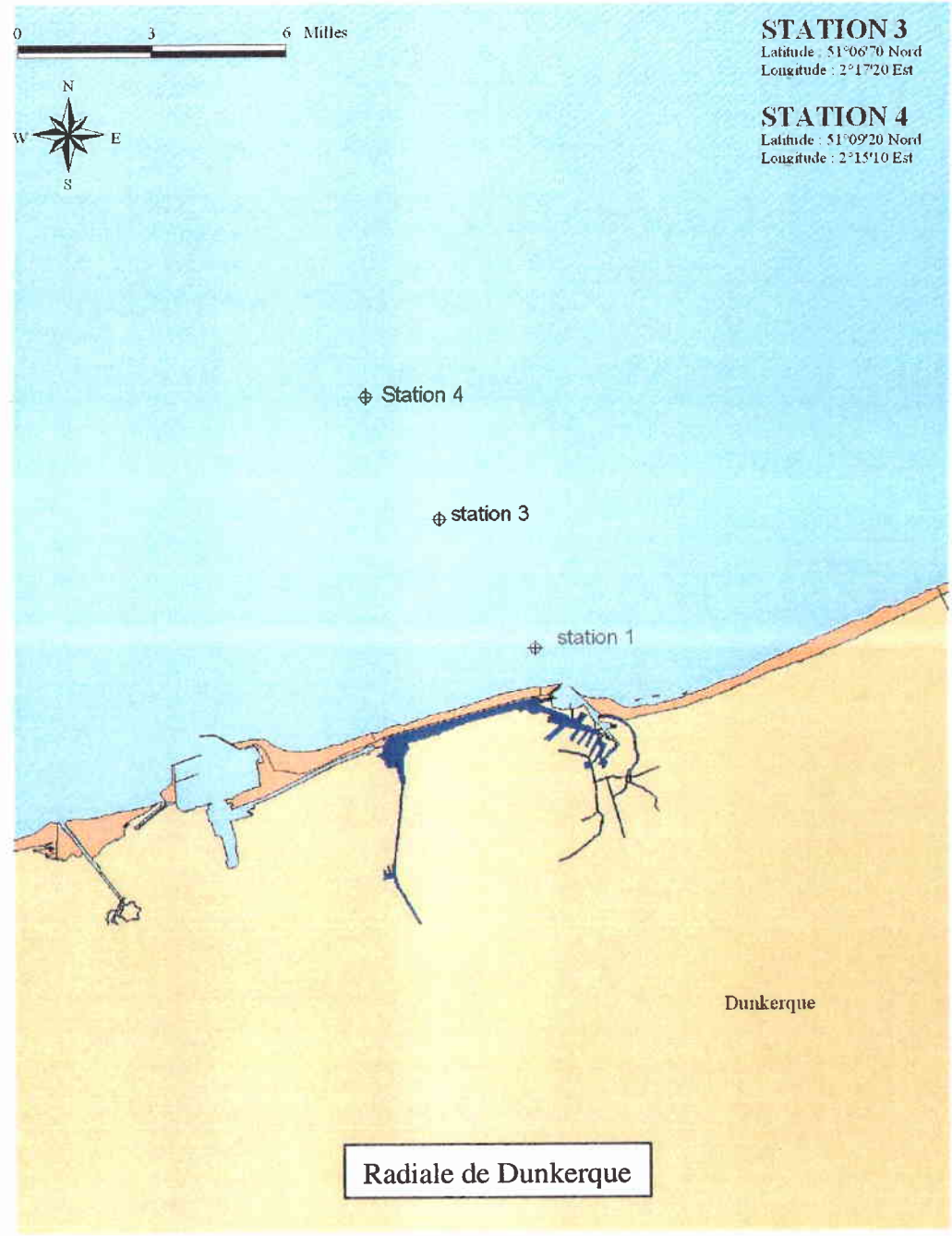


Figure 1 : Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

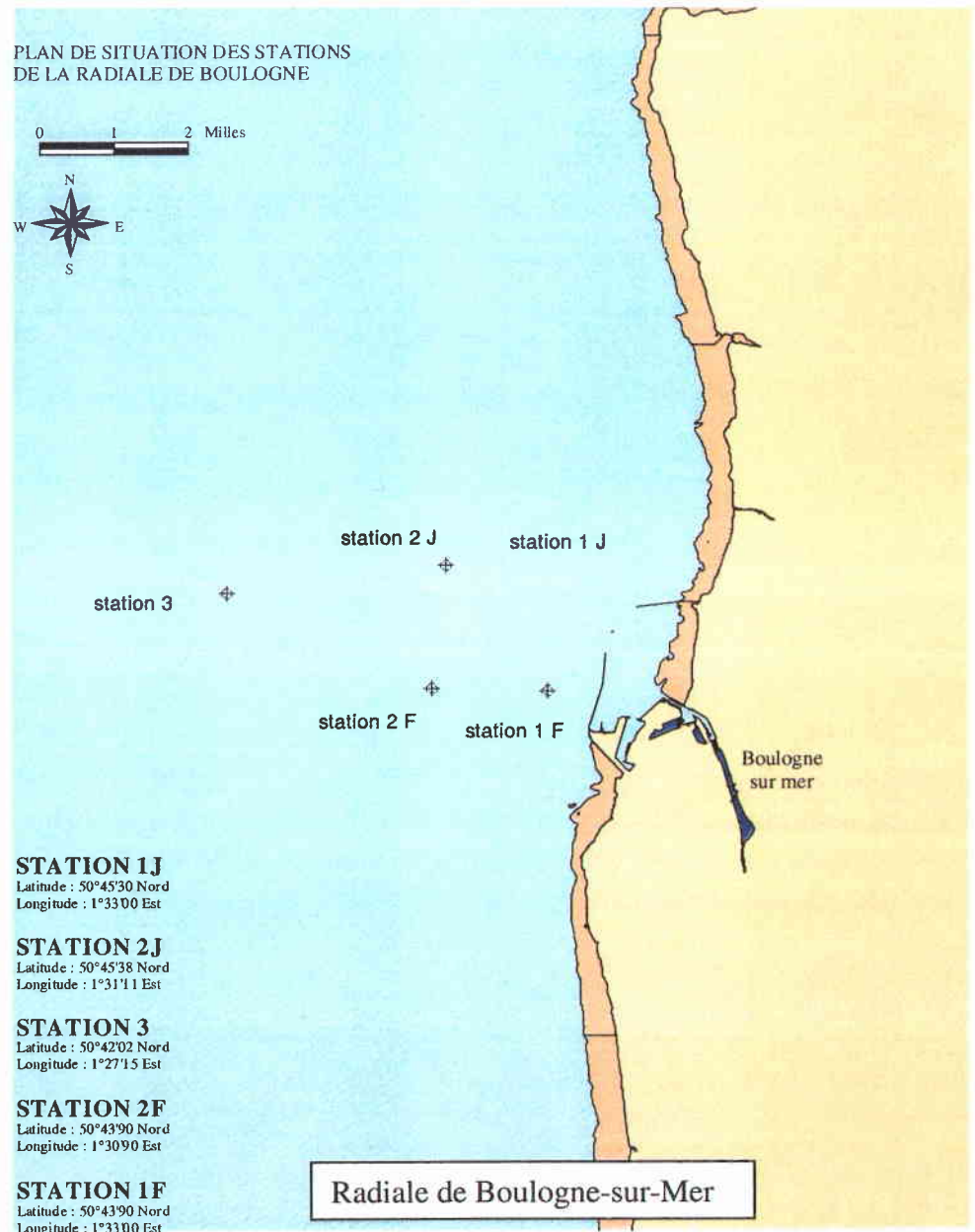


Figure 2 : Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Boulogne-sur-Mer

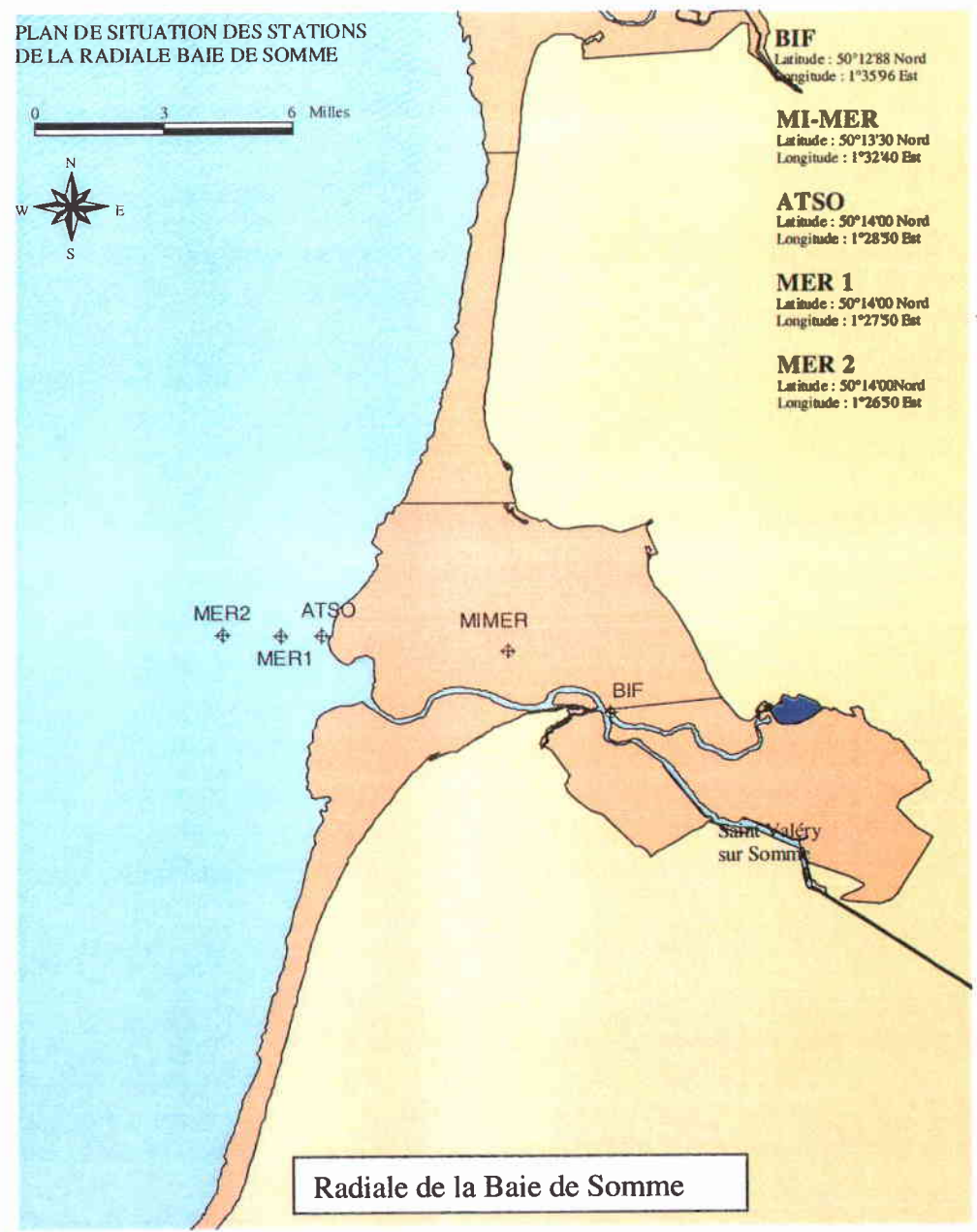


Figure 3 : Localisation des points de prélèvements de la radiale de la baie de Somme

1.4. Paramètres étudiés et analyses

Les analyses sont effectuées dans les laboratoires de l'Institut Pasteur à Gravelines (radiale de Dunkerque), de l'IFREMER à Boulogne-sur-Mer (radiale de Boulogne) et du GEMEL à Saint Valery sur Somme (radiale de la baie de Somme).

L'identification et le dénombrement des espèces phytoplanctoniques ont été réalisés aux laboratoires de l'IFREMER à Boulogne et à Saint Valery sur Somme.

Les méthodes d'analyses suivent les procédures décrites dans le manuel des analyses chimiques en milieu marin d'Aminot & Chaussepied (1983).

1.4.1. Salinité

La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique (4 électrodes à sonde de température intégrée) soit directement dans le milieu, soit au laboratoire dans le flacon de prélèvement.

Le résultat est exprimé en unité Practical Salinity Unit (P.S.U.) (équivalent de l'ancienne notation : ‰).

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 mesure est faite au laboratoire après filtration de l'échantillon sur une maille de 200 μm .

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.

Le concentration d'ammonium est exprimée en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de 0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

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

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 exprimé en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,01 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 exprimé en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,02 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

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 exprimé 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.)

L'échantillon est filtré sur une membrane de vide de maille $0,45 \mu\text{m}$. Après séchage à l'étuve (70°C) pendant 2 heures, le poids total est déterminé par pesée. Le filtre 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 organique dans l'échantillon.

La M.O.P. est exprimée en mg.l^{-1} .

1.4.10. Chlorophylle a et phéopigments

La chlorophylle et les phéopigments sont respectivement des indicateurs de biomasse et de qualité phytoplanctonique.

La chlorophylle a un pic d'absorption à 665 nm .

Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C 47 mm), le matériel particulaire est concentré, les pigments sont extraits dans un solvant (acétone) et l'absorbance du surnageant (après centrifugation) est mesurée par spectrophotométrie à 665 nm . La concentration de chlorophylle dans l'échantillon en est déduite.

Le surnageant est acidifié et la quantité de phéopigments est alors déterminée.

Les concentrations en chlorophylle a et en phéopigments sont exprimées en $\mu\text{g.l}^{-1}$. Le seuil de détection est de $0,05 \mu\text{g.l}^{-1}$.

1.4.11. Phytoplancton

La procédure utilisée est celle recommandée par Belin (2001) 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. 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 à priori véritablement dominante, la cuve est parcourue entièrement. Dans le cas où une ou plusieurs espèces apparaissent très dominante, un sous-échantillonnage est réalisé. Il consiste en une numération sur le diamètre de la cuve ou des champs choisis de manière aléatoire dans la cuve. Un coefficient multiplicateur permet d'estimer le nombre de cellules phytoplanctoniques observées en fonction du grossissement, du nombre de diamètres ou de champs observés. Le résultat est extrapolé à un volume de 1 litre (résultat en nombre de cellules par litre).

2. Comparaison intra-radiale

2.1. Dunkerque

2.1.1. Température

Pour l'année 2000, l'évolution de la température de sub-surface sur la radiale de Dunkerque correspond à une courbe classique en forme de cloche (Figure 1.1).

Les minima sont observés de janvier à avril et sont compris entre 7,1 et 8,4 °C à la station côtière (station 1), entre 7,2 et 9,4 °C à la station intermédiaire (station 3) et entre 7,2 et 9,5 °C à la station du large (station 4). A partir de fin avril - début mai, la température évolue relativement régulièrement pour atteindre sa valeur maximale fin août (de 19,5 à 19,7 °C de la côte vers le large). Elle décroît ensuite pour atteindre des valeurs proches des bas niveaux hivernaux (de 10,3 à 10,5 °C de la côte vers le large) (Figure 1.1 - Annexe 2).

Les différences de température observées entre la station côtière et la station du large sont faibles, comprises entre 0,04 et 1,6 °C. Les différences les plus importantes sont observées au cours des mois d'avril, mai et juin (Figure 1.1 - Annexe 2).

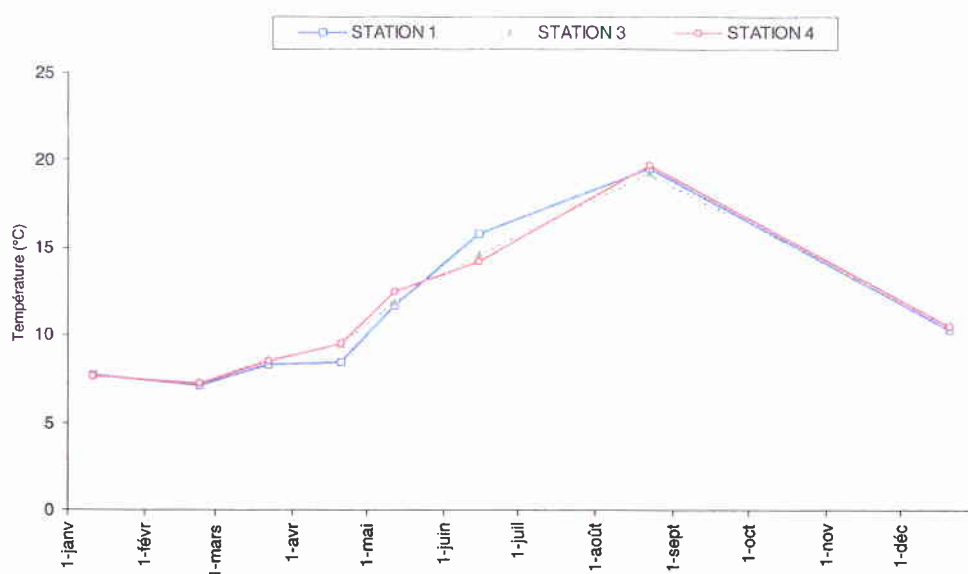


Figure 1. 1 : Evolution temporelle de la température (°C) sur la radiale de Dunkerque

2.1.2. Salinité

La salinité relevée à la station côtière (station 1) est comprise entre 33,69 et 34,42 P.S.U.. Elle est comprise entre 33,82 et 34,72 P.S.U. à la station intermédiaire (station 3) et entre 33,23 et 34,68 P.S.U. à la station du large (station 4) (Figure 1.2 - Annexe 2). La variabilité observée est liée à l'hétérogénéité des conditions de prélèvements (Annexe 1).

Le milieu apparaît relativement stable et homogène, la masse d'eau côtière n'étant pas soumise à des apports massifs d'eau douces. Les différences de salinité entre la côte et le large sont comprises entre 0,17 et 0,89 P.S.U. (Figure 1.2 - Annexe 2).

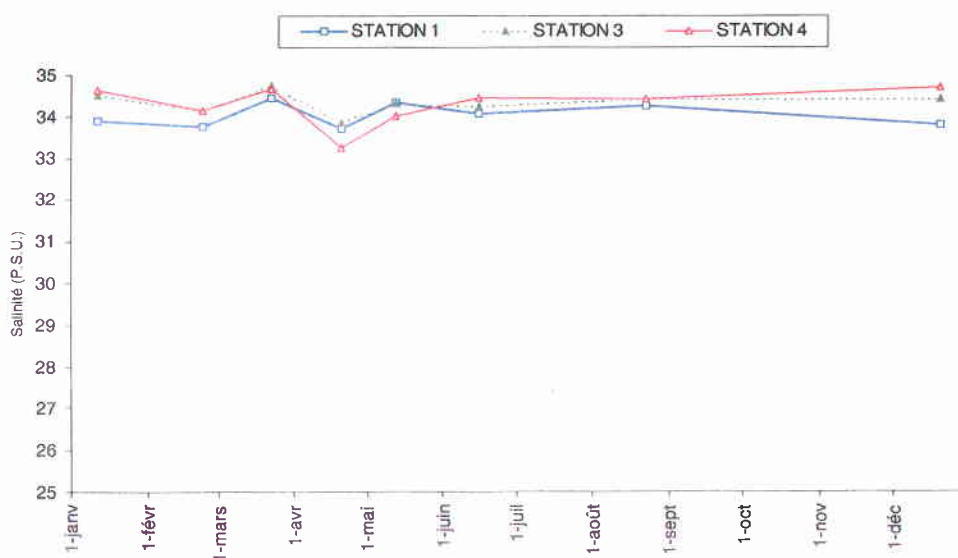


Figure 1. 2 : Evolution temporelle de la salinité (P .S.U.) sur la radiale de Dunkerque

2.1.3. Turbidité et matières en suspension

L'évolution de la turbidité et des matières en suspension est telle que les plus fortes valeurs sont observées en période automnale et hivernale (conditions météorologiques favorables au brassage des masses d'eau). La turbidité et les matières en suspension sont classiquement décroissantes de la côte (station 1) vers le large (station 4) (Figures 1.3 & 1.4 - Annexe 2).

Le gradient de turbidité est compris entre 0,7 et 2,4 N.T.U. et entre 7,7 et 16,6 N.T.U. en périodes de fort et de faible brassages des masses d'eau, respectivement.

Le gradient des matières en suspension est compris entre 11,1 et 20,8 mg.l⁻¹, et entre 1,2 et 2,3 mg.l⁻¹ dans les mêmes conditions (Figure 1.3 et 1.4 - Annexe 2).

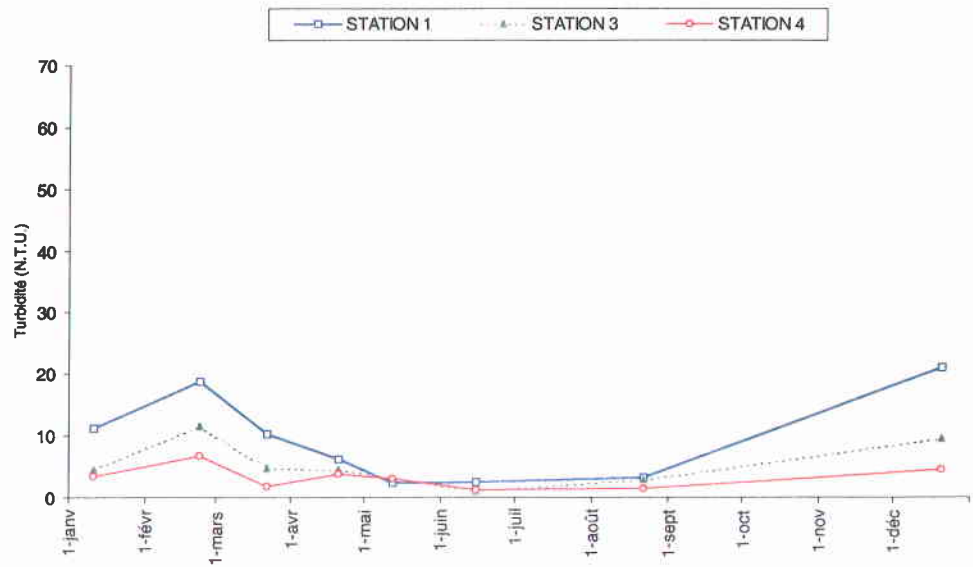


Figure 1. 3 : Evolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Dunkerque

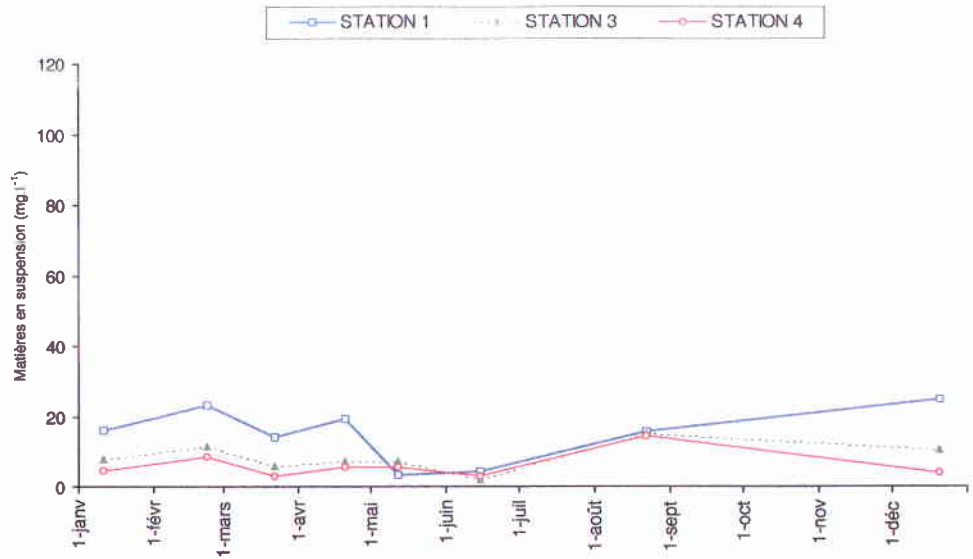


Figure 1. 4 : Evolution temporelle des matières en suspension (mg.l⁻¹) sur la radiale de Dunkerque

2.1.4. Matière organique

La teneur de matière organique dans les matières en suspension est globalement plus faible en automne et en hiver, de l'ordre de 20 à 40 % et est plus élevée en période printanière et estivale, de l'ordre de 40 à 60 % (Figure 1.5 - Annexe 2).

A la station côtière (station 1), de janvier à fin avril, les teneurs en matière organique sont relativement stables avec une faible augmentation de 19,4 à 27,5 %. Puis il y a une forte augmentation des teneurs jusque mi-mai pour atteindre la valeur maximum (54,6 %), pour ensuite décroître relativement régulièrement et revenir à un niveau comparable à celui du début d'année (Figure 1.5 - Annexe 2).

Les différences côte-large sur l'année sont relativement faibles (de 0,5 à 5,5 %), sauf les 22 mars, 20 avril et 20 décembre où elles sont respectivement de 18,5 %, 32,5 %, et 12,5 % (Figure 1.5 - Annexe 2).

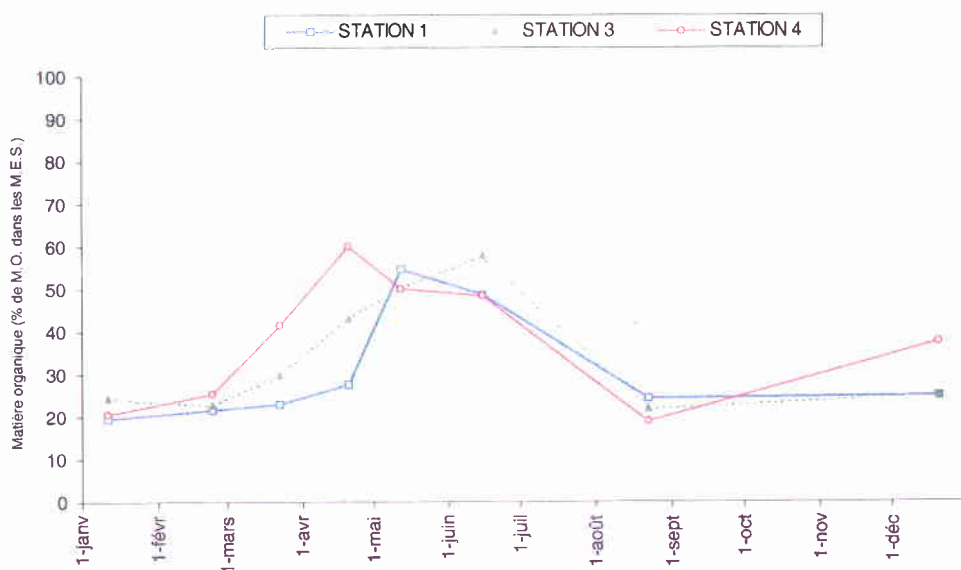


Figure 1.5 : Evolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (%) sur la radiale de Dunkerque

2.1.5. Chlorophylle *a*

Les concentrations de chlorophylle *a* évoluent, de janvier à fin mars (niveaux hivernaux jusque période de pré-bloom), de 1,4 à 14,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station côtière (station 1), de 1,4 à 9,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station intermédiaire (station 3) et de 0,3 à 5,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station du large (station 4) (Figure 1.6 - Annexe 2). Puis il y a une forte augmentation des concentrations de chlorophylle *a* jusqu'à leur maximum : 36,3 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station côtière, 25,6 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station intermédiaire et 24,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station du large. Après une chute des concentrations le 12 mai, un deuxième pic de moindre ampleur est observé pour les trois stations le 15 juin. Les concentrations diminuent ensuite progressivement pour revenir à des valeurs comparables à celles du début de l'année (Figure 1.6 - Annexe 2).

Les différences de concentrations de chlorophylle *a* sont classiquement décroissantes de la côte vers le large (le gradient est compris entre 0,7 et 12,2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), sauf le 12 mai et le 15 juin où la concentration de la station côtière est inférieure à la concentration de la station du large (Figure 1.6 - Annexe 2).

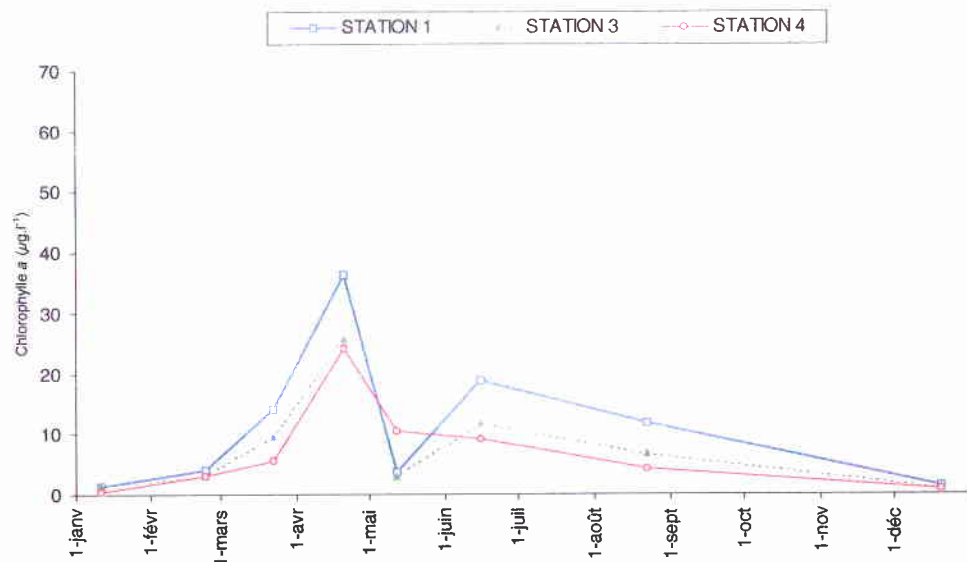


Figure 1. 6 : Evolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.6. Phéopigments

Le choix de l'échelle est lié à la volonté de représentation homogène des résultats pour les trois radiales.

Les concentrations de phéopigments sont moins élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 1.7).

De janvier à fin avril, les concentrations augmentent progressivement de 1,5 à 2,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station 1 (station côtière), de 0,6 à 2,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station 3 (station intermédiaire) et inférieur au seuil de détection ($< 0,05 \mu\text{g.l}^{-1}$) jusqu'à 0,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station 4 (station du large) (Figure 1.7 - Annexe 2). Ensuite, jusque mi-mai, la concentration en phéopigments à la station 1 chute brutalement jusqu'à 0,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et donne naissance mi-juin à un important pic (5,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Pour les deux autres stations, de mi-mai à fin août, les concentrations en phéopigments sont comprises entre le seuil de détection ($< 0,05 \mu\text{g.l}^{-1}$) et 1,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station 3 et entre 0,6 et 1,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station 4 (Figure 1.7 - Annexe 2). Fin décembre, les valeurs aux stations 1 et 3 atteignent 1,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et 0,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$, respectivement. A la station 4, la concentration n'a que légèrement diminuée (0,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$) (Figure 1.7 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre 0,1 et 1,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ sauf mi-juin où il est de 3,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 1.7 - Annexe 2).

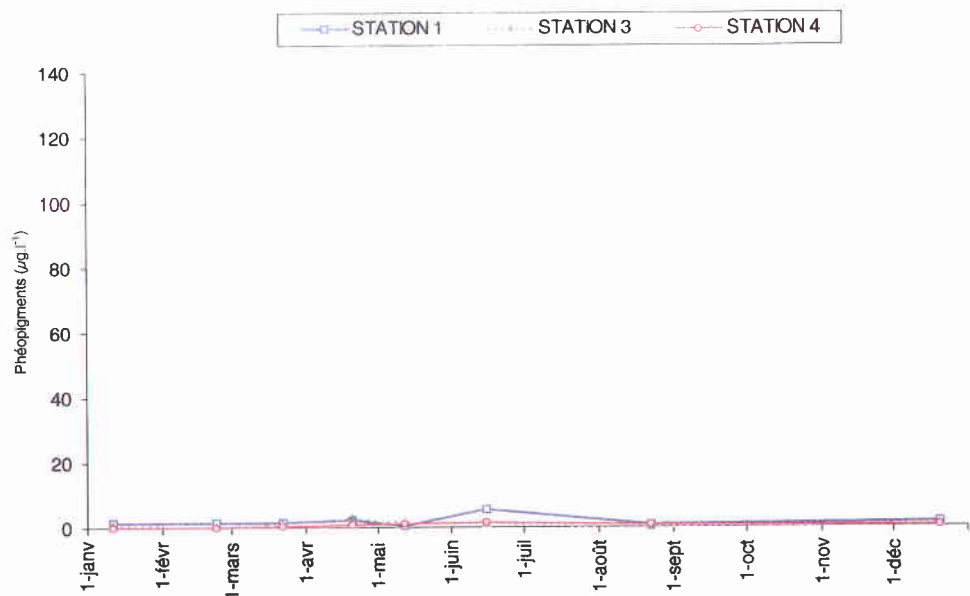


Figure 1.7 : Evolution temporelle de la concentration en phéopigments ($\mu\text{g.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.7. Ammonium

Pour les trois stations, les concentrations en ammonium ne présentent pas de cycle saisonnier marqué, mais fluctuent entre 1,0 et 5,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Quelques tendances peuvent cependant être dégagées avec, de janvier à fin avril, des concentrations en ammonium qui diminuent de 4,9 à 2,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 1, de 3,6 à 2,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 3, et de 3,8 à 2,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 4. Ensuite, les concentrations aux stations 1 et 3 ont tendance à légèrement diminuer pendant la période estivale jusqu'à 1,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et 1,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, respectivement, alors que la concentration en ammonium à la station 4 a plutôt tendance à augmenter durant cette même période et donne naissance à un pic le 12 mai (5,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$), pour ensuite diminuer fin août jusqu'à 1,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les valeurs de fin de saison sont comparables à celle du début de saison (Figure 1.8 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est, soit négligeable (valeurs sous le seuil de détection, donc différence côte-large non significative), soit compris entre le seuil de détection (0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$) et 3,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 1.8 - Annexe 2).

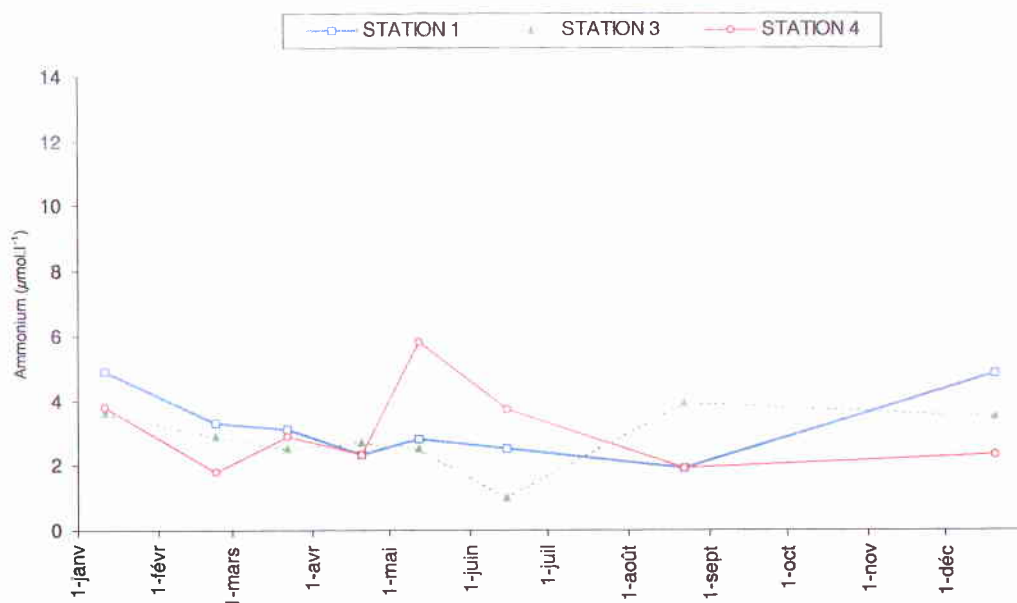


Figure 1. 8 : Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.8. Nitrite

Les concentrations en nitrite sont faibles en période estivale et plus importantes en période hivernale (Figure 1.9).

Pour les trois stations, de janvier à fin avril, les concentrations en nitrite diminuent de $0,47$ à $0,08 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière (station 1), de $0,45 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire (station 3) et de $0,45 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à moins de $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (station 4). Ensuite, jusque fin août, les concentrations en nitrite sont relativement faibles. Elles augmentent ensuite fortement pour atteindre leur maximum le 20 décembre : $1,10 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, $0,97 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et $0,80 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (Figure 1.9 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est, soit négligeable (valeurs sous le seuil de détection, donc différence côte-large non significative), soit compris entre $0,02 \mu\text{mol.l}^{-1}$ et $0,30 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 1.9 - Annexe 2).

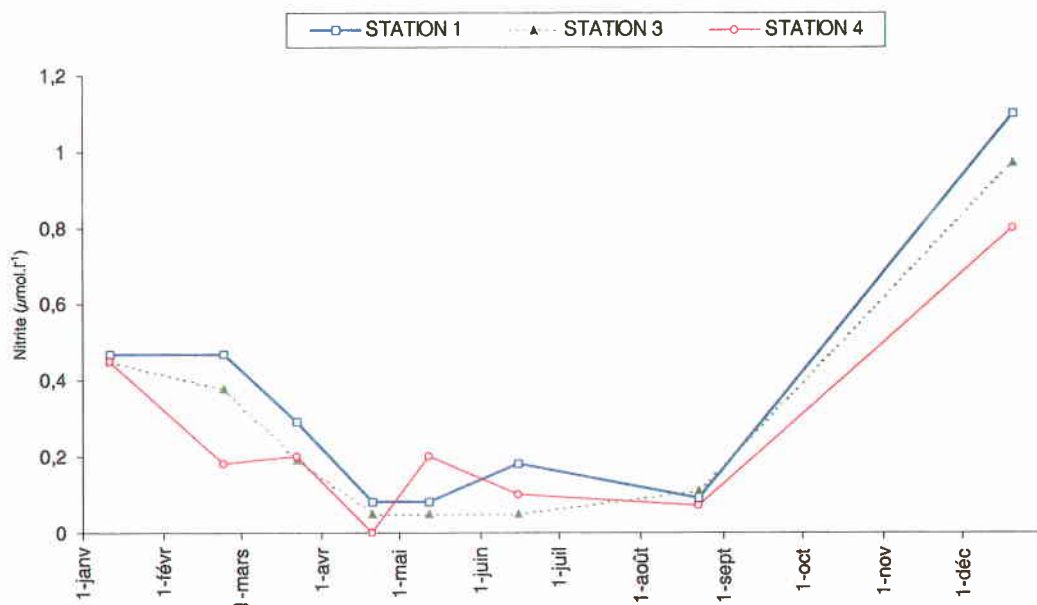


Figure 1. 9 : Evolution temporelle de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.9. Nitrate

Les concentrations de nitrate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 1.10).

De janvier à fin février et pour les trois stations, les concentrations augmentent et atteignent leur valeur maximum : de 18,6 à 24,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière (station 1), de 12,3 à 20,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire (station 3) et de 12,6 à 22,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (station 4) (Figure 1.10 - Annexe 2).

Jusque fin avril, elles diminuent pour être pratiquement stables pendant la période estivale (inférieur au seuil de détection ($< 0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$) jusque 2,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ toutes stations confondues). De fin août à fin décembre, les concentrations augmentent jusqu'à 23,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, 17,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et 15,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (Figure 1.10 - Annexe 2).

Les différences côte-large sont relativement faibles et comprises entre 0,3 et 2,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, sauf les 11 janvier et 20 décembre où elles sont respectivement de 6,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et de 8,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 1.10 - Annexe 2).

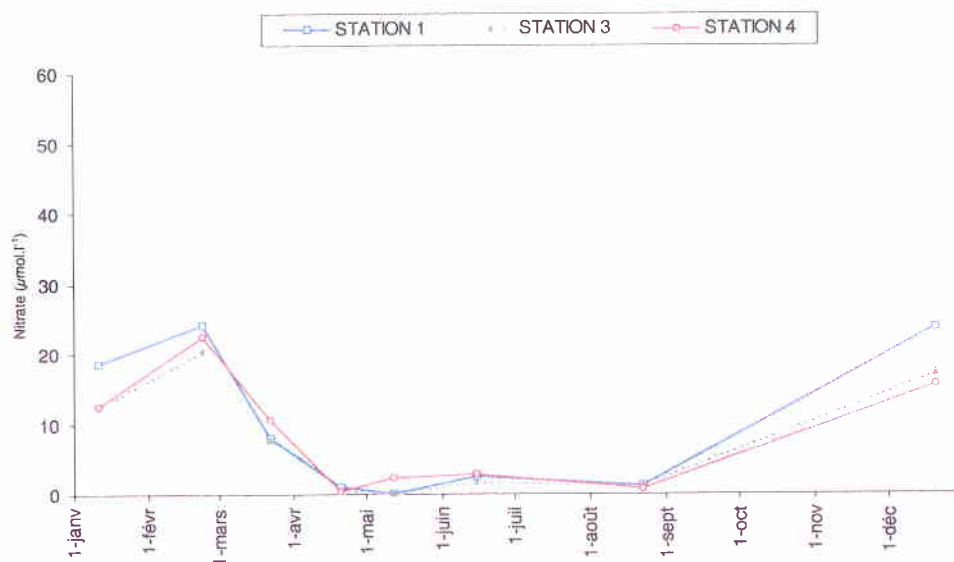


Figure 1.10 : Evolution temporelle de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.10. Phosphate

Les concentrations en phosphate présentent deux pics principaux. Le premier se situe à la fin de la période hivernale et le second pendant la période estivale (Figure 1.11). La première période remarquable se situe entre janvier et fin avril. Fin février, le maximum atteint est : $0,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations côtière et intermédiaire et $1,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large. Fin avril, les concentrations de phosphate sont inférieures au seuil de détection ($< 0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$) aux stations côtière, intermédiaire et du large. Puis il y a un second pic le 12 mai à $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations côtière et intermédiaire et à $0,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large. Fin août, les concentrations sont de l'ordre de $0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour les trois stations. Les concentrations augmentent alors pour revenir à des niveaux similaires à ceux du début de l'année (Figure 1.11 - Annexe 2). Le gradient côte-large est, soit négligeable (valeurs sous le seuil de détection, donc différence côte-large non significative), soit compris entre $0,1$ et $0,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 1.11 - Annexe 2).

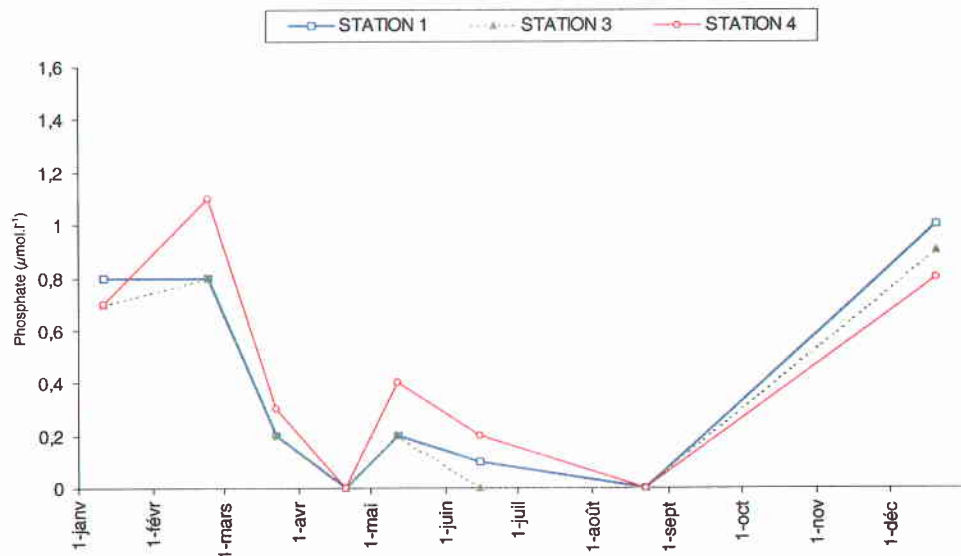


Figure 1.11 : Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.1.11. Silicate

Les concentrations en silicate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 1.12).

De janvier à fin mars, les concentrations diminuent de 11,3 à 1,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, de 6,1 à 1,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et de 6,0 à 1,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large. Puis, les concentrations diminuent légèrement jusque mi-juin jusqu'à moins de 0,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (seuil de détection) pour les trois stations, pour ensuite augmenter afin de retrouver des concentrations comparables à celles du début de l'année (figure 1.12 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est plus important en période hivernale, il varie de 2,1 à 6,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, alors qu'en période estivale, il varie de 0,1 à 0,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (figure 1.12 - Annexe 2).



Figure 1.12 : Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Dunkerque

2.2. Boulogne-sur-Mer

2.2.1. Température

Pour l'année 2000, l'évolution de la température de sub-surface sur la radiale de Boulogne-sur-Mer est telle que l'on observe une augmentation de janvier à début avril, de 7,1 à 10,6 °C à la station côtière (station 1), de 7,1 à 10,1 °C à la station intermédiaire (station 2) et de 7,2 à 10,4 °C à la station du large (station 3). Le mois d'avril est marqué par une chute brutale des températures sur les trois stations (jusqu'à 6,0 °C pour la station côtière et 7,0 °C pour les stations intermédiaires et du large) (Figure 2.1). Courant mai, les températures augmentent de nouveau et vont atteindre un maximum de l'ordre de 18,0 °C début juillet pour l'ensemble des stations (Figure 2.1 - Annexe 2).

Les différences de température entre la côte et le large sont soit négligeable, soit de l'ordre de 0,2 à 0,6 °C, sauf les 28 avril et 22 mai, où elles sont respectivement de 1,0 et 1,8 °C (Figure 2.1 - Annexe 2).

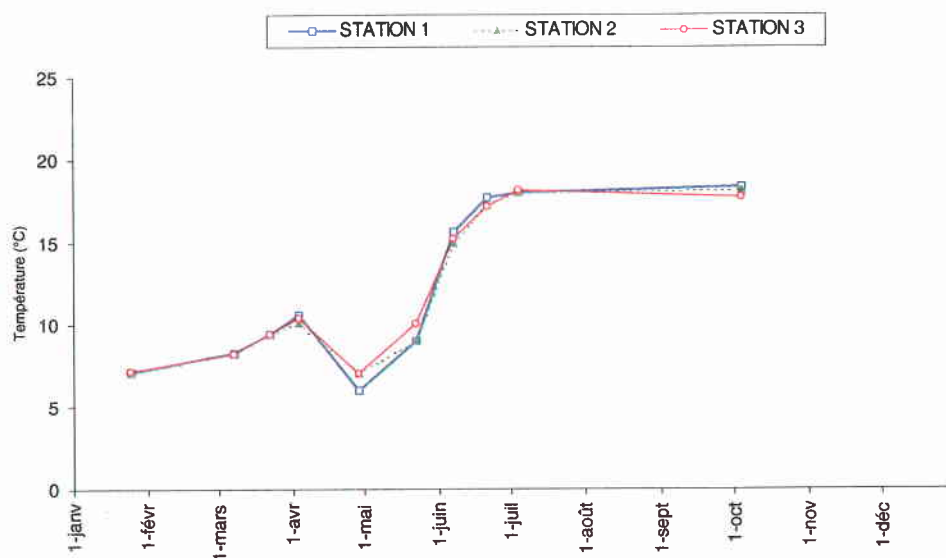


Figure 2.1 : Evolution temporelle de la température (°C) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.2. Salinité

La salinité relevée à la station côtière (station 1) est comprise entre 32,00 et 33,30 P.S.U.. Elle est comprise entre 31,80 et 33,50 P.S.U. à la station intermédiaire (station 2) et entre 33,40 et 34,40 P.S.U. à la station du large (station 3) (Figure 2.2 - Annexe 2).

Le milieu apparaît relativement stable et homogène. La station côtière et la station intermédiaire sont plus influencées par les apports d'eau douce. La structure frontale, située entre 3 et 5 milles nautiques des côtes selon les conditions de marée, limite cette influence continentale au large (Brylinski & Lagadeuc, 1990) (Figure 2.2).

Les différences de salinité entre la côte et le large sont comprises entre 0,40 et 2,40 P.S.U. (Figure 2.2 - Annexe 2).

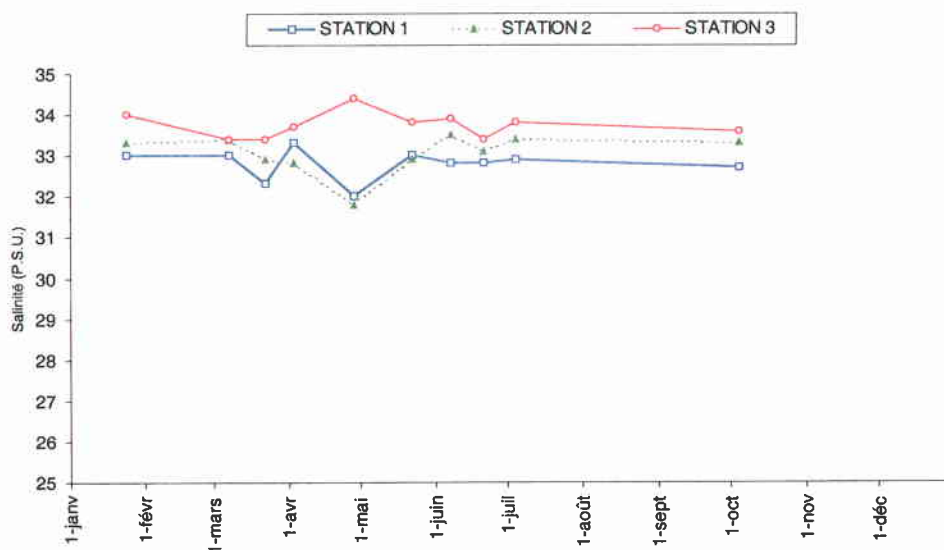


Figure 2. 2 : Evolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.3. Turbidité et matières en suspension

L'évolution de la turbidité et des matières en suspension est telle que les plus fortes valeurs sont observées en période hivernale. La turbidité et les matières en suspension sont classiquement décroissantes de la côte (station 1) vers le large (station 3) (Figures 2.3 et 2.4 - Annexe 2).

Le gradient de turbidité est compris entre 0,2 et 6,2 N.T.U., sauf le 24 janvier où il est de 27,4 N.T.U.. Ceci est dû à la forte turbidité des masses d'eau côtière en raison de vent fort (beaufort 6 à 8) de secteur nord – nord ouest (données Météo France).

Le gradient des matières en suspension est compris entre 0,1 et 8,1 mg.l⁻¹, sauf le 24 janvier où il est de 39,9 mg.l⁻¹ (Figure 2.3 et 2.4 - Annexe 2).

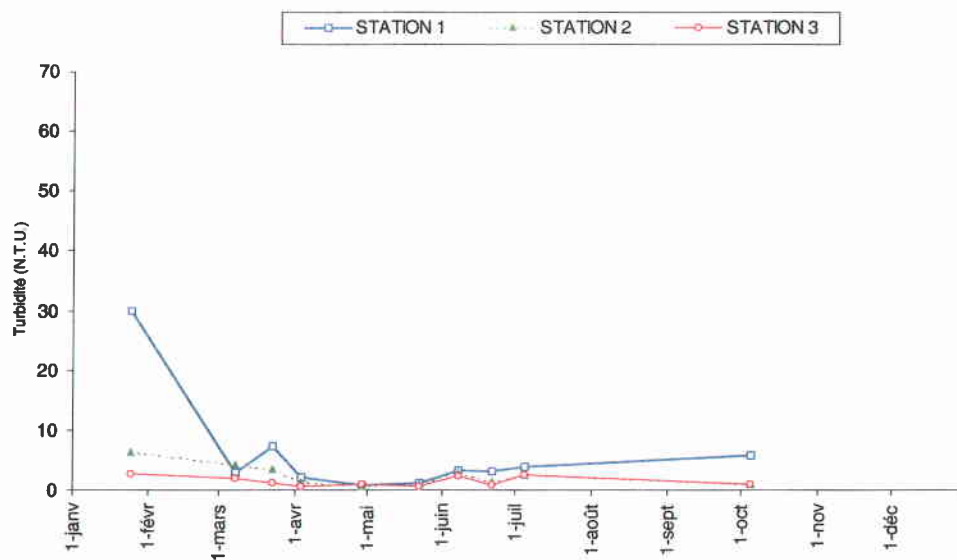


Figure 2. 3 : Evolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

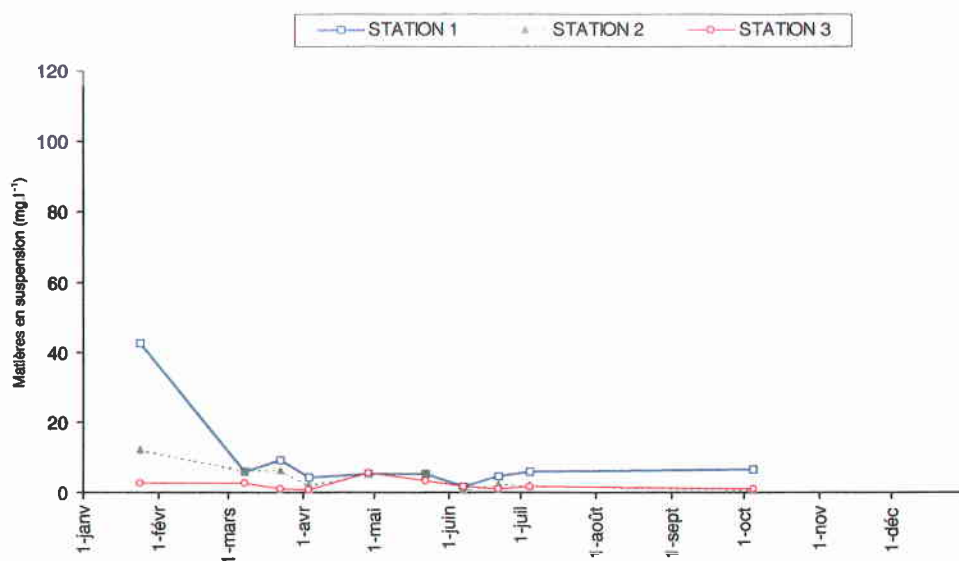


Figure 2. 4 : Evolution temporelle des matières en suspension (mg.l⁻¹) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.4. Matière organique

La teneur en matière organique dans les matières en suspension est globalement plus faible en période hivernale (de l'ordre de 5 à 20 %) qu'en période estivale (de l'ordre de 20 à 90 %) (Figure 2.5 - Annexe 2).

De janvier à juin, les teneurs en matière organique augmentent de 7 % à 88,2 % à la station côtière (station 1), de 9,2 % à 100 % à la station intermédiaire et de 25,9 % à 100 % à la station du large. Puis dans la seconde partie de la période estivale, il y a une diminution des teneurs de matière organique pour atteindre 28,3 % à la station côtière, 42,9 % à la station intermédiaire et 25 % à la station du large début juillet. Ensuite les teneurs en matière organique aux stations côtière et intermédiaire continuent à diminuer jusqu'à respectivement 19,7 % et 0 %, alors que pour la station du large, elle augmente jusque 81,8 % (Figure 2.5 - Annexe 2).

Les différences côte-large sur l'année sont relativement variables (de 10,4 à 62,1 %), sauf les 28 avril, 7 juin et 4 juillet où elles sont plus faibles et égales à 0,7 %, 0,7 %, et 3,3 %, respectivement (Figure 1.5 - Annexe 2).

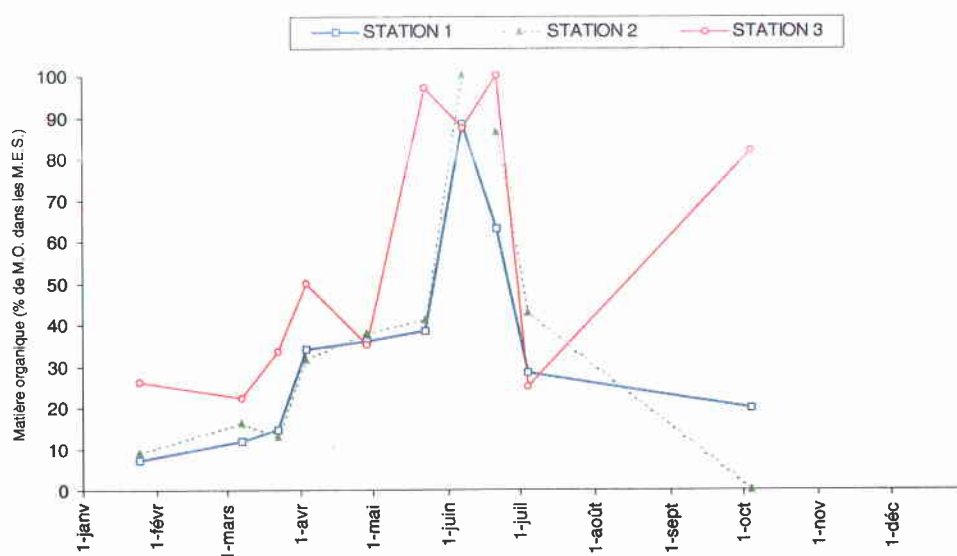


Figure 2. 5 : Evolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (%) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.5. Chlorophylle a

Les concentrations de chlorophylle *a* sont relativement faibles de janvier à début mars (niveaux hivernaux jusque période de pré-bloom), elles augmentent de 1,6 à 6,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station côtière (station 1), de 0,9 à 2,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station intermédiaire (station 2). Elles fluctuent entre 0,7 et 0,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station du large (station 3). Elles augmentent légèrement jusque fin mars, puis de façon plus prononcée au printemps puis en début de période estivale où un maximum de concentration de 27,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (21/06) sera atteint à la station côtière. Puis, la tendance est au retour à des valeurs plus faibles en fin d'année (Figure 2.6 - Annexe 2).

Les différences de concentrations de chlorophylle *a* sont classiquement décroissantes de la côte vers le large. Le gradient est plus marqué en périodes printanière et estivale. Il est globalement compris entre 0,9 et 18,10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 1.6 - Annexe 2).

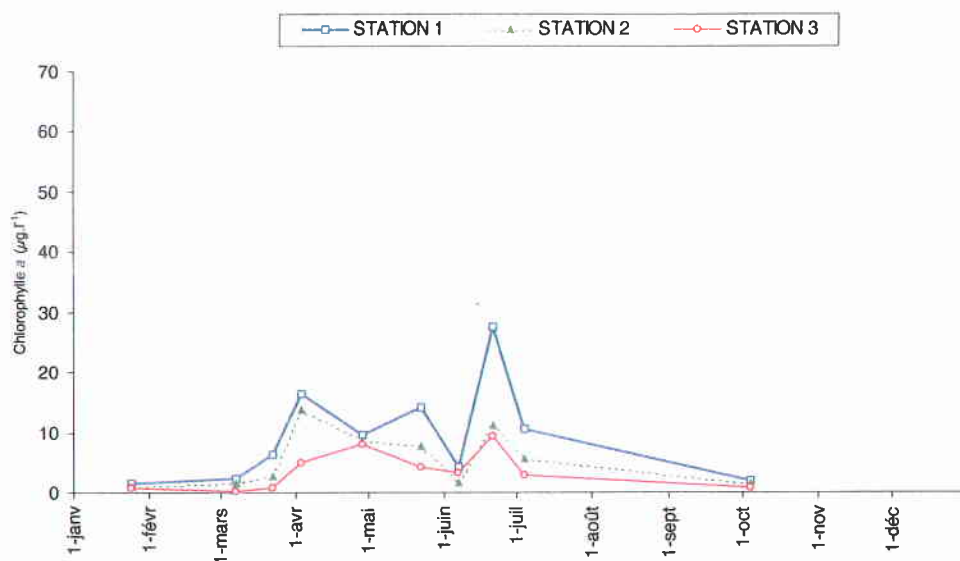


Figure 2. 6 : Evolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.6. Phéopigments

Le choix de l'échelle des concentrations est lié à la volonté de représentation homogène des résultats pour les trois radiales.

Les concentrations en phéopigments sont moins élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 2.7).

De janvier à avril, la tendance est à l'augmentation des concentrations en phéopigments, de 4,2 à 10,2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 1, de 1,3 à 3,9 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 2 et de 0,3 à 4,3 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 3 (Figure 1.7 - Annexe 2). Jusque début juin, les concentrations reviennent à un niveau relativement faibles. Fin juin, elles augmenteront brutalement jusque 9,4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 1, 9,5 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 2 et de façon moins importante (1,6 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) à la station 3. Jusque début octobre, les concentrations diminueront de nouveau pour atteindre 3,8 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 1, 2,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ à la station 2. La station 3 présente une concentration relativement stable (1,7 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) (Figure 1.7 – Annexe 2).

Le gradient côte-large est variable et est compris entre 0,7 et 7,8 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Figure 1.7 – Annexe 2). Les périodes de fort gradient sont liées à de fortes concentrations en zone côtière ; la zone du large ne présentant pas de changement de concentration aussi marquée.

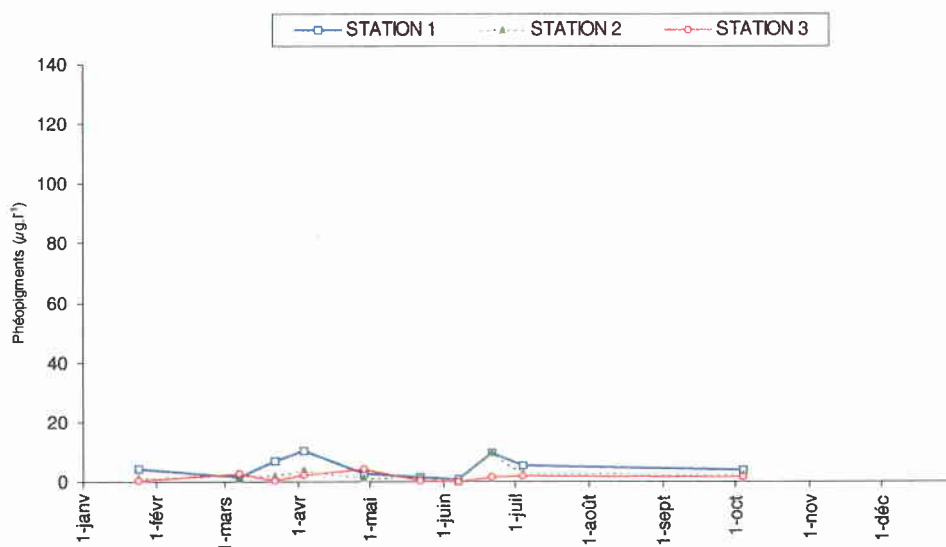


Figure 2. 7 : Evolution temporelle de la concentration en phéopigments ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.7. Ammonium

La concentration en ammonium ne présente pas de cycle saisonnier marqué.

Pour les trois stations, les concentrations sont comprises entre 0,4 et 4,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Quelques tendances peuvent être dégagées. Ainsi, de janvier à début mars, les concentrations en ammonium à la station 1 diminuent brutalement de 4,5 à 1,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, alors que les concentrations de la station 2 et 3 ne diminuent que de 2,2 à 1,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et de 2,0 à 1,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, respectivement. Jusque fin mai, les concentrations en ammonium sont comprises entre 0,4 et 1,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 1, entre 0,5 et 2,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 2 et entre 1,1 et 2,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 3. Puis les concentrations sont comprises entre 1,2 et 2,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 1, entre 0,7 et 1,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 2 et entre 0,8 et 3,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 3.

Le gradient côte-large est compris entre 0,6 et 1,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, sauf le 24 janvier où le gradient côte-large est de 2,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

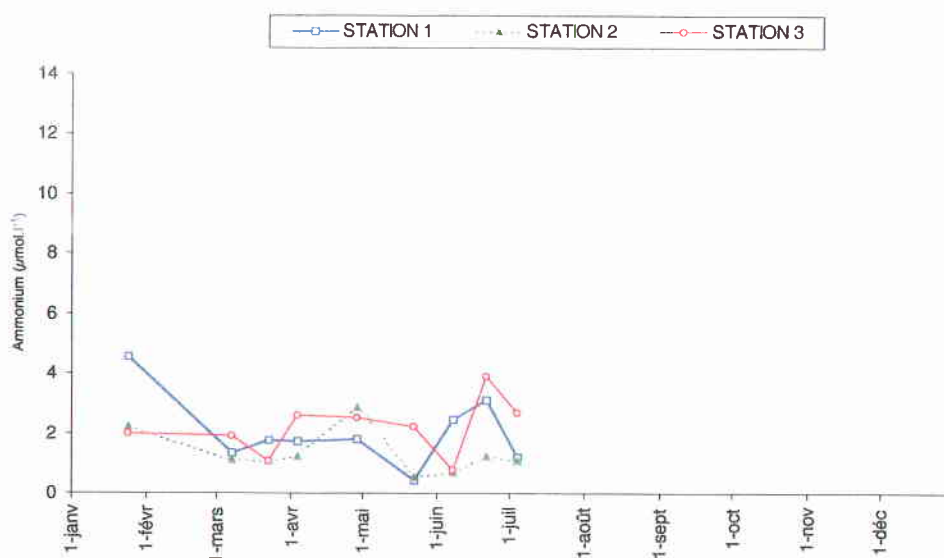


Figure 2. 8 : Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.8. Nitrite

De janvier à fin mars, les valeurs des concentrations en nitrite sont plus importantes, de l'ordre de $0,3$ à $0,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (avec cependant une valeur de $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ le 07/03 à la station 2). Fin mars début avril, les concentrations diminuent sensiblement pour atteindre des valeurs minimales (de l'ordre de $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations 1 et 3, $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station 2) Au mois de mai, les concentrations augmentent progressivement et atteignent des valeurs maximales en fin d'année ($0,6$ à $0,9 \mu\text{mol.l}^{-1}$) (Figure 2.9 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est soit négligeable, soit compris entre $0,08$ et $0,25 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 2.9 - Annexe 2).

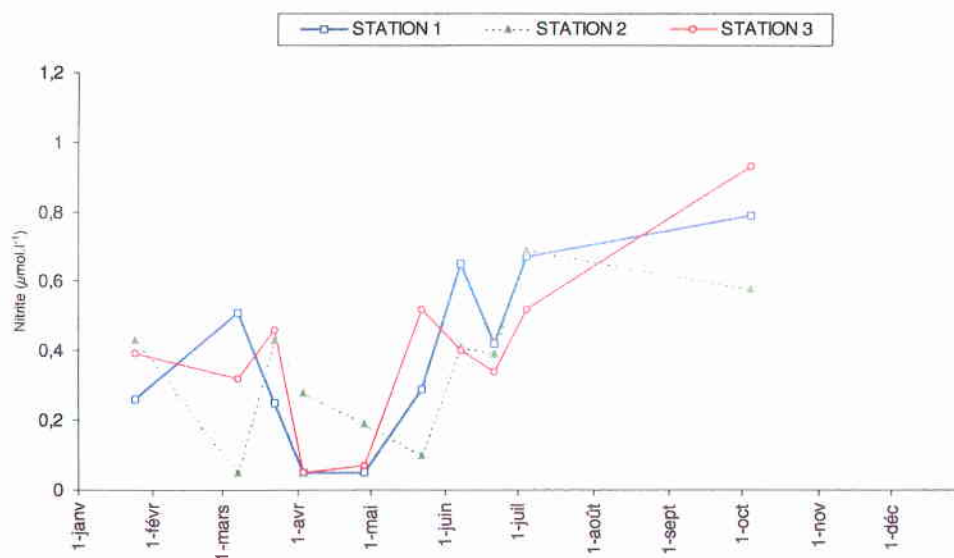


Figure 2. 9 : Evolution temporelle de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.9. Nitrate

Les concentrations de nitrate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 2.10).

De janvier à fin mars, pour les trois stations, les concentrations augmentent puis vont atteindre leur valeur maximum : de 12,7 à 26,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière (station 1), de 15,6 à 22,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire (station 2) et de 8,0 à 19,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (station 4). Jusque fin avril, elles diminuent pour être pratiquement stables pendant la période estivale. Fin août, les concentrations augmentent jusqu'à 14,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, 11,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et 9,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (Figure 2.10 - Annexe 2).

Les différences côte-large sont variables, soit négligeable, soit au maximum de 7,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et généralement plus importante en hiver (Figure 2.10 - Annexe 2).

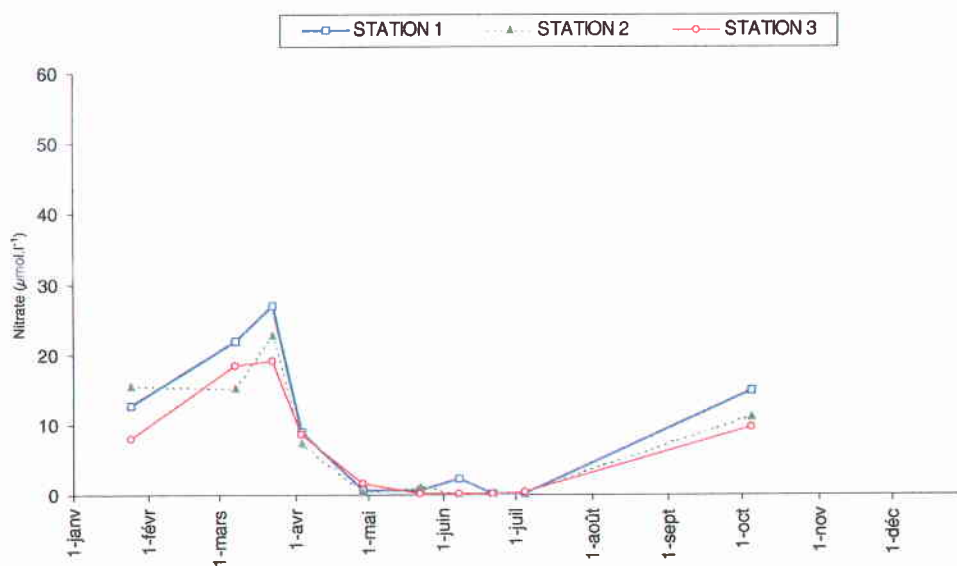


Figure 2. 10 : Evolution temporelle de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.10. Phosphate

Les concentrations en phosphate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 1.11).

De janvier à avril, il y a une importante diminution des concentrations en phosphate de $1,5$ à $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, de $0,7$ à $0,05 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire, de $0,5$ à $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large. Entre avril et juillet, pour les trois stations, les concentrations sont faibles, comprises entre $0,1$ et $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Entre début juillet et début octobre, elles augmentent jusqu'à $0,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et $0,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large (Figure 1.11 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est soit négligeable, soit de l'ordre de $0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$, sauf le 24 janvier où il atteint $1,0 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 1.11 - Annexe 2).

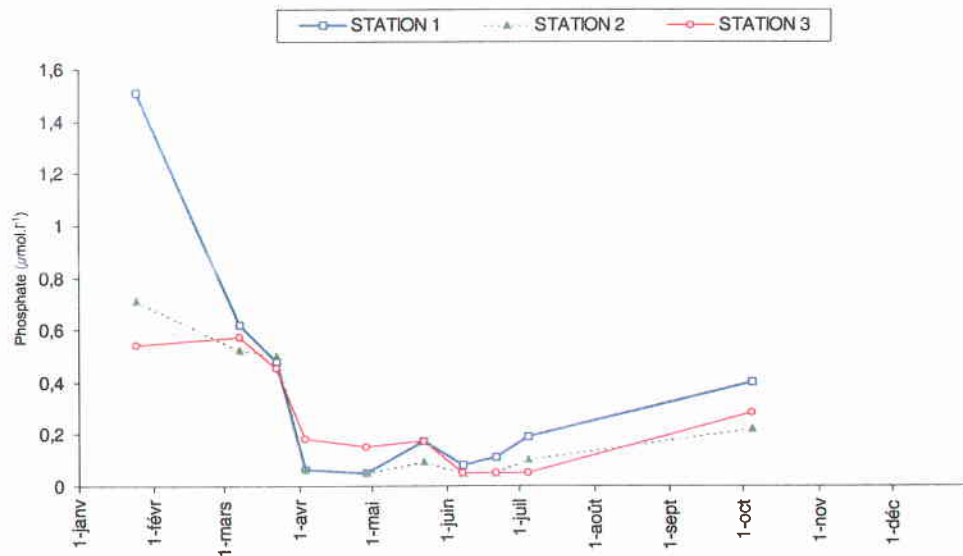


Figure 2. 11 : Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.2.11. Silicate

Les concentrations en silicate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 2.12).

De janvier à début avril, les concentrations diminuent de 8,3 à 0,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (seuil de détection) à la station côtière, de 4,9 à 0,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire et de 3,2 à 0,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station située au large. De début avril à début juin, les concentrations sont comprises entre 0,1 et 0,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ toutes stations confondues. On observe entre juillet et octobre une augmentation des concentrations jusque 7,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station côtière, 6,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station intermédiaire, 6,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station du large ; concentrations comparables à celles du début de l'année (figure 2.12 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est plus important en période hivernale, il varie de 0,6 à 1,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, sauf le 24 janvier où il atteint 5,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. En période estivale, il est généralement négligeable, mais atteint 0,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ le 7 juin.

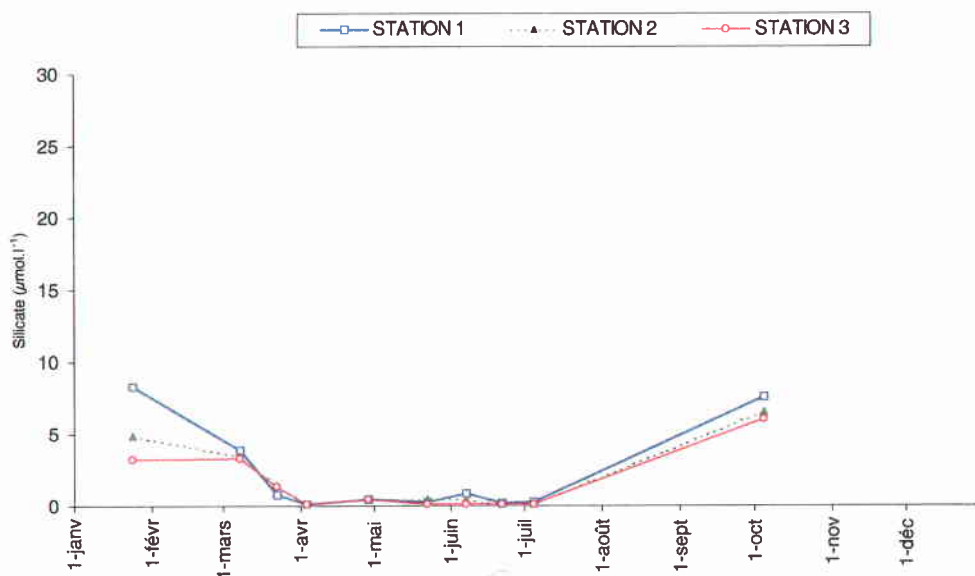


Figure 2. 12 : Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

2.3. La Baie de Somme

Pour la station Bif, l'ensemble des résultats acquis lors de la sortie du 30 mai n'a pas été représenté graphiquement. En effet, les conditions de prélèvement (très faible salinité) (Annexe 2) font que ces résultats ne sont pas comparables à ceux de la série acquise pour l'année 2000.

2.3.1. Température

Pour l'année 2000, l'évolution de la température de sub-surface sur la radiale de la Baie de Somme augmente régulièrement jusqu'au mois de septembre pour toutes les stations et chute légèrement à partir de septembre pour l'ensemble des stations (Figure 3.1).

Au mois de janvier, à la station Bif (station côtière), la température relevée est de 7,5 °C, alors que pour les quatre autres stations, elle est de 8,0 °C. Globalement, les températures augmentent régulièrement jusqu'à la fin de la période estivale, où elles atteignent leur valeurs maximales qui est de l'ordre de 20,0 °C aux stations Bif et Mimer et de 19,5 °C aux stations Atso, Mer 1 et Mer 2 (stations du large) (Figure 3.1 – Annexe 2).

Les différences de température observées entre la station côtière et la station du large sont relativement faibles, soit négligeable, soit inférieures à 1,0 °C (Figure 3.1 - Annexe 2).

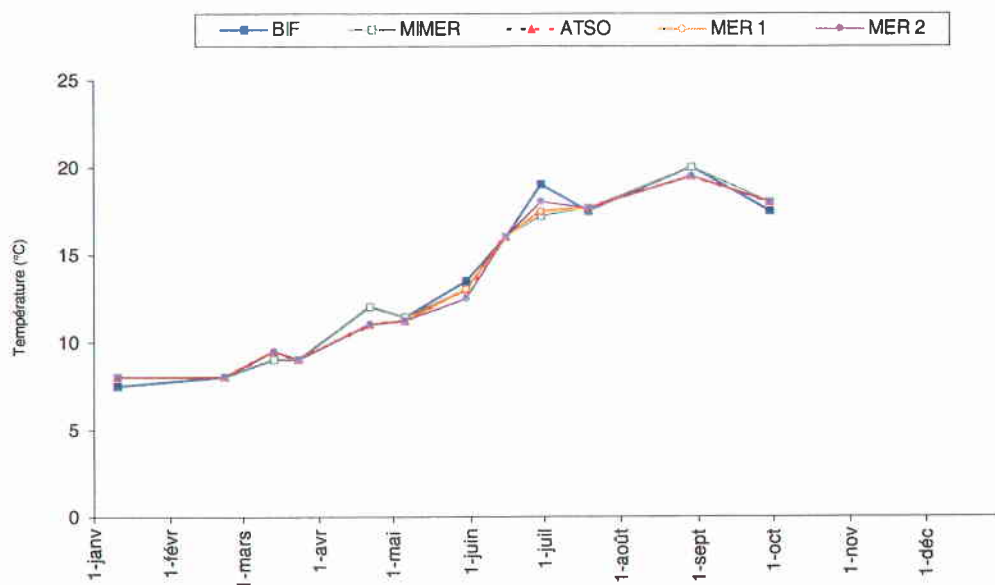


Figure 3. 1 : Evolution temporelle de la température(°C) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.2. Salinité

La salinité relevée à la station Bif (station côtière) est comprise entre 26,40 et 31,90 P.S.U.. Elle est comprise entre 29,90 et 32,60 P.S.U. à la station Mimer, entre 30,70 et 32,80 P.S.U. à la station Atso, entre 30,50 et 33,50 P.S.U. à la station Mer 1 et entre 30,90 et 33,70 P.S.U. à la station Mer 2 (station du large) (Figure 2.2 - Annexe 2).

Les différences de salinité entre la côte (station Bif) et le large (station du large) sont comprises entre 0,70 et 3,20 P.S.U., sauf le 13 mars et le 15 juin où la différence de salinité est de 4,50 P.S.U. (Figure 2.2 - Annexe 2). Le gradient atteint 14,3 P.S.U. le 30 mai en raison de la très faible salinité relevée à la côte.

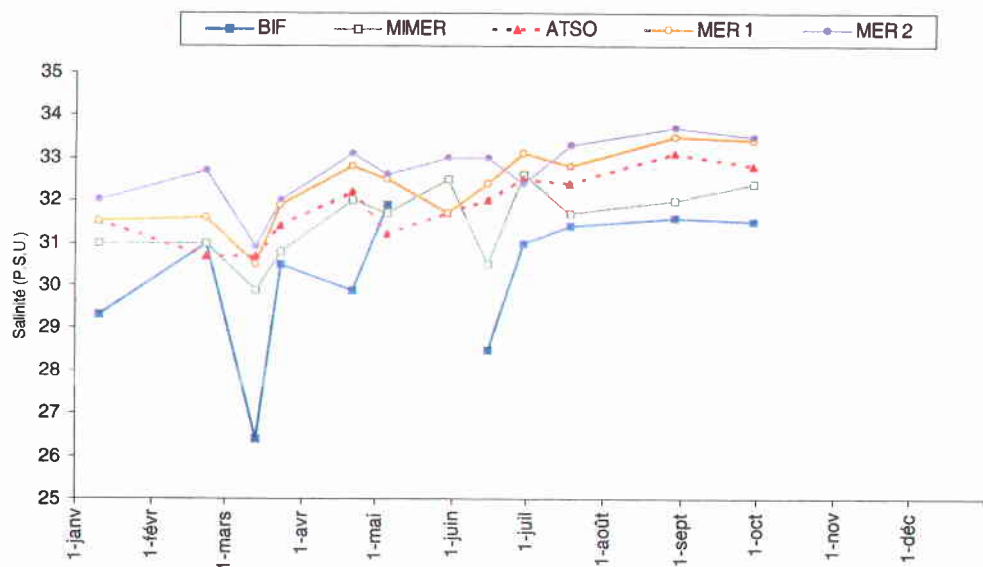


Figure 3. 2: Evolution temporelle de la salinité (P.S.U.) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.3. Turbidité et matières en suspension

L'évolution de la turbidité et des matières en suspension est telle que les plus fortes valeurs sont observées en période hivernale. La turbidité et les matières en suspension sont généralement décroissantes de la côte (station Bif) vers le large (station Mer 2) (Figures 3.3 et 3.4 - Annexe 2).

Le gradient côte-large de turbidité est compris entre 3,0 et 23,8 N.T.U., sauf le 22 janvier et le 23 mars où il est de 55,0 et de 33,5 N.T.U., respectivement.

Le gradient côte-large des matières en suspension est compris entre 6,40 et 53,32 mg.l⁻¹, sauf également le 22 janvier et le 23 mars où il est de 94,06 et de 66,46 mg.l⁻¹, respectivement (Figure 2.3 et 2.4 - Annexe 2).

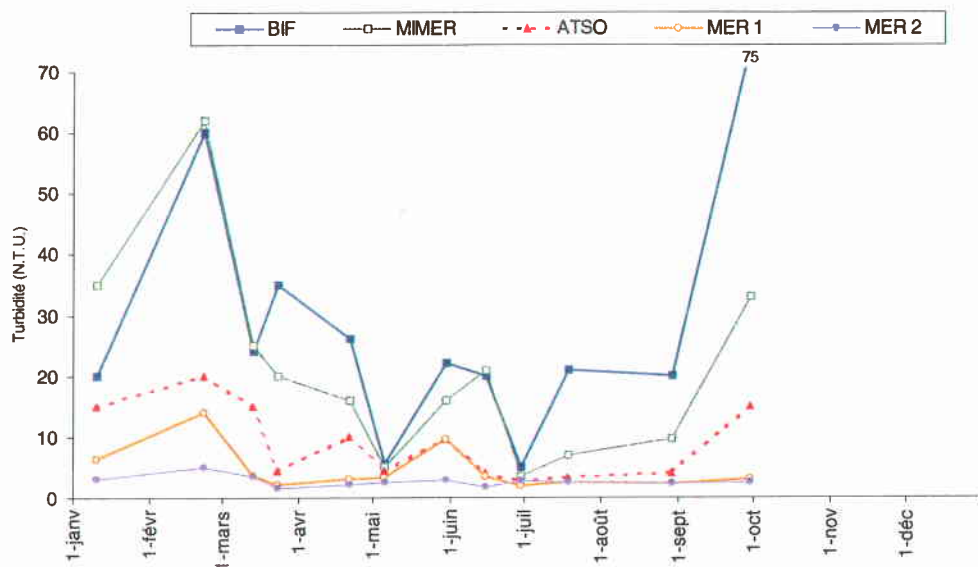


Figure 3.3 : Evolution temporelle de la turbidité (N.T.U.) sur la radiale de la Baie de Somme

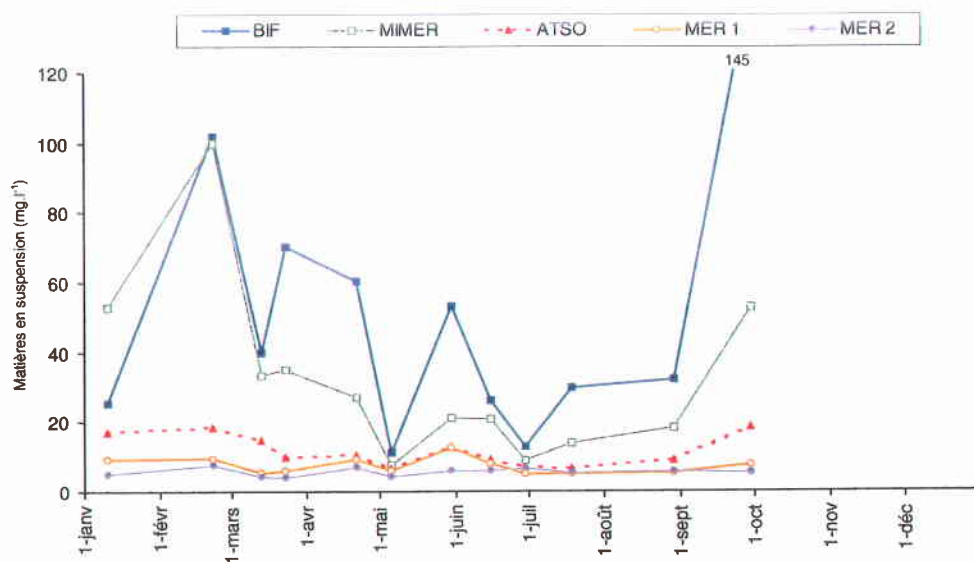


Figure 3.4 : Evolution temporelle des matières en suspension (mg.l^{-1}) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.4. Matière organique

La teneur en matière organique dans les matières en suspension est globalement plus faible en hiver (de l'ordre de 20 à 40 %) qu'en en période estivale (de l'ordre de 40 à 55 %) (Figure 3.5 - Annexe 2).

Le schéma d'évolution de la teneur en matière organique dans les matières en suspension est relativement comparable entre les cinq stations, bien que les niveaux atteints soient différents (Figure 3.5).

De janvier à mi-mars, la teneur en matière organique dans les matières en suspension a un niveau relativement stable : 27,6 à 23,7 % à la station Bif, 21,2 à 25,3 % à la station Mimer, 33,6 à 33,8 % à la station Atso, 41,9 à 51,8 % à la station Mer 1 et 56,8 à 61,5 % à la station Mer 2 (Figure 3.5 - Annexe 2). Fin avril, la teneur en matière organique augmente jusqu'à 51,6 % à la station Bif, jusqu'à 56,4 % à la station Mimer, jusqu'à 71,2 % à la station Atso, jusqu'à 82,3 % à la station Mer 1 et jusqu'à 87,1 % à la station Mer 2. Jusque fin mai, la teneur en matière organique dans les matières en suspension diminue jusqu'à 49,2 % à la station Bif, jusqu'à 36,1 % à la station Mimer, jusqu'à 41,8 % à la station Atso, jusqu'à 42,0 % à la station Mer 1 et jusqu'à 62,4 % à la station Mer 2 (Figure 3.5 - Annexe 2). Fin juin, il y a présence d'un second pic de moindre ampleur et jusqu'en octobre, il y a une nouvelle diminution de la teneur en matière organique afin d'atteindre les bas niveaux hivernaux (Figure 3.5 - Annexe 2).

Les différences côte-large sont variables de 10,69 à 51,37 % (Figure 3.5 - Annexe 2).

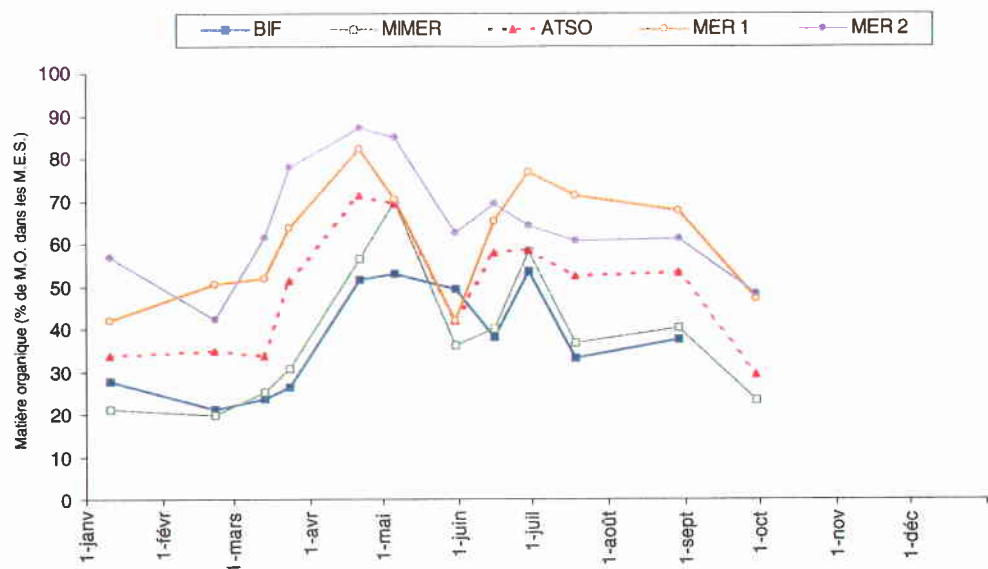


Figure 3.5 : Evolution temporelle de la teneur en matière organique dans les matières en suspension (%) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.5. Chlorophylle a

De janvier à fin février, la concentration de chlorophylle *a* est faible (niveaux hivernaux jusque période de pré-bloom), et est en légère augmentation de 2,1 à 4,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Bif (station côtière), de 2,1 à 4,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, de 1,6 à 1,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, de 0,9 à 6,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et de 1,1 à 3,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (station du large) (Figure 3.6 - Annexe 2). De fin février à fin mars, la concentration à la station Bif augmente fortement et atteint son maximum de 61,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour diminuer ensuite jusque 33,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ début mai. Pour les autres stations, de fin février à début mai, la concentration de chlorophylle *a* augmente et atteint une valeur maximale de 42,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, 28,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, 22,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 15,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Les concentrations chutent fin mai jusqu'à 13,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, 4,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, 3,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 13,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Un deuxième pic de moindre ampleur est observé au niveau des cinq stations mi-juin. Les concentrations diminuent alors progressivement pour revenir à des valeurs comparables à celles du début de l'année (Figure 3.6 - Annexe 2).

Les différences de concentrations de chlorophylle *a* sont classiquement décroissantes de la côte vers le large (le gradient est compris entre 0,9 et 17,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$), sauf le 23 mars, le 21 avril et le 15 juin où elles sont respectivement de 49,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$, de 33,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et de 34,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Figure 3.6 - Annexe 2).

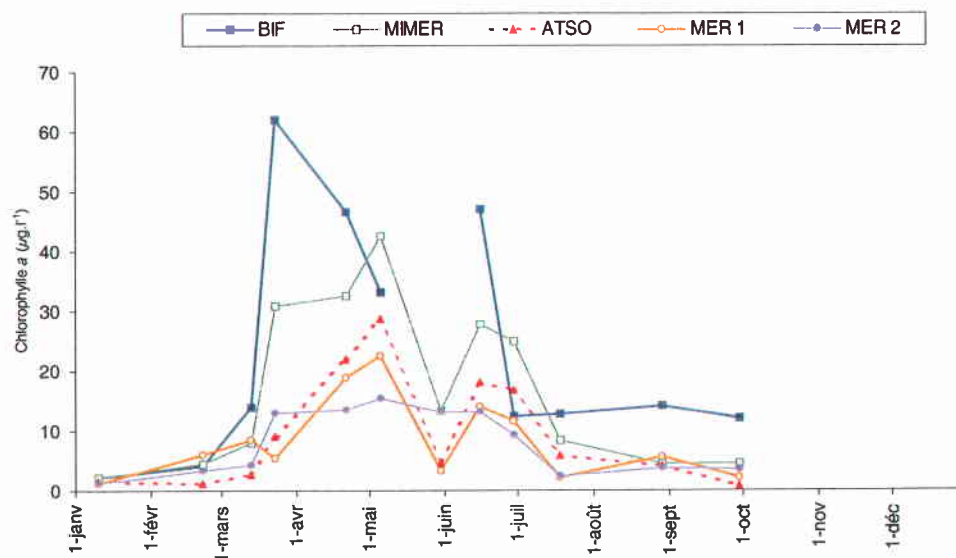


Figure 3. 6 : Evolution temporelle de la concentration en chlorophylle a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.6. Phéopigments

Les concentrations de phéopigments sont faibles en période hivernale et plus élevées en période estivale (Figure 3.7 - Annexe 2).

Les concentrations en phéopigments augmentent progressivement de janvier à mi-mars de 2,7 à 10,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Bif (station côtière), de 4,2 à 15,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, de 2,5 à 6,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, de 1,7 à 3,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station mer 1 et de 1,4 à 3,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (station du large) (Figure 3.7 - Annexe 2). Jusque fin mars, les concentrations en phéopigments augmentent brutalement pour atteindre leur plus haut niveau : 116,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Bif . Pour les autres stations, les concentrations en phéopigments augmentent jusqu'à fin avril et atteignent leur maximum qui est de l'ordre de 52,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, de 40,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, de 32,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et de 22,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (Figure 3.7 - Annexe 2). Courant mai, les concentrations diminuent jusqu'à 28,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Bif, 5,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mimer, 4,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Atso, 14,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 15,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Mer 2. De fin mai à fin juin, un nouveau pic de moindre ampleur est observé. Les concentrations diminuent ensuite progressivement pour revenir à des valeurs comparables à celles du début de l'année (Figure 3.7 - Annexe 2).

Les gradients côte-large sont compris entre 1,4 et 40,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$, sauf le 23 mars et le 21 avril, où ils sont de 109,4 et de 78,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$, respectivement (Figure 1.6 - Annexe 2).

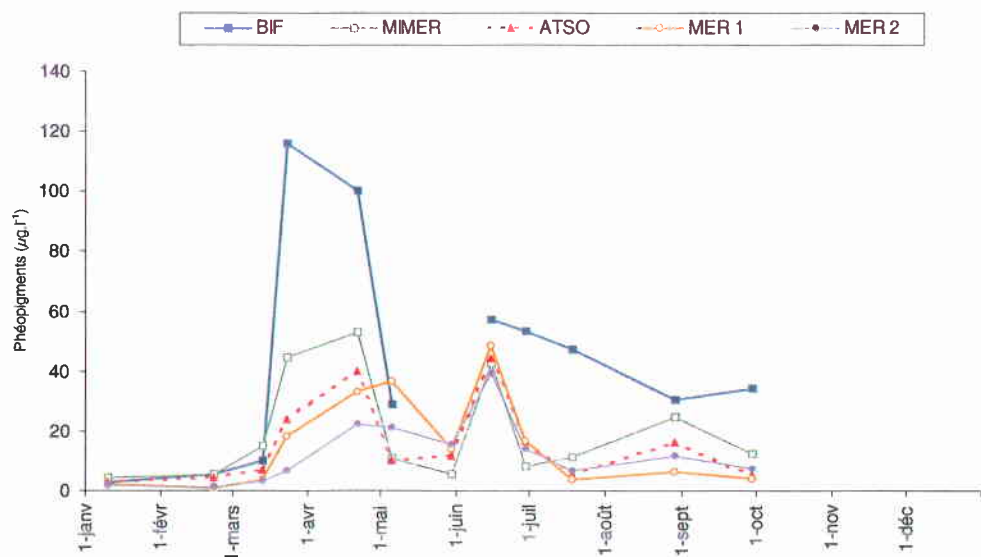


Figure 3. 7 : Evolution temporelle de la concentration en phéopigments ($\mu\text{g.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.7. Ammonium

De janvier à mi-mars, les concentrations en ammonium diminuent légèrement de 4,8 à 0,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, de 3,9 à 0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (seuil de détection) à la station Mimer, de 4,4 à 0,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, de 3,5 à 0,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et de 1,5 à 0,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Entre mi-mars et fin avril, un premier pic de concentration est observé : 1,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 3,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 2,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 1,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1. La station Bif atteint sa valeur maximale de 11,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ fin avril. Entre fin avril et fin juin, un deuxième pic de concentration est observé au niveau de toutes les stations. De fin juin à fin août, les concentrations augmentent légèrement et atteignent 0,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 1,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station mimer, 0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Atso, Mer 1 et Mer 2. Dès septembre, la concentration en ammonium augmente très nettement jusqu'à 7,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la station Bif et atteint des valeurs maximales pour les autres stations : 5,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 4,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso et 3,16 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Mer 1 et Mer 2. (Figure 3.8 – Annexe 2).

Les différences côte-large sont inférieures à 11,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 3.8 - Annexe 2).

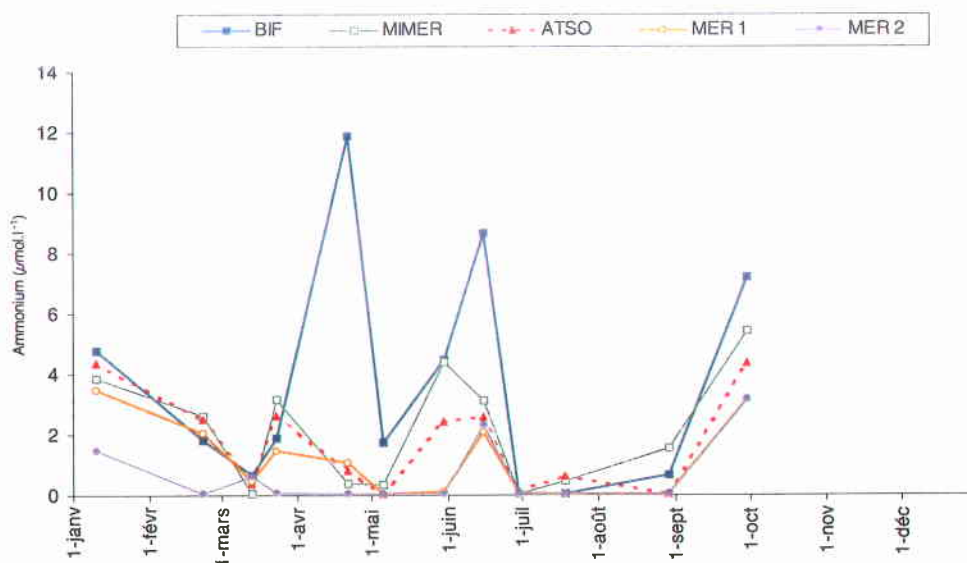


Figure 3. 8 : Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.8. Nitrite

De janvier à fin février, les valeurs des concentrations en nitrite augmentent légèrement et sont de l'ordre de $0,60$ à $0,80 \mu\text{mol.l}^{-1}$ toutes stations confondues (Figure 3.9 - Annexe 2). Jusque fin avril, les concentrations chutent pour atteindre $0,32 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif (station côtière), $0,20 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, $0,18 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, et $0,12 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et $0,10 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (station du large) (Figure 3.9 - Annexe 2). De fin avril à fin mai, les valeurs des concentrations en nitrite augmentent de $0,40$ à $3,86 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour la station côtière, de $0,2$ à $0,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$ pour les autres stations. Jusque fin juin, les concentrations diminuent pour atteindre $0,30 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, $0,09 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, $0,09 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, et $0,07 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Mer 1 et Mer 2 (stations du large) (Figure 3.9 - Annexe 2). De fin juin à fin août, on observe une relative stabilité des concentrations ($< 0,40 \mu\text{mol.l}^{-1}$ toutes stations confondues). Dès la fin du mois d'août, les concentrations augmentent considérablement pour atteindre des niveaux comparables, voire supérieurs à ceux observés en début d'année (Figure 3.9 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est compris entre $0,04$ et $3,64 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 3.9 - Annexe 2).

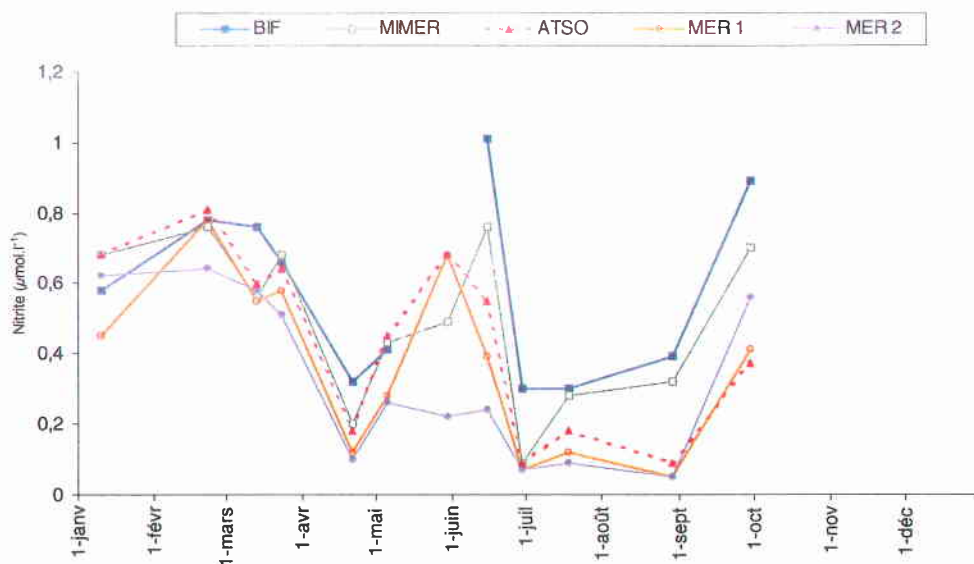


Figure 3. 9 : Evolution temporelle de la concentration en nitrite ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.9. Nitrate

Les concentrations de nitrate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale (Figure 3.10).

Pour les trois stations, de janvier à mi-mars, les concentrations sont comprises entre 33,8 et 55,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Elles diminuent jusqu'à fin avril et atteignent 15,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 11,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station mimer, 8,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 7,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 4,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Jusque fin mai, les concentrations augmentent et atteignent 20,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 21,10 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 22,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 8,47 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (Figure 3.10 - Annexe 2). Jusque mi-juillet, les concentrations des stations Bif et Mimer diminuent pour atteignent 3,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 4,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, alors que les concentrations des autres stations diminuent jusque fin août et atteignent 2,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 1,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 1,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Dès septembre, les concentrations augmentent de nouveau et atteignent 21,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 20,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 15,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 14,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et 15,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2.

Les différences côte-large sont comprises entre 0,9 et 19,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 3.10 - Annexe 2).

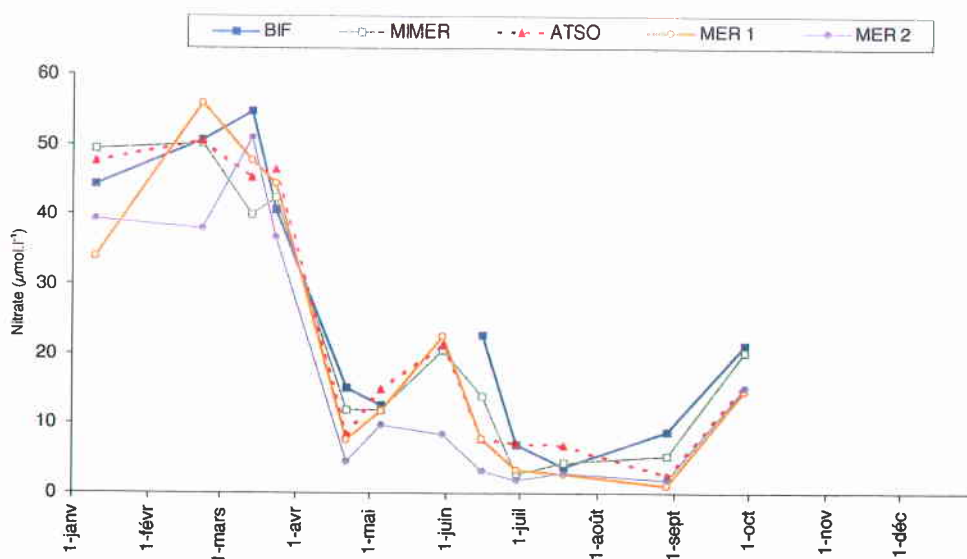


Figure 3. 10 : Evolution temporelle de la concentration en nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.10. Phosphate

Les concentrations en phosphate sont nettement plus élevées en période hivernale qu'en période estivale. (Figure 3.11).

De janvier à mi-mars, il y a une première diminution des concentrations jusque $0,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Bif (station côtière) et Mimer, $0,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Atso, Mer 1 et Mer 2 (station du large). Puis, il y a une chute plus brutale des concentrations jusque fin mars pour atteindre $0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Bif et Mimer, $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux les stations Atso, Mer 1 et Mer 2 (Figure 3.11 - Annexe 2). Pendant la période estivale, les concentrations sont stables avec des valeurs très faibles, qui sont comprises entre $0,02$ (seuil de détection) et $0,04 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, entre $0,02$ et $0,03 \mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, ou restent constantes à $0,02 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Atso, Mer 1 et Mer 2. Fin août (fin de la période estivale), les valeurs des concentrations commencent à augmenter progressivement.

Le gradient côte-large est inférieur à $0,2 \mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 3.11 - Annexe 2).

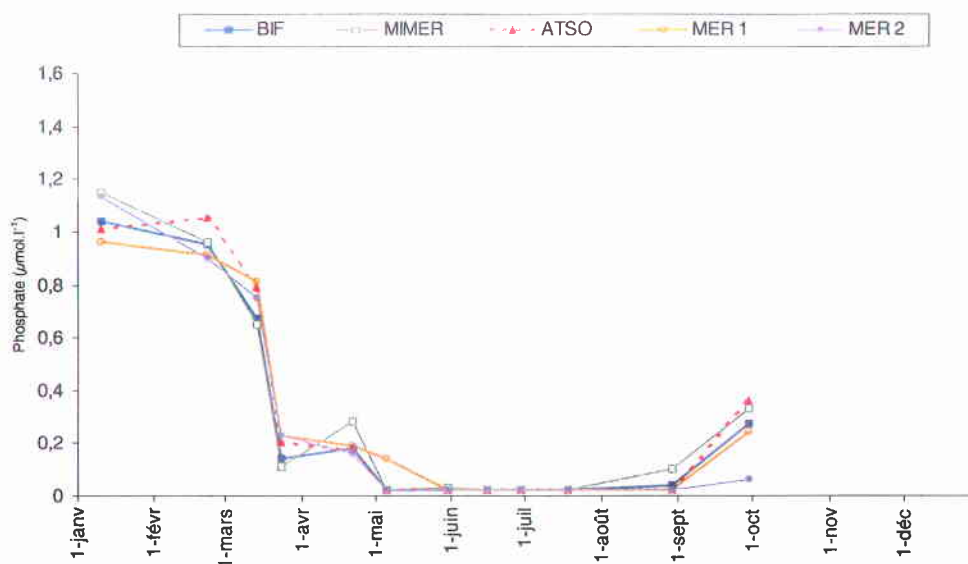


Figure 3. 11 : Evolution temporelle des concentrations en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

2.3.11. Silicate

Les concentrations en silicate sont plus élevées en période hivernale qu'en période estivale, sauf à la station Bif le 30 mai (Figure 3.12).

De janvier à mi-mars, les concentrations diminuent progressivement de 22,8 à 17,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif (station côtière), de 24,7 à 10,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, de 23,7 à 12,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, de 15,6 à 15,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et de 19,5 à 11,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2. Fin mars, il y a une importante chute des concentrations jusque 2,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 1,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 2,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, 3,9 μavril à la station Mer 1 et 1,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (Figure 3.11 - Annexe 2). Jusque fin août, les concentrations sont comprises entre 2,1 et 5,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif (sauf le 30 mai où la concentration en silicate est de 21,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$), entre 1,7 et 5,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, entre 2,4 et 6,4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Atso, entre 1,1 et 6,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 1 et entre 1,0 et 3,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (Figure 3.12 - Annexe 2). Fin septembre, les concentrations augmentent et sont comparables à celles du début de l'année (de l'ordre de 14,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Bif, 15,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mimer, 12,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ aux stations Atso et Mer 1 et 12,1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ à la station Mer 2 (Figure 3.12 - Annexe 2).

Le gradient côte-large est, soit négligeable (valeurs sous le seuil de détection, donc différence côte-large non significative), soit compris entre 0,2 et 5,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, sauf le 30 mai où le gradient est de 20,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 3.12 - Annexe 2).

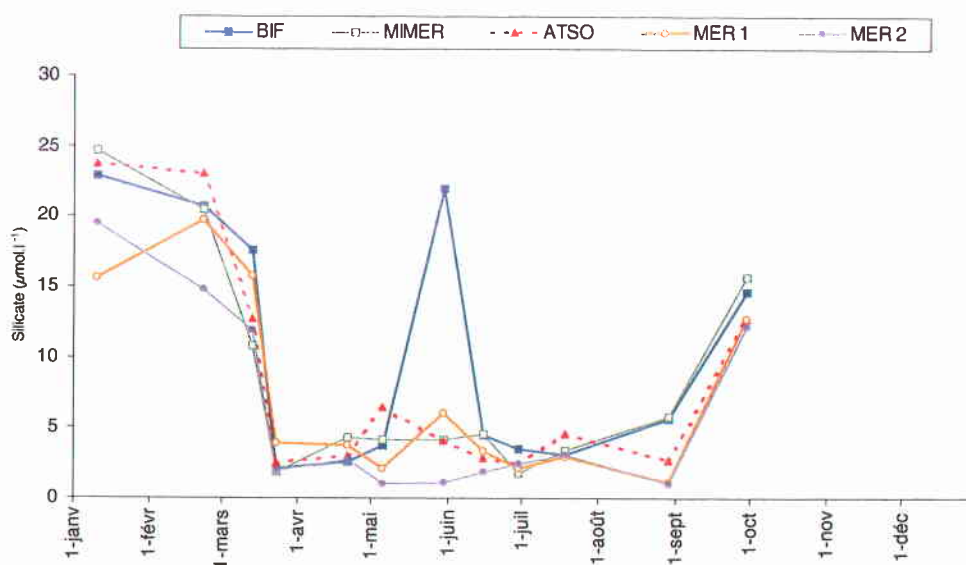


Figure 3. 12 : Evolution temporelle des concentrations en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) sur la radiale de la Baie de Somme

3. Phytoplankton

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.

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 d'une part, et est favorisé par les apports fluviaux d'autre part. A la fin de l'hiver, l'abondance des sels nutritifs, l'allongement des jours en terme d'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 aussi 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 phytoplanctoniques et à la densité spécifique de la communauté phytoplanctonique grâce à l'utilisation de deux indices écologiques.

3.2. Indices écologiques calculés par point et par espèce

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. Certaines espèces peuvent présenter un indice similaire pour éviter d'introduire par la méthode de calcul un biais dans le classement. 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 appelées espèces *accompagnatrices* du site.
- Les espèces dont l'indice de SANDERS est égal à 0 sont dites *accessoires* du site.

Dans les tableaux de résultats (Tableaux 2.1., 2.2. et 2.3.), les espèces *préférantes* sont surlignés en orange, les espèces *accompagnatrices* en jaune.

3.2.2. Application de l'indice de SANDERS.

Le tableau 2.1 réunit les principales espèces rencontrées sur la radiale de Dunkerque. Pour chaque station nous avons attribué à chacune des espèces la somme des indices de Sanders au cours de l'année 2000. D'après la classification biocénotique des espèces, les dix premières de ce tableau sont dites "espèces préférantes" du site et les dix suivantes "espèces accompagnatrices" du site. A la côte, les espèces *Melosira* (PARAMAR) et *Nitschia* (PSNZ) sont dominantes avec un indice de Sanders de 27. Dans la zone intermédiaire, c'est l'espèce *Asterionella glacialis* (ASTEGLA) qui est dominante avec un indice de 33. Et au large, c'est l'espèce *Melosira sulcata* (PARAMAR) qui est dominante avec un indice de 46. Les taxons "préférants" du site sont : *Chaetoceros* sp. (CHAE), *Cerataulina* sp. (CERA), *Asterionella glacialis* (ASTEGLA), *Eucampia* sp. (EUCP), *Guinardia* sp. (GUIN), *Chaetoceros curvicutus* (CHAECUR), *Gymnodinium* sp. (GYMN), classe de Diatomées non déterminées (CLDIATO), *Lauderia* sp. + *Schroederella* sp. (LAUD), *Leptocylindrus* sp. (LEPT).

Tableau 2- 1 : Indice de Sanders des taxons dénombrés sur la radiale de Dunkerque

DUNKERQUE							
Station 1		Station 3		Station 4		TOTAL	
Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders
PARAMAR	27	ASTEGLA	33	PARAMAR	46	CHAE	77
PSNZ	27	RHZSTO	28	THAANIT	28	CERA	74
NAVI	23	THAANIT	28	CHAE	23	ASTEGLA	55
NITZLON	23	NITZLON	27	RHZSTO	23	EUCP	53
RHZSTO	23	NAVI	26	RHZDEL	18	GUIN	51
SKELCOS	20	PARAMAR	24	SKELCOS	17	CHAEUR	49
EUCP	19	GUIN	20	GUIN	16	GYMN	47
GUIN	19	CLDIATO	19	LEPT	16	CLDIATO	43
THAANIT	18	PSNZ	16	NITZLON	14	LAUD	42
CHAE	17	RHAP	16	RHAP	14	LEPT	41
RHZDEL	17	RHZMB	15	STAUMEM	14	DITY	39
ASTEGLA	16	SKELCOS	15	RHZMB	13	NAVI	38
LAUD	16	RHZSET	12	NAVI	11	NITZLON	36
RHAP	16	STAUMEM	12	PSNZ	10	NOCTSCI	34
RHZMB	14	CERA	10	RHZ	10	AMPD	33
GYMN	13	CHAEUR	10	RHZSET	9	ODONRHO	30
ODONREG	12	THALROT	10	ODONRHO	8	CERIFUR	28
LEPT	10	ORPERID	9	PSNZSER	8	GYRO	28
PHAE	10	PORO	9	THAL	8	PARAMAR	25
RHZSET	10	EUCP	8	EUCP	7	CHAEAN	24
THALROT	10	RHZDEL	8	GYRO	7	KATO	24
THALNOR	9	AMPD	7	ODONSIN	7	CHAESOC	23
CLDIATO	8	CHAE	7	RGPROTI	7	PSNZ	23
DITY	8	LAUD	7	NOCTSCI	6	ODONREG	22
RHZFRA	7	LEPT	7	PHAE	6	PSNZSER	20
PLAG	6	PSNZSER	7	PLESGYR	6	CLEUGLE	19
PSNZSER	6	RGPROTI	6	CHAESOC	5	ORPERID	19
SCEN	6	CLEUGLE	5	CERIFUR	4	RHAP	19
ODONRHO	5	GYMN	5	GYMN	4	PHAE	18
PRORMIC	5	THALLEV	5	CERA	3	LICM	17
THALLEV	5	GYRO	4	KATO	3	PRORMIC	17
CHAEUR	4	KATO	4	STRE	3	RHZDEL	17
THAL	4	NOCTSCI	4	LAUD	1	COSC	16
ORPERID	3	PSNZDEL	4	PRORMIC	1	RHZMB	15
STAUMEM	2	ODONRHO	3			RHZSET	14
LICM	1	COSC	2			RHZSTO	13
NOCTSCI	1	DITY	2			RGPROTI	12
		CHAEAN	1			SKELCOS	11
		ODONREG	1			PLAG	10
						ODONSIN	9
						STAUMEM	9
						PLESGYR	8
						PORO	7
						THAANIT	7
						PSNZDEL	6
						RHZ	6
						RHZFRA	6
						SCEN	5
						THAL	4
						STRE	3
						THALLEV	3
						THALROT	2
						THALNOR	1

Le tableau 2.2 réunit les principales espèces rencontrées sur la radiale de Boulogne-sur-Mer. A la côte, l'espèce *Rhizosolenia imbricata* + *R. styliformis* (RHIZIMB) est dominante avec un indice de Sanders de 42. Dans la zone intermédiaire, c'est l'espèce *Rhizosolenia stolterfortii* (RHIZSTO) qui est dominante avec un indice de 38. Et au large, c'est l'espèce *Rhizosolenia delicatula* (RHIZDEL) qui est dominante avec un indice de 46. Les taxons "préférants" du site sont : *Bacillaria paxillifer* (BACIPAX), *Cerataulina sp.* (CERA), *Amphidinium sp.* (AMPD), *Chaetoceros sp.* (CHAE), *Alexandrium sp.* (ALEX), *Chaetoceros curvicutum* + *C. debile* (CHAECUR), Cryptophycées non déterminées (CLCRYPT), *Dictyocha sp.* (DICT), *Diploneis sp.* (DIPL), *Ditylum sp.* (DITY).

Tableau 2- 2: Indice de Sanders des taxons dénombrés sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

BOULOGNE SUR MER							
Station 1		Station 2		Station 3		TOTAL	
Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders
RHIZIMB	42	RHIZSTO	38	RHIZDEL	49	BACIPAX	114
PARAMAR	38	RHIZDEL	37	PARAMAR	44	CERA	96
RHIZDEL	34	PARAMAR	36	RHIZSTO	37	AMPD	87
GYRO	33	RHIZIMB	25	GYMN	36	CHAE	83
RHIZSTO	30	STAUMEM	25	GYRO	26	ALEX	80
RHAP	23	NAVI	22	THAANIT	25	CHAECUR	71
THAANIT	22	ORPERID	21	THAL	25	CLCRYPT	63
DITY	20	DITY	19	RHIZIMB	23	DICT	56
NAVI	18	CHAE	17	CHAECUR	19	DIPL	49
RHIZSET	18	GYRO	17	NAVI	19	DITY	49
GYMN	16	CHAECUR	16	RHIZSET	19	EUCP	45
LAUD	16	RHIZSET	16	CHAE	18	GUIN	43
THAL	14	THAANIT	15	ORPERID	17	GYMN	39
CHAE	13	EUCP	12	LAUD	15	CLEUGLE	37
SKELCOS	13	RHAP	11	THALROT	15	GYRO	36
ORPERID	11	BACIPAX	10	DITY	14	ASTEGLA	34
LEPT	10	CLCRYPT	10	STAUMEM	10	LAUD	33
CERA	9	THALNOR	10	CERA	9	BIDDALT	30
CLCRYPT	9	CERA	9	PSNZSER	9	LEPT	28
STAUMEM	9	GYMN	9	CLCRYPT	8	CLDIATO	25
THALLEV	9	LAUD	9	DIPL	8	NAVI	25
RGPROTI	8	RHIZFRA	9	LEPT	8	ORPERID	24
RHIZFRA	8	THAL	9	SKELCOS	8	PARAMAR	23
AMPD	7	THALROT	9	EUCP	7	PSNZ	21
BIDDALT	7	ALEX	8	LICM	7	PSNZSER	21
CHAECUR	7	SKELCOS	8	AMPD	6	DIPO	19
PSNZ	7	CLEUGLE	7	DIPO	6	RHAP	19
PSNZSER	7	DICT	7	GUIN	6	RHIZDEL	19
DICT	6	PSNZ	7	PSNZ	6	CHAEDEC	18
EUCP	6	PSNZSER	6	DICT	5	CHAESOC	18
ODONMOB	6	DIPL	5	RHAP	5	RHIZFRA	18
PLESGYR	6	GUIN	4	PRORMIC	4	RHIZIMB	18
ALEX	5	PHAE	2	CLDIATO	2	RHIZSET	16
CHAEDEC	5	LEPT	1	BACIPAX	1	RHIZSTO	16
CHAESOC	5			MESORUB	1	PHAE	15
PSNZDEL	5			RHIZFRA	1	SKELCOS	14
TORO	5					PRORMIC	13

Tableau 2- 2 (suite) : Indice de Sanders des taxons dénombrés sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

BOULOGNE SUR MER							
Station 1		Station 2		Station 3		TOTAL	
Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders	Abréviation du taxon	Indice de Sanders
ASTEGLA	4					STAUMEM	11
ODONREG	4					GYROSPI	9
ODONRHO	4					KATO	9
PHAE	4					LICM	9
PROI	4					MESORUB	9
PRORMC	4					THAANIT	9
THALROT	4					THAL	8
BACIPAX	3					NTZLON	7
DIFL	3					ODONMOB	7
GUIN	3					ODONREG	7
GYROSPI	3					ODONRHO	7
KATO	3					PLESGYR	6
NTZLON	2					PROI	5
CLEUGLE	1					PSNZDEL	5
						RGPROTI	4
						THALROT	4
						THALLEV	3
						THALNOR	2
						TORO	1

Le tableau 2.3 réunit les principales espèces rencontrées sur la radiale de la Baie de Somme. A la côte, l'espèce *Biddulphia* (= *Ondotella*) *regia* (ODONREG) est dominante avec un indice de Sanders de 85. Dans les zones intermédiaires Atso et Mer 1, c'est l'espèce *Thalassionema nitzschioides* (THAANIT) qui est dominante avec un indice de 52 pour la station Atso et un indice de 47 pour la station Mer 1. Et au large, c'est l'espèce *Rhizosolenia stolterfortii* (RHIZSTO) qui est dominante avec un indice de 53. Les taxons "préférants" du site sont : *Asterionella formosa* (ASTEFOR), *Asterionella glacialis* (= *japonica*) (ASTEGLA), *Cerataulina sp.* (CERA), *Chaetoceros sp.* (CHAE), *Chaetoceros sociale* (CHAESOC), *Ditylum sp.* (DITY), *Eucampia sp.* (EUCP), *Guinardia sp.* (GUIN), *Lauderia sp.* + *Schroederella sp.* (LAUD), *Leptocylindrus sp.* (LEPT).

3.2.3. 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 ; dans le cas le plus courant on dénombre 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 S 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 fortement le peuplement.

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.

3.2.4. Application de l'indice de SHANNON

Sur la radiale de Dunkerque, les indices de Shannon au cours de l'année 2000 sont compris entre 0,4 et 3,3 (Figure 4.1).

Les variations, en terme de niveaux minimum et maximum atteint, ne sont pas comparables entre les stations.

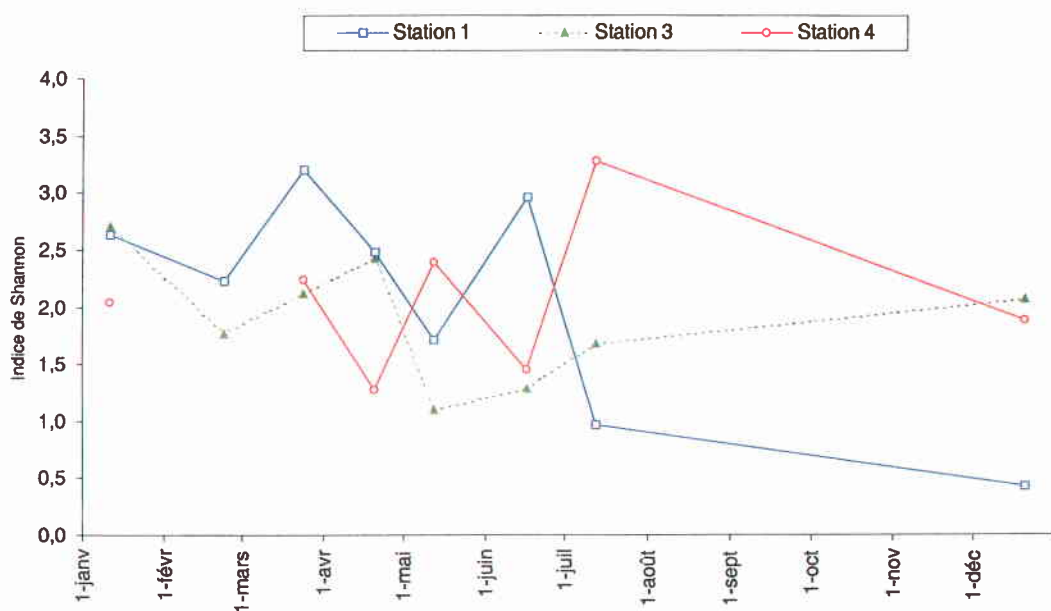


Figure 4.1 : Evolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Dunkerque

Pour les trois stations de la radiale de Boulogne-sur-Mer, les indices de Shannon augmentent de janvier à début mars de 2,1 à 3,4 à la station côtière (station 1), de 1,9 à 3,0 à la station du large (station 4) (Figure 4.2). Ensuite, les indices des trois stations chutent brutalement jusque fin avril et atteignent : 1,4 à la station 1, 2,5 à la station 2 et 0,7 à la station 3 (Figure 4.2). A partir d'avril, l'eau se réchauffe et permet à quelques espèces de se développer. L'aspect transitoire de cette période est traduit par un indice de Shannon plus faible. A partir des mois de mai et juin, le nombre d'espèces croît, la population estivale est plus stable et a tendance à s'installer. Les espèces sont donc plus nombreuses, les fréquences relatives diminuent, donc l'indice de diversité est élevé.

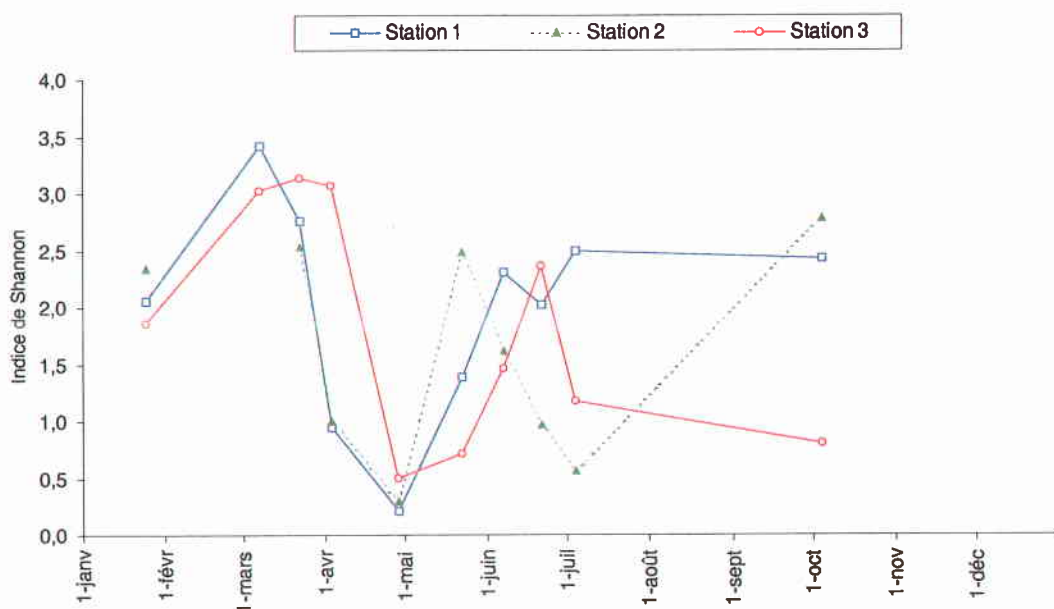


Figure 4.2 : Evolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de Boulogne-sur-Mer

En baie de Somme, de janvier à fin avril, l'indice diminue de 2,1 à 0,3 à la station Bif (station côtière), de 2,1 à 0,1 à la station Atso, de 2,2 à 0,1 à la station Mer 1 et de 2,6 à 0,1 à la station Mer 2 (Figure 4.3). Ensuite, les indices augmentent jusque mi-juin et atteignent 3,0 à la station Bif, 2,8 à la station Atso, 2,4 à la station Mer 1 et 2,0 à la station Mer 2 (Figure 4.3). Pendant l'été, les températures sont maximales, ce qui entraîne une sélection entre les espèces sténothermes et les espèces eurythermes. Les indices de Shannon à la station Bif augmente fin août jusqu'à 2,3, alors que les autres indices ont tendance à diminuer jusqu'à 1,9 à la station Atso, jusqu'à 1,5 à la station Mer 1 et jusqu'à 1,5 à la station Mer 2 (Figure 4.3). Jusque fin septembre, l'indice à la station Bif diminue à 1,8, alors que qu'il augmente jusqu'à 2,3 à la station Atso, jusqu'à 3,3 à la station Mer 1 et jusqu'à 3,1 à la station Mer 2 (Figure 4.3).

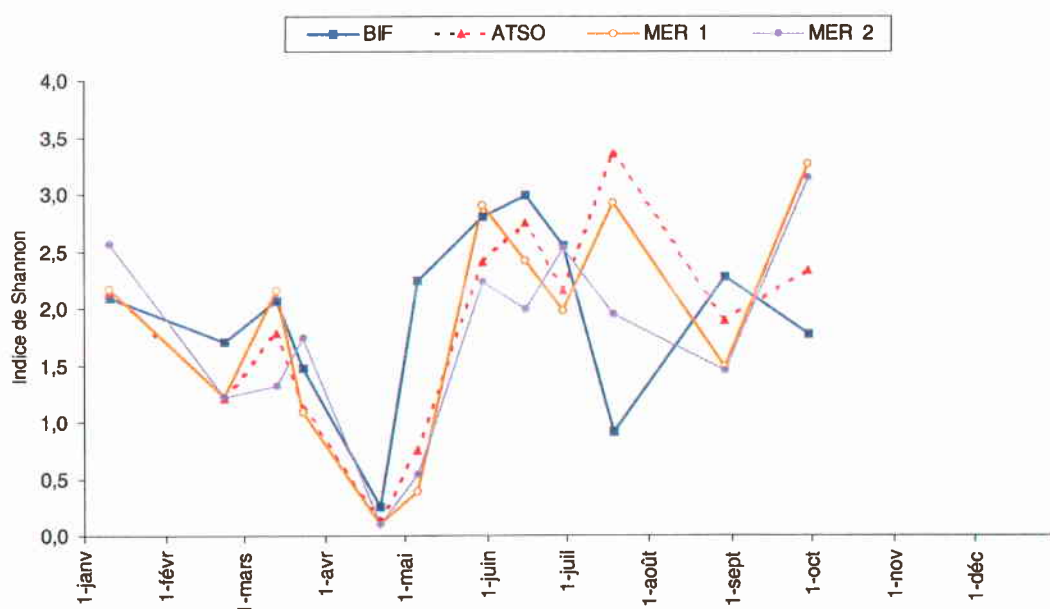


Figure 4.3 : Evolution temporelle de l'indice de Shannon sur la radiale de la Baie de Somme

4. Discussion

4.1. Comparaison intra-radiale

4.1.1. Dunkerque

4.1.1.1. Température et salinité

Les températures pour la radiale de Dunkerque sont comprises entre 7,1 et 19,7 °C toutes stations confondues. Leur schéma d'évolution est typique d'un système tempéré.

Par rapport à l'année précédente, les températures minimales sont plus élevées, elles passent de 5,9 °C pour l'année 1999 à 7,1 °C pour l'année 2000. Les températures maximales sont quasiment identiques (19,5 °C pour 1999 et 19,7 °C pour 2000).

Le cycle d'évolution de la température sur la radiale de Dunkerque est ainsi tout à fait comparable entre les années 1999 et 2000. Il n'existe pas de décalage pour les périodes de minima et maxima et les niveaux atteints sont du même ordre de grandeur. Toutefois, si l'on compare ces résultats avec ceux du Réseau National d'Observation (RNO) de l'IFREMER et de la campagne Hydrobios 1 (Anonyme, 1986) qui permet de dresser un bilan de 1975 à 1984, il apparaît une augmentation globale des températures minimales et maximales entre ces deux périodes d'étude (jusqu'à + 2,1 et + 0,7 °C, respectivement).

Les valeurs de salinité, sont comprises entre 33,23 et 34,72 P.S.U. pour toutes les stations sur l'année 2000.

Il n'y a pratiquement pas de différence de valeur de salinité entre l'année 1999 et cette année.

Ces résultats sont caractéristiques d'une zone côtière de faible profondeur où la marée (régime mégatidal) conditionne le brassage des masses d'eau et entraîne une homogénéité verticale et horizontale. Ils sont également révélateurs de faibles apports d'eaux douces d'origine continentale, malgré l'importance de la rivière Aa et du réseau de watergangs sur la façade nord.

4.1.1.2. Turbidité, matières en suspension et matière organique

Les valeurs de turbidité sur l'année 2000, sont très variables, elles varient de 1,0 à 18,7 N.T.U. pour les 3 stations (elles variaient de 1,4 à 29,0 N.T.U. en 1999).

Les matières en suspension présentent une gamme de valeurs comprises entre 2,9 (station 4) et 24,8 mg.l⁻¹. En 1999, le minimum atteint était de 1,4 mg.l⁻¹ et le maximum était de 30,3 mg.l⁻¹. La turbidité et les matières en suspension sont le reflet de la charge en particules des masses d'eaux. Les valeurs observées sur le site de Dunkerque sont essentiellement liées à des remises en suspension de matériel particulaire marin, mais aussi peut être d'origine atmosphérique ou issu des dragages

très important dans la région. Le port de Dunkerque ne reçoit pratiquement aucun apport tellurique identifié (Anonyme, 1986).

La différence entre les plus faibles valeurs hivernales et les plus fortes valeurs estivales du pourcentage de matière organique dans les matières en suspension est lié à l'évolution saisonnière de la biomasse de l'ensemble des êtres vivants (biomasse importante d'où une décomposition accrue en période estivale).

4.1.1.3. Nutriments

Les concentrations en ammonium pour l'année 2000 sont relativement stables et comprises entre 1,0 et 5,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Il n'existe pas d'évolution intra-annuel marquée. Comparativement à l'année dernière, les valeurs des concentrations en ammonium sont plus faibles pour les minimales et plus élevées pour les maximales que cette année et sont comprises entre 0,66 et 11,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

Les concentrations en nitrite, nitrate, phosphate et silicate ont un cycle saisonnier marqué avec des valeurs plus importantes en période hivernale qu'en période estivale. Les différences de concentration côte-large sont comprises entre 0,02 et 0,30 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le nitrite, entre 0,3 et 8,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le nitrate, entre 0,1 et 0,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le phosphate et entre 0,0 et 6,20 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le silicate.

4.1.1.4. Chlorophylle a, phéopigments et phytoplancton

Les concentrations en chlorophylle *a* sur la radiale de Dunkerque présentent un minimum de 0,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en janvier puis un maximum de 36,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ fin avril. En 1999, les concentrations étaient comparables, comprises entre 0,3 et 32,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Avant le premier pic de chlorophylle *a*, il y a présence d'un important pourcentage de Prymnesiophycées : *Phaeocystis* (PHAE) à 23,1 %.

Pendant le pic, il y a également un important pourcentage de Prymnesiophycées : *Phaeocystis* (PHAE) à 38,4 %.

Après ce pic, il n'y a plus de Prymnesiophycées : *Phaeocystis* sp. (PHAE). L'espèce la plus abondante est alors *Rhizosolenia stolterforthii* (RHIZSTO) qui représente 36,6 % de la population phytoplanctonique.

4.1.2. Boulogne-sur-Mer

4.1.2.1. Température et salinité

Les températures pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sont comprises entre 6,0 et 18,3 °C toutes stations confondues. Les températures chute brutalement à la fin du mois d'avril alors que globalement elles augmentent progressivement de janvier à juillet pour se stabiliser jusqu'en octobre.

Par rapport à l'année précédente, les températures minimales sont moins élevées, elles passent de 6,7 °C pour l'année 1999 à 6,0 °C pour l'année 2000. Pour les températures maximales, la différence est de - 3,1 °C par rapport à 1999.

Les valeurs de salinité, sont comprises entre 31,8 et 34,4 P.S.U. toutes stations confondues pour l'année 2000.

Entre l'année dernière et cette année, il n'y a pratiquement pas de différence entre les valeurs de salinité : différence de 0,9 P.S.U. pour les minimales. Les valeurs maximales sont du même ordre de grandeur.

4.1.2.2. Turbidité, matières en suspension et matière organique

Les valeurs de turbidité sur l'année 2000, sont comprises entre 0,6 et 7,3 N.T.U. pour les 3 stations, sauf au mois de janvier pour la station 1, où la turbidité est de 30,0 N.T.U.. Cette valeur est liée à un brassage important des masses d'eau côtière en raison de vents forts de secteur nord - nord ouest.

En comparaison avec l'année précédente, les valeurs minimales de turbidité sont pratiquement identiques : 0,4 N.T.U. pour 1999, et 0,6 N.T.U. pour 2000, et pour les valeurs maximales, elles étaient moins élevées (13,2 N.T.U. pour 1999 et 30,0 N.T.U. pour 2000).

Les matières en suspension présentent une gamme de valeurs comprises entre 0,6 et 12,0 mg.l⁻¹, sauf également au mois de janvier où les matières en suspension sont égales à 42,6 mg.l⁻¹.

En 1999, le minimum atteint était de 0,1 mg.l⁻¹ et le maximum était de 19,3 mg.l⁻¹. Alors que cette année, le minimum atteint est de 0,6 mg.l⁻¹ et le maximum atteint est de 12,0 mg.l⁻¹.

Il existe un cycle saisonnier des teneurs en matière organique, avec un minimum en période hivernale et des valeurs plus importantes en période estivale, corrélé avec le cycle biologique.

4.1.2.3. Nutriments

Les concentrations en ammonium pour l'année 2000 sont relativement stables et comprises entre 0,4 et 4,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Il n'existe pas de cycle saisonnier marqué. Ces valeurs sont moins élevées qu'en 1999 où elles étaient comprises entre 0,15 et 3,39 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

Les concentrations en nitrite, nitrate, phosphate et silicate ont un cycle saisonnier marqué avec des valeurs plus importantes en période hivernale qu'en période estivale. La concentration maximale en nitrate est relevée fin mars à la station côtière de Boulogne-sur-Mer (26,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$)

Les différences côte-large peuvent atteindre 0,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, 7,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, 1,0 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et 5,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour les nitrites, les nitrates, les phosphates et les silicates, respectivement.

4.1.2.4. Chlorophylle *a*, phéopigments et phytoplancton

Les concentrations en chlorophylle *a* présentent un minimum de 0,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ début mars et un maximum de 27,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ fin juin. Alors qu'en 1999, les concentrations étaient comprises entre 0,5 et 17,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Juste avant ce pic, il y a présence de Diatomées : *Rhizosolenia delicatula* (RHIZDEL) à 35,5 %.

Pendant le pic, il y a un important pourcentage de Diatomées : *Cerataulina sp.* (CERA) à 55,9 %.

Après ce pic, il y a un important pourcentage de Diatomées : *Rhizosolenia stolterforthii* (RHIZSTO) à 52,9 %.

4.1.3. Baie de Somme

4.1.3.1. Température et salinité

Les températures pour la radiale de la Baie de Somme sont comprises entre 7,5 et 20,0 °C toutes stations confondues. Les températures augmentent progressivement jusque fin août où elles atteignent leur valeur maximale, pour ensuite diminuer et atteindre les bas niveaux hivernaux.

Par rapport à l'année précédente, les températures minimales sont moins élevées, elles passent de 7,0 °C pour l'année 1999 à 7,5 °C pour l'année 2000. Pour les températures maximales, une différence de + 1 °C est observée entre 1999 et 2000.

Les valeurs de salinité, sont comprises entre 18,70 et 33,70 P.S.U. pour toutes les stations sur l'année 2000.

Par rapport à l'année dernière, les valeurs de salinité sont plus faibles. Pour les valeurs minimales : 30,60 P.S.U. en 1999 contre 18,70 P.S.U. en 2000, et pour les valeurs maximales, 34,20 P.S.U. en 1999 contre 33,70 P.S.U. en 2000.

4.1.3.2. Turbidité, matières en suspension et matière organique

Les valeurs de turbidité sur l'année 2000, sont comprises entre 1,5 et 35,0 N.T.U. pour les 3 stations, sauf au mois de février pour les stations Bif et Mimer, où elles sont respectivement de 60,0 et de 30,0 N.T.U. et au mois de septembre pour la station Bif, où elle est de 75,0 N.T.U..

En comparaison avec l'année précédente, les valeurs minimales et maximales de turbidité sont comparables.

Les matières en suspension présentent une gamme de valeurs comprises entre 1,5 et 70,4 mg.l⁻¹, sauf au mois de février pour les stations Bif et Mimer, au mois de septembre pour la station Bif où les matières en suspension sont respectivement égales à 101,7, 145,8 et 99,9 mg.l⁻¹. En 1999, le minimum atteint était de 3,9 mg.l⁻¹ et le maximum était de 55,9 mg.l⁻¹, sauf au mois de mars avec un pic à 107,8 mg.l⁻¹.

L'évolution de la teneur en matière organique présente un cycle saisonnier lié au cycle biologique.

4.1.3.3. Nutriments

Les concentrations en ammonium pour l'année 2000 sont relativement stables et peuvent atteindre 11,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Il n'existe pas de cycle saisonnier marqué.

Comparativement à l'année dernière, les valeurs des concentrations en ammonium, sont moins élevées (maximum en décembre 1999 à la station MIMER : 24,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$).

Les concentrations en nitrite ne présentent pas de cycle saisonnier. Par contre les concentrations en nitrate, phosphate et silicate ont un cycle saisonnier marqué avec de fortes valeurs en période hivernale.

Les différences de concentrations côte-large sont comprises entre 0,04 et 3,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le nitrite, entre 0,9 et 19,44 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le nitrate sauf le 30 mai où la différence côte-large est de 100 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Pour les concentrations en phosphate, les différences côte-large sont comprises entre 0,0 et 0,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et entre 0,0 et 5,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour les concentrations en silicate sauf également le 30 mai où la différence côte-large atteint de 20,9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

4.1.3.4. Chlorophylle *a*, phéopigments et phytoplancton

Les concentrations en chlorophylle *a* sur la radiale de la baie de Somme présentent un minimum de 2,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ début janvier et un maximum de 61,9 $\mu\text{g.l}^{-1}$ fin mars à la station Bif. La station de référence est Atso et les concentrations en chlorophylle *a* sont comprises entre 2,1 et 42,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Alors qu'en 1999, les concentrations de la station Atso étaient comprises entre 2,1 et 29,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Juste avant ce pic, il y a présence de Diatomées : *Skeletonema costatum* (SKELCOS) à 66,70 %.

Pendant le pic, il y a un important pourcentage de Prymnesiophycées : *Phaeocystis* sp. (PHAE) à 84,90 %.

Après ce pic, il y a un important pourcentage de Prymnesiophycées : *Phaeocystis* sp. (PHAE) à 98,73 %.

4.2. Comparaison inter-radiale

4.2.1. Température et salinité

Le schéma d'évolution de la température est tout à fait comparable entre les trois radiales. Les minimum hivernaux sont observés en janvier ou en février et sont de l'ordre de 7,0 à 8,0 °C. Les maximum estivaux sont observés fin août et sont de l'ordre de 19,0 à 20,0 °C.

Les variations de salinité observées pour chaque radiale sont caractéristiques de chaque système : les plus faibles valeurs (globalement entre 28,5 et 33,5 P.S.U.) et la grande variabilité de la salinité en Baie de Somme sont caractéristiques de ce système estuarien ; la gamme de valeurs observée pour les radiales de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque (entre 32 et 35 P.S.U.) est caractéristique d'un écosystème côtier. La plus grande variabilité observée au niveau de la radiale de Boulogne-sur-Mer est liée aux apports d'eaux douces par la Liane.

4.2.2. Turbidité, matières en suspension et matière organique

Les valeurs de turbidité et des matières en suspension les plus élevées sont enregistrées en baie de Somme. La grande variabilité observée est liée au cycle morte-eau / vive-eau ainsi qu'aux conditions météorologiques (précipitations) accentuant les effets de la rivière Somme en zone côtière. Les sites de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque présentent une moindre charge en particules. Les effets liés à la marée et aux conditions météorologiques sont moins marqués et vont être catalysés par les caractéristiques propres de ces sites : influence de la Liane à Boulogne-sur-Mer et faible profondeur à Dunkerque.

En ce qui concerne la teneur en matière organique dans les matières en suspension, les cycles saisonniers mis en évidence (faibles niveaux hivernaux, hauts niveaux estivaux) sont corrélés au cycle biologique : les plus fortes biomasses estivales d'organismes contribuent par leur métabolisme ou leur catabolisme aux apports de matière organique.

Pour ces trois paramètres, un gradient décroissant de la côte vers le large est généralement observé pour chaque site.

4.2.3. Nutriments

Les concentrations en nitrate, phosphate et silicate présentent généralement un cycle saisonnier avec des valeurs plus élevées en hiver et moins élevées en été. En début d'année, les concentrations sont élevées et plus ou moins stable pendant l'hiver (période de forte concentration), puis à la fin de l'hiver, les concentrations diminuent (période de début d'épuisement des sels nutritifs) jusqu'au début du printemps (période d'épuisement des sels nutritifs). Les concentrations sont minimales et restent relativement stables pendant l'été. Elles augmentent afin de revenir à des concentrations comparables à celles du début d'année dès le début de l'automne (période de début de reconstitution du stock).

L'évolution des concentrations en nitrite n'est pas aussi marqué que pour les autres éléments nutritifs en raison de leur temps de présence très bref dans le milieu marin (réactivité importante). Les concentrations sont plus élevées en Baie de Somme (en moyenne $0,53 \mu\text{mol.l}^{-1}$), et à Dunkerque (en moyenne $0,10 \mu\text{mol.l}^{-1}$) qu'à Boulogne (en moyenne $0,01 \mu\text{mol.l}^{-1}$).

Les maxima de concentration en nitrate sont comparables avec ceux de 1999 : pour Dunkerque, on observe une diminution : de $37,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 1999 à $24,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 2000. Pour Boulogne-sur-Mer, les concentrations maximales sont pratiquement identiques : $23,4 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 1999 et $24,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 2000. Pour la Baie de Somme, elles sont de $32,0 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en 1999 et $55,9 \mu\text{mol.l}^{-1}$ avec un pic à $108,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

L'évolution des concentrations en phosphate est comparable à celles du nitrate pour les trois radiales.

Le silicate est utilisé par les diatomées pour l'édification de leur thèque siliceuse. Les variations de concentration correspondent bien aux variations de dominance des espèces phytoplanctoniques. Pour toutes les radiales, le cycle annuel est bien marqué avec des teneurs maximales en hiver et minimales en été. La valeur maximale est relevée en baie de Somme ($24,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$).

4.2.4. Chlorophylle *a*, phéopigments et phytoplancton

L'évolution temporelle de la concentration en chlorophylle *a* est corrélée à l'évolution de la biomasse phytoplanctonique. Les pics de concentration sont le reflet de processus de prolifération cellulaire (bloom) qui ont lieu au printemps. La succession phytoplanctonique : dominance des Diatomées puis prolifération de la Prymnésiophycées *Phaeocystis sp.* en rapport avec l'évolution des concentrations en nutriments disponibles dans le milieu marin.

Les teneurs en chlorophylle *a* sont beaucoup plus importantes en Baie de Somme où elles atteignent un maximum de $61,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ à la station Bif à la fin du mois de mars, contre un maximum de $36,3 \mu\text{g.l}^{-1}$ le 20 avril à la station côtière de Dunkerque et contre un maximum de $16,3 \mu\text{g.l}^{-1}$ le 3 avril à la station côtière de Boulogne-sur-Mer.

Si l'on ne considère que les espèces préférantes, certaines sont spécifiques de la radiale de Dunkerque : *Gymnodinium sp.* (GYMN), Diatomées non déterminées (CLDIATO), d'autres de la radiale de Boulogne-sur-Mer : *Bacillaria paxillifer* = *B. paradoxa* (BACIPAX), *Amphidinium sp.* (AMPD), Cryptophycées non déterminées (CLCRYPT), *Dictyocha sp.* (DICT), *Diploneis sp.* (DIPL), *Ditylum sp.* (DITY) et d'autres enfin de la radiale de la Baie de Somme : *Asterionella formosa* (ASTEFOR), *Chaetoceros sociale* + *C. radians* (CHAESOC).

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Les résultats de cette neuvième année de fonctionnement du Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord - Pas de Calais / Picardie confirment les résultats obtenus lors des précédents suivis :

Un gradient côte large, plus ou moins net selon les radiales et les paramètres, existe, qu'il soit croissant ou décroissant.

L'évolution saisonnière est bien marquée pour la plupart des nutriments. Ils passent par des maxima en hiver et des minima en été.

Le phytoplancton, la chlorophylle *a*, les phéopigments et les nutriments sont des paramètres dont l'évolution est très corrélées : Les blooms occasionnent une augmentation de la concentration en chlorophylle *a* et en phéopigments et une consommation des nutriments.

Les apports de nutriment par les fleuves côtiers sont non négligeables (surtout pour les nitrates qui sont reconnus comme provenant du lessivage des terres agricoles : Annexe 4). Ces fleuves influent aussi sur la salinité et la turbidité des stations côtières.

Enfin, les épisodes pluvieux ont une influence sur les flux de nutriments (Annexe 5).

Afin de mieux appréhender l'évolution de la qualité du littoral Nord - Pas de Calais / Picardie, il sera intéressant de dépasser les approches spatiale et temporelle à l'échelle annuelle pour considérer l'ensemble des données acquises sur les trois sites depuis 1992. Il sera alors possible de dégager des patrons d'évolution des différents paramètres sous forme de bilans mensuel ou annuel. Le traitement d'une telle série temporelle devrait permettre de dégager des modifications dans les schémas d'évolution des systèmes, de dégager des tendances, d'estimer la qualité du milieu marin (en comparaison avec d'autres sites) et éventuellement d'effectuer des prévisions à court terme. Ce bilan devrait également permettre d'améliorer la connaissance des processus biologiques et hydrodynamiques. Les données s'avèrent essentielles dans la validation des modèles qui sont développés à l'échelle de la Manche et de la partie sud de la Mer du Nord.

BIBLIOGRAPHIE

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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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

Annexe 1 : Calendrier des sorties et conditions
de prélèvements

Annexe 2 : Données brutes des analyses
physico – chimiques

Annexe 3 : Relation entre le suivi des nutriments
sur le littoral et les apports à la mer

Annexe 4 : Résultats de la pluviométrie
décadaire de l'année 2000

Annexe 1

Calendrier des sorties et conditions de prélèvements

Dunkerque

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation marée	Coef.
11/01/00	Point 1 Point 3 Point 4	15h10 14h30 14h00	PM : 15h36	PM - 26 mn PM - 1h06 PM - 1h36	72
23/02/00	Point 1 Point 3 Point 4	10h10 09h25 09h00	BM : 10h01	BM + 9 mn BM - 36 mn BM - 1h01	92
22/03/00	Point 1 Point 3 Point 4	18h00 17h35 17h15	PM : 14h16	PM + 3h44 PM + 3h19 PM + 2h59	100
20/04/00	Point 1 Point 3 Point 4	16h45 16h20 16h00	PM : 14h49	PM + 1h56 PM + 1h31 PM + 1h11	93
12/05/00	Point 1 Point 3 Point 4	09h10 08h45 09h35	PM : 08h45	PM + 25 mn PM + 00 mn PM + 50 mn	54
15/06/00	Point 1 Point 3 Point 4	16h10 15h30 15h05	BM : 19h48	BM - 3h38 BM - 4h18 BM - 4h43	73
22/08/00	Point 1 Point 3 Point 4	15h00 12h00 14h00	BM : 12h45 PM : 18h07	PM - 3h07 BM + 45 mn BM + 2h45	57
20/12/00	Point 1 Point 3 Point 4	08h30 09h00 09h25	PM : 08h26	PM + 4 mn PM + 34 mn PM + 59 mn	56

Boulogne-sur-Mer

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation marée	Coef.
24/01/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h30 15h15 14h50	PM : 14h11	PM +1h19 PM + 1h04 PM + 39 mn	98
07/03/00	Point 1 Point 2 Point 3	10h45 10h30 10h10	BM : 08h00	BM + 2h45 BM + 2h30 BM + 2h10	96
22/03/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h00 14h30 14h00	PM : 13h27	PM + 1h33 PM + 1h03 PM + 33 mn	100
03/04/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h30 15h00 14h30	PM : 12h16	PM + 3h14 PM + 2h44 PM + 2h14	84
28/04/00	Point 1 Point 2 Point 3	10h10 09h58 09h30	PM : 07h52	PM + 2h18 PM + 2h06 PM + 1h38	35
22/05/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h20 15h10 14h47	PM : 15h19	PM + 1 mn PM - 9 mn PM - 32 mn	68
07/06/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h40 15h20 15h00	PM : 16h43	PM - 1h03 PM - 1h23 PM - 1h43	76
21/06/00	Point 1 Point 2 Point 3	16h10 15h45 15h00	PM : 15h38	PM + 32 mn PM + 7 mn PM - 38 mn	65
04/07/00	Point 1 Point 2 Point 3	14h55 14h45 14h20	PM : 14h53	PM + 2 mn PM + 8 mn PM + 33 mn	100
04/10/00	Point 1 Point 2 Point 3	15h35 15h15 14h50	PM : 16h47	PM - 1h12 PM - 1h32 PM - 1h57	46

Baie de Somme

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation marée	Coef.
10/01/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	14h45	PM : 13h49	PM + 56 mn	76
22/02/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	13h35	PM : 13h40	PM - 5 mn	101
13/03/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	16h30	PM : 16h45	PM - 15 mn	54
23/03/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	14h00	PM : 13h50	PM + 10 mn	92
21/04/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	15h00	PM : 14h22	PM + 38 mn	87
05/05/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	14h16	PM : 13h31	PM + 45 mn	104
30/05/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	11h10	PM : 09h56	PM + 1h14	66

Baie de Somme (suite)

Date	Point de prélèvement	Heure de prélèvement	Horaire PM ou BM	Situation marée	Coef.
15/06/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	12h35	PM : 11h47	PM + 48 mn	73
29/06/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	10h50	PM : 10h13	PM + 37 mn	72
18/07/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	14h40	PM : 13h53	PM + 47 mn	76
29/08/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	13h05	PM : 12h35	PM + 30 mn	101
29/09/00	Bif Atso Mimer Mer 1 Mer2	13h45	PM : 13h40	PM + 5 mn	105

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

2000, Radiale de Dunkerque, station 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
11/01/00	7,7	33,88	11,1	16,0	3,1	1,4	1,5	4,9	0,47	18,6	0,8	11,3
23/02/00	7,1	33,76	18,7	23,2	5,0	4,0	1,3	3,3	0,47	24,1	0,8	8,6
22/03/00	8,3	34,42	10,2	14,0	3,2	14,1	1,5	3,1	0,29	7,9	0,2	1,3
20/04/00	8,4	33,69	6,2	19,3	5,3	36,3	2,1	2,3	0,08	1,0	0,0	1,9
12/05/00	11,7	34,31	2,3	3,3	1,8	3,6	0,3	2,8	0,08	<0,05	0,2	0,9
15/06/00	15,8	34,06	2,5	4,1	2,0	18,8	5,2	2,5	0,18	2,4	0,1	<0,05
22/08/00	19,5	34,24	3,1	15,6	3,8	11,8	0,7	1,9	0,09	1,1	<0,05	2,5
20/12/00	10,3	33,79	21,0	24,8	6,2	1,4	1,6	4,8	1,10	23,5	1,0	14,7

2000, Radiale de Dunkerque, station 3

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
11/01/00	7,6	34,50	4,4	7,8	1,9	1,4	0,6	3,6	0,45	12,3	0,7	6,1
23/02/00	7,2	34,14	11,6	11,5	2,6	3,1	0,5	2,9	0,38	20,3	0,8	6,5
22/03/00	8,6	34,72	4,7	5,7	1,7	9,5	0,9	2,5	0,19	7,7	0,2	1,1
20/04/00	9,4	33,82	4,4	7,0	3	25,6	2,8	2,7	0,05	0,5	<0,05	1,2
12/05/00	11,9	34,29	3,0	7,2	3,6	2,9	1,3	2,5	0,05	<0,05	0,2	0,9
15/06/00	14,6	34,25	1,0	1,9	1,1	11,8	1,0	1,0	0,05	1,7	<0,05	0,0
22/08/00	19,2	34,39	2,7	15,0	3,3	6,6	<0,05	3,9	0,11	1,1	<0,05	2,5
20/12/00	10,5	34,40	9,4	10,3	2,6	1,0	0,8	3,5	0,97	17,0	0,9	9,8

2000, Radiale de Dunkerque, station 4

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
11/01/00	7,6	34,61	3,4	4,4	0,9	0,3	<0,05	3,8	0,45	12,6	0,7	6,0
23/02/00	7,2	34,14	6,7	8,3	2,1	3,0	<0,05	1,8	0,18	22,5	1,1	6,5
22/03/00	8,5	34,64	1,7	2,9	1,2	5,5	0,5	2,9	0,20	10,5	0,3	1,5
20/04/00	9,5	33,23	3,8	5,5	3,3	24,1	0,6	2,3	<0,05	0,4	<0,05	1,3
12/05/00	12,5	34,00	3,0	5,6	2,8	10,4	1,1	5,8	0,20	2,2	0,4	1,5
15/06/00	14,2	34,42	1,2	2,9	1,4	9,1	1,4	3,7	0,10	2,7	0,2	<0,05
22/08/00	19,7	34,41	1,3	14,3	2,7	4,1	0,6	1,9	0,07	0,6	0,0	3,0
20/12/00	10,5	34,68	4,4	4,0	1,5	0,7	0,4	2,3	0,80	15,5	0,8	8,5

2000, 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
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
24/01/00	7,1	33,00	30,0	42,6	3,0	1,6	4,2	4,5	0,26	12,7	1,5	8,3
07/03/00	8,3	33,00	2,9	5,9	0,7	2,3	1,5	1,3	0,51	21,9	0,6	3,9
22/03/00	9,4	32,30	7,3	9,0	1,3	6,3	7,0	1,8	0,25	26,9	0,5	0,7
03/04/00	10,6	33,30	2,2	4,4	1,5	16,3	10,2	1,7	0,05	9,1	0,1	0,1
28/04/00	6,0	32,00	0,7	5,3	1,9	9,6	2,7	1,8	0,05	0,6	0,1	0,4
22/05/00	9,0	33,00	1,1	5,2	2,0	14,1	1,6	0,4	0,29	0,7	0,2	0,3
07/06/00	15,6	32,80	3,2	1,7	1,5	4,2	0,8	2,5	0,65	2,3	0,1	0,8
21/06/00	17,7	32,80	3,1	4,6	2,9	27,4	9,4	3,1	0,42	0,2	0,1	0,2
04/07/00	18,0	32,90	3,8	6,0	1,7	10,5	5,4	1,2	0,67	0,2	0,2	0,3
04/10/00	18,3	32,70	5,8	6,6	1,3	2,0	3,8		0,79	14,9	0,4	7,5

2000, 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
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
24/01/00	7,1	33,30	6,4	12,0	1,1	0,9	1,3	2,2	0,43	15,6	0,7	4,9
07/03/00	8,2	33,40	4,3	6,2	1,0	1,5	1,8	1,1	0,05	15,3	0,5	3,5
22/03/00	9,4	32,90	3,5	6,2	0,8	2,7	1,8	1,1	0,43	22,7	0,5	1,4
03/04/00	10,1	32,80	1,3	1,9	0,6	13,8	3,9	1,2	0,28	7,4	0,1	0,1
28/04/00	7,0	31,80	0,6	5,3	2,0	8,7	1,0	2,9	0,19	0,3	0,1	0,5
22/05/00	9,0	32,90	1,0	5,6	2,3	7,7	1,5	0,5	0,10	1,1	0,1	0,4
07/06/00	14,9	33,50	2,9	0,8	0,8	1,6	0,0	0,7	0,41	0,2	0,1	0,4
21/06/00	17,2	33,10	1,3	2,2	1,9	11,0	9,5	1,2	0,39	0,2	0,1	0,1
04/07/00	18,0	33,40	2,4	2,1	0,9	5,6	2,6	1,1	0,69	0,5	0,1	0,1
04/10/00	18,1	33,30	1,0	0,7	0,0	1,3	2,1		0,58	11,1	0,2	6,5

2000, 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
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
24/01/00	7,2	34,00	2,6	2,7	0,7	0,7	0,3	2,0	0,39	8,0	0,5	3,2
07/03/00	8,2	33,40	1,9	2,7	0,6	0,2	2,7	1,9	0,32	18,5	0,6	3,3
22/03/00	9,4	33,40	1,1	0,9	0,3	0,7	0,3	1,1	0,46	19,1	0,5	1,3
03/04/00	10,4	33,70	0,6	0,6	0,3	4,9	2,5	2,6	0,05	8,6	0,2	0,1
28/04/00	7,0	34,40	0,9	5,4	1,9	8,0	4,3	2,5	0,07	1,7	0,2	0,4
22/05/00	10,0	33,80	0,6	3,4	3,3	4,2	0,3	2,2	0,52	0,2	0,2	0,1
07/06/00	15,2	33,90	2,3	1,6	1,4	3,2	0,1	0,8	0,40	0,2	0,1	0,1
21/06/00	17,1	33,40	0,7	1,1	1,1	9,3	1,6	3,9	0,34	0,2	0,1	0,1
04/07/00	18,1	33,80	2,4	1,6	0,4	2,8	2,1	2,7	0,52	0,4	0,1	0,1
04/10/00	17,7	33,60	1,0	1,1	0,9	0,8	1,7		0,93	9,6	0,3	6,0

2000, Radiale de la Baie de Somme, station Bif

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
10/01/00	7,5	29,30	20,0	25,2	7,0	2,1	2,7	4,8	0,58	44,2	1,0	22,8
22/02/00	8,0	31,00	60,0	101,7	21,4	4,1	5,5	1,8	0,78	50,6	1,0	20,7
13/03/00	9,0	26,40	24,0	40,0	9,5	13,9	10,0	0,7	0,76	54,7	0,7	17,6
23/03/00	9,0	30,50	35,0	70,4	18,6	61,9	116,0	1,9	0,66	40,5	0,1	2,1
21/04/00	12,0	29,90	26,0	60,3	31,1	46,6	100,3	11,9	0,32	15,1	0,2	2,5
05/05/00	11,4	31,90	5,5	11,2	5,9	33,1	28,9	1,8	0,41	12,6	<0,05	3,7
30/05/00	13,5	18,70	22,0	53,1	26,1	128,2	351,8	4,5	3,86	108,5	<0,05	21,9
15/06/00	16,0	28,50	20,0	26,1	10,0	47,0	57,1	8,6	1,01	22,6	<0,05	4,4
29/06/00	19,0	31,00	5,0	12,9	6,9	12,4	53,4	0,1	0,3	6,9	<0,05	3,4
18/07/00	17,5	31,40	21,0	29,6	9,9	12,6	47,2	0,1	0,3	3,6	<0,05	3,1
29/08/00	20,0	31,60	20,0	31,9	12,0	14,1	30,2	0,7	0,39	8,7	<0,05	5,6
29/09/00	17,5	31,50	75,0	145,8	29,8	12,0	34,2	7,2	0,89	21,2	0,3	14,6

2000, Radiale de la Baie de Somme, station Atso

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
10/01/00	8,0	31,00	35,0	52,7	11,2	2,1	4,2	3,9	0,68	49,4	1,2	24,7
22/02/00	8,0	31,00	62,0	99,9	19,8	4,5	5,4	2,6	0,76	50,1	1,0	20,5
13/03/00	9,0	29,90	25,0	33,3	8,4	7,9	15,0	0,1	0,56	39,9	0,7	10,8
23/03/00	9,0	30,80	20,0	34,9	10,7	30,8	44,6	3,2	0,68	42,3	0,1	1,8
21/04/00	12,0	32,00	16,0	27,0	15,2	32,5	52,9	0,4	0,20	11,9	0,3	4,3
05/05/00	11,4	31,70	5,0	7,7	5,4	42,5	10,6	0,3	0,43	12,0	0,0	4,2
30/05/00	13,0	32,50	16,0	21,2	7,7	13,2	5,3	4,4	0,49	20,4	0,0	4,2
15/06/00	16,0	30,50	21,0	20,7	8,3	27,8	42,5	3,1	0,76	13,9	0,0	4,5
29/06/00	17,2	32,60	3,5	8,9	5,2	24,8	8,0	0,1	0,09	2,7	0,0	1,7
18/07/00	17,7	31,70	7,0	13,8	5,1	8,3	11,0	0,5	0,28	4,3	0,0	3,4
29/08/00	20,0	32,00	9,5	18,2	7,3	4,5	24,7	1,6	0,32	5,3	0,1	5,8
29/09/00	18,0	32,40	33,0	52,8	12,4	4,5	12,3	5,4	0,70	20,1	0,3	15,7

2000, Radiale de la Baie de Somme, station Mimer

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
10/01/00	8,0	31,50	15,0	17,3	5,8	1,6	2,5	4,4	0,68	47,4	1,0	23,7
22/02/00	8,0	30,70	20,0	18,6	6,5	1,1	4,3	2,5	0,81	50,4	1,1	23,0
13/03/00	9,5	30,70	15,0	15,0	5,1	2,8	6,9	0,4	0,60	45,2	0,8	12,7
23/03/00	9,0	31,40	4,4	10,0	5,1	9,0	23,9	2,6	0,64	46,3	0,2	2,4
21/04/00	11,0	32,20	10,0	10,6	7,6	22,0	40,1	0,8	0,18	8,4	0,2	3,0
05/05/00	11,2	31,20	4,5	6,6	4,6	28,6	10,0	0,1	0,45	14,8	<0,05	6,4
30/05/00	13,0	31,70	9,5	12,7	5,3	4,7	11,5	2,4	0,68	21,1	<0,05	4,1
15/06/00	16,0	32,00	4,1	9,2	5,3	18,2	44,2	2,6	0,55	7,8	<0,05	2,8
29/06/00	17,5	32,50	2,7	6,9	4,0	16,7	16,5	0,1	0,09	7,2	<0,05	2,4
18/07/00	17,7	32,40	3,3	6,5	3,4	5,8	4,9	0,6	0,18	6,7	<0,05	4,5
29/08/00	19,5	33,10	4,0	8,9	4,7	4,1	16,1	0,1	0,09	2,5	<0,05	2,6
29/09/00	18,0	32,80	15,0	18,5	5,4	0,9	4,8	4,4	0,37	15,0	0,4	12,7

2000, Radiale de la Baie de Somme, station Mer 1

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
10/01/00	8,0	31,50	6,4	9,1	3,8	0,9	1,7	3,5	0,45	33,8	1,0	15,6
22/02/00	8,0	31,60	14,0	9,5	4,8	6,0	0,8	2,0	0,78	55,9	0,9	19,7
13/03/00	9,5	30,50	3,6	5,4	2,8	8,5	3,4	0,5	0,55	47,7	0,8	15,8
23/03/00	9,0	31,90	2,2	6,1	3,9	5,3	18,0	1,5	0,58	44,4	0,2	3,9
21/04/00	11,0	32,80	3,0	9,2	7,6	18,8	32,9	1,1	0,12	7,7	0,2	3,7
05/05/00	11,2	32,50	3,2	5,8	4,1	22,4	36,6	0,1	0,28	11,7	0,1	2,1
30/05/00	13,0	31,70	9,5	12,5	5,2	3,2	14,0	0,1	0,68	22,4	<0,05	6,0
15/06/00	16,0	32,40	3,5	7,8	5,1	14,1	48,4	2,1	0,39	7,8	<0,05	3,3
29/06/00	17,5	33,10	2,0	5,0	3,8	11,5	16,6	0,1	0,07	3,3	<0,05	2,1
18/07/00	17,7	32,80	2,4	5,0	3,6	2,1	3,4	0,1	0,12	2,7	<0,05	2,9
29/08/00	19,5	33,50	2,3	5,1	3,5	5,6	6,1	0,1	0,05	1,0	<0,05	1,1
29/09/00	18,0	33,40	3,0	7,5	3,5	2,1	3,8	3,2	0,41	14,4	0,2	12,7

2000, Radiale de la Baie de Somme, station Mer 2

	Temp.	Sali.	Turb.	M.E.S.	M.E.S. Org.	Chloro. a	Phéo.	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiOH
	°C	P.S.U.	N.T.U.	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µg.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹	µmol.l ⁻¹
10/01/00	8,0	32,00	3,0	5,0	2,9	1,1	1,4	1,5	0,62	39,2	1,1	19,49
22/02/00	8,0	32,70	5,0	7,7	3,2	3,2	1,1	0,1	0,64	37,8	0,9	14,77
13/03/00	9,5	30,90	3,4	4,4	2,7	4,3	3,2	0,6	0,58	50,9	0,8	11,87
23/03/00	9,0	32,00	1,5	3,9	3,0	12,8	6,6	0,1	0,51	36,6	0,2	1,9
21/04/00	11,0	33,10	2,2	7,0	6,1	13,5	22,3	0,1	0,10	4,4	0,2	2,71
05/05/00	11,2	32,60	2,5	4,2	3,6	15,4	21,1	0,1	0,26	9,7	<0,05	0,99
30/05/00	12,5	33,00	2,8	6,0	3,7	13,0	15,5	0,1	0,22	8,5	<0,05	1,08
15/06/00	16,0	33,00	1,8	5,9	4,1	13,0	39,2	2,3	0,24	3,2	<0,05	1,81
29/06/00	18,0	32,40	2,7	6,5	4,2	9,2	13,7	0,1	0,07	1,8	<0,05	2,35
18/07/00	17,7	33,30	2,4	5,4	3,3	2,4	6,5	0,1	0,09	2,8	<0,05	3,08
29/08/00	19,5	33,70	2,3	5,5	3,4	3,6	11,3	0,1	0,05	1,8	<0,05	0,99
29/09/00	18,0	33,50	2,5	5,4	2,6	3,4	7,2	3,2	0,56	15,1	0,1	12,14

Annexe 3

Relation entre le suivi des nutriments sur le littoral et les apports à la mer

Le tableau ci-dessous récapitule les mesures mensuelles réalisées dans le cadre du Réseau National de Bassin (RNB) par l'Agence de l'Eau Artois Picardie (<http://www.eau-artois-picardie.fr/>) dans les rivières de ces bassins. Les paramètres considérés sont les matières en suspension totales (MEST), l'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-), les nitrates (NO_3^-), les phosphates (PO_4^{3-}) et le débit de la Liane (mesuré à Wirwignes) (Tableau I).

Ces données permettent d'appréhender les relations concentration-débit est de proposer un classement qui reflète l'origine et le comportement de ces éléments (Pourriot & Meybeck, 1995). D'après ces auteurs, quand le débit augmente, différents cas de figure peuvent se présenter :

- (i) On peut observer une baisse de la concentration. Il s'agit d'un effet de dilution. On rencontre cette relation pour la plupart des ions mais elle s'observe également à l'aval de rejets ponctuels (naturels ou anthropiques).
- (ii) On peut observer une augmentation de la concentration, ce qui caractérise surtout le lessivage des nutriments dans les sols agricoles ou un transport en suspension de l'élément considéré.
- (iii) On peut observer une relative constance des concentrations, plutôt typique des éléments apportés par les précipitations et des systèmes karstiques où les eaux souterraines dominant, quels que soient les débits.

Tableau I : Résultats des mesures du RNB sur la Liane dans le cadre du RNB

Station de Surface RNB : 092500 La Liane à Boulogne sur Mer						
Date	MEST(mg.l^{-1})	NH_4 ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	NO_2 ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	NO_3 ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	PO_4 ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)	Débit ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)*
20/01/2000	6.00	1.00	0.30	19.00	0.60	5.46
09/02/2000	45.00	0.85	0.23	11.00	0.80	3.99
03/03/2000	22.00	2.40	0.23	12.00	1.20	3.58
23/03/2000	5.00	0.97	0.36	16.00	0.60	2.95
18/04/2000	7.00	1.90	0.23	11.00	1.10	2.05
17/05/2000	22.00	2.60	0.48	13.00	1.20	1.27
14/06/2000	7.00	2.70	0.66	14.00	1.30	1.14
04/07/2000	28.00	3.80	0.81	12.00	2.20	0.86
22/08/2000	19.00	4.60	0.97	8.70	2.70	1.30
02/10/2000	10.00	3.30	0.65	9.70	2.00	3.25
28/11/2000	105.00	0.71	0.19	10.00	1.10	4.37

* : Débit de la Liane à Boulogne sur Mer = débit de référence à Wirwignes x coefficient (1,65)

(Source AEAP)

Ainsi, la relation concentration-débit calculée pour La Liane est globalement du type (i) pour l'ammonium, les nitrites, les phosphates. Elle est du type (iii) pour les nitrates.

La comparaison de ces résultats avec ceux acquis dans le cadre du SRN (Tableau II) permet de mettre en évidence que globalement, les concentrations des différentes formes azotés ainsi que des phosphates sont plus élevées dans la Liane que dans le milieu marin côtier, soulignant ainsi l'importance de la prise en compte des apports continentaux dans la dynamique des éléments nutritifs en milieu marin.

Tableau II : Rappel des résultats des mesures SRN à la station côtière de la radiale de Boulogne sur Mer (- : absence de résultats)

Date	Station côtière SRN :				
	MES (mg.l ⁻¹)	NH ₄ (μmol.l ⁻¹)	NO ₂ (μmol.l ⁻¹)	NO ₃ (μmol.l ⁻¹)	PO ₄ (μmol.l ⁻¹)
24/01/2000	42.60	4.54	0.26	12.71	1.51
07/03/2000	5.90	1.34	0.51	21.89	0.62
22/03/2000	9.00	1.76	0.25	26.92	0.48
03/04/2000	4.40	1.70	0.05	9.05	0.06
28/04/2000	5.30	1.78	0.05	0.59	0.05
22/05/2000	5.20	0.43	0.29	0.66	0.17
07/06/2000	1.70	2.46	0.65	2.29	0.08
21/06/2000	4.60	3.10	0.42	0.15	0.11
04/07/2000	6.00	1.17	-	-	0.19
04/10/2000	6.60	-	0.79	14.88	0.40

Annexe 4

Résultats de la pluviométrie décadaire de l'année 2000

L'évolution de la pluviométrie décadaire permet de mettre en évidence une première période, de janvier à début avril, pendant laquelle les précipitations sont relativement faibles (maximum < 30 mm par décade) (Figure – Tableau). Puis, les précipitations sont de plus en plus abondantes de mars à mi-avril. A partir de mi-avril, une alternance de périodes pluvieuse (mi-avril, fin mai, début juillet) et relativement sèche peut être observée jusque fin juillet. A cette date, les précipitations augmentent irrégulièrement pour atteindre les plus fortes valeurs hivernales (> 100 mm de pluie décadaire) (Figure I- Tableau I).

Globalement, le site de Dunkerque apparaît le plus sec (817,6 mm de pluie annuelle) par rapport aux sites de Boulogne et de la Baie de Somme (1190,2 et 1146,4 mm de pluie annuelle, respectivement). Les moyennes annuelles apparaissent en augmentation par rapport aux observations de l'année 1999 : + 0,7 % pour Dunkerque, + 23,9 % pour Boulogne et + 28,6 % pour la Baie de Somme.

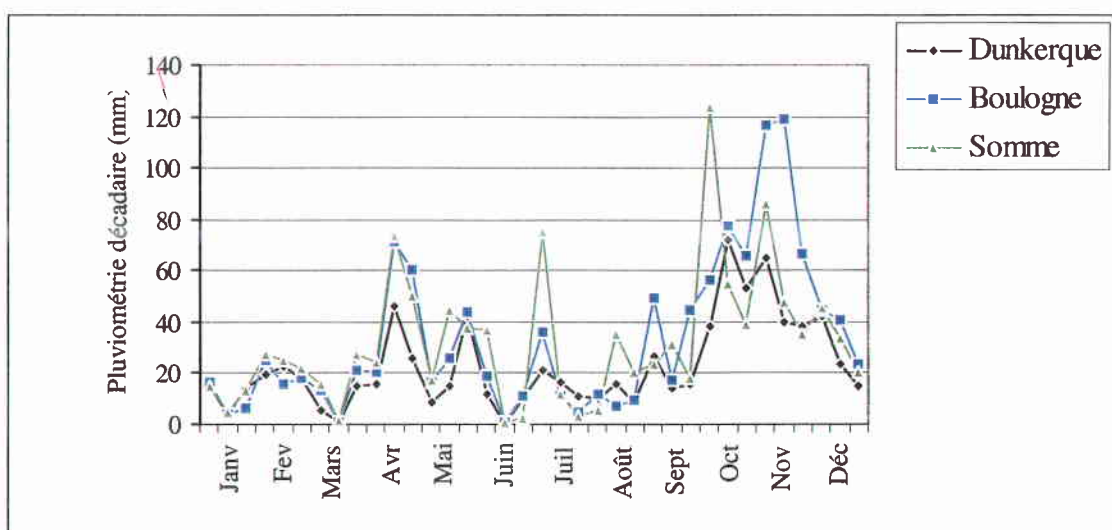


Figure I : Evolution de la pluviométrie décadaire des sites de Dunkerque, Boulogne et de la Baie de Somme au cours de l'année 2000.

Tableau I : Pluviométrie décadaire pour les sites de Dunkerque, Boulogne et de la Baie de Somme pour l'année 2000. Moyenne et écart type de la pluviométrie décadaire tous sites confondus.

Du	Au	Dunkerque	Boulogne	Somme	Moyenne	Ecart-type
01/01/2000	10/01/2000	14.6	16.6	15.2	15.5	1.0
11/01/2000	20/01/2000	4.2	3.8	4.8	4.3	0.5
21/01/2000	31/01/2000	14.2	6.0	13.0	11.1	4.4
01/02/2000	10/02/2000	19.6	25.2	27.4	24.1	4.0
11/02/2000	20/02/2000	22.6	16.0	25.4	21.3	4.8
21/02/2000	29/02/2000	17.8	17.6	21.8	19.1	2.4
01/03/2000	10/03/2000	5.6	13.2	15.4	11.4	5.1
11/03/2000	20/03/2000	0.8	1.0	1.4	1.1	0.3
21/03/2000	31/03/2000	15.0	20.8	27.0	20.9	6.0
01/04/2000	10/04/2000	15.6	20.4	24.2	20.1	4.3
11/04/2000	20/04/2000	46.4	70.8	73.2	63.5	14.8
21/04/2000	30/04/2000	26.2	60.2	50.2	45.5	17.5
01/05/2000	10/05/2000	8.6	16.6	17.4	14.2	4.9
11/05/2000	20/05/2000	15.0	25.6	44.8	28.5	15.1
21/05/2000	31/05/2000	42.2	44.0	37.6	41.3	3.3
01/06/2000	10/06/2000	11.6	19.0	36.4	22.3	12.7
11/06/2000	20/06/2000	0.2	1.0	0.4	0.5	0.4
21/06/2000	30/06/2000	9.8	11.0	2.4	7.7	4.7
01/07/2000	10/07/2000	21.4	35.8	75.0	44.1	27.7
11/07/2000	20/07/2000	16.4	11.2	11.4	13.0	2.9
21/07/2000	31/07/2000	10.8	4.8	3.0	6.2	4.1
01/08/2000	10/08/2000	10.0	11.4	5.2	8.9	3.3
11/08/2000	20/08/2000	15.6	7.2	35.4	19.4	14.5
21/08/2000	31/08/2000	8.8	9.6	20.2	12.9	6.4
01/09/2000	10/09/2000	26.4	49.0	23.8	33.1	13.9
11/09/2000	20/09/2000	14.4	17.0	31.4	20.9	9.2
21/09/2000	30/09/2000	16.0	44.2	18.0	26.1	15.7
01/10/2000	10/10/2000	38.6	56.4	123.2	72.7	44.6
11/10/2000	20/10/2000	72.2	77.4	54.4	68.0	12.1
21/10/2000	31/10/2000	53.0	66.0	38.8	52.6	13.6
01/11/2000	10/11/2000	65.2	116.6	86.4	89.4	25.8
11/11/2000	20/11/2000	40.2	118.8	47.6	68.9	43.4
21/11/2000	30/11/2000	38.4	66.8	35.2	46.8	17.4
01/12/2000	10/12/2000	42.2	44.8	45.4	44.1	1.7
11/12/2000	20/12/2000	23.2	40.6	33.6	32.5	8.8
21/12/2000	31/12/2000	14.8	23.8	20.4	19.7	4.5
Total :		817.6	1190.2	1146.4		