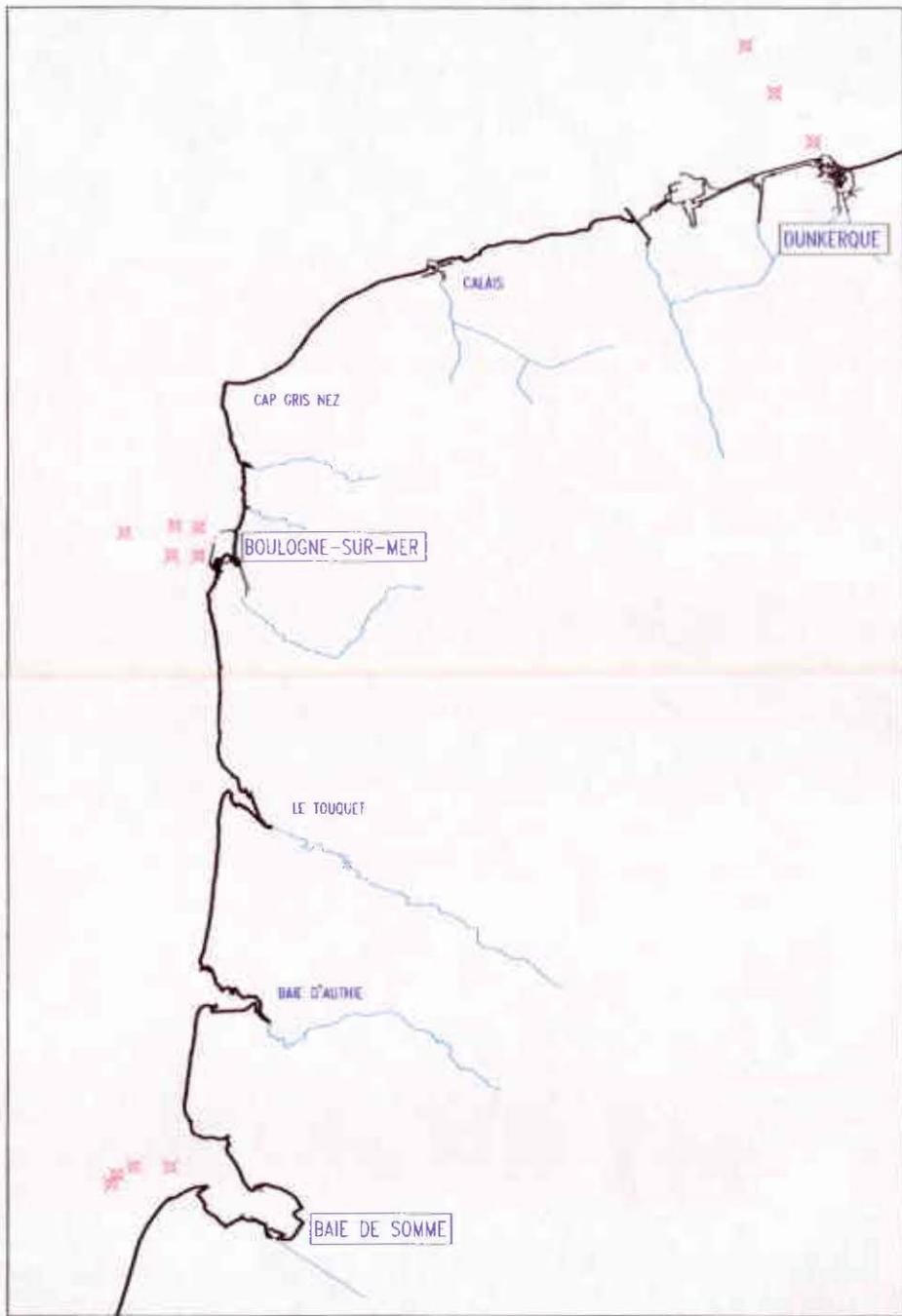


61017

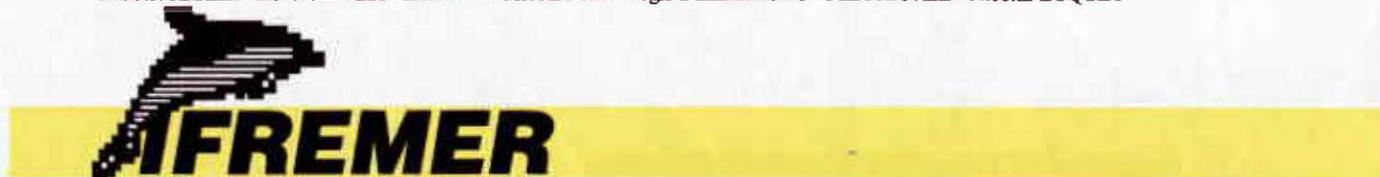
N713-7.501-594

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

Bilan de l'année 1994



Benoist HITIER - René OLIVESI - Hervé RYBARCZYCK - Régis DELESMONT - Marc MOREL - Nicolas LOQUET



AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE

JUN 1995

IFREMER Bibliothèque de BREST



0EL07622

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

Bilan 1994

Rapport réalisé en collaboration par :

Benoist Hitier IFREMER Boulogne sur mer
René Olivesi IFREMER St Valéry sur Somme
Hervé Rybarczyk GEMEL St Valéry sur Somme
Régis Delesmont I.P.L. Gravelines
Marc Morel IFREMER Boulogne sur mer
Nicolas LOQUET GEMEL St Valéry sur Somme

avec l'aide des moyens nautiques de :

Service Maritime de Boulogne /Calais
Service Maritime du Nord
Sport Nautique Valéricain

pour les prélèvements

et des laboratoires de :

IFREMER Boulogne et Saint Valéry sur Somme
GEMEL Saint Valéry sur Somme
I.P.L Gravelines

pour les analyses

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

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS EN 94

- I.1 - Les radiales
- I.2 - Fréquence de prélèvements
- I.3 - Paramètres étudiés et analyses

II. COMPARAISON INTRARADIALE

II.1- *Dunkerque*

- II.1.1 - Température
- II.1.2 - Salinité
- II.1.3 - Turbidité
- II.1.4 - Matières en suspension
- II.1.5 - Matière organique
- II.1.6 - Chlorophylle a
- II.1.7 - Phaeopigments
- II.1.8 - Ammonium
- II.1.9 - Nitrites
- II.1.10 - Nitrates
- II.1.11 -Phosphates
- II.1.12 - Silicates
- II.1.13 - Phytoplancton

II.2 - *Boulogne-sur-Mer*

- II.2.1 - Température
- II.2.2 - Salinité
- II.2.3 - Turbidité
- II.2.4 - Matières en suspension
- II.2.5 - Matière organique
- II.2.6 - Chlorophylle a
- II.2.7 - Phaeopigments
- II.2.8 - Ammonium
- II.2.9 - Nitrites
- II.2.10 - Nitrates
- II.2.11 - Phosphates
- II.2.12 - Silicates
- II.2.13 - Phytoplancton

II.3 - *La Baie de Somme*

- II.3.1 - Température
- II.3.2 - Salinité
- II.3.3 - Matières en suspension
- II.3.4 - Matière organique
- II.3.5 - Chlorophylle a
- II.3.6 - Phaeopigments
- II.3.7 - Ammonium
- II.3.8 - Nitrites
- II.3.9 - Nitrates
- II.3.10 - Phosphates
- II.3.11 - Silicates
- II.3.12 - Phytoplancton

III. DISCUSSION

III.1 - *Comparaison interradiale*

- III.1.1 - Paramètres physicochimiques et biologiques
 - III.1.1.1 - Température et Salinité
 - III.1.1.2 - Matières en suspension, Turbidité et Matière organique
 - III.1.1.3 - Chlorophylle a et Phaeopigments
 - III.1.1.4 - Nutriments
- III.1.2 - Phytoplancton

III.2 - *Discussion*

CONCLUSION

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

L'enrichissement excessif des eaux marines côtières par les sels nutritifs, l'eutrophisation, est un problème qui préoccupe de plus en plus Scientifiques, Administrations, Collectivités locales et Professionnels de la mer.

Jusqu'à présent, le suivi des nutriments sur le littoral n'était réalisé qu'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 un Suivi Régional des Nutriments (SRN) sur la façade Nord/Pas-de-Calais/Picardie.

— Après une année de mise en place du protocole d'étude et les publications en juillet 93 et juillet 94 des deux premières séries de résultats, l'année 1994 a confirmé le schéma opérationnel de suivi sur les 3 radiales de Dunkerque, Boulogne-sur-Mer et la Baie de Somme.

Le présent rapport rappelle le principe de fonctionnement du SRN et fait le bilan des résultats obtenus, à l'issue de la troisième année d'étude, en présentant radiale par radiale l'évolution en fonction du temps des valeurs obtenues pour chaque paramètre analysé. Quelques éléments de comparaison interradielle seront repris en discussion-conclusion. Tous les résultats ayant servi à l'élaboration des figures se trouvent en annexes. —

I. PRESENTATION DU SUIVI REGIONAL DES NUTRIMENTS SUR LE LITTORAL NORD/PAS-DE-CALAIS/PICARDIE EN 1994 :

L'historique, les objectifs, les sites, les paramètres et les méthodes d'analyses ont été décrits en détail dans le bilan SRN 1992. Nous nous bornerons à en faire ici une description sommaire.

I. 1 - Les radiales

En 1994, les 3 radiales de Dunkerque, Boulogne-sur-Mer et la Baie de Somme, composées de 3 ou 4 stations selon un gradient côte-large ont été globalement reprises. Les coordonnées des différents points sont précisées dans le tableau 1, leur position est indiquée sur les cartes 1, 2 et 3.

I. 2 - Fréquence des prélèvements

Cette année, les prélèvements prévus sur chacune des 3 radiales ont presque tous été réalisés sauf pour Boulogne-sur-Mer où seulement 13 des 16 sorties prévues ont été possibles. Ce sont les moyens nautiques du Port Autonome pour Dunkerque, du SMBC pour Boulogne et du Sport Nautique Valéricain pour la Baie de Somme qui ont servi à effectuer les prélèvements selon le calendrier en annexe n°4.

I. 3 - Paramètres étudiés et analyses

Les paramètres étudiés sont les mêmes qu'en 92 et en 93, à savoir :

- température
- salinité
- turbidité
- ammonium
- nitrites
- nitrates
- phosphates
- silicates
- M E S (Matières en Suspension)
- M O (Matière Organique)
- chlorophylle a
- phaeopigments
- phytoplancton

Ils ont été analysés 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 St-Valéry-sur-Somme (radiale de la Baie de Somme).

Les méthodes d'analyses chimiques, inspirées du manuel des analyses chimiques en milieu marin d'AMINOT et CHAUSSEPIED, sont pour l'essentiel identiques aux trois laboratoires.

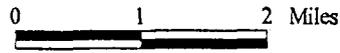
Les dénombrements de phytoplancton ont été réalisés soit à l'IFREMER Boulogne soit à l'IFREMER St-Valéry-sur-Somme.

TABLEAU 1 : COORDONNEES DES STATIONS SUR LES 3 RADIALES

RADIALES	DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
Station 0			<u>MI-MER</u> Latitude : 50°13'30 Nord Longitude : 1°32'40 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>ATSO</u> Latitude : 50°14'0 Nord Longitude : 1°28'50 Est
Station 2	<u>RNO 3</u> Latitude : 51°06'70 Nord Longitude : 2°17'20 Est	<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>MER 1</u> Latitude : 50°13'60 Nord Longitude : 1°27'20 Est
Station 3	<u>RNO 4</u> Latitude : 51°09'20 Nord Longitude : 2°15'10 Est	<u>ZC1</u> Latitude : 50°45'02 Nord Longitude : 1°27'15 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



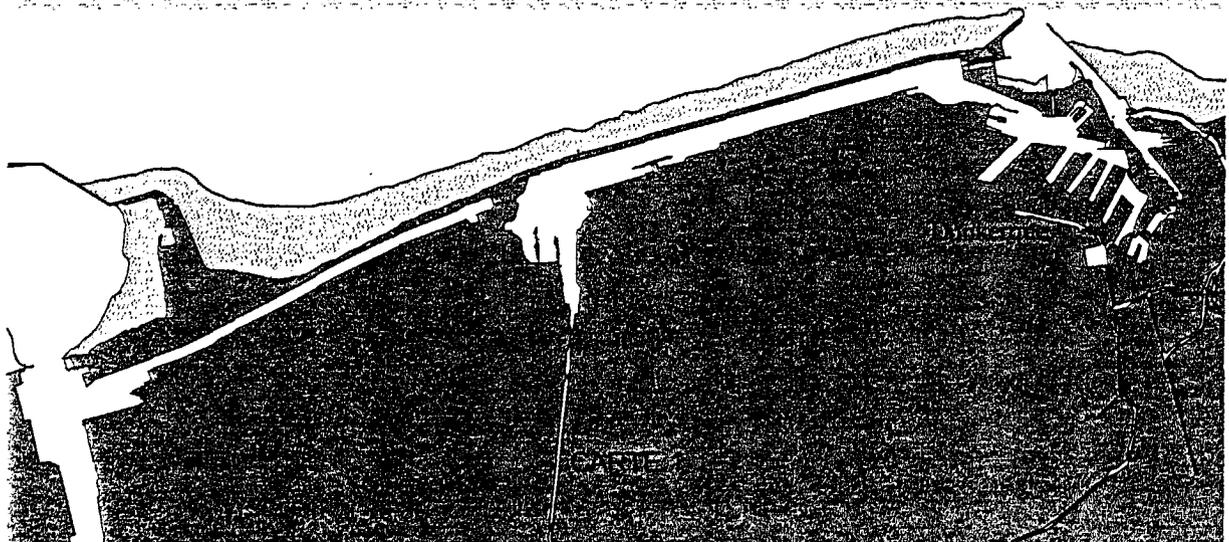
STATION 3
Latitude : 51°06'70 Nord
Longitude : 2°17'20 Est

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

⊕ STATION 4

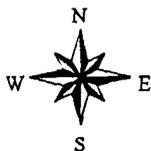
⊕ STATION 3

⊕ STATION 1



PLAN DE SITUATION DES STATIONS
DE LA RADIALE DE BOULOGNE

0 1 2 Miles



⊕ STATION 3

⊕ STATION 2J

⊕ STATION 1J

⊕ STATION 2F

⊕ STATION 1F

STATION 1J

Latitude : 50°45'30 Nord
Longitude : 1°33'00 Est

STATION 2J

Latitude : 50°45'38 Nord
Longitude : 1°31'11 Est

STATION 3

Latitude : 50°42'02 Nord
Longitude : 1°27'15 Est

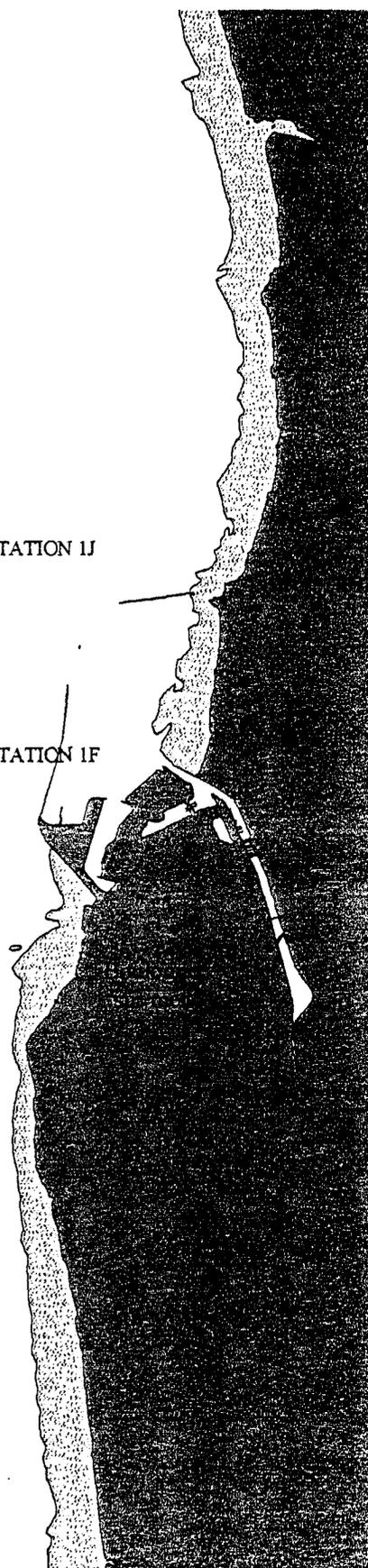
STATION 2F

Latitude : 50°43'90 Nord
Longitude : 1°30'90 Est

STATION 1F

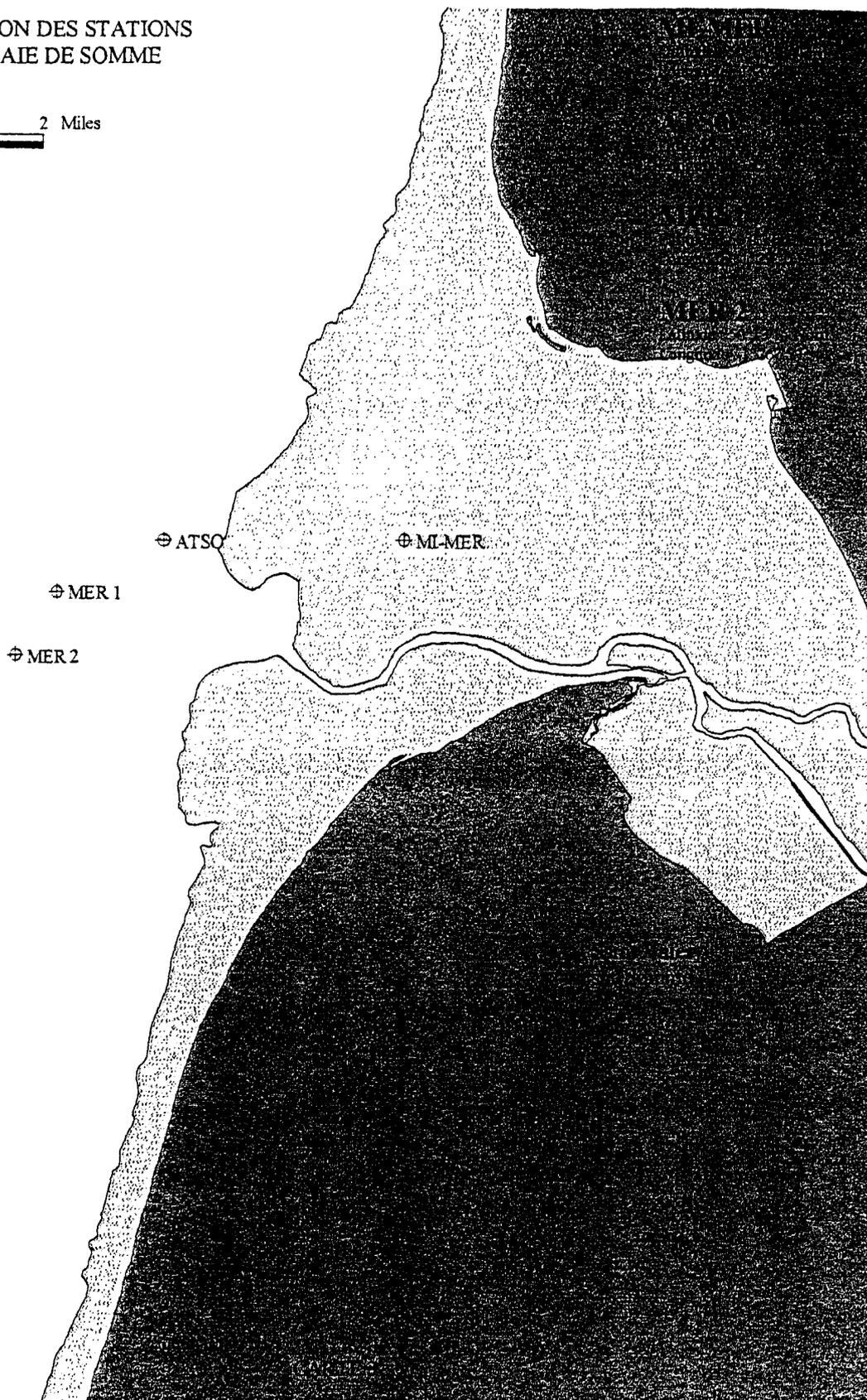
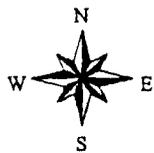
Latitude : 50°43'90 Nord
Longitude : 1°33'00 Est

CARTE 2



PLAN DE SITUATION DES STATIONS
DE LA RADIALE BAIE DE SOMME

0 1 2 Miles



II.1.13 - Phytoplancton

*aspect quantitatif

-Phaeocystis

date	station 1	station 3	station 4
28/03	15 600		
21/04	27 000	2 550	
28/04	2 168 000	1 438 000	104 000
09/05	317 000	361 000	1 782 500
30/05			57 800
07/09		15 750	10 000

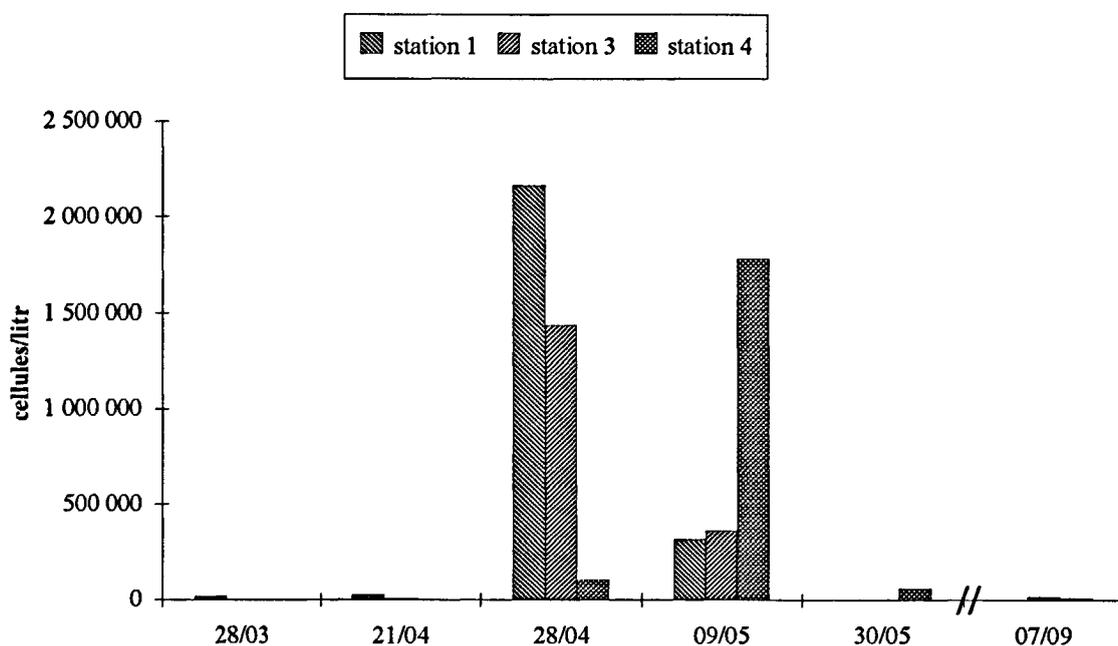


fig 1.13 : Abondance de *Phaeocystis* à Dunkerque

Cette espèce nous intéresse car elle est responsable d'eaux colorées et de mousses sur nos côtes au printemps. Elle est corrélée avec les valeurs élevées de chlorophylle à cette époque de l'année.

Comme la figure ci-dessus le montre, on trouve *Phaeocystis* de la fin du mois de mars à la fin du mois de mai. Il apparaît d'abord à la station côtière puis s'étend progressivement vers le large. L'espèce disparaît de la même manière en commençant à la station côtière.

Le 28 avril on constate un gradient d'abondance décroissant de la côte vers le large. Dix jours plus tard, le gradient est inversé.

Le 9 septembre, on observe à nouveau l'espèce en faible quantité aux stations du large.

-Diatomées

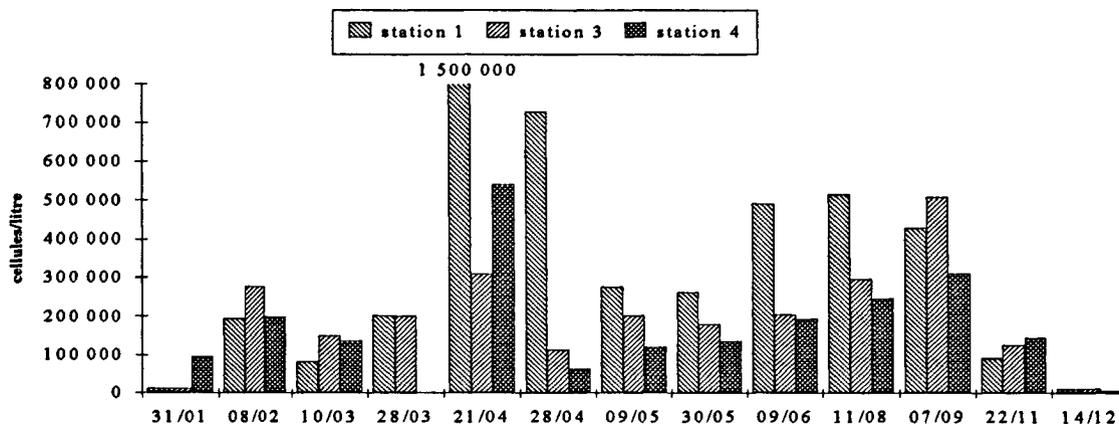


fig 1.14 : Somme des diatomées sur la radiale de Dunkerque

Dès le mois de février, on compte entre 100 000 et 300 000 cellules par litre suivant les stations. Le 21 avril la figure ci-dessus montre un pic d'abondance (1 500 000 cellules à la côte et entre 300 et 500 000 ailleurs). Il y a moitié moins de diatomées à cette station lors du prélèvement suivant. Le mois de mai est une période de moindre production. Elle reprend en été avec des valeurs atteignant 500 000 cellules par litre à la côte. Pendant le printemps et l'été les diatomées suivent un gradient côte large décroissant.

*aspect qualitatif

Les diatomées se succèdent de la façon suivante :

- En janvier et février : *Melosira sulcata*, *Thalassionema nitzschioides* sur toute la radiale
- Début mars : Les espèces ci-dessus disparaissent au profit de *Rhizosolenia delicatula*, *Lauderia borealis* et de *Skeletonema costatum*. *Asterionella glacialis* apparaît au large et s'étend ensuite à toute la radiale. L'espèce disparaît fin mars.
- Le genre *Rhizosolenia* est présent toute l'année. L'espèce *Rhizosolenia delicatula* est la plus nombreuse pendant les mois d'avril et de juin (470 000 cellules/litre le 21 avril à la station côtière), alors que *Rhizosolenia stolterfortii* est la plus abondante au mois de juin et *Rhizosolenia shrubsolei* est présente surtout au mois de mai et d'août.
- Au mois d'août : *Rhizosolenia* est associée à *Skeletonema costatum* et à *Leptocylindrus*.
- En septembre : Les genres dominants sont *Thalassiosira*, *Chaetoceros* et *Skeletonema*.
- En automne : La diversité se réduit et il reste essentiellement *Melosira sulcata* lors du dernier prélèvement.

Les Dinophyceae sont présentes en petite quantité tout en long de l'année. Il n'a jamais été observé d'espèce toxique sur la radiale de Dunkerque en 1994.

II.2 - Boulogne-sur-mer

En raison de conditions météorologiques défavorables, 13 des 16 sorties initialement programmées ont eu lieu et la station 3 n'a pu être échantillonnée lors des sorties du 07 juin et du 5 septembre.

II.2.1 - Température

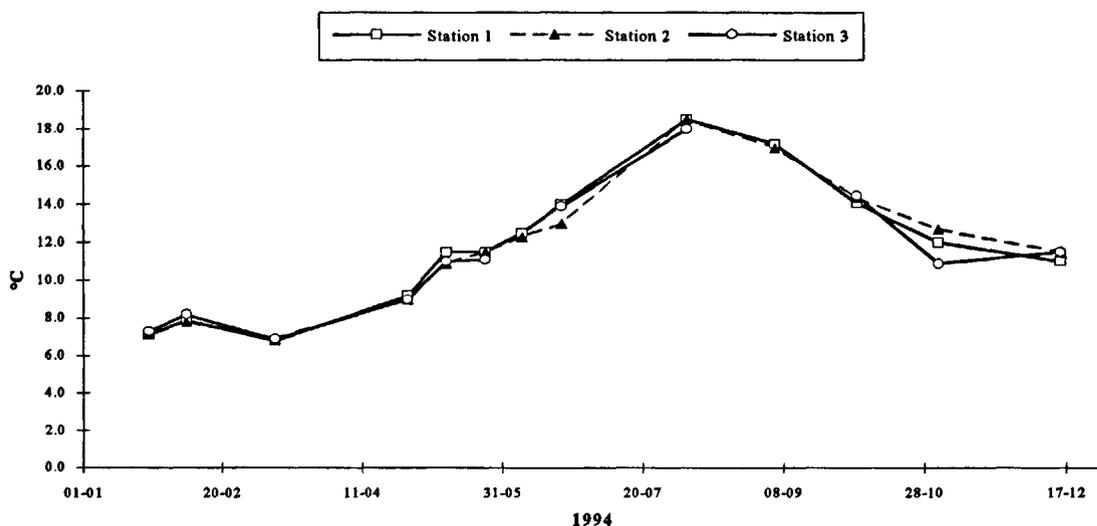


Fig. 2.1 : Boulogne-sur-mer - Température

Les températures passent de 6,8° le 11 mars à 18,5° le 5 août. Elles sont plus élevées à la côte qu'au large entre les mois d'avril et d'octobre.

II.2.2 - Salinité

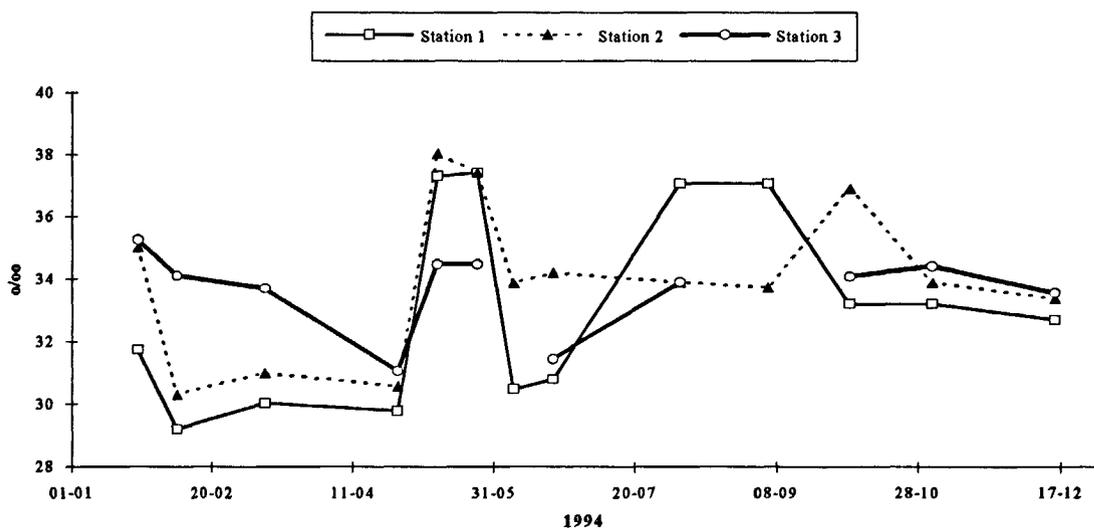


Fig. 2.2 : Boulogne-sur-mer - Salinité

Elle est assez stable au large. Les deux autres stations oscillent beaucoup plus autour de la valeur moyenne. L'amplitude est très importante au printemps, environ 10 pour mille. Elle devrait pouvoir être mise en relation avec les conditions météorologiques et de marée lors du prélèvement.

II.2.3 - Turbidité

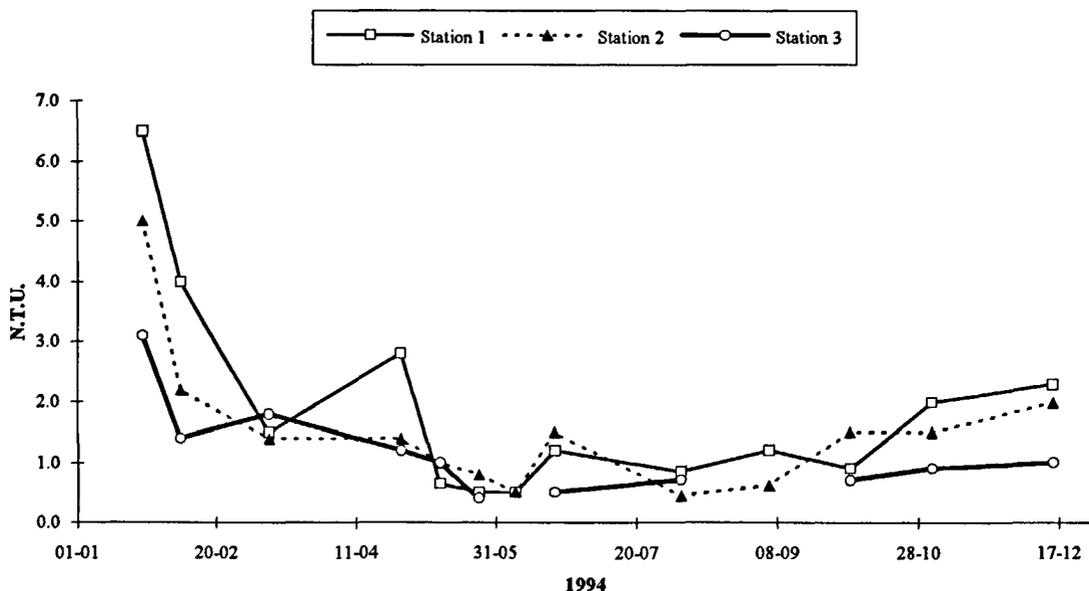


Fig. 2.3 : Boulogne-sur-mer - Turbidité

La turbidité est comprise entre 6,5 et 3 NTU le 24 janvier. Les valeurs chutent d'abord brutalement puis plus régulièrement ensuite. Elles restent faibles, aux alentours de 1 NTU, puis remontent légèrement à partir du mois de septembre. On observe le plus souvent un gradient côte-large décroissant.

II.2.4 - Matières en suspension

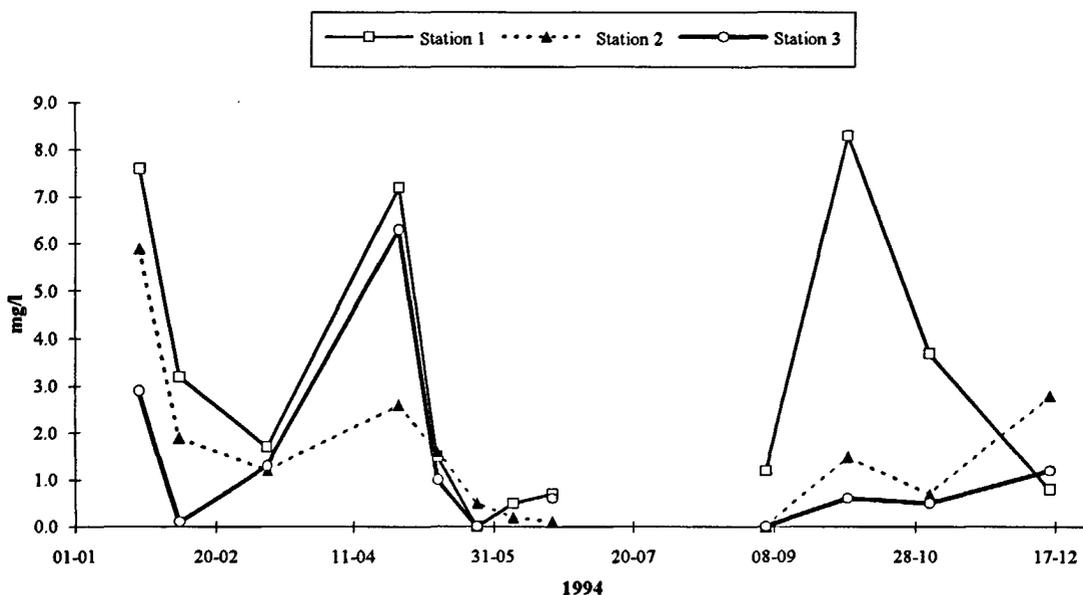


Fig. 2.4 : Boulogne-sur-mer - Matières en suspension

Les valeurs sont inférieures à 4 mg/l à l'exception du 24 janvier et du 27 avril pour les deux premières stations, et du 4 octobre pour la station à la côte. L'été, il y a absence de résultats en juillet et en août.

II.2.5 - Matière organique

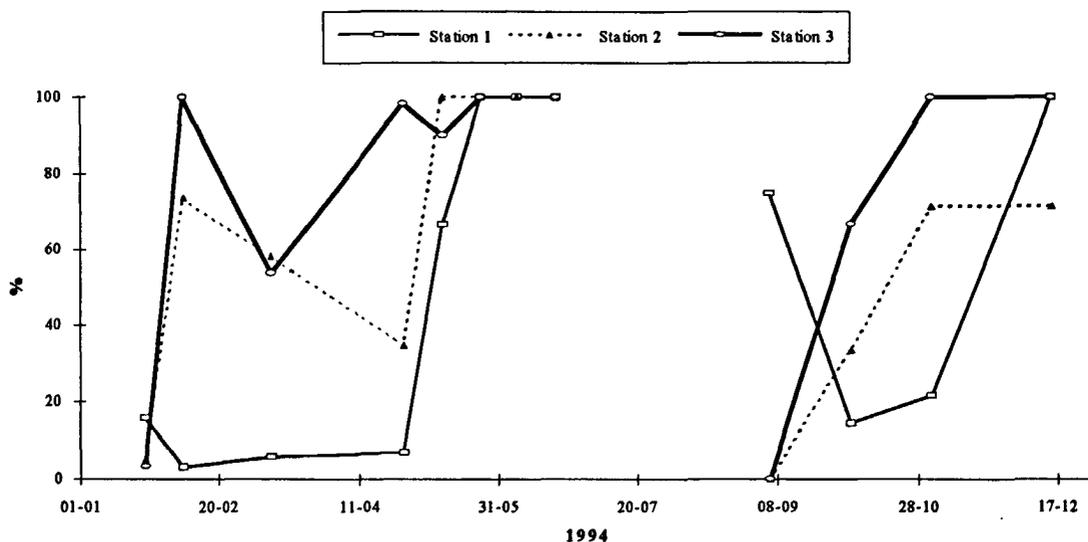


Fig. 2.5 : Boulogne-sur-mer - Matière organique

La matière organique est représentée ici en pourcentage des matières en suspension. Comme pour les MES, il n'y a pas de données en juillet et en août. La composition des matières en suspension fluctue considérablement au cours de l'année. A la station 1, les matières organiques sont faibles jusqu'au mois de mai, alors qu'elles dominent dès le mois de février ailleurs. Les matières minérales sont absentes au mois de juin sur les trois stations, en novembre à la station 1, en décembre aux stations 1 et 3.

II.2.6 - Chlorophylle a

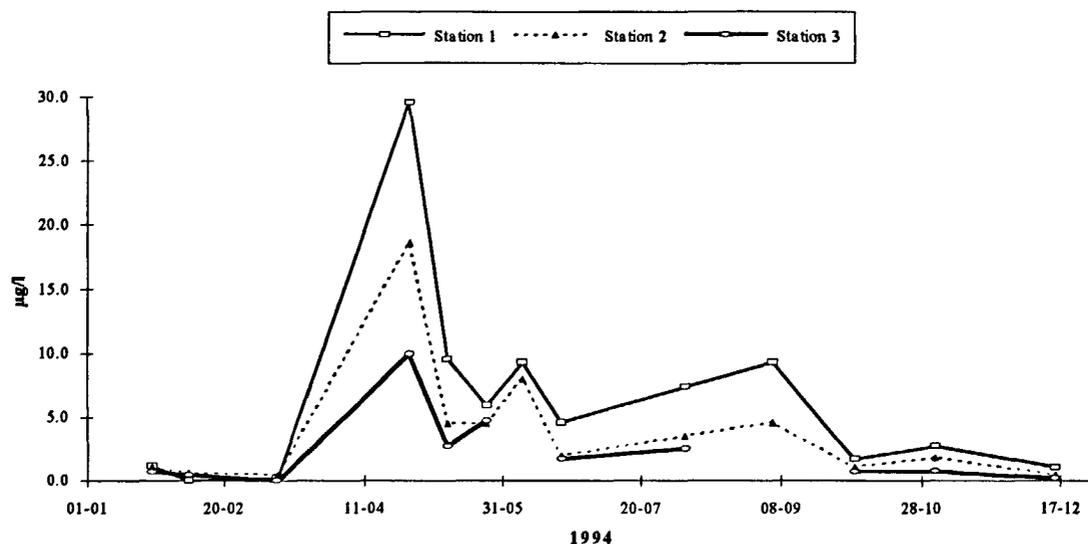


Fig. 2.6 : Boulogne-sur-mer - Chlorophylle a

Les teneurs en chlorophylle, indicatrices de l'abondance du phytoplancton, sont faibles jusqu'au 11 mars. Elles présentent 2 pics le 27 avril surtout (30 µg/l à la côte), et le 7 juin. Les valeurs remontent au cours de l'été jusqu'au 5 septembre puis s'affaiblissent régulièrement. Le gradient côte large décroissant est bien marqué.

II.2.7 - Phaeopigments

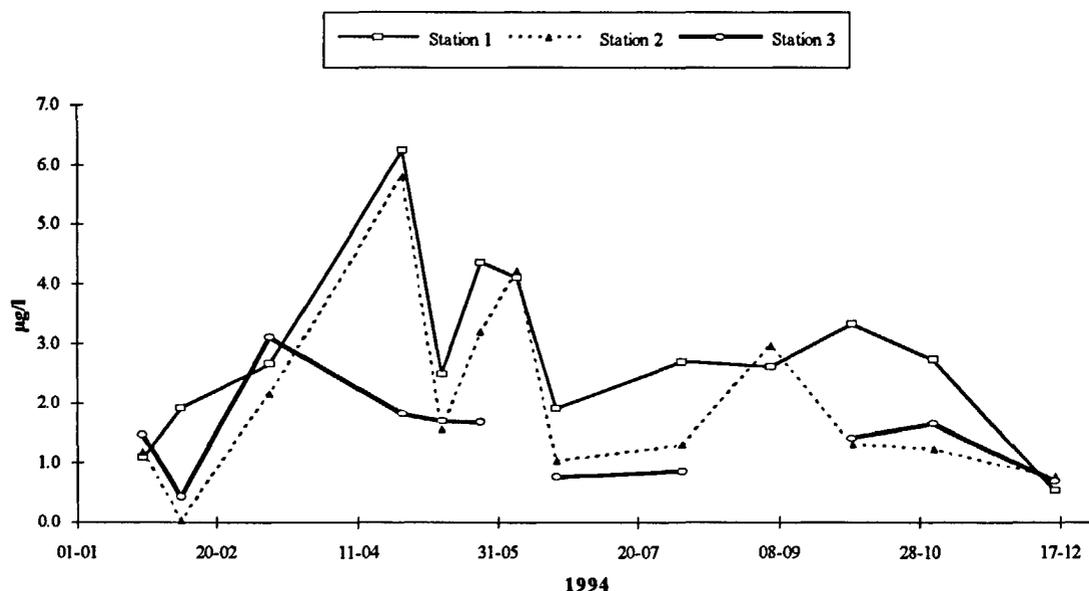


Fig. 2.7 : Boulogne-sur-mer - Phaeopigments

La teneur est maximale (6,3 $\mu\text{g/l}$) aux stations 1 et 2 le 27 avril comme pour la chlorophylle. Le profil des courbes est similaire pour ces deux stations. La station du large se comporte différemment : le pic du printemps est plus précoce et les valeurs sont plus faibles correspondant à une moindre dégradation du plancton.

II.2.8 - Ammonium

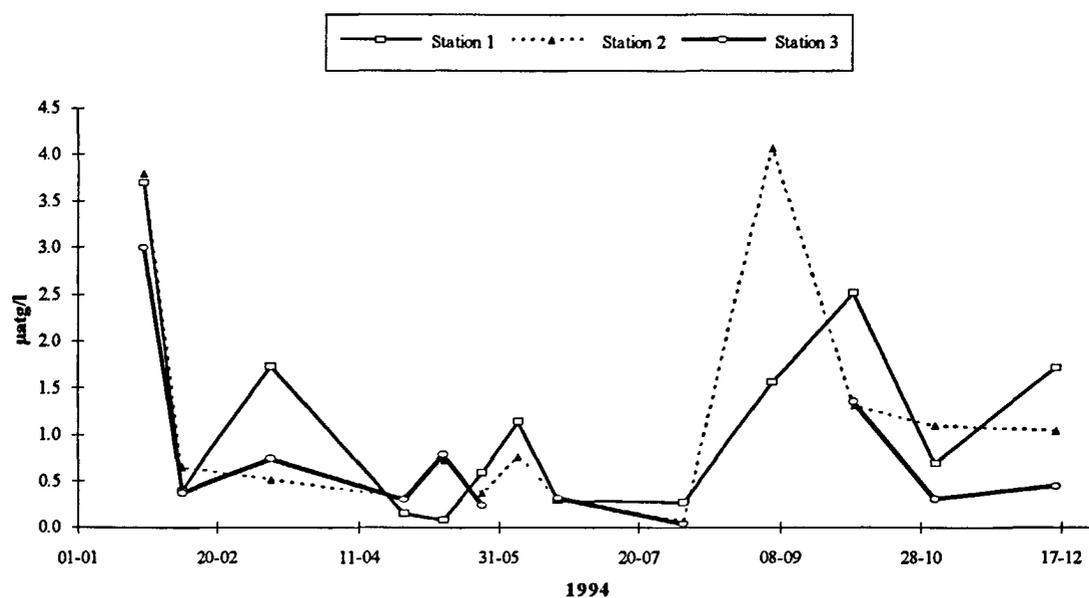


Fig. 2.8 : Boulogne-sur-mer - Ammonium

Les concentrations en ammonium sont supérieures à 3 $\mu\text{atg/l}$ lors de la première sortie. Puis elles chutent brutalement. Elles sont faibles pendant le printemps et le début de l'été et remontent en automne. En fin d'année, on note des valeurs de l'ordre du $\mu\text{atg/l}$.

II.2.9 - Nitrites

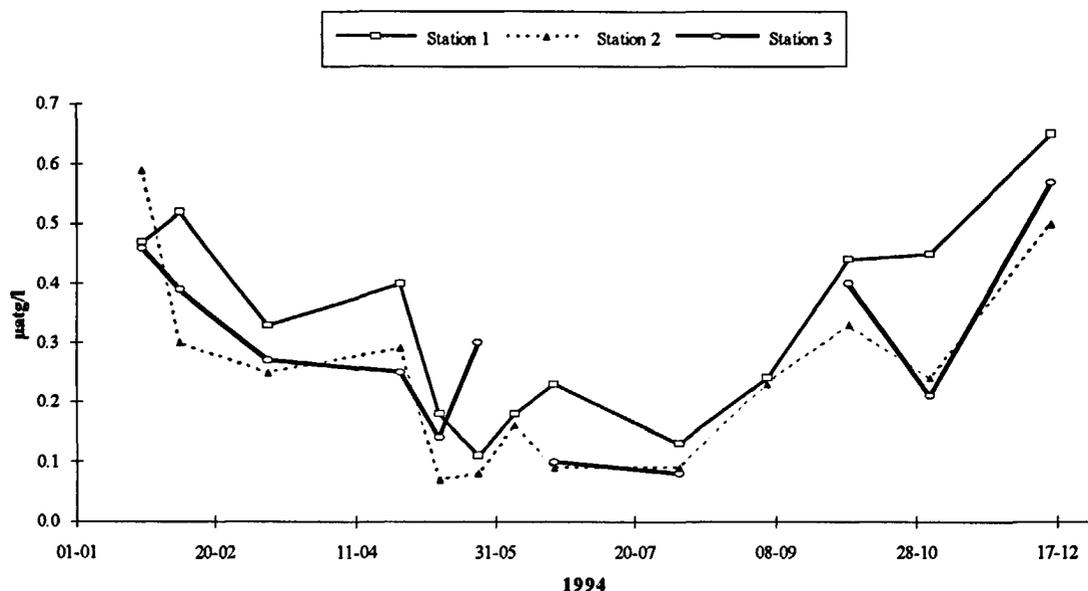


Fig. 2.9 : Boulogne-sur-mer - Nitrites

On assiste à une baisse graduelle des teneurs qui passent de 0,6 µatg/l le 24 janvier à 0,1 µatg/l le 27 avril. Les teneurs stagnent pendant l'été, puis remontent progressivement pour être de nouveau aux alentours de 0,6 µatg/l en fin d'année. Les valeurs sont généralement plus élevées à la côte.

II.2.10 - Nitrates

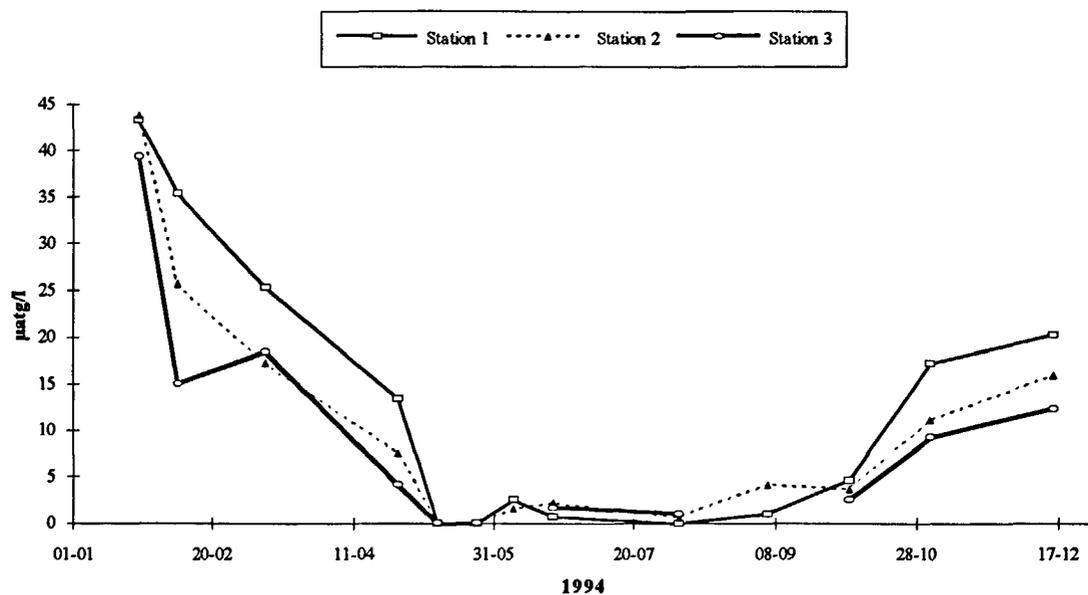


Fig. 2.10 : Boulogne-sur-mer - Nitrates

Les réserves d'environ 40 µatg/l en début d'année baissent régulièrement et sont totalement épuisées le 17 mai. Les concentrations restent quasiment nulles jusqu'au 5 septembre puis remontent progressivement et atteignent 15 µatg/l le 15 décembre.

II.2.11 - Phosphates

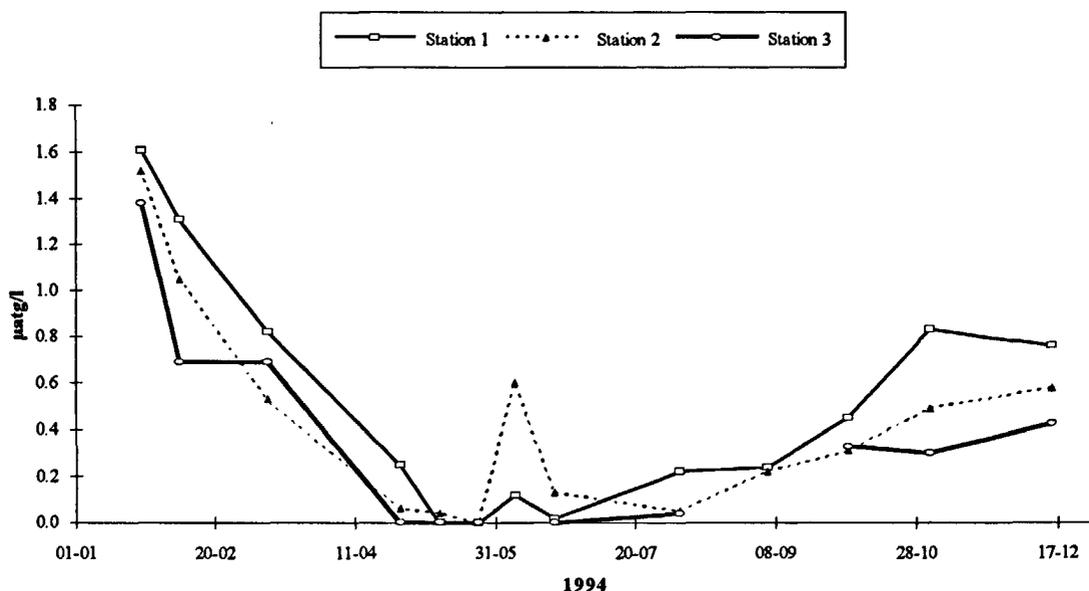


Fig. 2.11 : Boulogne-sur-mer - Phosphates

En début d'année, les réserves de phosphates s'épuisent peu à peu comme pour les nitrites. Les teneurs sont nulles le 27 avril au large, le 11 mai à la côte et le 25 mai à la station intermédiaire. On décèle un léger pic début juin. Les teneurs remontent graduellement à partir du mois d'août pour atteindre 0,6 $\mu\text{atg/l}$ en fin d'année. Les valeurs sont souvent plus élevées à la côte.

II.2.12 - Silicates

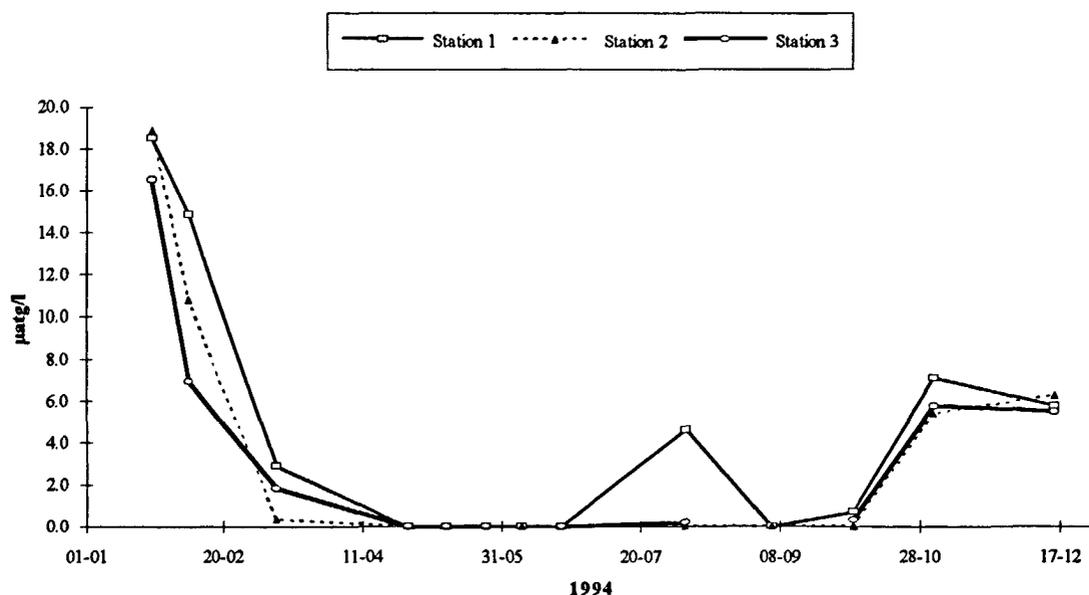


Fig. 2.12 : Boulogne-sur-mer - Silicates

Les silicates utilisés par les diatomées pour faire leur thèque sont épuisés en mai. Les réserves ne se reconstituent qu'à partir du mois d'octobre pour atteindre 6 $\mu\text{atg/l}$ en fin d'année. On observe un pic à la côte lors du prélèvement du 05 août.

II.2.13 - Phytoplancton

*aspect quantitatif

-Phaeocystis

date	station 1	station 2	station 3
27/04	60 000	180 000	0
11/05			380 000
25/05	380 000		

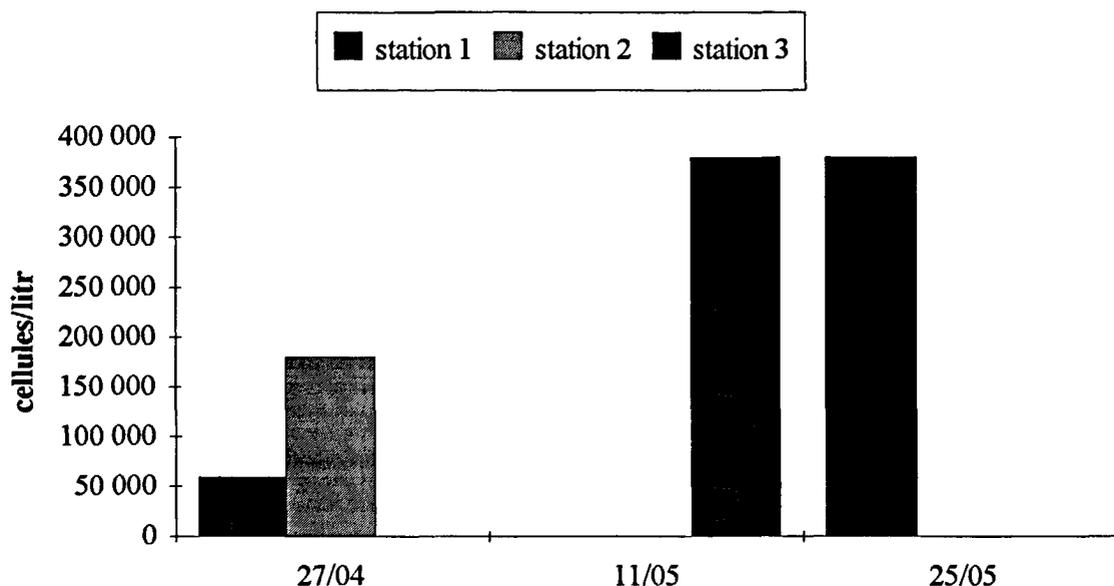


Fig. 2.13 : Abondance de *Phaeocystis* à Boulogne-sur-mer

Cette espèce nous intéresse car elle est responsable d'eaux colorées et de mousses sur nos côtes au printemps. Elle correspond aux valeurs élevées en chlorophylle à cette époque de l'année.

Les mauvaises conditions météorologiques nous ont empêché de sortir entre le 11 mars et le 27 avril, époque pendant laquelle l'espèce connaît habituellement son développement et son pic d'abondance. Malgré tout, on peut penser qu'en l'absence de mousse cette année, les quantités de *Phaeocystis* sont restées faibles.

-Diatomées

Le phytoplancton comprend principalement deux grandes familles : les diatomophyceae et les dinophyceae. La famille des diatomophyceae, plus couramment appelées diatomées, est la plus abondante dans nos eaux, à l'exception de la période d'efflorescence due à *Phaeocystis* (prymnesiophyceae).

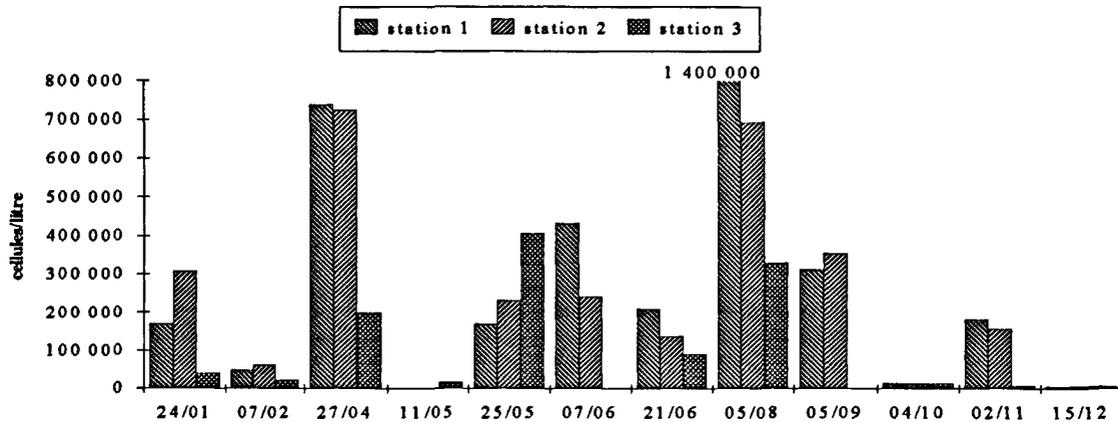


fig 2.14 : Somme des diatomées sur la radiale de Boulogne

En hiver, le nombre de diatomées est partout inférieur à 300 000 cellules par litre.

A la fin du mois d'avril, le nombre de cellules dépasse 700 000 aux deux stations côtières et 200 000 au large. En mai et en juin, la production diminue pour ne pas dépasser 400 000 cellules par litre.

Le 5 août, on observe le maximum de production de l'année avec des valeurs dépassant 1 300 000 cellules à la station côtière (et 700 000 à la station intermédiaire).

Au cours de l'automne, la production est très faible.

Il ne se dégage aucune hiérarchie ni gradient entre les stations.

***aspect qualitatif**

Les espèces dominantes se succèdent dans l'ordre suivant :

- En hiver *Skeletonema costatum* puis *Lauderia borealis*.
- Au printemps c'est *Rhizosolenia delicatula*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia shrubsolei* et pour terminer *Chaetoceros*.
- Au mois d'août : *Leptocylindrus*
- On observe de nouveau *Skeletonema costatum* en septembre
- L'année se termine par la domination de *Melosira sulcata*.

La famille des dinophyceae est présente toute l'année en faible quantité (au maximum 7% des dénombrements).

Le 5 septembre, nous avons observé *Dinophysis acuminata*, espèce potentiellement toxique pour l'homme. Toutefois les quantités observées sont en dessous du seuil d'alerte.

II.3 - La Baie de Somme

En 1994, une sortie supplémentaire (17 sorties au lieu de 16 prévues) a été effectuée en compensation de la sortie de décembre 1993, annulée en raison de conditions météorologiques défavorables.

Faute du matériel requis, la turbidité n'a pu être mesurée sur la radiale Baie de Somme.

II.3.1 - Température

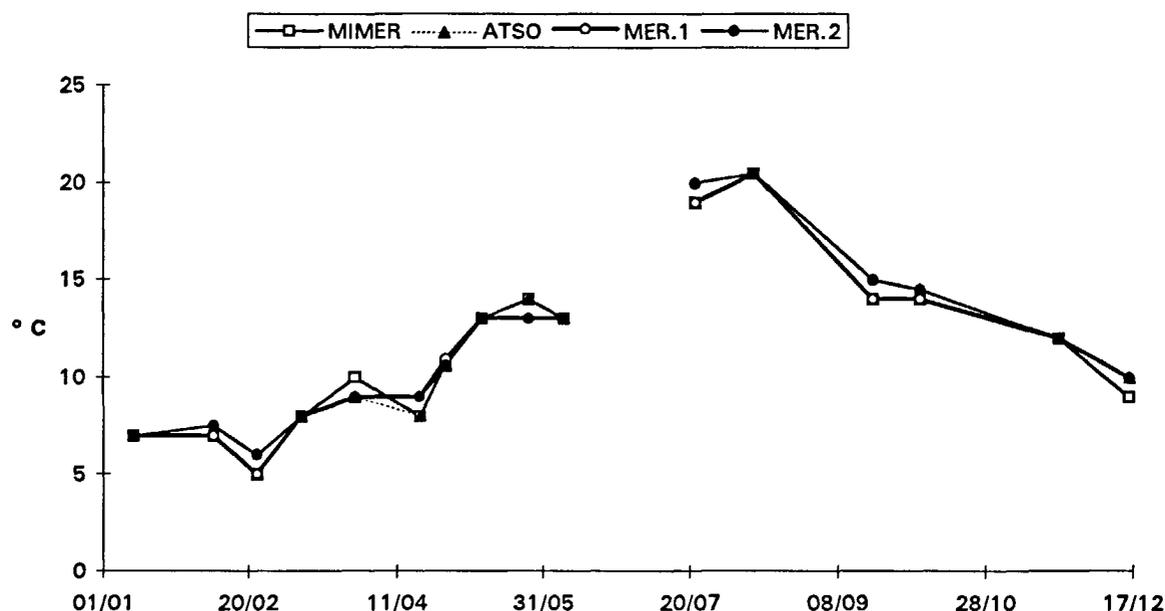


Fig. 3.1 : Baie de Somme - Température

La moyenne annuelle sur l'ensemble de la radiale est de 11,6 °C et s'avère comparable à celle enregistrée en 1993. La moyenne annuelle par station varie peu d'un point de prélèvement à l'autre (11,5 à 11,7 °C). Les écarts les plus importants sont relevés aux stations MIMER et ATSO. On notera l'absence de valeur fin juin.

Classiquement l'eau du point le plus au large, MER2, est moins froide qu'à la côte pendant les mois d'hiver au cours desquels une température minimale de 5 °C est relevée sur les trois stations les plus côtières. Comme en 1993, le mois le plus froid est Février. Le réchauffement commence dès le début du mois de mars mais est perturbé par divers phénomènes météorologiques; un vent de secteur nord de 40 à 80 km/h bien établi du 7 au 18 avril refroidit la masse d'eau superficielle qui perd 2 °C. La température atteint un maximum de 20,5 °C le 11 août sur les quatre stations puis décroît rapidement jusqu'en septembre (l'eau de mer perd plus de 5°C) puis de façon plus régulière jusqu'en décembre où elle atteint la valeur de 10 °C.

II.3.2 - Salinité

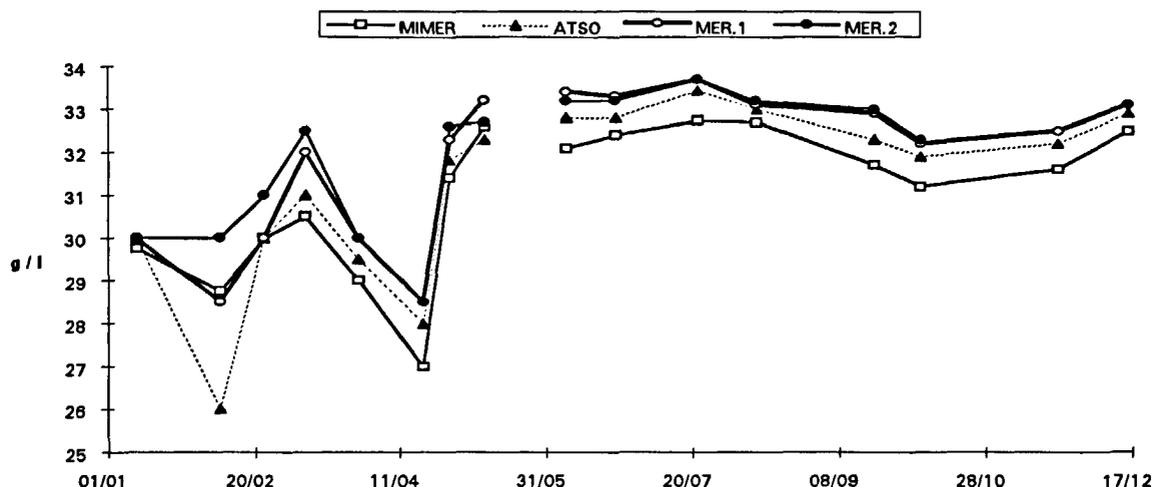


Fig. 3.2 : Baie de Somme - Salinité

Les moyennes annuelles des salinités mettent bien en évidence le gradient de salinité de la station MIMER vers la station MER2. Les valeurs s'échelonnent de 31,0 à 31,9 ‰ et sont légèrement plus élevées qu'en 1993 en dépit de forts débits fluviaux. En règle générale le gradient est observé sur chaque radiale excepté le 8 février où la dessalure la plus marquée est relevée à la station ATSO. Il est probable que dans cette zone, sous certaines conditions météorologiques et régimes de marée, des lentilles d'eau dessalées se détachent du panache estuarien.

Contrairement aux observations de 1993, l'évolution globale de la salinité sur l'ensemble des stations fait apparaître une opposition marquée entre la période hivernale et la période printanière et estivale. Ceci peut être lié à l'évolution des débits fluviaux. En effet, en 1994 la Somme est en crue (débits $\geq 70 \text{ m}^3/\text{s}$) de janvier à mars. Les débits décroissent régulièrement jusqu'en septembre, et se maintiennent ensuite à environ $35 \text{ m}^3/\text{s}$.

II.3.3 - Matières en suspension

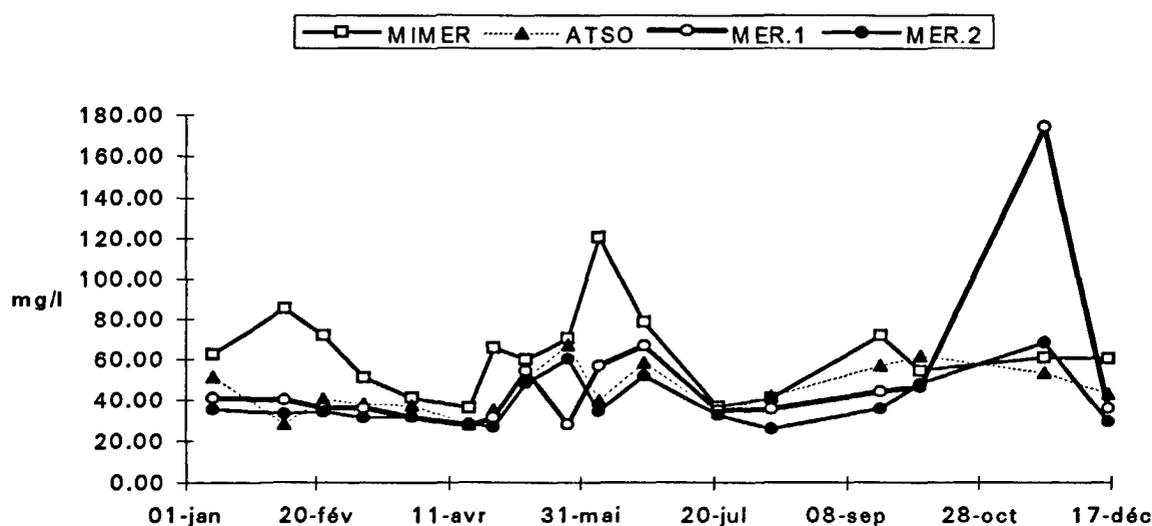


Fig. 3.3 : Baie de Somme - Matières en suspension

Les concentrations moyennes annuelles en matières en suspension (MES) par station confirment l'existence d'un gradient qui s'oppose au gradient de salinité. Les concentrations s'échelonnent en moyenne, de 61,3 mg/l pour le point MIMER à 31.93 mg/l au point MER2. La figure 3.3 montre 3 pics de concentration en MES à la station MIMER le 8 février (85,3 mg/l) et le 7 juin (120,5 mg/l) et à la station MER1 le 22 novembre (174,4 mg/l).

On enregistre les plus grands écarts à la station MER1 le 26 mai et le 22 novembre. Les stations ATSO et ME2 ont une évolution similaire.

II.3.4 - Matière organique

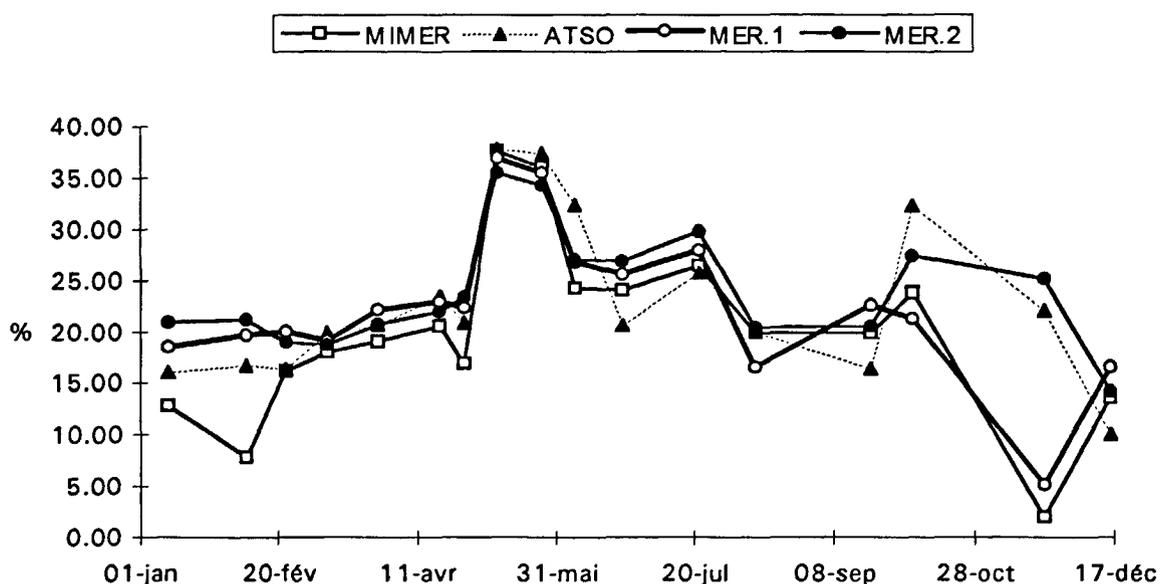


Fig. 3.4 : Baie de Somme - Matière organique

La perte au feu permet d'estimer la part pondérale de la matière organique dans les MES. Elle est exprimée en % du poids de MES. Les moyennes annuelles des pertes au feu par station sont comprises entre 20,0 % (MIMER) et 24,0 % (MER2). Il existe donc un gradient côte-large qui témoigne d'une nature préférentiellement minérale des MES près des côtes. La remise en suspension dans une colonne d'eau réduite au moment des courants les plus forts de la marée et la dérive côtière d'un matériel minéral fin sont certainement les principales causes de cette variation de concentration.

La figure 3.4 montre la présence des pics de matière organique aux mois de mai et août pour les quatre stations, et au mois d'octobre pour les stations ATSO et MER2; nous verrons que ceux-ci correspondent à une forte production primaire. Ils induisent l'existence de trois périodes d'efflorescence algale alors que les mesures de pigments chlorophylliens n'en laissent apparaître qu'une seule.

D'autre part, il apparaît que le pic de MES observé à la station MIMER en février et en juin et celui observé à la station MER1 en novembre sont de nature minérale :

- la remise en suspension au moment du flot semble être la cause principale à MIMER
- la dérive côtière est certainement la source du matériel minéral rencontré à MER 1 où la remise en suspension est moins facile en raison de hauteurs d'eau plus importantes.

II.3.5 - Chlorophylle a

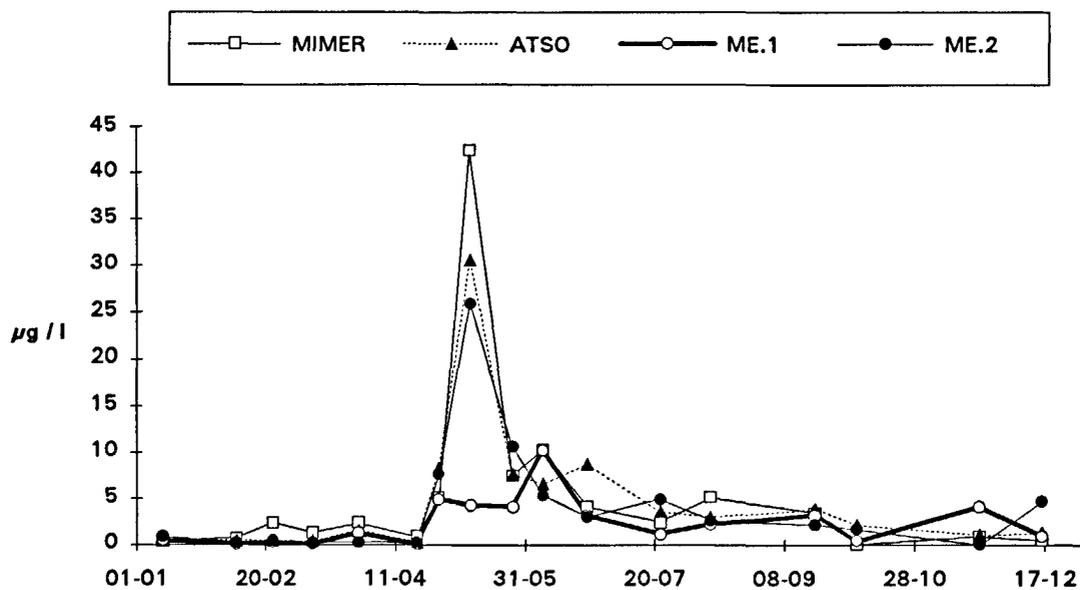


fig. 3.5. : Baie de Somme - Chlorophylle a

De même qu'en 1992 et 1993, les concentrations en chlorophylle a, observées sur la radiale Baie de Somme, décroissent selon un gradient côte-large. Les valeurs relevées sur la station MIMER lors de l'efflorescence algale printanière (42 µg/l) confirment la forte productivité de la Baie de Somme. Les concentrations en chlorophylle a, enregistrées sur les stations les plus marines, MER 1 et MER 2, ne dépassent pas, respectivement, 5 et 26 µg/l.

En 1994 on observe le pic de concentration en chlorophylle le 10 mai sur trois des quatre stations (MIMER, ATSO, MER 2), soit trois semaines plus tard qu'en 1993.

C'est le 7 juin seulement que l'on relève la concentration maximale en chlorophylle sur la station MER 1 avec 10.25 µg/l.

Dates	28/4/94	10/5/94	26/5/94
MIMER	5.13 µg/l	42.29 µg/l	7.53 µg/l
ATSO	8.25 µg/l	30.60 µg/l	7.69 µg/l
MER 1	4.97 µg/l	4.33 µg/l	4.17 µg/l
MER 2	7.69 µg/l	25.95 µg/l	10.65 µg/l

II.3.6. - Phaeopigments

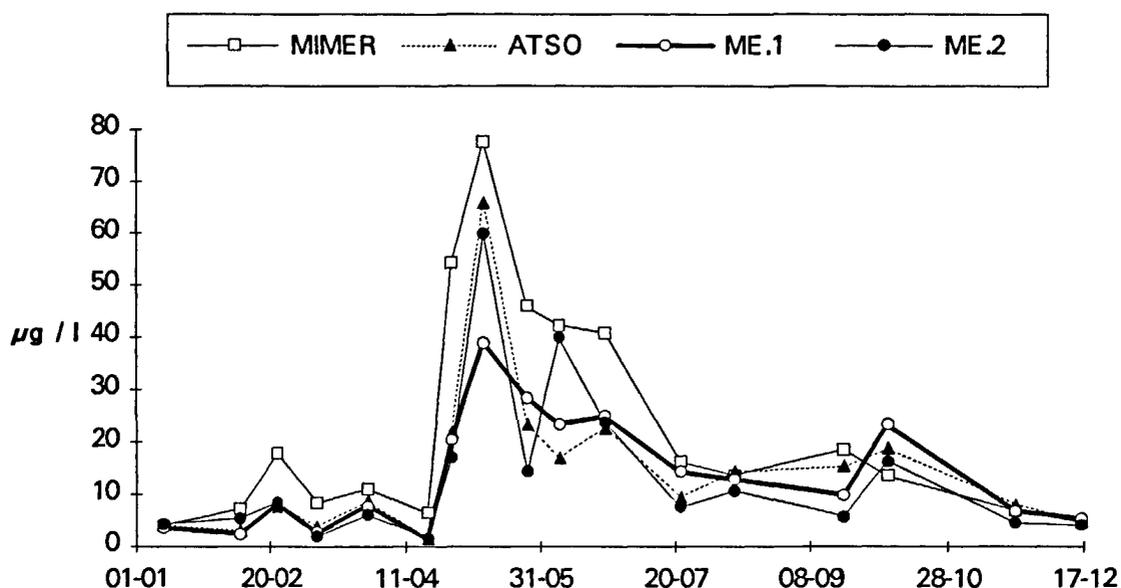


Fig.3.6. : Baie de Somme - Phaeopigments

Si la mesure des phaeopigments est un bon indicateur de la dégradation de la chlorophylle, on peut constater en 1994 que la concentration maximale en phaeopigments correspond globalement au pic de chlorophylle enregistré le 10 mai 1994. Cette quasi-simultanéité des deux phénomènes est la conséquence sans doute de la rapidité du turn-over des espèces phytoplanctoniques en Baie de Somme, mais également d'une fréquence d'échantillonnage peut-être insuffisante en cette période de l'année.

Dates	28/4/94	10/5/94	26/5/94
MIMER	54.31 µg/l	77.70 µg/l	45.85 µg/l
ATSO	21.92 µg/l	66.07 µg/l	23.26 µg/l
MER 1	20.32 µg/l	38.96 µg/l	28.47 µg/l
MER 2	17.21 µg/l	59.95 µg/l	14.30 µg/l

II.3.7 - ammonium

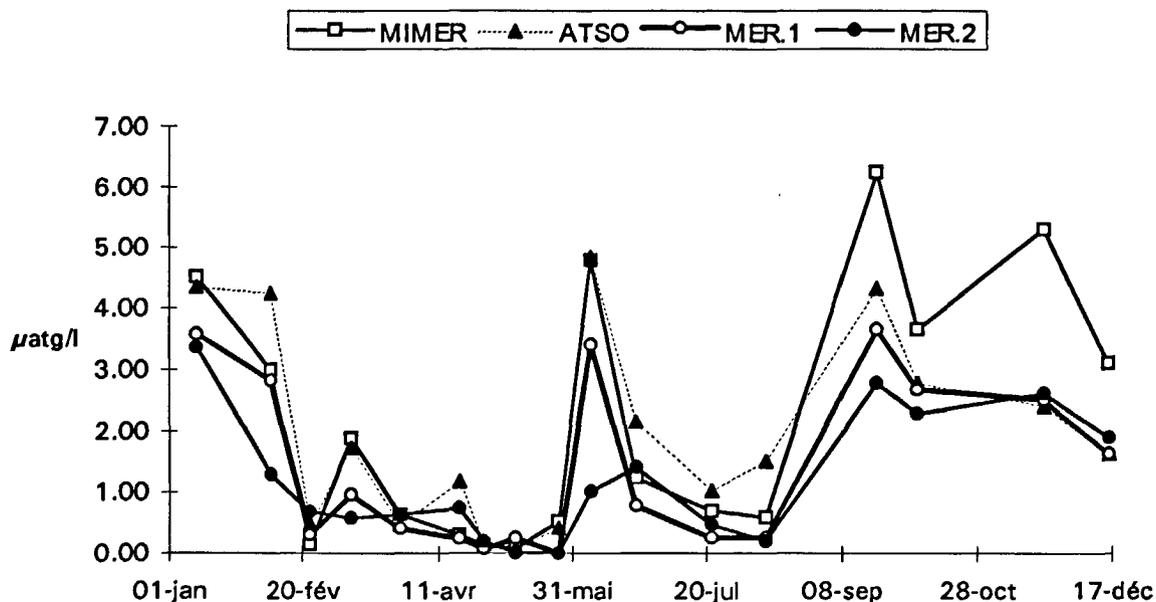


Fig. 3.7 : Baie de Somme - ammonium

Les moyennes annuelles des concentrations en ammonium par station sont décroissantes vers le large. Elles s'échelonnent de 2,2 $\mu\text{atg/l}$ à la station MIMER à 1,2 $\mu\text{atg/l}$ à la Station MER2. On enregistre les valeurs les plus faibles durant le mois de Mai, période pendant laquelle on observe également le bloom printanier ; les valeurs les plus importantes sont relevées à la fin du printemps et au début de l'automne (4,8 et 6,3 $\mu\text{atg/l}$). Pendant la saison hivernale où l'on assiste à la reconstitution du stock des éléments nutritifs, les concentrations maximales n'excèdent pas 4,5 $\mu\text{atg/l}$, on peut noter ainsi l'importance des phénomènes de régénération de l'ammonium.

II.3.8 - Nitrites

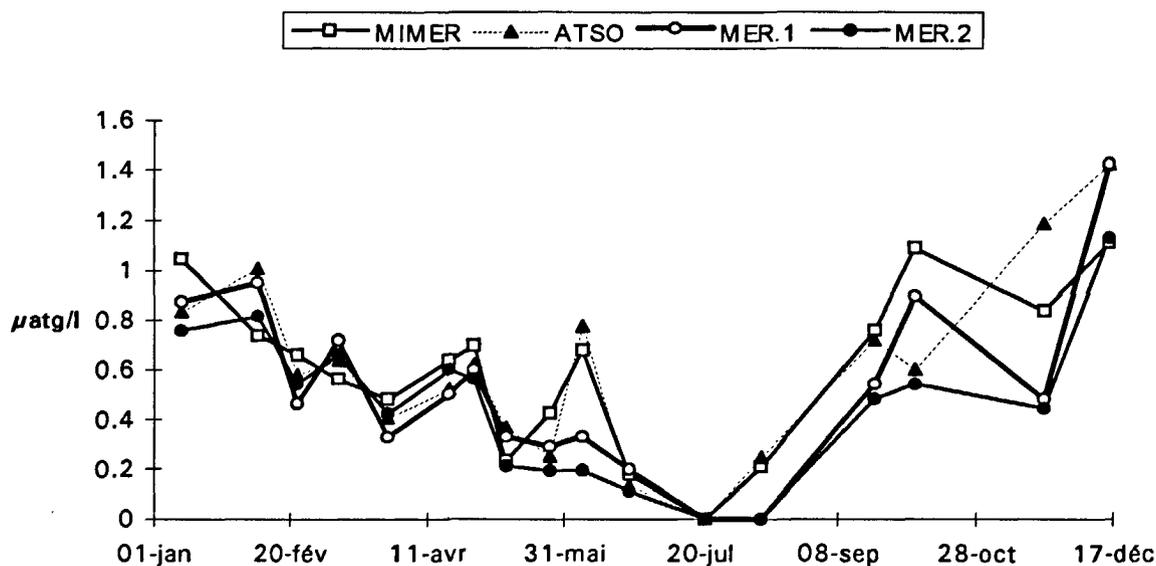


Fig. 3.8 : Baie de Somme - Nitrites

Les nitrites (fig. 3.8) représentent une forme de transition très fugace entre l'ammonium et les nitrates. Leurs concentrations sont très variables dans l'espace et le temps et réagissent très rapidement à des modifications du milieu et en particulier aux modifications des concentrations en oxygène dissous. Les concentrations en nitrites sont donc étroitement liées à l'activité biologique du système, ce qu'illustre bien la figure 3.8 : les concentrations en nitrites montrent une tendance décroissante pendant la phase de production primaire (printemps/été); ensuite le stock se reconstitue progressivement jusqu'à l'hiver.

L'effet de régénération de l'azote ammoniacal semble avoir un effet positif sur les concentrations en nitrites : l'équilibre est déplacé vers les nitrates pendant la phase de régénération.

En dehors de ce schéma général, l'interprétation de l'évolution des concentrations en nitrites demeure délicate.

II.3.9 - Nitrates

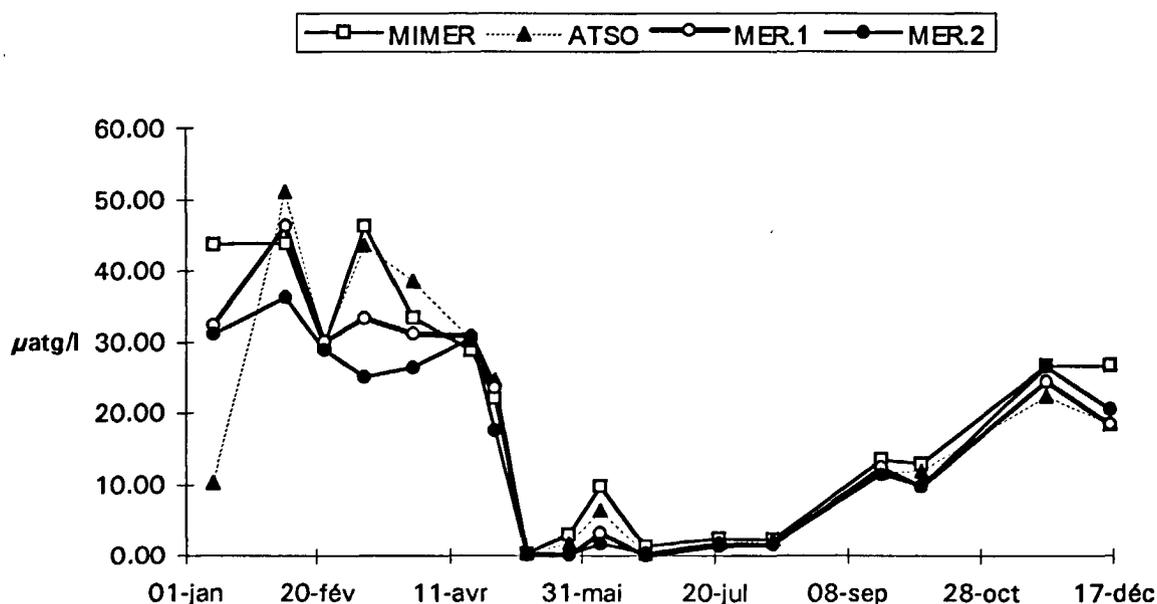


Fig.3.9 : Baie de Somme - Nitrates

Les concentrations moyennes annuelles des nitrates par station sont décroissantes vers le large et sont comprises entre 15,9 µatg/l à MER2 et 20,4 µatg/l à MIMER. La valeur minimale de concentration est relevée le 10 mai à la station MER1 (0,1 µatg/l); la valeur maximale (51,1 µatg/l) est observée le 8 février à la station ATSO où l'on note également la salinité la plus faible.

La période hivernale (janvier à mars) est caractérisée par un stockage important de nitrates dans la masse d'eau en absence de consommation par le phytoplancton; les valeurs s'échelonnent de 10,0 à 51,1 µatg/l en un gradient qui s'oppose au gradient de salinité. Les fluctuations des concentrations durant cette période (fig. 3.9) ne peuvent être reliées à l'activité biologique du milieu. En revanche, comme pour l'azote ammoniacal, il paraît opportun de les corrélérer aux variations de débit de la Somme.

La diminution des concentrations à partir de mars correspond à la réduction des apports fluviaux mais également au démarrage de la production phytoplanctonique printanière qui conduit rapidement à l'épuisement des nitrates le 10 Mai.

L'épuisement des nitrates persiste pendant toute la durée de l'efflorescence (mi-avril à mi-août) excepté pendant la période qui succède à la poussée principale, de fin mai à début juin, où l'on observe un léger pic (9,9 $\mu\text{atg/l}$) de concentration. Ce pic correspond au pic d'ammonium et peut être dû, en partie, à un début de reminéralisation. Cependant, la reminéralisation des nitrates est un processus lent et il faut surtout chercher l'origine de ce pic dans une chute de productivité correspondant à la sénescence de l'écosystème phytoplanctonique.

Dans la mesure où l'on observe une reprise de la productivité en juin, on peut s'attendre à observer une modification de la structure de l'écosystème phytoplanctonique entre le mois de mai et de juin.

Dès le mois de septembre, le stock de nitrates se reconstitue. Le 21 septembre, on observe une légère consommation à rapprocher du bloom automnal qui est relativement fugace et de faible intensité.

II.3.10 - Phosphates

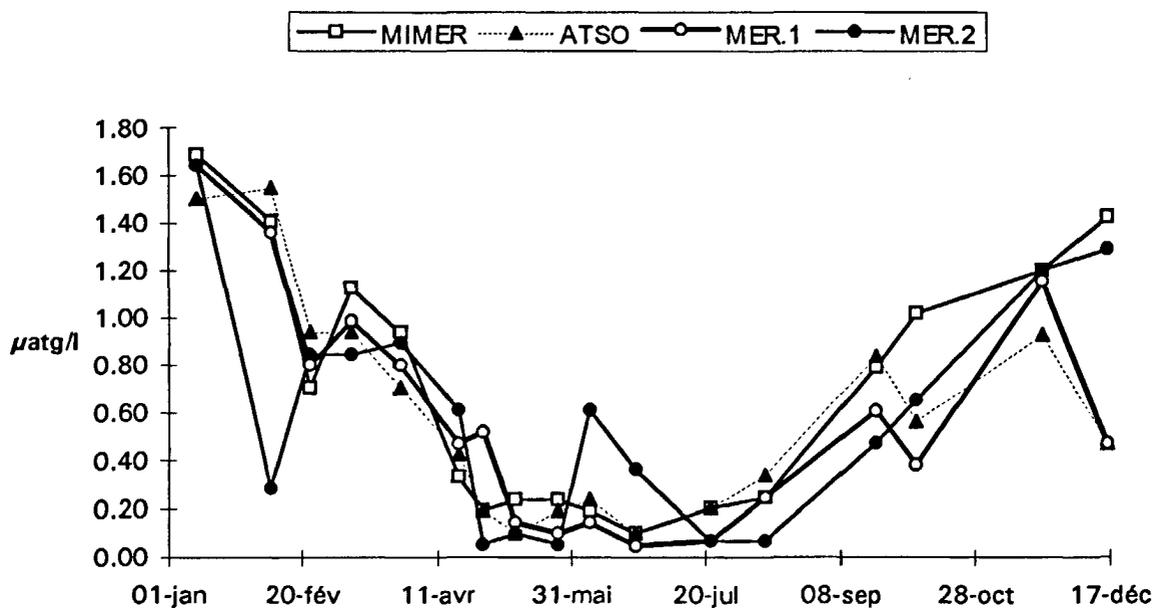


Fig.3.10 : Baie de Somme - Phosphates

Les moyennes annuelles des concentrations en orthophosphates sur la radiale par station déterminent un gradient opposé au gradient de salinité : 0,8 $\mu\text{atg/l}$ au point MIMER à 0,6 $\mu\text{atg/l}$ au point MER2. Le maximum de concentration est relevé en janvier à la station MIMER (1,69 $\mu\text{atg/l}$) et le minimum, en mai à la station MER2 (0,05 $\mu\text{atg/l}$).

La baisse des concentrations observée sur tous les points de janvier à mai (fig.3.10) est liée à la diminution des débits fluviaux et à la reprise de la production phytoplanctonique. Pendant la saison hivernale les concentrations sont bien corrélées aux débits.

La période succédant au bloom printanier est marquée par un pic d'orthophosphates au point MER2 dont il est difficile de préciser la nature.

Au niveau des trois stations les plus côtières, les phosphates sont consommés pendant toute la période de production. Nous pouvons également observer une pression sur le stock de phosphates en cours de formation au moment du bloom automnal aux stations ATSO et MER1.

Les stations ATSO et MER1 sont bien liées sur l'ensemble de l'année. MER2 et MIMER présentent des évolutions beaucoup plus indépendantes.

II.3.11 - Silicates

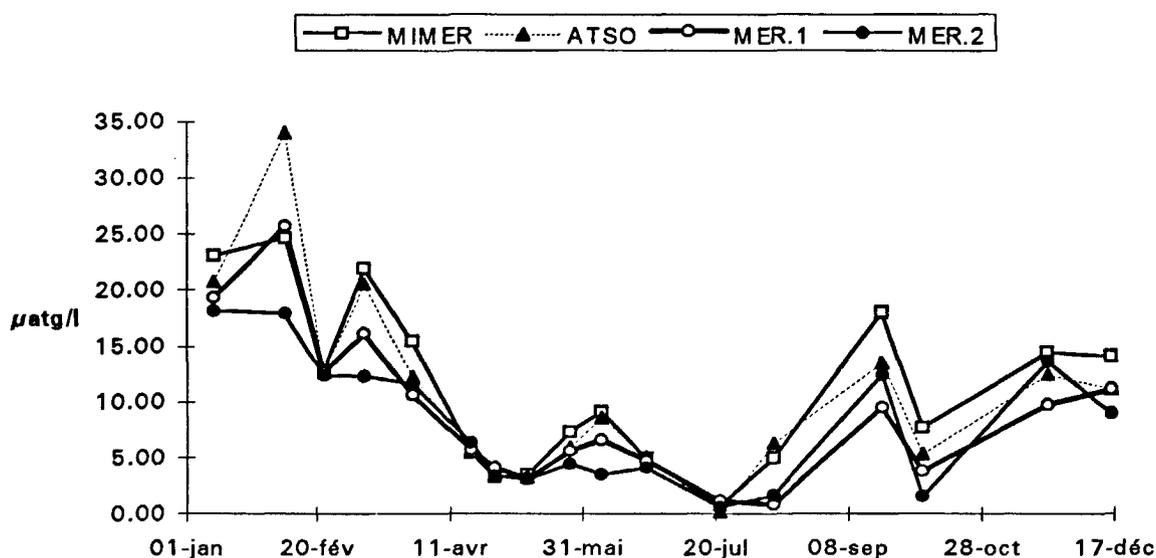


Fig. 3.11 : Baie de Somme - Silicates

Les moyennes annuelles des concentrations en orthosilicates sur la radiale par station déterminent un gradient opposé au gradient de salinité : 11,2 µatg/l au point MIMER à 7,99 µatg/l au point MER2. Le maximum de concentration est relevé en février à la station ATSO (34,0 µatg/l) et le minimum, en juillet à la station ATSO (0,16 µatg/l).

Les blooms successifs d'avril à octobre sont bien marqués.

L'évolution des concentrations en silicates est en tout point comparable à celle des nitrates, elle est modulée par le rapport débits fluviaux/production primaire : en dehors des périodes de production ces deux sels très liés apparaissent toujours conservatifs. Les processus de reminéralisation sont masqués par les apports importants (environ 50 fois supérieurs aux apports en ammonium et phosphates au niveau de la Somme).

II.3.12 - Phytoplancton

- *Phaeocystis*

Bien que son apparition soit plus tardive qu'en 1993 (environ 15 jours), *Phaeocystis globosa* domine les espèces présentes dans l'eau de mer de Mai à Juin sur l'ensemble des stations de prélèvements. Les concentrations maximales de cellules observées sur les stations : MIMER, ATSO et MER 2 coïncident avec le pic de chlorophylle enregistré le 10 Mai 1994.

Dates	MIMER	ATSO	MER 1	MER 2
19/4/94	104 000			
28/4/94	722 500	239 000	610 000	605 500
10/5/94	9 670 000	5 767 500	4 797 000	646 2000
26/5/94	4 574 500	3 183 500	4 857 000	1 988 000
7/6/94		356 500	636 000	1 163 000
24/6/94		1 043 500		

Tableau d'abondance de *Phaeocystis globosa* sur la radiale Baie de Somme en 1994

- Diatomées

Parmi la cinquantaine d'espèces de diatomées identifiées en Baie de Somme les plus abondantes sont les suivantes :

- *Melosira sulcata* et *Thalassionema nitzschioides* pendant la saison hivernale,
- *Asterionella glacialis*, *Rhizosolenia delicatula* et *Thalassiosira* durant l'efflorescence printanière,
- il convient de noter également l'abondance de *Rhizosolenia stolterforthii* lors des prélèvements de Juin et Juillet 1994.

- Dinoflagellés

- On remarque la présence de *Gyrodinium spirale* au printemps et de *Prorocentrum micans* hors période hivernale.

En 1994 aucune espèce toxique n'a été décelée sur la radiale Baie de Somme.

III. DISCUSSION

III.1 - Comparaison interradiale

Comme pour les bilans des années antérieures, nous nous proposons de dégager les différences essentielles entre chaque radiale en ce qui concerne les résultats des analyses physico-chimiques, biologiques et le phytoplancton.

III.1.1 - Paramètres physico-chimiques et biologiques

III.1.1.1 - Température et salinité

La température évolue pour les trois radiales dans une plage située entre 5 et 7°C pour les minima et 18-20°C pour les maxima. L'écart de température entre la côte et le large dépasse rarement 2°C.

La salinité moyenne pour Dunkerque et Boulogne est de l'ordre de 34-35 ‰ alors qu'elle est de 31-32 ‰ pour la Baie de Somme ce qui confirme l'influence de la dessalure due au fleuve Somme. A Boulogne, certaines valeurs atteignent 37 ‰ à la côte sans que l'on puisse pour l'instant l'expliquer.

On remarque pour les trois radiales des baisses de salinité liées aux fortes précipitations, principalement à celles d'avril, beaucoup moins à celles d'octobre.

Le gradient de salinité côte-large est le plus marqué en Baie de Somme.

III.1.1.2 - Matières en suspension, Turbidité et Matière organique

Les mesures de turbidité montrent des valeurs élevées l'hiver à Dunkerque et Boulogne (pas de résultats en Baie de Somme). Les résultats en MEST ne font pas apparaître de cycle annuel bien marqué. Les teneurs les plus élevées se situent en Baie de Somme avec un maximum de près de 180 mg/l pour la station MER 1.

Le pourcentage de matière organique est bas en hiver, élevé surtout en mai, en liaison avec la production primaire.

III.1.1.3 - Chlorophylle *a* et Phaeopigments

On note un net pic printanier en chlorophylle *a* sur la station la plus proche de la côte pour les 3 radiales avec 51,7 µg/l à Dunkerque, 30 µg/l à Boulogne et 42 µg/l en Baie de Somme. Un second pic apparaît au début de l'automne seulement à Boulogne.

Les phaeopigments sont des indicateurs de la dégradation de la chlorophylle. Ils correspondent cette année aux périodes de dégradation du phytoplancton.

En Baie de Somme, les phaeopigments peuvent atteindre à la côte près de 80 µg/l en mai contre 5 µg/l à Dunkerque et Boulogne.

III.1.1.4 - Nutriments

Les concentrations en ammonium sont comprises pour les trois radiales entre 0 et 7 µg/l avec un gradient décroissant côte-large, plus marqué en Baie de Somme. On constate que les valeurs les plus faibles se situent au début du printemps pour les stations côtières et que les valeurs les plus fortes apparaissent en automne.

Les nitrites présentent en moyenne des teneurs faibles pour les trois radiales (0 à 3 µg/l). Les minima se produisent l'été, les maxima l'hiver.

L'évolution saisonnière des nitrates est comparable à Dunkerque, Boulogne et en Baie de Somme. On passe par des maxima l'hiver puis par des minima d'avril à septembre et enfin on observe une remontée des concentrations l'automne. Les teneurs atteignent 40 µatg/l sur la station la plus côtière de Boulogne/mer, 50 µatg/l en Baie de Somme et 35 µatg/l à Dunkerque.

Les phosphates suivent globalement les mêmes variations annuelles que les nitrates avec des valeurs comprises entre 0 et 2 µatg/l.

Les silicates présentent pour les trois radiales des niveaux bas dès le mois d'avril et ce jusqu'en juillet où les teneurs commencent à remonter. Les maxima se situent en février en Baie de Somme (34 µatg/l) et à Boulogne (19 µatg/l), en décembre à Dunkerque (25 µatg/l).

III.1.2 - Phytoplancton

L'espèce *Phaeocystis globosa* apparaît surtout de fin avril à début mai à Dunkerque, en mai-juin en Baie de Somme avec une légère rémanence en octobre à la station MIMER. *Phaeocystis globosa* domine l'ensemble des taxons durant l'efflorescence printanière pour l'ensemble des stations de prélèvements.

En ce qui concerne les diatomées, on note une similitude sur les trois radiales dans la succession des espèces principales. On dénombre ainsi les genres suivants : *Thalassionema*, *Melosira*, *Skeletonema*, *Asterionella*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*.

Globalement le nombre d'espèces identifiées est plus élevé en Baie de Somme qu'à Dunkerque ou Boulogne.

Aucune espèce toxique n'est présente à Dunkerque et en Baie de Somme. Dinophysis est observé à Boulogne en septembre mais en faible quantité.

III.2. - Discussion

Il faut, en préambule, constater que 46 sorties ont été effectuées en 1994 (voir Annexe 4). A Dunkerque, du fait des sorties effectuées dans le cadre du programme R.N.O., tous les paramètres prévus n'ont pu être analysés. En 1995, la totalité des analyses sera effectuée sur cette radiale, y compris pour les prélèvements R.N.O.

1. Température et Salinité

Les résultats confirment bien l'évolution saisonnière de la température et le gradient côte-large pour la salinité avec les influences maritimes pour Boulogne et Dunkerque et celles du fleuve Somme en Baie. Une explication des fortes salinités observées à Boulogne devra être recherchée.

2. MEST, Turbidité et MO

Il est possible de corréler ces trois paramètres : les MEST semblent plus abondantes l'hiver, sont de nature essentiellement minérale et contribuent à une turbidité élevée. L'été, les MEST passent souvent par un minimum, sont de nature principalement organique et influent beaucoup moins sur la turbidité. Les maximums de matière organique correspondent aux périodes de forte production primaire.

3. Chlorophylle *a* et Phaeopigments

Les teneurs maximales en chlorophylle *a* pour les radiales de Dunkerque et surtout Boulogne sont plus élevées qu'en 1993. En Baie de Somme, le pic de chlorophylle semble plus tardif que l'année précédente. Les phaeopigments suivent globalement les teneurs en chlorophylle à Boulogne et en Baie de Somme.

4. Nutriments et Phytoplancton

Les concentrations élevées en ammonium et en nitrites à l'automne et en hiver ont certainement pour origine les apports continentaux. Elles évoluent en dents de scie du fait de leur instabilité ou de leur consommation préférentielle par le phytoplancton.

Les nitrates et les phosphates sont consommés rapidement par le phytoplancton, ce qui explique leur chute mi-avril lorsque le bloom est observé. Par rapport à 1993, le pic de nitrates est plus faible à Dunkerque, plus fort à Boulogne et en Baie de Somme.

Dès février, les diatomées utilisent les silicates dissous jusqu'à épuisement afin de constituer leurs thèques.

Le bloom de *Phaeocystis* coïncide cette année avec le pic de chlorophylle du 9 mai à Dunkerque et du 10 mai en Baie de Somme.

D'une façon générale, les efflorescences phytoplanctoniques ont été un peu moins intenses en 1994 qu'en 1993 et un peu plus tardives.

5. Influence des conditions météorologiques

On sait que les conditions météorologiques (pluie, vent, soleil) peuvent avoir une influence importante sur la plupart des paramètres analysés dans cette étude.

Le paramètre pluviométrie a été plus particulièrement étudié. Les précipitations enregistrées par décade aux trois stations météorologiques de Dunkerque, Boulogne/Mer et Le Hourdel (Annexe 3) font apparaître plusieurs épisodes pluvieux tout au long de l'année avec des maximums en avril, septembre, octobre et décembre.

En moyenne, l'année 94 a été plus pluvieuse qu'en 93 (900 mm contre 720 mm) sur le littoral Nord/Pas-de-Calais/Picardie. Les fortes pluies en dehors de la saison estivale ont contribué au gonflement des débits des fleuves côtiers et notamment de la Somme qui a été en crue de janvier à mars.

Ces fortes crues peuvent expliquer les dessalures d'avril sur les trois radiales et également l'opposition marquée entre la période hivernale et la période estivale au point de vue de la salinité mais également des apports en nutriments.

CONCLUSION

Les résultats de cette troisième année de fonctionnement du Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord/Pas-de-Calais/Picardie permettent de tirer toute une série d'enseignements qui confirment souvent les résultats obtenus lors des suivis 1992 et 93 :

- 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 paramètres. Les sels nutritifs passent par des maxima en hiver et des minima en été. Pour la chlorophylle et le phytoplancton, on observe les valeurs les plus faibles en hiver et les plus élevées au printemps.
- Une différence assez nette apparaît entre les deux sites marins de Dunkerque - Boulogne d'une part et celui de la Baie de Somme d'autre part en ce qui concerne la salinité, les matières en suspension, les phaeopigments, la plupart des nutriments et la variété d'espèces phytoplanctoniques.
- Enfin, on note l'influence des épisodes pluvieux sur la plupart des paramètres.

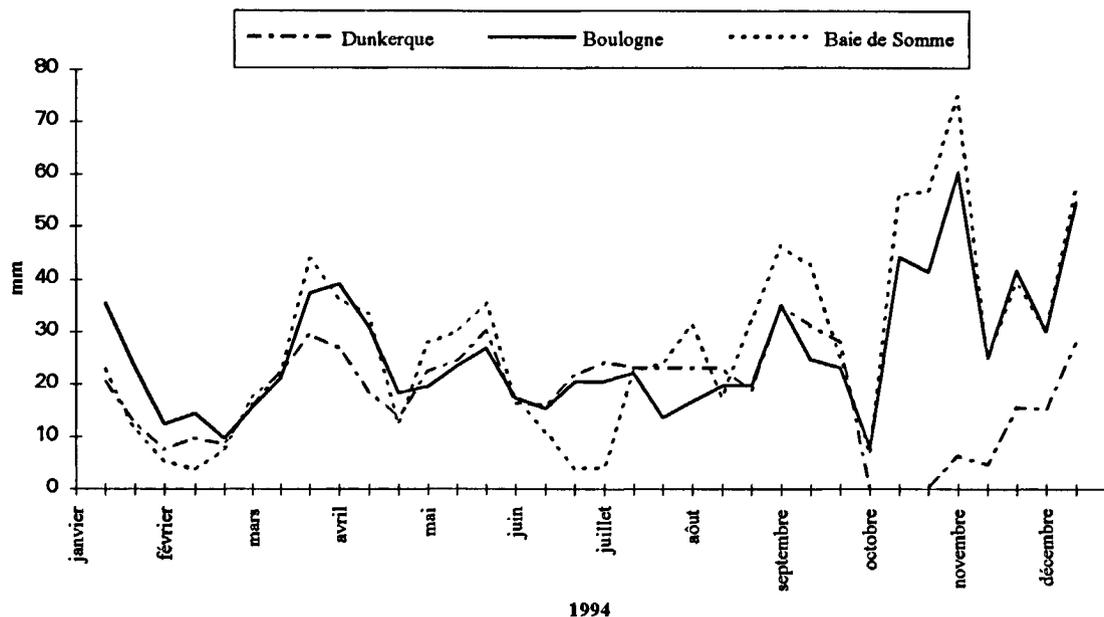
Par rapport aux résultats de 93, on constate surtout une tendance à l'augmentation des teneurs en nitrates et chlorophylle a .

Une synthèse des résultats obtenus lors des trois premières années de fonctionnement du Suivi Régional des Nutriments sera effectuée au cours du deuxième semestre 95. Il est prévu d'y décrire les indices globaux d'évolution de 92 à 94, d'établir des corrélations entre les différents paramètres, de faire un bilan critique du SRN actuel et de voir l'influence des conditions environnementales (apports, météo,...) sur les résultats du suivi.

Mais c'est certainement à plus long terme, comme le prévoit la convention passée entre l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et l'IFREMER, que l'on pourra entrevoir d'éventuelles améliorations ou dégradations des eaux littorales.

mois	Dunkerque	Boulogne	Baie de Somme	moyenne	ecart-type
janvier	36,8	59,9	35,0	43,9	13,9
	16,3	33,6	18,2	22,7	9,5
février	8,3	13,2	15,4	12,3	3,6
	14,2	23,1	0,8	12,7	11,2
mars	0,2	1,0	0,2	0,5	0,5
	15,1	19,5	10,2	14,9	4,7
avril	10,3	8,7	12,4	10,5	1,9
	23,0	19,1	30,0	24,0	5,5
mai	33,4	35,9	24,0	31,1	6,3
	32,2	57,2	77,8	55,7	22,8
juin	15,1	24,5	7,4	15,7	8,6
	9,3	11,4	15,0	11,9	2,9
juillet	17,2	19,5	15,0	17,2	2,3
	40,9	28,2	54,0	41,0	12,9
août	15,8	23,4	21,2	20,1	3,9
	33,6	29,3	31,2	31,4	2,2
septembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	14,5	17,3	2,0	11,3	8,1
octobre	50,5	44,2	10,2	35,0	21,7
	7,7	0,4	0,0	4,1	5,2
novembre	11,3	22,1	57,4	30,3	24,1
	50,5	19,1	15,0	28,2	19,4
décembre	7,7	9,5	21,8	13,0	7,7
	11,3	31,3	16,2	19,6	10,4
somme	37,8	19,0	58,4	38,4	19,7
	55,9	55,2	64,8	58,6	5,4
somme	0,3	0,4	5,0	1,9	2,7
		14,2	6,0	10,1	5,8
somme		10,0	9,4	9,7	0,4
		108,8	152,6	130,7	31,0
somme	0,6	5,8	8,8	5,1	4,1
	12,2	66,6	62,8	47,2	30,4
somme	1,6	3,2	4,0	2,9	1,2
	33,0	55,4	51,2	46,5	11,9
somme	11,6	31,6	35,6	26,3	12,9
	39,0	77,2	84,2	66,8	24,3
somme	667,2	998,8	1033,2	899,7	202,1

Pluviométrie décadaire en 1994



Moyenne mobile des pluviométries décadaires.

Il est tombé en moyenne 990 millimètres d'eau sur le littoral durant l'année 1994. Les quantités d'eau tombées cette année ont été croissantes de Dunkerque à la Baie de Somme.

La première décade de juin est la plus sèche (0 mm). La troisième d'octobre a été la plus humide (131.7 mm).

Le tableau faisant apparaître des valeurs en dent de scie, Nous avons établi la figure ci-dessus à partir des moyennes mobiles (n=3).

Les valeurs passent par un minimum au milieu du mois de février puis augmentent au début du printemps (mars-avril). Elles oscillent de part et d'autre de 20-25 millimètres du mois d'avril au mois de septembre. C'est en Baie de Somme que l'amplitude est la plus marquée.

Au cours de l'automne, les pluies sont de plus en plus abondantes. Les variations sont semblables à Boulogne et en Baie de Somme où elles sont plus importantes en début de saison. A Dunkerque, par contre, les chutes d'eau sont beaucoup plus faibles.

BIBLIOGRAPHIE

- *"Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord / Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1992"*
M. MIRLICOURTOIS, R. OLIVESI, F. JAMET, H. RYBARCZYK, M. MOREL -
Juillet 1993, 115 pp.
- *"Suivi Régional des Nutriments sur le littoral Nord/Pas-de-Calais. Bilan de l'année 1993"*
B. HITIER, R. OLIVESI, H. RYBARCZYK, R. DELESMONT, M. MOREL - Juillet 1994,
66 pp.
- *Le littoral de la région Nord/Pas-de-Calais, "Qualité du milieu marin"* - Rapport IFREMER
n° 3-1986, 149 pp.
- *Le littoral de la région Nord/Pas-de-Calais, "Apports à la mer"* - Rapport IFREMER
n° 15-1989, 149 pp.
- *Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, "Dix années de surveillance,
1974-1984"* - Rapport IFREMER, vol.II, 1988, 229 pp.
- *Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, "Surveillance du milieu
marin, Travaux du RNO"* - Rapport IFREMER, éditions 1989-1990 (32 pp.), 1991 et 1992-93,
1994.
- *Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin ; Surveillance du milieu
marin, Travaux du RNO, "Intercomparaison 1992 pour la salinité et les sels nutritifs"*-
Rapport IFREMER, 1992, 68 pp.
- *"Annuaire de la qualité des eaux de surface du département de la Somme"*.- Agence de l'Eau
Artois-Picardie, 1991.
- *"Nitrogen, Phosphorus, Plankton and Oxygen. Deficiency in the German Bight and in Kiel
Bay"* - Kieler Meeresforschungen, 1990, 35 pp.
- *"Manuel des analyses chimiques en milieu marin"* - Centre National pour l'Exploitation des
Océans -. AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983, 395 pp.
- Reports and studies n° 34, *"Review of potentially harmful substances. Nutrients"* - United
Nations Educational, Scientific and Organisation, 1990, 40 pp.
- *"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.
- *"Processus d'eutrophisation et ses conséquences sur les peuplements d'un écosystème
estuarien : la Baie de Somme"* - Thèse soutenue par H. RYBARCZYK à l'Université PARIS-
6, Juin 1992, 171 pp.

- *"North Sea subregion 4 et 9, Assessment Report"* - North Sea Task Force - 1993, 195 pp. et 153 pp.

- *"Qualité du milieu marin littoral"*- Rapport IFREMER 1993, M. JOANNY, 241 pp.

- *"Water Pollution Research Report n° 23 : The dynamics of Phaeocystis Blooms in Nutrient Enriched coastal zones"* - C. LANCELOT and Al. 1991, 106 pp.

ANNEXE 1

Analyses physicochimiques

Résultats bruts

ANNEXE 2

Analyses phytoplanktoniques

Résultats bruts

ANNEXE 3

***Pluviométrie par décade
à Dunkerque - Boulogne - Baie de Somme***

ANNEXE 4

CALENDRIER DES SORTIES