

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMENAGEMENT LITTORAL

**DISTRIBUTION VERTICALE, A BASSE ET PLEINE MERS, DU
PHYTOPLANCTON ESTIVAL EN BAIE DE SEINE
(Juillet 1991 - Campagne DINOSEINE 1)**

par

***MAGGI Pierre* (1), *TRUQUET Philippe* (1), *MORNET Françoise* (2), *LASSUS Patrick* (1)**

(1) IFREMER, Centre de Nantes, DEL, B. P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01

(2) CREMA, B. P. 5, L'Houmeau, 17137 Nieul-sur-Mer

IFREMER
 Centre de Nantes
 B. P. n° 1049
 44037 NANTES CEDEX 01

<p>AUTEURS</p> <p>MAGGI P., TRUQUET P., MORNET F., LASSUS P.</p>	<p>CODE :</p> <p>N° DEL/92.06 NANTES</p>
<p>TITRE</p> <p>DISTRIBUTION VERTICALE, A BASSE ET PLEINE MERS, DU PHYTOPLANCTON ESTIVAL EN BAIE DE SEINE (JUILLET 1991 - CAMPAGNE DINOSEINE 1)</p>	<p>date : novembre 1992</p> <p>tirage nb : 50</p> <p>Nb pages : 22</p> <p>Nb figures : 22</p> <p>Nb photos : /</p>
<p>CONTRAT</p> <p>(intitulé)</p> <p>N° _____</p>	<p>DIFFUSION</p> <p>libre <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>restreinte <input type="checkbox"/></p> <p>confidentielle <input type="checkbox"/></p>

Résumé

Une campagne de prélèvements hydrologiques a été réalisée en juillet 1991 en baie de Seine sur le N/O THALIA. Elle visait à connaître la distribution du phytoplancton en fonction des paramètres physicochimiques du milieu et plus particulièrement par rapport à l'extension du panache de la Seine. Bien que les espèces toxiques recherchées (*Dinophysis* spp.) aient été absentes au cours de cette opération, l'analyse et le traitement des données recueillies sur une radiale côtière située entre le Havre et Antifer ont permis de discriminer les espèces à affinité estuarienne ou marine présentes pendant cette période. Les diatomées étaient largement dominantes, en particulier *Skeletonema costatum* et *Rhizosolenia stolterfothii*, alors que les dinoflagellés étaient très peu représentés.

Mots clés : Baie de Seine, hydrologie, *Dinophysis*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, distribution verticale.



DISTRIBUTION VERTICALE, A BASSE ET PLEINE MERS, DU PHYTOPLANCTON

ESTIVAL EN BAIE DE SEINE

(Juillet 1991 – Campagne DINOSEINE 1)

MAGGI Pierre ⁽¹⁾, TRUQUET Philippe ⁽¹⁾, MORNET Françoise ⁽²⁾, LASSUS Patrick ⁽¹⁾

(1) IFREMER, Centre de Nantes, DEL, B. P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01

(2) CREMA, B. P. 5, L'Houmeau, 17137 Nieul-sur-Mer

INTRODUCTION

Depuis 1983, le site d'Antifer (côtes normandes), est le siège de proliférations estivales exceptionnelles de *Dinophysis* spp., atteignant des concentrations rencontrées nulle part ailleurs sur le littoral français (10^5 à 10^6 cellules.l⁻¹). Une surveillance régulière, des densités de *Dinophysis* ainsi que des températures et salinités, est réalisée quotidiennement chaque été dans l'eau de surface, à l'intérieur de ce port pétrolier.

Ce point de référence, analysé de juin à septembre entre 1986 et 1991, a permis de montrer une étroite corrélation entre les maximums de densité de *Dinophysis* spp. et le régime des vents dominants (de CREMOUX, 1988 ; LASSUS et MARCAILLOU-LE BAUT, 1991 ; LASSUS *et al.*, 1992).

Cependant, ce phénomène ne serait que transitoire et postérieur à d'autres facteurs favorisant l'accumulation superficielle des *Dinophysis* spp. dans les eaux de surface. Les campagnes de 1988 ont montré (LASSUS *et al.*, 1990) une augmentation momentanée des densités cellulaires dans l'enceinte portuaire liée à la dérive des masses d'eaux estuariennes, dessalées et riches en nitrates, le long de la côte nord de la baie de Seine. Par ailleurs, les observations le long de profils verticaux de la répartition des populations de dinoflagellés (LASSUS *et al.*, 1991) ont également révélé une distribution très superficielle de *Dinophysis* (5 m superficiels), corroborant d'autres résultats obtenus en baie de Vilaine (DURAND-CLEMENT *et al.*, 1988). Il semble donc que l'on puisse admettre qu'en régime calme, lorsque la masse d'eau est moyennement à très stratifiée, ces dinoflagellés soient solidaires des eaux de surface côtières. Ils subissent de ce fait plus facilement l'action des vents de mer, faibles à modérés (secteurs S et SW à Antifer) qui les concentrent le long des discontinuités thermiques ou halines. Le rôle de la stratification des eaux superficielles côtières a été confirmé au large des pertuis charentais (DELMAS *et al.*, 1990) mais l'impact réel des apports d'un grand fleuve, comme la Seine, sur les populations de *Dinophysis* présentes dans la baie de Seine, reste à démontrer.

Si l'on admet l'hypothèse selon laquelle les proliférations estivales en baie de Seine se développeraient en plusieurs étapes :

- 1*) multiplication cellulaire sous la dépendance de facteurs nutritifs à définir (rôle des apports de la Seine),
- 2*) concentration phototactique en surface,
- 3*) action des vents de mer sur le transfert en zone côtière des dinoflagellés,
- 4*) processus hydrodynamiques locaux (confinement dans l'enceinte portuaire d'Antifer),

seule l'étape 3 a été mise en évidence.

La campagne DINOSEINE 1 de 1991 devait permettre d'établir le rôle du panache de la Seine et de son extension, à PM et BM, sur la distribution horizontale et verticale des *Dinophysis* dans la partie interne de la baie, et ce, si possible, avant les processus d'accumulation physique dans le port d'Antifer. Cette campagne avait donc pour objectif essentiel de connaître la répartition verticale des dinoflagellés en général et des *Dinophysis* spp en particulier dans la partie interne de la baie de Seine, directement soumise aux fluctuations des masses d'eaux estuariennes.

Pour tenter d'élucider cette étape primordiale du phénomène de prolifération/accumulation du phytoplancton, une campagne sur le N.O. THALIA a été effectuée du 22 au 26 juillet 1991, c'est-à-dire avant la période du maximum saisonnier à Antifer (mi-août).

MATERIEL ET METHODES

Une prospection sur six radiales totalisant 27 stations était prévue à PM et BM sur six niveaux : 1, 3, 5, 10, 15 et 20 m pour les fonds compris entre 20 et 30 m, et cinq niveaux pour les fonds côtiers (fig. 1). Les prélèvements d'eau ont été réalisés à la bouteille hydrologique (bouteilles Niskin de 1,7 l) à chaque niveau, entre - 2 h et + 2 h avant la PM ou la BM. La température a été relevée avec une sonde Ponselle, les salinités ont été analysées au laboratoire par un salinomètre à induction Beckman, et la chlorophylle a sur spectrofluorimètre Turner. Les sels nutritifs (silicate, phosphate, nitrate, nitrite) ont été mesurés par un autoanalyseur Skalar et la pénétration lumineuse en surface a été évaluée au moyen du disque de Secchi.

Des échantillons d'eau de 250 ml ont été fixés au lugol acétique afin de procéder ensuite à des dénombrements phytoplanctoniques, au microscope inversé, selon la méthode Uthermöl.

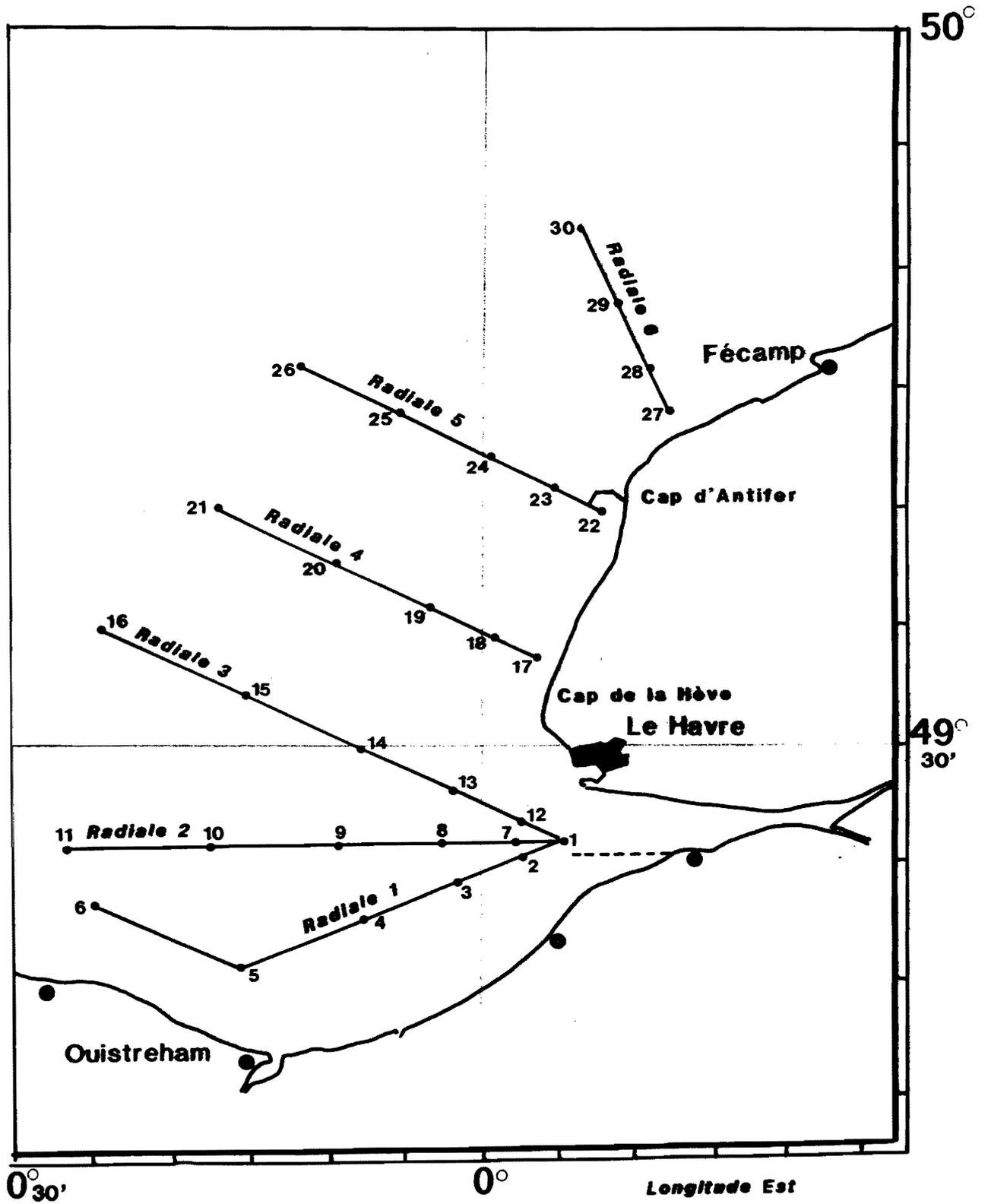


Figure 1 : Localisation des radiales et des stations de prélèvement réalisées au cours de la campagne DINOSEINE 1 (22 au 26 juillet 1991).

RESULTATS

En raison des mauvaises conditions météorologiques qui ont dominé les trois derniers jours de la campagne, seules les radiales 1 à 4 ont pu être réalisées entièrement, à BM et PM. Par ailleurs, afin de savoir le plus rapidement possible quelles étaient les radiales les plus représentatives (prélèvements hydrologiques et biologiques), une observation phytoplanctonique rapide de plusieurs profils pris au hasard a été effectuée. Il est apparu immédiatement que tous les niveaux concernés (1 m à 20 m) des stations 4, 5, 9, 11, 14, 19 et 21 à PM ne contenaient aucune espèce de *Dinophysis* (non détectés au seuil de 40 cellules.l⁻¹) alors que l'ensemble de la flore phytoplanctonique était dominée par des diatomées en chaîne appartenant aux genres *Skeletonema*, *Thalassiosira* et *Rhizosolenia*.

Pour cette raison, le dépouillement quantitatif des données a été limité à l'examen de la radiale 4, dont le choix reposait sur au moins deux critères :

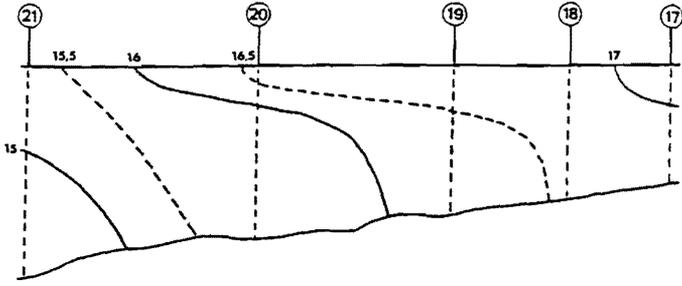
- 1°) proximité du site d'Antifer,
- 2°) radiale la plus nord par rapport à la diffusion du panache de la Seine.

De ce fait, compte tenu de l'absence de *Dinophysis* fin juillet (les dénombrements étaient également nuls à la station de référence dans le port d'Antifer), il avait été convenu de poursuivre cette investigation au moyen d'une deuxième campagne (DINOSEINE 2) réduite à la radiale 4 prolongée à l'ouest par trois stations supplémentaires. Echantillonnée de la même façon à PM et BM cette radiale devait être réalisée trois fois, au cours de trois semaines consécutives et avec une embarcation rapide (vedette des Douanes ou des Affaires Maritimes) avant, pendant et après le pic saisonnier de *Dinophysis*. Malheureusement, l'examen journalier des concentrations de *Dinophysis* au point de référence d'Antifer a révélé l'absence de *Dinophysis* dans les prélèvements jusqu'au 16 septembre, et quelques apparitions sporadiques ne dépassant pas 200 cellules.l⁻¹ entre le 16 et le 27 septembre.

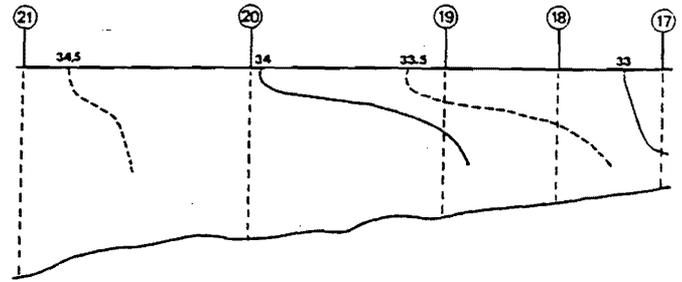
En conséquence, la campagne DINOSEINE 2 n'a pu être réalisée et les résultats présentés ici ne concernent que la radiale 4 de la campagne DINOSEINE 1 (24 et 25 juillet 1992).

L'examen des profils de température (fig. 2) à PM révèlent une relative homogénéité, mais à BM, l'isotherme 17° C limite une extension superficielle importante des eaux chaudes côtières vers le large. Les profils de salinité (fig. 3) montrent une homogénéité générale de la tranche d'eau prospectée avec un gradient de salinité croissant dans le sens côte / large.

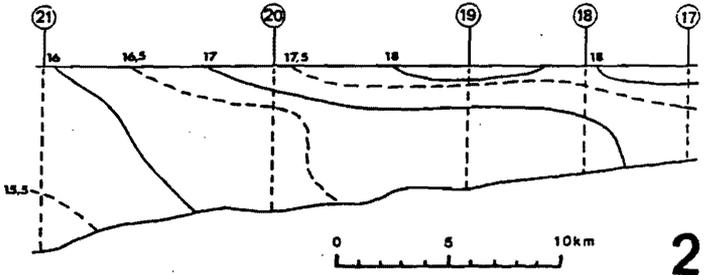
TEMPERATURE
PLEINE MER



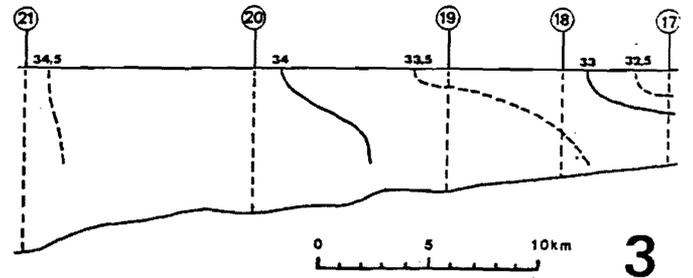
SALINITE
PLEINE MER



BASSE MER



BASSE MER



0 5 10km

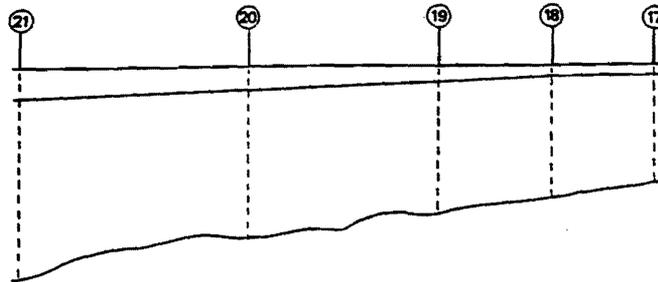
2

0 5 10km

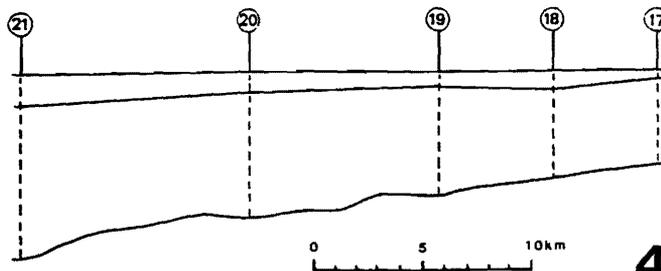
3

DISQUE DE SECCHI

PLEINE MER



BASSE MER



0 5 10km

4

Figures 2, 3 et 4 : Profils de température, salinité et pénétration lumineuse (disque de Secchi) correspondant à la radiale 4 (stations 17 à 21).

Les espèces dominantes dans l'ensemble des stations sont des diatomées : *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira* spp, *Chaetoceros* spp., et *Rhizosolenia stolterfothii*. Les dinoflagellés ne représentent que 0,1 à 1 % du phytoplancton total avec une abondance, semble-t-il, plus grande à basse mer qu'à pleine mer, et des espèces dominantes hétérotrophes comme *Gyrodinium spirale* et *Polykrikos schwartzii*. Le disque de Secchi montre sensiblement la même limite (entre 5 et 10 m) de pénétration lumineuse à pleine mer et basse mer (fig. 4).

Pour ce qui concerne la chlorophylle a (fig. 5 et 6) les teneurs sont homogènes dans la tranche d'eau (peu de variation d'un niveau à l'autre) à BM, avec des concentrations plus importantes près de la côte (entre 5 et 7 mg.m³) qu'au large (entre 2 et 3 mg.m³).

A PM la situation ne change pas pour les stations les plus extérieures (20 et 21) mais on constate des augmentations de chlorophylle a (7 à 9 mg.m³) entre 0 et 5 m aux stations 17 et 19. Ces teneurs sont compatibles avec le maximum saisonnier à diatomées observé dans divers sites, et en particulier lorsqu'on les compare avec des valeurs trouvées, en été, en baie de Vilaine (MAGGI *et al.*, 1986 ; 1987 a et b ; 1988).

Les principaux composants des sels nutritifs ont également été analysés (figs 7 à 10). Pour les formes oxydées de l'azote (plus de 10 $\mu\text{moles.l}^{-1}$ de NO₃ à PM), on constate aussi bien pour les nitrites que pour les nitrates, des valeurs plus élevées près de la côte, mais globalement homogènes, excepté les nitrites à PM qui suivent un profil très semblable à celui de la température et de la salinité (extension superficielle des eaux chaudes côtières et dessalées vers le large).

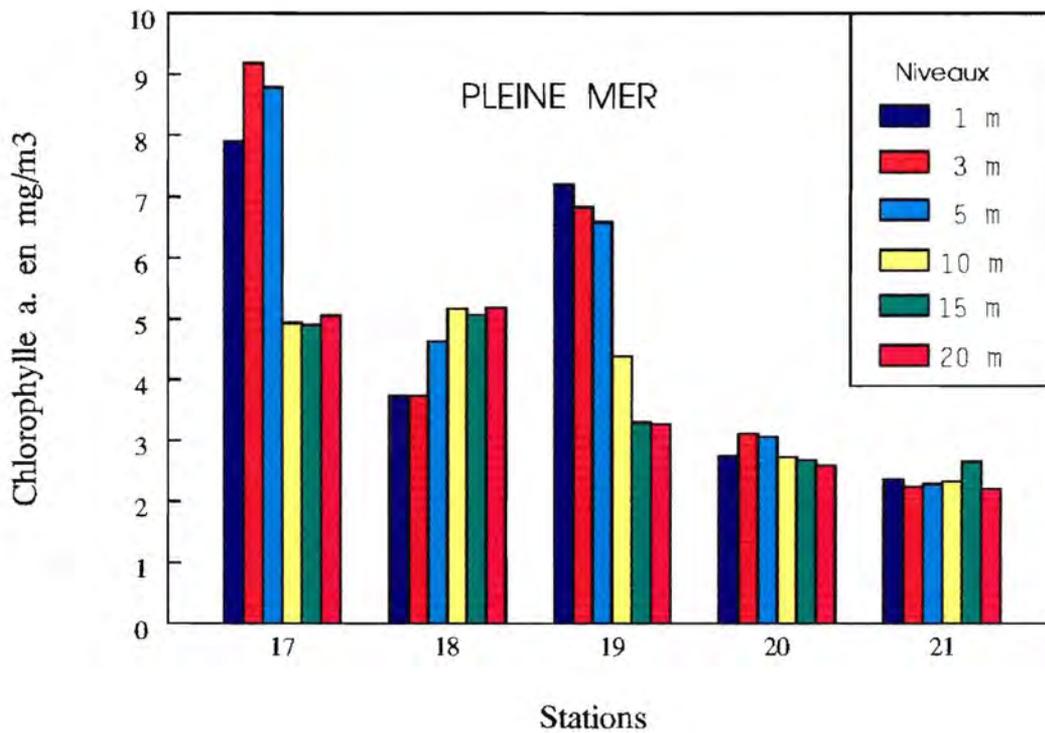
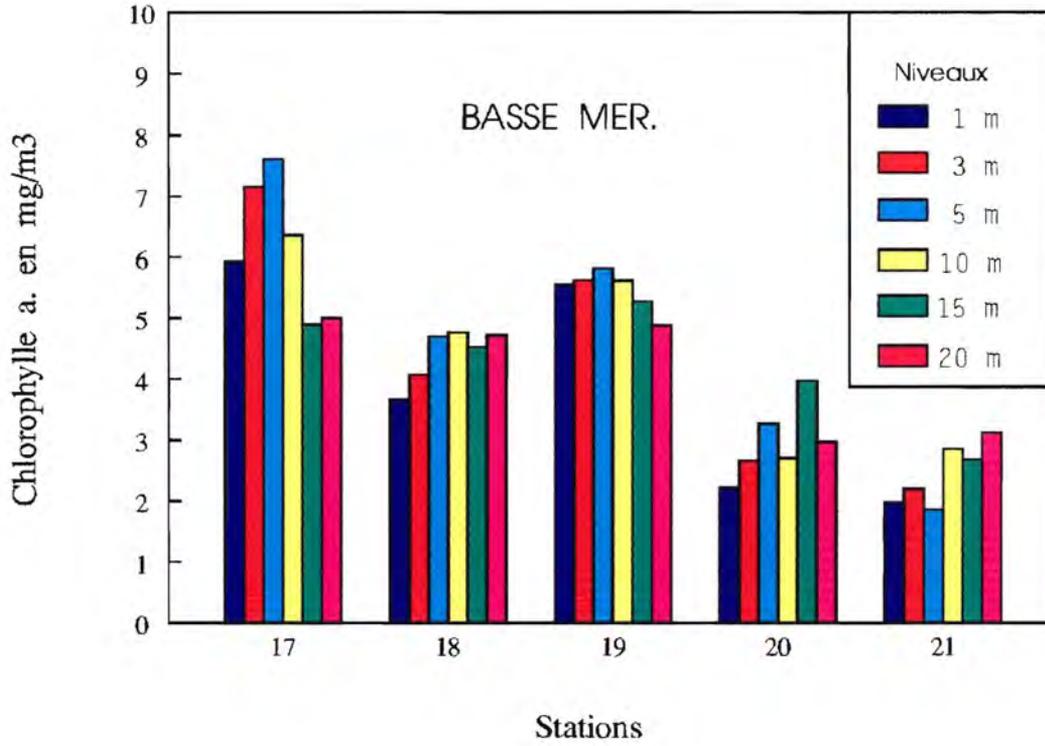
Les silicates révèlent une distribution hétérogène avec des concentrations plus élevées (plus de 3 $\mu\text{moles.l}^{-1}$) au voisinage du fond pour les stations 19 et 20. Enfin, les phosphates ne montrent pas de teneurs élevées et suivent une répartition homogène sur la colonne d'eau à PM et BM.

A partir de ces différentes observations hydrologiques, nous avons tenté de décrire et d'expliquer la distribution des principales espèces phytoplanctoniques dénombrées (liste floristique en annexe 1). Les concentrations cellulaires, exprimées par 10 ml, sont représentées sous forme d'isoconcentrations sur les profils verticaux. Les résultats sont regroupés sur les figures 11 à 19. Ils font apparaître :

- une différence très importante de concentration entre diatomées et dinoflagellés totaux (d'un facteur 100 à l'avantage des diatomées) avec une répartition superficielle des dinoflagellés apparemment liée, à basse mer ou pleine mer, à l'extension vers le large de l'isohalixne 33,5 ‰ (fig. 11 et 12). Cette répartition est plus apparente encore pour certaines espèces ;

BAIE DE SEINE 1991

Chlorophylle a.



CHLOROPHYLLE a

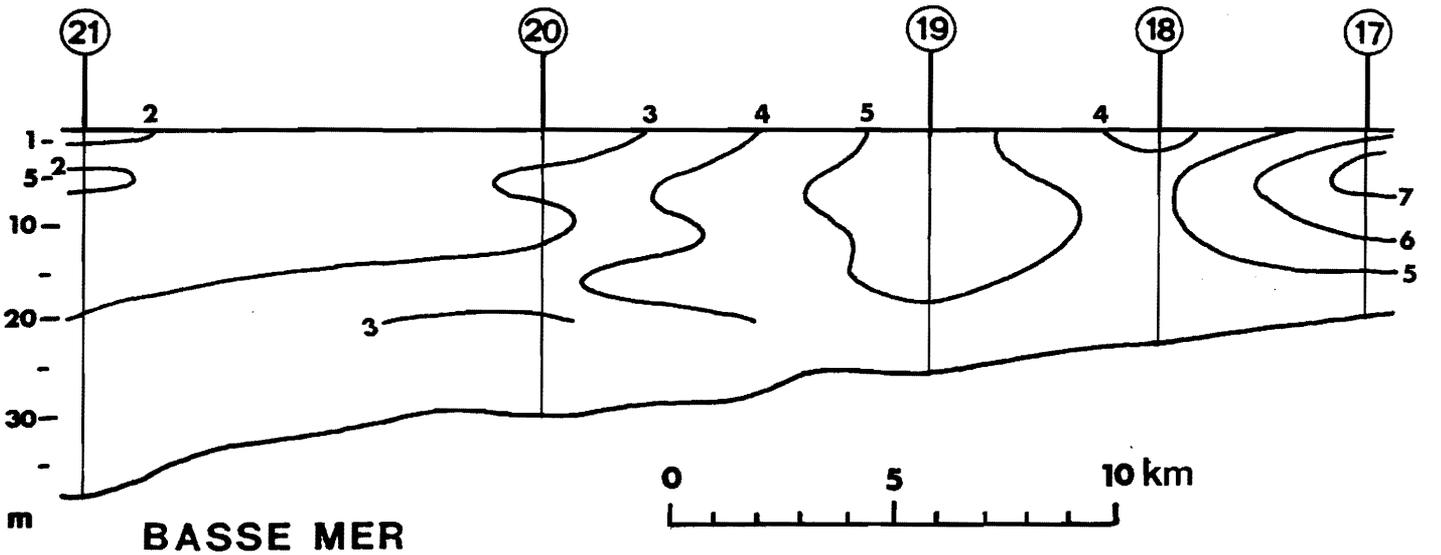
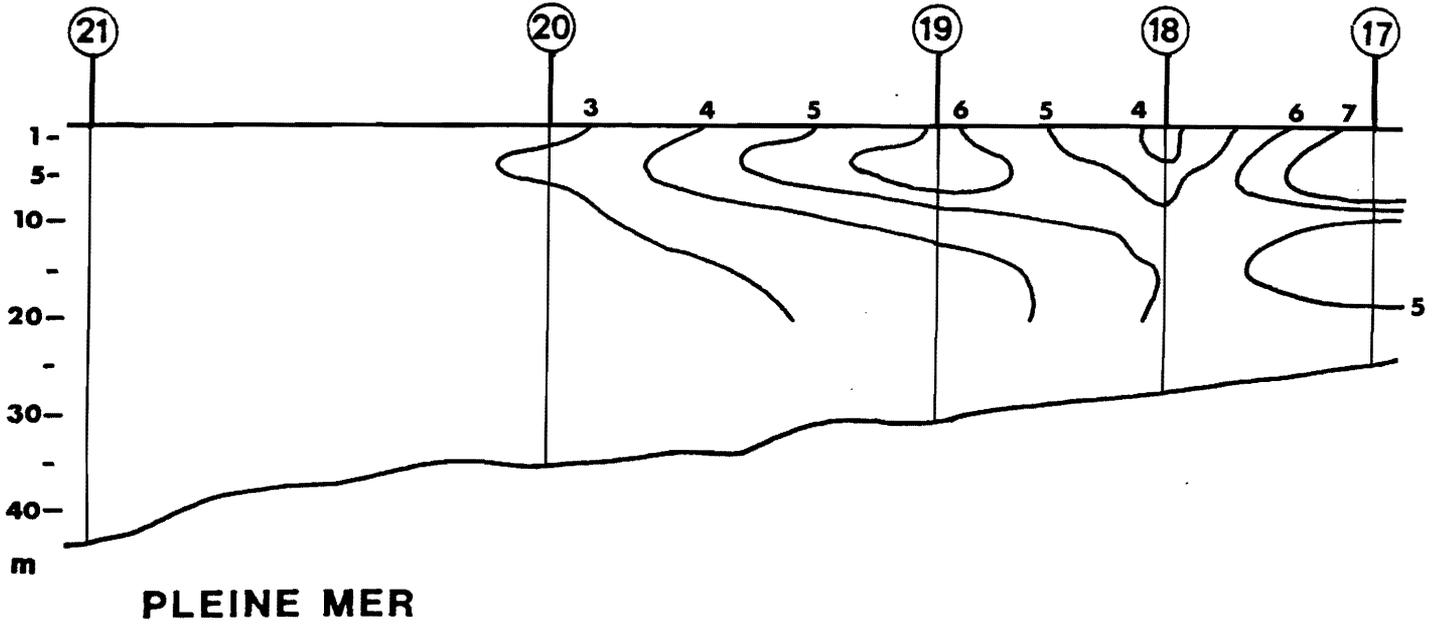
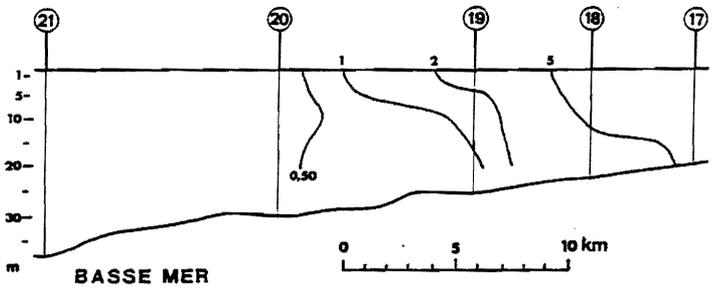
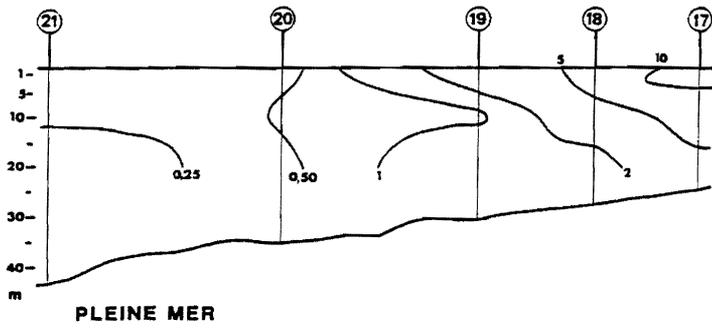
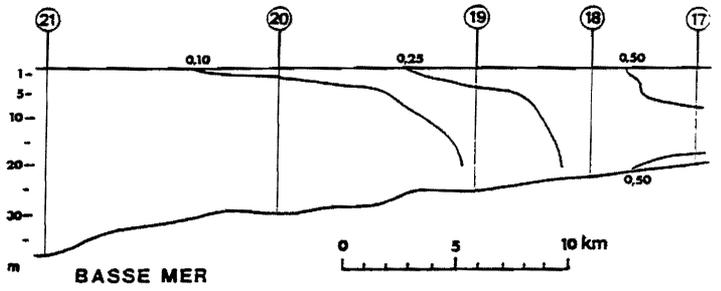
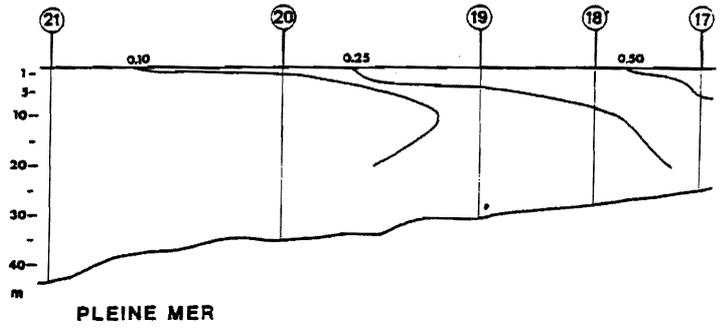


Figure 6 : Profils de chlorophylle a, à pleine mer et basse mer, le long de la radiale 4.

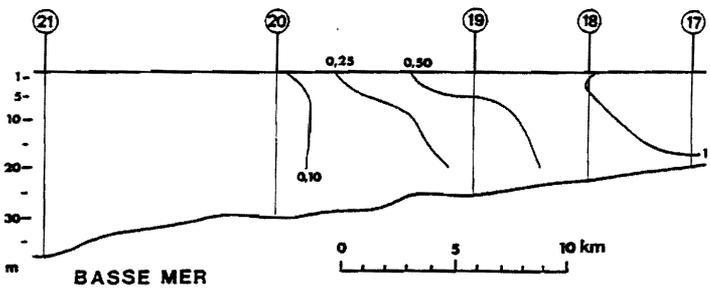
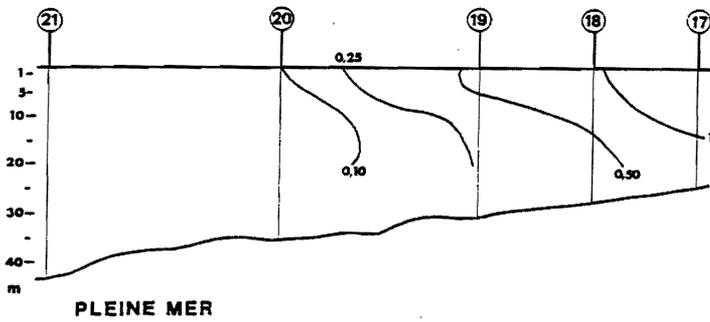
7 NITRATES



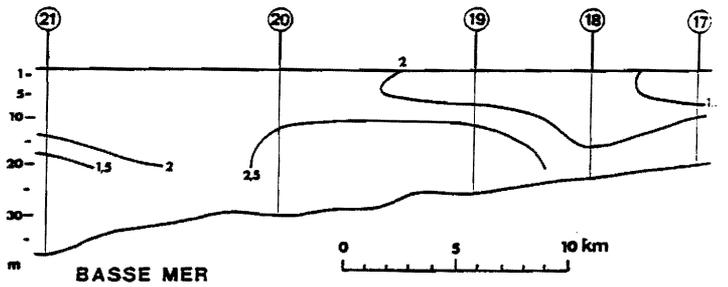
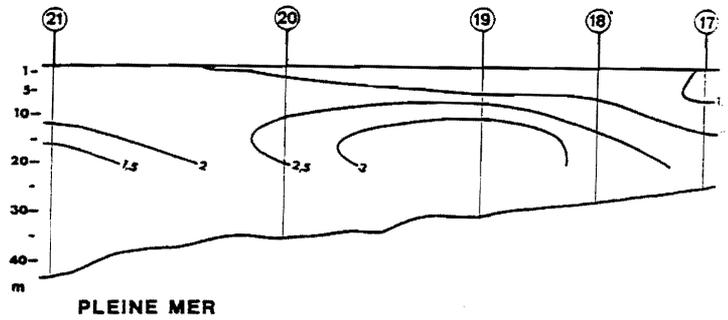
8 NITRITES



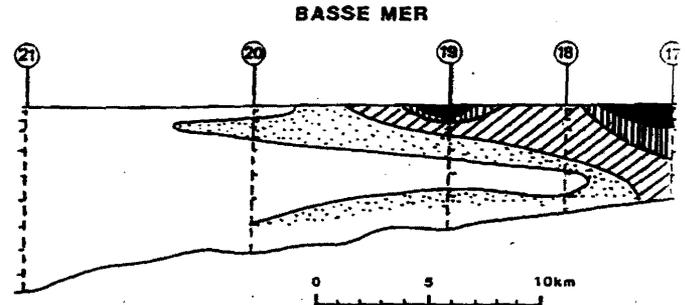
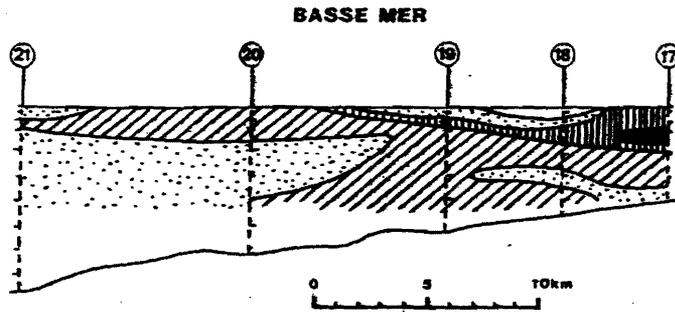
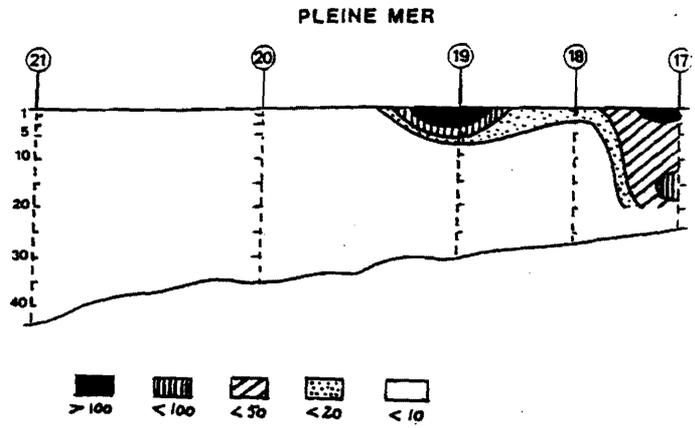
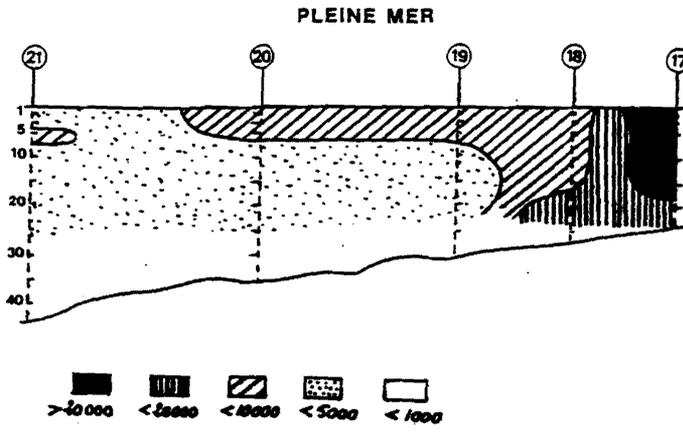
9 PHOSPHATES



10 SILICATES



Figures 7, 8, 9, 10 : Profils en nitrates, nitrites, phosphates et silicates, exprimés en $\mu\text{Mol.l}^{-1}$ pour la radiale 4 (stations 17 à 21).

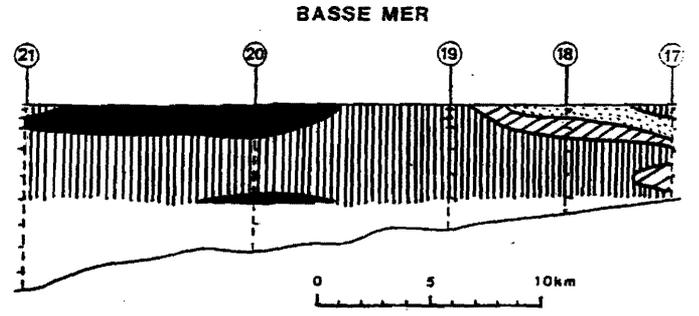
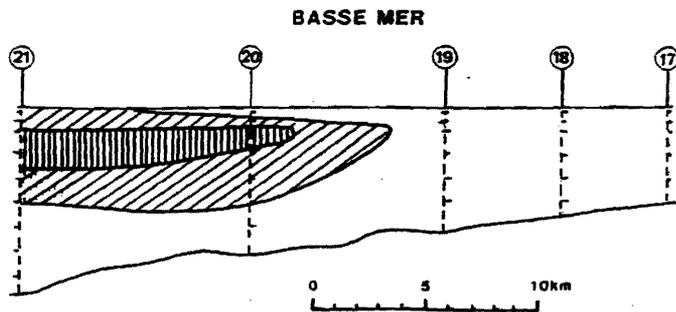
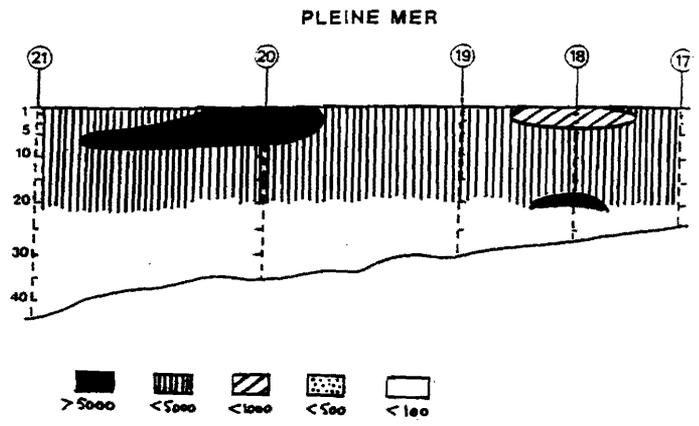
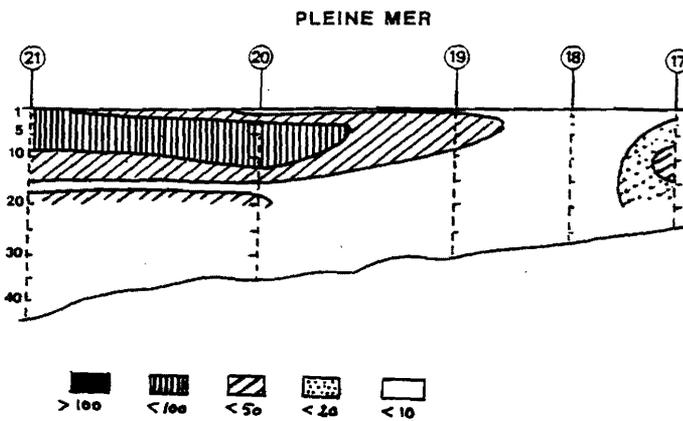


DINOSEINE I

DINOSEINE I

11 Diatomées totales

12 Dinoflagellés totaux



DINOSEINE I

DINOSEINE I

13 *Rhizosolenia styliformis*

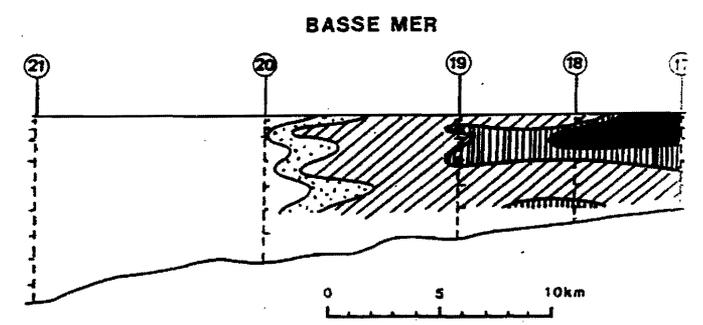
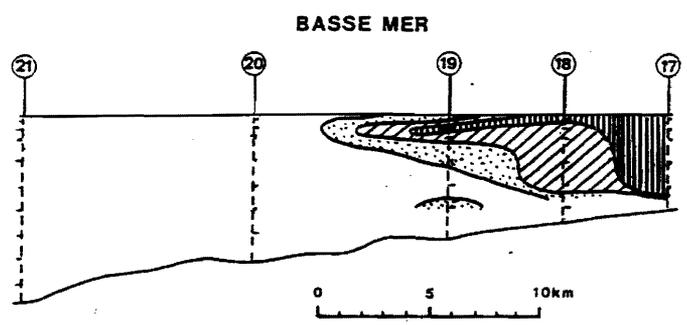
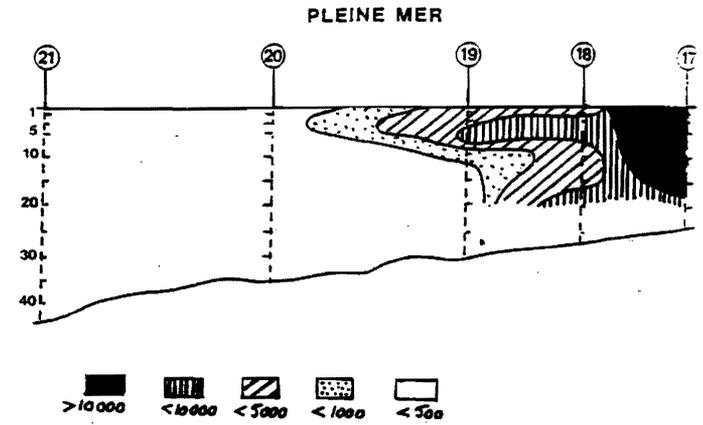
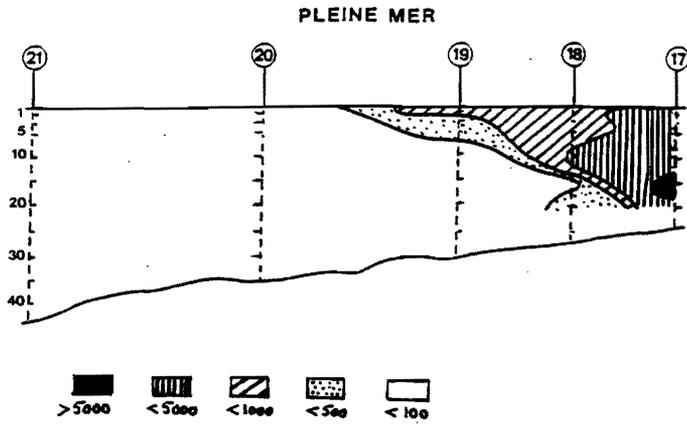
14 *Rhizosolenia stoltherforthii*

Figures 11, 12, 13 et 14 : Profils des concentrations cellulaires exprimées pour 10 ml, à pleine mer et basse mer, pour les diatomées et dinoflagellés totaux et pour deux espèces de *Rhizosolenia*.

- un gradient côte/large très accusé à pleine mer pour les dinoflagellés et un peu moins pour les diatomées (dans ce dernier cas la répartition paraît davantage liée à l'isotherme 16,5° C). Les profils de chlorophylle traduisent ce gradient (figs. 5 et 6) dans la mesure où les stations "côtières" sont plus chargées en chlorophylle a (st. 17 et 19) aux niveaux 1, 3 et 5 m que les stations plus éloignées de la côte (20 et 21). Cette différence tend à s'estomper avec la profondeur, surtout à basse mer ;
- une dominance des diatomées en particulier deux espèces plus abondantes au large qu'à la côte : *Rhizosolenia stolterfothii* (fig. 13), très uniformément répartie, et *R. styliformis*, moins abondante mais nettement liée aux eaux plus salées et plus froides (fig. 14) ;
- des espèces de diatomées inféodées aux eaux côtières plus chaudes et moins salées. C'est le cas de *Skeletonema costatum*, liée à l'isohalyme 34 ‰ à pleine mer et basse mer (fig. 16) et de *Thalassiosira* spp. (fig. 15) pour des salinités inférieures à 34 ‰ ;
- quelques dinoflagellés très peu représentés mais à la fois influencés dans leur distribution par la salinité et la pénétration lumineuse. Il s'agit plus particulièrement de *Gyrodinium spirale* (fig. 18) dont l'extension est liée à l'isohalyme 33,5 ‰ de *Scrippsiella* sp. (fig. 17) directement influencé par la limite de pénétration lumineuse mesurée au disque de Secchi (fig. 4) et de *Polykrikos* sp (fig. 19) dont la répartition est inféodée à la zone ultra-côtière (st. 17).

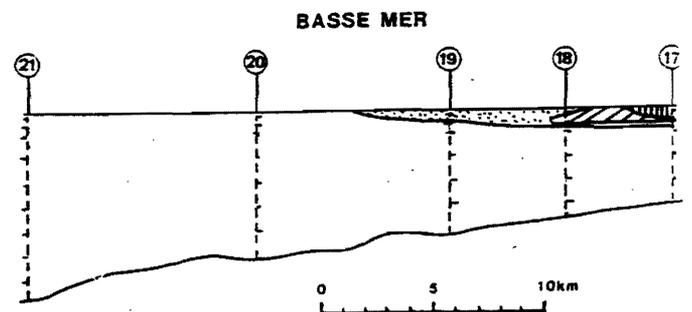
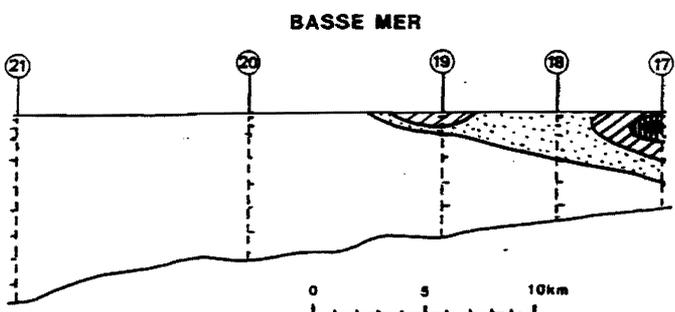
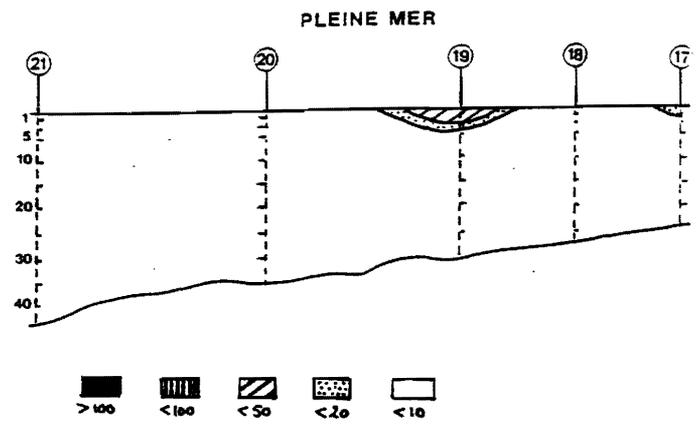
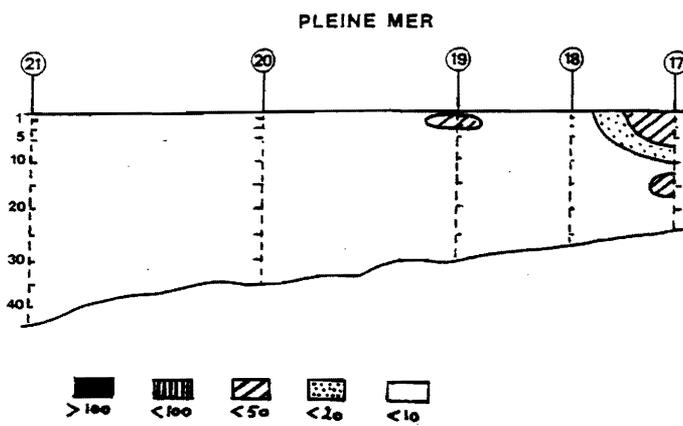
Ainsi, après un premier examen, il apparaît que la radiale choisie permet effectivement de confirmer l'extension côtière nord du panache de la Seine, matérialisé par des eaux plus chaudes, moins salées (33 ‰ à BM) et plus riches en nitrate (5 à 10 $\mu\text{moles.l}^{-1}$) et phosphate (1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$). De plus, la distribution le long de cette radiale des espèces phytoplanctoniques d'affinité estuarienne ou marine semble correspondre aux profils hydrologiques.

Cependant, et afin d'avoir une quantification réelle de ces différentes relations, nous avons calculé les coefficients de corrélation simples (régressions linéaires) et partiels (matrices de corrélation). En ce qui concerne les paramètres hydrologiques, les relations linéaires : nitrate/salinité et phosphate/salinité sont évidentes (coefficients respectifs : - 0,88 et - 0,95) et confirment l'apport en NO_3 et PO_4 par les eaux estuariennes (fig. 20), comme démontré dans des travaux précédents (LASSUS *et al.*, 1992).



15 *Thalassiosira* spp

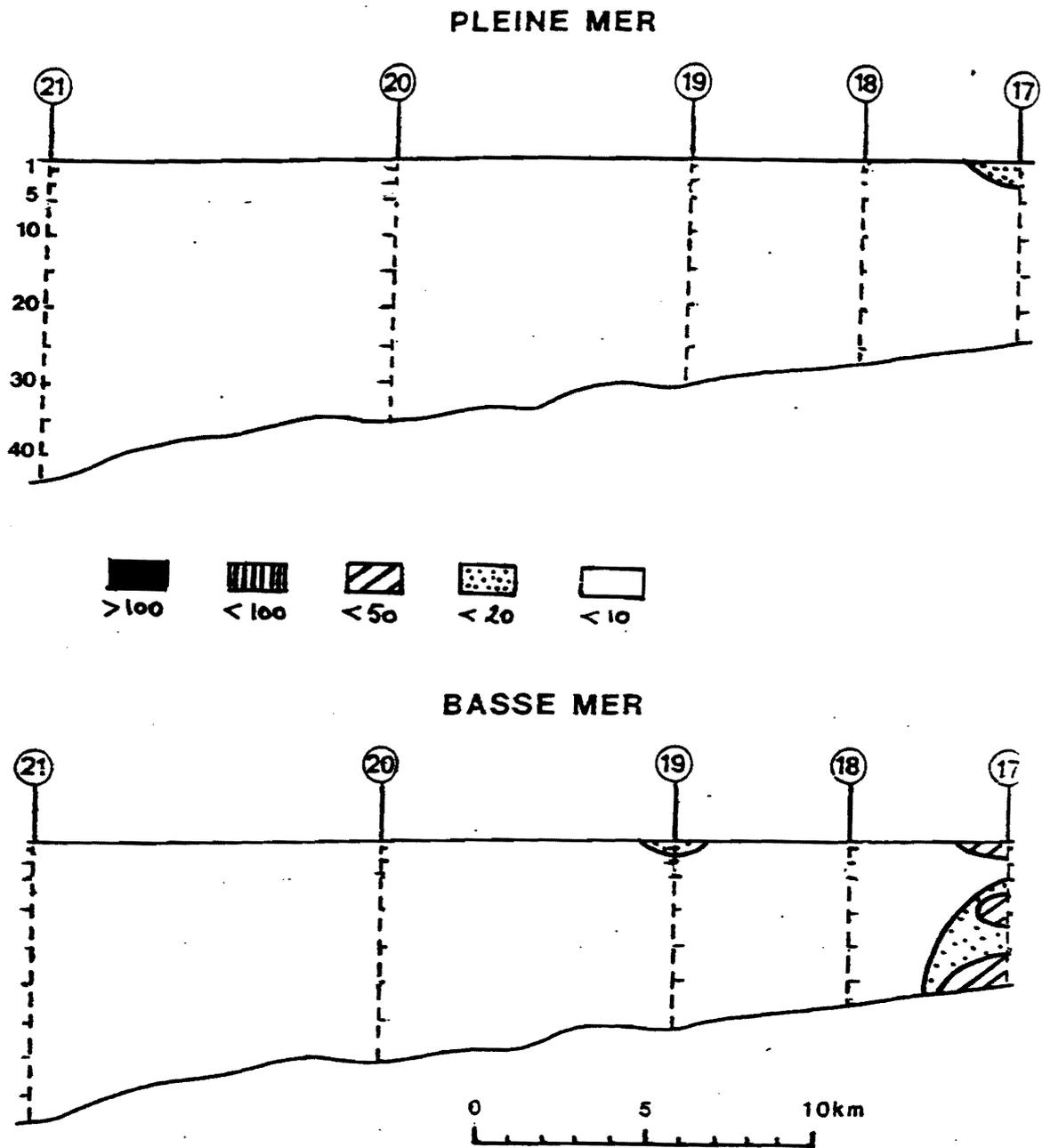
16 *Skeletonema costatum*



17 *Gyrodinium spirale*

18 *Scrippsiella* sp

Figures 15, 16, 17 et 18 : Profils des concentrations cellulaires exprimées pour 10 ml, à pleine mer et basse mer, pour les diatomées *Thalassiosira* et *Skeletonema* et pour les dinoflagellés *Gyrodinium* et *Scrippsiella*.



DINOSEINE I

Polykrikos sp

Figure 19 : Profils des concentrations cellulaires à pleine mer et basse mer du dinoflagellé *Polykrikos*.

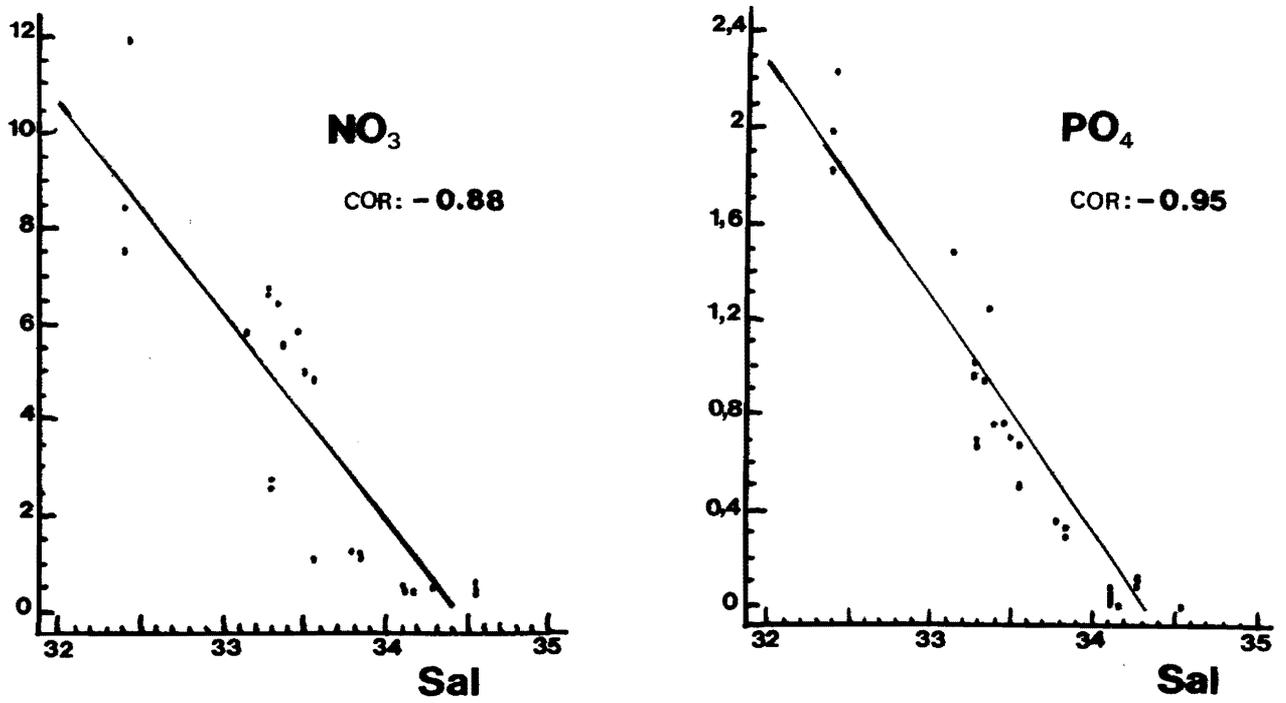


Figure 20 : Régressions linéaires et coefficients de corrélation entre la salinité et l'azote (NO_3), ou le phosphore (PO_4).

Dans la mesure où le paramètre : salinité, paraît conditionner la distribution de plusieurs espèces parmi celles qui dominent le phytoplancton en juillet, nous avons, de la même façon, calculé les coefficients de corrélation linéaire (tableau 1) entre salinité et concentrations cellulaires.

	Salinité	Nombre données
Dinoflagellés totaux	- 0,79	30
<i>Gyrodinium spirale</i>	- 0,74	30
Diatomées totales	- 0,79	30
<i>Skeletonema costatum</i>	- 0,87	30
<i>Thalassiosira spp.</i>	- 0,82	30
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0,61	30

Tableau 1 : Coefficients de corrélation (régressions linéaires) entre quelques espèces de diatomées et dinoflagellés et la salinité.

Ces données fragmentaires confirment les affinités estuariennes de quelques espèces, en particulier *Thalassiosira spp* et *Skeletonema costatum*, mais ne prennent pas en compte les autres paramètres du milieu et leur interdépendance. Nous avons donc essayé de procéder à un classement à partir des coefficients de corrélations partiels établis entre les concentrations cellulaires et différents paramètres (chlorophylle a, nitrite, nitrate, phosphate, silicate, salinité) d'après les matrices de corrélation correspondantes (tableau 2).

	CHLO a	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SI	SAL
Diatomées totales	0,71	0,26	0,41	0,79	- 0,36	- 0,79
Dinoflagellés totaux	0,65	0,31	0,40	0,77	- 0,42	- 0,79
<i>Chaetoceros spp.</i>	0,50	0,19	0,35	0,67	- 0,32	- 0,69
<i>Ditylum brightwellii</i>	- 0,01	- 0,26	- 0,16	- 0,10	0,24	0,03
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0,40	0,27	0,51	0,49	- 0,09	- 0,38
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	- 0,39	- 0,32	- 0,57	- 0,60	0,16	0,49
<i>R. styliformis</i>	- 0,55	0,28	- 0,38	- 0,48	- 0,16	0,60
<i>Skeletonema costatum</i>	0,79	0,31	0,54	0,87	- 0,38	- 0,87
<i>Thalassiosira spp.</i>	0,72	0,37	0,50	0,89	- 0,39	- 0,82
<i>Gyrodinium spirale</i>	0,67	0,36	0,41	0,78	- 0,44	- 0,74
<i>Polykrikos sp.</i>	0,47	- 0,05	0,48	0,39	0,36	- 0,39
<i>Prorocentrum micans</i>	0,49	0,26	0,25	0,58	- 0,46	- 0,66
<i>P. minimum</i>	0,39	0,08	0,04	0,33	- 0,29	- 0,45
<i>Scrippsiella sp</i>	0,25	0,22	0,20	0,44	- 0,33	- 0,50

Tableau 2 : Analyse de corrélation entre les concentrations cellulaires de plusieurs espèces phytoplanctoniques et six paramètres hydrologiques (n = 30 pour chaque coefficient).

Ces résultats confirment les hypothèses de départ : l'ensemble des diatomées et des dinoflagellés apparaît bien corrélé négativement à la salinité, mais, assez curieusement, davantage aux phosphates qu'aux nitrates. Le descriptif par espèce ne fait apparaître aucune corrélation avec les silicates. Les diatomées sont davantage corrélées avec les teneurs en chlorophylle a que les dinoflagellés, en particulier *Skeletonema costatum* et *Thalassiosira* spp..

Ces deux espèces sont très certainement responsables des maxima de chlorophylle aux stations 17 et 19 (niveaux superficiels), alors que les diatomées en chaîne de grande taille, du type *R. stolterforthii*, largement distribuées dans le profil, ne sont pas corrélées aux chlorophylles.

De plus, *Skeletonema costatum* et *Thalassiosira* spp. sont nettement corrélées aux eaux estuariennes et aux sels nutritifs associés, en particulier les phosphates. En ce qui concerne les dinoflagellés, leur degré de corrélation avec les eaux estuariennes est faible, excepté *Gyrodinium* sp., qui se trouve être l'espèce la plus abondante (max. : 108 cellules/10 ml) dans les prélèvements.

L'ensemble de ces résultats a été analysé sous forme de vecteurs factoriels représentés dans le plan des deux premières composantes de l'ACP (fig. 21). On remarque que les vecteurs NO_3 , CHLO a et PO_4 sont opposés au vecteur salinité, ce qui traduit la relation négative avec la dessalure déjà mise en évidence pour ces trois paramètres. Silicate et nitrite sont opposés, sans relation avec les précédents paramètres hydrologiques, et bien représentés dans le plan de projection.

Cette représentation permet d'accéder au regroupement des espèces phytoplanctoniques étudiées : les deux diatomées à tendance marine : *Rhizosolenia stolterfothii*, et *R. styloformis* sont les seules apparaissant corrélées positivement avec la salinité alors que les espèces à affinité estuariennes sont opposées au vecteur salinité. Trois dinoflagellés : *Prorocentrum micans*, *P. minimum* et *Scropsiella* sp. sont étroitement apparentés dans leur distribution et en relation avec les nitrites, tandis que la corrélation positive entre les diatomées *Skeletonema* et *Thalassiosira* et les phosphates est confirmée et rapproche ces deux espèces du dinoflagellé *Gyrodinium spirale*.

En outre, la répartition des individus (stations et niveaux) selon les deux mêmes axes de l'ACP (fig. 22) a été représentée et permet de constater : 1°) que le gradient côte / large est très net et qu'il s'établit en lien étroit et quasi exclusif avec le vecteur salinité, 2°) que les stations telles que 18 et 19 d'une part, 20 et 21 d'autres part, sont très proches, voire assimilables, ce qui permettrait éventuellement de réduire dans l'avenir le nombre de stations sur cette radiale, et 3°) que la dispersion des niveaux est d'autant plus forte que les stations sont plus côtières. Ceci est particulièrement net pour la station 17 alors que les niveaux sont peu différenciés pour 20 et 21. Dans le cas présent, les paramètres différenciant les niveaux de la

station 17 seraient les silicates et les nitrites, respectivement pour les niveaux profonds et superficiels.

Le même traitement a été utilisé pour essayer de différencier les stations échantillonnées à PM et BM. Les résultats ne sont pas représentés ici dans la mesure où ils n'apportent rien de plus par rapport aux représentations des figures 21 et 22. Cet état corrobore le peu de différence constatée sur les profils hydrologiques à PM et BM.

SEINE 1991
Paramètres hydrobiologiques

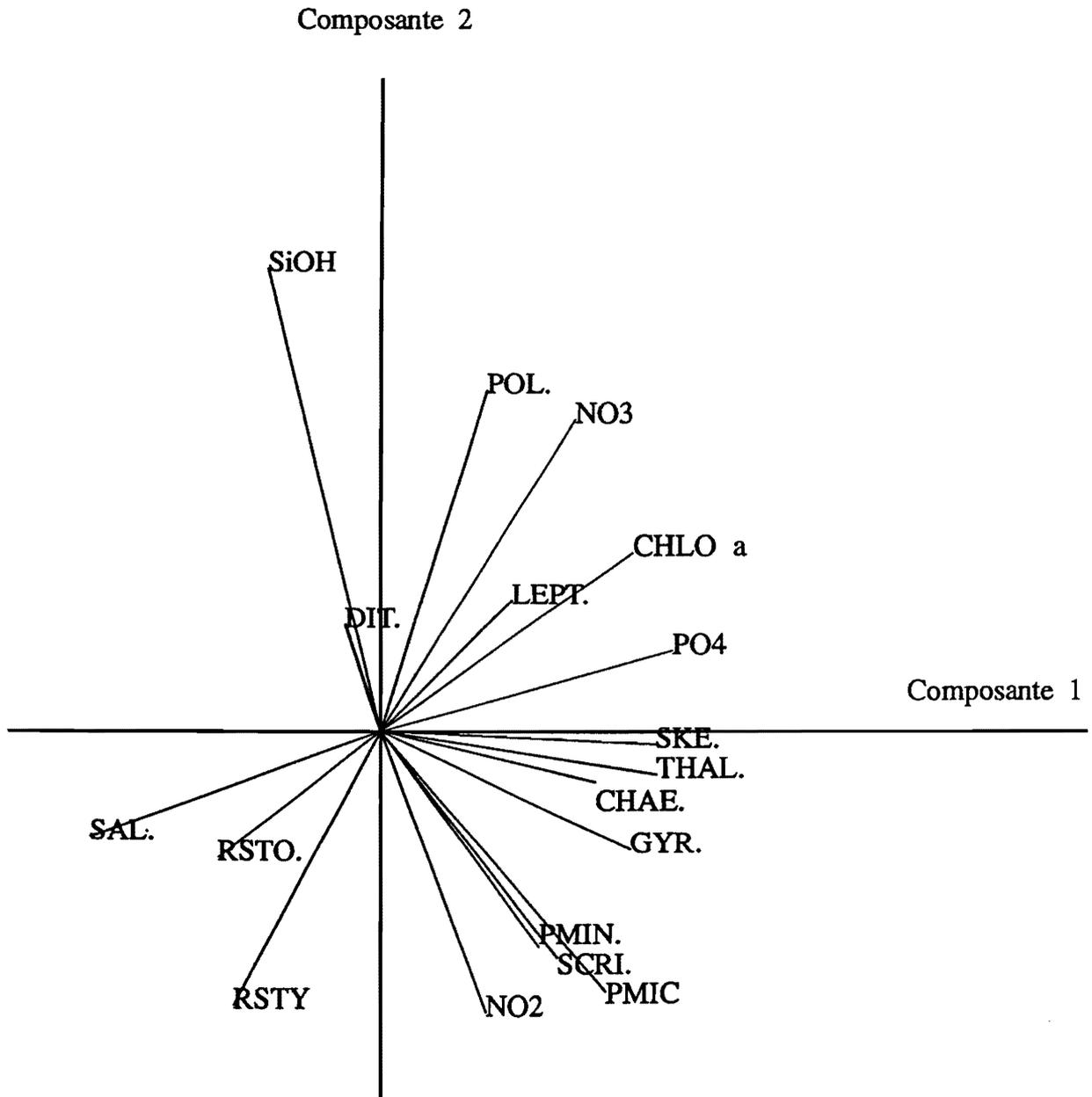


Figure 21 : Analyse en composante principale des données hydrobiologiques. Répartition des variables / vecteurs (espèces et paramètres physico-chimiques) selon les deux premiers axes. DIT : *Ditylum*, CHAE : *Chaetoceros*, GYR : *Gyrodinium*, PMIN et PMIC : *P. minimum* et *P. micans*, SCRI : *Scrippsiella*, LEPT : *Leptocylindrus*, POL : *Polykrikos*, RSTO et RSTY : *R. stolterfothii* et *R. styliformis*, SKE : *Skeletonema*, THAL : *Thalassiosira*.

SEINE 1991
Paramètres hydrobiologiques

Composante 2

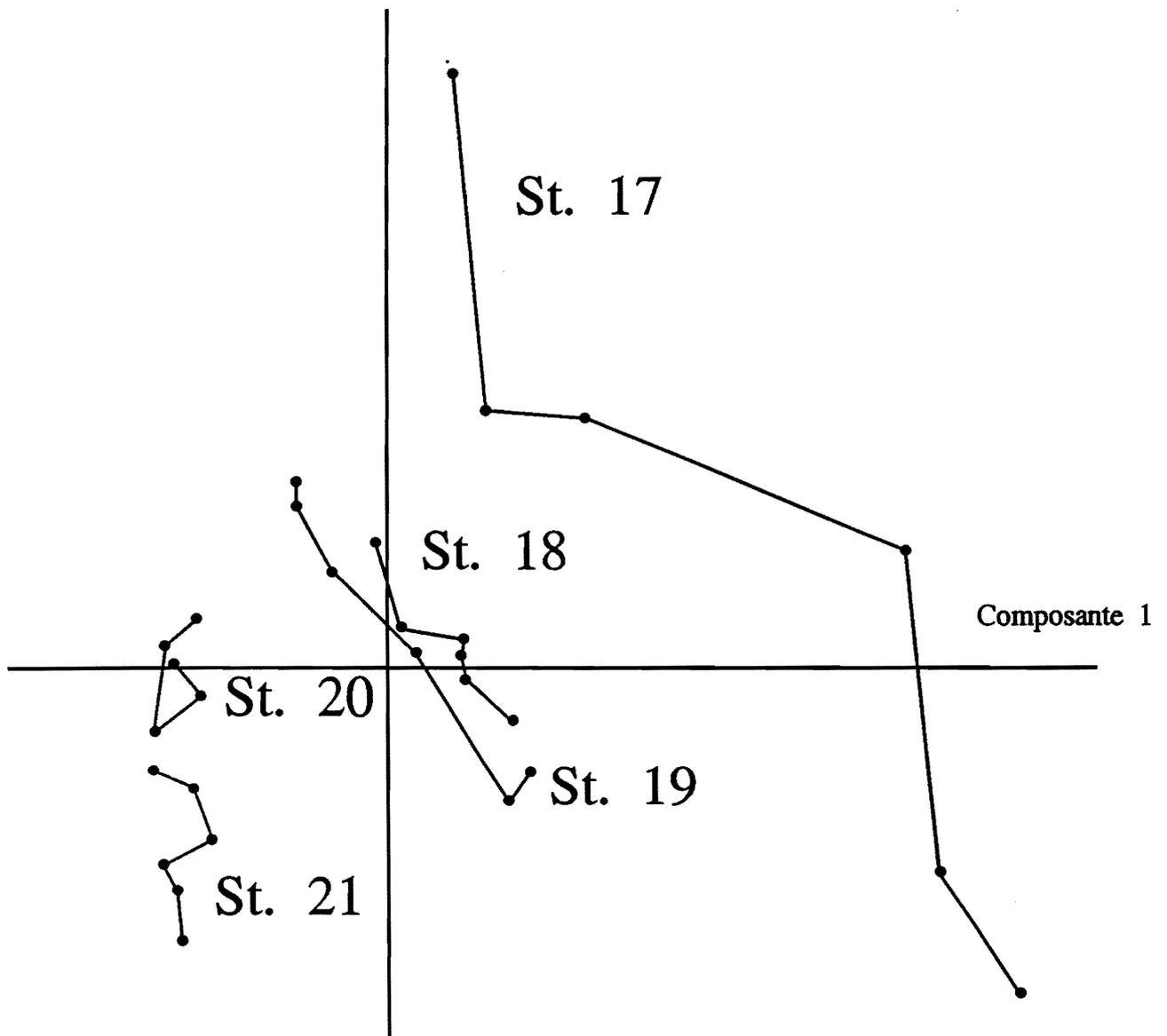


Figure 22 : Distribution des individus (stations / niveaux) selon les deux axes principaux de l'ACP.

DISCUSSION

L'objectif principal de la campagne DINOSEINE 1, était la distribution verticale de *Dinophysis* spp. en baie de Seine juste avant le maximum estival, et en relation avec l'extension nord-est des eaux estuariennes de la Seine. Cet objectif n'a pu être atteint, peut-être en raison des dates de campagne (non modulables) trop précoces par rapport aux efflorescences (le pic à Antifer en 1992 s'est étalé du 6 au 24 août), mais surtout à cause des conditions hydroclimatiques particulières de 1991 qui n'ont pas permis à cette espèce d'apparaître avant septembre, et encore en étant très faiblement représentée. Il est à noter, par ailleurs, que ce phénomène a été général aux côtes françaises, en particulier pour le sud Bretagne.

Néanmoins, l'examen des données présentées dans ce rapport est riche d'enseignement. Le simple fait que l'été 1991, à la différence des cinq années précédentes, n'ait connu aucune efflorescence à *Dinophysis*, en fait une période de référence très précieuse afin de comparer entre eux les différents paramètres de l'environnement et de discriminer ceux qui ont été profondément modifiés par rapport aux données 1986 – 1990. Ce travail est réalisé parallèlement à cette étude, mais malheureusement uniquement à partir des données recueillies dans le port d'Antifer et non sur l'ensemble de la baie de Seine. Néanmoins, on peut considérer que l'année 1991 pourra servir de référence aux prochaines campagnes prévues dans ce secteur côtier.

De plus, si l'on considère les enseignements à retirer de la campagne DINOSEINE 1, plusieurs recommandations peuvent être dégagées :

- Le principe de radiales prévoyant des prélèvements à PM et BM est primordial et doit être conservé dans la mesure où l'extension du panache de la Seine peut certainement être davantage modifié au moment de la renverse des marées,
- Le nombre important de radiales initialement prévu est incompatible avec la souplesse nécessaire pour se recalculer sur les densités journalières de *Dinophysis* mesurées à Antifer. Le choix d'une radiale unique, traversant le panache estuarien entre Le Havre et Antifer, et échantillonnée à plusieurs reprises à PM et BM au cours du temps, devrait permettre de mieux comprendre la dynamique du système qui permet aux *Dinophysis* d'être concentrés dans les eaux côtières.
- L'examen de la répartition verticale des diatomées au cours de DINOSEINE 1 le long de la radiale 4 a permis, au moyen de régressions simples, de distinguer les espèces à affinité estuarienne ou marine, celles qui participent activement aux maxima de chlorophylles et celles pour lesquelles existent des relations avec les apports en azote et phosphore. Cette procédure serait tout à fait applicable à l'étude de la distribution des dinoflagellés en général et des *Dinophysis* spp. en particulier, en période d'efflorescence et en suivant l'établissement de cette distribution au cours du temps.

BIBLIOGRAPHIE

- DELMAS, D. *et al.*, (14 auteurs), 1990. Conditions d'apparition de densités accrues de dinoflagellés *Dinophysis*. Campagnes océanogr. franç. 12 : 82 pp.
- de CREMOUX, F., 1988. Recherche des facteurs conditionnant le développement de *Dinophysis* par simulations. Rapport interne IFREMER, DERO-88-07-MR, 90 pp.
- DURAND-CLEMENT, M., CLEMENT, J. C., MOREAU, A., JEANNE, N., PUISEUX-DAO, S., 1988. New ecological and ultrastructural data on the dinoflagellate *Dinophysis* sp. from the French coast. Mar. Biol., 97 (1) : 37-44.
- LASSUS, P., MARCAILLOU-LE BAUT, C., 1991. Le genre *Dinophysis* (Dinophycées) In : Le phytoplancton nuisible des côtes de France. A. SOURNIA *et al.*, IFREMER/CNRS. Editions SDP, Brest : 11-61.
- LASSUS, P., MAGGI, P., PRONIEWSKI, F., TRUQUET, P., et NIZARD, G., 1991. Distribution verticale de *Dinophysis* spp. au cours d'un cycle de 48 heures dans le port d'Antifer (Normandie). Rapport interne IFREMER, DRO-91-04-MR. 28 pp.
- LASSUS, P., PRONIEWSKI, F., MAGGI, P., TRUQUET, P., BARDOUIL, M., 1992. Wind-induced toxic blooms of *Dinophysis* cf *acuminata* in the Antifer area (France). In : Proceed. of 5th Int. Conf. Tox. marine Phytoplankton. Smayda T. Ed. Elsevier Science Publish. A paraître.
- MAGGI, P., MASTOURI, A., TRUQUET, I., SOULARD, L., 1986. Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'année 1984. Rapport interne IFREMER, DERO-86-06-MR.
- MAGGI, P., LASSUS, P., TRUQUET, I., MASTOURI, A., 1987 a. Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'année 1985. Cahier du Mor-Bras, 26, 46 pp.
- MAGGI, P., LASSUS P., TRUQUET I., SOULARD L., 1987 b. Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées, en baie de Vilaine, durant l'année 1986. Cahier du Mor-Bras, 28, 52 pp.
- MAGGI P., LASSUS P., LARRAZABAL M. A., ETIENNE M., PEZERON A., MORNET F., SOULARD, L., 1988. Facteurs hydroclimatiques et apparitions d'eaux colorées, en baie de Vilaine, durant l'année 1987. Rapport interne IFREMER, DERO-88-06-MR, 70 pp.

ANNEXE 1**Liste floristique des espèces observées****Diatomées**

Asterionella japonica
Biddulphia sinensis
Chaetoceros spp.
Coscinodiscus sp.
Ditylum brightwellii
Eucampia zodiacus
Leptocylindrus danicus
Melosira sulcata
Nitzschia closterium
Pleurosigma sp
Rhizosolenia delicatula
R. setigera
R. stolterfothii
R. styliformis
Skeletonema costatum
Thalassionema nitzschioides
Thalassiosira fallax
T. rotula
Triceratium alternans

Dinoflagellés

Diplopsalis sp.
Gonyaulax diegensis
Gymnodinium sp
Gyrodinium spirale
Heterocapsa triquetra
Polykrikos schwartzii
Prorocentrum micans
P. minimum
Protoperidinium spp
Scrippsiella sp