



**FACTEURS HYDROCLIMATIQUES
ET APPARITIONS D'EAUX COLORÉES EN BAIE DE VILAINE
DURANT L'ANNÉE 1983**



INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES PÊCHES MARITIMES

RUE DE L'ILE D'YEU - B.P. 1049
44037 NANTES CEDEX - FRANCE
TELEX: 711 196 F

Les "Rapports techniques ISTPM" sont édités par l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes. Ces rapports concernent les techniques et le développement des pêches, et les sciences océaniques en général. Ils intéressent la communauté scientifique et les professionnels, sans toutefois se prêter à une publication en version imprimée dans une revue scientifique (résultats préliminaires, sujets trop restreints, nombreux tableaux...). Les "Rapports techniques ISTPM" font l'objet d'un dépôt légal à la Bibliothèque nationale et sont répertoriés dans le Bulletin signalétique du C.N.R.S. Il s'agit donc d'une publication à part entière mais non périodique.

Directeur de la Publication : A. Pambrun - Vincent
Dépôt légal : octobre 1983



FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES,
EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1983

1 - LES FACTEURS CLIMATIQUES

par Pierre MAGGI (*) et Louis SOULARD (**)

2 - LES FACTEURS HYDROLOGIQUES

par Pierre MAGGI (*) Isabelle TRUQUET (*) et Jacky CHAUVIN (*)

FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES,

EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1983

INTRODUCTION

1 - LES FACTEURS CLIMATIQUES

par Pierre MAGGI (*) et Louis SOULARD (**)

2 - LES FACTEURS HYDROLOGIQUES

par Pierre MAGGI (*) Isabelle TRUQUET (*) et Jacky CHAUVIN (*)

II. LES FACTEURS HYDROLOGIQUES

A. Coefficients de marées	22
B. Températures	22
C. Salinités	22
D. Oxygène dissous	23
E. Silicates	23
F. Nitrates	23
G. Nitrites	23
H. Phosphates	24
I. Rapport N/P	24

CONCLUSIONS

Repp. techn. I.S.T.P.M. n° 8 - 1984

(*) Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

(**) Centre Météorologique Départemental de Nantes-Château Bougon

FACTEURS HYDROCLIMATIQUES ET APPARITIONS D'EAUX COLOREES,
EN BAIE DE VILAINE, DURANT L'ANNEE 1983

1 - LES FACTEURS CLIMATIQUES

par Pierre MAGGI (*) et Louis SOULARD (**)

2 - LES FACTEURS HYDROLOGIQUES

par Pierre MAGGI (*) Isabelle TRUQUET (*) et Jacky CHAUVIN (*)

<u>INTRODUCTION</u>	3
<u>I. LES FACTEURS CLIMATIQUES</u>	5
A. Précipitations atmosphériques	5
B. Températures de l'air	8
C. Vents	10
D. Insolation	16
E. Etat de la mer du vent	17
<u>II. LES FACTEURS HYDROLOGIQUES</u>	
A. Coefficients de marées	22
B. Températures	22
C. Salinités	22
D. Oxygène dissous	23
E. Silicates	23
F. Nitrates	23
G. Nitrites	23
H. Phosphates	24
I. Rapport N/P	24
<u>CONCLUSIONS</u>	34

(*) Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

(**) Centre Météorologique Départemental de Nantes-Château Bougon

RESUME

L'analyse des conditions hydroclimatiques locales permet de déterminer les facteurs favorables au développement du phytoplancton et à l'apparition d'eaux colorées, en baie de Vilaine, durant l'année 1983.

Les fortes pluies de printemps ou début de l'été provoquent un enrichissement et une dessalure des eaux superficielles côtières et installent une stratification haline marquée.

Les vents, suivant leurs directions et leurs intensités, peuvent favoriser ou détruire cette stratification des eaux.

Un brusque échauffement estival, en période de faible agitation des eaux (mortes-eaux, absence de vent, mer calme ...) , provoque une élévation importante de la température des eaux superficielles conduisant alors à l'établissement d'une stratification thermique qui se surajoute à la stratification haline.

Lorsque toutes les conditions de milieu sont optimales les diatomées se multiplient abondamment et donnent une couleur marron à l'eau de mer.

La régression des populations de diatomées se produit lorsque le stock de sels nutritifs a été épuisé ; elle est favorisée par certains facteurs hydroclimatiques : chute des températures, vents forts, mer agitée, vives-eaux...

Dans le milieu appauvri qui en résulte d'autres organismes phytoplanctoniques, mobiles et plus tolérants, parviennent à se développer : les dinoflagellés dont Dinophysis acuminata connu pour contenir une toxine diarrhéique.

SUMMARY :

Analysis of local hydrological and climatic factors help to determine basic conditions for blooms and red tides in Vilaine Bay during summer 1983.

Spring or late summer heavy rainfalls produce nutrients increase and low salinities in coastal surface waters. It causes sharp saline stratification, enhanced or destroyed by winds, according to their direction and intensity.

Summer thermal stress associated with low turbulence (no wind, neap tide, quiet waters ...) produce strong thermal increase in surface layers. The thermal stratification thus obtained emphasizes saline stratification.

When all favourable conditions are fulfilled increasing development of diatoms lead to brown discolored waters.

Decrease in diatoms communities occurs as nutrients crop is consumed. Such hydroclimatic factors as : thermal decreases, strong winds, high turbulence, spring tides may favour it.

At consequent poor nutrient levels other motile and more tolerant phytoplanktonic organisms develop successfully : dinoflagellates, as, for instance, Dinophysis acuminata, a diarrhetic toxin producing one.

INTRODUCTION

L'apparition épisodique d'épidémies estivales de gastro-entérites, consécutives à la consommation de coquillages, a conduit l'I.S.T.P.M. à rechercher l'origine de ces troubles et à faire la part de ce qui pouvait être d'origine bactérienne de ce que l'on soupçonnait dû à une toxine produite par certains organismes phytoplanctoniques ; ainsi, dès janvier 1982, une étude bactériologique et phytoplanctonique des zones de bouchots de la baie de Vilaine est lancée (1). Aucun cas de gastro-entérite n'est signalé alors que des mortalités massives de poissons se produisent sans que rien d'anormal ne soit observé dans les zones côtières (2).

- Une étude plus vaste est entreprise en 1983 dans le triple but :
- . d'identifier les populations phytoplanctoniques présentes,
 - . de surveiller les risques d'asphyxie des eaux de fond pouvant entraîner des mortalités d'animaux,
 - . de suivre les conditions hydroclimatiques pouvant favoriser une prolifération anormale du phytoplancton et l'apparition d'espèces induisant la toxicité des coquillages pour les consommateurs.

C'est la mise en place de ce programme qui a permis d'expliquer que les "eaux brunes", signalées à la mi-mars 1983 par les pêcheurs en baie de Vilaine, étaient dues à la prolifération d'une diatomée (*Skeletonema costatum*) favorisée par des conditions hydro-climatiques particulières (3). C'est ce même programme qui a permis, toujours en baie de Vilaine, de signaler :

- . les risques d'asphyxie du milieu qui ont existé, début juin, et ont disparu après l'agitation du milieu, sous l'action conjuguée du vent, de marées de grande amplitude et d'une chute notable des températures,
- . l'apparition d'une espèce phytoplanctonique, soupçonnée de provoquer des troubles diarrhéiques chez les consommateurs de coquillages contaminés, qui allait entraîner l'apparition de plusieurs centaines de cas d'intoxications et l'interdiction, par les pouvoirs publics, de la pêche et de la commercialisation des coquillages (4).

Ce rapport présente l'analyse des données hydroclimatiques de 1983 qui ont pu jouer un rôle, favorable ou non, dans la manifestation des proliférations phytoplanctoniques.

-
- (1) M. ANDRESEN-LEITAO, P. LASSUS, P. MAGGI, C. LE BAUT, J. CHAUVIN et P. TRUQUET (1984). - Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et intoxications par les coquillages. - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 46(3)233-266.
- (2) P. MAGGI. - Les mortalités massives de poissons en baie de Vilaine. - Rapport I.S.T.P.M. du 16 août 1982.
- (3) P. MAGGI. - Alerte "eaux brunes" des 17 et 18 mars 1983. Premiers résultats des analyses effectuées. Rapport I.S.T.P.M. à diffusion restreinte, N° 1, mars 1983.
- (4) Cl. ALZIEU, P. LASSUS, P. MAGGI, R. POGGI et G. RAVDUX. - Contamination des coquillages des côtes bretonnes et normandes par une algue unicellulaire toxique *Dinophysis acuminata*. - Rapport technique I.S.T.P.M. N° 4, octobre 1983.

PROLIFERATIONS PHYTOPLANCTONNIQUES ET TOXICITE

L'apparition de cas de diarrhées estivales est un phénomène couramment observé dans les zones touristiques littorales. En fait ces troubles peuvent avoir différentes causes dont :

- a) le changement brutal des habitudes alimentaires des touristes,
- b) la cueillette de coquillages dans des zones insalubres et leur consommation,
- c) les mauvaises conditions de conservation des coquillages entre le moment de leur cueillette et celui de leur consommation, en période de fortes chaleurs,
- d) la présence, dans le milieu, d'une espèce phytoplanctonique contenant une toxine diarrhéique.

C'est cette dernière cause qui est à l'origine des intoxications constatées cet été sur le littoral de Bretagne sud et de Normandie ; elle est à distinguer des causes b) et c) qui ont une origine bactérienne.

Dans certaines conditions particulières de milieu (richesse en sels nutritifs, faible agitation de la mer, température élevée des eaux) le phytoplancton peut se multiplier intensément ou se concentrer en surface au point de donner sa propre coloration à la mer. Selon l'organisme qui prolifère, sa concentration et la nature de son pigment, l'eau peut prendre différentes couleurs : rouge, marron, jaune, vert, blanc ...

La plupart du temps les phénomènes d'eaux colorées observés sont dus à des espèces phytoplanctoniques non toxiques ; toutefois quelques-unes sont connues pour contenir des toxines qui peuvent :

- . soit agir directement sur les organismes vivant dans le milieu,
- . soit être concentrées, sans effet sur eux, par des prédateurs primaires qui acquièrent une toxicité pour leurs propres consommateurs.

Ces trois cas de figure ont été observés au cours de l'été 1983 sur les côtes françaises.

1er cas : coloration intense des eaux sans toxicité

Ce phénomène a été observé début mars en de nombreux endroits de la baie de Vilaine : il s'agissait d'une efflorescence de la diatomée *Skeletonema costatum* qui a donné une coloration marron foncé à la mer.

De même fin mai, début juin, dans toute la frange littorale entre la presqu'île de Quiberon et l'embouchure de la Loire, la coloration marron des eaux était due à l'abondance de diatomées appartenant aux genres *Nitzschia*, *Rhizosolenia* et *Chaetoceros*.

Pendant la même période des eaux colorées étaient observées entre La Havre et Antifer en Manche, dans le bassin de Marennes-Oléron en Atlantique et sur la côte languedocienne en Méditerranée.

2ème cas : coloration des eaux accompagnée d'une toxicité directe
pour certains animaux vivant dans le milieu

C'est ce qui s'est produit en baie de Douarnenez début juillet où une coloration ocre jaune de l'eau due à la prolifération du dinoflagellé *Gyrodinium aureolum* a entraîné des mortalités de coquillages et de poissons.

3ème cas : coloration des eaux sans effet pour les prédateurs primaires
mais avec toxicité pour les prédateurs secondaires

Ce phénomène a été spectaculaire dans le port d'Antifer où une efflorescence du dinoflagellé *Dinophysis acuminata* (1 000 000 cellules/litre le 18 juillet) a coloré l'eau de mer en rouge. Cette espèce n'est pas toxique pour les mollusques filtreurs qui s'en nourrissent mais contient une toxine qui est accumulée par les coquillages ; ces derniers deviennent alors toxiques pour l'homme qui les consomme (troubles diarrhéiques et vomissements).

Cependant, il est important de remarquer que cette toxicité induite peut apparaître sans qu'il y ait un développement important de ce dinoflagellé, c'est-à-dire en l'absence de coloration des eaux. On estime en effet qu'il suffit de 200 organismes par litre pendant plusieurs jours pour induire des troubles chez l'homme. C'est ce processus qui, en Bretagne sud et en Normandie, a provoqué de nombreuses intoxications humaines.

Signalons enfin que des troubles nerveux très graves peuvent être provoqués par d'autres dinoflagellés : *Gonyaulax tamarensis*, *G. catanella*, *G. polyedra*. Toutefois, aucun cas d'intoxication de ce genre n'a encore été, à ce jour, signalé sur nos côtes.

I. LES FACTEURS CLIMATIQUES

L'analyse des données climatiques du secteur de la baie de Vilaine met en évidence une série de phénomènes concomitants ou séquentiels susceptibles d'avoir joué un rôle dans l'apparition du phénomène ; les données climatiques utilisées sont celles de la Station Météorologique de Nantes-Château Bougon et du Sémaphore de l'île d'Yeu qui sont extrapolables au secteur de la baie de Vilaine.

A. Précipitations atmosphériques

La pluviosité a été exceptionnellement importante à l'automne 1982 et au printemps 1983 avec des mois d'avril et mai très pluvieux ; respectivement 353 et 141 % de la moyenne correspondante (fig. 1). Cette représentation des précipitations atmosphériques ne donne que la pluviosité globale mensuelle et ne nous renseigne pas sur la durée et l'intensité des précipitations ; nous avons donc représenté dans la fig. 2, mois par mois, l'évolution des précipitations journalières cumulées. La pente des courbes ainsi obtenues nous renseigne sur l'intensité des précipitations : lorsqu'elle est faible la pluviosité est peu importante, lorsqu'elle est forte la pluviosité est élevée.

Sur la même figure nous avons également représenté, pour chaque mois, la droite théorique des précipitations journalières cumulées établie à partir des normales calculées sur la période 1951 - 1980. Cette droite correspond à une situation théorique qui voudrait que la pluviosité mensuelle soit uniformément répartie sur tous les jours du mois.

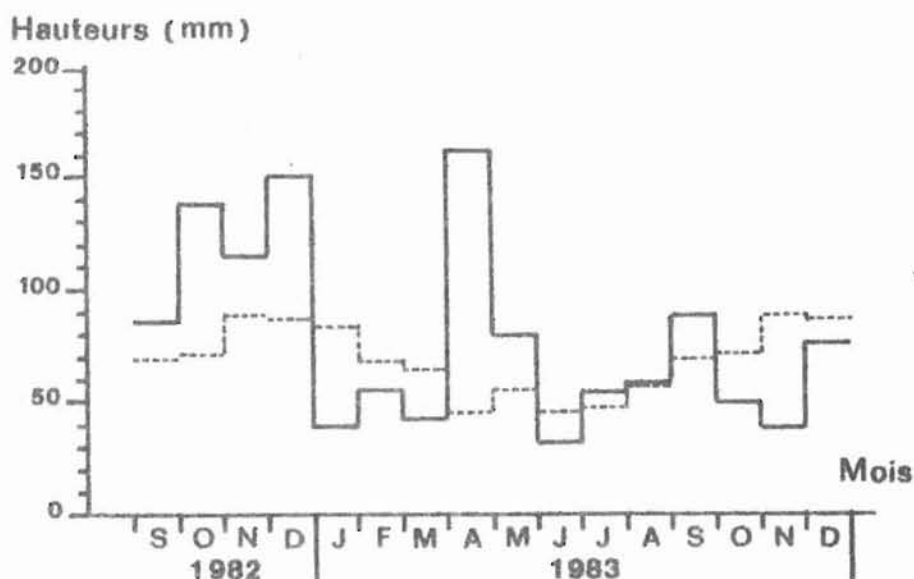


Figure 1 : Précipitations mensuelles pour la période septembre 1982 - décembre 1983 (—) et normales mensuelles correspondantes calculées sur la période 1951 - 1980 (----).

Cette représentation souligne le déficit des précipitations, déjà noté sur la figure 1, pour les trois premiers mois de l'année ; mais elle permet également de déceler une période de forte pluviosité (42 mm du 23 au 27 février) qui a pu jouer un rôle dans les apparitions d'eaux brunes de la mi-mars.

La figure 2 met en relief la forte pluviosité des mois d'avril et mai avec une période remarquablement pluvieuse : 103 mm du 3 au 9 avril ; tout ceci a drainé de grandes quantités de sels nutritifs depuis un bassin versant de près de 11 000 km² vers un réceptacle constitué par la baie de Vilaine.

Les précipitations de juin ont été déficitaires dans l'ensemble et quasiment nulles jusqu'au 23 ; celles de juillet et août ont été comparables aux normales correspondantes.

La pluviosité de septembre a été supérieure à la normale ; enfin octobre, décembre et surtout novembre ont été des mois déficitaires en précipitations.

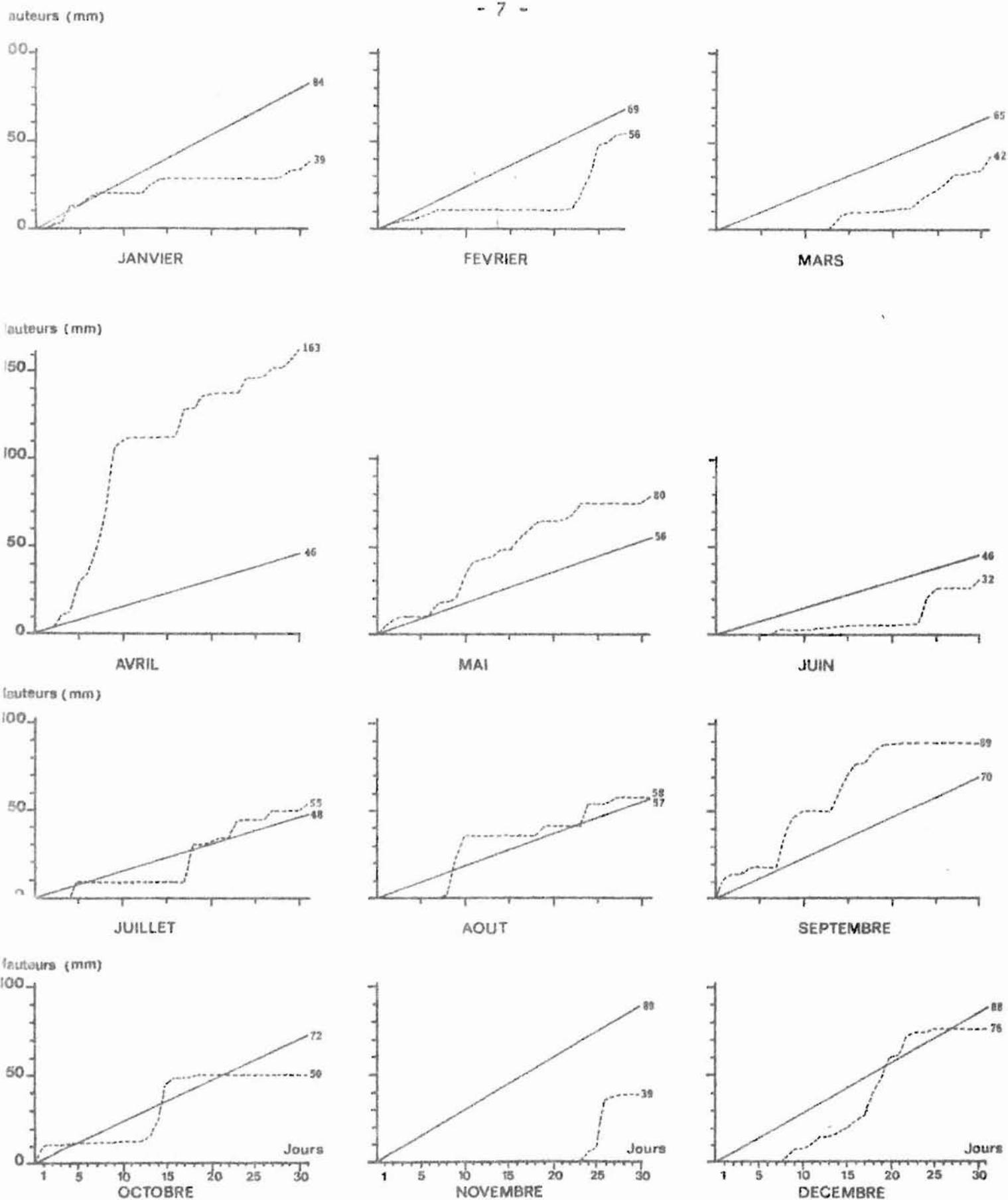


Figure 2 : Hauteurs des précipitations journalières cumulées pour les mois de 1983 (----) et normales théoriques correspondantes calculées sur la période 1951 - 1980 (—).

B. Température de l'air

L'évolution moyenne des températures de l'air, pendant l'année, a eu une répercussion sur la valeur des températures du milieu aqueux et, par là, sur la croissance et la multiplication du phytoplancton.

L'analyse des courbes de températures minimales et maximales journalières (fig. 3) montre :

- une période avec des températures extrêmes dans l'ensemble supérieures à la normale, du 1er janvier au 6 février,
- puis une période de refroidissement jusqu'aux environs du 23 février,
- ensuite, jusqu'au 21 mars, une remontée des températures extrêmes qui seront dans l'ensemble supérieures aux normales ; durant cette période les températures maximales des 8 et 9 mars ont été exceptionnelles (17,2° et 16,7°) ce qui a pu, en période de mortes-eaux (coefficients 32 - 31 - 32 - 35) favoriser la multiplication du phytoplancton concrétisée par l'efflorescence à diatomées de la mi-mars,
- puis une longue période, de la fin mars à la fin mai, au cours de laquelle les températures extrêmes sont inférieures aux normales et par conséquent défavorables aux efflorescences phytoplanctoniques,
- ensuite, brutalement début juin, les températures extrêmes atteignent des valeurs estivales jusqu'au 8 juin ; cette période est suivie d'une succession de périodes fraîche (9 au 18 juin), chaude (19 au 24 juin) et fraîche (25 juin au 2 juillet) ; le brusque échauffement de l'air du début juin s'est répercuté au milieu marin et a favorisé le développement des populations phytoplanctoniques alors que la chute consécutive des températures l'a freiné et a limité la désoxygénation des eaux profondes où de grandes quantités de matières organiques étaient l'objet de dégradations bactériennes,
- un mois de juillet exceptionnellement chaud, suivi d'un mois d'août plus chaud que la normale, durant lesquels le phytoplancton aurait pu se multiplier abondamment si le stock de sels nutritifs n'avait pas été épuisé dans sa quasi-totalité par l'efflorescence de juin,
- une période fraîche ensuite jusqu'au 22 septembre suivie d'une période chaude jusqu'au 5 octobre ; là encore l'absence de sels nutritifs dans le milieu n'a pas permis le développement abondant du phytoplancton ; par la suite les températures ont été voisines des normales avec toutefois des périodes plus chaudes (début et fin novembre, fin décembre) ou plus froides (mi-novembre et début décembre) que les normales, mais à ce moment de l'année d'autres facteurs limitants du développement interviennent comme la durée journalière d'éclairement.

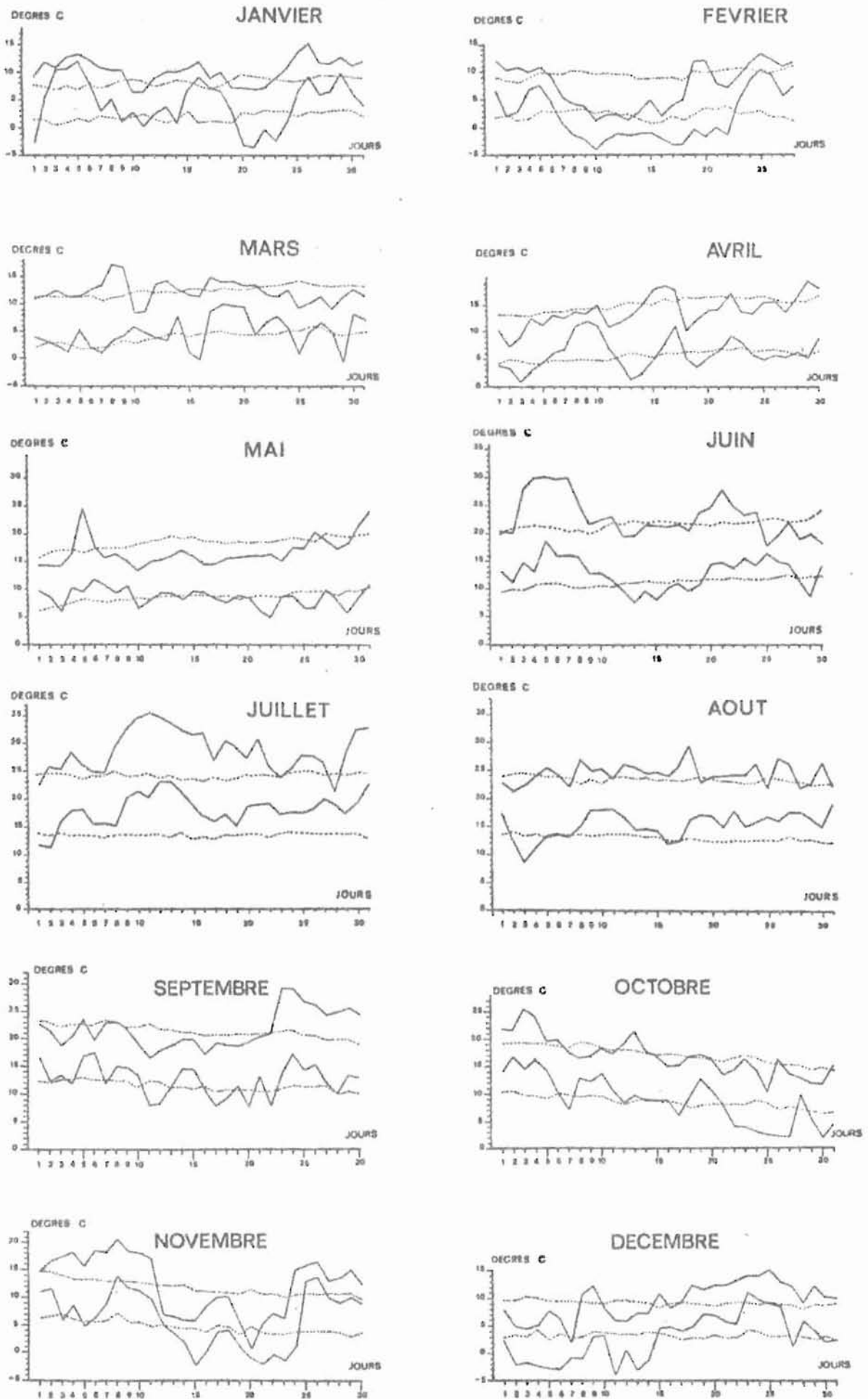


Figure 3 : Températures journalières minimales (— en bas) et maximales (— en haut) de l'air, pour chaque mois de 1983, et normales correspondantes (---) calculées sur la période 1951-1980.

C. Vents

Rappelons que, d'après leur vitesse, on distingue les vents :

- calmes : inférieurs à 2 m/s,
- faibles : 2 à 4 m/s,
- modérés : 5 à 9 m/s,
- forts : 10 m/s et plus.

En baie de Vilaine, la configuration et l'orientation des rivages accentuent le rôle des vents sur la physico-chimie du milieu marin :

- les vents de terre, soufflant des secteurs 360° à 80° avec une certaine force, favorisent le mélange des eaux continentales aux eaux océaniques ; cependant, du fait de la configuration des rivages, les vents faibles ont peu d'influence sur une grande partie de la baie,
- les vents de mer, issus des secteurs 180° à 280°, au contraire retardent ce mélange des eaux et peuvent maintenir, dans la frange littorale, les eaux dessalées et enrichies favorables au développement du phytoplancton, lorsque les autres facteurs du milieu sont optimaux.

Dans certaines conditions, les vents de mer peuvent favoriser la concentration d'organismes phytoplanctoniques en poussant, vers le rivage, des eaux superficielles fortement colonisées ; les vents de terre peuvent avoir des effets contraires.

D'une manière générale l'absence de vent et les eaux calmes qui en résultent sont des facteurs favorables à la multiplication des organismes dans un volume limité d'eau. A l'opposé, les vents d'une certaine force, en agitant la mer, favorisent la dispersion des organismes au sein des eaux et peuvent ainsi contribuer à la disparition de la coloration donnée à la mer lors d'une efflorescence phytoplanctonique.

La représentation des vents est faite, en fonction de leur direction et de leur vitesse, sous la forme de roses.

Cette représentation mensuelle des roses des vents, pour l'année 1983, est donnée figures 4 et 5, les mois intéressants sont :

- mars qui a vu se développer les premières eaux colorées de l'année,
- avril et mai qui ont été très pluvieux,
- juin au cours duquel des efflorescences à diatomées de grande ampleur sont apparues.

Les vents en mars

En ce qui concerne le mois de mars l'essentiel des vents a soufflé des secteurs 220° à 300°. Nous avons décomposé le mois en trois périodes que l'on peut assimiler à trois phases de l'efflorescence :

- la phase de préparation : du 1er au 12,
- la phase de manifestation : du 13 au 20,
- la phase de régression : du 21 au 31.

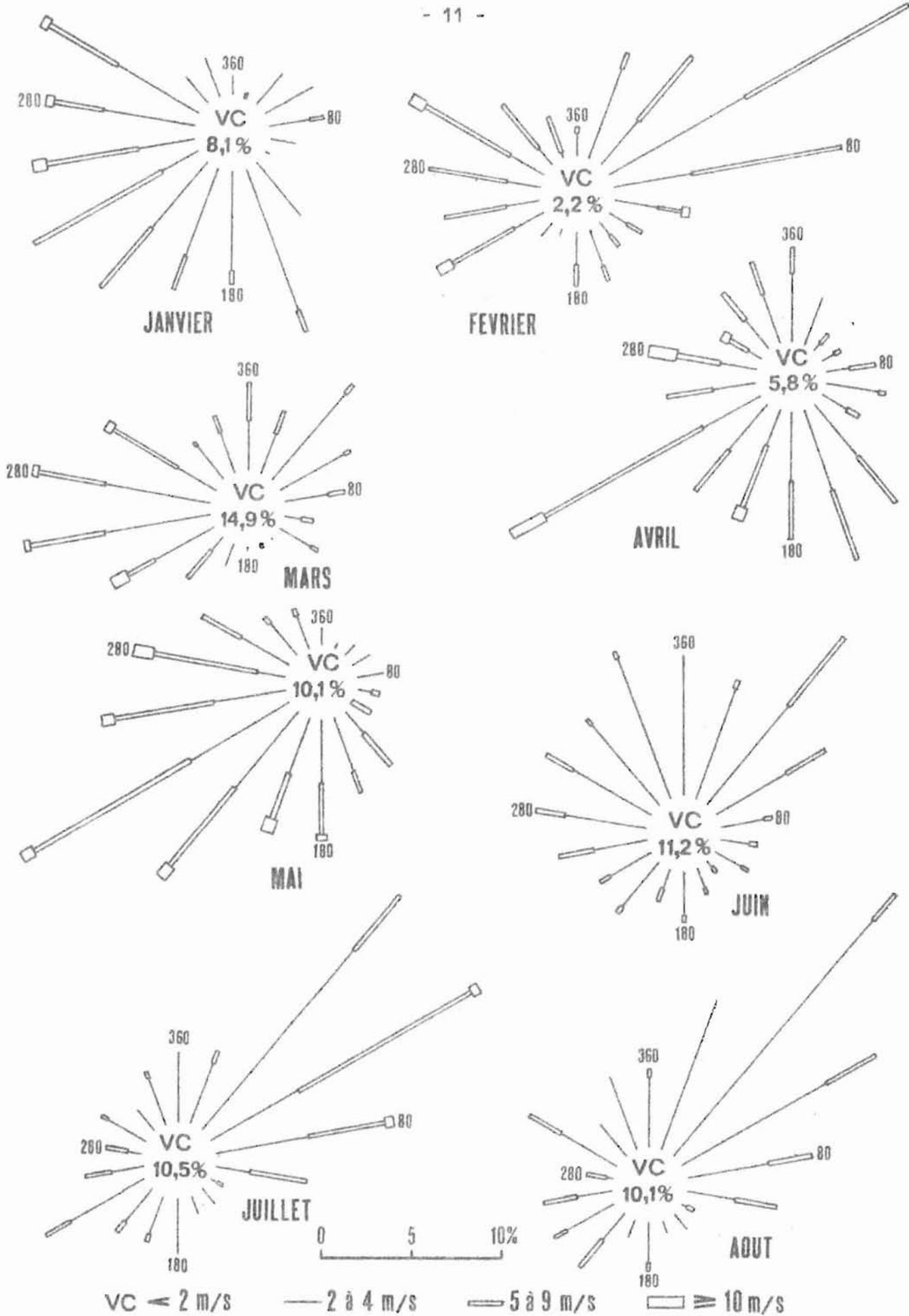


Figure 4 : Pourcentages relatifs des intensités des vents, en fonction des directions, pour les huit premiers mois de l'année 1983. VC = vents calmes.

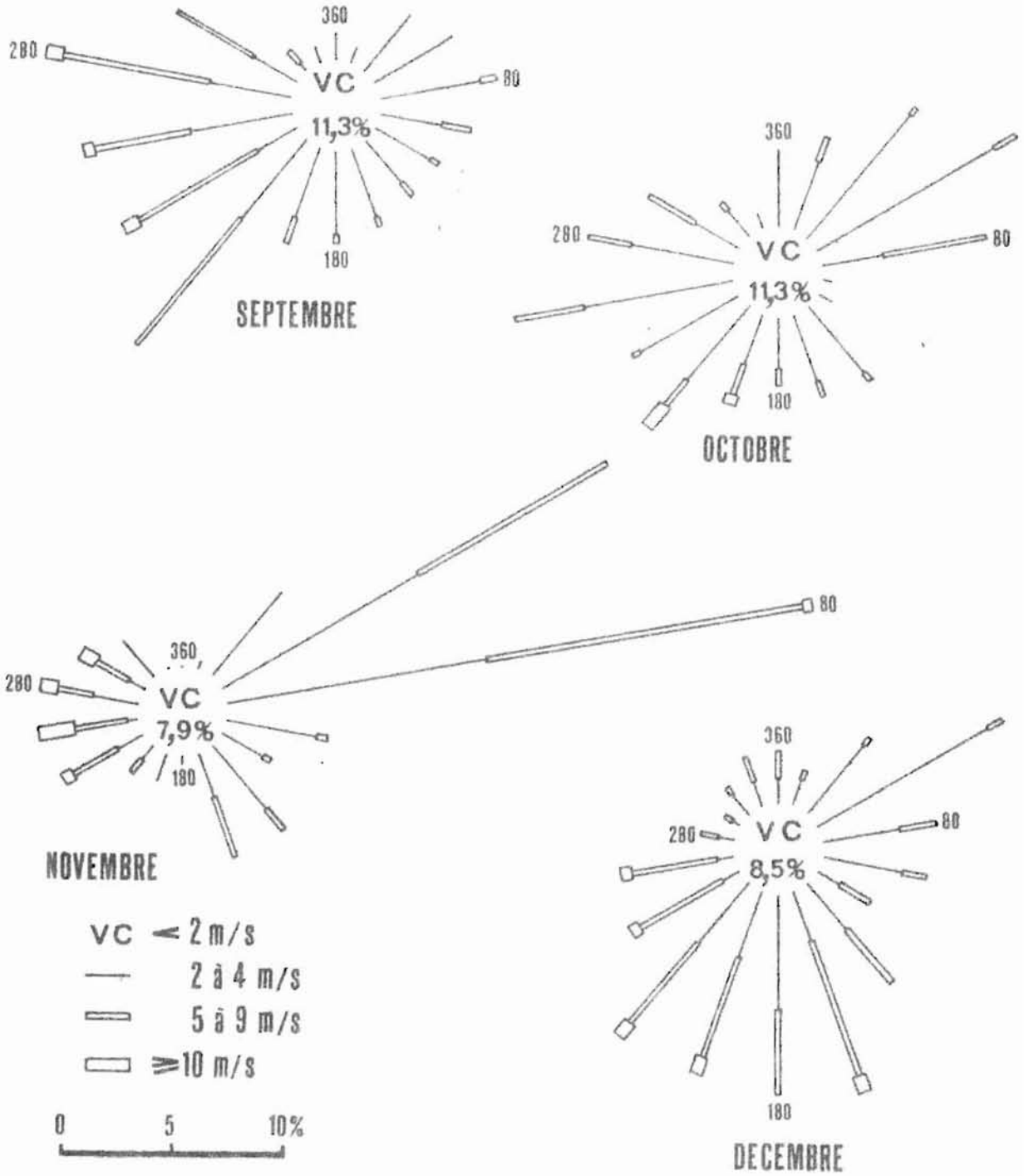


Figure 5 : Pourcentages relatifs des intensités des vents, en fonction des directions, pour les quatre derniers mois de l'année 1983. VC = vents calmes.

L'analyse des roses des vents de ces trois périodes (fig. 6) permet les observations suivantes :

- du 1er au 12 mars les vents calmes (26 %) et faibles (64 %) ont été dominants, les vents modérés (9 %) peu fréquents et les vents forts absents. De plus, l'essentiel de ces vents venait des secteurs 360° à 80° et n'avait quasiment pas d'effet sur l'agitation des eaux en baie de Vilaine. Durant cette phase il faut remarquer que du 6 au 11 les vents ont été 37,5 % du temps calmes et 62,5 % faibles alors que les températures maximales de l'air atteignaient des valeurs exceptionnelles en période de mortes-eaux (coefficients 31 le 8). Toutes ces conditions ont été favorables au développement du phytoplancton dans les eaux superficielles réchauffées et calmes,
- du 13 au 20 mars le régime des vents a favorisé la multiplication du phytoplancton : 14 % de vents calmes, 64 % de vents faibles, 22 % de vents modérés et absence de vents forts. La plus grande partie de ces vents soufflait des secteurs 220° à 300° ce qui a eu pour effet de maintenir, dans la frange littorale, les eaux superficielles dessalées et enrichies par les apports telluriques au sein desquelles se développaient abondamment les espèces phytoplanctoniques,
- du 21 au 31 mars les vents calmes (3 %) et faibles (36 %) ont chuté au bénéfice des vents modérés (53 %) et forts (6 %) qui ont contribué à l'agitation de la mer et à la dispersion du phytoplancton, mettant un terme aux colorations marron des eaux de surface.

Les vents en avril et mai

Ce sont avec février, les mois au cours desquels les vents modérés et forts ont le plus soufflé ; ce sont donc des mois ventés. Par ailleurs, l'essentiel des vents soufflait des secteurs 180° à 280° contribuant ainsi à maintenir dans la frange littorale les eaux côtières dessalées et enrichies en sels nutritifs par les apports de la Vilaine consécutivement à la pluviosité exceptionnelle de cette période. Quant aux vents de terre, issus des secteurs 360° à 80°, ils ont été peu importants en avril et quasiment nuls en mai où, de plus, ils étaient limités à des vents faibles sans effet sur l'agitation des eaux de la baie.

Les vents de juin

Durant tout le mois les vents calmes (11 %), faibles (70 %) et modérés (18 %) ont représenté la totalité des vents observés (cf fig. 4).

L'intense coloration des eaux par le phytoplancton s'est manifesté pendant la première moitié du mois puis a régressé à la suite des modifications des conditions hydroclimatiques. Nous avons analysé les roses des vents de trois périodes du mois de juin : du 1er au 14, du 15 au 21, et du 22 au 30 (fig. 7).

Du 1er au 14 la répartition des vents en pourcentage est sensiblement la même que pour l'ensemble du mois :

vents calmes	15 %
vents faibles	68 %
vents modérés	17 %

Ces vents n'ont pratiquement pas eu d'influence sur l'agitation de la mer.

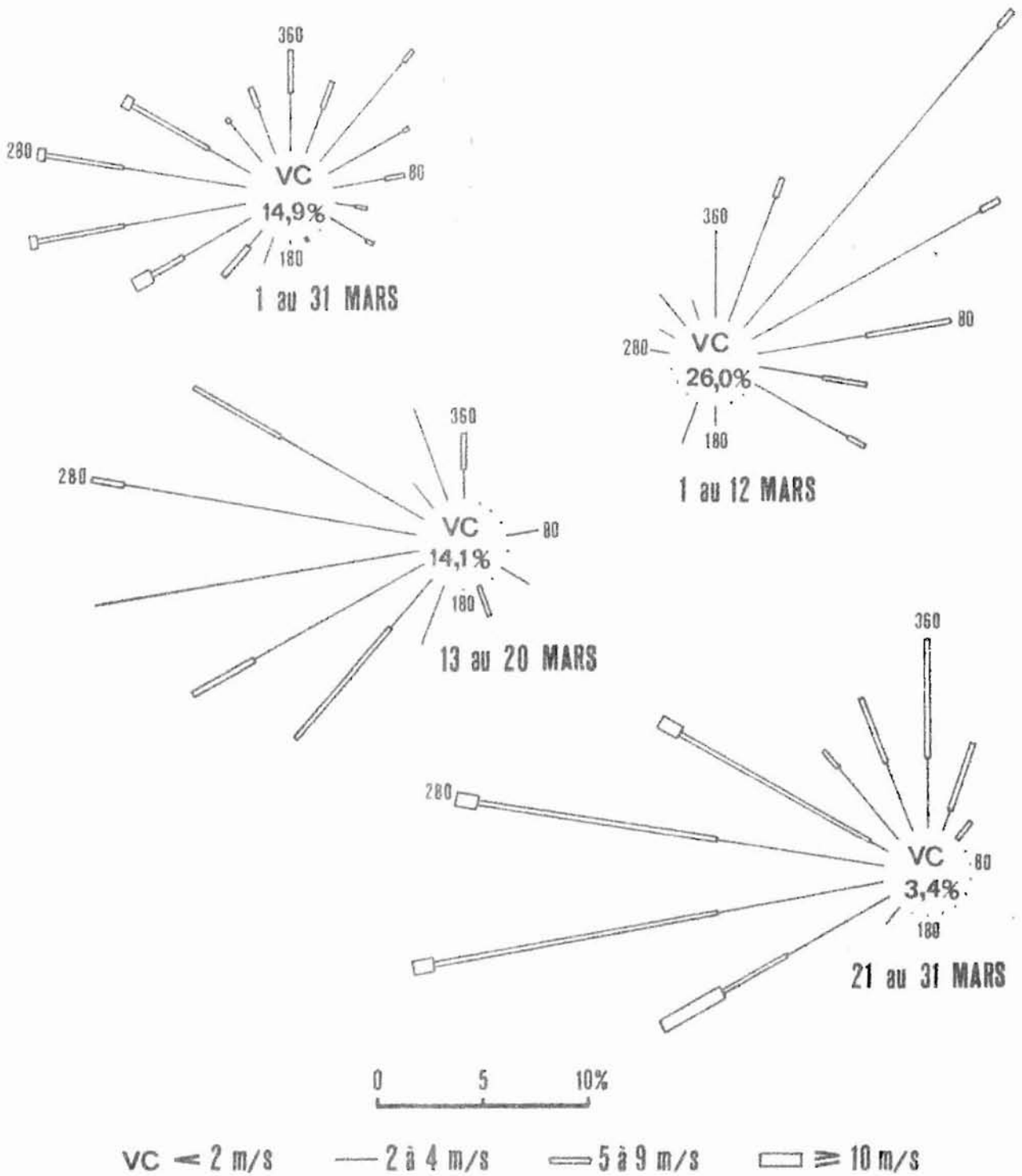


Figure 6 : Pourcentages relatifs des intensités des vents, en fonction des directions, durant le mois de mars 1983.
VC = vents calmes.

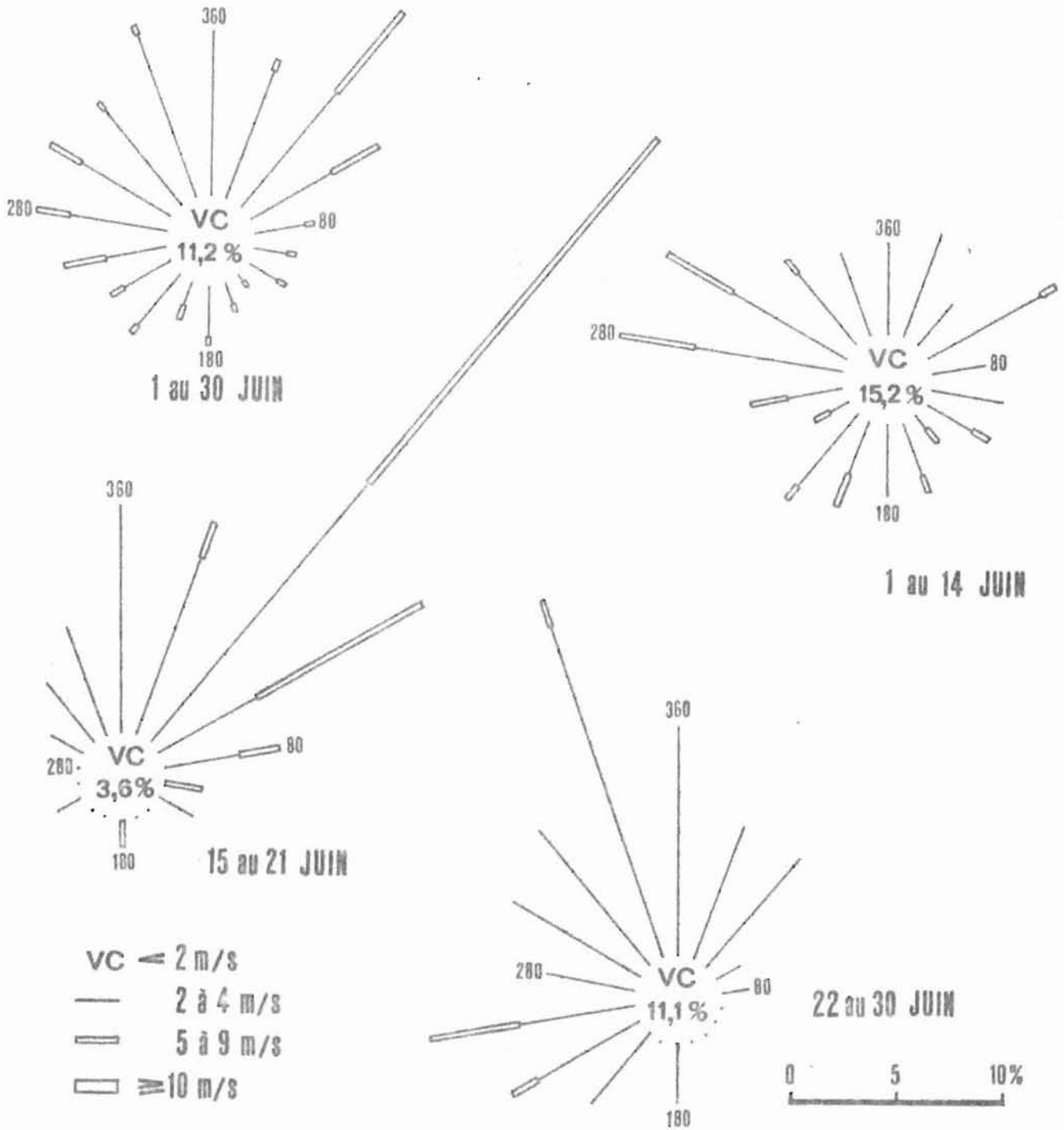


Figure 7 : Pourcentages relatifs des intensités des vents, en fonction des directions, durant le mois de juin 1983.
VC = vents calmes.

Du 15 au 21 les vents modérés (37 %) soufflent davantage au détriment des vents calmes (4 %) alors que les vents faibles demeurent importants (59 %). Ces vents venaient de terre (secteur 360° à 80°) avec une forte dominance pour les secteurs 40° et 60° et c'est en partie la constance de ces vents faibles et modérés qui est à l'origine de la dispersion de l'efflorescence phytoplanctonique du début du mois. En effet, ces vents ont partiellement contribué au mélange des eaux côtières de surface, fortement colonisées par le phytoplancton, avec les eaux profondes plus salées, poursuivant ainsi l'action de brassage de la période de vives-eaux (coefficient 94 le 12).

Du 22 au 30 juin les vents calmes (11 %) et faibles (82 %) dominent ainsi qu'en juillet et, surtout, en août. Durant cette longue période les vents sont favorables aux proliférations des diatomées mais nous verrons que le stock de sels nutritifs du milieu, épuisé par l'efflorescence de juin, limitera tout développement.

D. Insolation

C'est un facteur essentiel pour le développement des végétaux mais, aussitôt une certaine durée d'insolation mensuelle atteinte, le démarrage de la végétation se produit et tout excédent d'ensoleillement demeure alors sans effet apparent. Dès le mois de mars, la durée d'insolation est en principe assez importante pour apporter l'énergie lumineuse nécessaire au développement des végétaux.

L'insolation a été déficitaire en octobre, novembre et décembre 1982, puis légèrement excédentaire en janvier et février 1983 ; en mars, avril et mai elle est fortement déficitaire puis proche de la normale en juin, août et septembre et très excédentaire en juillet (fig. 8).

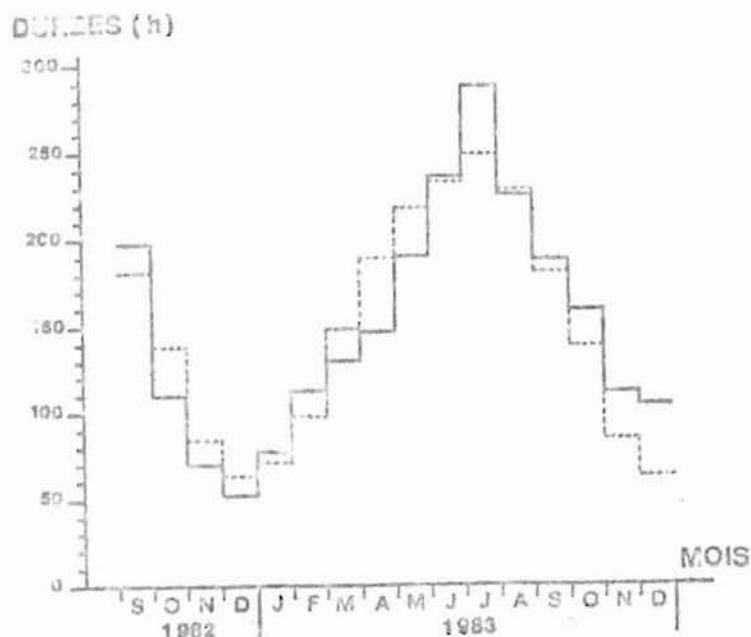


Figure 8 : Durées mensuelles de l'insolation pour la période septembre 1982-décembre 1983 (—) et normales mensuelles calculées sur la période 1951-1980 (----).

L'excédent d'insolation de février pourrait être considéré comme un élément qui a favorisé le développement du phytoplancton à un moment où la durée journalière d'insolation est faible. A l'opposé le déficit d'insolation d'avril et mai ne semble pas avoir joué de rôle défavorable aux proliférations phytoplanctoniques de juin. L'insolation ne semble donc pas constituer un facteur essentiel dans le déclenchement des efflorescences estivales ; il est vrai que la durée journalière de l'ensoleillement est alors trop importante pour constituer un facteur limitant le développement des végétaux. Il est cependant certain qu'une forte insolation, par mer calme, provoque un échauffement important des eaux superficielles qui favorise le développement et la multiplication des organismes phytoplanctoniques dans cette couche.

E. Etat de la mer du vent

Nous avons analysé les données recueillies par le sémaphore de l'île d'Yeu qui est le point d'observation le plus proche de la baie de Vilaine. L'état de la mer, observé à 3, 6, 9, 12, 15, 18 et 21 heures temps universel, est décrit en fonction de la hauteur moyenne des vagues (tabl. 1).

MER	HAUTEURS MOYENNES (m)
Calme	0
Ridée	0 à 0,1
Belle	0,1 à 0,5
Peu agitées	0,5 à 1,25
Agitée	1,25 à 2,50
Forte	2,50 à 4
Très forte	4 à 6
Grosse	6 à 9
Très grosse	9 à 14
Enorme	14 et plus

Tableau 1. - Différents états de la mer du vent.

Nous avons regroupé dans les tableaux 2 et 3 les pourcentages relatifs calculés par décades et par mois pour 1983.

Il ressort de l'analyse des résultats mensuels que la mer a été belle pendant la quasi-totalité des mois de juin (73 %), juillet (79 %) et août (64 %). Ces faibles mouvements de la mer ont donc assuré une relative stabilité des masses d'eau durant toute cette période.

Mois	Mer	1ère décade	2ème décade	3ème décade	Mois entier
JANVIER	Ridée	0	0	0	0
	Belle	19,1	40,0	27,3	28,8
	Peu agitée	42,6	34,3	48,1	41,9
	Agitée	19,1	22,9	20,8	20,9
	Forte	19,1	2,9	3,9	8,4
	Très forte	0	0	0	0
	Grosse	0	0	0	0
FEVRIER	Ridée	0	0	0	0,5
	Belle	7,2	15,7	14,3	12,3
	Peu agitée	34,8	84,3	48,2	56,4
	Agitée	27,5	0	28,6	17,9
	Forte	29,0	0	8,9	12,8
	Très forte	1,4	0	0	0,5
	Grosse	0	0	0	0
MARS	Ridée	0	1,4	0	0
	Belle	75,7	84,1	2,6	52,3
	Peu agitée	18,6	8,7	37,7	22,2
	Agitée	5,7	5,8	37,7	17,1
	Forte	0	0	20,8	7,4
	Très forte	0	0	1,3	0,5
	Grosse	0	0	0	0
AVRIL	Ridée	0	2,9	0	1,0
	Belle	4,3	52,9	15,7	24,3
	Peu agitée	10,0	25,7	30,0	21,9
	Agitée	37,1	10,0	31,4	28,2
	Forte	32,9	7,1	22,9	21,0
	Très forte	15,7	1,4	0	5,7
	Grosse	0	0	0	0
MAI	Ridée	0	0	0	0
	Belle	2,9	8,6	80,5	32,3
	Peu agitée	40,0	11,4	7,8	19,4
	Agitée	41,4	30,0	11,7	27,2
	Forte	11,4	31,4	0	13,8
	Très forte	4,3	14,3	0	6,0
	Grosse	0	4,3	0	1,4
JUIN	Ridée	0	0	2,9	1,0
	Belle	75,7	60,0	84,3	73,3
	Peu agitée	21,4	38,6	12,9	24,3
	Agitée	2,9	1,4	0	1,4
	Forte	0	0	0	0
	Très forte	0	0	0	0
	Grosse	0	0	0	0

Tableau 2 : Pourcentages relatifs, décadaires et mensuels, de l'état de la mer du vent pour le premier semestre 1983

Mois	Mer	1ère décade	2ème décade	3ème décade	Mois entier
JUILLET	Ridée	1,4	1,4	0	0,9
	Belle	95,7	85,7	58,4	79,3
	Peu agitée	2,9	10,0	41,6	18,9
	Agitée	0	2,9	0	0,9
	Forte	0	0	0	0
	Très forte	0	0	0	0
	Grosse	0	0	0	0
AOÛT	Ridée	0	2,9	0	0,9
	Belle	42,9	78,6	71,4	64,5
	Peu agitée	51,4	14,3	28,6	31,3
	Agitée	5,7	4,3	0	3,2
	Forte	0	0	0	0
	Très forte	0	0	0	0
	Grosse	0	0	0	0
SEPTEMBRE	Ridée	0	0	0	0
	Belle	22,7	5,7	59,4	29,3
	Peu agitée	25,8	48,6	33,3	36,1
	Agitée	25,8	27,1	2,9	18,5
	Forte	13,6	15,7	4,3	11,2
	Très forte	12,1	2,9	0	4,9
	Grosse	0	0	0	0
OCTOBRE	Ridée	0	0	0	0
	Belle	45,7	15,7	32,0	31,2
	Peu agitée	44,3	34,3	42,7	40,5
	Agitée	10,0	22,8	25,3	19,5
	Forte	0	17,1	0	5,6
	Très forte	0	10,0	0	3,3
	Grosse	0	0	0	0
NOVEMBRE	Ridée	0	0	0	0
	Belle	27,1	36,8	11,4	24,4
	Peu agitée	41,4	29,8	30,0	34,0
	Agitée	31,4	28,1	40,0	33,5
	Forte	0	5,3	8,6	4,6
	Très forte	0	0	10,0	3,6
	Grosse	0	0	0	0
DECEMBRE	Ridée	0	0	0	0
	Belle	37,3	0	50,0	29,4
	Peu agitée	40,3	25,7	17,6	27,5
	Agitée	10,4	30,0	8,1	16,1
	Forte	11,9	22,9	21,6	19,0
	Très forte	0	21,4	1,4	7,6
	Grosse	0	0	1,4	0,5

Tableau 3 : Pourcentages relatifs, décadaires et mensuels, de l'état de la mer du vent pour le second trimestre 1983

Le mois de mars, à un degré moindre (52 %), montre une tendance comparable. Cependant, si on analyse ces résultats par décades, on observe que durant les deux premières décades de mars la mer belle a fortement dominé (75 et 84 %) et que le résultat mensuel global est atténué par la troisième décade durant laquelle la mer a été souvent peu agitée (37 %), agitée (37 %) ou forte (20 %).

Durant les deux premières décades, l'état de la mer a donc été favorable au développement du phytoplancton, alors que son agitation, durant la dernière décade, a contribué à la dispersion des organismes au sein des eaux.

De la même façon l'analyse décadaire fait apparaître une mer exceptionnellement belle (80 %) au cours de la dernière décade de mai qui contraste avec les deux précédentes. Ainsi, dès la fin mai l'état de la mer était favorable aux proliférations phytoplanctoniques qui allaient se matérialiser, début juin, par une coloration intense des eaux et se poursuivre, de façon moins intense, pendant l'été.

II. LES FACTEURS HYDROLOGIQUES

La surveillance des paramètres hydrologiques lancée dès janvier 1982 a été amplifiée en 1983 et les stations 1 à 6 (figure 9) ont été suivies mensuellement. Dès que le phénomène "Dinophysis" a pris une certaine ampleur nous avons étendu la zone surveillée et fait appel à des moyens nautiques lourds permettant des prélèvements sur 14 stations à raison de deux sorties hebdomadaires (1) ; ainsi de janvier à septembre, 24 sorties ont été réalisées.

Certaines stations sont sous l'influence directe des apports de la Vilaine (1, 5, 6 et 7) et deux sont situées dans la rivière de Pénerf (10 et 13) qui ne reçoit que de faibles apports d'eau douce de son bassin versant.

La plupart des stations sont côtières et situées sur des fonds inférieurs à 10 m mais quatre sont plus profondes : entre 10 et 20 m (15, 16 et 19) et au delà de 30 m (18).

Signalons que la station 16 correspond au point de mouillage de la bouée "Oxymor" du Centre National pour l'Exploitation des Océans entre le 12 avril et le 31 août 1983.

A chaque station des prélèvements d'eau étaient réalisés en surface et au voisinage du fond ; nous avons effectué les déterminations suivantes : températures, salinités, oxygènes dissous, nitrates, nitrites, phosphates, silicates et rapports N/P.

(1) Nous adressons nos remerciements aux Douanes Françaises (Région maritime de l'Atlantique), aux Affaires Maritimes de Vannes, au Centre Régional Opérationnel de Surveillance et Sécurité d'Etel (CROSSA), à la Société Nationale de Sauvetage en Mer de Pénerf et à M. Joseph GUICHET pour les moyens nautiques mis gracieusement à notre disposition.

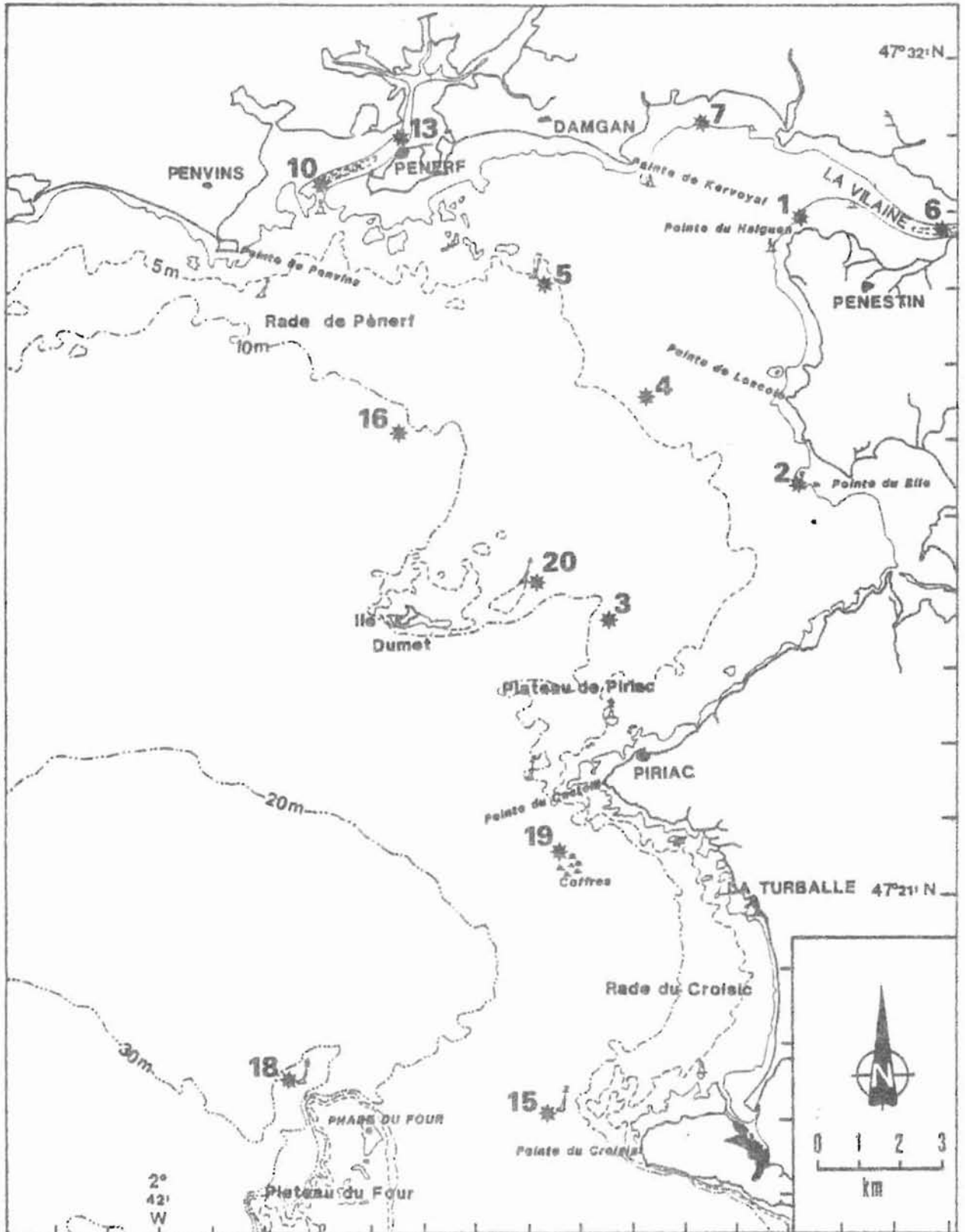


Figure 9 : Localisation des stations de prélèvements.

A. Coefficients de marées (figure 10)

Les coefficients de marées de vives-eaux ont été faibles en mai (97 et 87), juin (94 et 76) et juillet (96 et 75), limitant le mouvement des masses d'eau et facilitant la multiplication des populations phytoplanctoniques dans un espace limité.

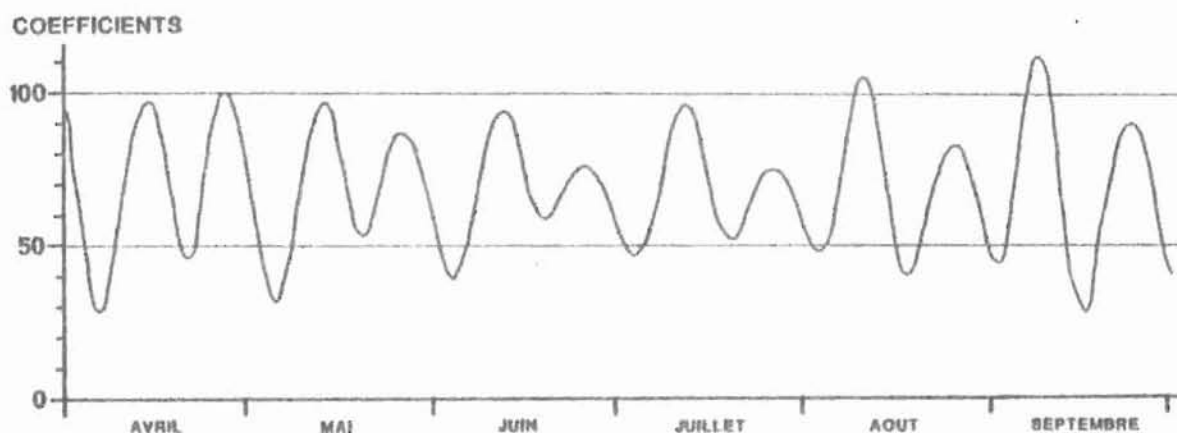


Figure 10 : Variations des coefficients de marée entre le 1er avril et le 30 septembre 1983.

B. Températures (annexes 1 et 2)

De février à mai la température des eaux de surface et de fond a régulièrement augmenté.

Les brusques élévations des températures de l'air, en juin et juillet (cf. fig. 3), se sont répercutées, avec un temps de latence, à la masse d'eau ; ces augmentations de températures ont concerné toute la couche d'eau des stations peu profondes (1, 2, 6, 10 et 13) alors qu'elles n'ont touché que les eaux superficielles aux stations plus profondes (3, 4, 5, 15, 16, 18 et 19).

Ainsi dès le début juin il y a eu de brusques élévations de températures des eaux superficielles qui ont conduit à l'établissement d'une stratification thermique importante au niveau des stations profondes.

C. Salinités (annexes 3 et 4)

Les fortes précipitations de l'automne 1982 (cf fig. 1) ont permis l'établissement d'une stratification haline au niveau des stations côtières et estuariennes. Par la suite l'exceptionnelle pluviosité d'avril et mai 1983 (cf fig. 1 et 2) accentuera cette stratification qui sera maximale début juin puis s'atténuera dans le courant du mois.

Cette importante stratification haline, associée à une stratification thermique marquée, a dû représenter un facteur important pour le déclenchement de l'efflorescence à diatomées de la première décade de juin.

D. Oxygène dissous (annexes 5 à 8)

Les teneurs en oxygène des stations peu profondes (1, 2, 6, 10 et 13) sont très comparables en surface et au fond alors que les eaux profondes sont moins oxygénées que les eaux superficielles aux stations plus profondes (3, 4, 5, 15, 16, 18 et 19).

Début juin et début juillet nous observons deux périodes de sur-oxygénation des eaux superficielles qui sont la conséquence de l'activité photosynthétique du plancton.

Faisant suite à ces pics de sursaturation en oxygène il y a eu plusieurs chutes de l'oxygénation plus marquées dans les eaux de fond des stations profondes (15, 16, 18 et 19) ; il a ainsi été trouvé entre 2,5 et 3,0 ml/l d'oxygène dissous correspondant, suivant le cas, à seulement 40 à 50 % de saturation. Cette chute de l'oxygénation des eaux de fond est vraisemblablement le résultat d'une intense activité bactérienne pour dégrader l'importante quantité de matière organique détritique qui se dépose après chaque efflorescence phytoplanktonique.

E. Silicates (annexes 9 et 10)

Les teneurs en silicates des eaux sont importantes jusqu'au début juin où elles tombent brutalement à des valeurs très faibles au moment de l'efflorescence à diatomées. Il est vraisemblable que les diatomées ont consommé la silice disponible pour fabriquer leurs frustules ; ce composé a ensuite dû constituer un facteur limitant pour le "bloom" de diatomées.

Par la suite les teneurs resteront faibles malgré quelques apports par les eaux de la Vilaine (stations 1 et 6).

Au niveau des stations les plus profondes (16, 18 et 19) les teneurs des eaux de fond sont supérieures à celles des eaux de surface ; il faut voir là le résultat d'une plus faible consommation des silicates par les diatomées moins abondantes au fond qu'en surface.

F. Nitrates (annexes 11 et 12)

Les teneurs les plus élevées se rencontrent aux deux stations directement sous l'influence des apports d'eaux douces de la Vilaine (stations 1 et 6) et surtout au niveau des eaux de surface.

Comme pour les silicates, les teneurs en nitrates sont élevées jusqu'au début juin où elles chutent brutalement jusqu'à des valeurs extrêmement faibles lors de l'efflorescence. A partir de juillet les teneurs en nitrates sont quasiment nulles sauf aux stations estuariennes (1, 6 et 7) et, au voisinage du fond, aux stations les plus profondes (15, 16, 18 et 19).

Les nitrates apportés en grandes quantités par les eaux douces ont donc été consommés en quasi-totalité lors du "bloom" de diatomées de juin ; ils ont donc pu avoir un rôle de facteur limitant dans le développement de ces organismes.

G. Nitrites (annexes 13 et 14)

Comme pour les nitrates les teneurs élevées de nitrites se rencontrent aux stations 1 et 6 qui sont sous l'influence directe de la Vilaine. Les valeurs trouvées à la station 6 mettent bien en évidence l'origine continentale de ces composés qui sont plus abondants dans les eaux de surface que dans celles du fond.

Les teneurs chutent brutalement en juin au moment du "bloom" à diatomées puis oscillent avec plus ou moins d'amplitude autour de valeurs faibles.

De façon générale les teneurs des eaux de surface sont plus élevées que celles des eaux du fond mais l'inverse est observé pour les stations profondes (15, 16, 18 et 19) ; ces augmentations des teneurs en nitrites sont vraisemblablement à relier aux chutes de l'oxygénation des eaux de fond notées à ces mêmes stations.

H. Phosphates (annexes 15 et 16)

Comme pour les autres sels minéraux ce sont les stations estuariennes (1 et 6) qui sont les plus riches en phosphates. De même on observe une chute brutale des teneurs au moment du "bloom" de juin ; toutefois ces teneurs faibles ne vont pas persister et l'on assiste, surtout au niveau du fond, à une augmentation des teneurs. Ces apports en phosphates proviennent très probablement d'une remise en solution à partir des sédiments. De ce fait les phosphates ne semblent pas constituer un facteur limitant le développement des populations phytoplanctoniques.

I. Rapport N/P (annexes 17 et 18)

Le rapport azote/ phosphore, qui atteint des valeurs importantes au printemps, chute brutalement au moment de l'efflorescence à diatomées de juin ; il restera à des valeurs faibles durant tout l'été. Seules les eaux de surface des stations influencées par les apports de la Vilaine ont un rapport N/P élevé jusqu'à la fin juillet.

CONCLUSIONS

L'analyse des facteurs hydroclimatiques que nous venons d'effectuer montre que les proliférations phytoplanctoniques, apparues en mars et juin 1983 en baie de Vilaine, ont été favorisées par l'existence de conditions de milieu particulières.

Ainsi, les eaux marron à diatomées (*Skeletonema costatum*) de la mi-mars ont été favorisées par plusieurs facteurs dont :

- une forte pluviosité du 23 au 27 février (42 mm) qui a drainé vers la mer de grandes quantités de sels nutritifs par lessivage des sols. Il faut cependant remarquer que ces apports ne constituent pas le facteur déterminant car le stock de sels nutritifs est toujours important, dans les eaux littorales en période hivernale, alors qu'il est faiblement utilisé par le phytoplancton ; les teneurs en phosphates, nitrates et silicates observées dans le milieu en témoignent ;
- une dessalure des eaux superficielles qui a ainsi individualisé une couche d'eau fortement enrichie par les apports telluriques : sels nutritifs mais aussi oligo-éléments nécessaires au développement du phytoplancton ;
- des températures extrêmes de l'air, supérieures aux normales, durant les deux premières décades de mars avec en particulier une période exceptionnelle, autour des 8 et 9 mars, durant laquelle les températures maximales ont été respectivement 17°2 et 16°7. Cet échauffement de l'air s'est répercuté au milieu marin, essentiellement au niveau des eaux superficielles, favorisant la croissance et la multiplication des diatomées dans cette couche d'eau ;

- des vents de terre surtout calmes (28 %) et faibles (64 %) du 1er au 12 mars (avec une période particulièrement calme du 6 au 11) qui ont été sans effet notable sur l'agitation de la mer ;
- des vents, surtout de mer, essentiellement calmes (14 %), faibles (64 %) et modérés (22 %) du 13 au 20 mars, qui ont maintenu dans la frange littorale les eaux côtières dessalées et enrichies par les apports telluriques ;
- une mer surtout belle (75 et 84 %) et secondairement peu agitée (18 et 8 %) durant les deux premières décades de mars ;
- une période de mortes-eaux (coefficient 31 le 8 mars) qui a assuré une relative stabilité de la masse d'eau.

Cette prolifération de diatomées dans les eaux superficielles a été stoppée, à partir du 21 mars et durant toute la fin du mois, par d'autres facteurs parmi lesquels :

- des vents modérés (53 %) et forts (6 %) qui ont agité la mer,
- l'état de la mer qui a été le plus souvent peu agitée (37 %), agitée (37 %) ou forte (20 %) sous l'action du vent.

Ainsi, il y a eu disparition des eaux colorées par dispersion des eaux superficielles au sein de toute la masse d'eau.

Les proliférations de diatomées (*Nitzschia seriata*, *N. delicatissima* et *Rhizosolenia* spp.) du début juin ont, elles aussi, été favorisées par plusieurs facteurs hydroclimatiques dont :

- l'exceptionnelle pluviosité d'avril et mai (respectivement 353 % et 141 % des normales correspondantes) qui a drainé vers la baie de Vilaine de grandes quantités d'eaux, riches en substances nutritives utilisables par le phytoplancton ; on a ainsi assisté à l'installation d'une importante stratification haline qui a été maximale début juin ;
- la brusque élévation des températures extrêmes de l'air, début juin, qui a provoqué un échauffement des eaux superficielles ; il en est résulté l'individualisation d'une stratification thermique au centre de la baie qui s'est surajoutée à la stratification haline déjà en place ;
- les vents essentiellement de mer faibles (45 et 42 %), modérés (43 et 42 %) et forts (5 et 4 %) qui ont soufflé, en avril et mai, maintenant dans la zone côtière les eaux superficielles dessalées et enrichies par les apports de la Vilaine ;
- les teneurs particulièrement élevées en nitrates, phosphates et silicates mesurées dans le milieu jusqu'à la mi-juin et consécutives aux fortes précipitations des mois d'avril et mai ;
- une mer, surtout belle et secondairement peu agitée observée dès la dernière décade de mai et durant tout l'été, qui a été favorable à la multiplication abondante du phytoplancton au sein des eaux superficielles

Par la suite, ce phénomène d'eaux colorées à diatomées a été freiné par divers facteurs dont :

- la chute brutale des températures de l'air - et des eaux superficielles - entre le 9 et le 18 juin ;
- la constance des vents faibles et modérés qui ont surtout soufflé des secteurs 40° à 60°, du 15 au 21 juin, dispersant les eaux superficielles riches en phytoplancton au sein des eaux océaniques pauvres ;

- la période de vives-eaux du mois de juin (coefficient 94 le 12) qui a accentué le brassage des eaux et favorisé la dispersion des organismes phytoplanctoniques ;
- la chute brusque des concentrations en nitrates, phosphates et silicates qui est vraisemblablement due à un épuisement du stock de sels nutritifs par le "bloom" phytoplanctonique. Cependant, ce phénomène a dû être accentué par la dilution des eaux côtières riches au sein des eaux océaniques pauvres, sous l'action des vents de terre qui ont soufflé du 15 au 21 juin.

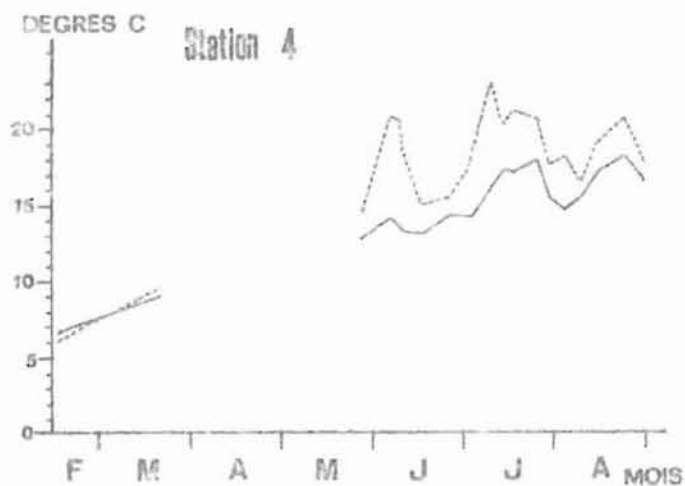
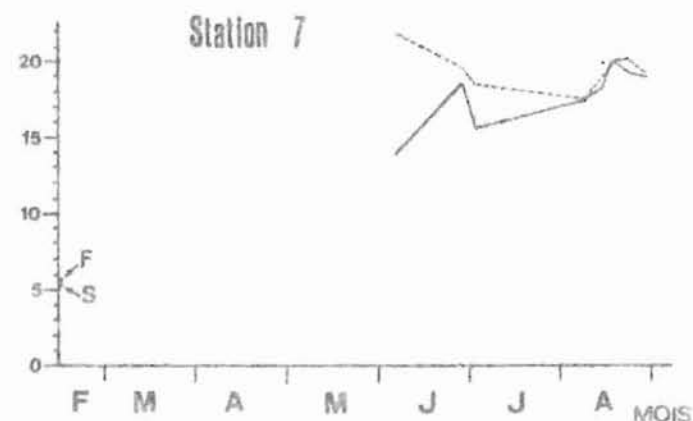
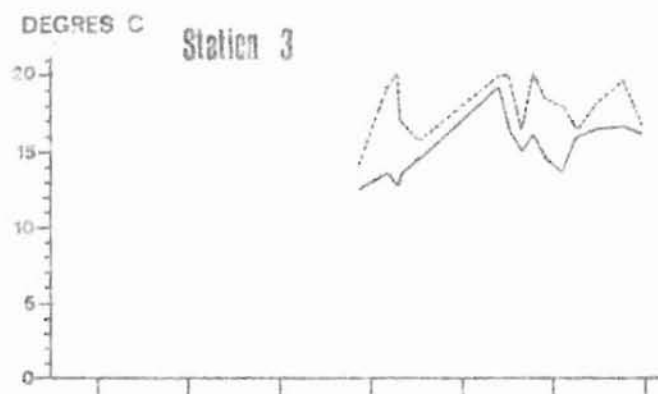
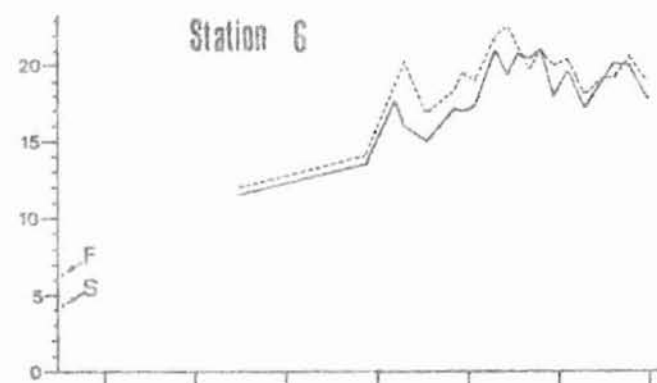
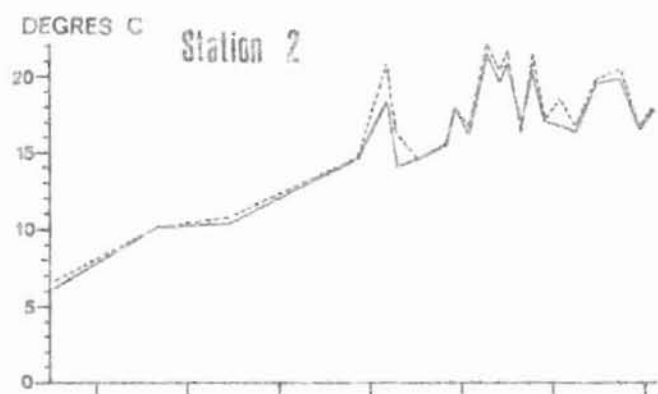
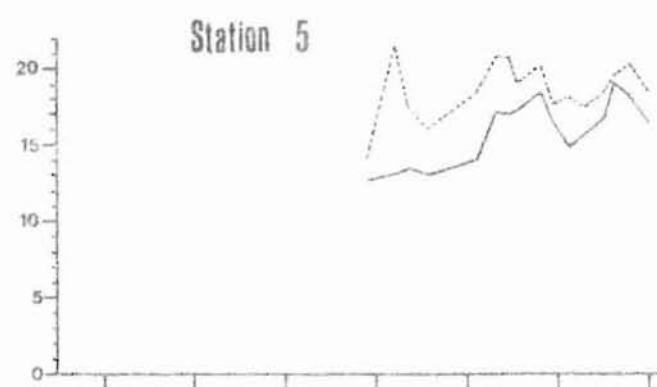
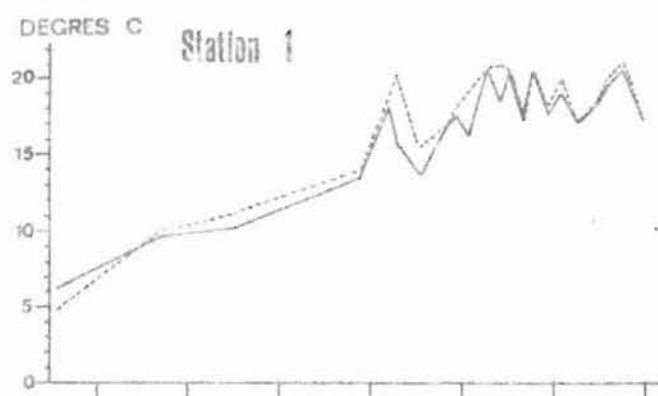
Enfin, il faut remarquer que l'oxygénation des eaux a été très élevée, surtout dans les eaux superficielles, lors de l'efflorescence de juin ; puis elle a chuté brutalement pour atteindre, surtout au niveau du fond, des valeurs nettement inférieures à la saturation. Cette chute est vraisemblablement à relier à une augmentation de l'activité bactérienne pour dégrader les importantes quantités de matières organiques chutant sur le fond lors du "bloom" phytoplanctonique. Si les conditions hydroclimatiques de la seconde moitié de juin étaient demeurées favorables à la multiplication des diatomées, la désoxygénation des eaux profondes se serait poursuivie et l'on aurait pu redouter des mortalités d'animaux benthiques, comme en juillet 1982.

On peut penser que la stratification haline qui s'est installée durant l'hiver et le printemps jusqu'à la mi-juin a contribué à la désoxygénation des eaux profondes en freinant les échanges gazeux avec l'atmosphère. Toutefois ce facteur n'a pas dû jouer le rôle essentiel car la désoxygénation des eaux profondes aurait dû être lente et progressive. De plus, on retrouve une phase de désoxygénation, encore plus marquée que celle de la mi-juin, au début du mois d'août et, là encore, il est à noter qu'un pic de sursaturation en oxygène des eaux superficielles dû à un "bloom" du dinoflagellé *Prorocentrum micans*, a été observé à la mi-juillet. Lors de cette phase marquée de désoxygénation des eaux de fond, la stratification haline avait disparu depuis plus d'un mois. Il semblerait donc que les phases de désoxygénation des eaux profondes soient consécutives aux blooms phytoplanctoniques, impliquant ainsi la surcharge en matière organique du milieu.

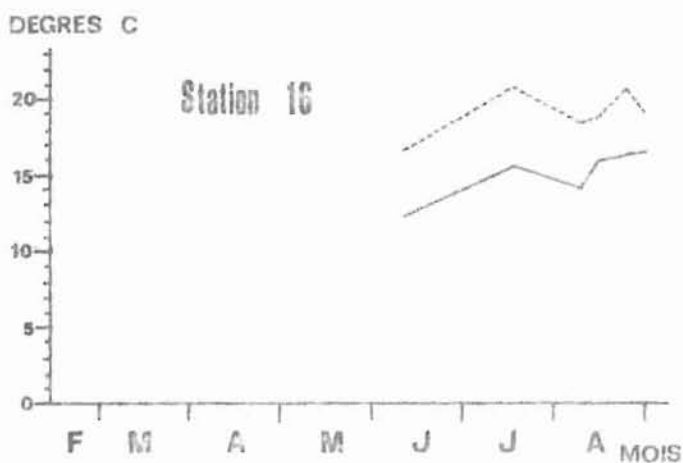
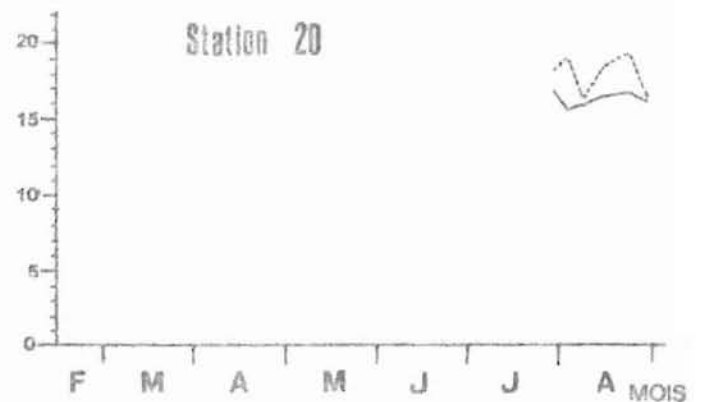
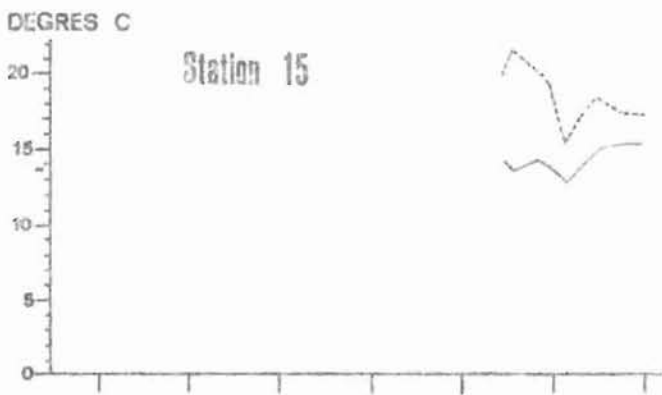
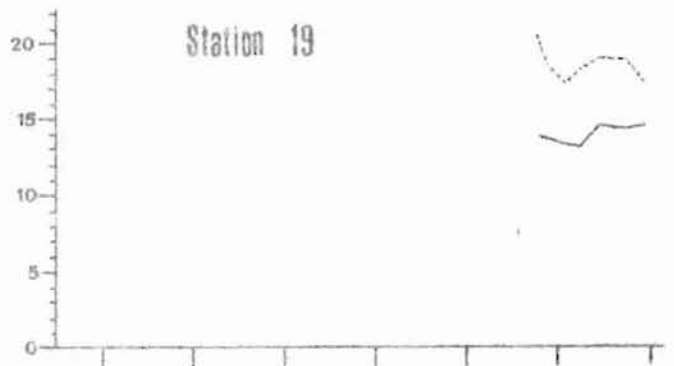
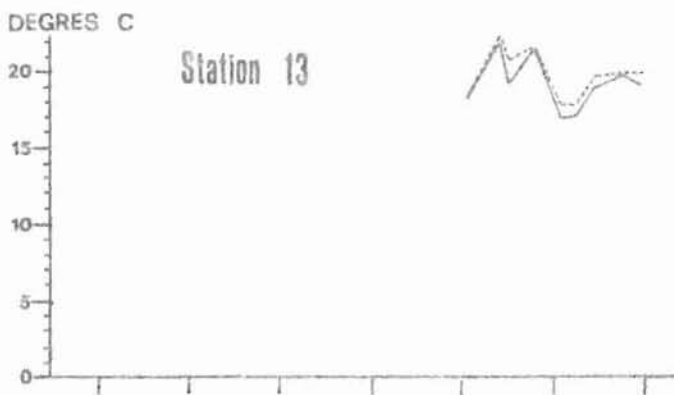
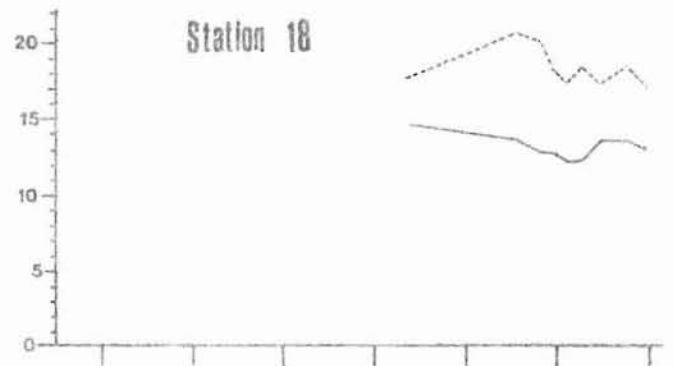
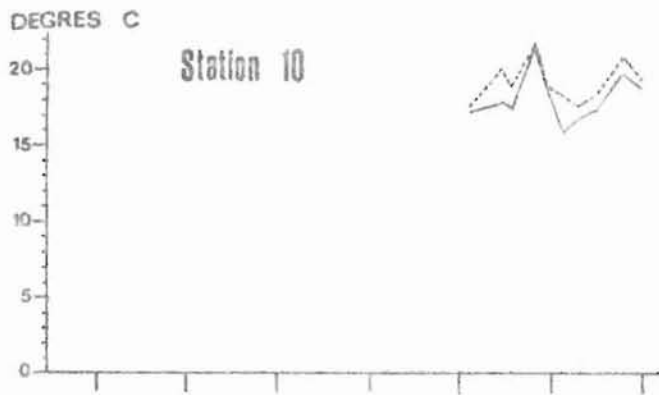
Enfin, il faut souligner (1) que, lorsque le milieu se trouve épuisé vers la mi-juin, les densités de diatomées n'atteindront jamais plus des valeurs importantes et ce seront les dinoflagellés, qui du fait de leurs exigences moindres et de leur relative mobilité, coloniseront le milieu sans toutefois atteindre des densités capables de colorer l'eau de mer. Toutefois, la présence d'un dinoflagellé toxique par la toxine diarrhéique qu'il produit, induira des troubles parmi les consommateurs de moules, conduisant les pouvoirs publics à prendre des mesures d'interdiction de pêche et commercialisation des moules dans les secteurs contaminés.

(1) P. LASSUS, A.G. MARTIN, P. MAGGI, J.P. BERTHOME, A. LANGLADE et E. BACHERE. - Extension de *Dinophysis acuminata* en Bretagne sud et conséquences pour les cultures marines de juin à août 1983. Revue des Travaux de l'I.S.T.P.M. (A paraître).

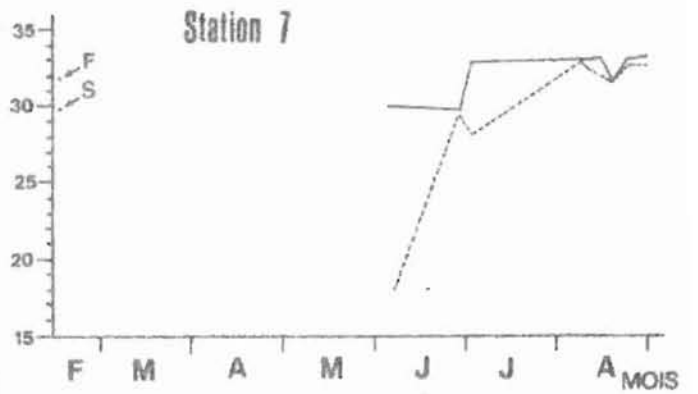
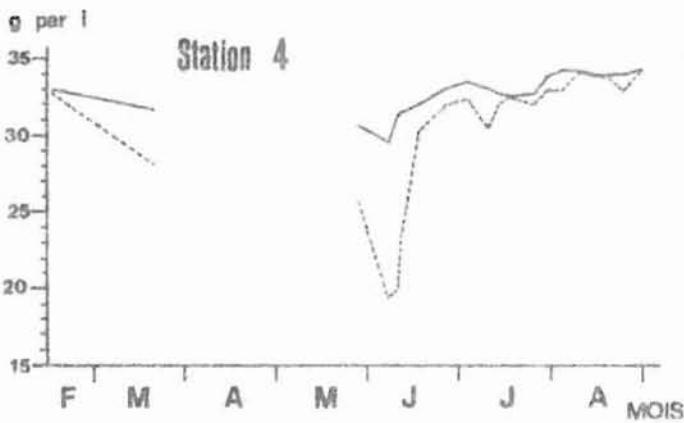
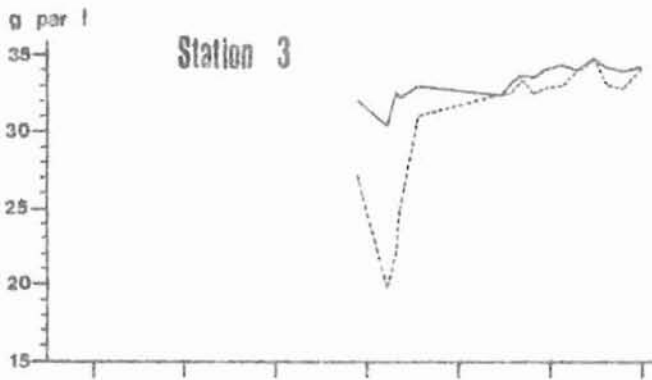
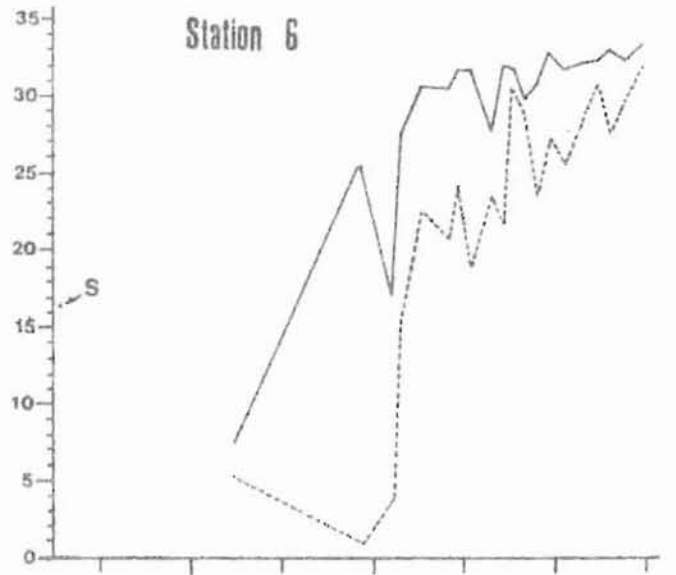
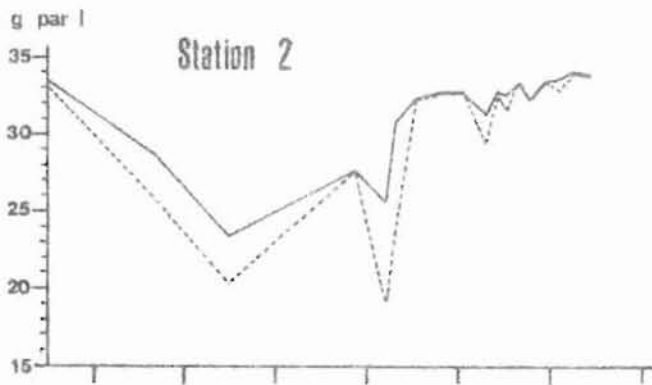
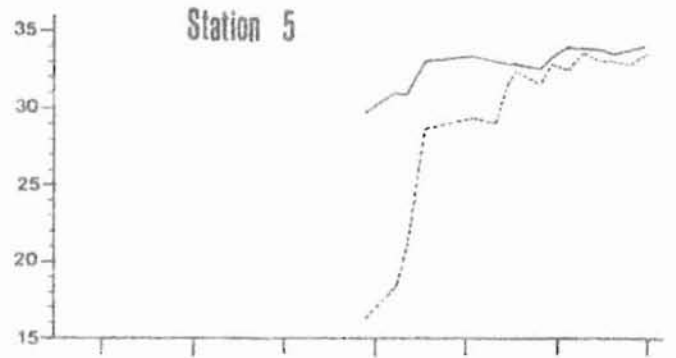
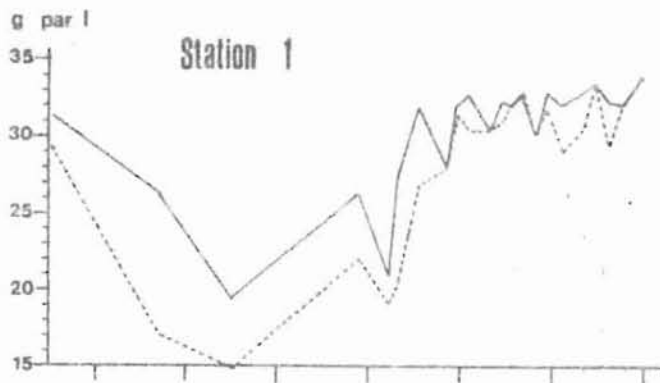
ANNEXES



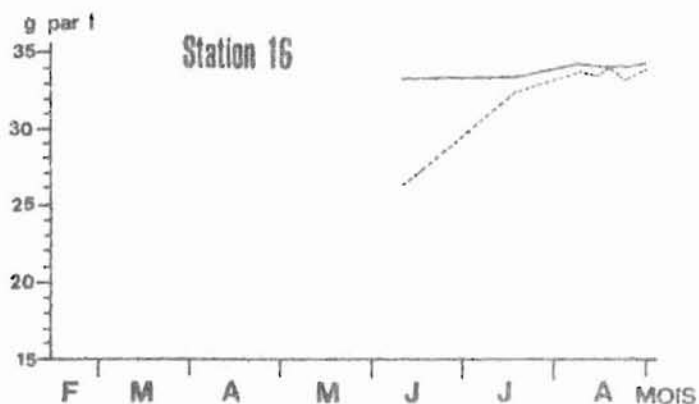
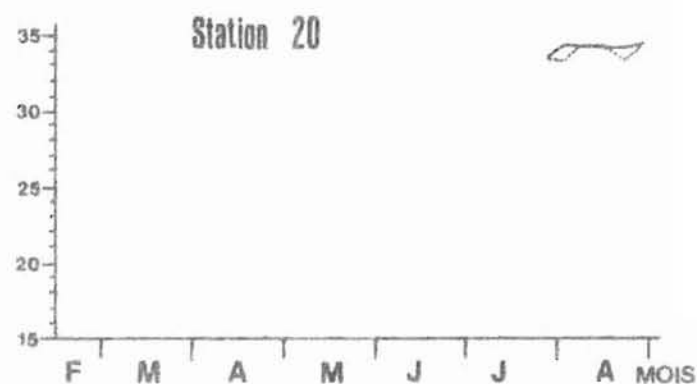
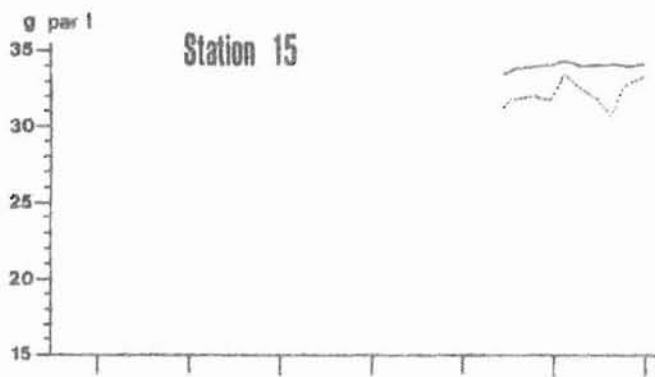
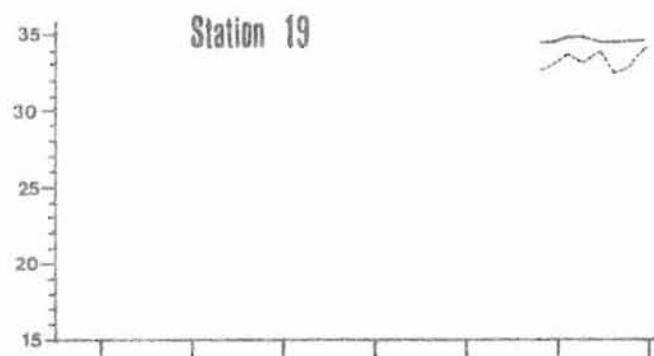
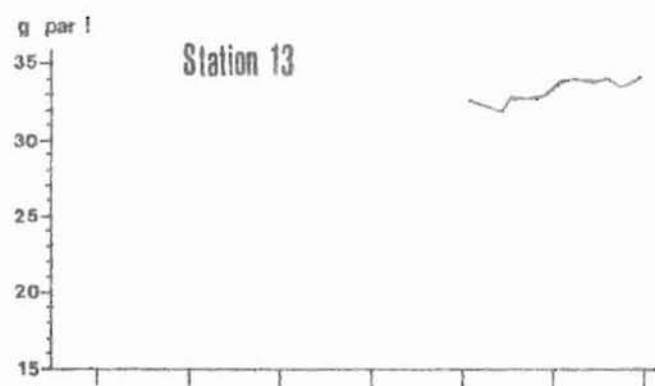
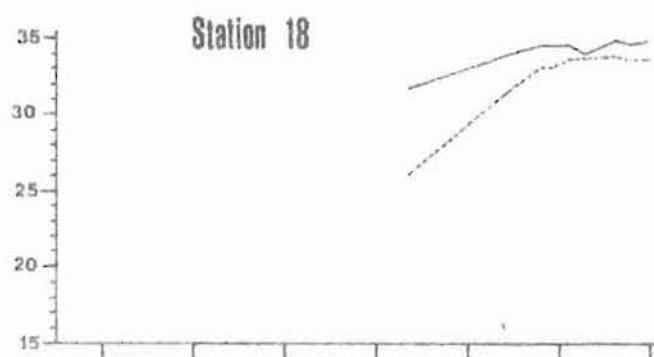
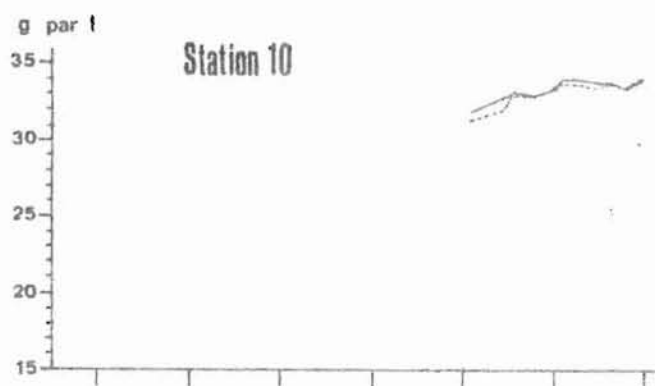
Annexe 1 : Variations des températures des eaux de surface (----) et de fond (—).



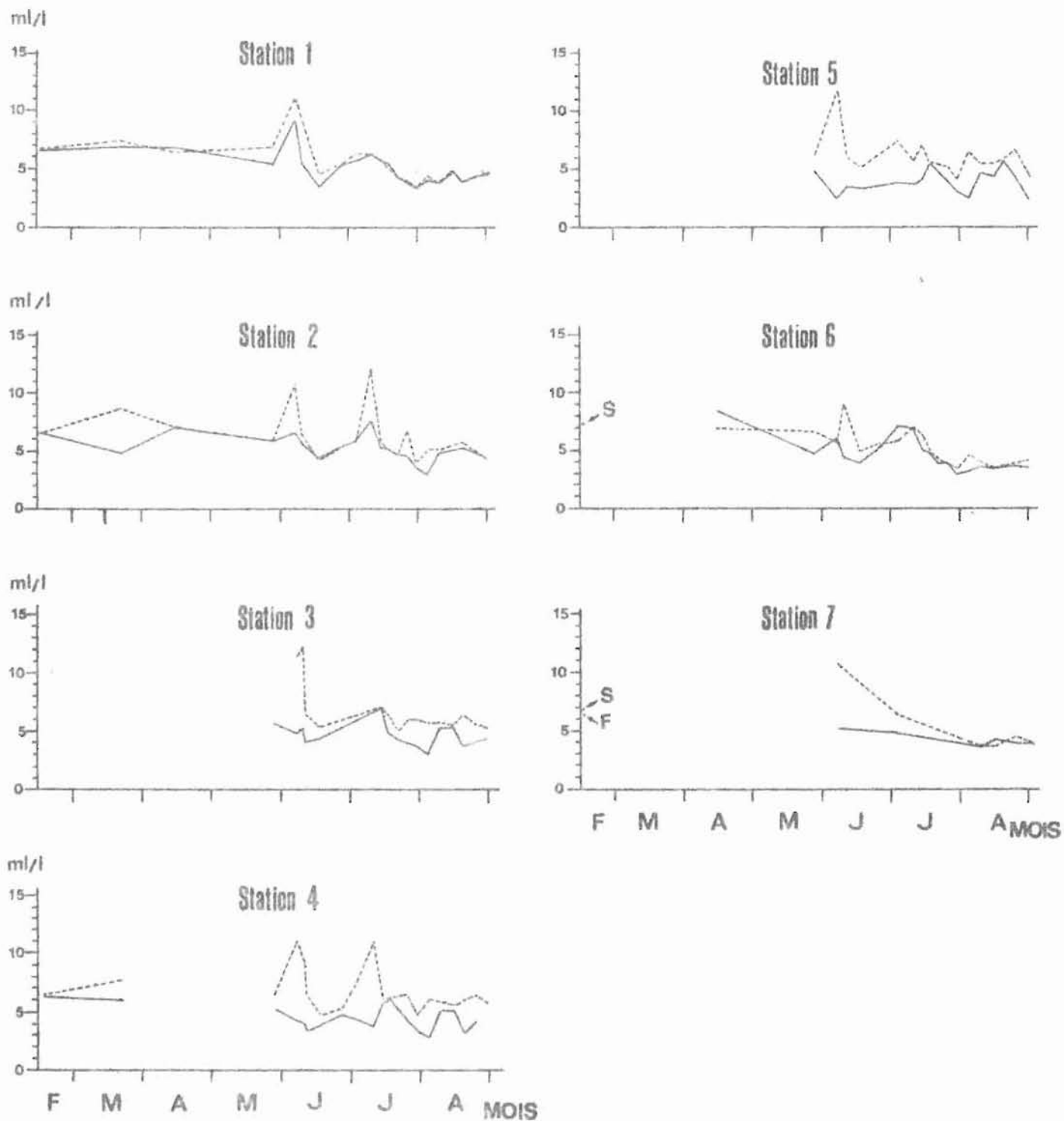
Annexe 2 : Variations des températures des eaux de surface (---) et de fond (—).



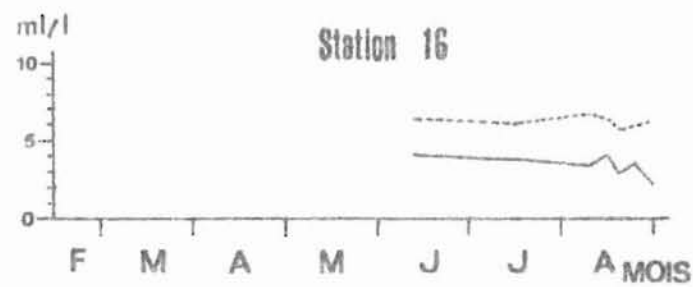
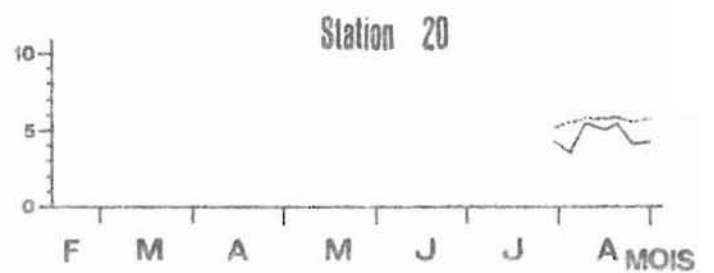
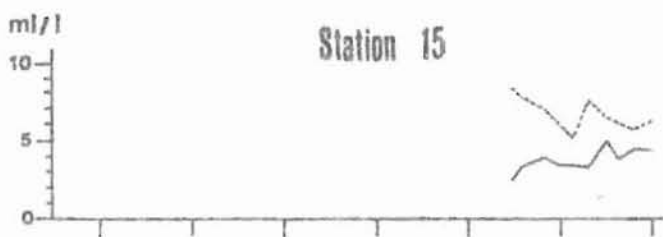
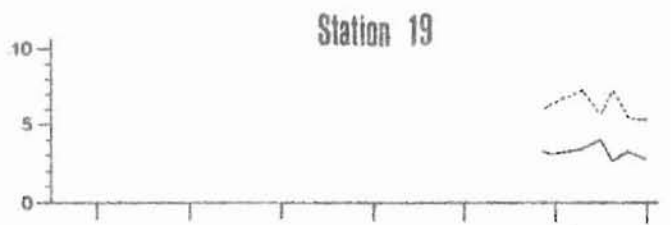
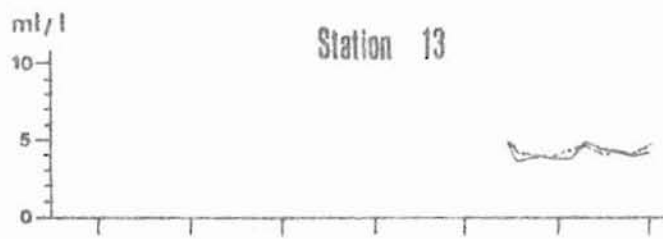
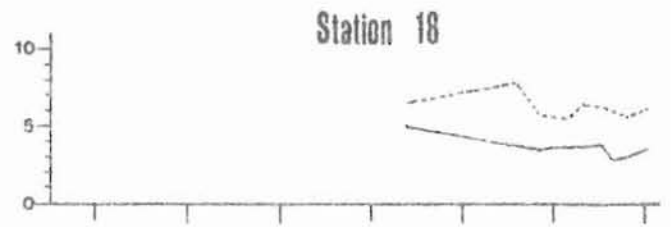
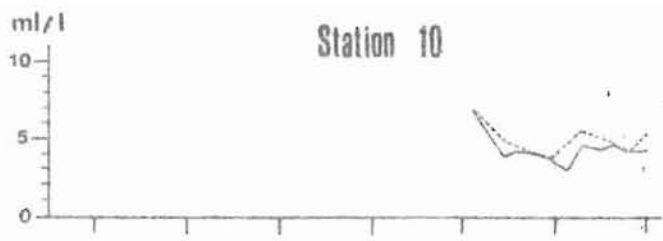
Annexe 3 : Variations des salinités des eaux de surface (---) et de fond (—).



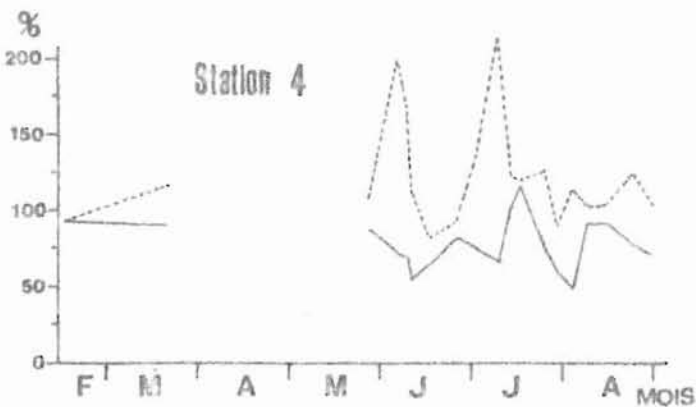
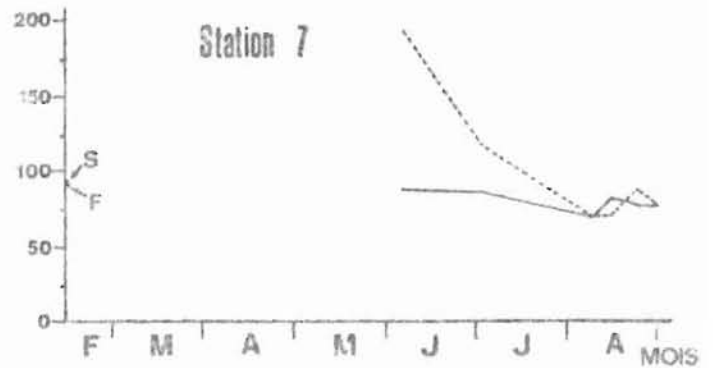
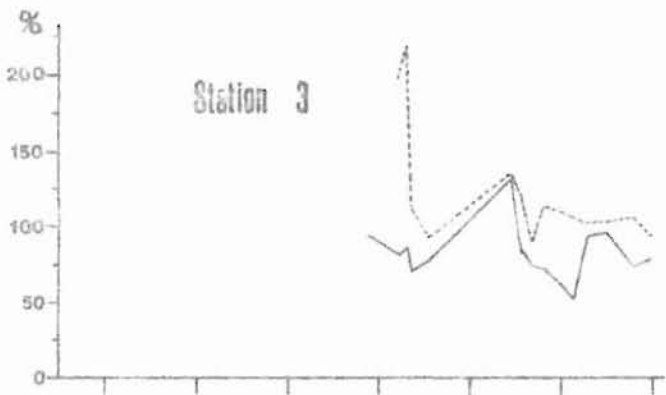
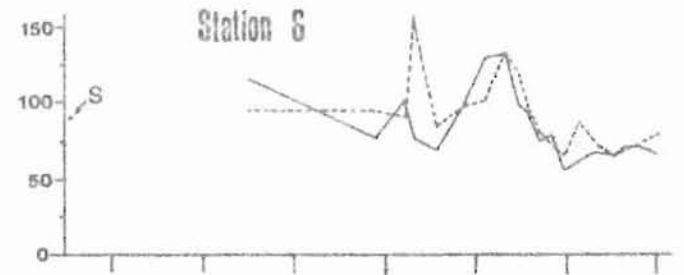
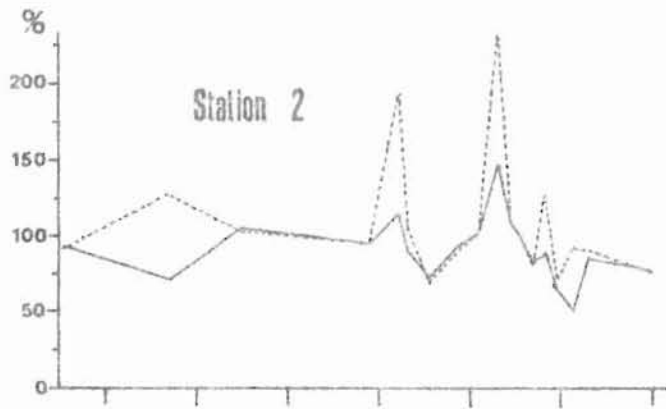
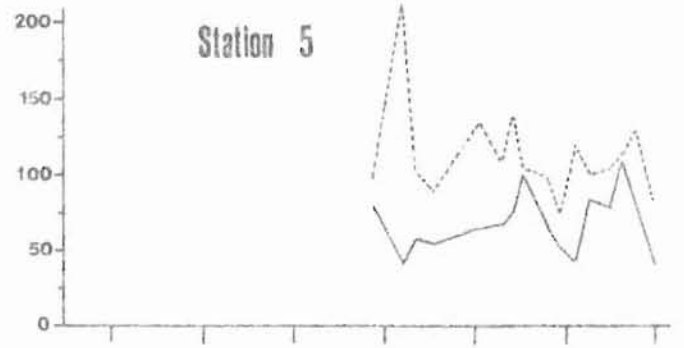
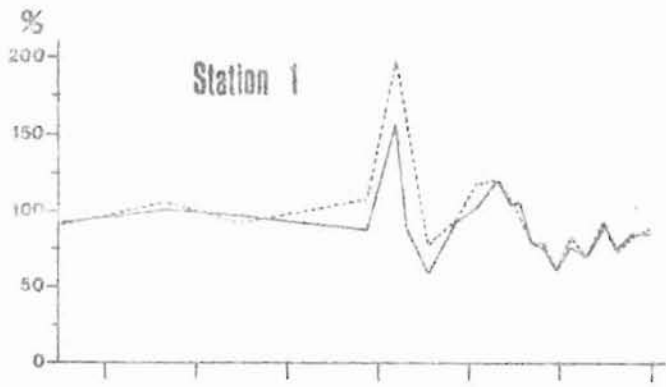
Annexe 4 : Variations des salinités des eaux de surface (---) et de fond (—).



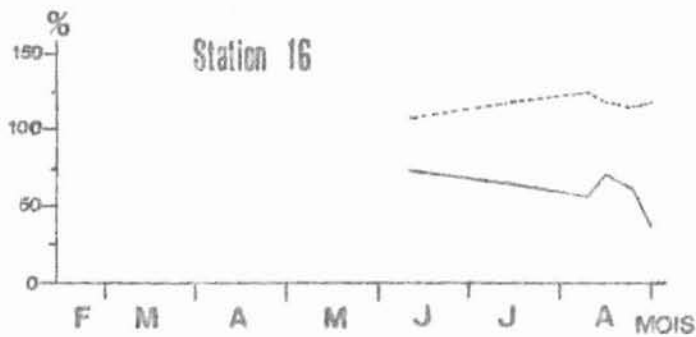
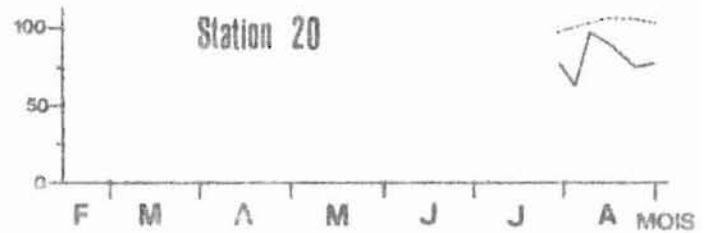
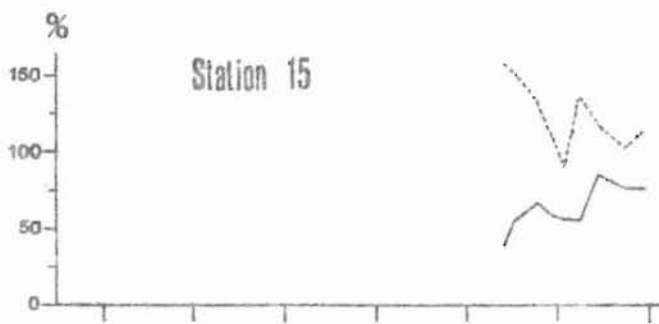
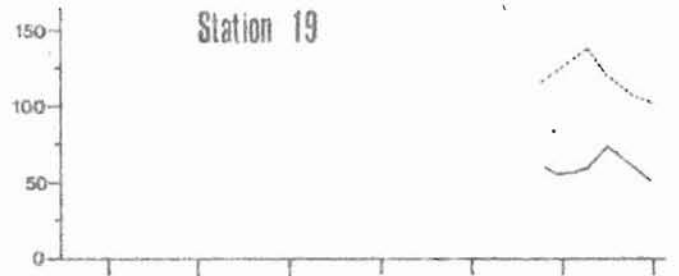
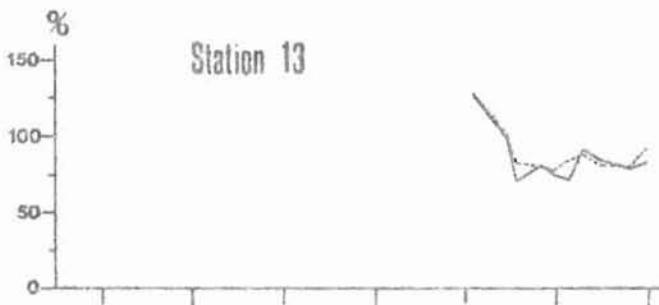
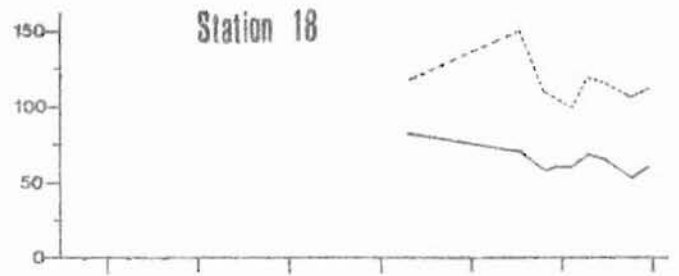
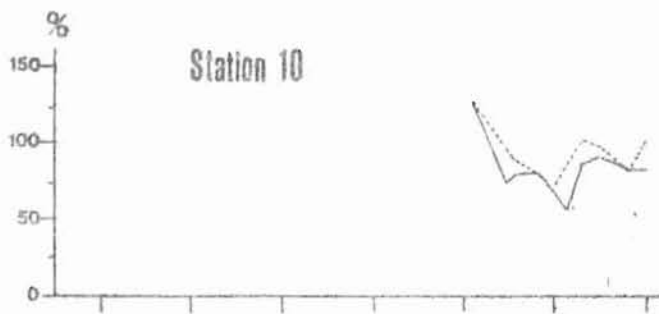
Annexe 5 : Variations des teneurs en oxygène des eaux de surface (---) et de fond (—)



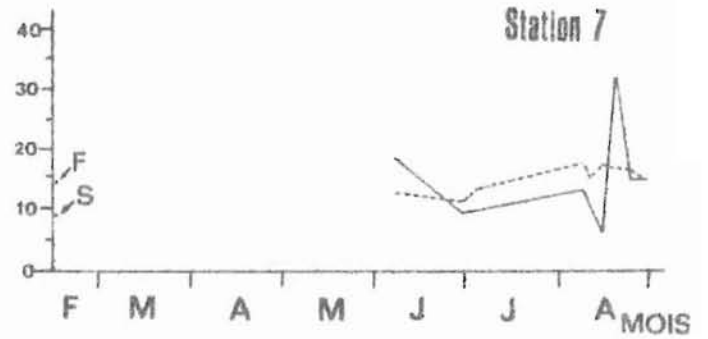
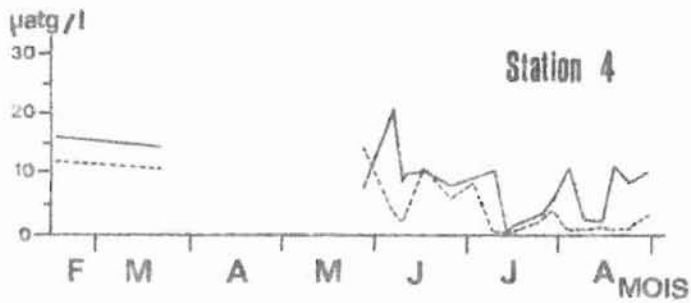
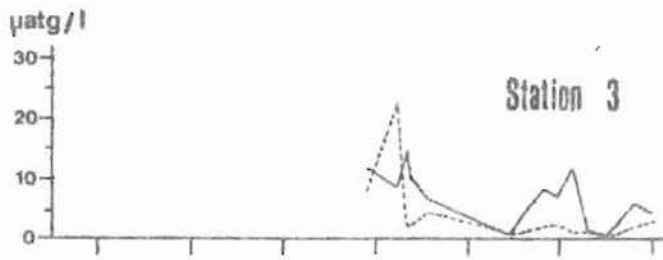
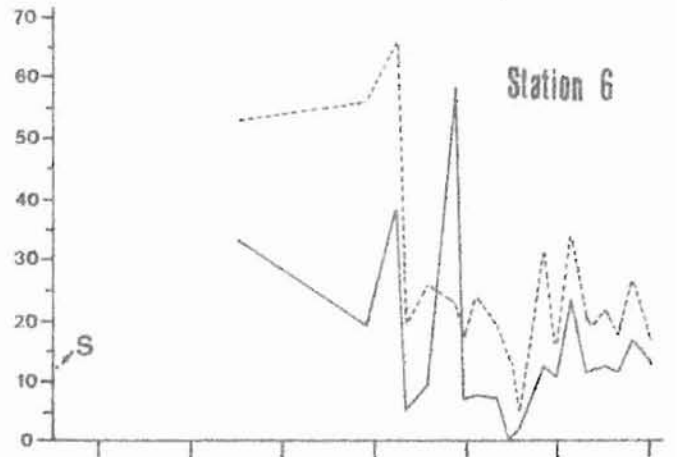
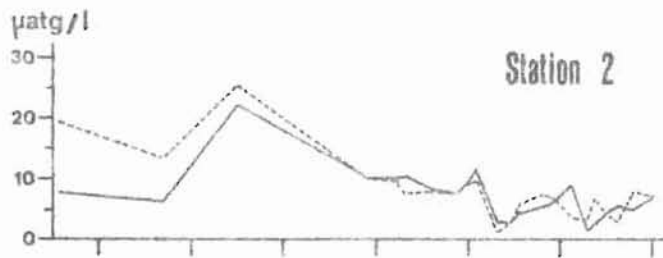
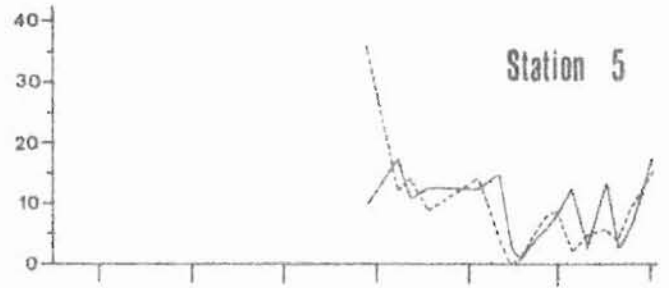
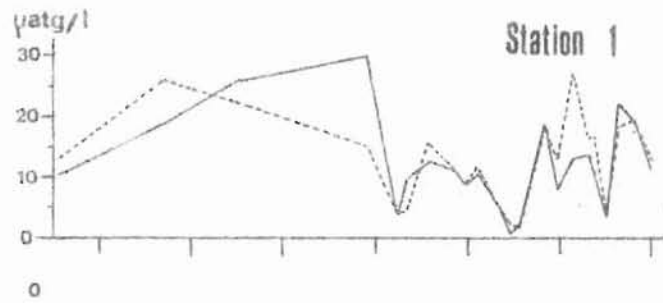
Annexe E : Variations des teneurs en oxygène des eaux de surface (---) et de fond (—).



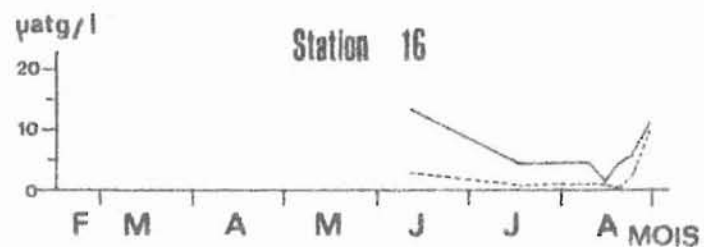
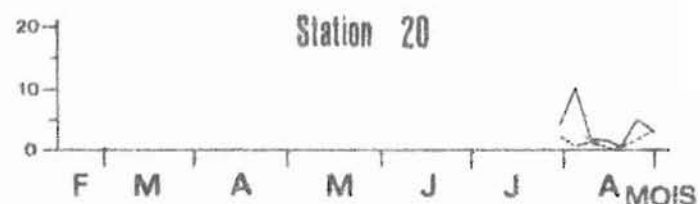
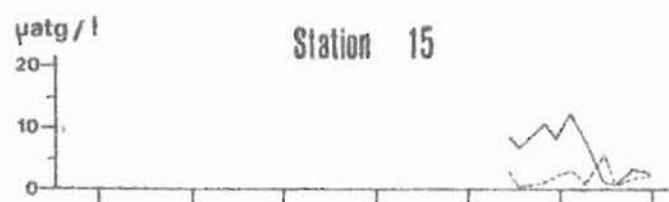
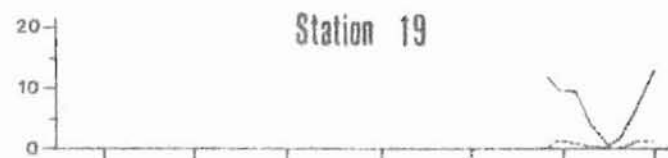
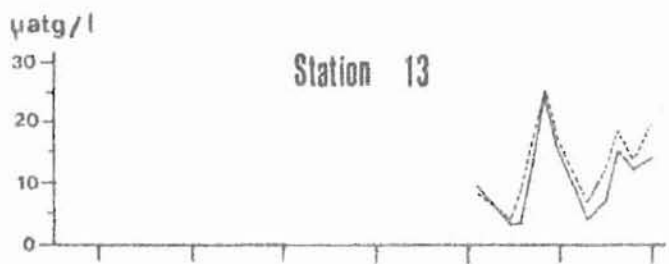
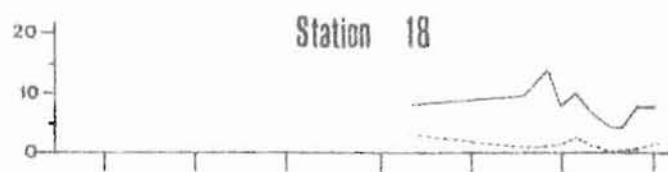
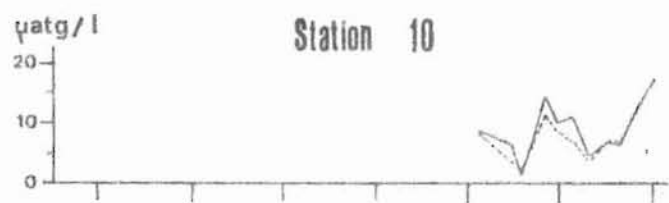
Annexe 7 : Variations des pourcentages de saturation en oxygène des eaux de surface (----) et de fond (—).



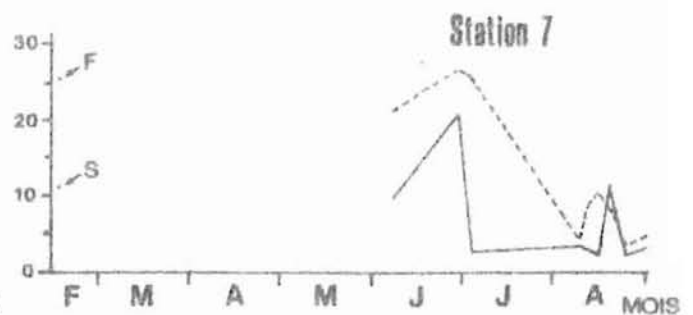
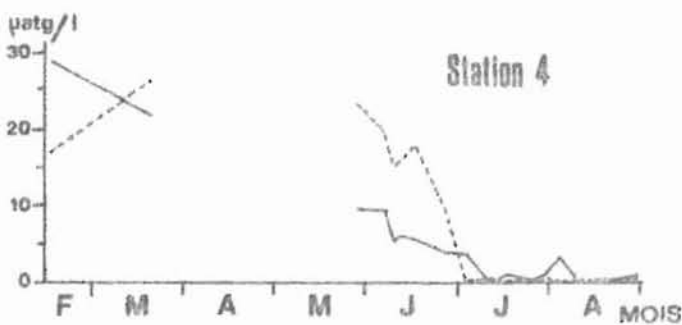
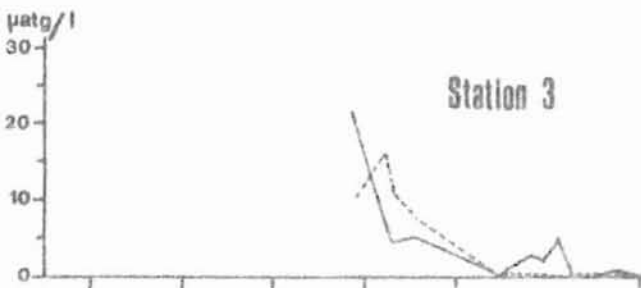
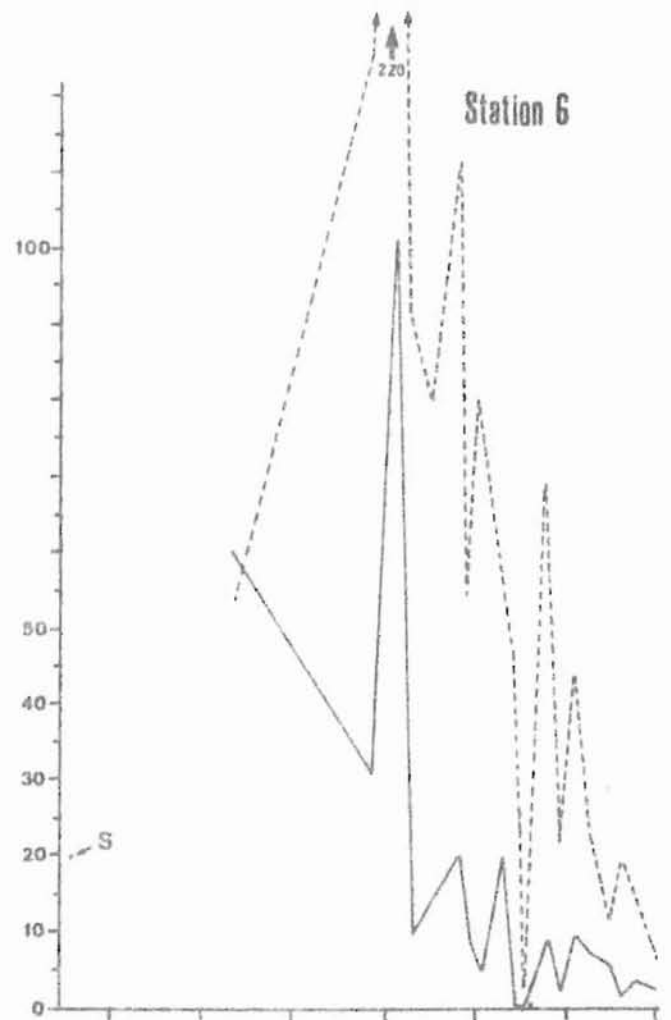
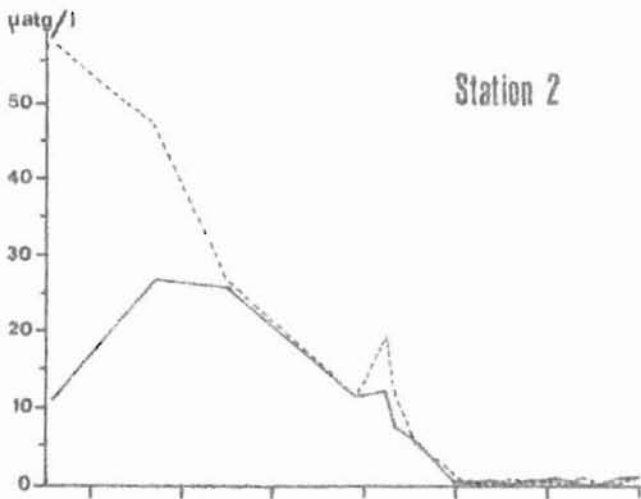
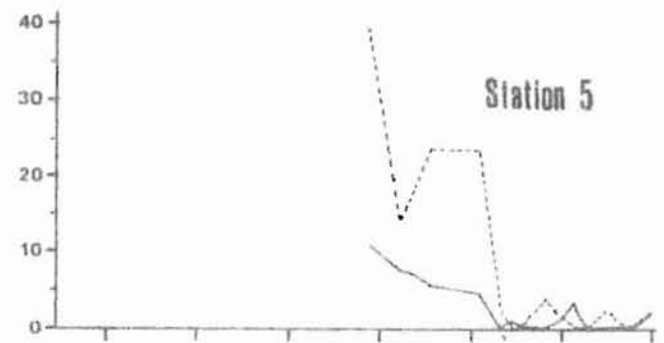
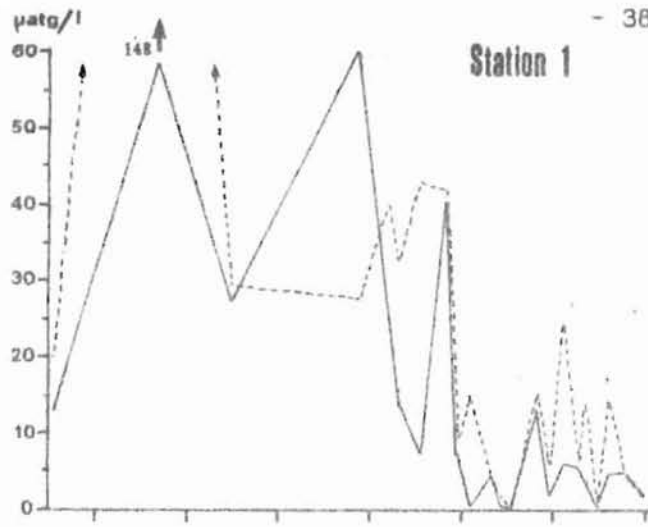
Annexe 8 : Variations des pourcentages de saturation en oxygène des eaux de surface (----) et de fond (—).



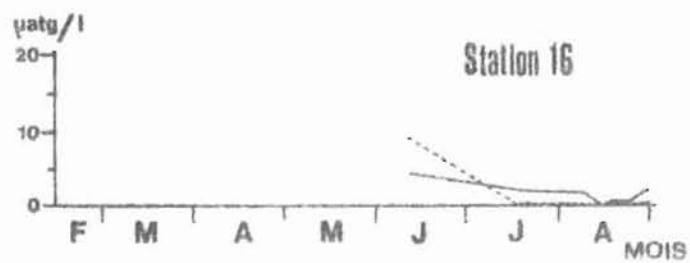
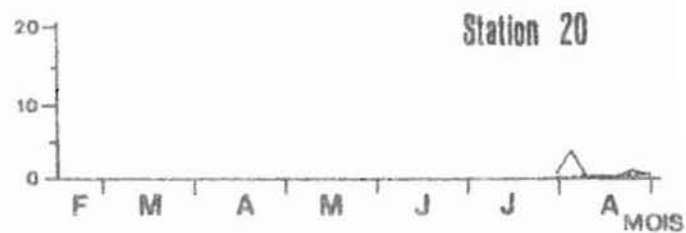
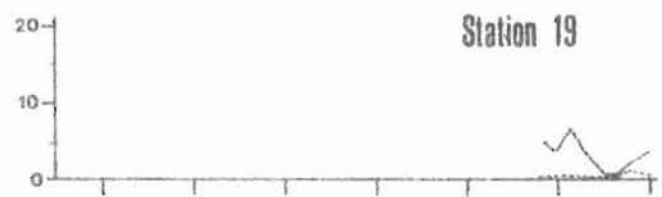
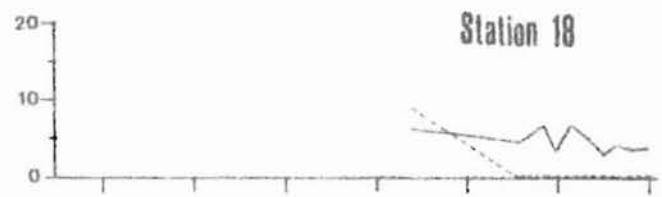
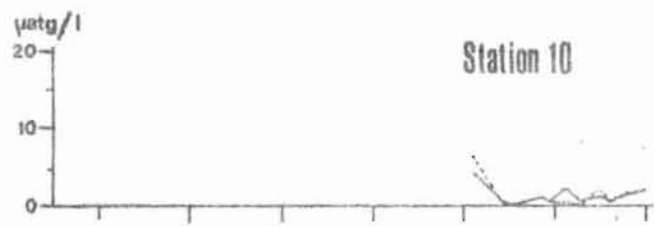
Annexe 9 : Variations des teneurs en silicates des eaux de surface (----) et de fond (—).



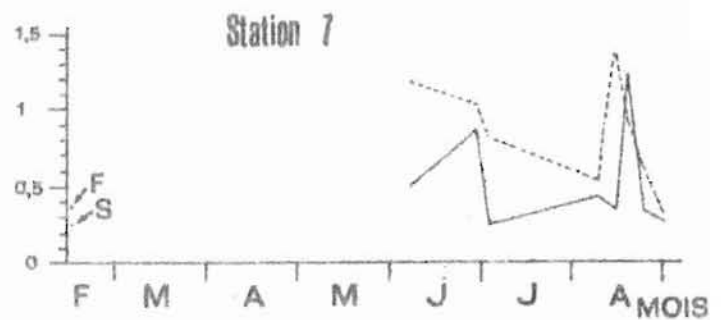
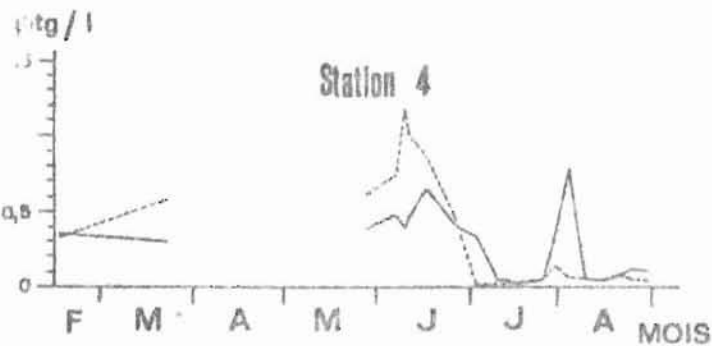
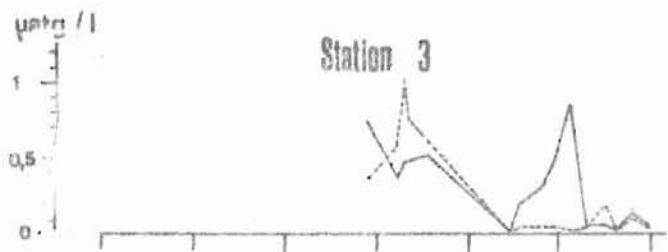
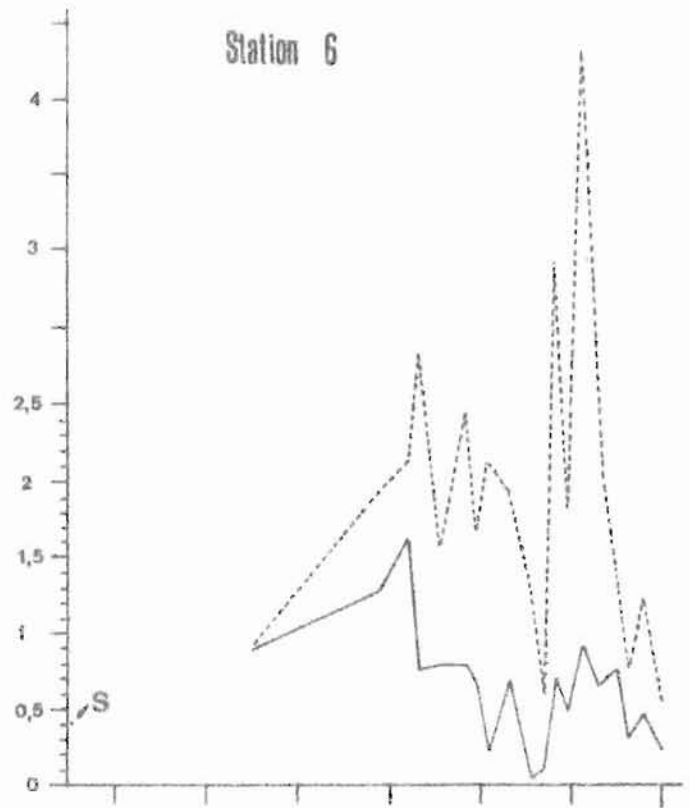
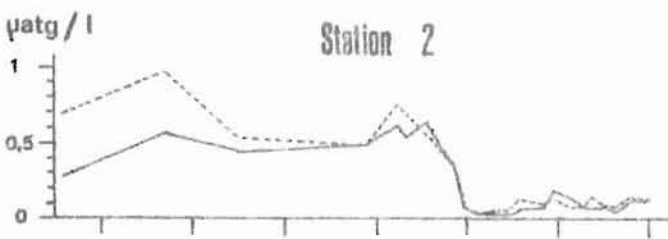
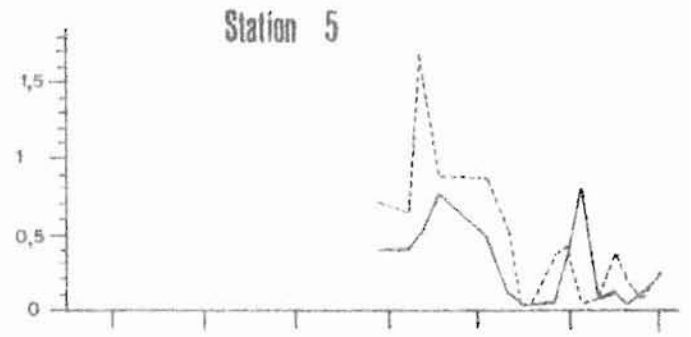
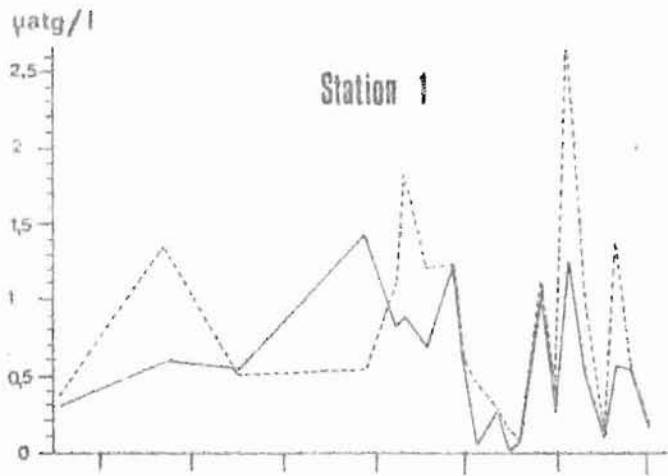
Annexe 10 : Variations des teneurs en silicates des eaux de surface (----) et de fond (—).



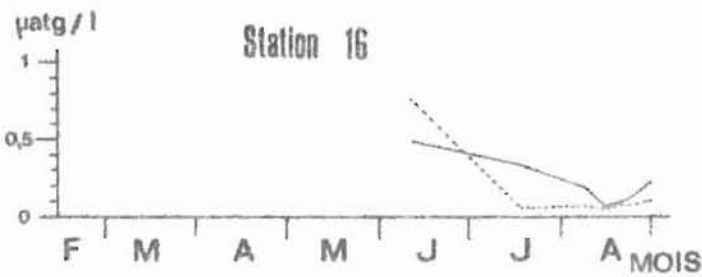
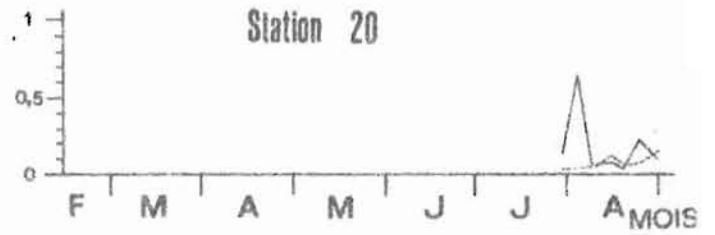
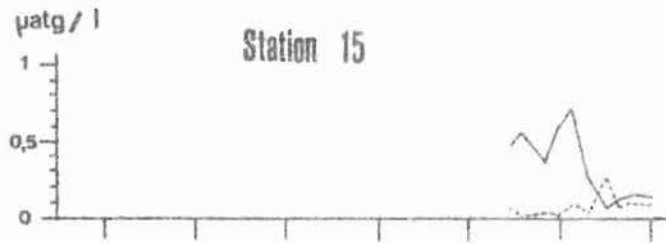
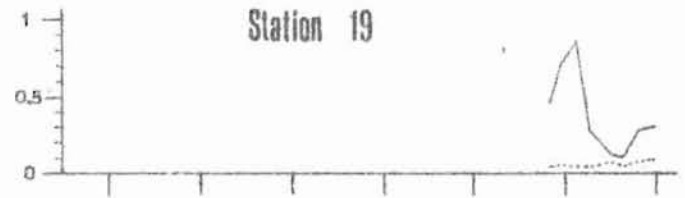
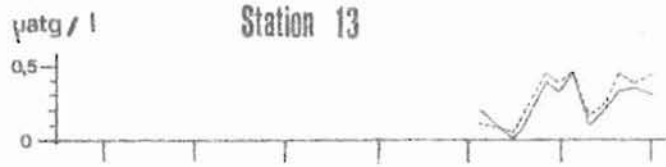
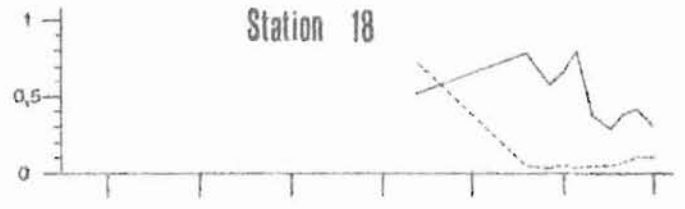
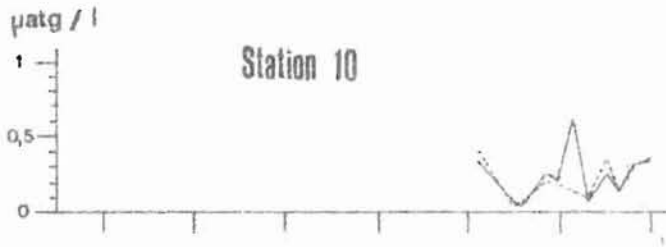
Annexe 11 : Variations des teneurs en nitrates des eaux de surface (----) et de fond (—).



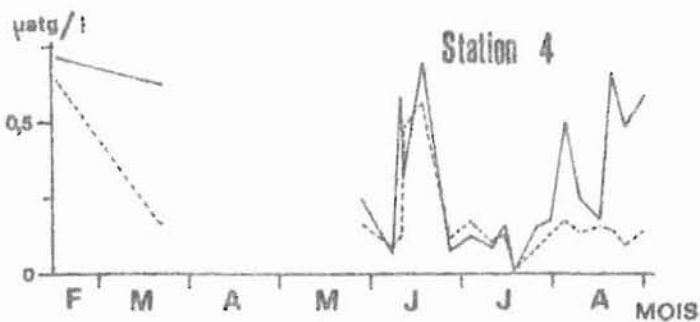
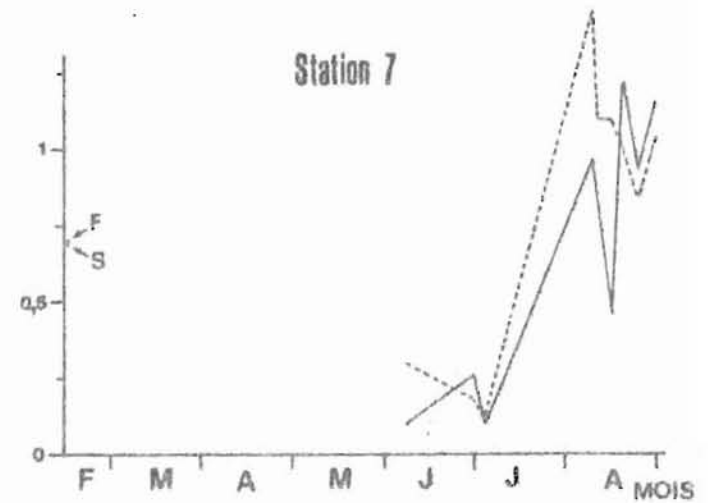
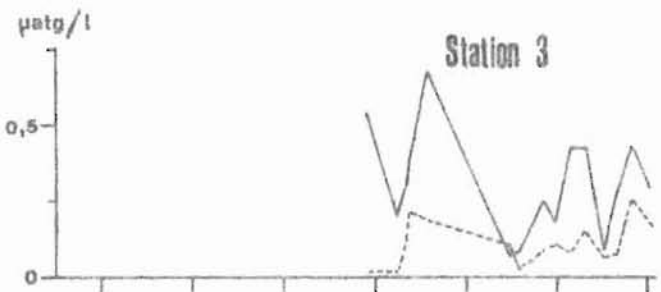
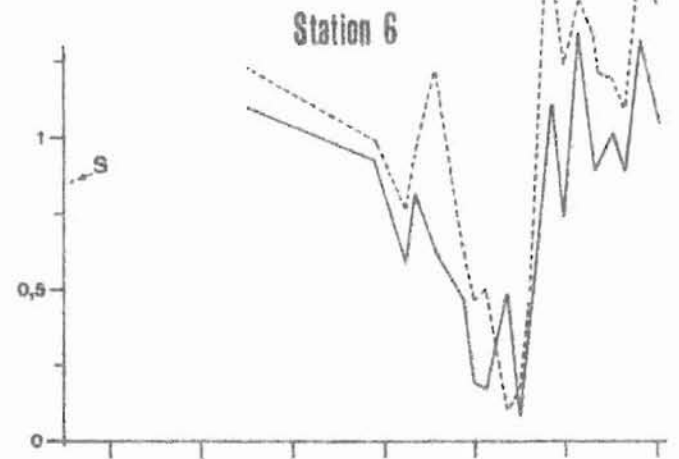
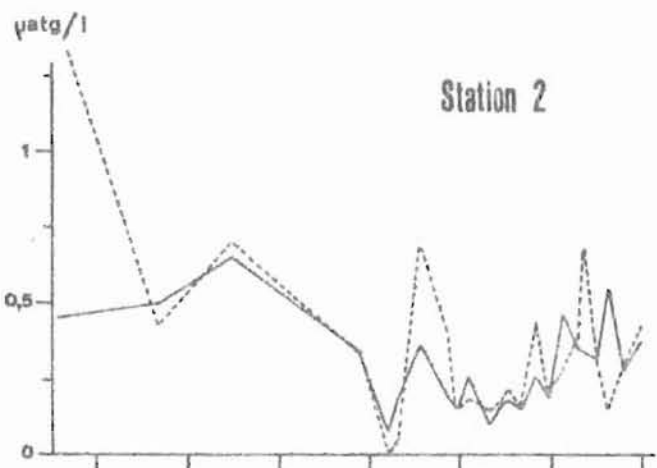
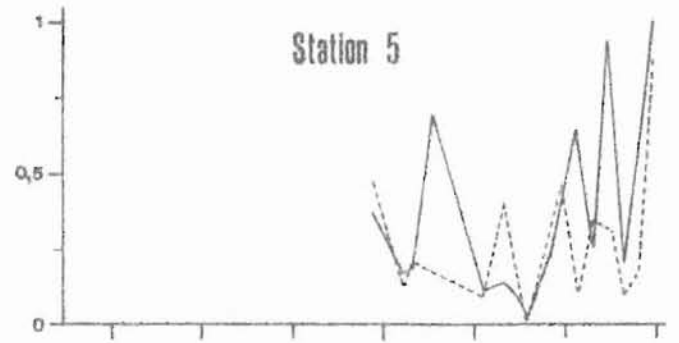
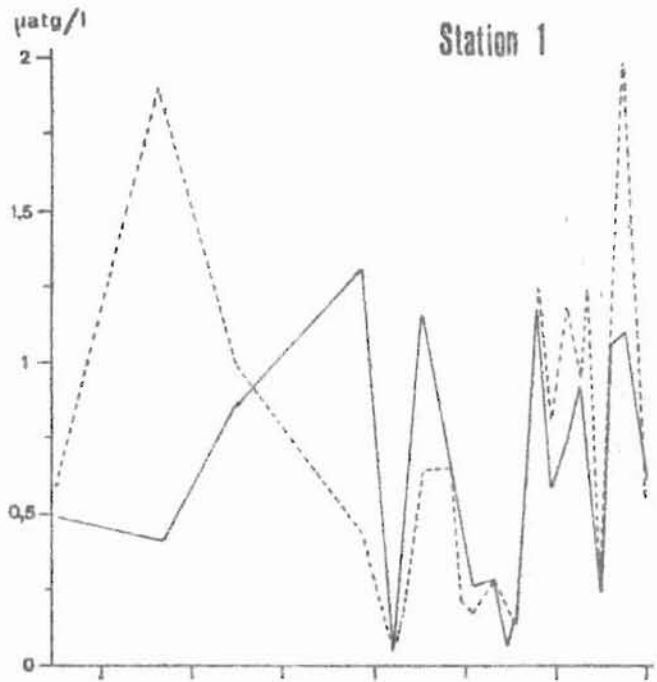
Annexe 12 : Variations des teneurs en nitrates des eaux de surface (----) et de fond (—).



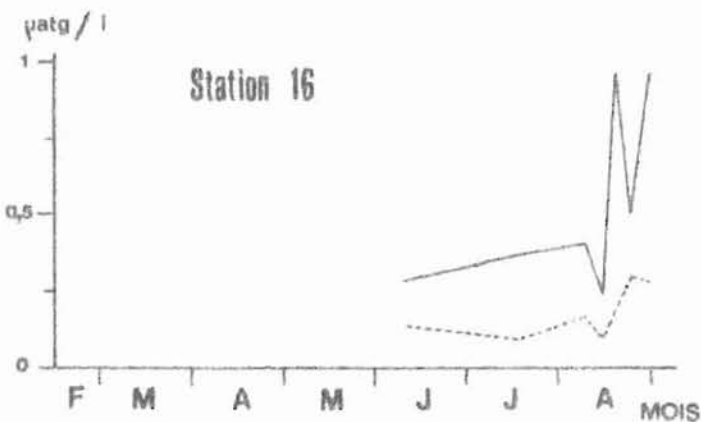
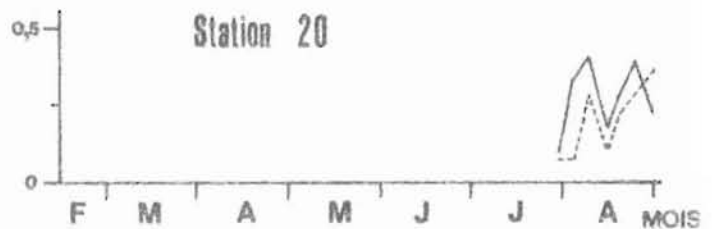
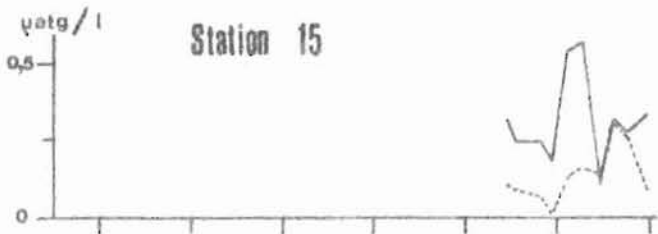
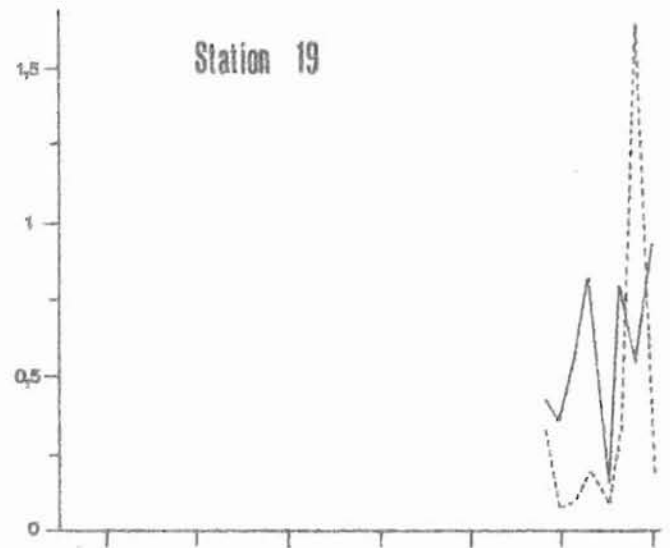
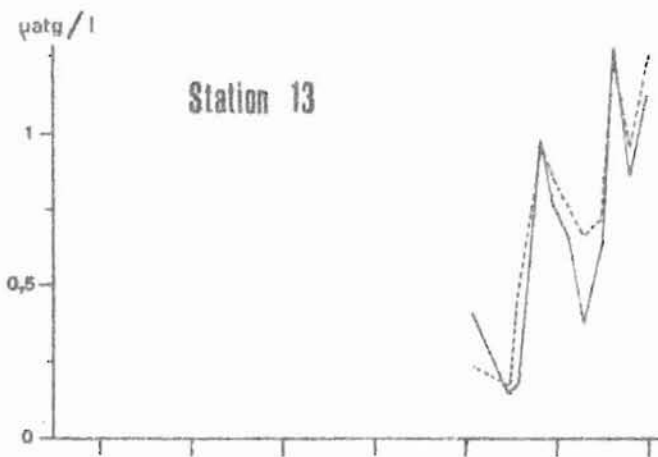
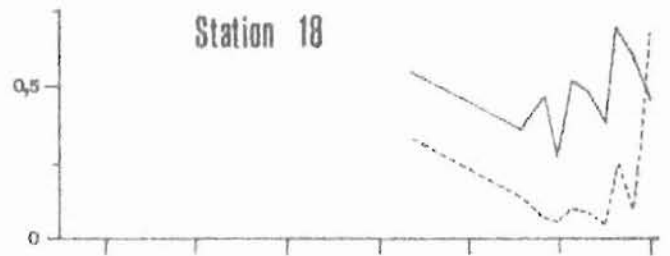
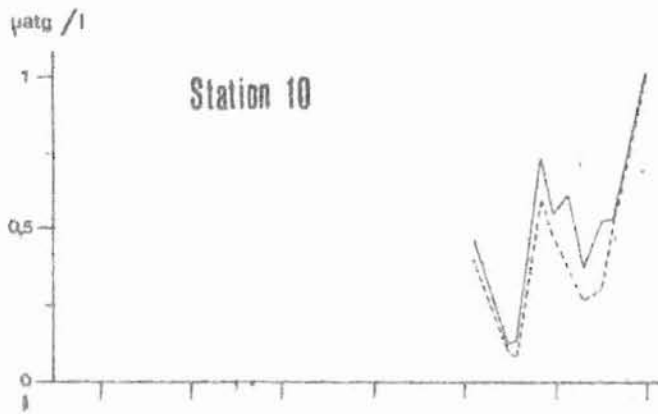
Annexe 13 : Variations des teneurs en nitrites des eaux de surface (----) et de fond (—).



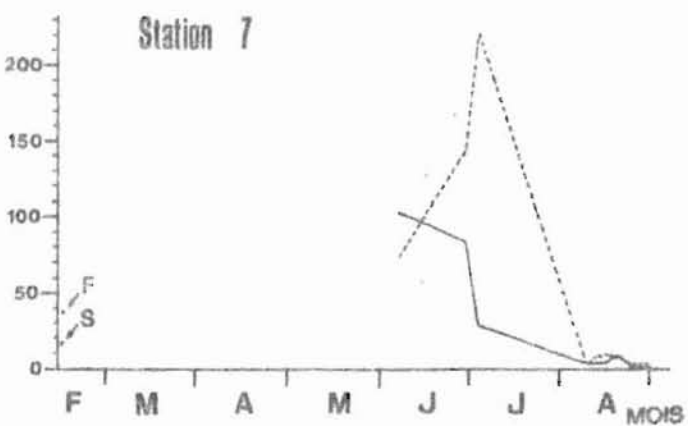
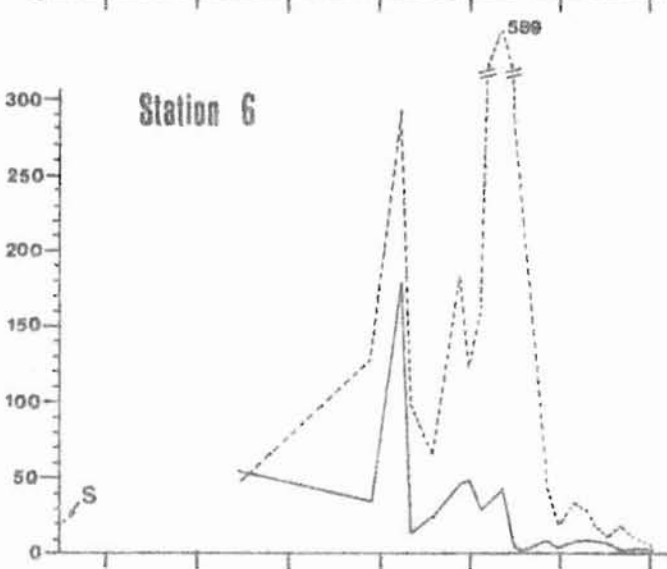
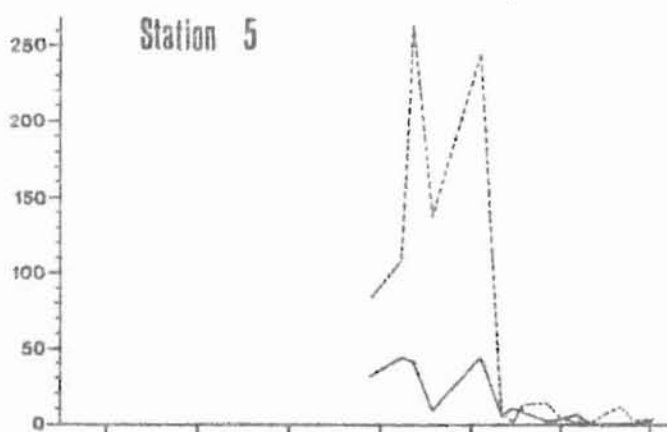
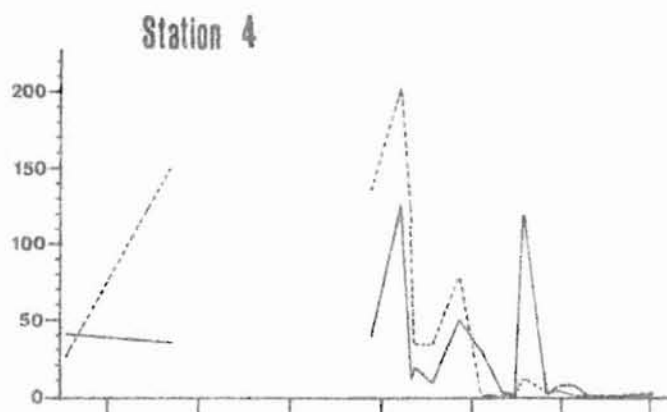
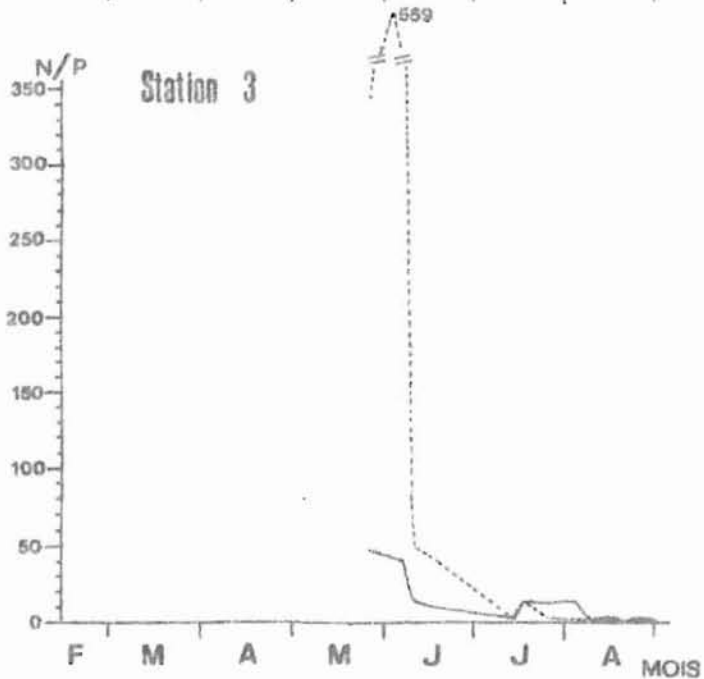
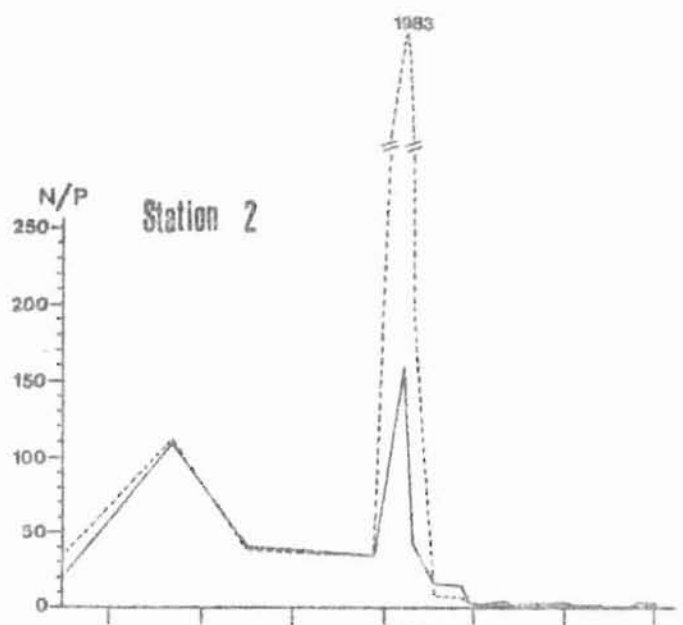
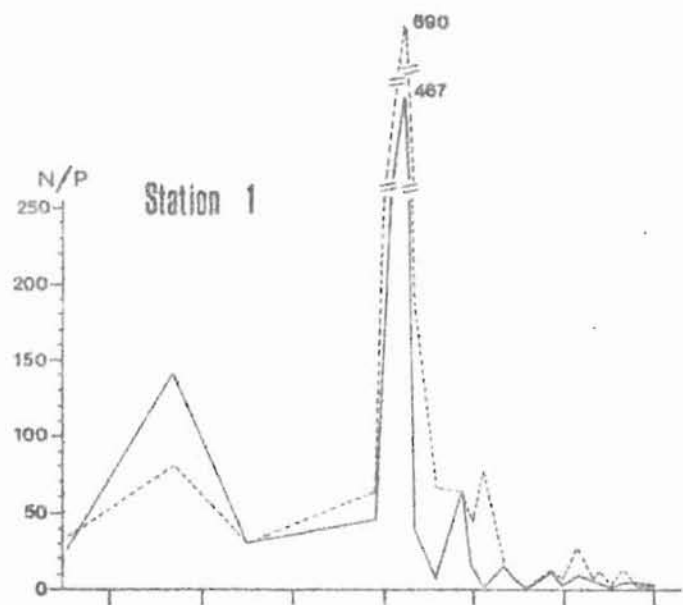
Annexe 14 : Variations des teneurs en nitrites des eaux de surface (----) et de fond (—).



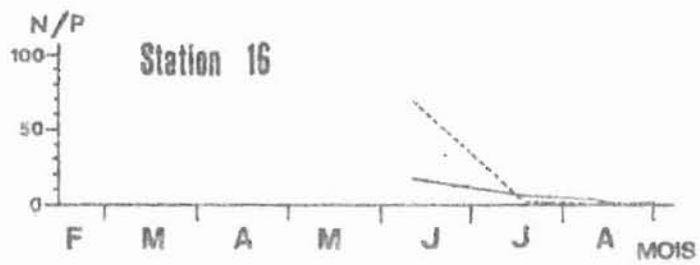
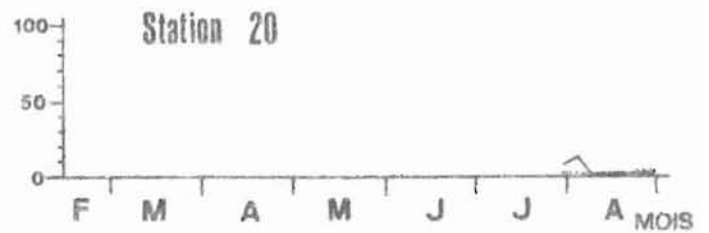
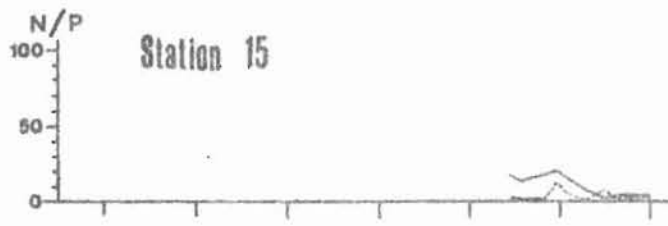
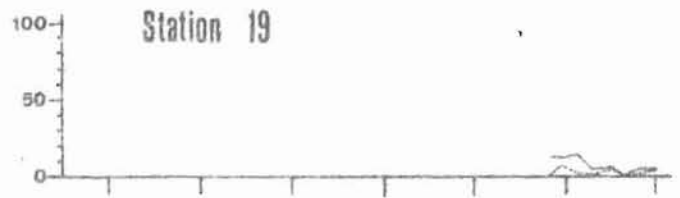
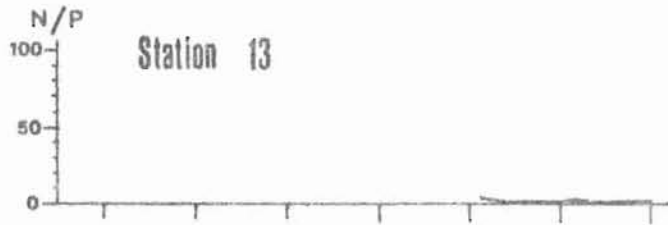
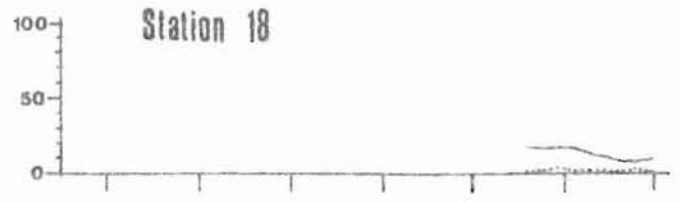
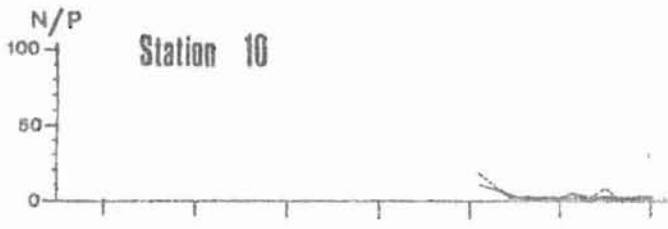
Annexe 15 : Variations des teneurs en phosphates des eaux de surface (----) et de fond (—).



Annexe 16 : Variations des teneurs en phosphates des eaux de surface (----) et de fond (—).



Annexe 17 : Variations du rapport N/P des eaux de surface (----) et de fond (—).



Annexe 18 : Variations du rapport N/P des eaux de surface (----) et de fond (—).

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES PÊCHES MARITIMES

RUE DE L'ILE D'YEU - B.P. 1049
44037 NANTES CEDEX - FRANCE
TELEX: 711 196 F

Les "Rapports techniques ISTPM" sont édités par l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes. Ces rapports concernent les techniques et le développement des pêches, et les sciences océaniques en général. Ils intéressent la communauté scientifique et les professionnels, sans toutefois se prêter à une publication en version imprimée dans une revue scientifique (résultats préliminaires, sujets trop restreints, nombreux tableaux...). Les "Rapports techniques ISTPM" font l'objet d'un dépôt légal à la Bibliothèque nationale et sont répertoriés dans le Bulletin signalétique du C.N.R.S. Il s'agit donc d'une publication à part entière mais non périodique.

Directeur de la Publication : A. Pambrun - Vincent
Dépôt légal : octobre 1983