

# PHYTOPLANKTON DES ZONES MYTILICOLES DE LA BAIE DE VILAINE ET INTOXICATION PAR LES COQUILLAGES \*

Maria da Paz ANDRESEN LEITAO, Patrick LASSUS, Pierre MAGGI,  
Claire LE BAUT, Jacky CHAUVIN et Philippe TRUQUET

*ISTPM, Nantes Laboratoire " Effets biologiques des nuisances ".*

## *Abstract*

INTOXICATIONS AND PHYTOPLANKTON OF THE MUSSEL BEDS IN VILAINE BAY.

Following 1978 and 1981 human intoxications by mussels in Vilaine Bay (France) a survey of potentially toxic dinoflagellates was decided in that area for 1982. In the same time PSP analyses were achieved the authors studied the dinoflagellates encountered in mussels intestinal guts contents from January to August 1982. In spite of results failed to demonstrate occurrence of PSP producing species, either toxicological analyses or dinoflagellate persistency in mussel guts need further investigations.

## *Résumé*

A la suite d'intoxications alimentaires chez des consommateurs de moules de la baie de Vilaine en 1978 et 1981, une recherche des organismes phytoplanctoniques, pouvant être considérés comme responsables, a été entreprise dans ce secteur en 1982. Parallèlement à la recherche de mytilotoxine, une étude des Dinoflagellés présents dans les contenus stomacaux de moules a été réalisée de janvier à août 1982. Bien que les résultats ne permettent pas de déceler d'espèce produisant la mytilotoxine, les analyses toxicologiques d'une part et la persistance des Dinoflagellés dans les moules d'autre part nécessitent la poursuite des études dans ce secteur.

---

(\*) Analyses bactériologiques (p. 263).

Outre ses missions d'aide à la pêche et de valorisation des cultures marines, il incombe à l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes de garantir la protection du consommateur en matière de salubrité des coquillages comestibles par la mise en œuvre de techniques de contrôle bactérien standardisées et bien connues : dénombrement des coliformes. En outre, la symptomatologie courante des intoxications par ingestion de coquillages est fréquemment décrite et surprend peu le public : salmonelloses, gastro-entérites diverses, hépatites virales, etc. En revanche, les empoisonnements dus à l'ingestion par les bivalves de certains organismes phytoplanctoniques sont moins connus. Ils ont été davantage étudiés dans les pays touchés par ces problèmes, à savoir les U.S.A., le Japon, l'Espagne, l'Angleterre, la Norvège. Les microalgues élaborant la toxine appartiennent principalement à la classe des Dinoflagellés, et sont au nombre d'une dizaine environ, le genre *Gonyaulax* étant le plus souvent cité.

### **Intoxications du type P.S.P. (Paralytic Shellfish Poison).**

Depuis 1980, à côté des troubles causés par un poison du type P.S.P. (Paralytic Shellfish Poison) et provoqués par quelques organismes répertoriés, des intoxications du type « gastro-entérite » ont fait leur apparition dans plusieurs pays (Japon, Espagne, Hollande, France) sans que l'on puisse établir une relation avec une flore bactérienne anormale dans les bivalves : ils seraient dus à une toxine du type D.S.P. (Diarrhetic Shellfish Poison) produite par certains Dinoflagellés.

Certains Dinoflagellés du genre *Gonyaulax* (*G. tamarensis*, *G. catenella* et *G. polyedra*) sécrètent un poison (la mytilotoxine) qui agit sur le système nerveux des vertébrés en manifestant des effets apparentés à ceux du curare, de l'atropine ou des toxines du tétanos ou du botulisme.

Ces empoisonnements, décrits dès 1793 par MENZIES, naturaliste et médecin de bord de l'expédition du « Vancouver » (PRAKASH *et al.*, 1971), n'ont été expliqués que depuis une dizaine d'années. HALSTEAD (1965) est un des premiers à avoir résumé les connaissances acquises à ce sujet : il a recensé, entre 1689 et 1962, quelques 900 cas dont 200 mortels en différents points du globe, tous dus à la consommation de coquillages contaminés par ces Dinoflagellés. Plus récemment AYRES et CULLUM (1978) ont fait l'inventaire des recherches sur la toxicité des moules en Angleterre entre 1968 et 1977 : la côte nord-est est la plus sujette à ces phénomènes.

L'analyse chimique des toxines ne se prêtant pas à un contrôle de routine pour estimer la concentration en poison chez les mollusques, on a recours à un test biologique standardisé : méthode A.O.A.C. (1965) ; il s'agit d'inoculer, à des souris de 20 g, 1 ml d'extrait acide de la chair des mollusques, puis à observer le temps écoulé entre l'inoculation et la mort de l'animal lorsque les symptômes de ce type d'empoisonnement sont présents. Ce temps est proportionnel à la concentration en poison dans les mollusques.

Dans les pays où ces empoisonnements ont été recensés (Canada, Etats-Unis, Espagne, Japon, Norvège...) des dispositifs de surveillance des zones contaminées et de prévision des périodes critiques de l'année ont été mis en place. A ce jour, aucun cas d'empoisonnement de type P.S.P. n'a été officiellement recensé en France et les contrôles réalisés se sont toujours révélés négatifs.

### **Intoxications de type D.S.P. (Diarrhetic Shellfish Poison).**

D'autres espèces de Dinoflagellés produisent une toxine — différente de la mytilotoxine — qui est accumulée par les coquillages dans les mêmes conditions. Historiquement ce sont les chercheurs japonais qui ont caractérisé ce nouveau type d'intoxication par les coquillages (YASUMOTO *et al.*, 1978). Les symptômes des malades sont de type gastro-intestinal avec diarrhées, nausées, vomissements et douleurs abdominales n'excédant généralement pas 24 heures. En 1980, YASUMOTO *et al.* identifient *Dinophysis fortii* comme l'organisme responsable des empoisonnements diarrhéiques et en 1982 MURATA *et al.* réalisent l'isolement et l'analyse structurale de la toxine baptisée : dinophysistoxine 1.

Parallèlement en 1979, KAT, aux Pays-Bas, établit tout d'abord une relation entre la présence de *Prorocentrum redfieldi* ou *P. micans* et des troubles gastro-intestinaux, chez les consommateurs de coquillages ; par la suite le même auteur, en 1982, incrimine conjointement *P. micans* et *Dinophysis acuminata* pour des intoxications diarrhéiques survenues en mer de Wadden du 17 au 24 sep-

tembre 1981. En définitive seule la responsabilité de *D. acuminata* est retenue, des expériences en laboratoire démontrant l'innocuité de *P. micans* (KAT, 1983). Dans ce cas deux toxines sont isolées à partir de moules : la dinophysistoxine 1 et l'acide okadaïque. Enfin, AVARIA (1979) cite des troubles gastro-intestinaux, survenus en 1970 et 1971 sur la côte chilienne, en relation avec des efflorescences phytoplanctoniques à *Dinophysis*.

Des intoxications de ce type se sont déclarées en France en 1978 et 1981 (baie de Vilaine) et, avec plus d'ampleur, en Espagne pendant l'année 1981. Dans ce dernier cas plus de 2 000 personnes ont été atteintes et un embargo sur les importations de moules en France a été immédiatement décidé.

La mise en évidence de ces effets diarrhéiques n'a pas encore fait l'objet d'un test standard ; la méthode A.O.A.C. inadaptée pour la toxine de type D.S.P. a été transformée par YASUMOTO *et al.* (1978) au niveau de l'extraction à partir des coquillages mais cette technique, bien qu'utilisée couramment en Espagne (FRAGA, communication personnelle), n'est pas reconnue au niveau international. KAT (1979), pour sa part, utilise une procédure consistant à faire ingérer à des rats une nourriture contenant des hépatopancreas de moules toxiques. Le degré d'intoxication est alors fonction des observations réalisées sur l'aspect des fèces produites après ingestion de la nourriture contaminée.

		Principales zones de bouchots		
Année	Origine	Pointe du Halguen	Pointe de Loscolo	Pointe du Bile
1978	eau	<i>Prorocentrum micans</i> Kystes indéterm.	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.
	moules	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.	<i>P. micans</i>	—
1981	eau	<i>P. micans</i>	<i>P. micans</i> <i>Scrippsiella</i> sp.	—
	moules	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.	<i>P. micans</i> Kystes indéterm.

TABLE 1. — *Especies dominantes de Dinoflagellés, sous forme libre ou enkystée, dans l'eau et le tractus digestif des coquillages lors des intoxications alimentaires, de juin 1978 et juillet 1981, en baie de Vilaine.*

TABLE 1. — *Main Dinoflagellates species — encysted or free swimming — in water or mussel intestinal contents during June 1978 and July 1981 in Vilaine Bay human intoxications.*

Lors des intoxications alimentaires de 1978 et 1981, des colorations rougeâtres de la mer, dues à des proliférations d'algues unicellulaires, ont été observées par les pêcheurs et les conchyliculteurs et les observations microscopiques révélèrent une flore planctonique comparable dans l'eau de mer et le tractus digestif des moules (tabl. 1).

Nous retiendrons de ces examens fragmentaires :

la quasi-dominance dans l'eau et surtout dans le tube digestif des moules de *Prorocentrum micans* et d'un petit Péridinien du genre *Scrippsiella* qui pourrait être à l'origine de certains kystes observés ;

l'absence du genre *Dinophysis* tant dans l'eau que dans les moules.

Tout ceci nous a conduit à réaliser, de janvier à août 1982, une étude préliminaire visant à rechercher les organismes responsables des intoxications en baie de Vilaine.



## **Méthodologie.**

### Prélèvements.

Quatre stations représentées sur la figure 1, ont été choisies en raison à la fois de leur position stratégique (principales zones de mytiliculture) et de la possibilité de trouver une flore planctonique toxique. Il s'agit de :

*la pointe du Scal* (stat. 1) correspondant à une zone de stockage de coquillages utilisée lorsque les mytiliculteurs ne peuvent accéder aux parcs ;

*la pointe du Halguen* (stat. 2) qui se situe à la limite des eaux de l'estuaire et de la baie ; c'est une zone très fortement envasée ;

*la pointe de Loscolo* (stat. 3) et la pointe du Bile (stat. 4) sont des zones de bouchot franchement côtières et beaucoup moins soumises à l'influence de l'estuaire.

En chacun de ces points, des prélèvements d'eau (hydrologie), de phytoplancton (identifications et numérations) et de moules (contenus stomacaux) ont été effectués en début de jusant à raison d'une sortie mensuelle en hiver et de 2 à 3 sorties mensuelles au printemps et en été. L'augmentation évidente du nombre de sorties en période estivale est liée au souci d'estimer assez précisément les variations qualitatives des proliférations de Dinoflagellés.

Les mesures hydrologiques ont porté sur des paramètres classiques : température, salinité, oxygène dissous et sels nutritifs. Les prélèvements ont été effectués avec une bouteille à renversement à 0,5 m sous la surface et portés dans la journée au laboratoire de Nantes. Les salinités sont mesurées au salinomètre-conductimètre Guildline, les teneurs en sels nutritifs sont déterminées à l'auto-analyseur Technicon et l'oxygène dissous est dosé par la méthode Winckler.

### Examens biologiques.

Un filet à plancton de type « Bongo » double à petite ouverture (20 cm de diamètre et vide de maille de 53  $\mu\text{m}$ ) a été utilisé pour les prélèvements. Les traicts ont duré environ 2 minutes, ou moins, selon l'intensité du colmatage par la vase en suspension toujours présente dans ce type de milieu.

Les numérations cellulaires des échantillons phytoplanctoniques fixés au lugol (THRONDSEN, 1978) ont été estimées en pourcentages relatifs sans que l'on puisse apprécier le volume échantillonné. Les échantillons non analysés dans les jours suivant leur récolte ont été fixés avec du formol technique à 4 % en plus du lugol ; ce fut le cas pour les échantillons des mois d'avril et juin.

L'analyse des populations phytoplanctoniques a été effectuée de la manière suivante : chaque échantillon est soigneusement homogénéisé ; une goutte est prélevée puis mise entre lame et lamelle ; l'observation au microscope est faite lors du parcours horizontal sur toute la longueur de la lamelle ; cette opération est répétée 4 à 5 fois en se décalant nettement sur la hauteur de la lamelle, d'environ un champ de microscope, afin qu'il n'y ait jamais de chevauchement ; lors de ces parcours tous les organismes phytoplanctoniques présents sont comptés jusqu'à parvenir à un total de 1 500 à 2 000 cellules à partir duquel ont été établis les pourcentages relatifs des genres identifiés

La détermination des organismes a été effectuée à partir d'ouvrages généraux de base tels que : LEBOUR (1925 ; 1930), SCHILLER (1933), HENDEY (1964), BOURELLY (1972), DREBES (1974), CUPP (1977) et GERMAIN (1981).

En ce qui concerne les études des contenus stomacaux de moules, 4 à 6 individus par lot prélevé ont été sélectionnés et analysés après section des muscles adducteurs (AYRES et CULLUM, 1978). Le contenu stomacal (en général une goutte) étant mis entre lame et lamelle, nous nous sommes limités à faire une liste des genres présents et distinguer ceux qui étaient très abondants (TA) soit plus de 40 % des genres présents, ou seulement abondants (A) c'est-à-dire entre 20 et 40 %.

L'analyse de la diversité spécifique des peuplements phytoplanctoniques des stations a été réalisée par le calcul de l'indice de Shannon H (DAJOZ, 1978). Lorsque cet indice est élevé les conditions de milieu sont favorables au développement de nombreux genres phytoplanctoniques ; lorsqu'il tend vers 0 on est en présence d'un milieu particulier favorisant un seul type d'organismes.

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad \text{ou} \quad P_i = \frac{N_i}{N}$$

avec  $N_i$  = nombre d'individus du genre  $i$   
 $N$  = nombre total d'individus dans l'échantillon  
 $n$  = nombre total de genres

La répartition du phytoplancton au sein des grands groupes (Diatomées, Dinoflagellés et algues d'eau douce) a été étudiée par la comparaison des pourcentages de chacun de ces groupes en prenant les stations deux à deux. Nous avons calculé la valeur de l'écart réduit  $\varepsilon$  définie par :

$$\varepsilon = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{\frac{pq}{n_1} + \frac{pq}{n_2}}}$$

avec  $P_1$  = pourcentage d'un des groupes d'une station  
 $P_2$  = pourcentage du même groupe de l'autre station  
 $n_1$  = nombre d'individus du groupe considéré d'une station  
 $n_2$  = nombre d'individus du même groupe de l'autre station  
 $q$  défini par  $p + q = 1$

$$\text{si } p = \frac{P_1 n_1 + P_2 n_2}{n_1 + n_2}$$

### ***Evolution des paramètres hydrologiques.***

Les figures 2, 3 et 4 permettent de suivre, sur les quatre stations, l'évolution des paramètres hydrologiques pendant la durée de l'étude.

Température et salinité (fig. 2).

L'augmentation des températures depuis l'hiver jusqu'en été est continue. En hiver (jusqu'au 26 mars environ), les températures des stations situées dans l'estuaire (1 et 2) sont inférieures à celles des stations côtières (3 et 4) ; à partir du printemps, on assiste à un réchauffement des eaux d'origine continentale qui présentent alors des températures supérieures aux stations 3 et 4. D'une façon générale et surtout pendant l'hiver, les chutes de température coïncident avec les dessalures en chacun des points étudiés.

On constate un gradient de salinité croissant de la station 1 à la station 4 et ceci pratiquement durant toute la période de l'étude. Les fluctuations sont très brutales dans la station 1, un peu plus faibles dans la station 2 et assez faibles en 3 et 4, tandis que la tendance générale entre janvier et août pour les quatre points consiste en une augmentation plus ou moins progressive de la salinité.

Oxygène dissous (fig. 2).

Le pourcentage de saturation en oxygène varie beaucoup entre janvier et août et ceci pour les quatre stations ; les stations 1 et 2 présentent la plus grande amplitude de variation ; par contre les stations 3 et 4, moins estuariennes, montrent les variations les plus faibles.

Entre mars et avril les quatre stations se trouvent en sursaturation ainsi que dans la 2<sup>e</sup> quinzaine de juillet (sauf pour la 1). Une chute brutale de la saturation en oxygène apparaît aux stations 1, 2 et 4, fin juillet — début août.

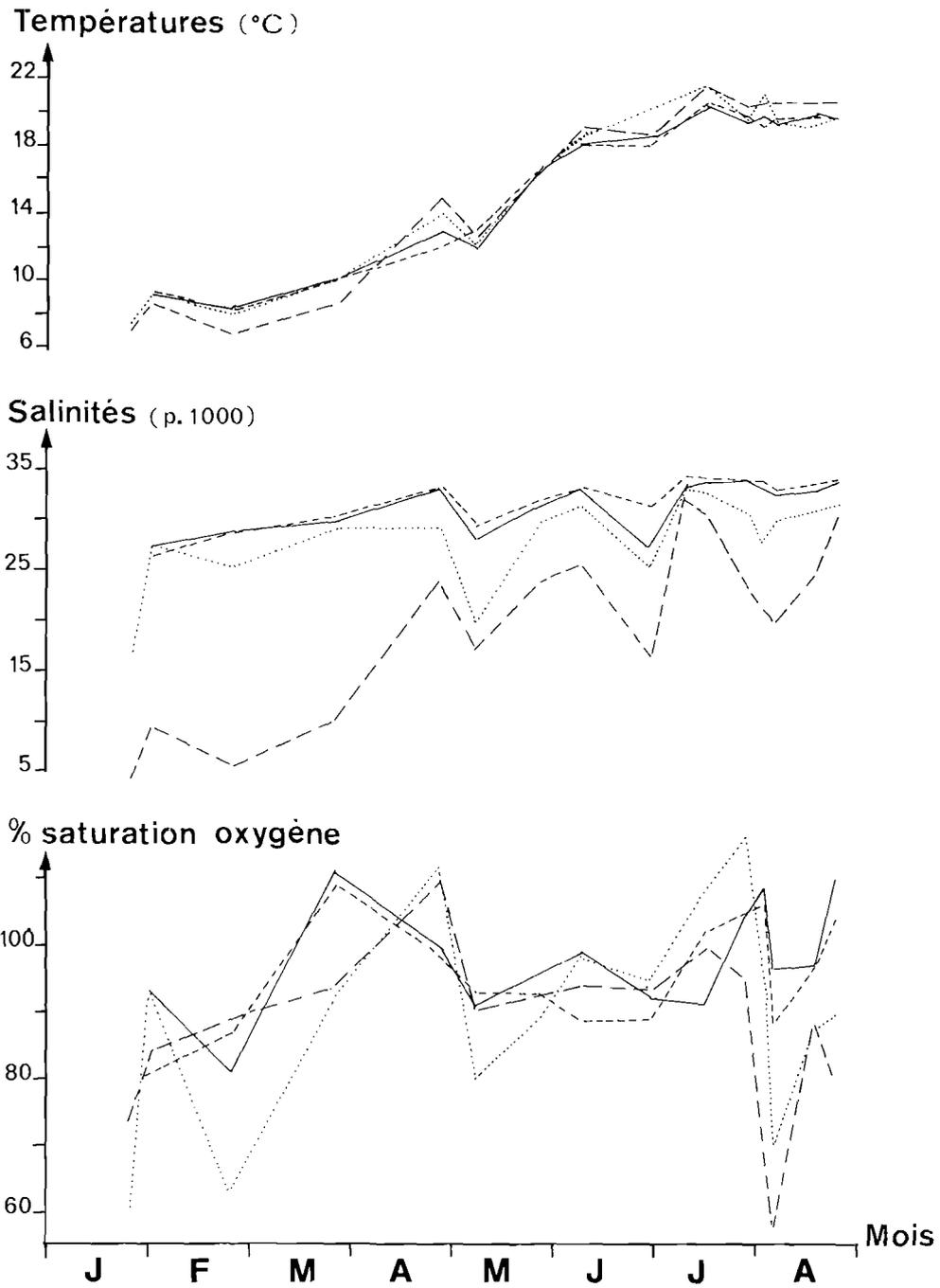


FIG. 2. — Températures, salinités et pourcentages de saturation en oxygène de l'eau aux stations 1 (---), 2 (....), 3 (- - -), et 4 (- - - -).

FIG. 2. — Water temperature, salinity and percent oxygen saturation at stations 1 (---), 2 (....), 3 (- - -) and 4 (- - - -).

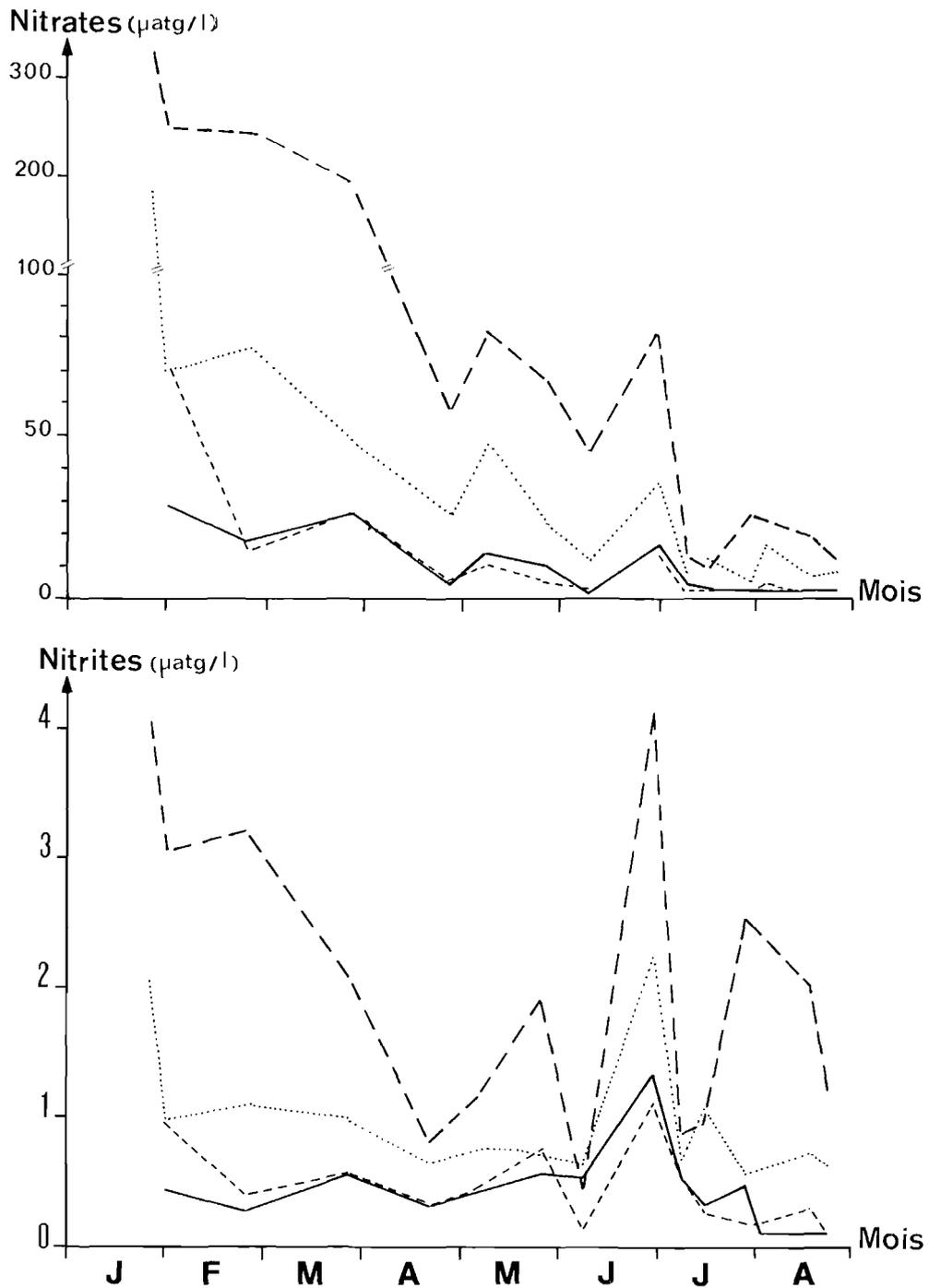


FIG. 3. — Variations des teneurs en nitrates et nitrites de l'eau aux stations 1 (---), 2 (.....), 3 (—) et 4 (-----).

FIG. 3. - Variations of nitrate and nitrite in water, contents at stations 1 (---), 2 (.....), 3 (—) and 4 (-----).

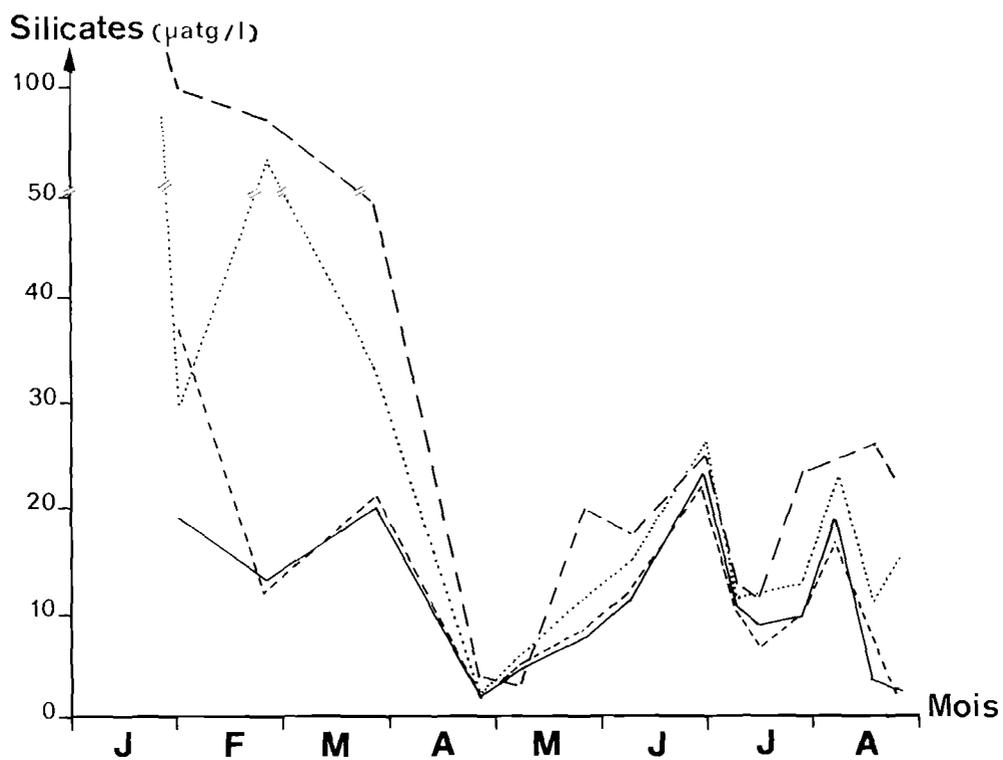
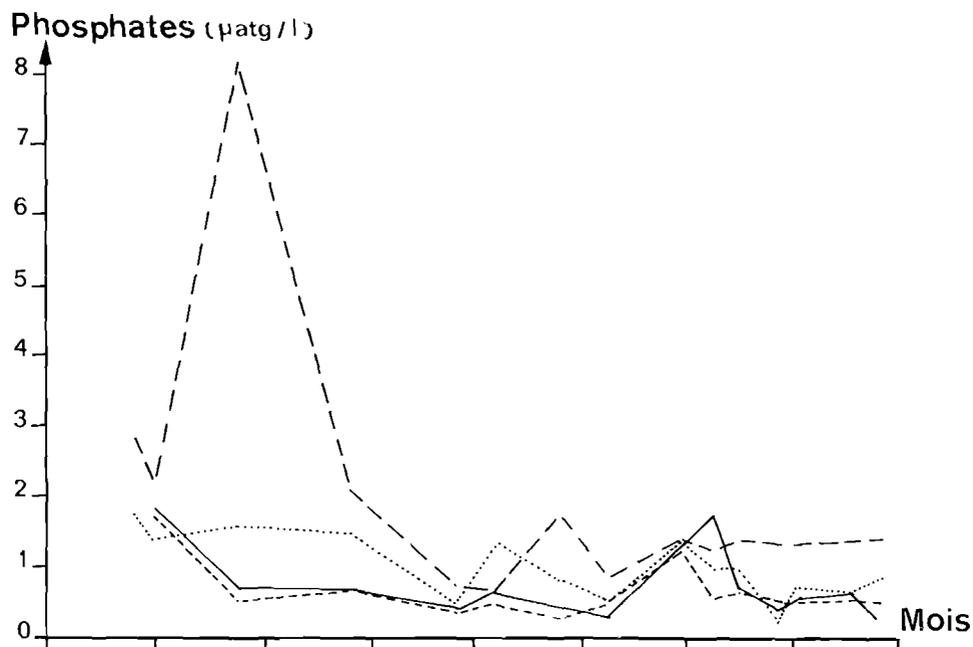


FIG. 4. — Variations des teneurs en phosphates et silicates de l'eau aux stations 1 (—), 2 (.....), 3 (- · -) et 4 (- - - -).

FIG. 4. — Variations of phosphate and silicate in water, at stations 1 (- - - -), 2 (.....), 3 (- · -) and 4 (- - - -).

Nitrates et nitrites (fig. 3).

Les teneurs en nitrates décroissent de la station 1 à la station 4 c'est-à-dire avec l'éloignement de la zone d'arrivée des eaux continentales. On note également des teneurs plus élevées en saison froide surtout pour les deux stations estuariennes qui bénéficient directement des apports du fleuve en période de faible métabolisation par le phytoplancton. Quant aux teneurs en nitrites, leurs variations suivent celles des nitrates mais à des concentrations environ 100 fois plus faibles.

Phosphates et silicates (fig. 4).

Si l'on excepte le pic observé à la station 1 fin février, les teneurs en phosphates oscillent entre 0,2 et 1,8  $\mu\text{atg/l}$ . A partir de la fin avril, bien que les valeurs soient légèrement supérieures à la station 1, les quatre stations montrent des variations sensiblement identiques.

Les teneurs en silicates sont très élevées aux stations 1 et 2 jusqu'à la fin mars. A une chute brutale, dont le minimum pour les quatre stations est en avril, suit une remontée des teneurs jusqu'à l'inversion des valeurs qui oscillent autour de 15  $\mu\text{atg/l}$  jusqu'à la fin de l'étude.

En résumé, la station 1 est la plus marquée par les apports d'eau douce : la salinité y est toujours la plus faible avec des minimums en janvier-février, époque à laquelle les précipitations sont les plus fortes et où la Vilaine a son plus grand débit ; c'est la station la plus froide en hiver et presque toujours la plus chaude à partir d'avril ; c'est également la plus riche, en sels nutritifs, surtout en hiver, du fait des apports continentaux (lessivage intense des sols).

Les stations 3 et 4 se comportent globalement de la même façon ; elles présentent des caractéristiques nettement côtières : l'influence des eaux douces s'y fait encore sentir mais les salinités varient peu le long de l'année avec une moyenne de 32 ‰ ; le pourcentage de saturation en oxygène y est toujours supérieur à 80 % ; les sels nutritifs y varient de façon semblable avec des augmentations toujours en rapport avec celles de la station 1, mais d'une amplitude beaucoup plus faible.

La station 2 semble présenter, pour les paramètres étudiés, une position intermédiaire entre la station 1 et le groupe 3 et 4.

Nous pouvons dès lors envisager un gradient d'influence des eaux douces qui est décroissant de 1 jusqu'à 3, station où les variations induites sont très atténuées. Par ailleurs bien que la station 4 soit la plus éloignée de la Vilaine, elle subit son influence comme la 3.

### ***Variations saisonnières du phytoplancton.***

Nous avons classé en trois grands groupes l'ensemble des organismes trouvés dans le phytoplancton :

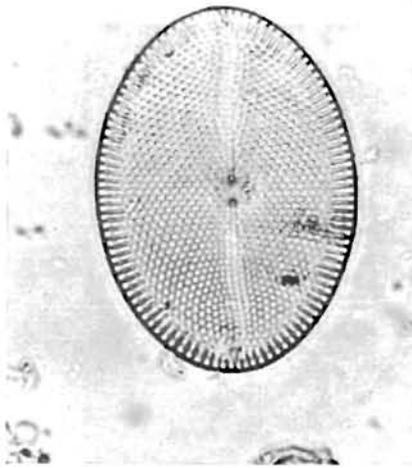
*les Diatomées* dont l'enveloppe appelée frustule, est constituée d'un mélange de composés pectiques associés à de la silice (cellulose absente) ; la symétrie du frustule et l'ornementation des valves permettent une division des Diatomées en deux sous-classes : centriques et pennées ;

*les Dinoflagellés* caractérisés par deux flagelles, l'existence d'un dinocaryon et souvent d'une thèque constituée de plaques cellulosiques ;

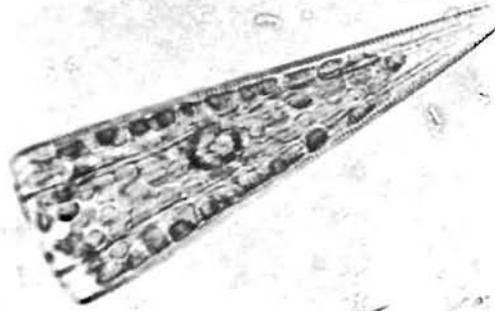
*les algues d'eau douce* groupe parfaitement hétérogène, où nous avons inclus Chlorophycées, Cyanophycées, Euglénophycées, Diatomées, etc. pourvu que les organismes fussent reconnus comme ayant une écologie d'eau douce. Ce groupe « artificiel » nous aidera surtout à nous rendre compte de l'influence de la Vilaine dans les peuplements phytoplanctoniques de la zone étudiée.

Les plus caractéristiques de ces organismes sont représentés sur les planches 1 et 2.

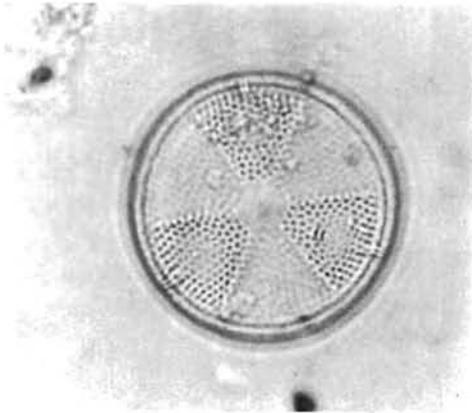
PLANCHE I. - MICROFLORE MARINE



1

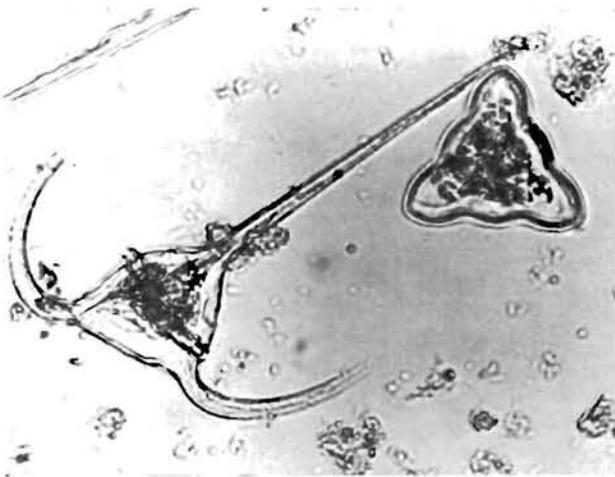


2

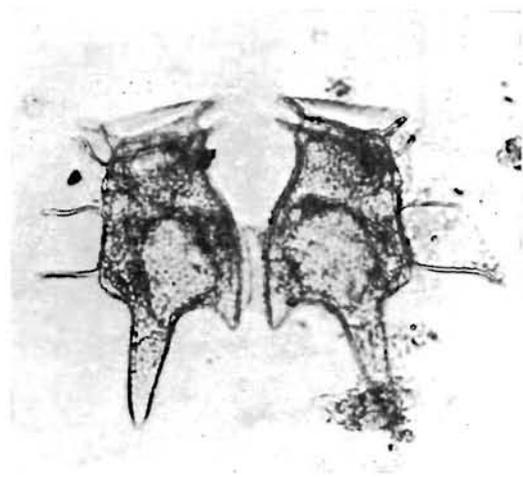


3

4

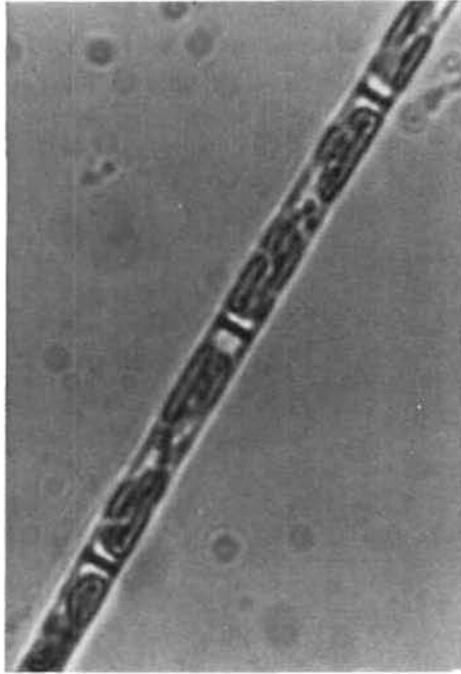


5

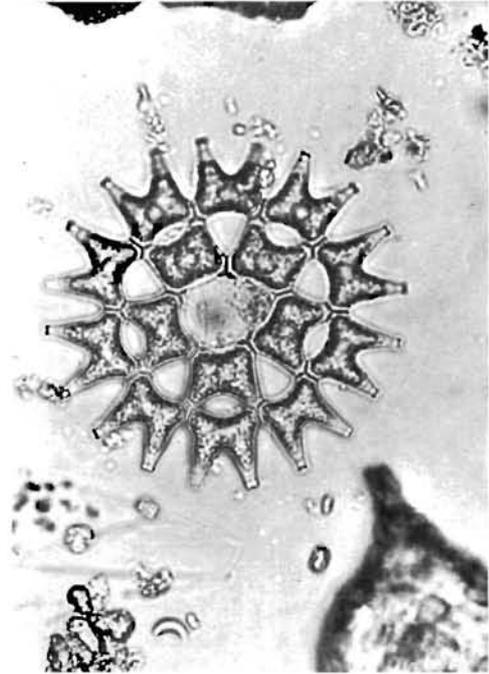


Diatomées pennées : 1. *Mastogloia* ( $\times 1400$ )  
2. *Lycophora* ( $\times 1400$ )  
Diatomées centriques : 3. *Actinoptychus undulatus* ( $\times 500$ )  
Dinoflagellés : 4. *Ceratium* sp. ( $\times 560$ )  
5. *Dinophysis tripos* ( $\times 875$ )

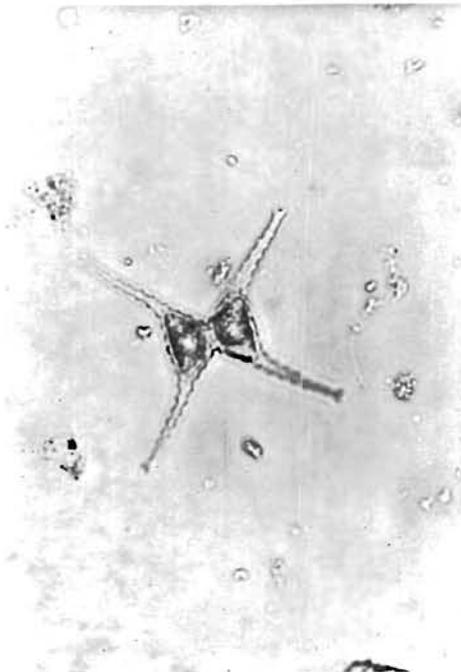
PLANCHE 2. — MICROFLORE D'EAU DOUCE



1



2



3



4

1. *Melosira granulata* (× 875)
2. *Pediastrum* sp. (× 1 400)
3. *Staurastrum* sp. (× 1 400)
4. *Phacus* sp. (× 1 400)

Variations dans toutes les stations.

Nous avons tenté, à partir d'une analyse globale sur toutes les stations, de dégager celles qui semblaient les plus représentatives, de façon à détailler plus aisément au niveau des variations locales les successions saisonnières. Les questions posées étaient donc les suivantes.

Existe-t-il des stations plus diversifiées en espèces que d'autres? Observe-t-on, pour certaines stations, une similitude de répartition du phytoplancton au sein des trois groupes Diatomées, Dinoflagellés et algues d'eau douce?

En ce qui concerne les indices de diversité  $H$  (fig. 5) on constate que les quatre stations suivent une évolution parallèle: pic en début juin qui semble corrélé avec l'augmentation des silicates notée à la station 3 (fig. 6) et diminution début juillet correspondant à une efflorescence brutale du genre *Chaetoceros*.

Les valeurs trouvées pour  $\epsilon$  permettent de savoir si les stations diffèrent significativement l'une de l'autre pour chaque groupe, et avec quel risque, en

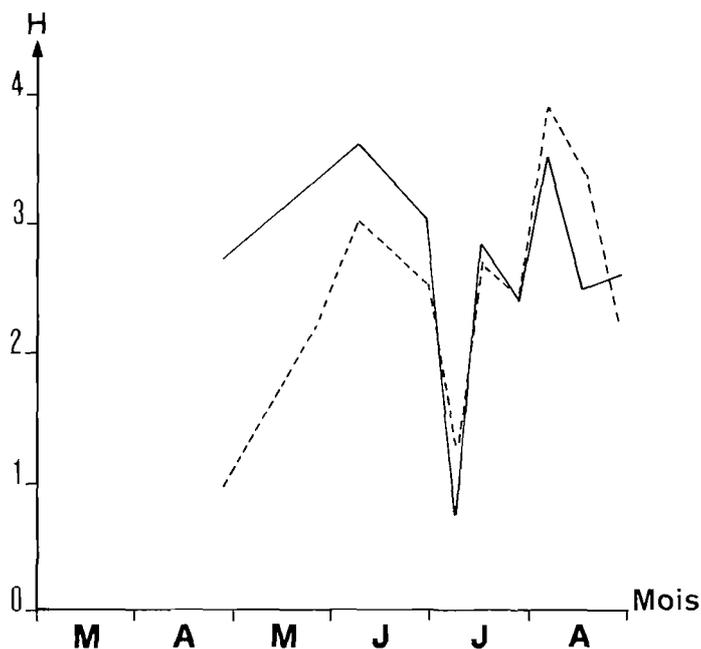
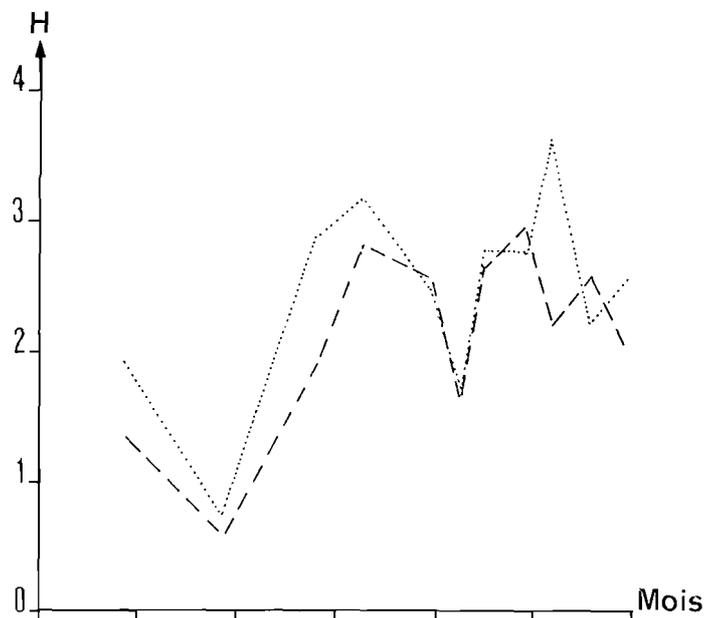


FIG. 5. — Evolution de l'indice de diversité  $H$  aux stations 1 (—), 2 (.....), 3 (---) et 4 (- - - -).

FIG. 5. — Diversity index  $H$  range at stations 1 (—), 2 (.....), 3 (---) and 4 (- - - -).

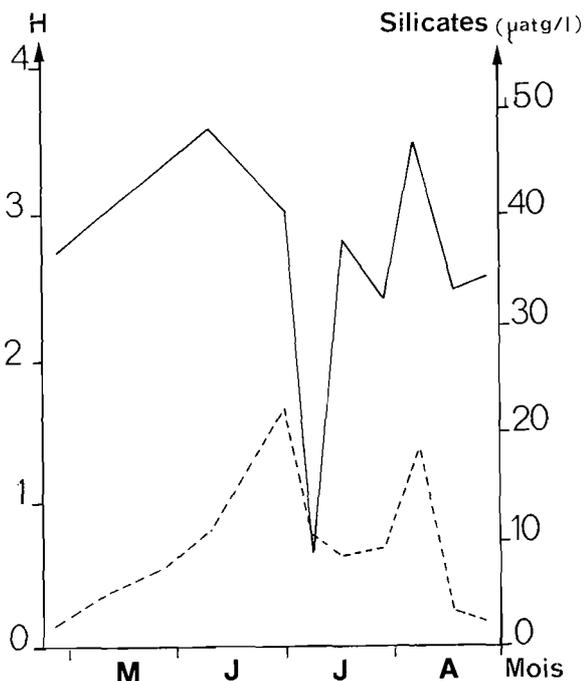


FIG. 6. — Comparaison des variations de l'indice de diversité de Shannon  $H$  (—) et des teneurs en silicates dans l'eau (- - -) à la station 3.

FIG. 6. — Relationship between Shannon diversity Index  $H$  (—) and silicate contents in water (- - -) at station 3.

		Station 1	Station 3
Salinité (‰)	moy.	19,8	31,8
	min.	4,6	27,3
	max.	31,8	33,9
Température (°C)	moy.	15,3	15,9
	min.	6,8	8,3
	max.	21,5	20,4
Nitrates (µatg/l)	moy.	101,1	8,6
	min.	7,4	0,3
	max.	332,0	28,7
Nitrites (µatg/l)	moy.	1,9	0,4
	min.	0,4	0,08
	max.	4,1	1,3
Phosphates (µatg/l)	moy.	1,8	0,4
	min.	0,6	0,2
	max.	8,1	1,8
Silicates (µatg/l)	moy.	37,3	10,8
	min.	2,6	1,8
	max.	128,0	23,1

TABLE 2. — Moyennes et extrêmes des valeurs trouvées aux stations 1 et 3 pour les différents paramètres hydrologiques de janvier à août 1982.

TABLE 2. — Hydrological parameters measured from January to August 1982: average and extreme values at station 1 and 3.

supposant que la distribution suive une loi normale (tabl. 3).

Il en résulte que les stations 2 et 3 d'une part, 2 et 4 d'autre part, ne présentent pas de différences significatives. Ceci serait également valable pour 3 et 4 s'il n'y avait eu le 8 juin un grand pourcentage de Dinoflagellés (*Noctiluca* et *Ceratium*) dans la station 3. Ce phénomène ayant été ponctuel on peut conclure que les stations 2, 3 et 4 sont semblables du point de vue de la répartition des trois groupes considérés alors que la station 1 est plus individualisée. Les différences significatives notées sont généralement dues aux deux groupes: algues d'eau douce et Dinoflagellés.

Pour toutes ces raisons nous avons comparé essentiellement les stations 1 et 3: nous espérons ainsi tenir compte d'un maximum de variabilité pour les différents paramètres en prenant les deux cas extrêmes de notre zone d'étude.

Station 1	Station 3
Excepté en mars, les Diatomées sont dominantes de fin avril à fin août.	Diatomées toujours majoritaires.
Bien que les Diatomées ne soient jamais absentes, elles ne constituent en aucun cas la totalité de la population.	Le 17 août la totalité de la population est constituée de Diatomées.
Les algues d'eau douce sont toujours présentes, excepté le 15 juillet et le 23 août.	Les organismes d'eau douce n'ont été que rarement rencontrés et pas à plus de 1%.
Le pourcentage des Dinoflagellés n'excède jamais 1,9% (8 juin) et leur représentation est intermittente.	Toujours présents les Dinoflagellés excèdent 10% le 8 juin (47,5%) et le 5 août (27,6%).

TABLE 4. — Comparaison des variations observées dans les différents groupes phytoplanktoniques aux stations 1 et 3.

TABLE 4. — Observed evolutions of different phytoplanktonic groups at stations 1 and 3.

COMPARAISON DES STATIONS						
Dates	1 et 2	3 et 4	2 et 3	1 et 4	1 et 3	2 et 4
26/3	NS					
26/4	NS	NS	NS	NS	NS	NS
25/5	Algues eau douce $\epsilon = 1,48$ *			Dinoflagellés $\epsilon = -2,19$ *		NS
8/6	NS	Dinoflagellés $\epsilon = 1,94$ *	NS	NS	Dinoflagellés $\epsilon = -3,96$ **	NS
29/6	NS	NS	NS	Algues eau douce $\epsilon = 5,92$ *	Algues eau douce $\epsilon = 4,17$ **	NS
8/7	NS	NS	NS	NS	NS	NS
15/7	NS	NS	NS	NS	NS	NS
27/7	NS	NS	NS	NS	NS	NS
5/8	Algues eau douce $\epsilon = 3,70$ **	NS	NS	NS	Dinoflagellés $\epsilon = -2,74$ **	
17/8	NS	NS	NS	NS	NS	NS
23/8	NS	NS	NS	NS	NS	NS

TABL. 3. — Calcul de l'écart réduit  $\epsilon$  à partir de la comparaison 2 à 2 des pourcentages par groupe : différences non significatives (NS) ou significatives à 95 % (\*) et à 99 % (\*\*).

TABLE 3. —  $\epsilon$  calculation from groups percentages comparison by pairs : no significant difference (NS) or 95 % (\*) and 99 % (\*\*) significant.

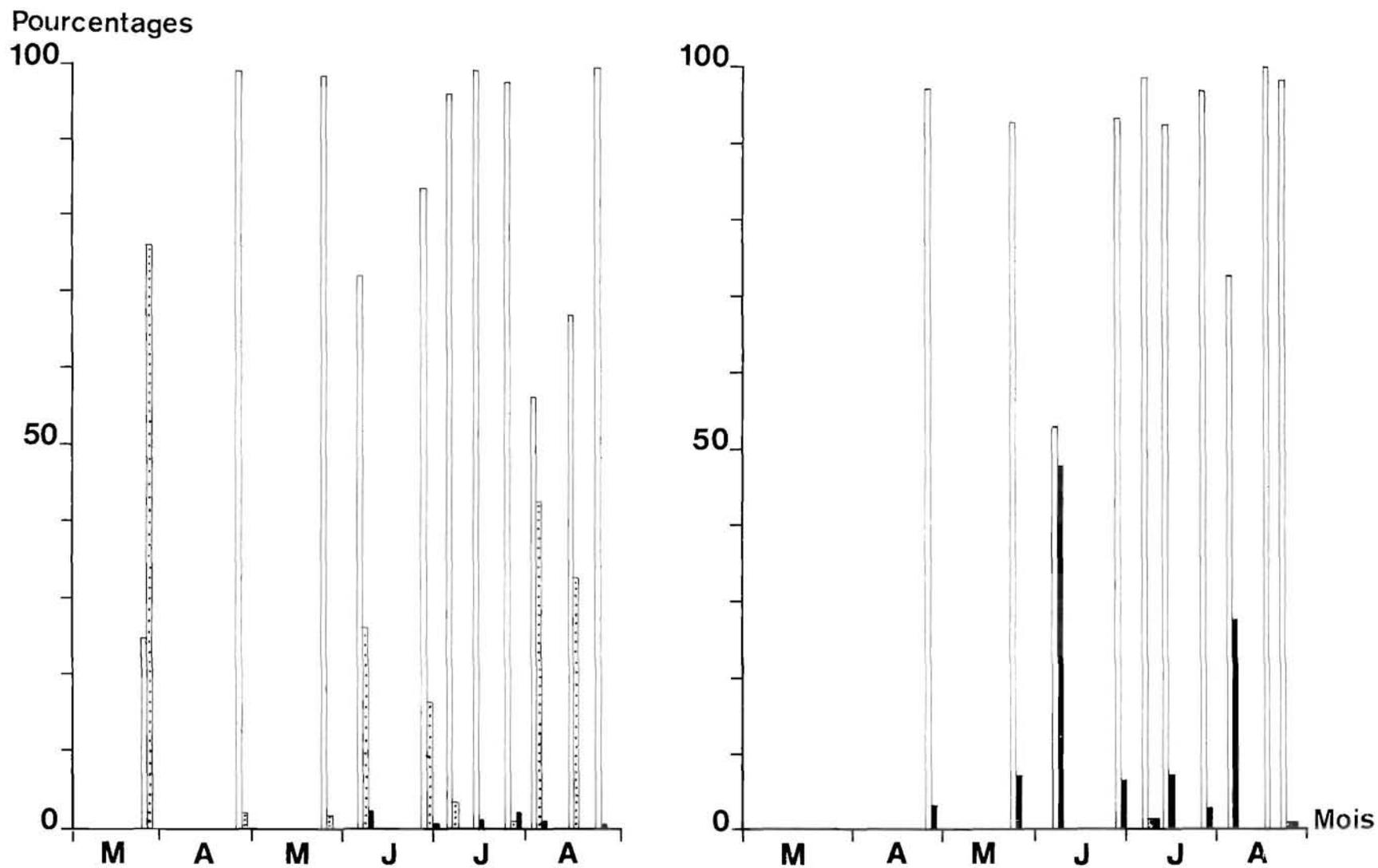


FIG. 7. — Variations des pourcentages de diatomées (en blanc), de dinoflagellés (en noir) et d'algues d'eau douce (en pointillés) aux stations 1 (à gauche) et 3 (à droite).

FIG. 7. — Percentages of Diatoms (white bars), Dinoflagellates (black bars) and soft water algae (dotted bars) at stations 1 (left) and 3 (right).

Variations des populations des stations 1 et 3.

Dans un premier temps les pourcentages respectifs de Diatomées, algues d'eau douce et Dinoflagellés ont été comparés dans ces deux stations (fig. 7 et tabl. 4). Ces observations sont particulièrement mises en évidence aux dates suivantes :

	Station 1	Station 3
26 mars : algues d'eau douce	75 %	non déterminées
8 juin : Dinoflagellés	1,9 %	47,5 %
5 août : algues d'eau douce	42 %	0 %
17 août : Diatomées	67,2 %	100 %

En résumé, la station 3 ne semble pas subir l'influence des eaux de la Vilaine au niveau de sa composition phytoplanktonique tandis que les Dinoflagellés — toujours présents — peuvent occa-

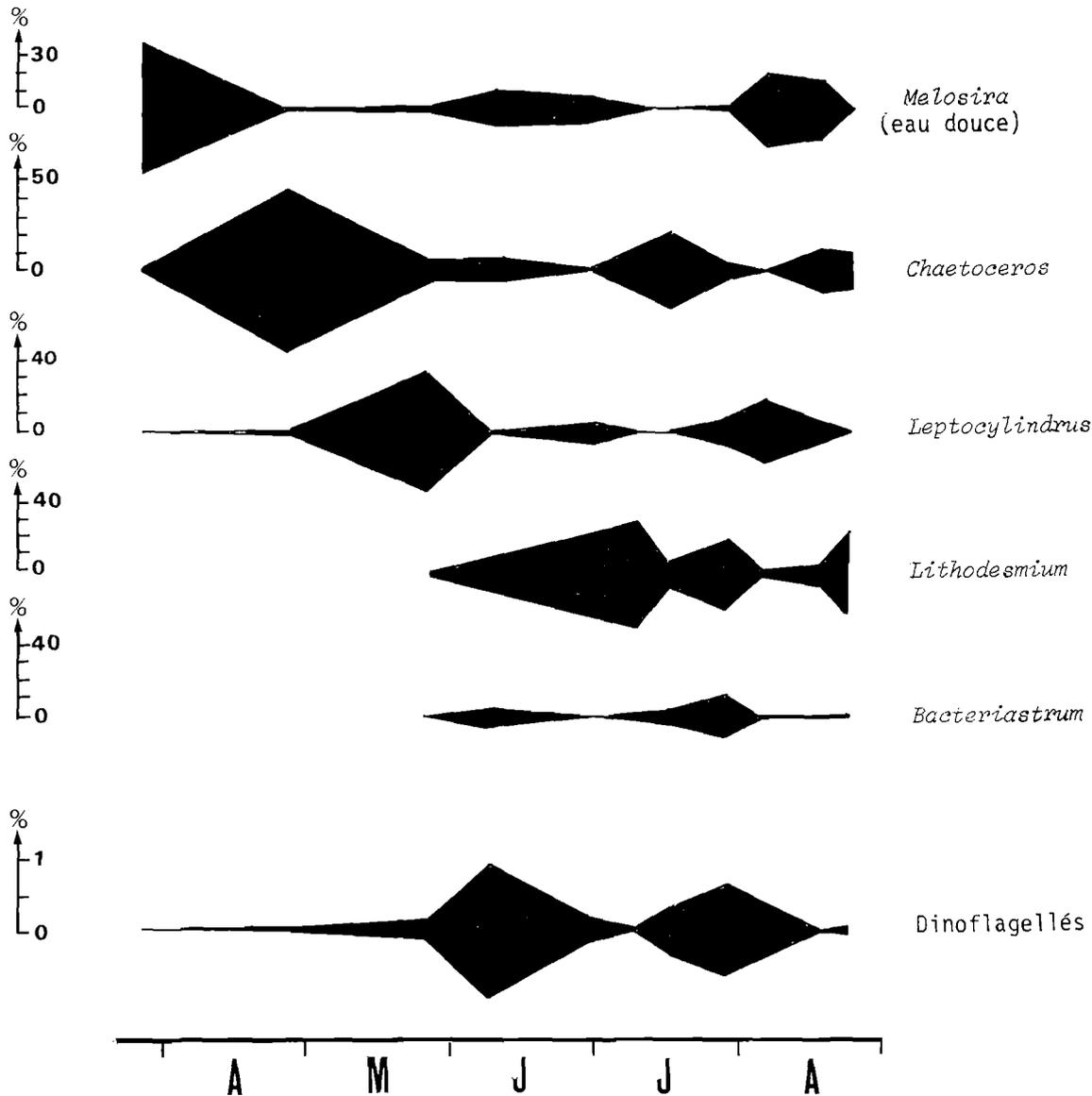


FIG. 8. — Calendrier des genres phytoplanktoniques les plus représentés à la station 1.

FIG. 8. — Phytoplankton most represented species succession at station 1.

sionnellement constituer 25 à 50 % de l'ensemble des organismes. En revanche ces derniers sont très peu représentés dans la station 1 dominée par les algues d'eau douce qui caractérisent le milieu estuarien en jasant. Cette opposition : milieu estuarien/milieu marin apparaît également au niveau de l'analyse des paramètres hydrologiques (tabl. 2).

Les variations caractéristiques de ces deux stations ont été mises en évidence en établissant un calendrier des genres les plus fréquents de Diatomées, dont le pourcentage est supérieur à 20 % et de tous les Dinoflagellés.

Station 1 (fig. 8).

En mars, environ 76 % du phytoplancton est constitué de *Melosira* d'eau douce. Ce genre, d'origine dulçaquicole, est majoritaire : ceci n'est pas étonnant si on se souvient des faibles salini-

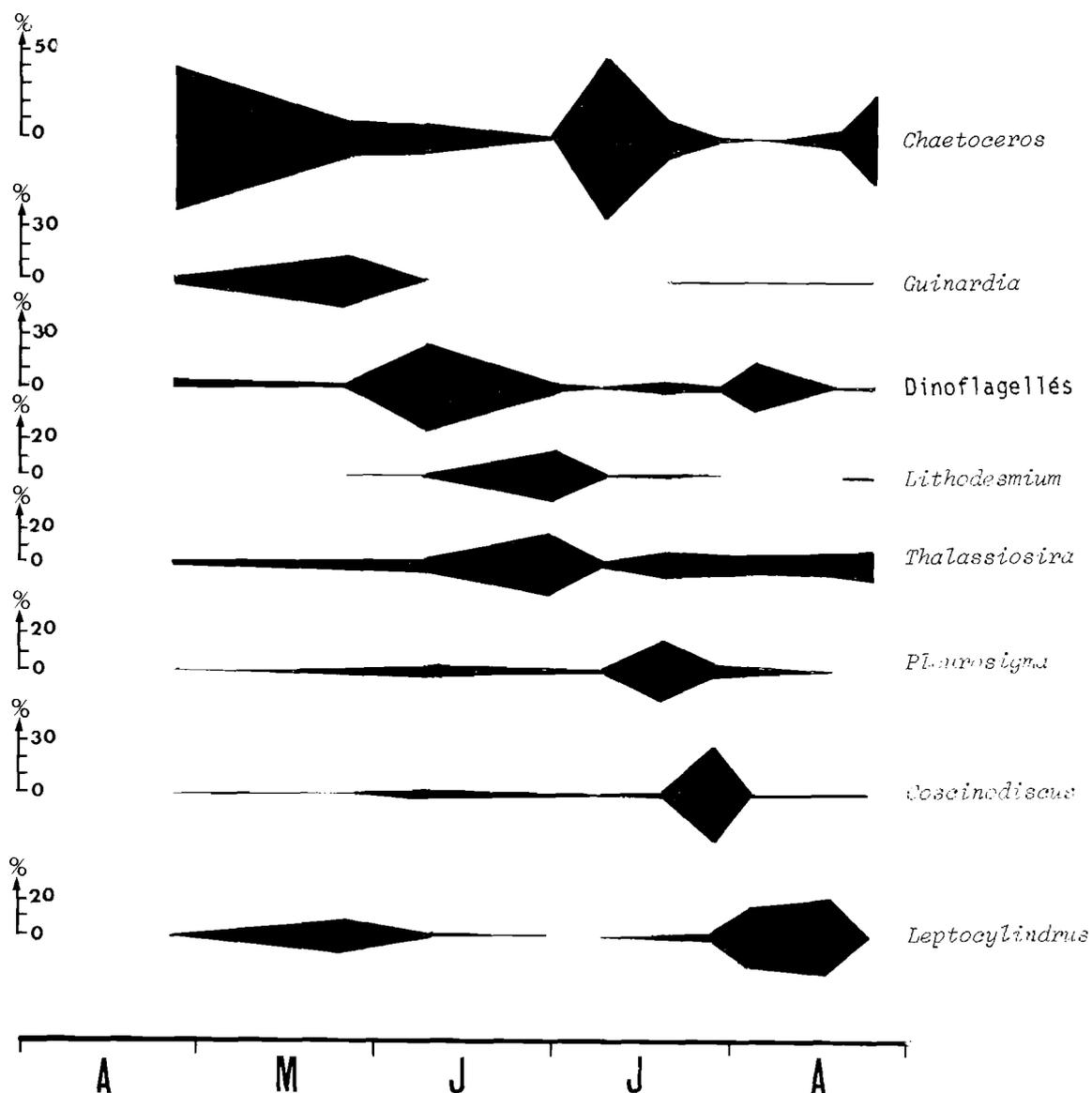


FIG. 9. — Calendrier des genres phytoplanctoniques les plus représentés à la station 3.

FIG. 9. — Phytoplankton most represented species succession at station 3.

tés dans cette station à cette époque. Fin avril, l'influence des eaux douces se fait moins sentir et nous assistons à une dominance très forte (92,5 %) de *Chaetoceros* (elle coïncide avec la dominance de ce même genre dans la station 3). En mai, les populations de *Chaetoceros* semblent régesser et le genre *Leptocylindrus* se trouve le mieux représenté (67 %). *Lithodesmium* et *Bacteriastrum* font leur apparition dès la fin mai, cependant en juin ils se partagent la majorité avec *Leptocylindrus*, *Chaetoceros* et *Melosira* d'eau douce. Tandis que les Dinoflagellés ne sont vraiment représentés que début juin et fin juillet, on constate que les pourcentages de *Lithodesmium* et *Chaetoceros* augmentent dès le début juillet. Puis, *Lithodesmium* étant toujours présent de façon significative (19,5 %), les genres *Leptocylindrus* et *Bacteriastrum* atteignent respectivement 16 et 23,5 % fin juillet. En août, *Melosira* d'eau douce (en rapport avec la chute de salinité du 5 août) est en recrudescence avec une proportion de 42,6 % ; le pourcentage de *Leptocylindrus* remonte aussi. Vers la fin août, c'est le genre *Lithodesmium* qui se détache (52 %) ainsi que *Chaetoceros* (21,4 %).

#### Station 3 (fig. 9).

Le genre *Chaetoceros* domine fin avril atteignant des pourcentages supérieurs à 80 % en avril et août tandis qu'en mai il décroît pour être remplacé par *Guinardia*. On note à nouveau une recrudescence début juillet et fin août de cet organisme. Les Diatomées benthiques comme *Pleurosigma* et *Coscinodiscus* sont bien représentées en juillet, ce qui pourrait correspondre à une période où les eaux sont relativement agitées. Les Dinoflagellés se développent à deux reprises : en juin et début août.

Du fait de l'objectif de cette étude, il nous a paru important de détailler les variations spécifiques des Dinoflagellés pour la station 3 étant donné leur importance relative et leur implication probable dans des phénomènes d'intoxication (fig. 10). Parmi les 9 genres de Dinoflagellés rencontrés dans cette station, seuls *Protoperidinium* et *Ceratium* ont été trouvés jusqu'à la fin mai. Début juin, ces deux genres sont bien représentés (5,7 et 15,2 %) ainsi que *Prorocentrum* (7,8 %) mais les noctiluques sont les Dinoflagellés les plus nombreux (17,6 %). Les genres *Gyrodinium*, *Gonyaulax* et *Gymnodinium* sont abondants début août uniquement ; les genres *Scrippsiella* et *Dinophysis* ne dépassent jamais le seuil de 1 %.

En résumé, les genres recherchés : *Prorocentrum* et *Dinophysis*, bien que présents, ne sont pas les espèces dominantes, cependant, les Dinoflagellés peuvent prendre, dans cette station, des proportions très importantes, jusqu'à 47,5 %. Ceci semble confirmer l'éventualité d'intoxications par les Dinoflagellés ingérés par les moules provenant de ce site.

#### **Contenus stomacaux des moules.**

Les moules étant la source potentielle des intoxications alimentaires en 1978 et 1981 en Vilaine, et les Dinoflagellés étant les organismes soupçonnés de produire la toxine, nous avons étudié systématiquement les contenus stomacaux de celles-ci. De plus, les conditions de milieu influent sur la vitesse de filtration des mollusques et de ce fait peuvent moduler la cinétique d'accumulation des toxines produites par les Dinoflagellés.

La moule (*Mytilus edulis*) se nourrit entre 0° et 26° C, selon BAYNE et WIDDOWS (1971) la période d'adaptation du taux de filtration serait d'autant plus longue que le changement de température est rapide. La filtration semble bonne tant que la salinité demeure dans l'intervalle 16-40 ‰, mais dans la nature on trouve des moules jusqu'à une salinité de l'ordre de 4 ‰ ; la salinité interviendrait peu dans la filtration (MARTEIL, 1976) ; LUBET (1973) estime que la filtration s'arrête lorsque le taux d'oxygène dissous est inférieur à 3 ml/l.

Pour la filtration nos résultats sont compris à l'intérieur des limites critiques, nous pouvons dès lors rechercher si la corrélation, positive ou négative, entre les contenus stomacaux des moules et le phytoplancton présent dans la masse d'eau au moment du prélèvement, serait liée à d'autres facteurs : le plancton disponible et la présence d'une toxine.

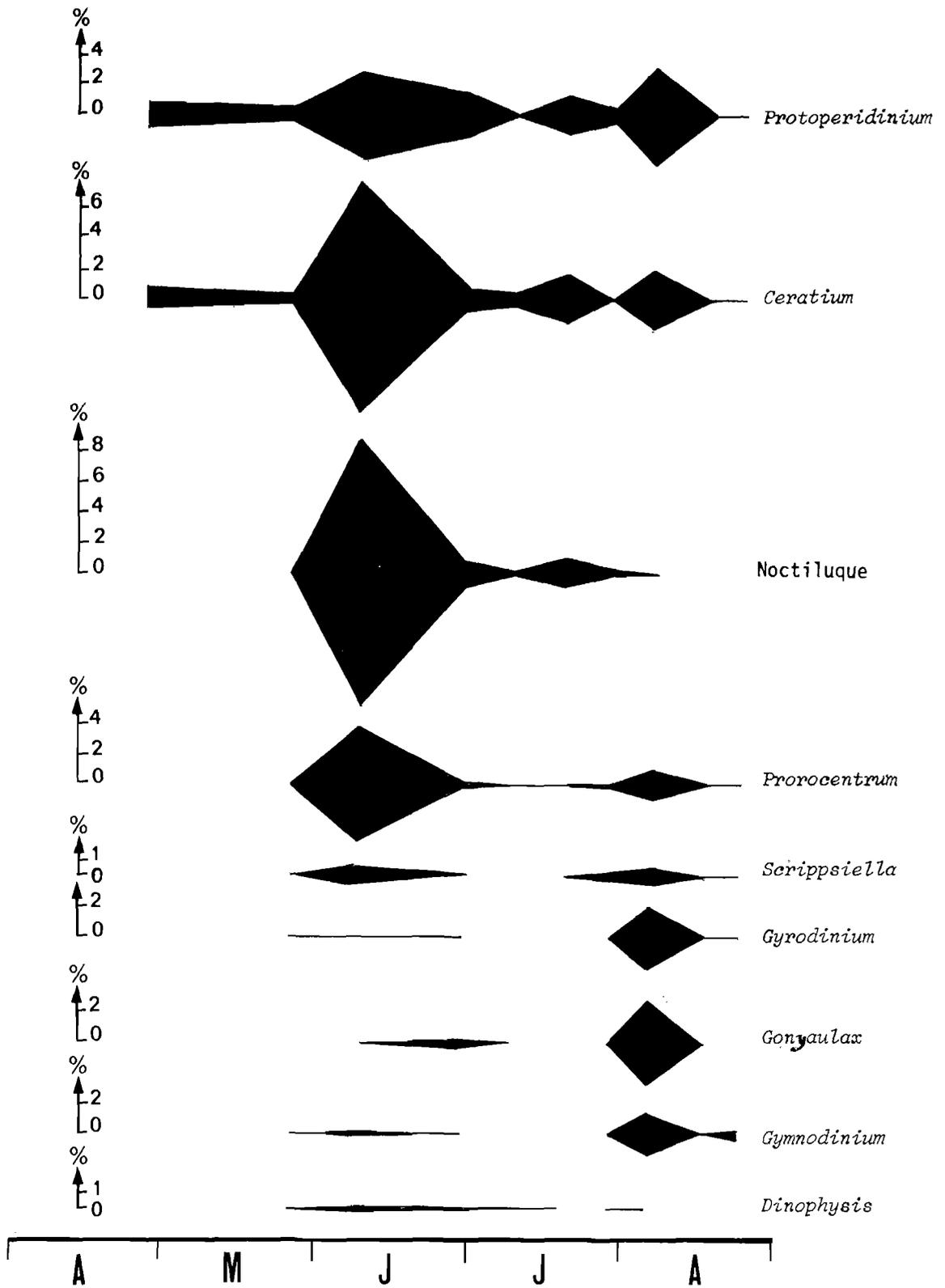


FIG. 10. — Calendrier des genres de dinoflagellés présents à la station 3.

FIG. 10. — Observed Dinoflagellate genera succession at station 3.

Relation avec le phytoplancton disponible. (tabl. 5, pl. 3).

Diatomées, Dinoflagellés et algues d'eau douce se trouvent représentés dans les estomacs.

Parmi les Diatomées on distingue :

1. des Centriques de taille réduite (*Skeletonema* : 8 à 15  $\mu\text{m}$  et *Thalassiosira* : 20 à 60  $\mu\text{m}$ ) sans expansions (cornes, soies, etc.) et formant des chaînes courtes ;
2. des Centriques de plus grande taille avec parfois des expansions ; on ne trouve que des fragments souvent très abîmés (*Coscinodiscus* : 150  $\mu\text{m}$ , *Ditylum brightwellii* : 110  $\mu\text{m}$ ) ;
3. des Pennées, soit avec une morphologie très compacte (ex. : *Cocconeis*, *Mastogloia* : 15 à 20  $\mu\text{m}$ ) soit à formes fines et très allongées (*Pleurosigma* : 120 à 140  $\mu\text{m}$ , *Asterionella* : 50 à 90  $\mu\text{m}$ ).

DIATOMÉES	DINOFLAGELLÉS	ALGUES EAU DOUCE
<i>Grammatophora</i>	<i>Scrippsiella</i>	<i>Melosira</i> eau douce
<i>Biddulphia (rhombus)</i>	<i>Prorocentrum</i>	<i>Cyclotella</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>Gonyaulax</i>	<i>Pediastrum</i>
<i>Hemiaulus</i>	<i>Dinophysis</i>	<i>Scenedesmus</i>
<i>Striatella</i>	<i>Proto-peridinium</i>	<i>Ankydesmus</i>
<i>Melosira</i>	Kystes	<i>Staurastrum</i>
<i>Skeletonema</i>		<i>Gonium</i>
<i>Leptocylindrus</i>		<i>Phacus</i>
<i>Triceratium</i>		
<i>Rhabdonema</i>		
<i>Lithodesmium (petites chaînes)</i>		
<i>Hyalocylus</i>		
<i>Actinocyclus</i>		
<i>Actinocyclus</i>		
<i>Coscinodiscus (fragments)</i>		
<i>Rhizosolenia (fragments)</i>		
<i>Ditylum (fragments)</i>		
<i>Cocconeis</i>		CYANOPHYCÉES
<i>Pleurosigma</i>		
<i>Mastogloia</i>		
<i>Navicula</i>		
<i>Lymnophora</i>		
<i>Nitzschia</i>		
<i>Achnantes</i>		
<i>Synedra</i>		
<i>Asterionella</i>		
<i>Thalassiothrix</i>		
<i>Fragilaria</i>		

TABLE 5. — Liste des organismes phytoplanctoniques rencontrés dans les estomacs de moules de mars à août 1982.

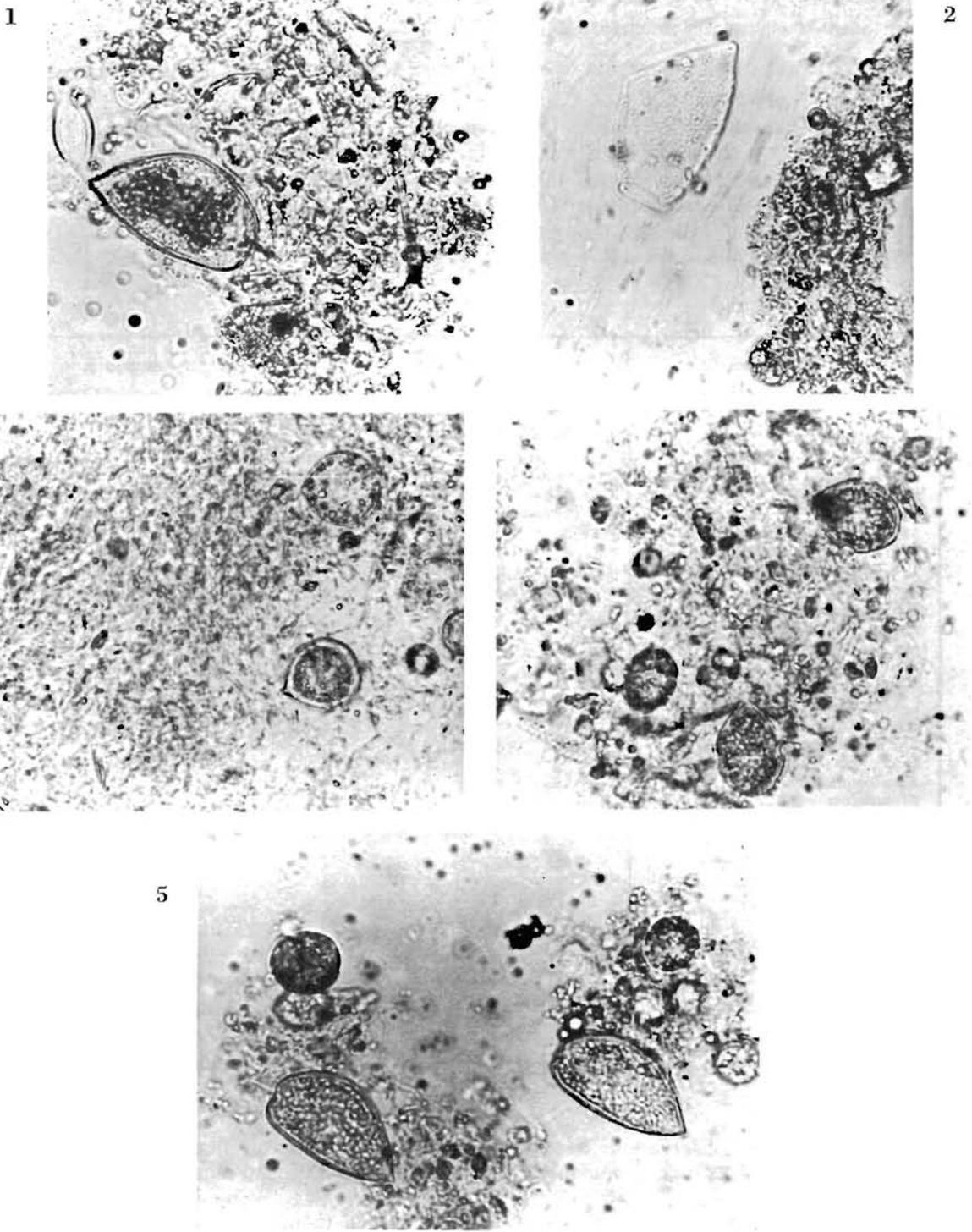
TABLE 5. — Check-list of detected phytoplankters in mussels guts contents during March/August 1982 period.

Ceci correspond aux observations de DESGUILLES (1969), à savoir que pour la longueur, les tailles maximales ingérables par des moules sont de l'ordre de 20 à 80  $\mu\text{m}$  et pour le diamètre, de 12 à 15  $\mu\text{m}$ .

Parmi les Dinoflagellés les formes libres trouvées sont à thèques épaisses ; les formes enkystées, dont les espèces ne sont pas identifiées, sont présentes dans les contenus stomacaux étudiés. On peut noter l'absence de Gymnodiniens, phénomène lié soit à une digestion rapide par les enzymes digestives du mollusque, soit à la non identification des kystes.

La diversité spécifique relativement importante des Diatomées (tabl. 5), ne reflète pas les données semi-quantitatives des examens de contenus stomacaux. En effet, le tableau 6 nous révèle la

PLANCHE 3. -- MICROFLORE OBSERVÉE DANS LES CONTENUS STOMACaux DE MOULES



1. *Prorocentrum* sp. ( $\times 1400$ )
2. *Dinophysis* sp. (thèque vide) ( $\times 875$ )
3. *Protoperidinium* sp. ( $\times 1400$ )
4. *Scrippsiella* sp. ( $\times 1400$ )
5. *Prorocentrum* sp. et deux kystes de Dinoflagellés non identifiés ( $\times 1400$ )

		25/2	26/3	26/4	25/5	8/6	29/6	8/7	15/7	27/7	5/8	17/8	23/8
Station 1	Kystes <i>Prorocentrum</i> <i>Scrippsiella</i> <i>Thalassiosira</i>	TA			A A	A				A			
Station 2	Kystes <i>Prorocentrum</i> <i>Scrippsiella</i> <i>Protoperidinium</i> <i>Gonyaulax</i> <i>Dinophysis</i> <i>Thalassiosira</i>	TA			Λ	TA TA	A A	TA	TA	TA A A	A		
Station 3	Kystes <i>Prorocentrum</i> <i>Scrippsiella</i> <i>Gonyaulax</i> <i>Dinophysis</i> <i>Thalassiosira</i>	TA			TA A	TA TA A	A A	TA A		TA A	A		TA A
Station 4	Kystes <i>Prorocentrum</i> <i>Scrippsiella</i> <i>Gonyaulax</i> <i>Dinophysis</i> <i>Thalassiosira</i>	TA				A TA	A A	TA			TA		A

TABLE 6. Variations d'abondance du phytoplancton (TA = plus de 40 % et A = entre 20 et 40 %) aux quatre stations de février à août 1982.

TABLE 6. — Changes in the four stations phytoplankton abundances (TA = more than 40 % and A = between 20 and 40 %) from February to August 1982.

quasi dominance (excepté pour le genre *Thalassiosira*) des Dinoflagellés pendant toute l'étude, alors qu'ils ne sont que faiblement représentés dans les échantillons pêchés au filet (fig. 11, 12 et 13) et correspondant aux prélèvements de juin, juillet et août.

Ainsi en juin, l'influence des eaux douces est faible et ne se fait sentir qu'en estuaire (stat. 1) avec une bonne proportion d'algues d'eau douce dans le phytoplancton. Les Dinoflagellés sont bien représentés aux trois stations côtières tandis que *Prorocentrum micans* ainsi qu'un kyste indéterminé dominant dans les contenus stomacaux à toutes les stations. Dans ce cas seulement la corrélation eau/contenus stomacaux peut être évoquée d'autant que le test-souris n'a été positif qu'en juin et pour la station 4 seulement.

D'une façon générale les salinités sont plus élevées en juillet et de ce fait les algues d'eau douce régressent à la station 1 de même que les Dinoflagellés à toutes les stations. La dominance des Diatomées est facilement explicable par l'efflorescence de *Chaetoceros*. Cependant si *Prorocentrum* a également disparu des contenus stomacaux les kystes de petite taille y sont dominants avec le genre *Scrippsiella*.

Enfin, le 5 août les rapports eau/contenus stomacaux ne semblent pas corrélés en ce qui concerne les Dinoflagellés dont les variations d'abondance ne sont pas parallèles.

Cet ensemble de résultats est quelque peu surprenant, car d'une part ce n'est pas toujours là où les Dinoflagellés à thèque sont abondants dans l'eau qu'ils sont concentrés chez les moules, d'autre part on peut rencontrer énormément de Dinoflagellés (ou leurs kystes) dans les coquillages

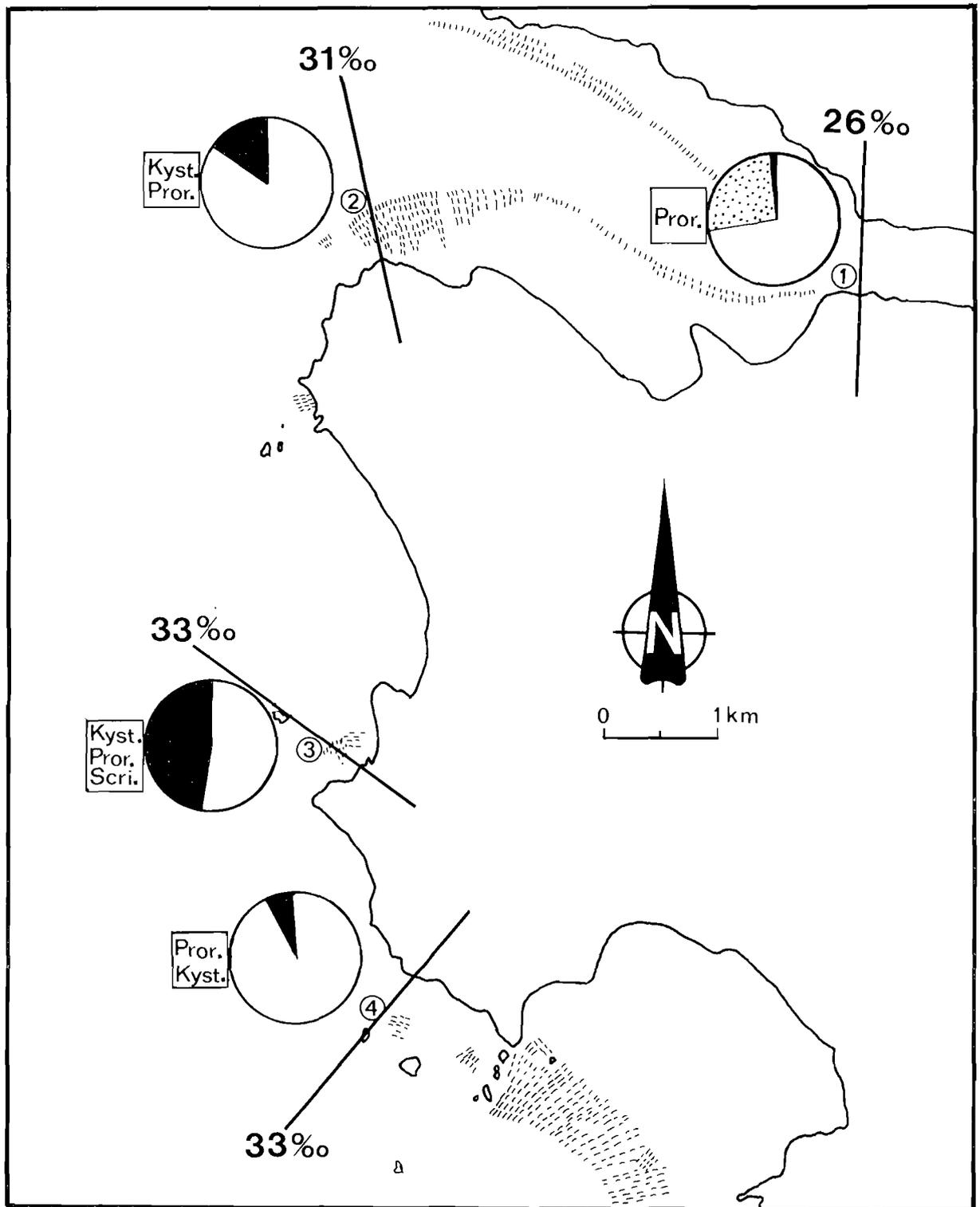


FIG. 11. — 8 juin 1982 : salinités et le phytoplancton ; dans les cercles : pourcentages relatifs de diatomées (blanc), de Dinoflagellés (noir) et d'algues d'eau douce (pointillés) dans l'eau ; dans les quadrilatères : espèces phytoplanctoniques abondantes (plus de 20 % des individus) dans les contenus stomacaux de moules (Pror. : Prorocentrum, Scri. : Scripsiella, Kyst. : kystes de Dinoflagellés).

FIG. 11. — 8 June 1982 : salinity and planktonological situation, relative percentages of Diatoms (white sector), Dinoflagellates (black sectors) and soft water algae (dotted sectors) guts contents whose densities exceed 20 % (Pror. : Prorocentrum, Scri. : Scripsiella, Kyst. : Dinoflagellates cysts).

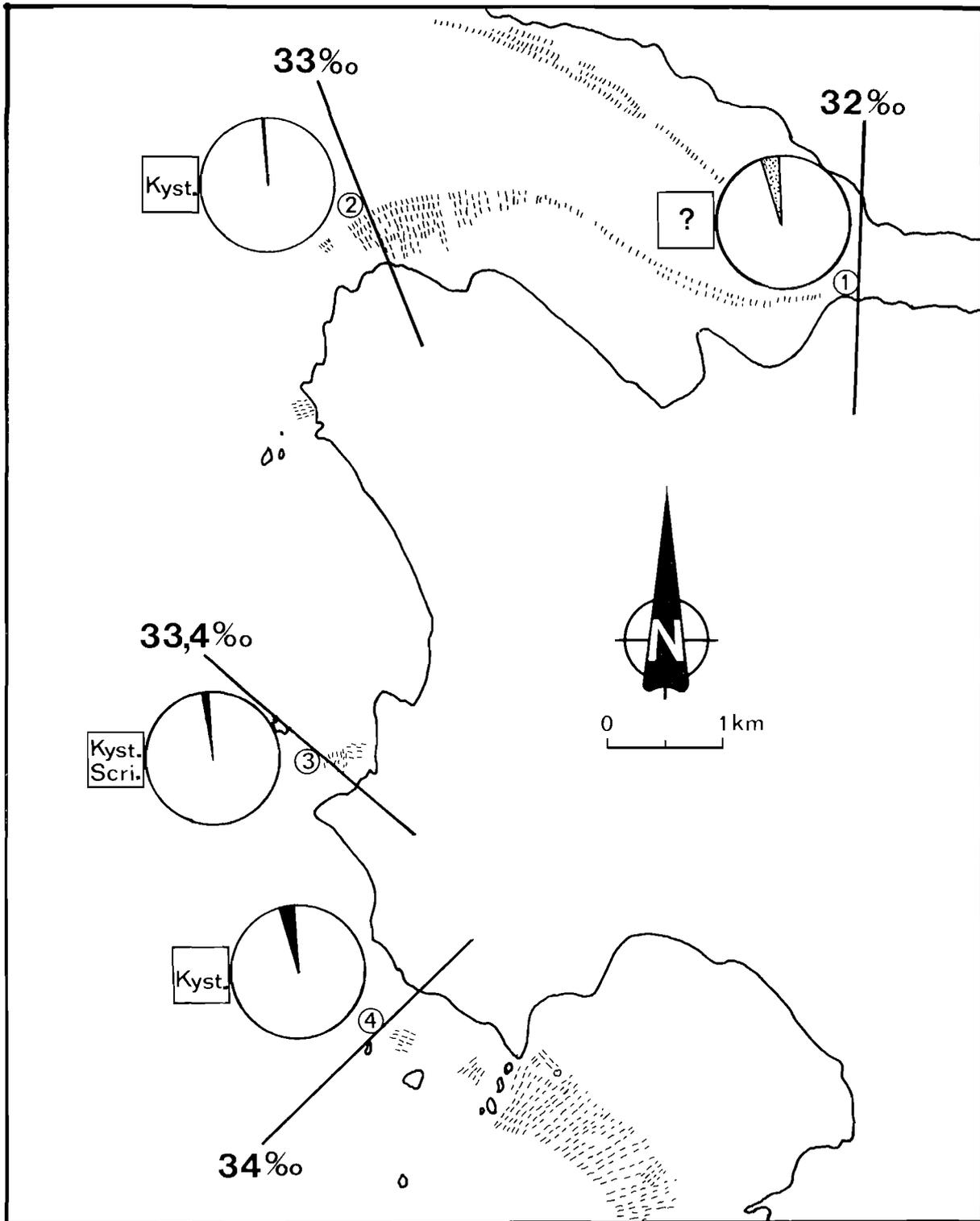


FIG. 12. — 8 juillet 1982 (cf. fig. 11).  
FIG. 12. — 8<sup>th</sup> July 1982 (cf. fig. 11).

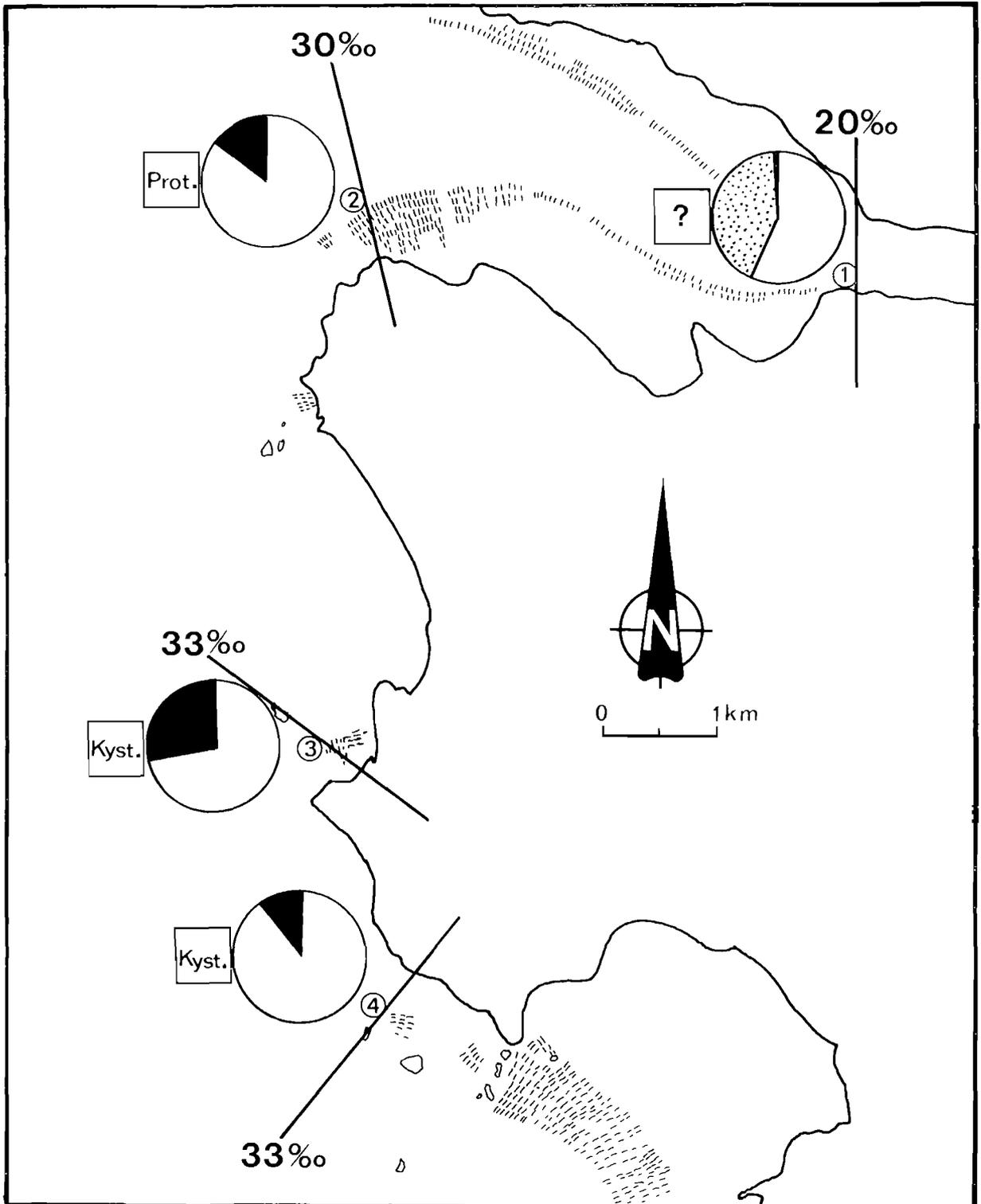


FIG. 13. — 5 août 1982 (cf. fig. 11).

FIG. 13. — 5<sup>th</sup> August 1982 (cf. fig. 11).

alors qu'ils sont à peine décelables dans l'eau. Les formes enkystées quoique rares dans le phyto-plancton de l'eau, sont souvent très bien représentées chez ces bivalves probablement à la suite d'une réaction de défense vis-à-vis d'un milieu hostile.

Relation avec la présence d'une toxine.

Les résultats du test-souris<sup>(1)</sup> effectué sur les lots de moules et d'huîtres sont résumés dans le tableau 7. On note une seule réponse positive à la station 4 (pointe du Bile) le 8 juin avec 79,4

Date	Station 2	Station 3	Station 4
26 mai		1 morte après 4 h < 0,875 MU	
8 juin		1 morte après 1 h 30 < 0,875 MU	3 mortes en 1 mn à 1 mn 15 s 79,43 MU
29 »		—	—
8 juillet	—	1 morte après 24 h < 0,875 MU (*)	(*)
15 »	—	—	—
27 »	—	— (*)	—
30 »	— (*)	(*) Huîtres	— (*) Huîtres
5 août	—	—	—
17 »	—	—	1 morte en 25 h 0,875 MU

TABLE 7. — Test biologique, méthode AOAC : mortalités enregistrées en 1982, par essai sur 3 souris d'environ 20 g et résultats correspondants en unités-souris (MU) ; (\*) abattement et parésie du train postérieur bien marqués ; Injections faites à partir d'extraits de moules ou d'huîtres ; (—) pas de mortalité, teneur en toxine du type PSP < 0,875 MU.

TABLE 7. — Biological test, AOAC method : observed mortality in 1982, for each 3 mice test, (20 g weight) expressed in mouse units (MU) (\*) prostration and paralytic features of posterior legs ; (—) no mortality, PSP < 8.875 MU.

unités-souris soit 3 493 µg<sup>(2)</sup> de mytilotoxine par 100 g de chair de moules soit une teneur en toxine du type P.S.P. dangereuse (supérieure à la norme de 80 µg par 100 g) ; ceci n'exclut pas la présence de D.S.P. mais nous ne possédions pas la méthode analytique appropriée pour la révéler. Par ailleurs, les symptômes notés sur certains lots de souris s'apparentaient à des réactions de type paralytique et non diarrhéique.

(1) Les inoculations d'extraits de moules ont été réalisées au Laboratoire de Microbiologie de l'École Vétérinaire de Nantes.

(2) Valeur calculée pour un facteur de correction (CF) de 0,22.

En conclusion, il y a eu présence de toxine à une époque où les Dinoflagellés — et en particulier *Prorocentrum micans* — étaient abondants dans l'eau et les moules. On n'a pas enregistré d'intoxications alimentaires de mai à août 1982. La toxine mise en évidence ne s'apparente pas au D.S.P. en ce qui concerne les symptômes d'intoxications des souris.

### Conclusion.

Seules les caractéristiques phytoplanctoniques de la zone des parcs mytilicoles de la rive sud de la Vilaine ont été étudiés.

Sur le plan hydrologique, on constate :

de fortes fluctuations de la salinité et de la température peuvent s'observer, très en amont dans l'estuaire, du fait du balancement des masses d'eau par les marées et des apports irréguliers d'eaux douces lors des lâchers du barrage construit sur la Vilaine ;

une richesse en sels nutritifs, surtout en saison froide ; des taux d'oxygène dissous assez variables mais le plus souvent en sursaturation et pouvant être critiques à certaines périodes estivales (inférieurs à 60 %) ;

un gradient global de ces paramètres se faisant sentir de la rivière vers la mer et étant très atténué déjà sur la côte (stat. 3 et 4).

En ce qui concerne le phytoplancton les stations 2, 3 et 4 se ressemblant beaucoup entre-elles dans la distribution globale en Dinoflagellés, Diatomées et algues d'eau douce, et la station 1 étant très différente, en ce domaine, des trois autres, le choix de deux stations : 1 et 3 ou 4 rend compte des variations extrêmes ; la station 3, malgré tout, présente les plus grands nombres de Dinoflagellés avec également une forte diversité spécifique.

Globalement, on peut retenir une succession d'organismes phytoplanctoniques du type décrit par BRAARUD (1953) pour la période d'étude : petites Diatomées en chaînes puis Diatomées de grandes tailles et enfin Dinoflagellés.

Cette succession est due aux actions spécifiques des organismes eux-mêmes, ainsi qu'à l'influence des conditions environnantes sur le raccourcissement ou le prolongement des périodes de multiplication (MARGALEF *et al.*, 1956).

Ces facteurs hydrologiques et biotiques évoluant dans le temps nous retiendrons donc : l'influence des algues d'eau douce dominante en hiver ; l'importance marquée des Diatomées en avril-mai avec une efflorescence à *Chaetoceros* *et.*, en période estivale (surtout en juin et début août) l'apparition des Dinoflagellés dont des espèces soupçonnées toxiques.

L'étude des contenus stomacaux de moules, permet de vérifier la persistance de Dinoflagellés libres et enkystés, ce qui pose le problème de l'assimilation, par les moules, des organismes filtrés. BULEY, le seul à avoir constaté le même phénomène (1936), a interprété ceci comme une « préférence » des moules (*Mytilus californianus*) pour les Dinoflagellés. Cependant, DESGOUILLE (1969), travaillant sur les moules de rade de Toulon, trouve une corrélation étroite entre la composition floristique dans l'eau et dans les contenus stomacaux.

En ce qui concerne les données toxicologiques portant sur la zone étudiée, l'ensemble des « tests-souris » réalisés de juin à août se réfèrent au test A.O.A.C. pour la mise en évidence de la mytilotoxine, et non au test récent relatif au DSP (YASUMOTO *et al.*, 1980). Ces tests se sont révélés positifs début juin, seulement dans la station 4 (pointe du Bile). Les contenus stomacaux des moules des stations 3 et 4 présentaient de même qu'en 1978 et 1981 une forte concentration en *Prorocentrum micans*, accompagné de kystes de Dinoflagellés.

La responsabilité de *P. micans* dans des intoxications du type DSP a souvent été mise en cause (PINTO et SILVA, 1956 ; KAT, 1979 ; DUNNE et PARKER, 1981) des expériences récentes ne confirmeraient pas en laboratoire la nocivité de cet organisme. Une autre possibilité concernerait la relation entre les intoxications et les kystes non déterminés de Dinoflagellés soupçonnés d'appartenir aux genres *Scrippsiella* et *Gonyaulax*. Des études ultérieures devraient permettre d'approfondir cette hypothèse et de préciser la fréquence d'apparition du genre *Dinophysis*.

## BIBLIOGRAPHIE

- A.O.A.C., 1965. — Official Methods of Analysis, Tenth ed. — *in* Biological Method. 18 : 282-284.
- AVARIA (S.P.), 1979. — Red tides off the coast of Chile. Toxic Dinoflagellate Blooms. — Taylor/Seliger ed., Elsevier North Holland Inc. : 161-164.
- AYRES (P.A.) et CULLUM (M.), 1978. — Paralytic shellfish poisoning. — *Fish. Res. Techn. Rep.*, n° 40.
- AYRES (P.A.), SEATON (D.D.), et TETT (P.B.), 1982. — Plankton blooms of economic importance to fisheries in U.K. waters 1968-1982. ICES, CM/L : 38.
- BAYNE (B.L.), 1971. — Temperature acclimation of *Mytilus edulis* with reference to its energy budget. *J. mar. biol. Assoc. U.K.*, **51** (4) : 827-893.
- BOUGIS (P.), 1974. — Ecologie du plancton marin. Tome I : Le phytoplancton. — Paris : Masson.
- BOURRELLY (P.), 1972. — Les algues d'eau douce : initiation à la systématique. Tome I : Les algues vertes. 2° éd. — Paris : éd. Boublée et Cie.
- BRAARUD (T.), GAARDER, RINGDAL (K.) et GRONTVED (Y.), 1953. — The phytoplankton of the Northern sea and adjacent waters in 1948. — *Rapp. Cons. Explor. mer.*, **133** : 1-87.
- BULEY (H.M.), 1936. — Consumption of Diatoms and Dinoflagellates by mussel. — *Bull. Scripps Inst. oceanogr.*, **4** (1) : 19-27.
- CUPP (E.E.), 1977. — Marine plankton diatoms of the west coast of North America. — Otto Koeltz Science Publishers, 2° ed.
- DAJOZ (R.), 1978. — Précis d'Ecologie. — 3° ed. Paris. Gauthier-Villars.
- DESGOUILLE (A.), 1969. — Les moules du Lazaret (rade de Toulon). II : La reproduction des moules d'après les larves recueillies dans le plancton. III : Le plancton dans la nutrition des moules. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 185 : 1-15.
- DREBES (G.), 1974. — Marines phytoplankton : Eine Auswahl der Helgoländer Planktonalgen (Diatomeen. Peridineen). — Stuttgart : ed. Georg Thieme Verlag.
- DUNNE (T.) et PARKER (M.M.), 1981. — A survey for Paralytic shellfish Toxin in Irish waters, with observations on algal blooms during summer 1980. — ICES, CM/L : 36.
- FOX (D.L.), 1936. — The habitat and food of the California sea mussel. — *Bull. Scripps Inst. oceanogr.*, **4** : 1-64.
- FRONTIER (S.), 1981. — Méthode statistique : application à la biologie, à la médecine et l'écologie. — Paris : Masson.
- GERMAIN (H.), 1981. — Flore des Diatomées, Diatomophycées, eaux douces et saumâtres. — Paris, Société Nouvelle des Ed. Boublée, 1981.
- HALSTEAD (B.W.), 1965. — Poisonous and venomous marine animals of the world (1) US Government Printing office Washington, DC, 994 p.
- HENDEY (N.I.), 1964. — An introductory account of the smaller algae of british coastal waters — V : Bacillariophyceae (Diatoms). — Her Majesty's station. off., in : *Fish Invest. ser. IV*.
- IVANOFF (A.), 1972. — Introduction à l'océanographie : propriétés physiques et chimiques des eaux de mer. — Tome I, Paris : Lib. Vuibert.
- KAT (M.), 1979. — The occurrence of *Prorocentrum* species and coincidental gastrointestinal illness of mussel consumers. Toxic Dinoflagellate blooms. — Taylor, Seliger Ed. Elsevier North Holland.
- 1982 a. — The sequence of the principal phytoplankton blooms in the Dutch coastal area (1973-1981). — ICES, CM/L : 22.
- 1982 b. — Diarrhetic mussel poisoning in the Netherlands related to the occurrence of *Dinophysis acuminata*, september-october, 1981. — ICES, CM 1982/E : 24.
- 1983. — *Dinophysis acuminata* blooms in the Dutch coastal area related to diarrhetic mussel poisoning in the Dutch Waddensea. — *Sarsia*, **68** : 81-84.
- LEBOUR (M.V.), 1925. — The Dinoflagellates of Northern seas. — Plymouth, *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*
- LUBET (P.), 1973. — Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis*. — Synopsis FAO sur les Pêche, n° 88.
- MARGALEF (R.), DURAN (M.), DAIZ (F.) et LOPEZ-BENITO (M.), 1956. — El phytoplancton de la ria de Vigo de abril 1954 a junio 1955. — *Invest. pesquera*, **4** : 4.
- MARTEIL (L.), 1956. — Etudes des courants du littoral sud de la Bretagne. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **20** (3) p. 60-62.
- 1976. — La conchyliculture française 2° partie : Biologie de l'huître et de la moule. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **40** (2).

- MURATA (M.), SHIMATANI (M.), SUGITANI (H.), OSHIMA (Y.) et YASUMOTO (T.), 1982. -- Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the Diarrhetic Shellfish Poisoning. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **48** (4) : 549-552.
- PACKARD (T.T.), BLASCO (D.), MAC ISAAC (J.J.) et DUGDAL (R.C.), 1971. Variations of nitrate reductase activity in marine phytoplankton. — *Invest. pesquera*, **35** : 209-220.
- PARSONS (T.R.), STEPHENS (K.) et STRICKLAND (J.D.R.), 1971. — On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. — *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **18** : 1001-1016.
- PINTO (J.S.) et SILVA (E.S.), 1956. — The toxicity of *Cardium edule* and its possible relation to the dinoflagellate *Prorocentrum micans*. *Notas. Estud. Inst. Biol. Mar.*, n° 12.
- PRAKASH (A.), MEDCOF (J.C.), TENNANT (A.D.), 1971. — Paralytic Shellfish poisoning in eastern Canada. — *Fish. Res. Bd. Canada*, Bull., 177, 88 p.
- SCHILLER (J.), 1933 et 1937. — Dinoflagellata (Peridinideae) in Monographischer De handlung. Leipzig : Akademische verlagsgesellschaft M.B.H., tome I : 1933, tome II : 1937.
- SOURNIA (A.), 1978. — Phytoplankton manuel ; Monographers on oceanographic methodology, 6. — UNESCO, 1978.
- STRICKLAND (J.D.H.), HOLM-HANSEN (O.), EPPLEY (R.W.) et LINN (R.Y.), 1969. — The use of deep Tank in plankton ecology. — I : Studies of the growth and composition of phytoplankton crops at low nutrient levels. — *Limnol. Oceanogr.*, **14** : 23-34.
- THRONDSSEN (J.), 1978. — Preservation and storage in phytoplankton manuel. — UNESCO, 1978.
- UTERMÖHL (H.), 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik, Mitt in ver. theor. ange w. Limnol, **9** (1) : 1-38, in Phytoplankton manuel. — UNESCO, 1978.
- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.) et YAMAGUCHI (M.), 1978. — Occurrence of a new type of Shellfish poisoning in the Tohoku District. — *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **44** (11) : 1249-1255.
- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), SUGAWARA (W.), FUKUYO (Y.), OGURI (H.), IGARASHI (T.) et FUJITA (N.), 1980. — Identification of *Dinophysis fortii* as a causative organis of diarrhetic shellfish poisoning. — *Bull Jap. Soc Sci. Fish.*, **46** (11) : 1405-1411.