

D. 193



INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
DES PECHES MARITIMES  
-----

S T A G E :

ROLE DU PHYTOPLANCTON DANS LES PERTURBATIONS  
DES ECOSYSTEMES COTIERS ET ESTUARIENS

INTERVENANTS :

- P. LASSUS
- G. PAULMIER
- C. LE BAUT

le 25 et 26 mai 1982

Nantes, le 24 août 1982

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
DES PECHES MARITIMES

---



S T A G E :

ROLE DU PHYTOPLANCTON DANS LES PERTURBATIONS  
DES ECOSYSTEMES COTIERS ET ESTUARIENS

INTERVENANTS :

P. LASSUS  
G. PAULMIER  
C. LE BAUT

le 25 et 26 mai 1982

Nantes, le 24 août 1982

ROLE DU PHYTOPLANCTON DANS LES PERTURBATIONS  
DES ECOSYSTEMES COTIERS ET ESTUARIENS

-----

<b>1ère PARTIE : LE PHYTOPLANCTON DES ZONES CONCHYLICOLES ET ESTUARIENNES - ETUDE ET GENERALITES .....</b>	<b>1</b>
<b>I.- INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>II.- TECHNIQUES D'ETUDE DU PLANCTON .....</b>	<b>2</b>
<b>1. - Méthode de collecte .....</b>	<b>3</b>
1.1. - Filet fin .....	3
1.2. - Prise d'eau directe .....	3
1.3. - Remarques .....	3
<b>2. - Fixation du plancton .....</b>	<b>4</b>
PREPARATION .....	5
<b>3. - Méthodes d'évaluation du phytoplancton .....</b>	<b>5</b>
3.1. - Numérations cellulaires .....	5
3.1.1. - Méthode d'Utermöhl .....	5
3.1.2. - Autre méthode quantitative .....	6
3.1.3. - Analyse des récoltes faites au filet .....	7
3.1.4. - Autres méthodes .....	7
3.1.4.1. - Pigments chlorophylliens .....	7
3.1.4.2. - M.E.S. et matières organiques .....	7
3.1.4.3. - Productivité primaire .....	8
3.2. - Remarques générales .....	8
<b>III. - LE PLANCTON DES EAUX CONCHYLICOLES OU LITTORALES .....</b>	<b>9</b>
<b>1. - Généralités .....</b>	<b>9</b>
1.1. - Les diatomées .....	10
1.2. - Les dinoflagellés .....	11
1.2.1. - Les dinoflagellés nus .....	11
1.2.2. - Les dinoflagellés cuirassés .....	11
1.3. - Silicoflagellés et Ebriediens .....	13
1.4. - Phytoflagellés divers .....	13
<b>IV. - ECOLOGIE DU PHYTOPLANCTON DES ZONES CONCHYLICOLES .....</b>	<b>14</b>
<b>1. - Cycle annuel .....</b>	<b>14</b>
<b>2. - Distribution des espèces - Formes responsables des poussées</b>	<b>16</b>

## 2ème PARTIE : PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES COTIERS

### I. - DESCRIPTION ET CAUSES DES PHENOMENES IMPUTABLES

AU PHYTOPLANCTON .....	18
1. - Rappel des principales perturbations observables .....	18
1.1. - Eutrophisation .....	18
1.2. - Eaux colorées .....	18
1.3. - Mortalités d'animaux marins .....	21
1.4. - Huîtres rouges .....	21
2. - Les causes connues ou supposées .....	23
2.1. - Eutrophisation .....	23
2.2. - Eaux colorées .....	23
2.2.1. - Fréquence .....	23
2.2.2. - Profondeur .....	23
2.2.3. - Espèces responsables .....	25
2.2.4. - Facteurs favorisants .....	25
2.2.5. - Fin du phénomène .....	28
2.2.6. - Les théories .....	28
2.3. - Mortalités d'animaux marins .....	32
2.3.1. - Organismes produisant une Ichthyotoxine .....	32
2.3.2. - Organismes dont la surpopulation entraîne une chute d'oxygène dissous .....	32
2.3.3. - Organismes supposés responsables de l'élabo- ration d'une ichthyotoxine .....	32
2.3.4. - Phytoplancton utilisé comme vecteur par des polluants divers .....	32
2.3.5. - Effet de la taille des particules phytoplanctoniques .....	33
2.4. - Les "huîtres rouges" .....	33

### II. - EMPOISONNEMENTS PAR LES COQUILLAGES ET PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE .....

1. - Le poison paralytique des coquillages (P.S.P.) .....	34
1.1. - Les organismes sécrétant le P.S.P. ....	35
1.2. - Relation avec l'eau rouge .....	40
2. - Symptomatologie des intoxications .....	43
3. - Détection : principe du test-souris .....	44
Données méthodologiques .....	46
4. - La ciguatoxine .....	47
5. - Le poison diarrhétique : D.S.P. ....	47

III. - PREVENTION ET DETECTION DU RISQUE POUR LE CONSOMMATEUR ....	51
1. - Recueil des informations .....	51
2. - Procédures actuellement en place .....	52
2.1. - Détection d'intoxication par mytilitoxine .....	52
2.2. - Détection d'eaux colorées .....	53
3. - Améliorations pouvant être apportées .....	53
4. - Propositions d'une réforme du système de surveillance.....	55

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1ère partie .....	56
2ème partie .....	60

## Ière PARTIE

### LE PHYTOPLANCTON DES ZONES CONCHYLICOLES

#### ET ESTUARIENNES - ETUDE ET GENERALITES

#### I. - INTRODUCTION

— A un moment ou l'autre de leur vie, la plupart des animaux marins passent par un stade planctonophage. Les mollusques lamelibranches cultivés le sont durant toute leur vie.

Les examens de leurs contenus stomacaux montrent que ces animaux semblent avoir une prédilection pour les microorganismes phytoplanctoniques et leur abondance dans le bol alimentaire est parfois telle, qu'une coloration de ce dernier peut se développer. —

La confirmation de ces observations est donnée par les très bonnes corrélations établies entre les variations saisonnières du cycle phytoplanctonique et celles de l'abondance relative des microphytes planctoniques de contenus stomacaux d'huîtres ou encore par la concordance entre le nombre d'organismes végétaux et les teneurs correspondantes en chlorophylles totales des contenus stomacaux. Par ailleurs, un synchronisme décalé a également été observé entre l'abondance phytoplanctonique dans des estomacs de mollusques et leur engraissement.

D'autres hypothèses concernant la nutrition de mollusques, telles que huîtres et moules, ont été formulées. Elles ont été étayées par des expériences qui ont permis de mettre en évidence une certaine diversité des sources de nourriture, par exemple : des bactéries, des matières organiques dissoutes ou autres aliments fabriqués. Toutefois, dans le milieu naturel, le plancton et surtout sa phase végétale, représente vraisemblablement la part la plus importante des disponibilités alimentaires pour les microphages.

Le potentiel nutritif peut théoriquement être considéré comme un rapport de biomasses :

Biomasse phytoplancton

Biomasse zooplancton + biomasse filtreurs

Une analogie de composition a pu être observée en de nombreux cas, entre le bol alimentaire des mollusques filtreurs et le phytoplancton. Ainsi, une espèce dominante dans le milieu peut aussi l'être dans les estomacs, ce qui semblerait démontrer que la diversité spécifique du bol alimentaire est fonction de celle du milieu et dans le cas de développement localisé de phytoplancton monospécifique (par exemple eaux rouges), une seule espèce ne devrait être vue dans les contenus stomacaux. Si dans la réalité, cela peut se passer de cette manière, il a été également observé que les mollusques étaient susceptibles d'opérer un choix dans la nourriture à leur disposition. Ainsi, des microorganismes très rares et dispersés dans le milieu, peuvent être très communs dans les estomacs. Ceci revêt une certaine importance si l'on considère qu'après assimilation, certains mollusques ont le pouvoir de concentrer des substances dans leurs tissus, éventuellement des substances toxiques dans le cas où les microorganismes ingérés auraient été toxicogènes.

Si l'on ajoute à cela le rôle direct ou indirect, que joue le phytoplancton dans le développement de stades larvaires ou juvéniles de poissons et crustacés commerciaux, ainsi que son rôle en tant que producteur d'oxygène, on comprendra la nécessité de ne pas négliger son étude et on s'attachera à mieux définir l'impact de ses variations sur l'économie des mers.

Les données sur le phytoplancton pourront d'ailleurs très prochainement trouver une application directe dans le cadre de l'information généralisée des exploitations conchylicoles. Les cycles quantitatifs devront alors être bien connus, voire prédits, afin d'être utilisés et intégrés comme paramètres de base dans les modèles de gestion des entreprises.

## II. - TECHNIQUES D'ETUDE DU PLANCTON

Le terme plancton est pris ici dans son sens général, mais l'exposé de ce qui suit s'applique plus particulièrement au phytoplancton.

## 1. - Méthode de collecte

### 1.1. - Filet fin

La méthode de récolte au filet fin, a été longtemps prédominante dans les eaux conchylicoles françaises, et du reste, elle peut toujours se pratiquer à condition de la combiner avec une autre méthode dite quantitative.

Deux types de filet ont été ou sont toujours utilisés dans les zones conchylicoles :

- Un petit filet du type Leenhardt, avec un diamètre d'ouverture de 14 cm et une longueur de 50 cm, principalement pour la recherche des larves d'huîtres en eaux littorales ou estuariennes. Cet engin peut être adapté pour la récolte du phytoplancton en le montant avec de la soie comportant 200 mailles au pouce linéaire, soit un vide de maille de 60 - 70 microns.

- Un filet de même conception mais plus grand, 30 cm de diamètre à l'ouverture et de 100 cm de longueur, avec un maillage identique au précédent, pour le phytoplancton et muni au centre de l'ouverture d'un volucompteur type "Général Oceanic".

### 1.2. - Prise d'eau directe

Méthode recommandée pour les analyses quantitatives. L'échantillonnage peut se faire au moyen de bouteilles à prélèvement, par exemple les bouteilles Suber ou Van Dorn, ou par pompage.

### 1.3. - Remarques

Chacune des méthodes comporte des avantages et des inconvénients. La facilité d'emploi des filets, l'échantillonnage sur une distance relativement longue, le grand volume d'eau filtrée constituent des avantages appréciables. Les inconvénients majeurs résident dans la difficulté de connaître avec précision le volume d'eau filtré, par suite de refoulement à l'ouverture du filet, dû à la pression d'eau exercée sur la trame et au colmatage ; de permettre le passage de petites espèces à travers les mailles (nanoplancton) et perdre ainsi une partie des plus grandes par évitement en raison des phénomènes de turbulence créés par le refoulement. L'ensemble de ces inconvénients font que les méthodes de pêche au filet sont principalement utilisées pour études qualitatives.

La prise d'eau qui consiste à isoler du milieu marin un volume-échantillon bien connu, doit en principe permettre une bonne évaluation quantitative et donner une meilleure idée de la composition spécifique à un moment donné. Encore faut-il que le prélèvement puisse être fait sans qu'il y ait formation de turbulence à l'entrée du système d'échantillonnage (par exemple des tourbillons), ce qui serait susceptible de modifier sensiblement la composition spécifique. Par ailleurs, le volume d'eau recueilli est généralement réduit, et les espèces rares souvent de grande taille sont absentes des récoltes. Enfin, la méthode qui a un caractère ponctuel, est peu adaptée dans les cas de distribution spatiale planctonique hétérogène.

La pratique simultanée des deux méthodes est préconisée.

## 2. - Fixation du plancton

Le fixateur usuel est le formol neutre à 4 ou 5 %. Il permet généralement une bonne conservation et souvent de longue durée. Cependant, un certain nombre d'organismes, dont des dinoflagellés nus et beaucoup de petits phytoflagellés disparaissent ou deviennent méconnaissables dès qu'ils entrent en contact avec le fixateur. D'autres formes plus ou moins labiles se désagrègent à la longue. A cause de ces inconvénients, d'autres fixateurs ont été essayés, dont le lugol, avec plus ou moins de succès. On peut également citer un fixateur mieux adapté pour la conservation du zooplancton (couleur et pigmentation), mais qui a donné de bons résultats pour celle du phytoplancton et dont la formule et la préparation sont indiquées ci-dessous (BATTAGLIA, communication personnelle) :

- Ethylène diamine tétracétique sel dissodique (EDTA) .....	20 gr
- Butylhydroxyanisol (2ter - Butyl 4 - Methoxyphénol = BHA) .....	8 gr
- Vitamine C (Acide ascorbique) .....	1 gr
- Formol .....	2 l
- Monopropylène glycol .....	1 l
- Glycerophosphate de Na .....	200 gr
- Eau distillée q. s. p. ....	5 l

PREPARATION

- Dissoudre le BHA dans 1/2 litre de Monopropylène glycol. Dissoudre séparément EDTA dans 1/2 litre d'eau distillée. Amener à pH 7 avec du Glycerophosphate de Na (environ 90 gr).

- Dans un baril de 5 l, verser le formol. En agitant amener à pH 7 avec du Glycerophosphate de Na. Ajouter la solution d'EDTA. Mélanger puis verser la solution de BHA, le reste du Monopropylène, enfin compléter à 5 litres avec de l'eau distillée.

- Laisser en agitation une 1/2 heure. Transvaser en flacons de 125 cc, doses pour 2 litres d'eau de mer. Maintien au frais et à l'obscurité préférable.

La conservation d'échantillons fixés peut être accrue et surtout l'observation facilitée en leur adjoignant quelques gouttes de bleu de méthylène phéniqué.

3. - Méthodes d'évaluation du phytoplancton

Plusieurs méthodes ont été décrites. Elles sont directes comme les numérations cellulaires, les mesures de chlorophylles ou les mesures de matières organiques ; ou indirectes, notamment la mesure de l'oxygène dégagé par photosynthèse.

Toutes ces méthodes semblent avoir été appliquées pour les études de phytoplancton des zones conchylicoles. Les méthodes directes sont actuellement recommandées pour les analyses quantitatives sur des volumes-échantillons prélevés par bouteilles.

3.1. - Numérations cellulaires3.1.1. - Méthode d'Utermöhl

C'est aujourd'hui la plus universelle. Elle a été adaptée à l'analyse du phytoplancton par STEEMANN-NIELSEN. Elle suppose comme équipement optique un microscope inversé et son matériel accessoire, cuves à décantation avec au fond des chambres de comptage.

L'analyse se fait soit sur l'échantillon, soit sur une partie aliquote fixée (formol, lugol ou autres). Selon les auteurs, le temps de sédimentation dans les cuves à décantation est variable. Des temps de 24, 18 heures ou moins, ont été notés.

Le comptage des cellules se fait par observation du fond des chambres quadrillées où s'est fait le dépôt. Les microorganismes se présentent isolés (unités biologiques), en chaînes ou colonies (unités morphologiques).

Les inconvénients de la méthode sont principalement ceux relatifs au temps de sédimentation et à la fixation des échantillons entraînant la lyse de certains organismes nanoplanctoniques.

### 3.1.2. - Autre méthode quantitative

Elle a été mise au point pour l'observation et le comptage en microscopie normale ou droite. Par rapport à la méthode précédente, la technique diffère après l'échantillonnage.

L'échantillon d'eau de mer, dont le volume prélevé varie en fonction de la turbidité, du milieu, n'est pas mis à sédimenter, mais est filtré sur une membrane en acétate de cellulose (Sartorius ou Millipore) dont le diamètre des pores est de 0,45 microns. Le résidu de la filtration déposé sur la membrane, en théorie composé de tout le matériel particulaire en suspension, donc du phytoplancton, est lavé à l'aide d'un pinceau fin, sous un faible jet d'eau de mer et recueilli dans une fiole jaugée.

Après homogénéisation dans un volume bien déterminé, les cellules sont transférées dans une chambre de numération type Agasse-Lafont, pour un dénombrement, facilement ramené au volume initial de l'échantillon.

Pour l'examen sous microscope, on peut utiliser les combinaisons oculaires-objectifs suivantes :

- oc. 10 (12,5) x ob. 10 et pour le rapprochement des objets
- oc. 10 (12,5) x ob. 20 (16).

La critique de cette méthode n'est pas encore bien définie. On peut déjà considérer comme des avantages, une préparation rapide pour analyse, choix de matériel vivant ou fixé, donc possibilité d'une bonne évaluation du nanoplancton, rapidité d'obtention des résultats. Le rythme de travail peut être de 6 à 8 échantillons par jour avec 3 passages par échantillon. Théoriquement, les examens peuvent être entrepris aussitôt le prélèvement fait.

Les inconvénients, notamment au plan des résultats, ne pourront être précisés que par comparaison avec une autre méthode (par exemple Utermöhl). Toutefois, une possibilité de détérioration des microorganismes fragiles existe, soit lors de leur récupération sur la membrane, soit sous l'effet de la succion induite par l'aspiration de l'eau.

### 3.1.3. - Analyse des récoltes faites au filet

Dans les récoltes faites au filet, les volumes de plancton recueillis dans lesquels phytoplancton et parfois zooplancton abondent, sont tels que des techniques d'évaluation comme la méthode d'Utermöhl, ne sont plus appropriées.

Des procédés d'analyses adaptés de la méthode hématimétrique de HENSEN, ont été utilisés pour les comptages de larves planctoniques de lamellibranches et étendus à tout le plancton. Ces méthodes ont déjà fait l'objet de critiques dans des publications antérieures.

L'emploi des chambres de comptage Agasse-Lafont peut s'avérer très pratique pour l'estimation numérique du plancton récolté au filet si des dilutions convenables ont été effectuées auparavant.

### 3.1.4. - Autres méthodes

#### 3.1.4.1. - Pigments chlorophylliens

Aujourd'hui, l'emploi du fluorimètre pour le dosage des pigments chlorophylliens et l'application des formules de LORENZEN, sont les techniques les plus répandues. Toutefois, on peut toujours effectuer les dosages des pigments à l'aide d'un spectrophotomètre. La description détaillée de la méthode est donnée dans les ouvrages de STRICKLAND et PARSONS.

#### 3.1.4.2. - M.E.S. et matières organiques

Le principe de la méthode est basé sur des différences pondérales et sur la destruction de la matière organique par incinération. En raison du caractère simple de la méthode, le niveau de précision est très moyen. De plus amples informations seront obtenues en consultant LAGARDE (1968).

Des dénombrements des matières en suspension peuvent aussi être effectués à l'aide de compteurs dimensionnels de particules ou de Counter-coulter.

### 3.1.4.3. - Productivité primaire

Notée ici pour mémoire, l'évaluation de la productivité primaire peut se faire également par la méthode au carbone 14.

### 3.2. - Remarques générales

Il semble préférable d'effectuer simultanément des prélèvements au filet et à l'aide d'une bouteille. L'emploi des deux techniques permet d'améliorer les résultats qualitatifs et de plus, donne la possibilité d'estimer quantitativement les espèces rares ou de grande taille. Les données obtenues ne sont pas sans intérêt car on peut considérer qu'un organisme végétal microplanctonique sera plus productif en matières organiques et pigments chlorophylliens qu'un organisme nannoplanctonique. Par conséquent, à une poussée d'espèces nannoplanctoniques dans un milieu quelconque, ne correspondra pas forcément un pic significatif de chlorophylles. Par ailleurs, dans la mesure où elles seront assimilables des espèces microplanctoniques, voire macroplanctoniques, même en nombre réduit, ne seront pas moins importantes pour des mollusques planctonophages, qu'un grand nombre d'espèces nannoplanctoniques. Il s'ensuit que, pour corréler des données quantitatives en nombre d'individus et en terme de chlorophylles, par exemple, il sera souhaitable de tenir compte du critère dimensionnel.

L'intégration de ce critère dans les modèles de calcul appliqués à la production phytoplanctonique, ne pourra qu'améliorer les résultats. Les notions de biomasse totale de population (volume total), de volume cellulaire ou de plasma, apparaissent de plus en plus souvent dans ce genre d'étude.

Le diamètre moyen des cellules ( $\bar{D}$ ) d'une population (au sens large du terme) échantillonnée, peut être calculé par la formule suivante :

$$\bar{D} = \frac{\sum d_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

ou  $d_i$  = diamètre des cellules de chaque espèce

$n_i$  = nombre de cellules de chaque espèce

Les dimensions mesurables sont le diamètre des cellules, l'axe apical, le diamètre à la ceinture (pour les dinoflagellés), l'axe transapical.

Le volume peut être évalué par  $\bar{V} = \frac{v}{N}$  où  $v$  est le volume cumulé des cellules et  $N$  le nombre de cellules dans l'échantillon. Le volume de la population totale ou biomasse, peut s'exprimer de la façon suivante :

$$\sum_{i=1}^m V = (v_1) (N_1) + (v_2) (N_2) + (v_3) (N_3) + \dots + (v_n) (N_n)$$

avec  $V$  = volume total des cellules

$m$  = nombre d'espèces trouvées

$i$  = représente l'espèce  $i = 1, 2, m,$

$v_i$  = volume moyen cellulaire

$N_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$

Le volume de plasma, introduit par SMAYDA (1965),

$$PV = (\text{surface aire, } \mu\text{m}^2) (\text{cyt. lay., } 1-2\mu\text{m}) + (0,10) (V_{\text{tot. cell.}} \mu\text{m}^3)$$

où  $V_p = S.e + 0,10.V$

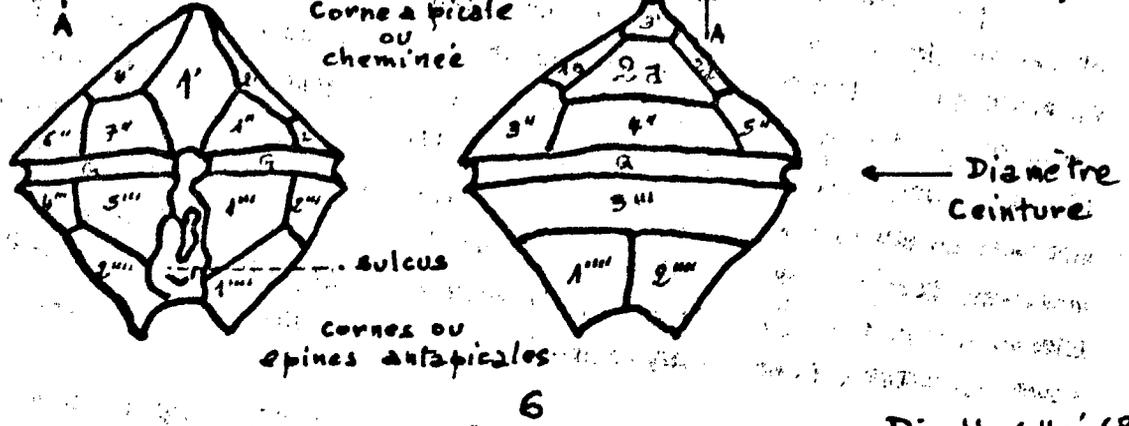
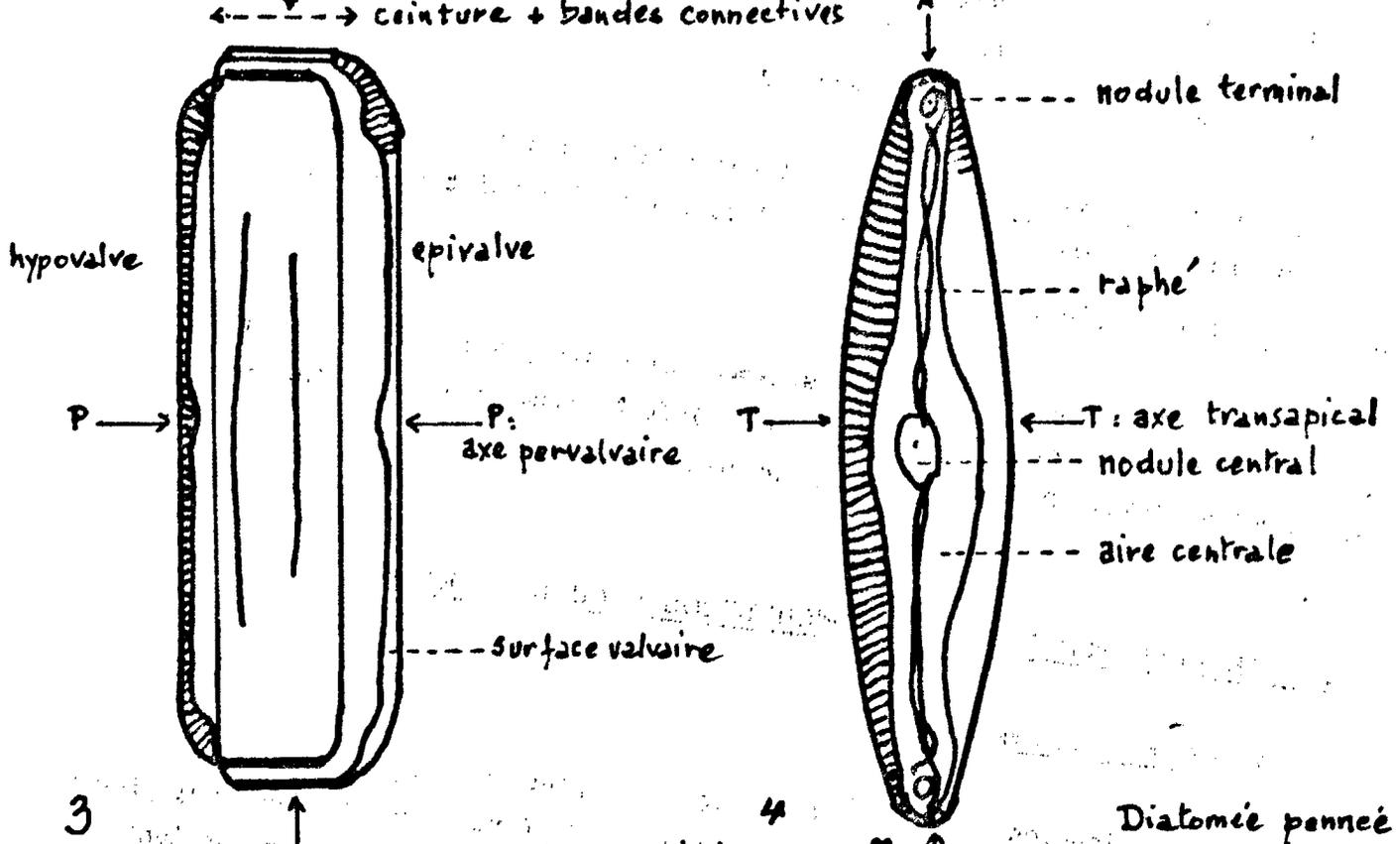
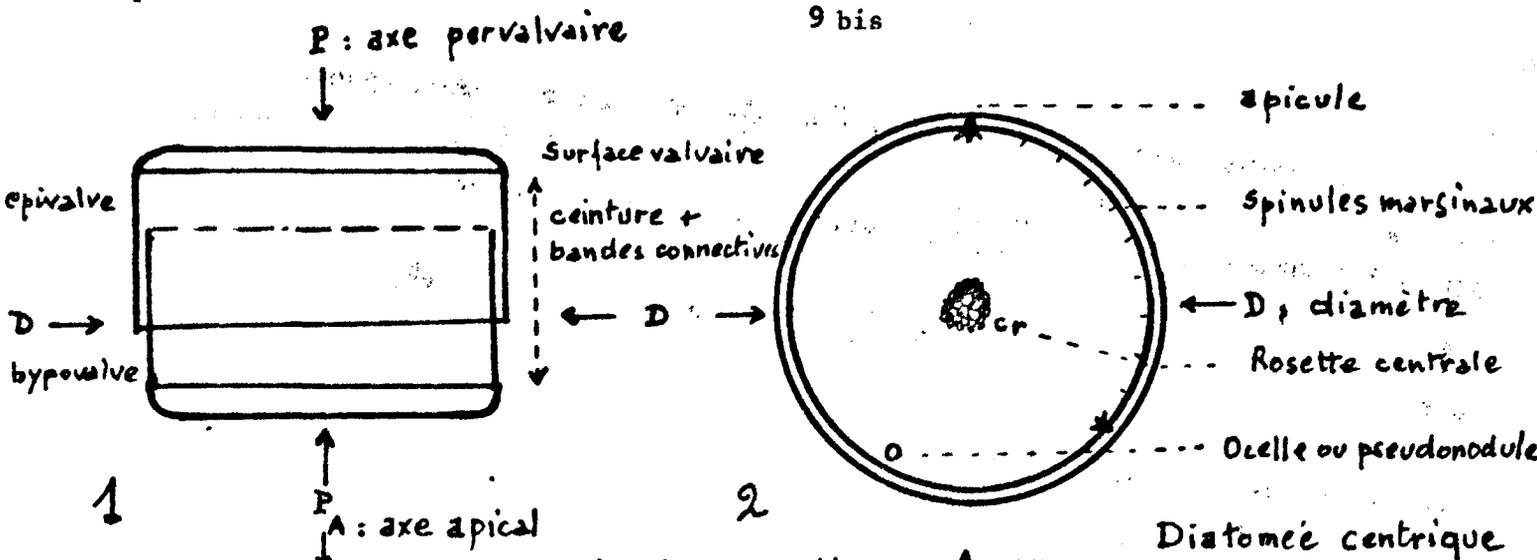
où  $V_p$  est le volume plasmique,  $S$  la surface cellulaire,  $V$  le volume cellulaire et  $e$  l'épaisseur du cytoplasme pariétal évaluée à 1-2 $\mu\text{m}$  en fonction du rapport  $S/V$  (BOUGIS, 1974). 0,10 est une valeur arbitraire.

### III. LE PLANCTON DES EAUX CONCHYLICOLES OU LITTORALES

#### 1. - Généralités

Le plancton des eaux conchylicoles ou plus généralement littorales et estuariennes, est d'une très grande richesse de formes. Des espèces pélagiques ou benthiques, d'eaux marines ou saumâtres, voire dulçaquicoles, s'y côtoient fréquemment. La grande variété et l'abondance d'espèces planctoniques de ces biotopes sont attestées par le nombre de listes et de catalogues qui ont été dressés un peu partout dans le monde. Différents ouvrages descriptifs de base pourront être utilement consultés : VAN HEURCK (1899), PERAGALLO (1897-1908), LEBOUR (1925-1930), BOURRELY (1968), HENDEY (1964), CUPP (1977), SCHILLER (1933), BRANT & APSTEIN (1908), CLÈVE-EULER (1951-1955), GERMAIN (1981) etc.

La séparation ou la reconnaissance des principaux taxons phytoplanctoniques par une simple observation est facile et rapidement réalisée jusqu'au niveau de la famille ; soit qu'il y a présence d'un test de nature solide (diatomées), soit des flagelles logés dans les sillons (dinoflagellés) etc. (Planche I).



Dinoflagelle' (Peridinium)

1 et 3 : vues cingulaires  
 2 et 4 : vues valvaires  
 5 : vue ventrale - 6 : vue dorsale

Dans les zones conchylicoles, deux grandes classes forment l'essentiel des populations phytoplanctoniques : les diatomées et les dinoflagellés. Épisodiquement, des phytoflagellés appartenant à des classes ou familles différentes peuvent se développer abondamment et devenir temporairement dominants.

### 1.1. Les diatomées (Planche I, fig. 1 à 4)

Les diatomées ou bacillariales sont des micro-algues unicellulaires dont le corps plasmatique est entouré d'une membrane pectique imprégnée de silice, formant un test souvent très solide et résistant à de nombreux agents chimiques, dont les acides. L'ensemble est aussi appelé frustule.

Le test silicopectique se compose de deux parties qui s'emboîtent l'une dans l'autre : l'épithèque et l'hypothèque. Chaque thèque comprend une partie faciale ou valve et des parties latérales ou bandes connectives. Entre les valves et les bandes connectives, il peut exister des bandes intercalaires.

La symétrie des frustules et l'ornementation des valves sont importants à connaître pour la taxonomie. Ces deux caractères ont permis, entre autres, de séparer les diatomées en deux sous-classes, les Centriques et les Pennées. Chez les premières, les deux principaux axes sont le diamètre et l'axe pervalvaire qui lui est perpendiculaire et joint les deux points centraux des 2 valves. Le plan valvaire est généralement circulaire, parfois elliptique. L'ornementation plutôt concentrique radiaire ou irrégulière. Chez les pennées, les trois principaux axes sont, l'axe apical parallèle à la ceinture (partie intervalvaire), l'axe pervalvaire et en vue valvaire, l'axe transapical perpendiculaire à la fois à l'axe apical et à l'axe pervalvaire. L'ornementation est habituellement arrangée symétriquement de part et d'autre d'une aire longitudinale claire : le pseudoraphé ou d'une fente partageant les valves dans le plan apical : le raphé.

L'ornementation est formée d'aréoles, pores, poroïdes, pouvant former des stries ou lignes de points, avec parfois des épines, ocelles, nodules ou excroissance diverses.

Ces microvégétaux occupent pratiquement tous les niveaux littoraux et peuvent supporter des périodes d'exondation assez longues. On les trouve dans des biotopes très variés, vases, sables, en épiphytes sur des algues pluricellulaires, en pleine eau. Sur les fonds, la microflore benthique est principalement composée de diatomées pennées dont un bon nombre d'entre elles, sont capables de se mouvoir. Les frustules sont souvent fortement silicifiés. Dans les eaux sus-jacentes, on trouve les espèces pélagiques, faiblement silicifiées et en

majorité des centriques. Elles sont néritiques littorales, saisonnièrement océaniques. Enfin, tous les supports fixés, situés entre deux eaux ou flottants et sur lesquels se développe une flore diatomique caténulée, pédonculée ou gainée. Dans les aires littorales ou estuariennes, ces trois groupes peuvent être récoltés en même temps dans les pêches planctoniques.

## 1.2. Les dinoflagellés (Planche I, fig. 5 et 6)

Comme les diatomées, les dinoflagellés ou dinophycées sont des unicellulaires reconnus et classés tantôt par les zoologistes, tantôt par les botanistes. La présence de cellulose dans leur membrane périphérique les font plutôt classer chez les végétaux dans les nomenclatures les plus récentes, bien que dans certaines familles il y ait présence de caractères animalisés. Ils se distinguent assez facilement des diatomées par la possession de deux flagelles, habituellement logés dans des sillons situés dans un plan orthogonal.

En fait, on divise généralement la classe en deux groupes, les dinoflagellés nus et les dinoflagellés cuirassés, chacun contenant des formes parfois très éloignées du type.

### 1.2.1. - Les dinoflagellés nus

Le corps de ces dinoflagellés est séparé en deux parties par un sillon transversal ou ceinture, la partie supérieure apicale ou épïcône, la partie inférieure antapicale ou hypocône. La ceinture peut être équatoriale ou hélicoïdale et faire un ou plusieurs tours du corps. Le sillon longitudinal peut s'amorcer presque sous l'apex et se terminer à l'antapex. Ces dinoflagellés sont recouverts d'un périplaste inséparable du cytoplasme. Dans la plupart des cas ils disparaissent après la fixation des échantillons de plancton, si bien qu'ils ne sont que très rarement mentionnés. Les principaux genres : Amphidinium, Gymnodinium, Gyrodinium.

### 1.2.2. - Les dinoflagellés cuirassés

Le corps est protégé par une thèque épaisse, bivalve ou multiplaques. L'organisation chez les dinoflagellés à thèque bivalve, peut s'éloigner du type normal, par exemple, par l'absence de sillons visibles comme chez les Procentridés.

Mais le plus souvent, la thèque est divisée en trois parties : épithèque, cingulum et hypothèque. Le cingulum correspond au sillon transversal, en position équatoriale ou non. Le sillon longitudinal occupe généralement une position ventrale sur l'hypothèque, mais il arrive qu'il puisse se prolonger sur l'épithèque. La thèque peut être lisse ou ornée de pores, aréoles, excroissance en relief, épines, cornes creuses apicales et antapicales, lames aliformes. Chez les formes multiplaques, le nombre et la disposition des plaques ou tabulation, servent à la détermination des genres et des espèces.

C'est le cas pour la famille des péridiniales, prise ici comme exemple, où les plaques sont verticillées sur l'épi et l'hypothèque, c'est-à-dire disposées circulairement autour de l'axe central, sur un même plan horizontal. Chaque plaque, d'après l'usage en vigueur est désignée par un chiffre auquel est accolé un accent ou une lettre. La formule tabulaire classique des péridiniales peut s'établir de la façon suivante :

4', 2 - 3 a, 7'' , 5''', 2'''' , 3 - 6 g

- Sur l'épithèque, les plaques apicales (ap), dont la plaque rhomboïdale ou 1' est la plus importante sur le plan taxonomique, peuvent être au nombre de 3 - 4.

- Les plaques intermédiaires ou accessoires (a) entre 1 et 3, dont la médiane 2 a également utilisée en systématique.

- Les plaques prééquatoriales ou précingulaires (pr), notées 1'', 2 '' .... généralement au nombre de 6 - 7.

- Les plaques cingulaires nommées 1 g, 2 g, etc...

- Sur l'hypothèque, les plaques postéquatoriales (pst), 1''', 2''', ..., au nombre de 5 - 6.

- Les plaques antapicales (at), généralement 2 : 1 - 2''''.

- Enfin, des plaques accessoires postérieures (p), 1 p, 2 p....

Le sillon longitudinal est aussi constitué de plaques difficiles à voir.

Chez les péridinidés, la plaque 1' peut avoir :

- 4 côtés, elle est dite ortho (orthoperidinium)

- 5 côtés, elle est dite para

- 6 côtés, elle est dite meta.

La plaque accessoire 2a peut également avoir :

- 4 côtés, elle est alors dite tetra
- 5 côtés, elle est alors dite penta
- 6 côtés, elle est alors dite hexa.

La plupart des dinoflagellés sont pélagiques, mais certains d'entre eux sont tychopélagiques ou même pour beaucoup d'espèces nues, benthiques épipsammiques.

Les principaux genres à thèque cuirassée rencontrés dans nos eaux appartiennent au Dinophysiales et aux Peridiniales : Dinophysis, Peridinium, Gonyaulax, Ceratium.

### 1.3. - Silicoflagellés et Ebriediens

Il s'agit de petits flagellés autotrophes comme les silicoflagellés ou holozoiques comme les ebriediens. Chaque famille est représentée par deux espèces.

Le corps de ces flagellés est soutenu par un "squelette" de nature siliceuse. Chez les silicoflagellés la structure est creuse et arrangée assez régulièrement. Chez les ebriediens, le squelette est constitué de baguettes siliceuses pleines.

A part l'espèce Dictyocha speculum bien représentée partout et parfois très abondante, les autres formes sont moins communes, sauf peut être Hermesinum en Méditerranée.

### 1.4. - Phytoflagellés divers

Sous ce vocable on comprend des organismes végétaux de très petite taille et qui pratiquement, appartiennent tous au nannoplancton quand ils sont pélagiques. Ils sont classés dans de nombreuses familles regroupées dans les chlorophycées, les Xanthophycées, les Cryptophycées, les Chrysophycées et les Euglenophycées (voir BUTCHER, 1959, 1961, 1967).

#### IV - ECOLOGIE DU PHYTOPLANCTON DES ZONES CONCHYLICOLES

##### 1. - Cycle annuel

Le développement du phytoplancton d'un secteur quelconque, dépend des conditions climatiques générales et microclimatiques locales. D'autres facteurs d'ordre physicochimique ou hydrographique, eux-mêmes soumis directement mais dans une plus ou moins large mesure aux variations climatiques, interviennent également sur le développement du phytoplancton. En fait, les facteurs influents sont très nombreux et interfèrent souvent les uns avec les autres, aussi est-il toujours difficile d'évaluer leur part respective. On peut cependant considérer des variables telles que ensoleillement, turbulence, température, salinité, nutriments, et certains oligo-éléments comme ayant une action prépondérante sur l'évolution et la distribution du phytoplancton d'un secteur donné.

En milieu littoral ou estuarien, l'enrichissement presque continu mais quantitativement irrégulier des eaux en sels nutritifs ou autres oligo-éléments, font que ces facteurs sont rarement limitatifs.

Il arrive par ailleurs que les conditions climatiques ne soient pas répétitives d'une année à l'autre, ce qui par voie de conséquence entraîne des variations équivalentes des autres facteurs, en raison de leur dépendance, avec des prolongements jusqu'au niveau du plancton. Ceci fait qu'il est nécessaire d'avoir une longue série statistique d'observations pour sortir un cycle annuel phytoplanctonique proche de la normale.

On dispose aujourd'hui de nombreuses données, résultats de travaux effectués dans les eaux littorales françaises en Manche comme sur les côtes atlantiques. Toutefois, ceux qui concernent des observations réalisées sur de longues périodes, sont relativement peu nombreux.

Des données sur le développement du phytoplancton toutes espèces comprises, à partir d'échantillons prélevés au filet (PAULMIER, 1972), analysés selon des techniques précédemment décrites, ont pu être obtenues pour une rive de la côte sud de Bretagne, sur une période de 8 années. Il semblerait que cet exemple puisse être étendu à d'autres secteurs de nos côtes.

D'une manière générale, les principales étapes du cycle annuel phyto-planctonique, correspondent aux rythmes saisonniers. La saison hivernale peut être prise comme point de départ. A ce moment, le phytoplancton est dans une phase pauvre, espèces et individus sont relativement peu nombreux. D'autre part, phyto-plancton et zooplancton apparaissent en état d'équilibre, la production végétale compensant à peine le broutage. Durant cette saison, les eaux s'enrichissent en éléments nutritifs soit par apports fluviaux, soit par minéralisation de débris organiques d'origines diverses.

Dès le début du printemps on peut assister à une augmentation significative du phytoplancton, d'abord par un accroissement du nombre des espèces comme des individus. Les fortes teneurs en sels nutritifs (azotés, phosphorés, etc) à cette époque, ainsi que l'accroissement des températures et celui concomitant des salinités, l'ensoleillement progressif, créent une situation favorable pour induire ce développement phytoplanctonique. Il se continue ensuite durant tout le printemps jusqu'à atteindre le maximum annuel mais avec quelques espèces, parfois une ou deux, dotées d'un taux de multiplication élevé.

En été la production phytoplanctonique regresse, soit parce que le milieu est en partie épuisé, soit parce que le développement consécutif du zooplancton herbivore arrive à son point culminant et contrôle la production végétale, soit dû à l'état physiologique des espèces dominantes de la phase précédente. Il existe aussi d'autres causes plus ou moins bien définies. Néanmoins, les conditions estivales sont favorables pour entretenir un métabolisme actif. En plus des herbivores, apparaissent des prédateurs et des détritivores de toutes sortes dont finalement l'action aboutit à la régénération partielle des éléments nutritifs.

On constate donc en automne une nouvelle poussée de la microflore planctonique qui utilise pour son développement le matériel remis en circuit, à un moment où les conditions générales du milieu sont redevenues favorables. Cette poussée, la seconde de l'année en importance mais de courte durée, se fait avec des espèces différentes de celles du printemps et a également un caractère moins paucispécifique. Le phytoplancton regresse dans le courant de l'automne pour tomber à son niveau le plus bas durant l'hiver suivant.

Si l'on sépare les cycles respectifs des bacillariales et des dinophycées, on se rend compte que les phases de croissance et de décroissance se correspondent à peu près, avec toutefois une allure platykurtique des courbes au niveau des maxima pour les dinoflagellés. Ces derniers sont presque toujours numériquement moins abondants que les diatomées et le rapport annuel diatomées/dinoflagellés toujours en leur défaveur.

Il s'agit bien sûr d'un schéma général qui peut s'appliquer comme il a été dit, à divers secteurs conchylicoles. Des variantes existent, notamment pour des régions de la côte nord de Bretagne, où des cycles à un seul pic annuel en juin-juillet, ont été mis en évidence (voir Manuel de la Conchyliculture,

Par ailleurs, l'analyse en détail du cycle phytoplanctonique d'une année quelconque, montre qu'il s'éloigne plus ou moins du cycle normal moyen. Son apparencé en dents de scie, est le résultat de poussées successives induites par des conditions particulières du milieu. Dans le cadre de l'exemple pris ci-dessus, il a été observé en 1963 une forte poussée en février, due au développement de l'espèce Biddulphia aurita, ou en février 1965 une poussée due à l'espèce Skeletonema costatum. Cependant, quel que soit l'allure des courbes, les pics printanier et automnal sont toujours les mieux individualisés.

Des explications sur l'analyse écologique des poussées phytoplanctoniques (bloom en anglais) et sur leur déterminisme sont données par BOUGIS, 1974.

## 2.- Distribution des espèces - Formes responsables des poussées

Des indices de diversité et la théorie des successions des populations phytoplanctoniques ont été utilisés pour l'étude de leur distribution spatio-temporelle. Leur intérêt a été de pouvoir mettre en évidence des changements profonds dans la composition spécifique des populations, indépendamment des effets dus aux variations saisonnières. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces études ici, mais nous soulignerons les principales espèces des pics printanier et automnal qui, du point de vue pratique, correspondent aux périodes de croissance ou d'engraissement des mollusques d'élevage.

On peut citer les diatomées suivantes comme responsables des grandes poussées :

au printemps : les espèces du groupe "Nitzschia seriata"

Rhizosolenia shrubsolei, R. setigera, R. delicatula

Rhizosolenia fragilissima, Leptocylindrus danicus

Chaetoceros curvisetus, Ch. didymus

en automne : Coscinodiscus eccentricus, C. asteromphalus

Coscinodiscus giganteus, C. centralis

Rhizosolenia setigera, Biddulphia sinensis

Chaetoceros lauderi, Ch. eibenii, Ch. densus, Ch. socialis et plus rarement Cerataulina pelagica et Skeletonema costatum, cette dernière étant plutôt une espèce de la phase de transition entre l'hiver et le printemps.

Durant ces deux saisons, les dinophycées n'atteignent jamais des concentrations aussi élevées que celles des diatomées, cependant leur abondance est aussi maximale durant ces deux périodes et ils doivent, probablement représenter une masse volumique non négligeable. Les espèces dominantes pour l'ensemble des deux saisons, sont les suivantes :

Ceratium fusus, C. furca

Protoperidinium ovatum, P. mite, P. pellucidum, P. depressum

Protoperidinium trochoideum (ou Scrippsiella faeroense)

Noctiluca scintillans, Diplopeltopsis minor

on peut leur adjoindre le silicoflagellé Dictyocha speculum.

La présence d'espèces benthiques ou tychoplanctoniques dans le plancton, peut être considéré comme une particularité des milieux littoraux et estuariens. Elles sont mises et maintenues en suspension par les turbulences engendrées par les courants, notamment les courants de marée, et le ressac. L'effet pratique est de mettre ces espèces plus facilement à la portée des mollusques filtreurs et ainsi d'accroître le potentiel nutritif du milieu pélagique.

IIème PARTIE

PERTURBATIONS DES ECOSYSTEMES COTIERS

I - DESCRIPTION ET CAUSES DES PHENOMENES IMPUTABLES AU PHYTOPLANCTON

1. - Rappel des principales perturbations observables

1.1. - Eutrophisation

Phénomène plus souvent décrit en milieu d'eau douce à faible circulation d'eau (étangs, lacs, rivières) mais existant également en milieu marin (étangs côtiers, baies, bassins portuaires). Extérieurement les eaux sont parfois colorées (vert, brun, bleu vert), toujours très chargées en organismes végétaux unicellulaires. Des mousses nauséabondes ou des dégagements d'hydrogène sulfuré peuvent accompagner le processus. Dans les étangs languedociens on lui donne le nom de "Malaigue".

1.2. - Eaux colorées

Plus connu sous le nom d'"eaux rouges" ces phénomènes présentent en fait des colorations superficielles de l'eau allant du jaune ocre au rouge "minium" en passant par tous les tons de brun "rouille". Les zones fermées, les estuaires, mais aussi la frange côtière jusqu'à plusieurs milles, peuvent être touchées, en particulier pendant la période estivale.

Les observations réalisées depuis plus de quatre ans sur les côtes françaises permettent parfois de détecter l'organisme responsable à l'aspect général, bien qu'une confirmation par examen microscopique soit toujours nécessaire.

Ainsi des bandes rouges "minium" au large des estuaires ou en mer ouverte sont le plus souvent dues à la Noctiluque (Noctiluca scintillans), dinoflagellé hétérotrophe de grande taille (1000 à 2000 microns), fréquent en mai et juin, et inoffensif sur le plan toxique (figure 1). Quelques mortalités de poissons sur les côtes de l'Inde ne peuvent être expliquées que par une chute d'oxygène dissous corrélée à l'abondance de cet organisme en surface.

Des taches côtières jaune vert dans les régions septentrionales en mai et juin sont également assez facilement attribuables à une haptophycée : Phaeocystis pouchetii (figure 2) reconnaissable macroscopiquement aux capsules mucilagineuses de 0,8 à 1 cm qui obstruent les filets à plancton lors des pêches.

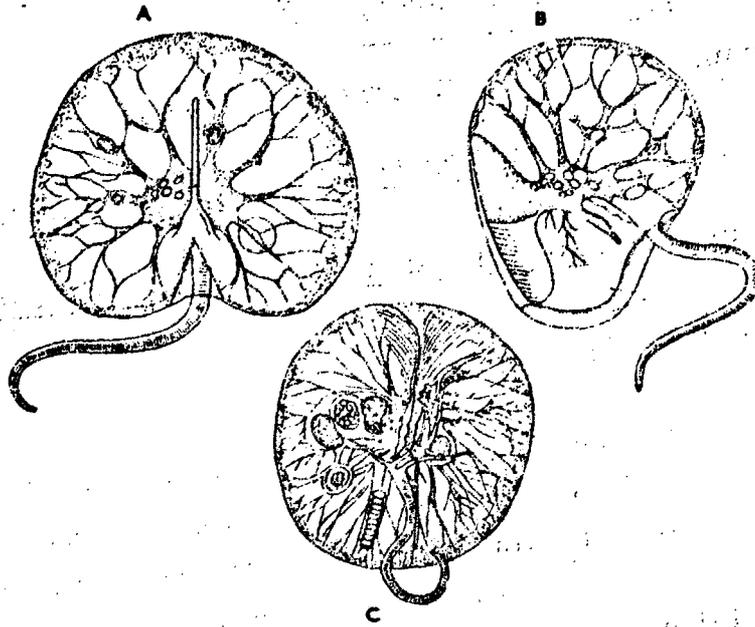
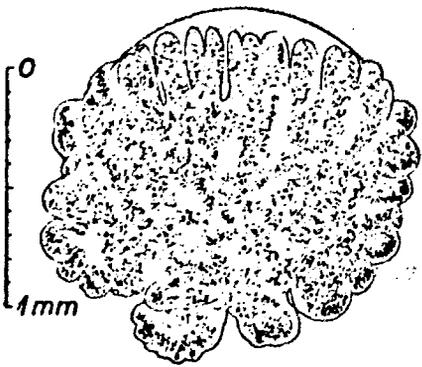
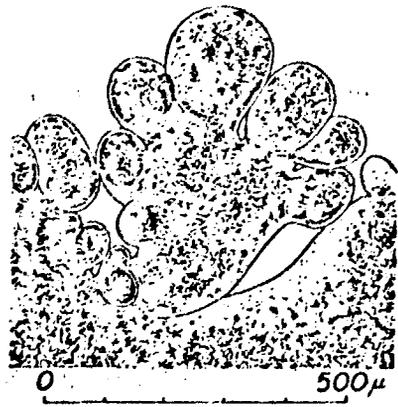
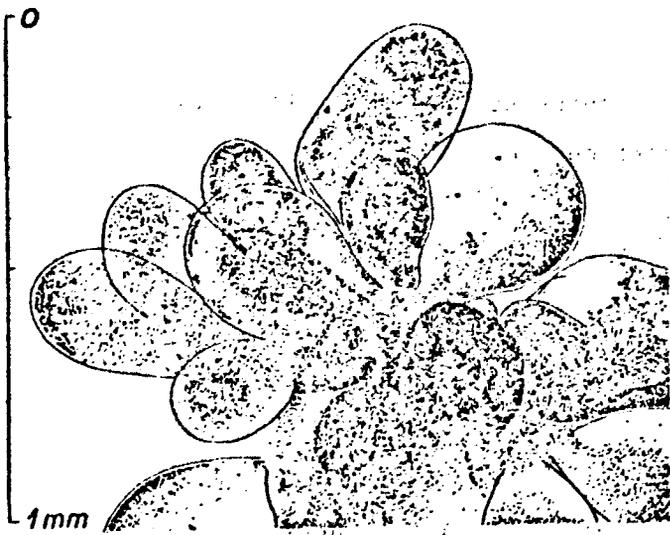
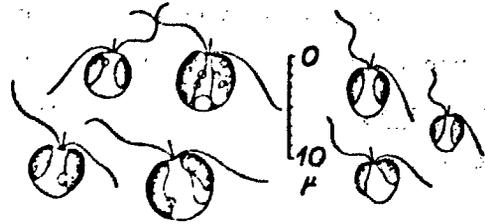


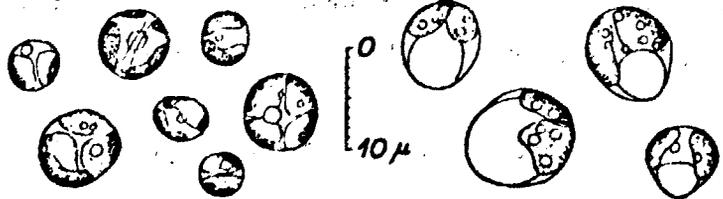
Fig. 1.- *Noctiluca scintillans* d'après ALLMAN X 95 A : vue latérale, B : vue dorsale, C : vue postéro-ventrale.



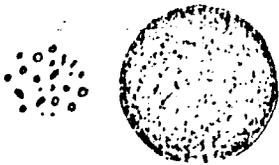
stade palmelloide



cellules nageantes



A



1

2

1 : Colonies grandeur nature

2 : Colonie en forme de boule (45/1)

d'après SCHERFFEL, 1900

B

Fig. 2.- *Phaeocystis pouchetii* (A) et *Phaeocystis globosa* (B) d'après KORNMANN et BOUGARD.

Les eaux colorées les plus intéressantes sont plutôt celles qui présentent un aspect brun rouge en zone estuarienne ou dans les baies. Il s'agit, en général, de dinoflagellés de petite taille (10 à 20 microns) dont les plus courants sont Scrippsiella faeroense, Prorocentrum micans, Heterocapsa triquetra, pour ne citer que ceux-là (figure 3). Parfois cependant, il peut également s'agir de diatomées néritiques, comme Skeletonema costatum, de cryptophycées ou de ciliés tel que Mesodinium rubrum.

Quelques cas singuliers peuvent se rencontrer, comme des eaux "blanches" rencontrées en rivière d'Auray (FAULMIER, 1977) et constituées de Ceratium fusus, ou observées récemment (1982) en mer d'Iroise et composées par un coccolithophoride.

Une cyanophycée marine : Trichodesmium erythraeum se rencontre sur les côtes ouest de l'Inde et donne aux eaux superficielles un aspect de "sciure de bois". Mais ce type de phénomène a peu de chance de se trouver sur nos côtes.

### 1.3. - Mortalités d'animaux marins

Il peut s'agir de coquillages (jeunes huîtres à Arcachon, moules sur des cantonnements en baie de Douarnenez) mais aussi de poissons, vers de vase, etc.... Ces phénomènes sont extrêmement rares en frange côtière et caractérisent plutôt des rades, golfes, marais littoraux, etc..... pendant les mois de juillet à septembre. La présence d'une eau colorée n'est <sup>pas</sup> une nécessité et la corrélation n'est pas obligatoirement évidente.

### 1.4. - Huîtres rouges

Depuis 1976 des cas d'huîtres "coulant rouge" lorsqu'on presse le tractus digestif du mollusque sont cités aussi bien en Charente-Maritime que du côté d'Arcachon ou à la vente sur le port de Sète. En dépit de l'impression désagréable produite sur le consommateur (aspect rappelant le mercurochrome) ces phénomènes n'ont jamais été accompagnés d'intoxications.

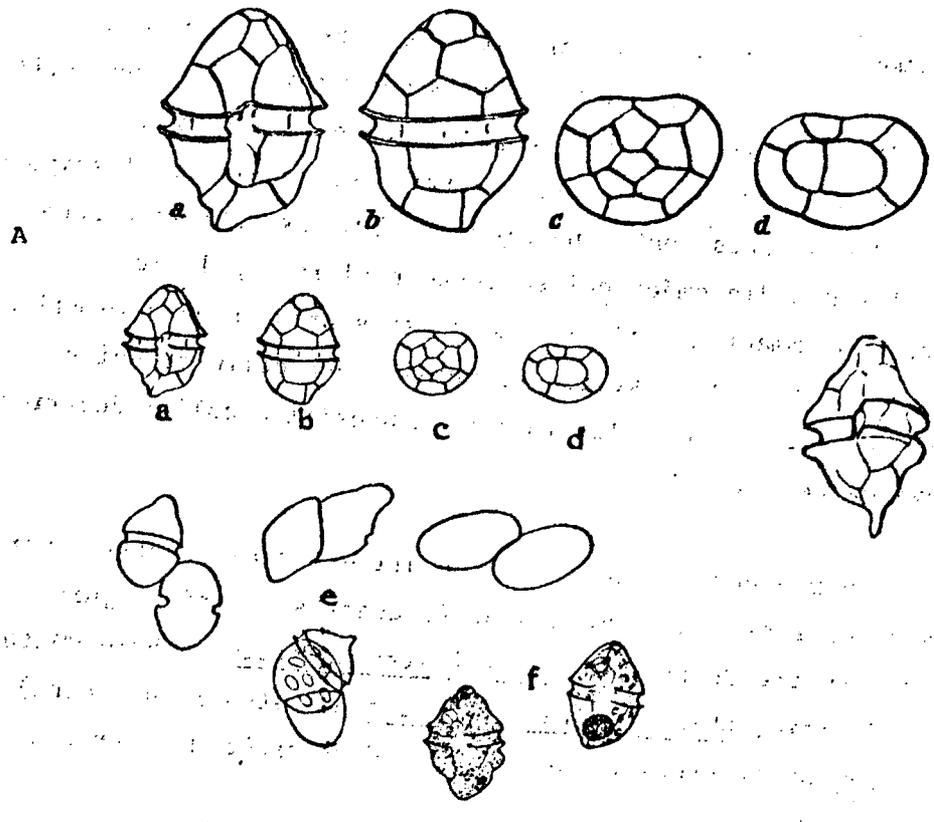


Fig. 3.- *Heterocapsa triquetra* d'après LEBOUR (A et B) et PAULSEN (C).

## 2. - Les causes connues ou supposées

### 2.1. - Eutrophisation

Par définition, il s'agit d'un enrichissement excessif en sels nutritifs des eaux côtières. L'origine de ces sels minéraux peut être naturelle (cas des "upwellings" côtiers) mais résulte le plus souvent des résidus domestiques charriés par les eaux de fleuves, de rivières, ou par les lessivages dus aux fortes pluies. Ces apports sont généralement liés aux efflorescences printanières et estivales des diatomées qui se mettent alors à pulluler de façon anarchique en consommant tout l'oxygène dissous présent dans le milieu. La fin du processus est marquée par la mortalité massive des cellules qui se dégradent sur le fond provoquant la prolifération de bactéries sulforéductrices et le dégagement d'hydrogène sulfuré.

Sans en arriver à cette dernière éventualité - rare en milieu marin semi-ouvert - des eaux colorées à diatomées sont fréquentes en mai et juin (Nitzschia seriata en estuaire de Loire, Thalassiosira subtilis en baie d'Audoubert, Chaetoceros debile au Croisic, Rhizosolenia delicatula en estuaire de Seine) (figures 4, 5, 6) et peuvent éventuellement résulter d'un excès de nitrates et phosphates dans le milieu.

### 2.2. - Eaux colorées

L'origine de ces phénomènes est essentiellement naturelle puisqu'ils sont décrits depuis l'antiquité (Livre de l'Exode). Cependant, leur recrudescence sur toutes les côtes des trois continents depuis ces dernières années ne peut seulement être attribuée à une sensibilisation accrue du public dans la mesure où les zones d'estuaires, ou d'implantations industrielles, sont les plus touchées.

#### 2.2.1.- Fréquence

Les mois d'été (juillet à septembre) constituent la période attitrée pour ces manifestations. Malgré tout, certaines eaux colorées peuvent se déclencher l'hiver (chlorophycée de janvier à juin dans l'étang de Salses-Leucate) ou en automne selon l'espèce et la latitude.

#### 2.2.2.- Profondeur

Seule la couche superficielle des eaux est touchée et la profondeur excède très rarement quatre mètres.

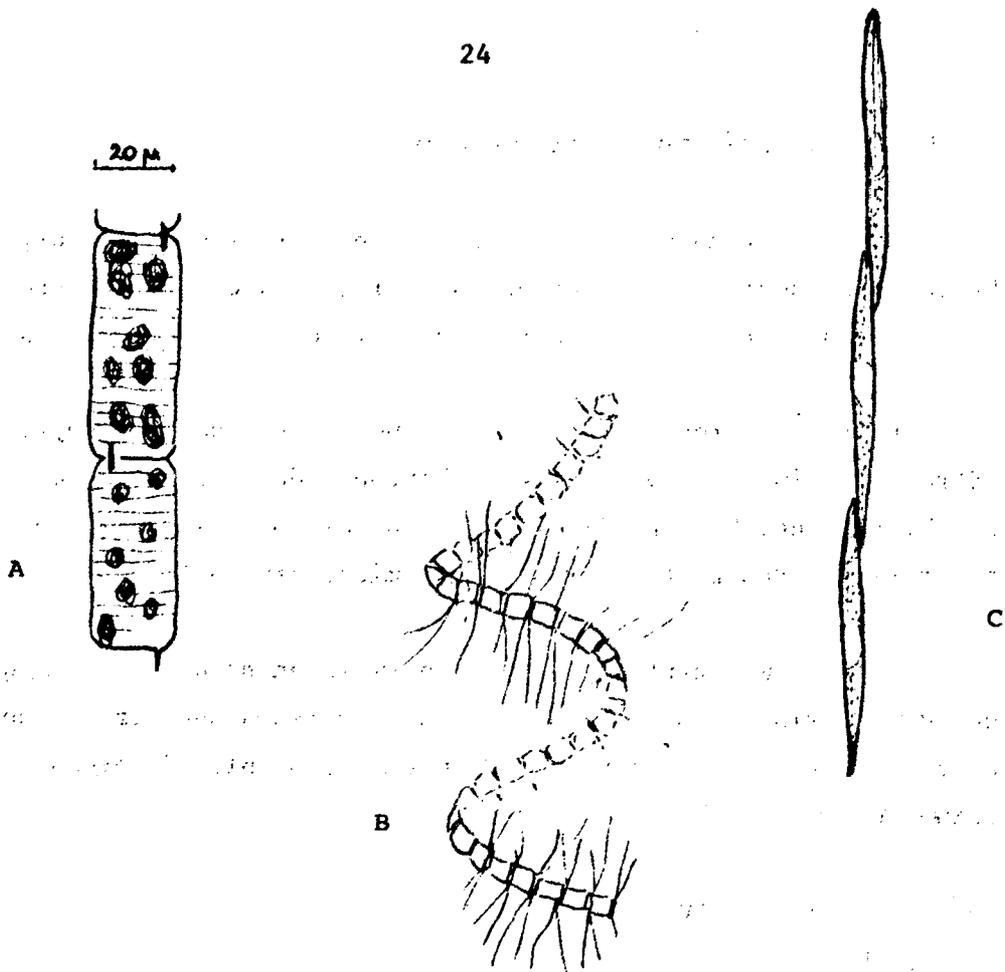


Fig. 4, 5 et 6.- *Rhizosolenia delicatula* (A), *Chaetoceros debilis* (B), *Nitzschia seriata* (C) - B : X 360 et C : X 450.

### 2.2.3.- Espèces responsables

Un très grand nombre d'espèces a pu être recensé en divers points du globe (avec néanmoins un recentrage dans les eaux colorées entre le 30° et le 60° de latitude nord) appartenant principalement à la classe des dinoflagellés.

Pourtant, presque tous les groupes constituant le phytoplancton ont pu être incriminés : cryptophycées, haptophycées, chryrophycées, cyanophycées, chlorophycées et bacillariophycées (diatomées), ainsi que des bactéries marines, des protozoaires et des micro crustacés.

Il est important de retenir dès maintenant que sur quelques milliers d'espèces de dinoflagellés existantes, seules moins d'une dizaine sont reconnues aujourd'hui ("in vivo" et "in vitro") comme susceptibles de produire une neurotoxine qualifiable de P.S.P. (\*).

### 2.2.4.- Facteurs favorisants

. Période assez prolongée de température élevée de l'eau. Il semble, sur la base des études en estuaire de Seine, qu'une élévation graduelle de la température est plus effective qu'un réchauffement brutal (figure 7),

. Desaalures des couches superficielles après des précipitations importantes (figure 8). Cette chute de salinité dans les zones côtières favoriserait sans doute certaines espèces de dinoflagellés cuirassés à préférendum saumâtre.

. Taux relativement faibles de sels nutritifs, ces derniers ayant été consommés antérieurement lors des efflorescences printanières de diatomées. De plus ce ne sont pas des facteurs limitants pour les dinoflagellés.

. Stabilité de la masse d'eau et absence de courants importants, ce qui entraîne la sédimentation des diatomées à stratégie r (rythme de division élevé) et le déplacement actif vers la surface des dinoflagellés à stratégie K (rythme de division lent), favorisés par leur phototactisme positif et leur facilité à se déplacer activement.

.../...

(\*) P.S.P. : Paralytic Shellfish Poison

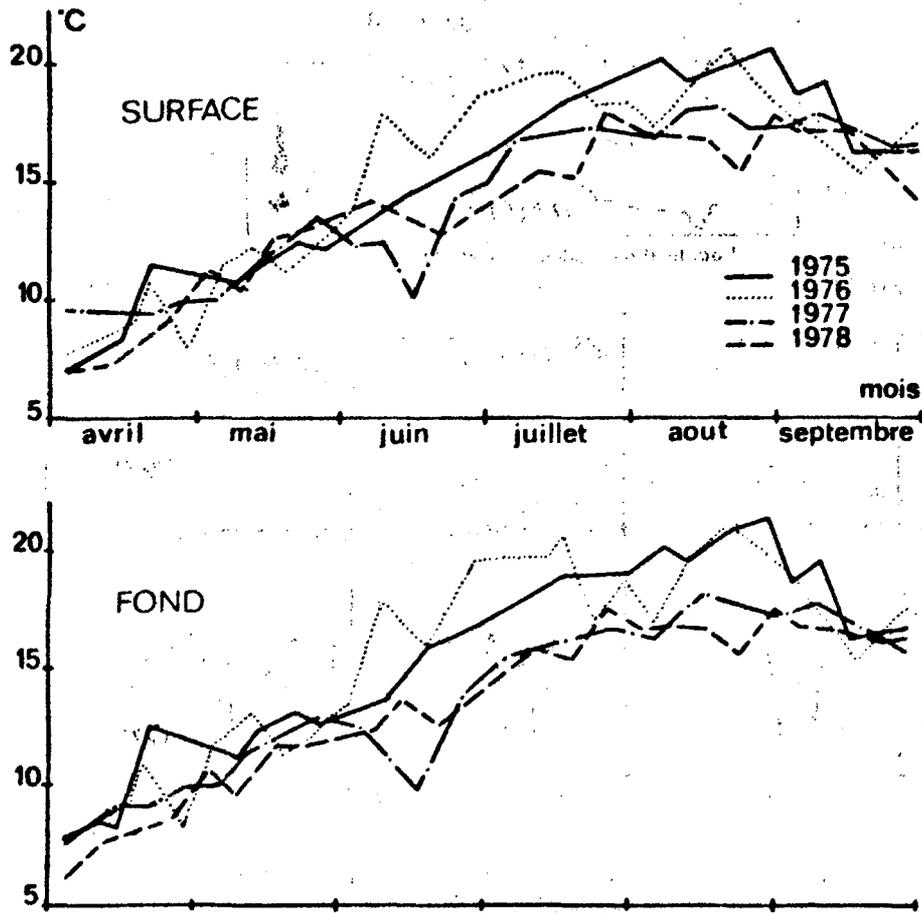


Fig. 7.- Températures moyennes des eaux de surface et de fond de l'estuaire de Seine.

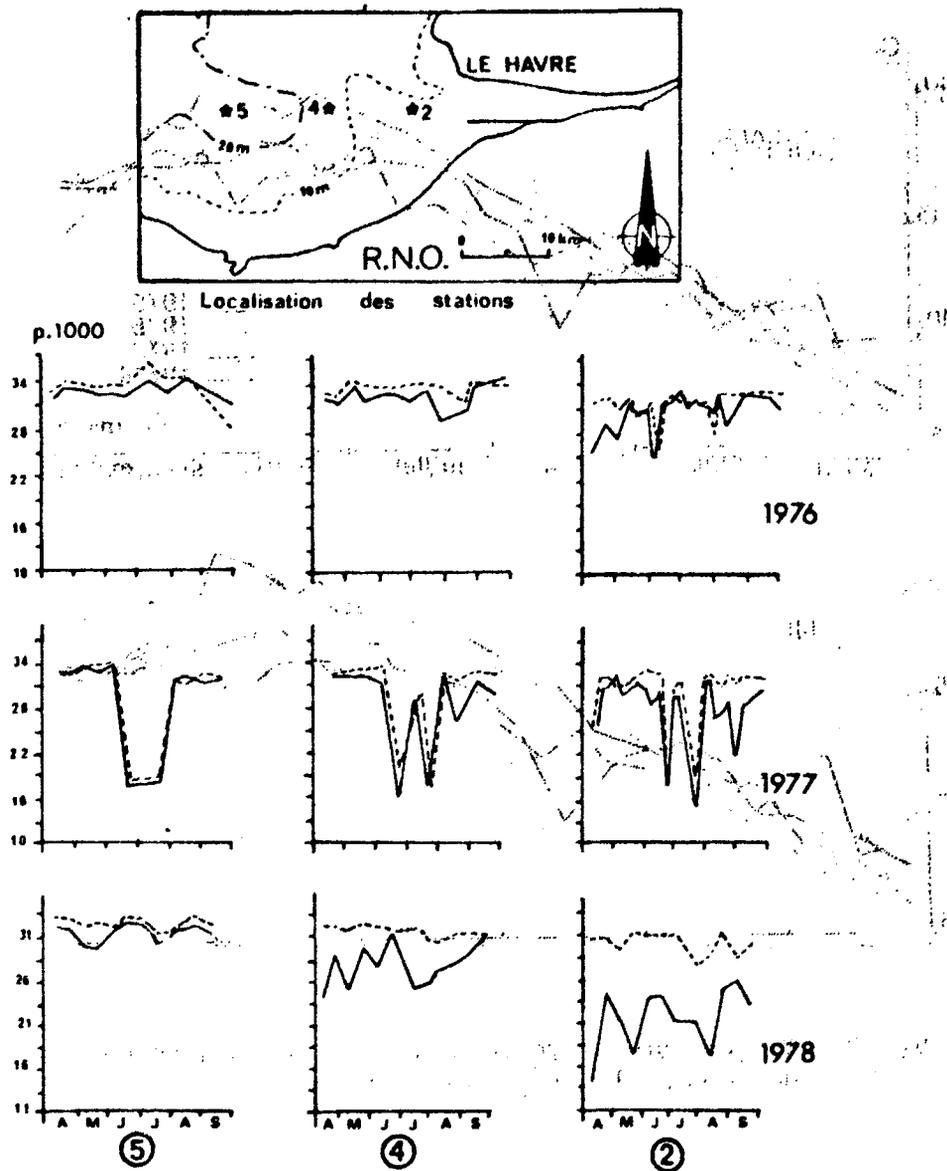


Fig. 8.- Salinité des eaux de surface (traits pleins) et de fond (pointillés) aux stations 2,4 et 5 du RNO de baie de Seine, d'avril à septembre 1976 à 1978.

. Concentrations le long du littoral grâce à des phénomènes hydrologiques (fronts de densité, vents dominants de mer, cellules de convection, etc...) décrits par RYTHER en 1955 (figure 9).

. Eventuelle action de substances polluantes, bien que les exemples confirmant cette hypothèse soient peu nombreux : développements d'Olithodiscus luteus (Xanthophycée) et Coccolithus huxleyi (Coccolithophoride) dans le fjord d'Oslo, et aussi Prorocentrum triestinum (dinoflagellé) au Japon. L'action d'effluents de papeterie aurait été démontré dans ce dernier cas (IWASAKI, 1979).

### 2.2.5.- Fin du phénomène

Dès que le milieu est agité sous l'action de la houle, des conditions météorologiques ou pour des raisons diverses, le phénomène cesse généralement très vite. L'abondance des organismes (plusieurs millions de cellules par litre) peut également être une source de mortalité pour les dinoflagellés eux-mêmes (pas de substances nutritives en assez grande concentration, chute d'oxygène dissous), bien que le plus souvent la multiplication de microprédateurs soient le cas le plus courant (Polykrikos schwartzii, Oxyrrhis marina, Tintinnides) (figure 10).

### 2.2.6. Les théories

On en dénombre au moins quatre :

. Le système des "fronts" d'accumulation (différences de densité, de salinité, de turbidité, etc.... entre deux masses d'eau, généralement à l'entrée des estuaires), tel que LEFEVRE l'a montré pour la Noctiluque et dans quelques sites bretons.

. Les comportements différents entre les cellules phyto planctoniques à stratégie r ou K.

. La théorie synthétique de WYATT (figure 11).

. Le cycle biologique de certains Gonyaulax qui produisent des kystes hivernaux contaminant le limon superficiel benthique et se développant l'été sous forme mobile flagellé. Ce dernier schéma est typique des zones à eaux rouges endémiques. Il a été plus étudié sous l'angle de l'intoxication humaine par des coquillages ayant accumulé Gonyaulax tamarensis ou G. excavata (figure 12).

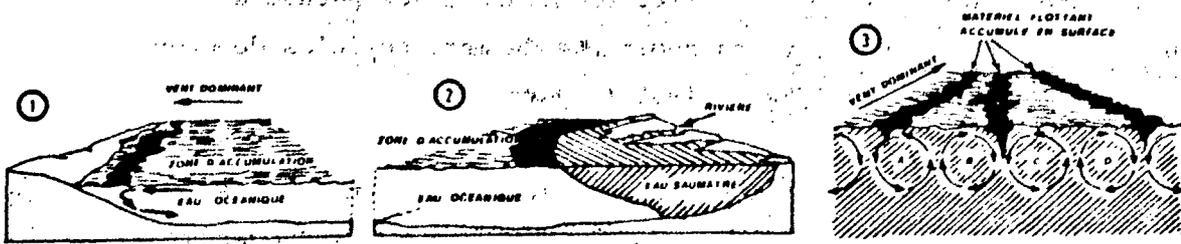


Fig. 9.- Eaux rouges pouvant résulter de l'accumulation des dinoflagellés par : 1- influence d'un vent de mer ; 2- convergence ; 3- convection (d'après RYTHER, 1955).

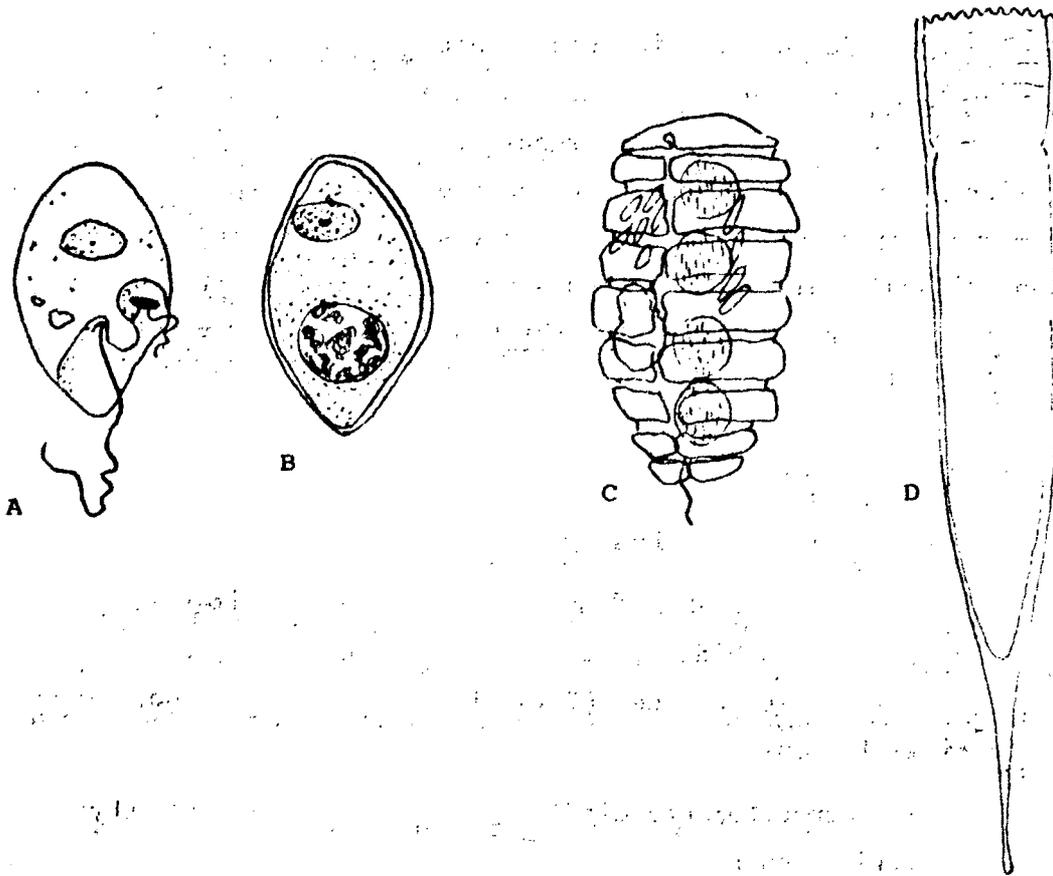


Fig. 10.- Principaux prédateurs microplanctoniques trouvés en abondance après des eaux colorées (A et B : formes flagellées et enkystées d'*Oxyrrhis marina*, C : *Polykrinos schwartzii*, D : *Tintinnide*).

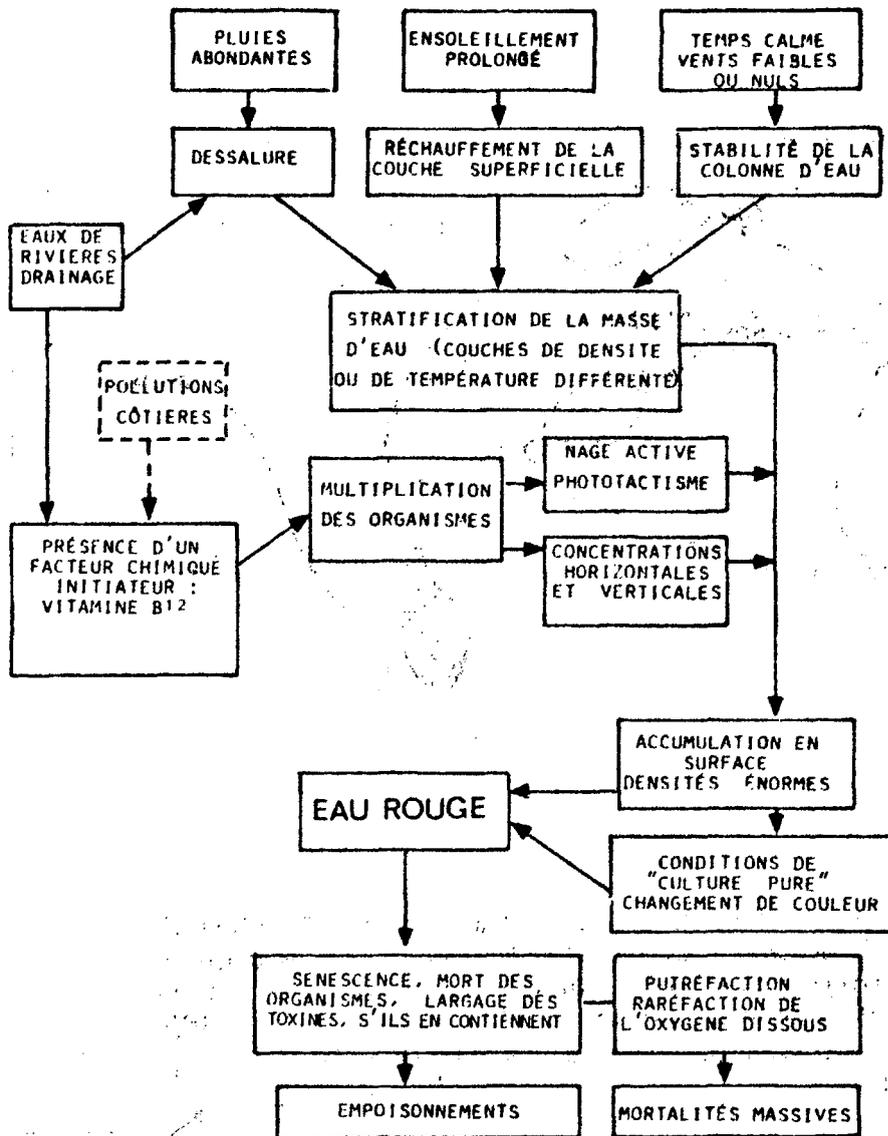


Fig. 11.- Situations provoquant une eau rouge (adapté de WYATT, 1973).

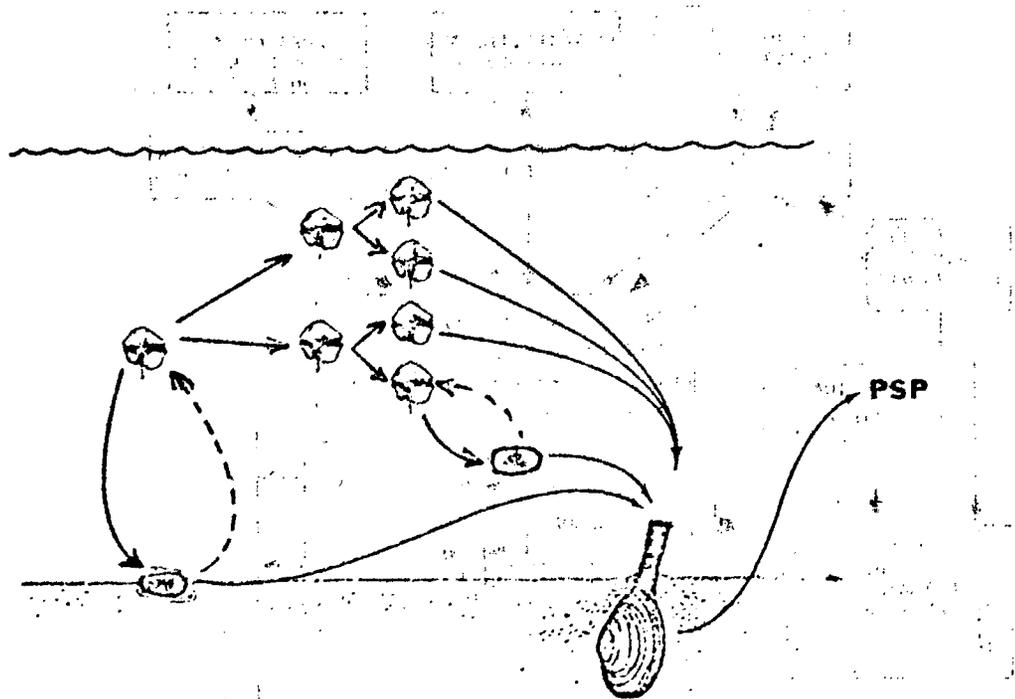


Fig. 12.- Représentation schématique d'un "bloom" à partir de kystes "dormant" et deux mécanismes d'accumulation de la toxine dans les coquillages : cellules mobiles et kystes de durée dans les sédiments (d'après DALE et al, 1978). Espèce : *Gonyaulax excavata*.

## 2.3. - Mortalités d'animaux marins

De même, on peut envisager plusieurs hypothèses :

### 2.3.1.- Organismes produisant une Ichthyotoxine

Dans ce cas des mortalités de poisson - avec des teneurs d'oxygène dissous normales - sont observées.

Citons pour mémoire les espèces telles que Gymnodinium breve (sur les côtes de Floride), Gymnodinium veneficum (expérimental), Amphidinium carterae (expérimental) pour les dinoflagellés, et quelques chrysophycées comme Prymnesium parvum (empoisonnements par la prymnesine en Israël) et Chattonella subsalsa (Port d'Alger).

### 2.3.2.- Organismes dont la surpopulation entraîne une chute d'oxygène dissous

Les cas sont extrêmement nombreux et parmi les plus connus citons ceux provoqués par Noctiluca scintillans, Protoperidinium depressum, Glenodinium foliaceum, Gonyaulax polygramma, Oxyrrhis marina.

### 2.3.3.- Organismes supposés responsables de l'élaboration d'une ichthyotoxine

Dans ce cas, bien entendu, la toxine n'a pas encore été isolée. On peut citer, pour les côtes françaises, Gyrodinium aureolum en baie de Douarnenez, Gonyaulax polyedra sur les côtes bretonnes et Peridinium foliaceum (expérimental).

### 2.3.4.- Phytoplancton utilisé comme vecteur par des polluants divers

Bien que non démontré clairement, cette hypothèse semble probable pour divers cas de contamination des coquillages par des polluants chimiques ou bactériologiques.

.../...

### 2.3.5.- Effet de la taille des particules phytoplanctoniques

Un exemple récent dans l'étang de Salses-Leucate montre qu'une espèce de chlorophycée de très petite taille : Nannochloris sp. (1 - 3  $\mu$ ), lorsqu'elle est dominante, provoque à long terme l'amaigrissement puis la mort des bivalves d'intérêts commerciaux qui l'ingèrent. Le critère "taille des particules nutritives" joue donc un rôle important sur la préservation des stocks de coquillages.

### 2.4. - Les "huîtres rouges"

Un certain nombre d'arguments peuvent être retenus concernant ces phénomènes :

- ils ne sont apparemment pas reliés à des observations du type "eau colorée",

- on ne décèle pas à l'examen microscopique (sauf cas des copépodes en 1974) d'éléments figurés contenant la coloration,

- les analyses pigmentaires révèlent presque toujours une forte concentration en caroténoïdes (notes de M. LE DANTEC en 1974, examens de Mme ROUSSET-CALANGO cités par TOURNIER en 1981) ;

- les examens phytoplanctoniques du tractus digestif comme de l'eau présentent le plus souvent une flore normale, non déséquilibrée, mais parfois à dominance de dinoflagellés,

- le pigment semble diffus (solution) dans le contenu digestif, et extérieur aux organismes,

- aucune intoxication alimentaire n'a pu être corrélée à ces phénomènes,

- le "test souris" s'est révélé négatif.

En tout état de cause, compte tenu des informations dont nous disposons il semble que l'on puisse admettre l'hypothèse d'une accumulation par les coquillages d'organismes chlorophylliens, probablement phytoplanctoniques, à pigment caroténoïdien stable et dominant. Ces manifestations seraient jusqu'ici inoffensives, le problème organoleptique n'ayant pas été abordé.

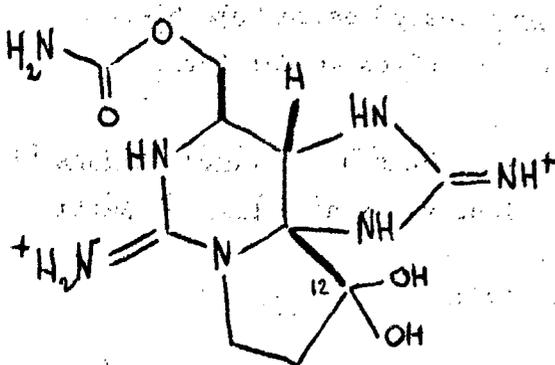
D'autres informations sur toute manifestation de ce type devrait permettre de préciser s'il s'agit à chaque fois d'un groupe spécifique homogène, comme cause de la coloration, ou si les organismes responsables peuvent être très divers. La similitude macroscopique des observations (épanchement rouge sans lorsque l'on presse l'hépatopancréas) restant assez frappante et caractéristique.

## II - EMPOISONNEMENTS PAR LES COQUILLAGES ET PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE

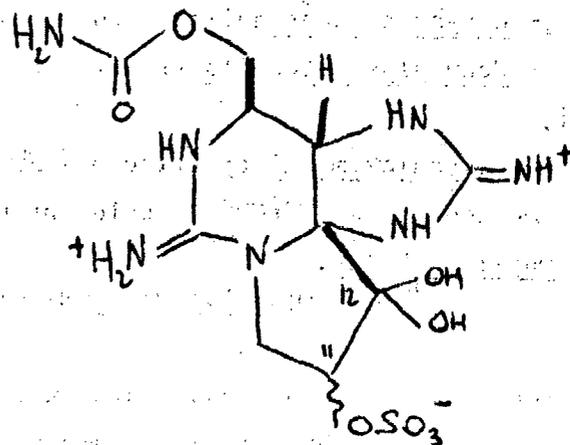
### 1. - Le poison paralytique des coquillages (P.S.P.)

Egalement dénommé Mytilitoxine en France et Saxitoxine aux U.S.A., du nom des bivalves l'ayant accumulé (Mytilus edulis et Saxidomus giganteus) il s'agit bien d'un poison extrêmement toxique, atteignant principalement les centres nerveux des mammifères et de l'homme.

Les toxines isolées sont diverses et selon les organismes on peut en dénombrer plusieurs : 7 chez Gonyaulax tamarensis et 4 chez Gonyaulax catenella. La structure de base de ces toxines ne varie pas et seuls les radicaux sont modifiés.



Toxine de G. catenella



Toxine de G. excavata

### 1.1. - Les organismes secrétant le P.S.P.

On parle souvent à leur sujet soit de "groupe Catenella" (dérivant de Gonyaulax catenella), soit de Protogonyaulax du fait des caractères anatomophysiologiques qui les différencient assez nettement du Gonyaulax typique (ex : G. spinifera) non toxique et commun sur tout le littoral.

Ces critères de reconnaissance sont :

- . un noyau généralement en forme de croissant,
- . la production de kystes zygotiques (sphériques) ou de dormance (allongés) à parois lisses,
- . la bioluminescence,
- . la production (en général) d'une toxine,
- . des plaques thécales lisses, sans ornementation,
- . des associations en chaîne de plusieurs cellules,
- . un cingulum moins décalé que chez les Gonyaulax typiques,
- . la possibilité de rompre rapidement la thèque.

Citons dans ce groupe les espèces comme :

- Gonyaulax tamarensis (figure 13) décelé en Atlantique Nord, en Nouvelle-Angleterre, au Canada, en Grande-Bretagne et sur les côtes de la Mer du Nord, plus récemment au Venezuela,

- Gonyaulax excavata (figure 14) signalé sur les côtes des U.S.A. (Cap Cod, Golfe du Maine, Massachusetts), du Venezuela, et aussi dans le fjord d'Oslo,

- Gonyaulax acatenella (figure 15) pour les côtes de Colombie,

- Gonyaulax catenella (figure 16) sur les côtes de Californie et du Chili,

- Gonyaulax monilata (figure 17) sur les côtes de Floride, et dans le golfe de Mexico. Il secréterait également une Ichthyotoxine active en particulier sur Mugil cephalus.

..//..

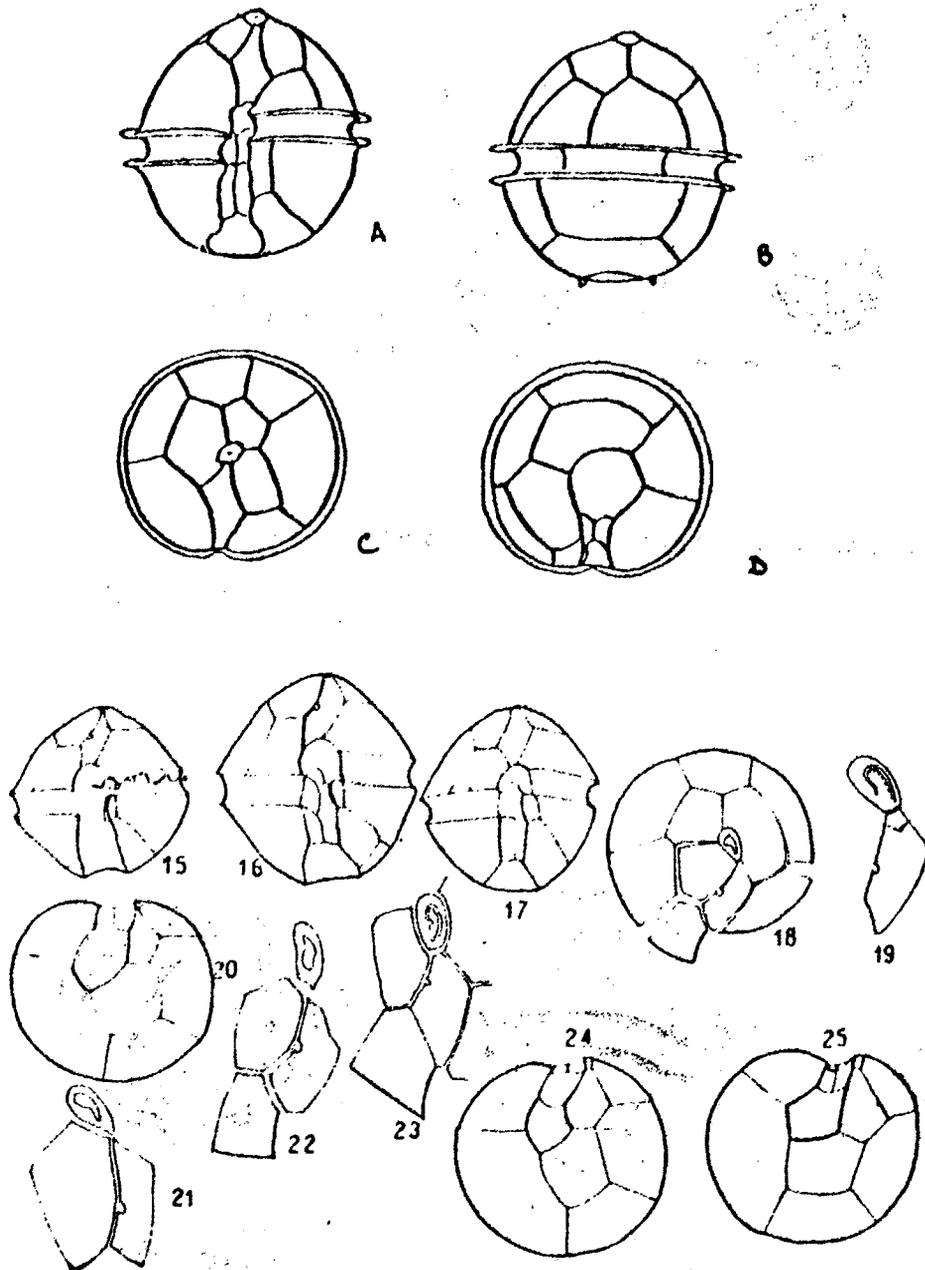


Fig. 13.- *Gonyaulax tamarensis* d'après LEBOUR (A à D) et d'après BALECH (15 à 25).

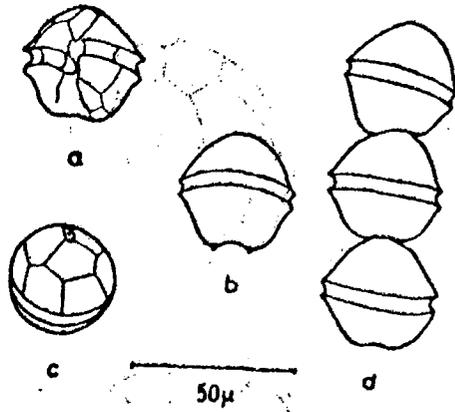


Fig. 14.- *Gonyaulax excavata* d'après GARDER (1954).

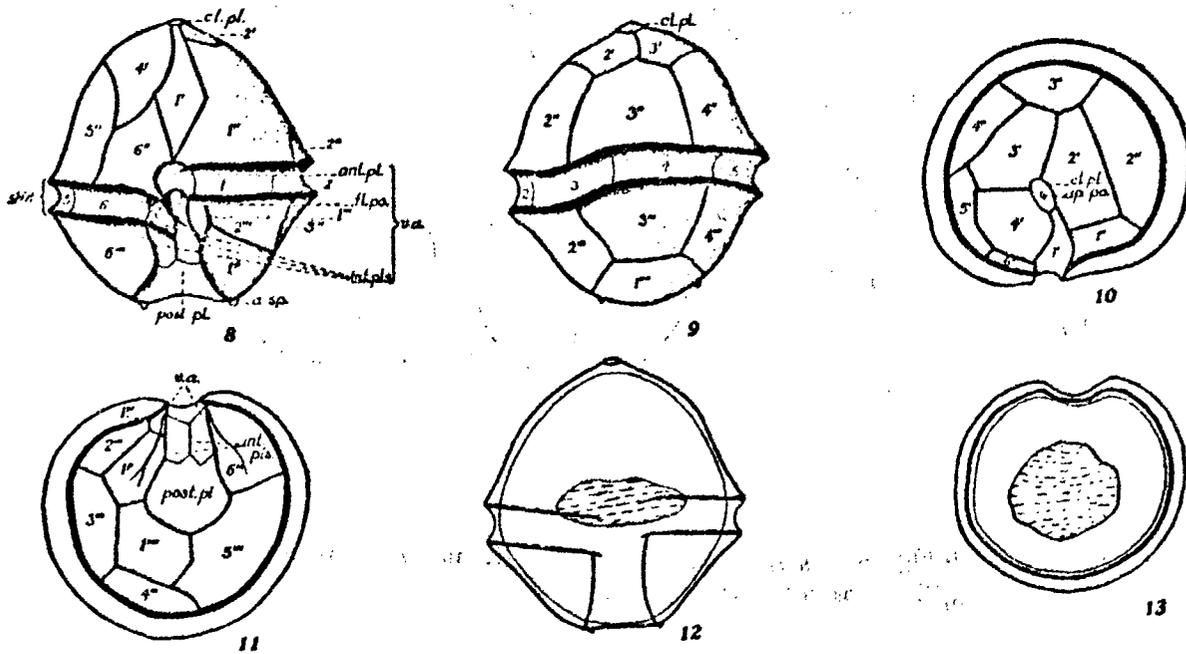


Fig. 15.- *Gonyaulax acatenella* d'après WHEDON et KOFOID (1936).

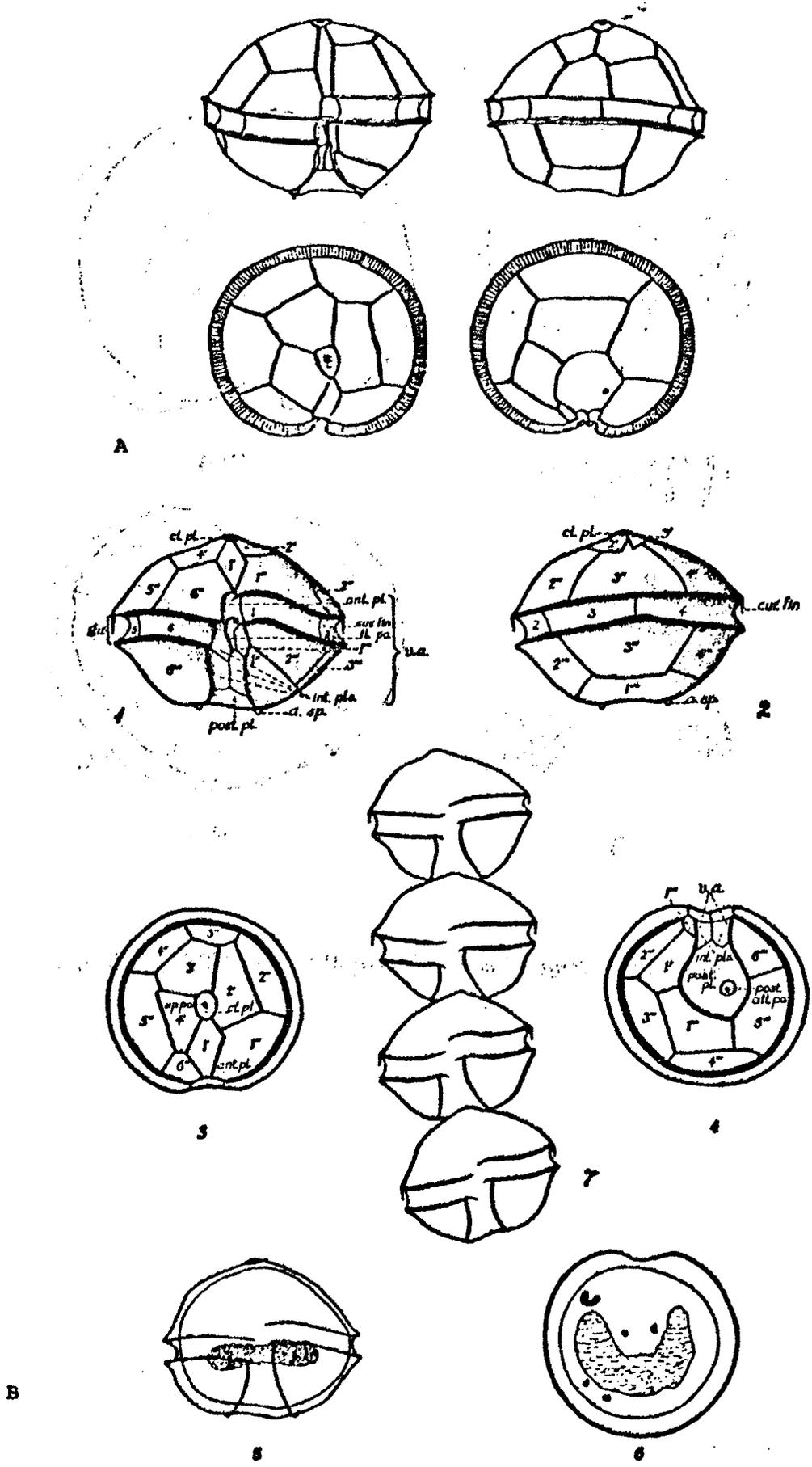


Fig. 16.- *Gonyaulax catenella* d'après HASHIMOTO (1976) (A) et (B) WHEDON et KOFOID (1936).

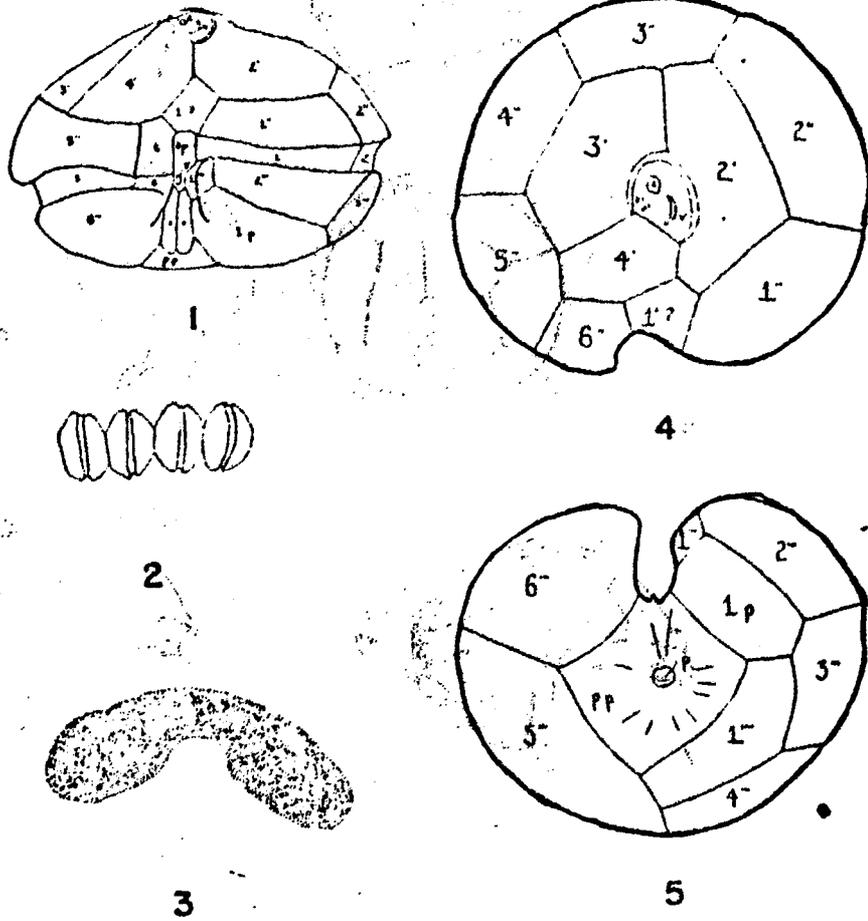


Fig. 17.- *Gonyaulax monilata* d'après HOWELL (1953).

Parallèlement on cite deux espèces responsables d'intoxication du type P.S.P. et appartenant au genre Pyrodinium. Il s'agit de :

- Pyrodinium bahamense (figure 18) rencontré en Brunei et Sabah, en Papouasie et Nouvelle Guinée, et en Jamaïque. Il secrète également une Ichthyotoxine,
- Pyrodinium phoneus (figure 19) cité simplement en Belgique, dans le canal de Zeebrugge.

Enfin, plus récemment, la production du P.S.P. par un représentant de l'ordre des Prorocentrales a été confirmée :

- Prorocentrum Mariae - Lebouriae (= Prorocentrum minimum) (figure 20), trouvé au Japon, en Mer de Wadden et en baie de Chesapeake.

#### 1.2. - Relation avec l'eau rouge

Dans certains cas il y a relation entre les intoxications - par exemple par Gonyaulax tamarensis - et une eau colorée à forte densité cellulaire (74000 cellules/litre).

Cependant, dans la majorité des observations récentes, les concentrations de dinoflagellés toxiques restent basses et on ne constate pas d'eau colorée alors que les coquillages donnent un test-souris positif. Quelques exemples sont donnés dans le tableau 1.

Concentrations cellulaires (in situ ou in vitro)	Auteurs Année	Pays	Organisme
74 000/1	AYRES (1978)	Angleterre	<u>G. tamarensis</u>
700/1	"	"	"
5 500 000/1	PRAKASH (1967)	U. S. A.	<u>G. tamarensis</u>
90 000/1	HURST (1981)	Golfe du Maine	<u>G. tamarensis</u> <u>var. excavata</u>
500/1	WOOD (1970)	Angleterre	<u>Dinoflagellés totaux</u>
2 700 000/1	KOCH (1939)	Belgique	<u>Pyrodinium phoneus</u>

Tableau 1 : Quelques concentrations cellulaires relevées pour induire une toxicité dans les coquillages.

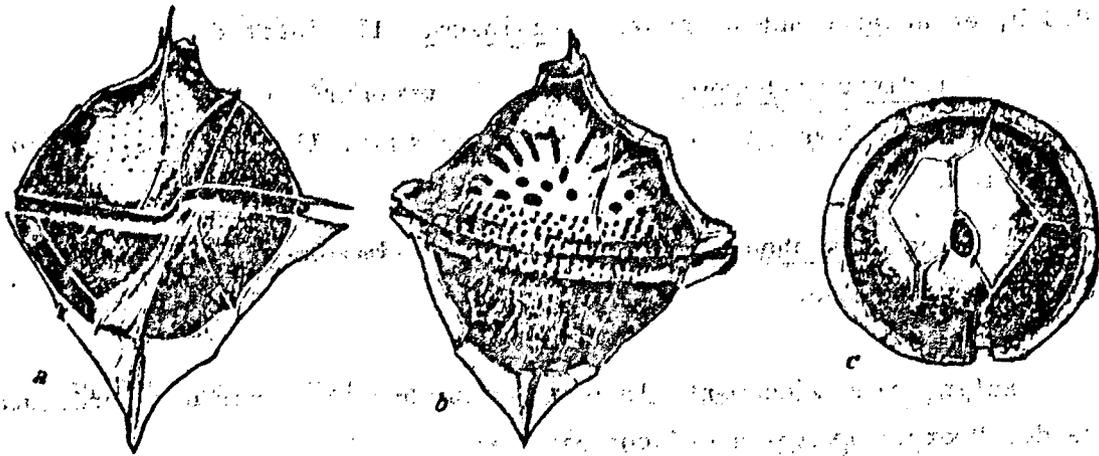


Fig. 18.- *Pyrodinium bahamense* d'après PLATE.

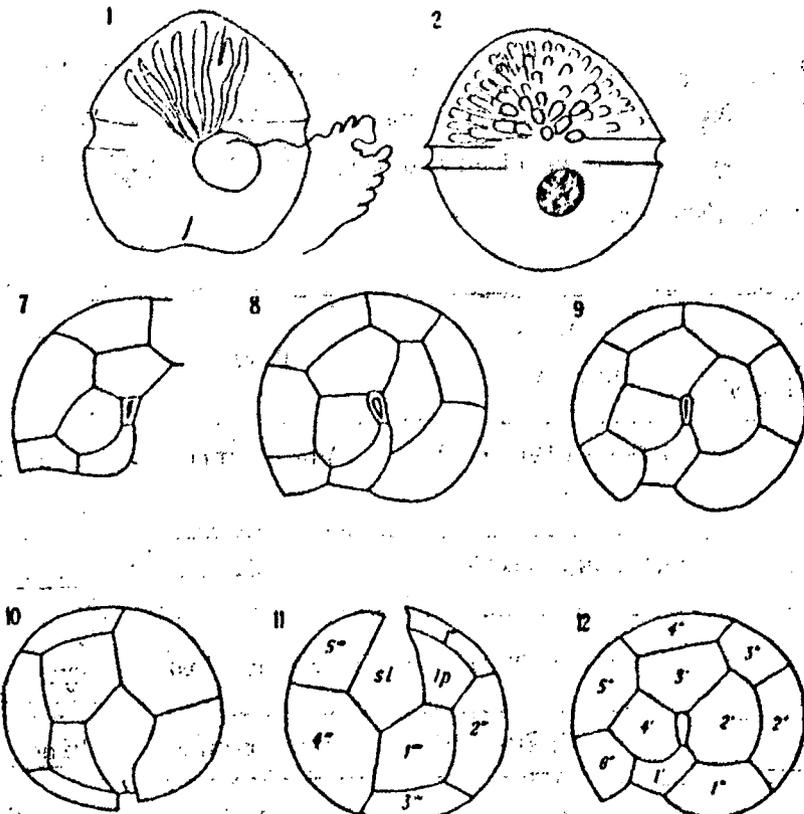


Fig. 19.- *Pyrodinium phoneus* d'après WOLOSZYNSKA et CONRAD (1939).

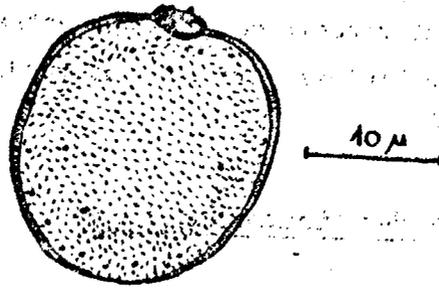


Fig. 20.- *Prorocentrum Mariae-Lebouriae* d'après DODGE (1965).

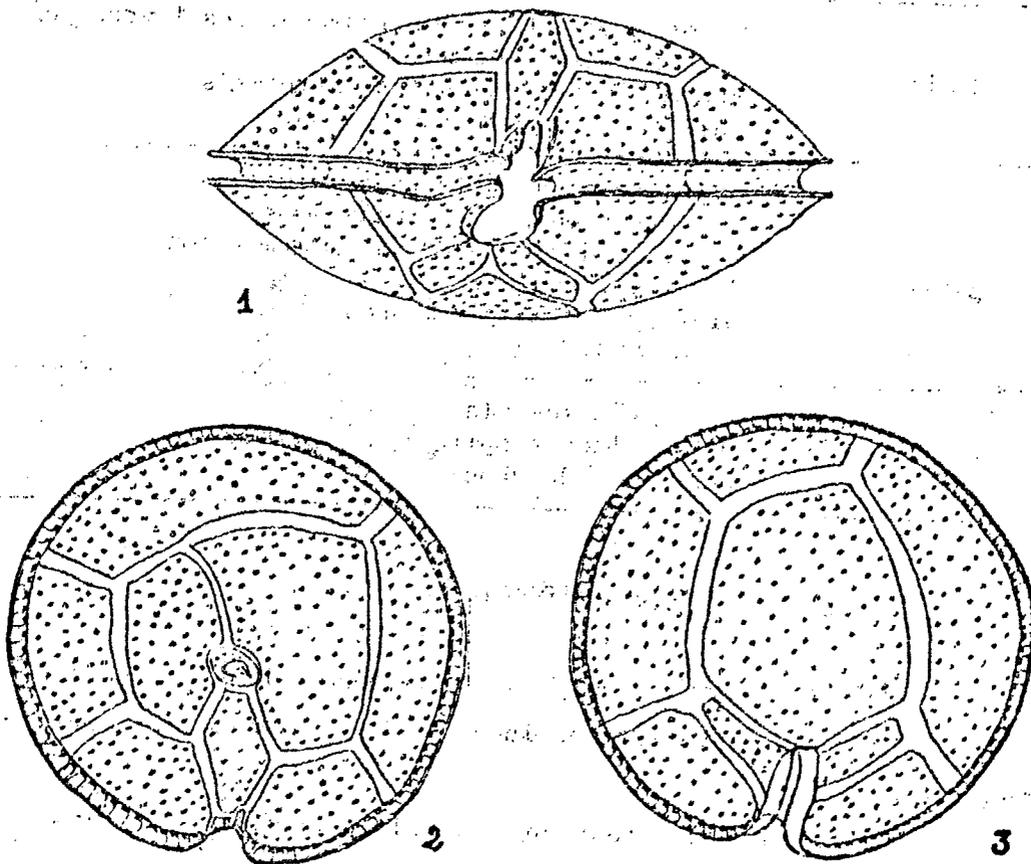


Fig. 21.- *Gambierdiscus toxicus* d'après ADACHI et FUKUYO (1979).

En fait, on peut retenir que des concentrations de dinoflagellés toxiques supérieures à 100 cellules/litre peuvent rendre les bivalves infectieux.

## 2. - Symptomatologie des intoxications

Le poison est une neurotoxine dont les symptômes se déclarent dans les 30 minutes qui suivent l'ingestion des coquillages contaminés, et le décès peut survenir dans les 12 heures par collapsus cardiovasculaire dans les cas graves.

Les degrés d'empoisonnement sont résumés dans le tableau 2.

Degré d'empoisonnement	Symptômes
Bénin	Picotements et engourdissement des lèvres puis du visage et du cou Fourmillements dans les extrémités Maux de tête, vertiges, nausées
Sévère	Incohérence dans la parole Augmentation des fourmillements Rigidité des membres, Incoordination Faiblesse générale Difficultés respiratoires Pouls rapide
Extrême	Paralysie musculaire Difficultés respiratoires fortes Sensation de choc

Tableau 2 : Symptomatologie du P.S.P.

On note parfois, en plus, un érythème diffus et de l'urticaire, mais très rarement. Des variations individuelles, par contre, sont fréquentes, en fonction :

- . de l'âge (enfants > adultes et femmes > hommes)
- . de l'origine (touristes > riverains)
- . du mode de consommation (coquillages seuls > repas complet).

Les doses létales humaines sont de l'ordre de 400 µg de poison par voie intraveineuse et de 200 µg par voie orale. Quant à la détection dans les coquillages on admet que les risques commencent au-dessus d'un seuil : 80 µg de poison par 100 g de chair égouttée de coquillage.

Il n'existe pas d'antidotes connus, mais quelques auteurs, dont HALSTEAD, préconisent l'apomorphine, des vomitifs, la respiration artificielle, les anticurares (comme la neostigmine, la DL amphétamine, l'épinephrine et le DMPP). En revanche l'emploi de la digitaline ou l'absorption d'alcool sont contre-indiqués.

Le meilleur traitement préventif reste l'information des populations riveraines et, bien sûr, de bons diagnostics dès les premiers signes d'intoxication (en 1978 à Fécamp une intoxication de 6 personnes par de l'oxyde de carbone a été interprétée comme un empoisonnement par P.S.P).

### 3. - Détection : principe du test-souris

Ce test, le seul pratiqué universellement et d'usage rapide, demeure simple dans sa procédure : on inocule à des souris de 20 gr, 1 ml d'un extrait acide de la chair broyée des mollusques contaminés.

Le temps écoulé entre l'inoculation et la mort des souris est proportionnel à la concentration en toxine des bivalves. L'unité utilisé (Mouse unit = M. U.) a pour base : 1. M.U. = concentration en toxine provoquant la mort d'une souris de 20 g en 15 minutes.

Si la mortalité est constatée après 1 heure on considère la dose comme minimale = 0,875 M.U. soit une teneur inoffensive. Les Tables de SOMMER (tableau 3) permettent d'obtenir directement la M.U. en fonction du temps de survie, puis, par une formule, la concentration en toxine en  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  de chair.

Les rapports entre ces unités et le degré d'intoxication sont résumés dans le tableau 4 :

M. U.	$\mu\text{g}/100\text{ g}$	Degré intox.
1 000	180	bénin
2 000	360	légère
10 000	1 800	sévère
25 000	4 500	extrême

Tableau 4 : Correspondances entre M.U. et degré d'intoxication



SOMMER'S TABLE

DEATH TIME - MOUSE UNIT RELATIONS FOR PARALYTIC SHELLFISH POISON (ACID)

<u>Death Time*</u>	<u>Mouse Units</u>	<u>Death Time*</u>	<u>Mouse Units</u>	<u>Weight of Mice</u>	<u>Mouse Units</u>
1'08	100	5'00	1.92	10 gm.	0.50
10	66.2	05	1.89	10-1/2	.53
15	38.3	10	1.86	11	.56
20	26.4	15	1.83	11-1/2	.59
25	20.7	20	1.80	12	.62
30	16.5	30	1.74	12-1/2	.65
35	13.9	40	1.69	13	.675
40	11.9	45	1.67	13-1/2	.70
45	10.4	50	1.64	14	.73
50	9.33	6'00	1.60	14-1/2	.76
55	8.42	15	1.54	15	.785
2'00	7.67	30	1.48	15-1/2	.81
05	7.04	45	1.43	16	.84
10	6.52	7'00	1.39	16-1/2	.86
15	6.06	15	1.35	17	.88
20	5.66	30	1.31	17-1/2	.905
25	5.32	45	1.28	18	.93
30	5.00	8'00	1.25	18-1/2	.95
35	4.73	15	1.22	19	.97
40	4.48	30	1.20	19-1/2	.985
45	4.26	45	1.18		
50	4.06	9'00	1.16	20	1.000
55	3.88	30	1.13		
3'00	3.70	10'00	1.11	20-1/2	1.015
05	3.57	30	1.09	21	1.03
10	3.43	11'00	1.075	21-1/2	1.04
15	3.31	30	1.06	22	1.05
20	3.19	12'00	1.05	22-1/2	1.06
25	3.08	13	1.03	23	1.07
30	2.98	14	1.015		
35	2.88				
40	2.79	15	1.000		
45	2.71				
50	2.63	16	0.99		
55	2.56	17	0.98		
4'00	2.50	18	0.972		
05	2.44	19	0.965		
10	2.38	20	0.96		
15	2.32	21	0.954		
20	2.26	22	0.948		
25	2.21	23	0.942		
30	2.16	24	0.837		
35	2.12	25	0.934		
40	2.08	30	0.917		
45	2.04	40	0.898		
50	2.00	60	0.875		
55	1.96				

Tableau 3 : Tables de SOMMER pour la détermination des M.U.

### Données méthodologiques

L'étude de la toxicité est faite à partir d'extraits de la chair des mollusques. Le protocole expérimental est tiré de l'ouvrage "Paralytic poisoning in Eastern Canada", par Prakash, Medcof et Tennant (1971).

#### a) Préparation des échantillons

Il est nécessaire de nettoyer parfaitement l'extérieur du coquillage avec de l'eau propre. Ensuite ouvrir en coupant les muscles adducteurs. Afin d'éliminer le sable et autres débris, rincer avec de l'eau distillée l'intérieur du bivalve. Enlever la chair de la coquille. Ne pas utiliser de chaleur ou d'anesthésique avant d'ouvrir le coquillage et ne pas couper et endommager le corps du mollusque à ce stade. Collecter environ 100 à 150 gr de chair dans un récipient en verre. Dès que possible transférer la chair dans un tamis n° 10, sans étager et laisser égoutter pendant 5 mn. Enlever les morceaux de mollusques et laisser de côté les égouttures. Broyer dans un mixer jusqu'à ce que ce soit homogène.

#### b) Extraction

Peser 100 gr de matériel bien mixé dans un bécher taré. Ajouter 100 ml d'acide chlorhydrique 0,1 N, remuer parfaitement et vérifier le pH : le pH doit être inférieur à 4, de préférence aux alentours de 3. Si nécessaire, ajuster le pH comme indiqué ci-dessous :

Chauffer le mélange, faire bouillir doucement 5 mn et laisser refroidir à la température de la pièce. Ajuster le pH à 2-4, jamais supérieur à 4,5, avec un pHmètre. Pour abaisser le pH, ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique 5 N, tout en remuant. Pour augmenter le pH, ajouter quelques gouttes de soude 0,1 N, tout en remuant constamment pour empêcher une alcalinisation locale et la destruction consécutive du poison. Transférer le mélange dans un cylindre gradué et diluer à 200 ml. Centrifuger le mélange pendant 5 mn à 3 000 tours et récupérer le surnageant qui contient la toxine.

..//..

#### 4. - La ciguatoxine

Bien que cette maladie soit plus caractéristique des régions tropicales il est important de noter que les symptômes - s'ils s'apparentent au P.S.P. - dérivent d'un poison de structure chimique différente.

Pendant longtemps les intoxications (Ciguatera ou "maladie de la Gratte") ont été imputées à l'ingestion de poissons des récifs coraliens, dont la liste est assez longue. Récemment, l'équipe du Dr BAGNIS a révélé que ces poissons étaient rendus vénéneux par l'absorption d'un gros dinoflagellé benthique : Gambierdiscus toxicus (figure 24), qui prolifère plus particulièrement sur les débris de coraux. La toxine est de type cholinergique et est constituée en fait d'au moins trois composés : la ciguatoxine (CTX), la scaritoxine (STX), et la maitotoxine (MTX).

Les syndromes cliniques sont, par ordre croissant : des nausées, vomissements, diarrhées, une paresthésie puis myalgie, frilosité, purit et enfin bradycardie, hypotension artérielle et asthénie marquée.

Cependant, dans la majorité des cas on note une évolution favorable en une semaine des symptômes, bien qu'il demeure ensuite pendant plusieurs années un état d'hypersensibilisation à toute ingestion de poisson.

D'autres espèces de dinoflagellés seraient également aptes à produire ces toxines, ainsi Prorocentrum lima, qui donne un test-souris positif.

#### 5. - Le poison diarrhétique : D.S.P.

Le D.S.P. ou Diarrhetic Shellfish Poison, est une terminologie récente utilisé par les japonais (YASUMOTO, 1980) pour désigner une toxine donnant un test-souris positif à faible concentration (moins de 10 M.U.) mais produisant des réactions de type gastro-entérites chez les consommateurs de bivalves.

Depuis 2 à 3 ans ce type d'intoxication, associé à des espèces de dinoflagellés considérés jusqu'ici comme inoffensifs, est signalé un peu partout :

- en baie de Vilaine (1979 à 1981) où des espèces comme Prorocentrum micans, Scrippsiella sp. sont décelées dans les tractus digestifs des moules (figure 22),
- dans plusieurs pays tels que le Japon (Dinophysis fortii), la Hollande (Prorocentrum micans, Dinophysis sp.), en Espagne (Dinophysis sp.) et au Chili (Dinophysis sp.) (figure 23).

Dans tous les cas, la toxine (Dinophysitoxine) n'a pas été isolée, le test-souris n'est plus applicable, la concentration en dinoflagellés peut être très faible (200 cellules par litre) et les symptômes "ordinaires" : diarrhées, vomissements, maux de tête ne durent que rarement plus de 48 heures.

Actuellement plusieurs laboratoires se penchent sur ce problème afin d'élucider l'origine de ces intoxications :

- en France, le Laboratoire Effets Biologiques des Nuisances de l'I.S.T.P.M. et le Laboratoire Microbiologie de l'U.E.R. de Médecine et de Pharmacie de Rennes ont lancé depuis janvier 1982 une étude sur l'estuaire de Vilaine. Non seulement des analyses qualitatives du phytoplancton sont effectuées périodiquement pour déceler la présence des dinoflagellés suspects, mais la bactériologie de l'eau, des moules et du phytoplancton (phénomènes d'adsorption) est prise en compte ;

- à l'étranger on peut signaler que les travaux de KAT sur le caractère toxique "in situ" de Prorocentrum micans ont été infirmés par les expériences anglaises qui ont montré l'innocuité de cultures de ce Prorocentrum. Par ailleurs, des programmes hispano-américains devraient permettre d'isoler la toxine responsable de ces troubles.

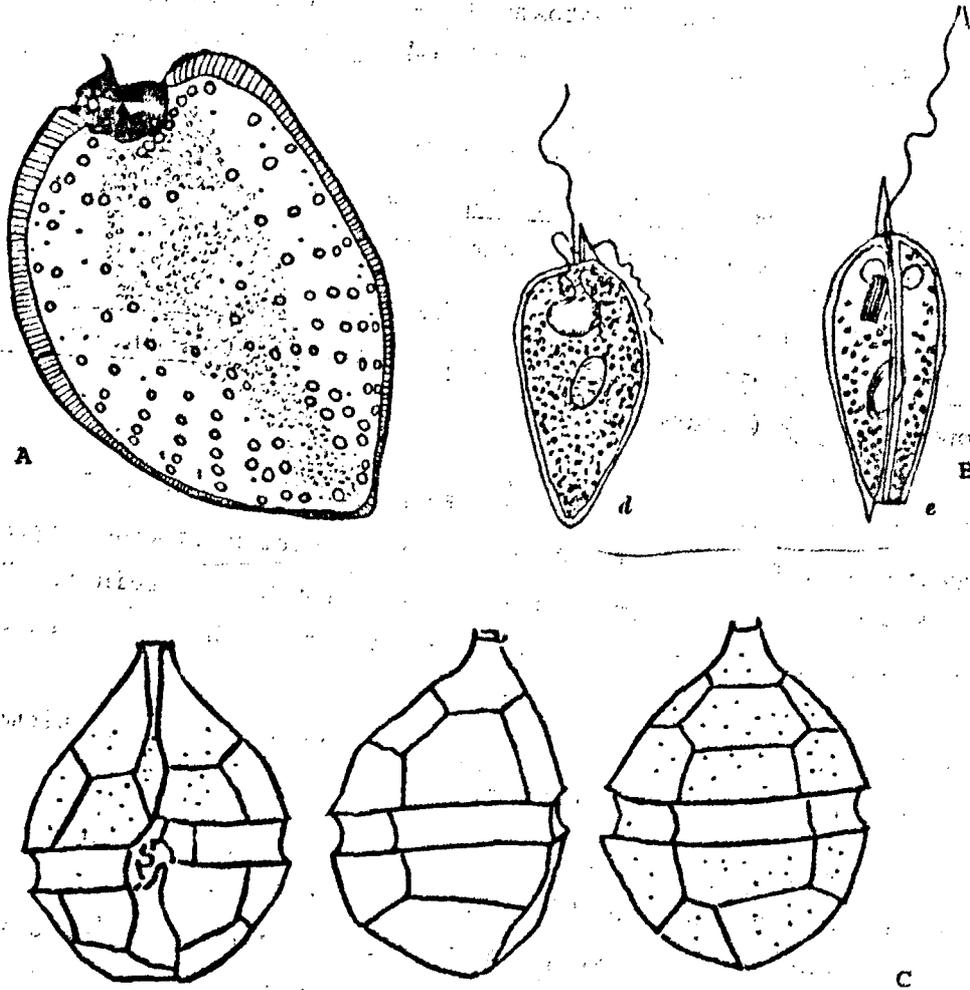


Fig. 22.- *Prorocentrum micans*, valve gauche (A) d'après DODGE (1965) et (B) d'après STEIN : X 690, *Scrippsiella faeroense* (C) d'après SAN FELIU (1971).

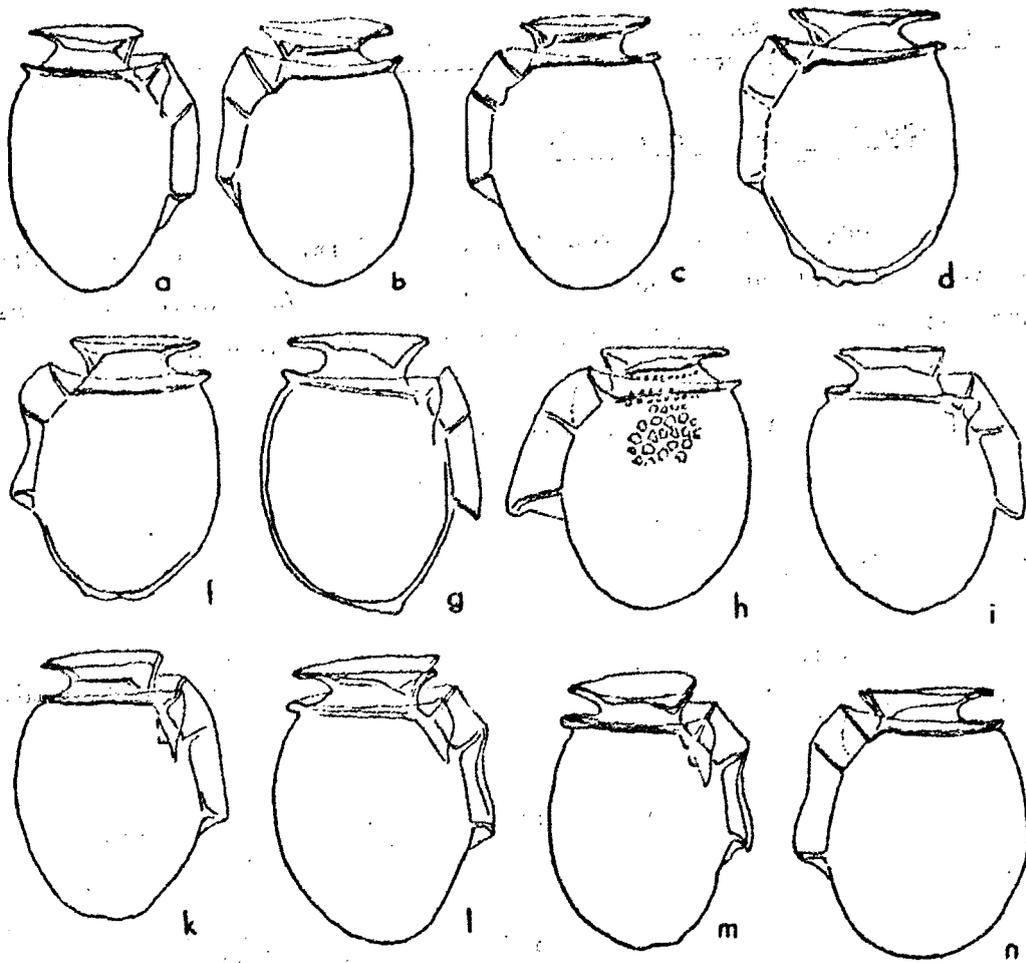


Fig. 23.- Quelques spécimens de *Dinophysis acuminata*  
d'après ABE (1967).

### III - PREVENTION ET DETECTION DU RISQUE POUR LE CONSOMMATEUR

#### 1. - Recueil des informations

A partir d'une source donnée d'informations, qui peut être très diverse (coquylculteurs, pêcheurs, touristes, AFMAR, Marine Nationale, Laboratoires, etc....) on peut classer les perturbations observées en au moins trois groupes :

- . intoxications humaines,
- . mortalités d'animaux marins,
- . eaux colorées.

et ceci, par ordre d'importance.

A partir de ces données, et en particulier des deux premières, l'enchaînement des faits peut être le suivant :

	( - pas de dinoflagellés toxiques)	→ 1
	( - test-souris négatif )	
Intoxications humaines	(	
	( - présence de dinoflagellés suspects	
	( <u>et test-souris positif</u>	
	Embargo sur les expéditions de coquillages	
	Essais de détoxification	
	( - chute d'oxygène dissous →	2
	(	
Mortalités d'animaux marins	( - Espèces phytoplanctoniques	
	( dangereuses dans l'eau et →	4
	( les coquillages	
	(	
	( - pas d'effet sur la faune →	3
	( ni sur le consommateur	
Eaux colorées	(	
	( - des effets sur la faune →	4
	( ou sur la santé humaine	

../..

Les solutions envisageables selon les cas de figure sont :

- 1 - affiner l'aspect bactériologique,
- 2 - attendre que l'équilibre soit retrouvé,
- 3 - aucun danger si le phénomène ne dure guère, sinon il se peut que l'on revienne en 2,
- 4 - s'il y a mortalité d'animaux marins du fait d'une toxine les solutions sont encore à préciser.

Dans le cas d'intoxications humaines des schémas d'intervention sont en place.

Lorsque des espèces suspectes sont détectées les responsabilités peuvent être partagées : 1°) le Département Cultures Marines qui assurera localement l'extraction de la toxine et son expédition pour réalisation du test-souris dans le laboratoire le plus proche :

Nantes : l'Ecole Vétérinaire,  
 Rennes : Laboratoire de toxicologie,  
 Paris : Laboratoire de toxicologie (pharmacie),  
 Caen Centre anti-cancéreux,  
 Bordeaux : Faculté de pharmacie,  
 Montpellier : Laboratoire de pharmacodynamie.  
 etc....

Il ne faut pas oublier, à titre préventif, d'informer ces laboratoires 1 à 2 mois avant la période critique afin qu'ils aient en permanence des souris de 20 grammes.

2°) Selon le résultat du test-souris le Service du Contrôle lèvera ou non l'embargo sur la vente des coquillages et pourra décider éventuellement d'une décontamination.

## 2. - Procédures actuellement en place

### 2.1. - Détection d'intoxication par mytilotoxine

Le Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales doit être prévenu le premier. Il rend compte ensuite au Ministre chargé de la Santé (Cabinet et Direction générale de la Santé). Puis, sont prévenus successivement :

- Le Directeur Départemental des Services Vétérinaires,
- Le Chef de Service de la Répression des Fraudes et du Contrôle de la Qualité,
- L'Inspecteur de l'I.S.T.P.M. dans le département côtier, en liaison avec le Chef du Quartier des Affaires Maritimes.

Enfin, le Ministre chargé de la santé informe :

- Le Ministre de l'Agriculture (Direction de la Qualité),
- Le Ministère de la Mer et la Direction de l'I.S.T.P.M. à Nantes.

## 2.2. - Détection d'eaux colorées

Un cas peut illustrer la marche à suivre, il s'agit de la baie de Seine, zone côtière sujette à ce type de phénomène. Un schéma d'intervention a été mis au point par la Commission GALLON (tableau 5).

## 3. - Améliorations pouvant être apportées

- 1 - Dosage chimique de la toxine : non, car trop complexe trop coûteux et nécessitant un appareillage sophistiqué,
- 2 - Test-souris : oui, car universel et rapide à mettre en oeuvre. L'amélioration consiste ici à diversifier les laboratoires aptes à faire le test et à procéder sur place à l'extraction.
- 3 - Exploitation : augmenter la fréquence des informations pour un traitement mathématique ultérieur.
- 4 - Prévention : procéder pour le D.S.P. à une surveillance continue (2 fois par mois) des zones-cibles.
- 5 - Organisation : étendre les relations avec tous les organismes susceptibles d'être concernés.
- 6 - Développer des études régionales dans les secteurs-clés avec l'aide de stagiaires de 3ème Cycle (Arcachon, Salses-Leucate, estuaires de Seine et de Vilaine).

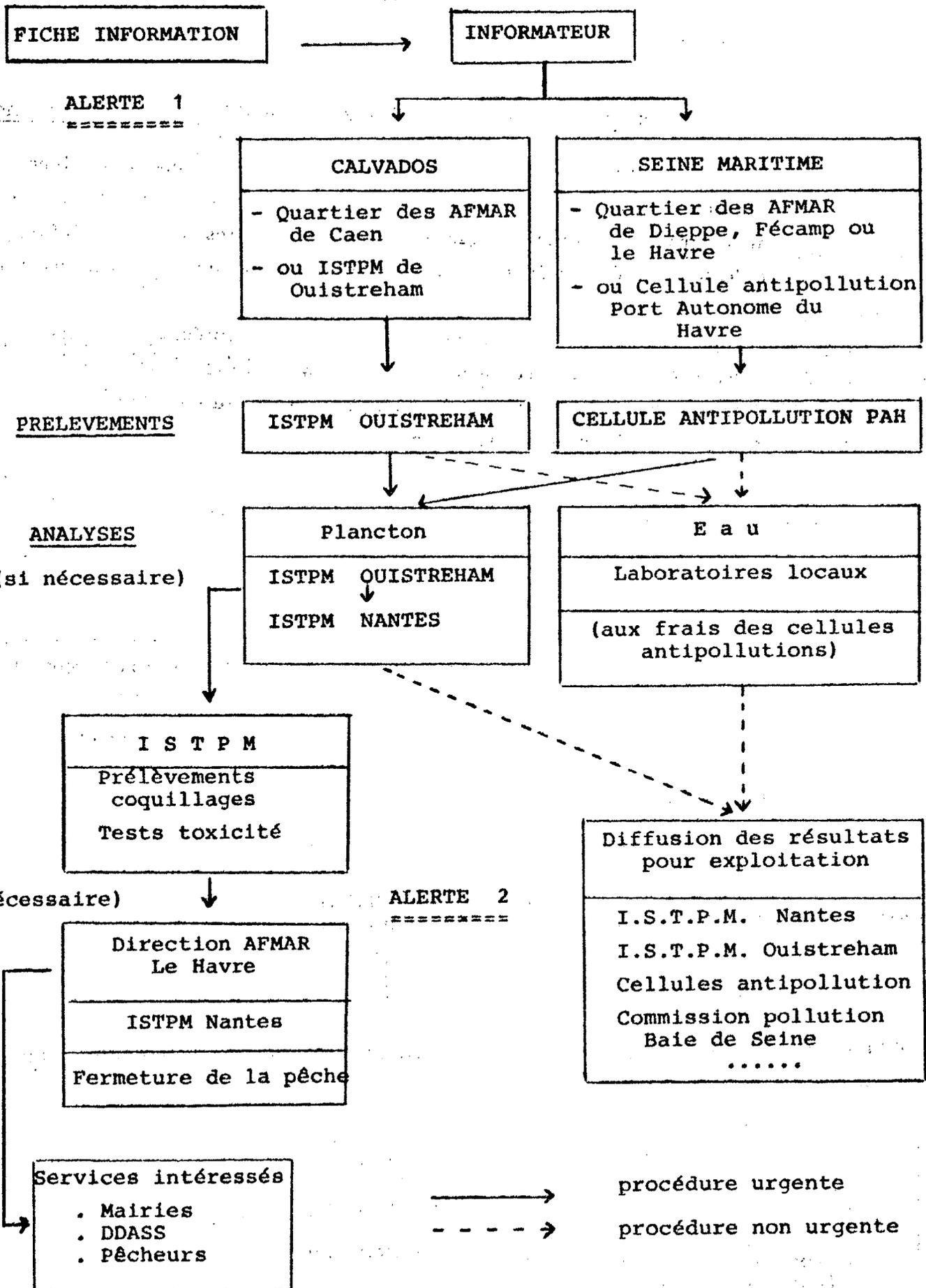


Tableau 5 : Schéma d'intervention en baie de Seine.

#### 4. - Propositions d'une réforme du système de surveillance

Les points essentiels de cette révision seront développés dans une note circulaire destinée à être diffusée dès l'été 1982. Retenons que, par laboratoire, certains agents seront responsables soit de l'information et des procédures administratives, soit des observations et des analyses.

Le système mis en place prend effet immédiatement dès qu'une alerte concernant une perturbation quelconque du milieu est diffusée. Il peut se surajouter à une surveillance annuelle régionale des zones les plus touchées par les phénomènes que nous venons d'évoquer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUGIS P., 1974 - Ecologie du plancton marin. I. Le phytoplancton. Masson et Cie, Paris, 196 p.
- BOURRELY P., 1968 - Les algues d'eau douce - Initiation à la systématique. Tome II : Les algues jaunes et brunes (Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et diatomées). Ed. Boubée et Cie, Paris, 438 p.
- BOURRELY P., 1970 - id. Tome III : Les algues bleues et rouges (les Eugleniens, Peridiniens et Chrytomonadines). Ed. Boubée et Cie, Paris, 512 p.
- BRANDT K., et APSTEIN C., 1908 - Nordisches plankton - Botanischer Teil, Asher ans Co. Amsterdam, Ed. 1964.
- BRUNEL J., 1962 - Le phytoplancton de la Baie des Chaleurs - Contr. Depart. Pêcheries, Quebec, 91, 365 p., 66 pl.
- BUTCHER R., W., 1959 - An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part. I - Introduction and chrophyceae - Fish. Invest., Londres, Ser. 4, 74 p.
- , 1961 - Ibid., - Part VIII - Euglenophyceae - Euglenineae - Fish. Invest., Londres, ser. 4, 17 p.
- , 1967 - Ibid., - Part IV - Cryptophyceae - Fish. Invest., Londres, ser. 4, 54 p.
- CHATTON E., 1952 - Classe des dinoflagellés ou peridiniens (Dinoflagellata BUTSCHLI, 1885, Peridineae EHRENBERG, 1830, Peridinales SCHUTT, 1896). In traité de Zoologie, P.P. GRASSE, Masson et Cie, ed.
- CLEVE-EULER, 1951-1955 - Die Diatomeen von schweden und Finnland. Kunge Svenska Vetenskap. Akad, Handl. Fjärde Ser. IV Band 1. 5.

CUPP E.E., 1977 - Marine plankton diatoms of the west coast of North America.  
Otto Koeltz Science Publishers, 2e ed. 237 p.

DEVEZE L., 1959 - Cycle biologique des eaux et écologie des populations  
planctoniques - Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 25 (15) : 1-219.

ESCANDE-LABROUCHE R., 1964 - Etude statistique et systématique du phytoplancton  
du bassin d'Arcachon - Thèse 3e cycle (Phytobiologie cellulaire et  
Cryptozamie), Fac. Sci. Bordeaux.

FURNESTIN M.L., MAURIN C., LEE J.Y., et RAIMBAULT R., 1966 - Elements de  
planctonologie appliquée. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 30 (2-3) :  
117-278.

GERMAIN H., 1981 - Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres - Paris :  
Société nouvelle des Ed. Boubée, 444 p.

GRALL J.R., et JACQUES G., 1964 - Etude dynamique et variations saisonnières du  
plancton de la région de Roscoff I. - Cah. Biol. Mar., 5 : 423-455.

HENDEY N.I., 1964 - An introductory account of the smaller algae of British  
coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). Fish. Invest.,  
Londres, ser. 4, 317 p. 45 pl.

HEURCK (H. VAN), 1899 - Traité des diatomées - Anvers.

LAFON M., DURCHON M., et SAUDRAY Y., 1955 - Recherches sur les cycles saisonniers  
du plancton - An. Inst. Oceanogr., 31 (3) : 125-130.

LAGARDE E., 1968 - Colloque sur l'unification des méthodes d'analyse des eaux  
saumâtres méditerranéennes (Messine, 13-15 avril 1966) - Comm. Int.  
Explor. Sci. Mer Medit., Monaco : 3-19.

LEBOUR M.V., 1925 - The dinoflagellates of Northern Seas - Plymouth, 250 p.,  
53 figs., 35 pl.

LEBOUR M.V., 1930 - The planktonic diatoms of Northern Seas. Plymouth, 244 p.,  
4 pl.

- LORENZEN C.J., 1967 - Determination of chlorophyll and pheopigments. Spectrophometric equations. Limnol. and Oceanogr., 12 (2) : 343-346.
- LOVEGROVE T., 1960 - An improved form of sedimentation apparatus for use with an inverted microscope - Cons. Int. Explor. Mer. 25 (3) : 279-284.
- MANUEL DE LA CONCHYLICULTURE, 1974 - Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 38 (3), 337 p.
- MANUEL DE LA CONCHYLICULTURE, 1976 - Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 40 (2), 345 p.
- MARGALEF R., 1956 - Informacion y diversidad especifica en las comunidades de organismos - Invest. Pesq., 3 : 99-106.
- , 1958 - Spatial heterogeneity and temporal succession of phytoplankton. In. Proc. Symp. on "Perspectives in Marine Biology", La Jolla, Scripps Inst. Oceanogr., : 323-349.
- MOREAU J., 1970 - Contribution aux recherches écologiques sur les claires à huitres du bassin de Marennes-Oléron. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 32 (4) : 381-466.
- PAULMIER G., 1972 - Seston - Phytoplankton et microphytobenthos en rivière d'Auray - Leur rôle dans le cycle biologique des huitres *Ostrea edulis* L. Thèse Doctorat Université de Provence, mention Sciences.
- PERAGALLO H. et M., 1897-1908 - Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. Asher and Co, Amsterdam, 2e ed., Texte 492p. et Atlas.
- PERES J.M., et DEVEZE L., 1963 - Oceanographie biologique et biologie marine. II. - La vie pélagique. - P.U.F., Paris, 514 p.
- SCHILLER J., 1933-1937 - Dinoflagellatae (Peridineae) in Monographischer Behandlung. I-II- In RABENHORST'S Kryptogamen-Flora von Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, 10 Abt. 3 (1-2) : 1-617 p., 609 fig. et 1-590 p., 612 fig.

- SCOR-UNESCO, 1978 - Phytoplankton manual. Monogr. on Oceanogr. Method., 6., Ed.  
par A. SOURNIA.
- SMAYDA J.J., 1965 - A quantitative analysis ..., II. On the relationship between  
 $C^{14}$  assimilation and the diatom standing crop. Bull. Inter. Am. Trop.  
Tuna Comm., Vol. 9, n° 7, p. 465-531.
- STEEHAN-NIELSEN E., 1933 - Über quantitative Untersuchung von marinen plankton  
mit Utermöhl's umgekehrten Mikroskop. Cons. int. Exolo. Mar., 8 (2) :  
201-210.
- STRICKLAND J.D.H., and PARSONS T.R., 1972 - A practical handbook of sea-water  
analysis. Fish. Res. Bd Canada Bull., 167 : 1-310.
- TAYLOR F.T.R., et SELIGER H.H., 1979 - Toxic Dinoflagellates blooms. Dev. Mar.  
Biol., vol. 1, ed. Elsevier.
- TRAVERS A. et M., 1962 - Recherches sur le phytoplancton du Golfe de Marseille.  
I. Etude qualitative des Diatomées et des Dinoflagellés du Golfe de  
Marseille. II. étude quantitative des populations phytoplanctoniques du  
Golfe de Marseille. - Boc. Trav. Sta. Mar. Endouss, Bull., 26 (41) :  
7-124.
- TREGOUBOFF G., et ROSE M., 1957 - Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. -  
Paris, C.N.R.S.
- UTERMÖHL H., 1931 - Über das umgekehrte Mikroskop. - Arch. Hydrobiol. Plankt.,  
22 : 643-645.
- , 1958 - Zur Vervollkommenung der quantitativen Phytoplanktonmethodik.  
- Mitt. int. Verein. Theor. angew. - Limnol., 9 : 1-38.
- WERNER D., 1979 - The biology of diatoms. - Univ. of California Press. - Berkeley  
and Los Angeles. D. WERNER Ed.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : 2ème PARTIE

- AYRES (P.A.), CULLUM (M.), 1978. - Paralytic shellfish Poisoning Fisheries Research. Techn. Rep. 40 Lowestoft.
- HALSTEAD (B.W.), 1982. - Paralytic shellfish Poisoning Guide World Health Organization. Geneva (Suisse) à paraître.
- HURST (J.W.) et YENTSCH (C.M.), 1981. - Patterns of intoxication of shellfish in the Gulf of Maine coastal waters. Can. J. Fish. Aq. Sc. 38 (2) : 152 - 156.
- IWASAKI (H.), 1979. - The physiological characteristics of neritic red - tide flagellates. Toxic Dinoflagellate Blooms. Taylor/Seliger Eds : 95 - 100.
- KOCH (H.J.), 1939. - La cause des empoisonnements paralytiques provoqués par les moules. Assoc. franc. pour l'Av. des Sciences Liège : 654 - 657.
- PAULMIER (G.), 1977. - Rapport interne ISTPM : Note sur les organismes responsables des eaux rouges.
- PRAKASH (A.) et MEDCOF (J.C.), 1971. - Paralytic shellfish Poisoning in eastern Canada. - Fish. Res. Bd. of Can. Bull. 177.
- RYTHER (J.H.), 1955. - Ecology of autotrophic marine dinoflagellates with reference to red water conditions Contr. 72. W-H-O-I : 387 - 414.
- WOOD (P.C.) et AYRES (P.A.), 1970. - Mussel toxicity and dinoflagellate distribution off north-east Britain in 1970. ICES CM 1970/K : 12 6 p.
- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), SUGAWARA (W.), FUKUYO (Y.), OGURI (H.), IGARASHI (T.) et FUJITA (N.), 1980. - Identification of Dinophysis fortü as the causative organism of diarrhetic shellfish poisoning. Bull. of Jap. Soc. of Scient. Fish. 46 (11) : 1405 - 1411.