

DIRECTION des RESSOURCES VIVANTES

RAPPORT du DEPARTEMENT C.S.R.U.

(Contrôle et Suivi des Ressources et leurs Utilisations)



Isabelle NARDON

Le SUIVI des PHYTOPLANKTONS TOXIQUES

(DINOPHYSIS NOTAMMENT)

Exemple du MORBIHAN en 1987.



IFREMER

- Novembre 1987 -

laboratoire C.S.R.U. de La TRINITE-sur-mer

Rapport n° CSRU-TRI-87-02

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

IFREMER

Laboratoire C.S.R.U.

12 rue des Résistants
56470 La Trinité/mer

DIRECTON DES RESSOURCES VIVANTES

Département C.S.R.U.

(Contrôle et Suivi des Ressources et
leurs Utilisations)

109,1

AUTEUR (S) : Isabelle NARDON		CODE : N° CSRU-TRI-87-02
TITRE LE SUIVI DES PHYTOPLANKTONS TOXIQUES ; (Dinophysis notamment) Exemple du MORBIHAN en 1987		date Novembre 1987 tirage nb : 100 Nb pages : 60 Nb figures : 26 Nb photos : 6
CONTRAT (intitulé) N°	Rapport de stage DEUG Biologie-Chimie-Recherche UNIVERSITE de RENNES 1	DIFFUSION libre ☒ restreinte ☐ confidentielle ☐

RÉSUMÉ

Après une présentation générale du rôle du phytoplancton marin et des problèmes de toxicités phytoplanctoniques, ce rapport étudie plus particulièrement le développement du dinoflagellé toxique Dinophysis.sp dans le Morbihan pendant l'été 1987.

Les problèmes phytotoxiques ont été relativement faibles ce été, ne concernant que la Baie de Vilaine avec :

- fermeture des activités conchylicoles de courte durée au Maresclé seulement ;
- absence presque totale de gastro-entérites.

mots-clés : Phytoplancton, Dinophysis, toxicité, Morbihan

key words :

© IFREMER - Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer





Je remercie Mr FLEURY de m'avoir accueillie au
laboratoire C.S.R.U. d'IFREMER la Trinité sur Mer et
toute l'équipe du C.S.R.U. avec laquelle il m'a été
agréable de travailler pendant deux mois. *

* Stage effectué à l'IFREMER, laboratoire C.S.R.U. de la
Trinité sur Mer - sous la direction de M. FLEURY -
du 15 juin au 15 août 1987.

- SOMMAIRE -

INTRODUCTION	p. 3
A - <u>LE PHYTOPLANCTON MARIN</u>	p. 4
1. Biologie générale du phytoplancton	p. 5
1.1. Définitions	p. 5
1.2. Nutrition et photosynthèse	p. 5
1.3. Facteurs influençant la croissance du phytoplancton	p. 7
1.4. Répartition du phytoplancton	p. 8
2. Aperçu des grands groupes	p. 9
2.1. Classe des cyanophycées	p. 9
2.2. Classe des bacillariophycées	p. 9
2.3. Classe des dinophycées	p. 12
2.4. Autres classes de phytoflagellés	p. 15
B. <u>ROLE TROPHIQUE DU PHYTOPLANCTON POUR LA CONCHYLICULTURE</u>	p. 16
1. Exemple de nutrition chez un mollusque : la moule	p. 17
1.1. Facteurs agissant sur la filtration	p. 17
1.2. La nutrition	p. 17
2. Mesure de l'abondance de phytoplancton	p. 19
C. <u>INTOXICATIONS ET AUTRES PHENOMENES DUS AU PHYTOPLANCTON</u>	p. 20
1. Eaux colorées et mortalités d'animaux marins	p. 21
1.1. Eaux colorées	p. 21
1.2. Mortalités d'animaux marins par anoxie	p. 22
2. Toxicité phytoplanctonique	p. 22
2.1. Les Ichthyotoxines	p. 23
2.2. Le poison paralytique des coquillages	p. 23
2.3. Le poison diarrhéique des coquillages	p. 24
2.4. La Ciguatoxine	p. 25
3. Surveillance de ces phénomènes-Rôle de l'IFREMER	p. 26
3.1. L'IFREMER	p. 26
3.2. Le réseau de surveillance	p. 26
4. Procédures administratives	p. 32
4.1. Alertes et fermetures	p. 32
4.2. Information et informatisation	p. 32
D - <u>SUIVI DU DINOPHYSIS DANS LE MORBIHAN POUR L'ETE 1982</u>	p. 35
1. L'IFREMER dans le Morbihan	p. 36
2. Bref aperçu de la conchyliculture en Morbihan	p. 38
3. Les résultats de l'été 1987	p. 40
4. Conclusion	p. 48
CONCLUSION	p. 49
ANNEXES	p. 50
BIBLIOGRAPHIE	p. 62

INTRODUCTION

Le phytoplancton marin (plankton végétal) est le premier maillon de la chaîne alimentaire ; son ingestion par le zooplancton (plankton animal) ou les mollusques filtreurs en fait la source de toute la vie marine.

Les mollusques filtreurs (coquillages bivalves) disposent ainsi d'une nourriture abondante et "gratuite" qui a depuis longtemps permis leur élevage sur le littoral.

Cependant le développement du phytoplancton, tributaire de l'ensoleillement, des sels nutritifs, des courants, subit des variations saisonnières quantitatives et qualitatives qui influent directement sur la pousse des mollusques.

Parfois même ces variations conduisent à des perturbations du milieu marin (sans qu'on puisse parler de pollution) :

- apparition d'eaux colorées (trouble quantitatif) souvent sans conséquence,
- ou apparition d'une espèce toxique pour l'homme ou les animaux marins (trouble qualitatif), cause de problèmes sanitaires et économiques.

Le suivi de toutes les évolutions du phytoplancton revêt donc, à divers titres, une importance particulière pour les activités conchyliques.

A

LE PHYTOPLANKTON MARIN.

A-LE PHYTOPLANKTON MARIN

Le phytoplancton est le premier maillon d'une grande chaîne alimentaire; nous allons voir qu'il joue un rôle important dans l'écosystème* marin.

cf planche 1

1-BIOLOGIE GENERALE DU PHYTOPLANKTON

1-1-Définitions

"Le plancton est l'ensemble des organismes pélagiques susceptibles d'être entraînés par les déplacements d'eaux."

P. Bougis-Ecologie du plancton marin-

Le phytoplancton en est la partie végétale. Il est représenté par des algues microscopiques isolées ou réunies en chaînes formant des colonies.

Il se différencie du benthos* par le fait qu'il peuple les pleines eaux.

Suivant sa dimension on distingue:

- le macroplancton; taille >5mm
 - le mésoplancton; 1mm < t < 5mm
 - le microplancton; 0,05mm < t < 1mm
 - le nanoplancton; 0,005mm < t < 0,05mm
 - l'ultraplancton; t < 0,005mm
- R. DAJOZ-Précis d'écologie-

On utilise aussi le terme seston pour tout ce qui est de nature organique, mort ou vivant, et qui flotte. Le plancton en est la partie vivante, le tripton la partie morte.

1-2-Nutrition et Photosynthèse

Le phytoplancton est autotrophe. Il réalise la photosynthèse et produit ainsi la matière organique qui lui est nécessaire, tout en rejetant de l'oxygène.

Equation de la photosynthèse: $H_2O + CO_2 \xrightarrow[\text{Sels nutritifs}]{\text{Lumière}} O_2 + (CH_2O)$

Les radiations lumineuses nécessaires à la photosynthèse pénètrent plus ou moins dans l'eau de mer suivant leur longueur d'onde. Celles qui pénètrent (de longueur d'onde de 400 à 500 nm) sont mal utilisées par la chlorophylle a, pigment principal de la photosynthèse, car elles correspondent à des longueurs d'onde non utilisables par la chlorophylle a.

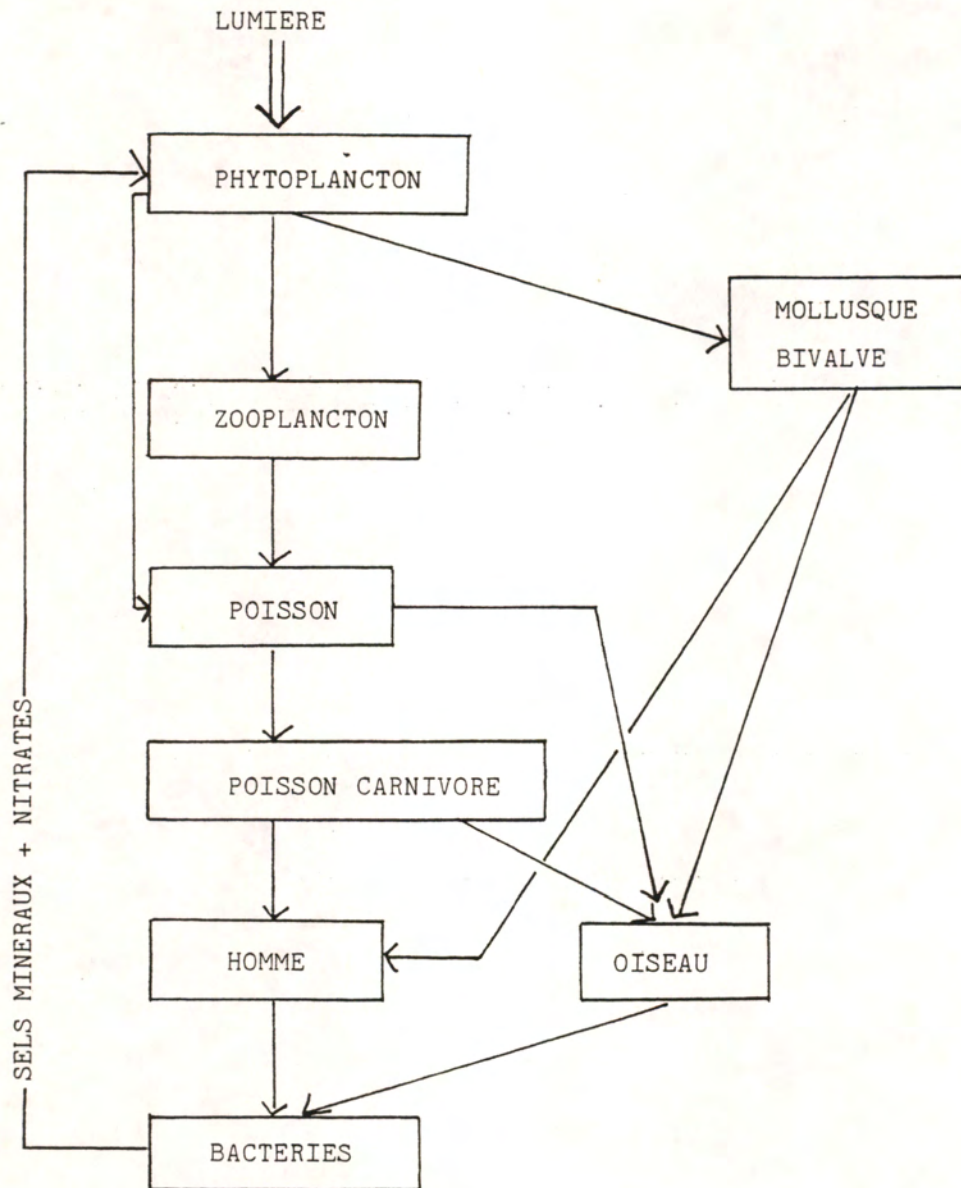
D'autres pigments photosynthétiques (pigments caroténoïdes bruns surtout) sont également présents dans le phytoplancton. Ils ont un spectre d'absorption décalé par rapport à celui de la chlorophylle a et permettent ainsi une meilleure utilisation des rayons lumineux pénétrant dans l'eau.

L'énergie qu'ils captent est alors transmise à la chlorophylle a, seul pigment capable de réaliser la photosynthèse.

*écosystème: ensemble formé par le milieu considéré et les organismes, végétaux et animaux, qui y vivent.

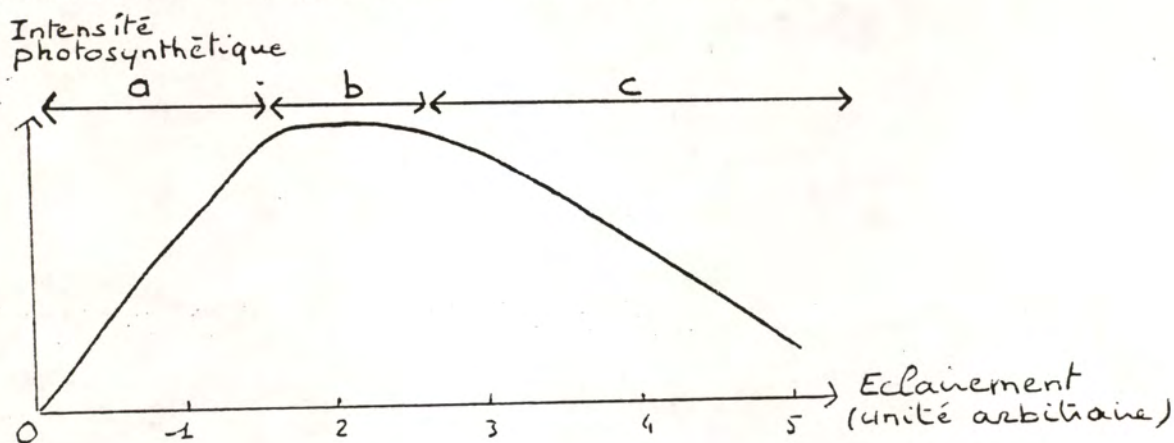
*benthos: ensemble des organismes vivant au fond de la mer, fixés ou mobiles.

- planche 1 -



-Réseau trophique en milieu marin -

Influence de l'énergie lumineuse sur la photosynthèse:



a-énergie lumineuse faible : la photosynthèse est proportionnelle à cette énergie.

b-la photosynthèse plafonne; l'énergie lumineuse est optimale .

c-il y a inhibition de la photosynthèse; l'énergie lumineuse est trop forte et détruit les pigments.

Besoins nutritifs :

L'approvisionnement en eau ne pose évidemment aucun problème au phytoplancton .

Bien que la quantité de gaz carbonique libre dans l'eau de mer soit faible , celui-ci est régénéré en permanence par les carbonates et bicarbonates présents en plus grande quantité , ainsi que par la respiration des plantes et animaux marins .

La photosynthèse en milieu marin est donc limitée par la quantité de lumière et les sels nutritifs contenant azote, phosphore, silicium (pour les diatomées), etc.

1-3-Facteurs influençant la croissance du phytoplancton

Le développement du phytoplancton est réglé par de nombreux facteurs climatiques , physicochimiques et hydrographiques en interaction .

On considère néanmoins comme prépondérants les effets de la température , de la salinité , de l'ensoleillement et de la turbulence de l'eau .

Les sels nutritifs sont rarement limitants pour la biomasse totale car ils sont régulièrement régénérés . Ils influent cependant sur le développement d'espèces à exigences nutritives différentes* et sur le cycle annuel phytoplanctonique de la manière suivante :

HIVER : biomasse phytoplanctonique à son plus bas niveau .
température et ensoleillement faibles ;
à la fin de l'hiver l'eau s'enrichit grâce à des apports terrigènes (pluies , fonte des neiges) .

voir annexe 1 (pages 50 et suivantes) : les successions de populations phytoplanctoniques observées en baie de Vilaine.

PRINTEMPS : augmentation des températures et de l'ensoleillement ;
forte teneur des eaux en sels nutritifs qui permet un
développement phytoplanctonique très important ;
la biomasse phytoplanctonique est à son maximum en fin
de printemps ;

ETE : épuisement des réserves de sels nutritifs ;
important développement de zooplancton phytophage d'ou
une baisse importante de la biomasse phytoplanctonique ;
régénération partielle des éléments nutritifs en fin
d'été .

AUTOMNE : nouvelle poussée phytoplanctonique de moindre importance
et de plus courte durée que celle de printemps .

Remarque : la salinité influe peu entre 20 et 40 ‰ ;
salinité normale en mer : 35 ‰ (35g de sel pour 1 litre d'eau)

1-4-Répartition du phytoplancton

Les radiations lumineuses étant fortement absorbées par l'eau et la
photosynthèse étant indispensable à la plupart des espèces phytoplanctoni-
ques , la répartition de celui-ci est limitée à la zone épipélagique du
milieu marin (couche superficielle éclairée) réduite à quelques dizaines de
mètres de profondeur ceci dans la journée . La nuit la photosynthèse est
interrompue par manque de lumière et le phytoplancton à une répartition
verticale importante .

Le phytoplancton à une répartition spatiale illimitée sur tout le domaine
marin à l'exception cependant des régions recouvertes de glace . Ceci met en
évidence le rôle fondamental du phytoplancton dans l'écosystème marin par
rapport aux algues benthiques fixées sur le fond , également capables de
photosynthèse , mais limitées à une frange littorale laissant le
phytoplancton constituer la base de la production de matière organique des
mers .

2-APERCU DES GRANDS GROUPES

Tiré de "phytoplancton de la baie des chaleurs" - J. Brunel -

Sauf de rares exceptions, le phytoplancton est constitué par des algues unicellulaires microscopiques des groupes nano et microplancton.

PRINCIPALES CLASSES D'ALGUES MICROSCOPIQUES MARINES :

2-1-Classe des cyanophycées (ceae)

Algues bleues unicellulaires, proches des bactéries (absence de noyau cellulaire véritable). Très importantes en eau douce et dans les mers chaudes (ex: Mer rouge).

2-2-Classe des bacillariophycées (ceae) = Diatomées

Comporte de nombreuses espèces benthiques ou planctoniques.

Algues unicellulaires souvent coloniales (en chaînes). Sont protégées par un frustule (coque siliceuse à deux valves s'emboîtant l'une dans l'autre). Comportent des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.

Se multiplient par scissiparité, la mitose donnant deux noyaux. Les deux valves s'écartent et forment les épivalves. Les hypovalves se forment ensuite. Il y a aussi reproduction par microsporulation, auxosporulation, et formation d'endospores (formes de résistance).

Il existe deux sous-classes :

* diatomées centriques :

Organismes à symétrie axiale et à ornementation concentrique ou radiale. Comprennent la plupart des diatomées planctoniques.

Ordre des discoidales :

Organismes courts, discoides ou cylindriques. Valves sans cornes ni protubérances.

Genres : *Melosira*-*Coscinodiscus*-*Thalassiosira*-

Ordre des Soléniales :

Organismes longs, cylindriques, en batonnets.

Genres : *Rhizolenia*-*Leptocyclus*-

Ordre des Biddulphiales :

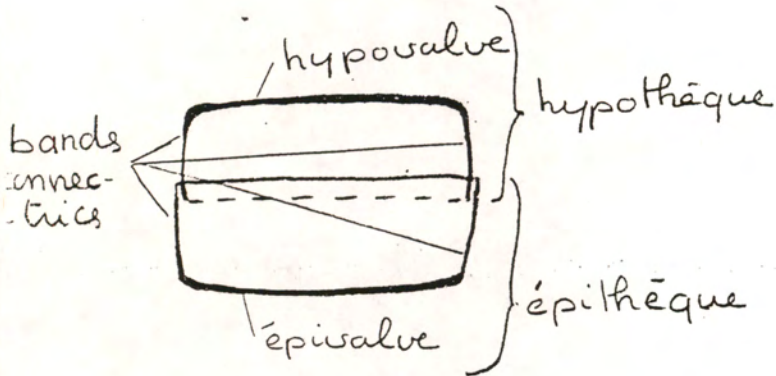
Organismes en forme de boîte. Valves bi ou multipolaires. Possèdent appendices et cornes.

Genres : *Chaetoceros*-*Biddulphia*-

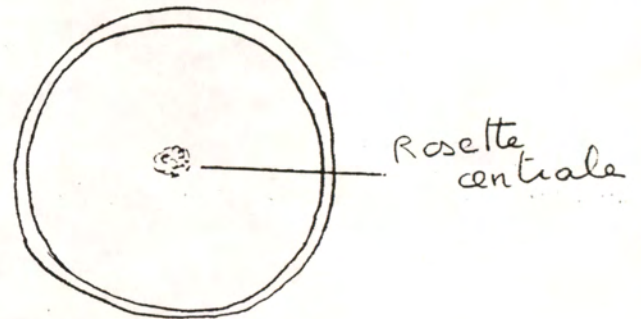
.....

MORPHOLOGIE DES DIATOMÉES

Diatomée centrique

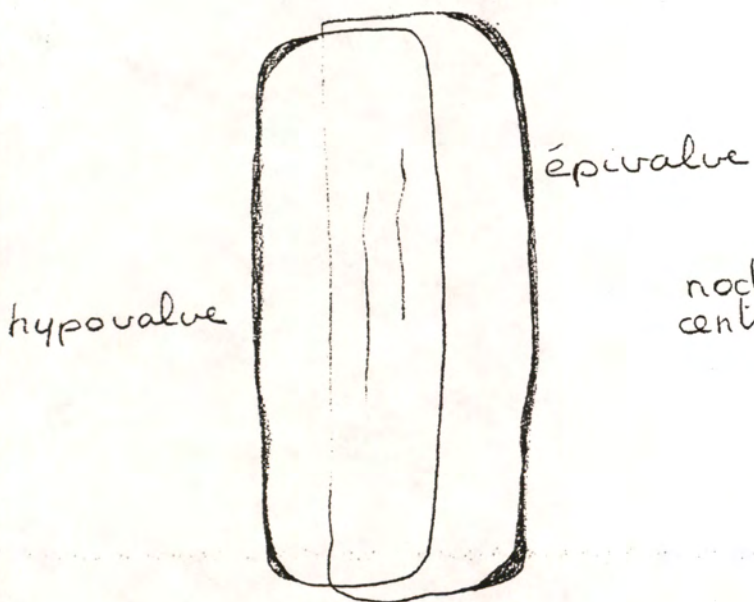


vue cingulaire

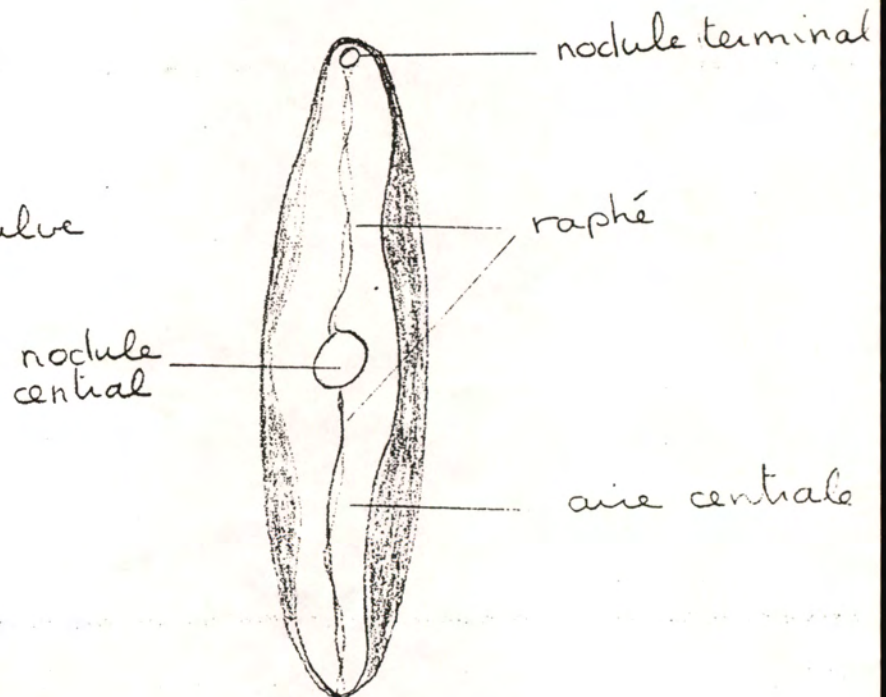


vue valvaire

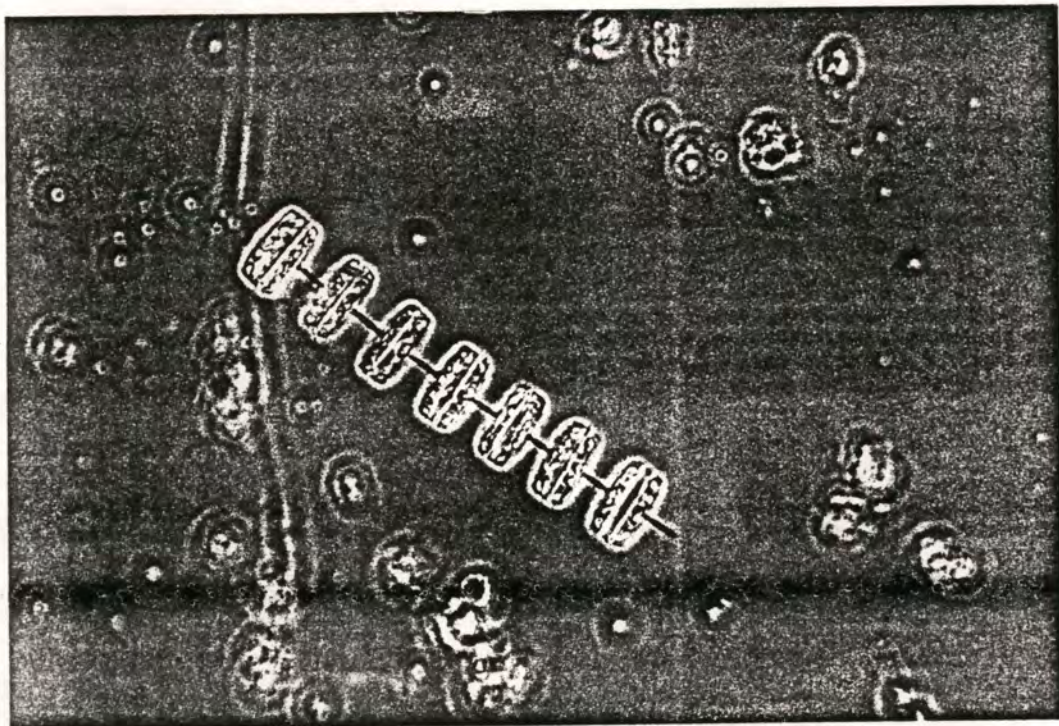
Diatomée pennée



vue cingulaire



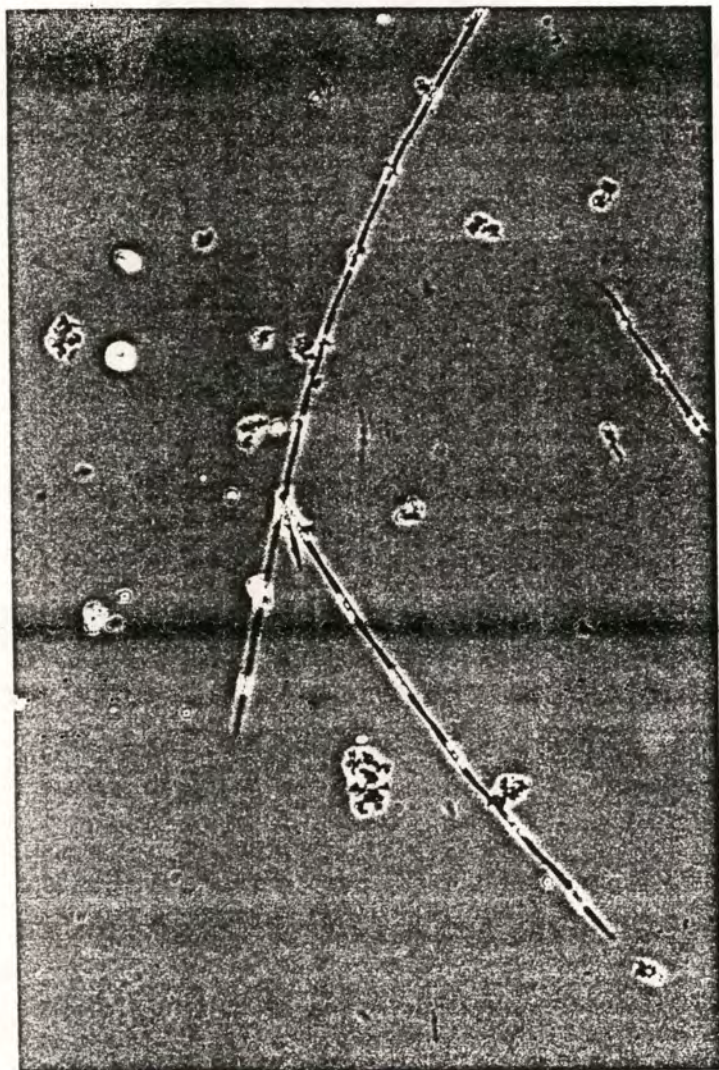
vue valvaire



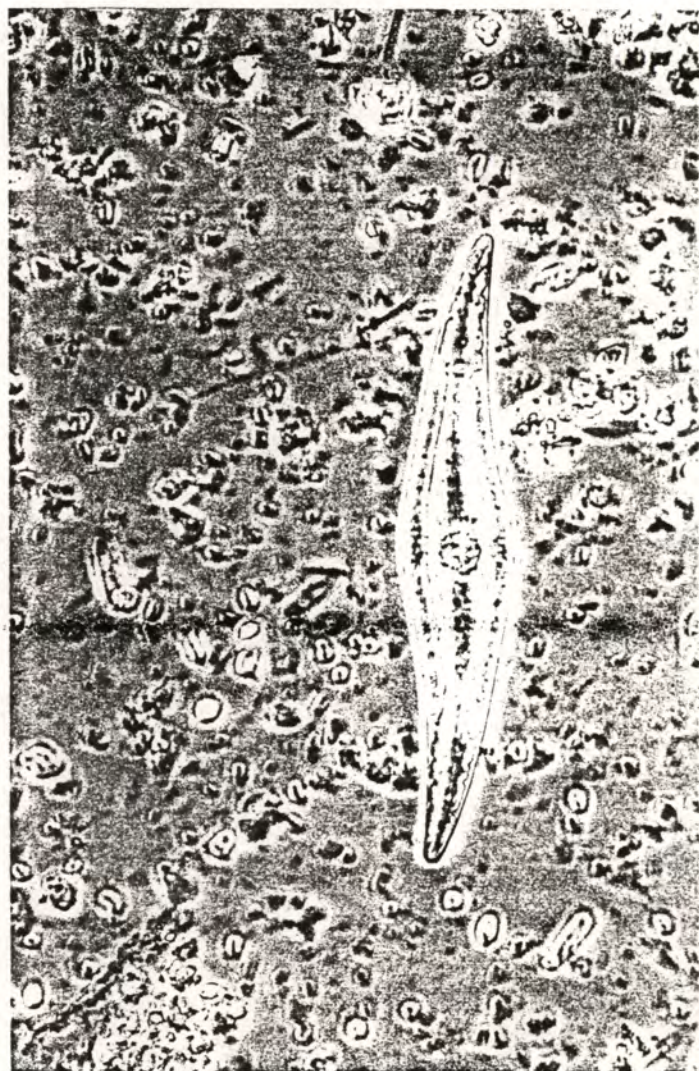
- Thalassiosira rotula - $\phi 40 \mu$

Diatomées

- Nitzschia delicatissima - $L = 50 \mu$



- Pleurosigma fasciola - $L = 90 \mu$



*-diatomées pennées :

Il existe six ordres de d. pennées qui ne seront pas détaillées .

Organismes à symétrie bilatérale; valves à ornements disposés de part et d'autre d'une ligne médiane .
Possèdent un raphé ou un pseudo-raphé .
Sont plus souvent benthiques (vie dans la vase et dans le sable) que planctoniques .

Genres : Pleurosigma-Nitzschia- ...

raphé : fente qui partage les valves dans le plan apical .

pseudo-raphé : aire longitudinale claire .

voir page suivante .

2-3-Classe des Dinophycées (ceae) = Dinoflagellés =Péridiniens

Certaines espèces sont hétérotrophes et même parasites (proches du règne animal).

Organismes unicellulaires comportant deux flagelles perpendiculaires , l'un longitudinal , l'autre ceinturant la thèque , servant à la locomotion. La cellule est nue ou est protégée par une thèque cellulosique à plusieurs plaques (épithèque, hypothèque, plaque cingulaire) qui peuvent être divisées à leur tour .

La forme , l'agencement, et le nombre de ces plaques sont à la base de la classification des dinoflagellés .

La plaque cingulaire porte souvent des membranes dites collerettes, de même que le sulcus porte souvent des ailerons . Collerettes et ailerons peuvent être renforcés par des épines .

Ordre des prorocentrales :

Organismes ovoïdes; flagelles en position apicale , peu différenciés .

Genres : Prorocentrum-...

Ordre des dinophysiales :

Excroissance de la thèque bivalve se développant en collerette (avec sillon transversal) et en aileron (avec sillon longitudinal) .

Flagelles bien différenciés, insérés latéralement .

Genre : dinophysis-...

Ordre des péridiniales :

De morphologie très variée .

Thèque séparée en plaques distinctes , avec sillon flagellaires marqués

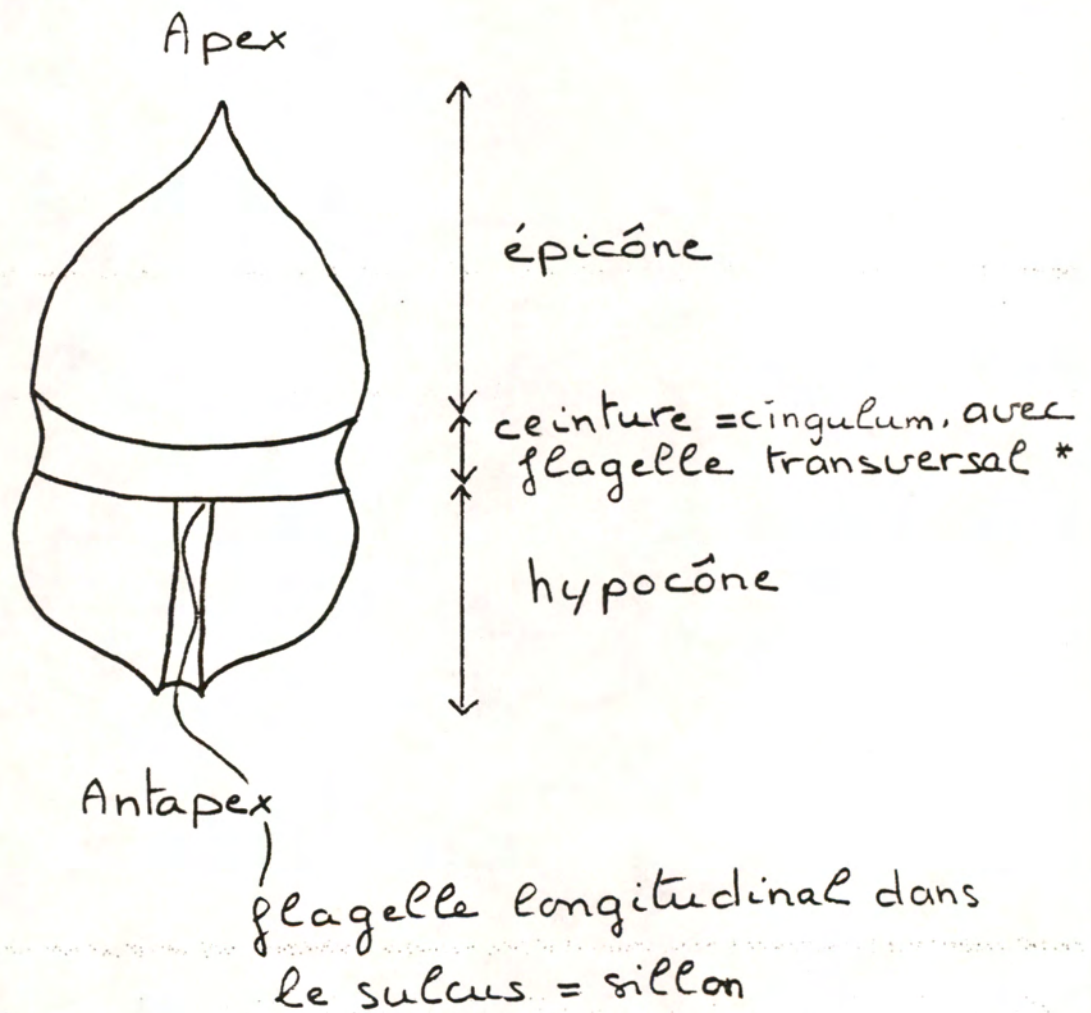
Genres : Protopéridinium-Gonayaulax-Ceratium-

Ordre des gymnodiniales :

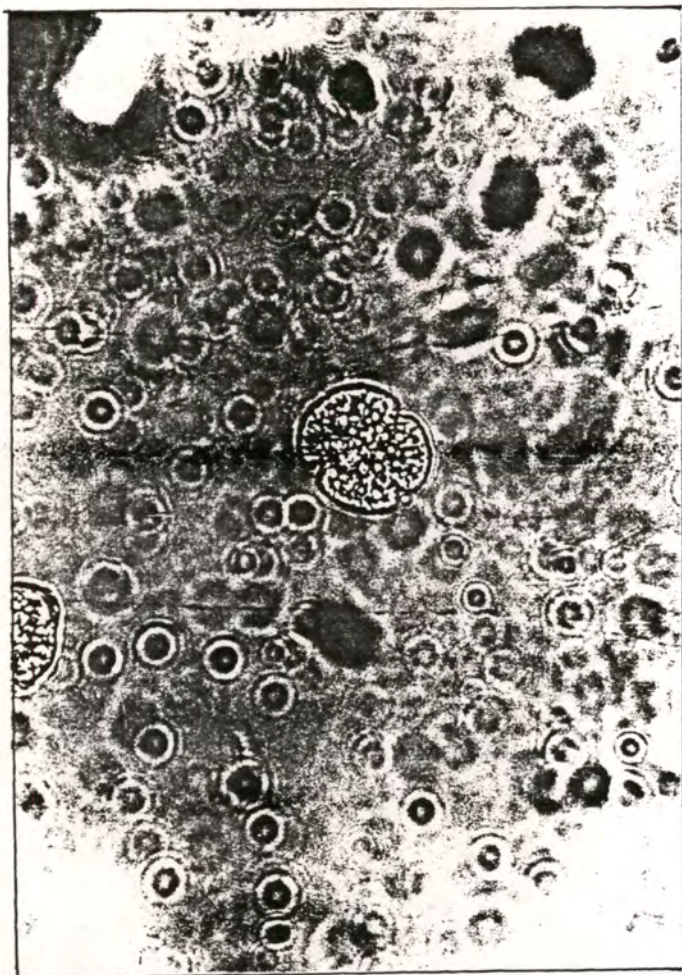
Organismes nus, sans thèque . Flagelles généralement insérés dans deux

MORPHOLOGIE DES DINOFLAGELLES

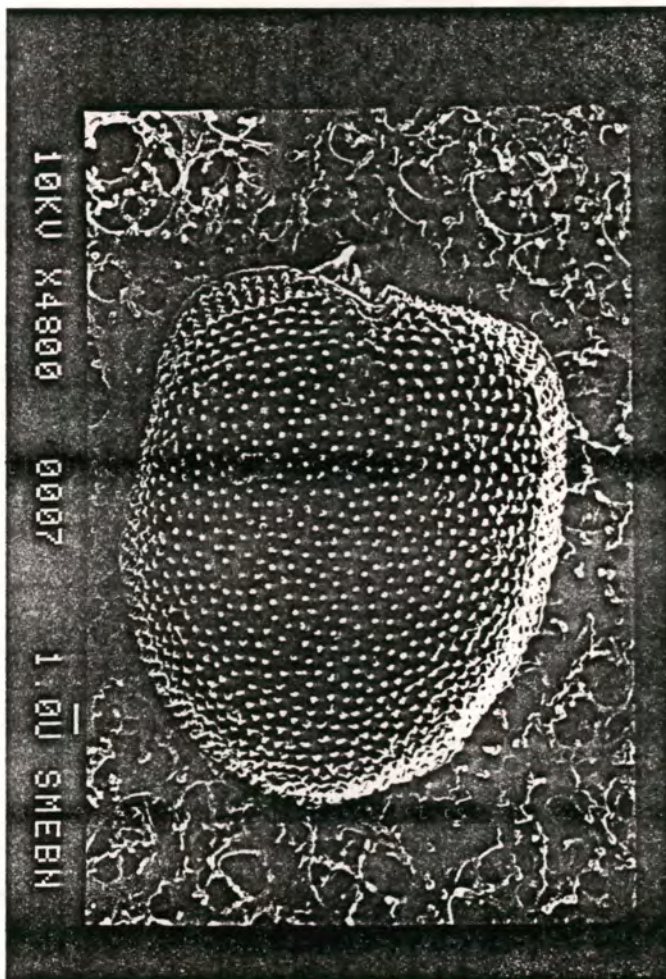
face ventrale



* en forme de membrane



-Gyrodinium aureolum - $L = 24 \mu$ -



-Prorocentrum minimum - $L = 20 \mu$
(mic. électronique à balayage)-

Dinoflagellés.

-Dinophysis acuminata- $L = 50 \mu$



sillons, le sillon transversal pouvant accomplir jusqu'à trois tours autour du corps.

Vivent généralement isolés.

Genres: Gymnodinium - Protodinium -

2.4. - Autres classe de Phytoflagellés

Silicoflagellés = petits flagellés autotrophes à squelette silicieux très anguleux.

Coccolithophorides = petits flagellés à plaques calcaires

Cryptophycées

Xanthophycées

Chrysophycées

Euglenophycées

B

**LE ROLE TROPHIQUE DU PHYTOPLANKTON
POUR LA CONCHYLICULTURE.**

B-ROLE TROPHIQUE DU PHYTOPLANCTON POUR LA CONCHYLICULTURE

La qualité de l'eau en éléments nutritifs est primordiale pour la conchyliculture, les mollusques bivalves élevés étant des animaux filtreurs sédentaires.

Leur mode de nutrition est basé sur l'action des branchies qui font circuler l'eau à travers leur corps.

Le manque d'éléments nutritifs de l'eau ou la mauvaise qualité de ceux-ci peut entraîner un affaiblissement ou même la mort des coquillages, incapables de se déplacer pour aller chercher ailleurs une nourriture plus abondante ou de meilleure qualité.

Une multitude de paramètres hydrobioclimatiques règlent également la réussite des élevages. Ils sont extrêmement difficiles à définir car tous en interactions. La quantité de chl. *a* du milieu reste la mesure la plus effectuée car la mieux connue.

1-EXEMPLE DE NUTRITION CHEZ UN MOLLUSQUE : LA MOULE

Nutrition chez *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*, les deux espèces élevées en France.

Tiré de : La conchyliculture française - L. MARTEIL -

1-1-Facteurs agissant sur la filtration

La filtration ne doit pas être confondue avec le pompage car la moule peut continuer à pomper de l'eau sans la filtrer.

La vitesse de filtration dépend de nombreux facteurs dont : la température, la salinité, l'oxygène dissout, la concentration et la nature des éléments en suspension, la taille, l'âge et les conditions physiologiques du mollusque.
Elle va de 0 à 4,5 litres/heure.

1-2-La nutrition

Les branchies : Au nombre de deux, elles sont reliées à la masse viscé-
----- rale par l'axe branchial. Chacune est constituée de deux rangées de filaments aplatis.

Des touffes de cils relient entre eux les filaments. Les espaces laissés entre les touffes sont appelés ostias.

Le courant pénètre entre le manteau, traverse les branchies par les ostias et ressort par le siphon exhalant.

Les branchies peuvent être assimilées à un tamis de quelques μ de ϕ .

Quantité de nourriture ingérée par une moule :

11 mg/heure /g. sec de moule

Taille des particules ingérées :

tailles maximums : 80 μ de longueur et 15 μ de diamètre.

La taille minimum des particules retenues dépend de la vitesse de pompage. Elle varie de 1 à 3 μ : Selon JORGENSEN (1975)

* chl *a*

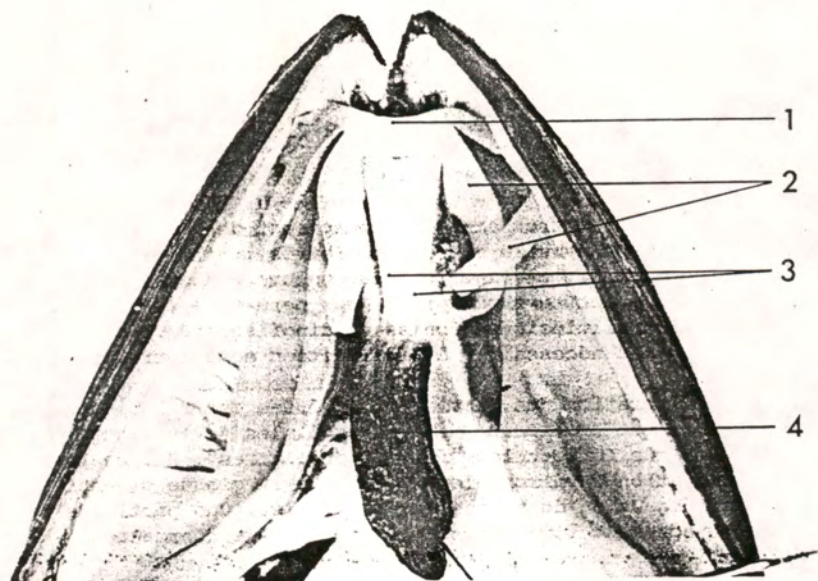
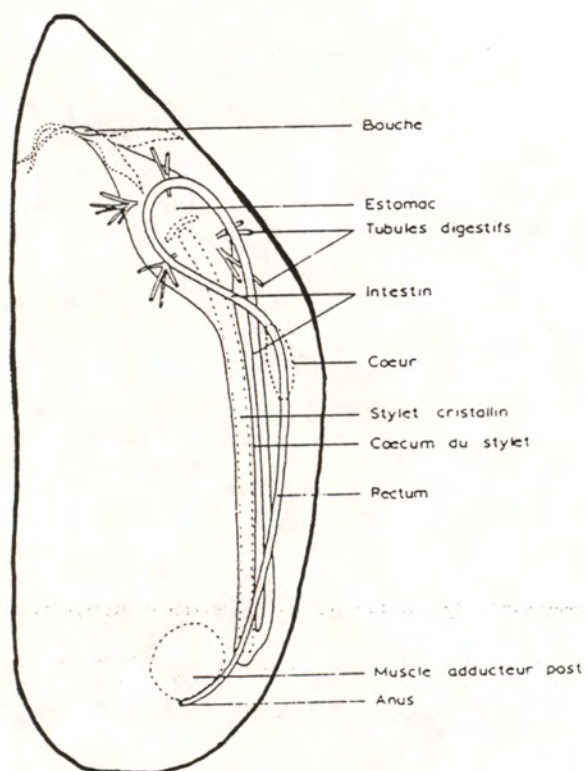


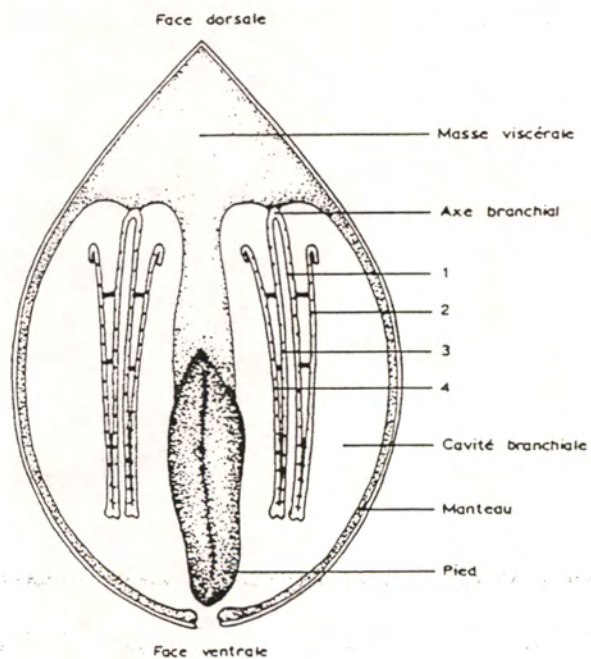
Figure 7.- *M. edulis* L. Détail de la partie antérieure

- 1 - Bouche
- 2 - Palpes labiaux
- 3 - Muscles rétracteurs antérieurs du pied
- 4 - Pied

ANATOMIE DE LA MOULE.



- Schéma du système digestif



coupe transversale schématique

1-2-3-4: filament branchial .

Il s'agit pour la plupart de phytoplancton (nano et microplancton) dont l'abondance peut être connue par diverses mesures.

Une fois captées par les branchies, les particules sont dirigées par des sillons vers deux palpes, puis amenées par les palpes à la bouche ou elles sont ingérées.

Le système digestif : oesophage -estomac -caecum avec stylet cristallin
----- rectum -

De l'estomac partent des tubulles digestifs formant une masse brune.

La digestion, presque exclusivement intra-cellulaire, a lieu dans les cellules des tubulles digestifs et dans les phagocytes du sang.

Les éléments non digérés sont rejetés avec les fèces.

2-Mesure de l'abondance de phytoplancton

Une méthode possible de mesure de l'abondance phytoplanctonique est la mesure de la chlorophylle a, pigment principal de la photosynthèse.

Une étude sur la répartition de la chlorophylle a dans l'étang de Thau a été effectuée par Mrs Tournier et Pichot (Revue des travaux de l'ISTPM tome 49).

Quatorze stations ont été prospectées en 1986 au cours de trente six campagnes. A chaque fois, un litre d'eau de mer a été analysé au spectrophotomètre pour y déceler la chlorophylle a. Puis la teneur en chlorophylle a a été convertie en biomasse phytoplanctonique.

Les prélèvements ont été effectués à 1 mètre de profondeur car il n'a pas été relevé de stratification verticale notable de l'abondance du phytoplancton des eaux libres de l'étang de Thau.

Il a été prouvé que l'effet des blooms sur l'alimentation des coquillages est de très faible importance :

De courte durée et intervenant dans un milieu régulièrement assez riche pour assurer une bonne croissance, ces blooms sont une surabondance d'aliments potentiels et ne sont utilisés que pour une très faible part, le seuil de satiété alimentaire des mollusques étant rapidement atteint.

L'importance pour la croissance de ces derniers est beaucoup plus le niveau moyen de richesse du milieu, établi sur de longues périodes.

Ces blooms peuvent cependant avoir une grande importance sur le développement des animaux marins et seront étudiés au chapitre suivant.

Il a été remarqué que la répartition du phytoplancton change en fonction des principaux types de temps, les vents violents créant des courants. Elle est également influencée par la prédation puissante exercée par les coquillages qui sont concentrés dans les zones conchylicoles.

C

INTOXICATIONS ET AUTRES PHENOMENES
DUS AU PHYTOPLANCTON.

C-INTOXICATIONS DUES AU PHYTOPLANCTON ET AUTRES PHENOMENES

La prolifération d'espèces phytoplanctoniques dans l'eau de mer peut conduire à différents phénomènes directement observables (eaux colorées) ou indirectement observables (mortalités d'animaux marins, intoxications humaines), ces phénomènes pouvant varier en fonction de ou des espèces mises en cause .

1-EAUX COLOREES ET MORTALITE D'ANIMAUX MARINS PAR ANOXIE

Jusqu'à une certaine quantité, la présence d'espèces phytoplanctoniques dans l'eau de mer est bénéfique .Elle contribue à l'alimentation de nombreux animaux marins et participe à l'oxygénation de l'eau . Dès que cette quantité devient trop importante, il y a un déséquilibre du milieu .Dans les cas extrêmes, on peut observer une coloration anormale de l'eau ,et parfois des mortalités d'animaux marins par anoxie .

1-1-Eaux colorées

L'eau de mer peut prendre une coloration inhabituelle (rouge, brun, vert,...) en fonction des pigments contenus dans les cellules planctoniques qui sont alors présentes en très grande quantité (de 100 000 à plusieurs millions de cellules par litres d'eau de mer).

On a observé que :

- ces phénomènes sont surtout observables en été (de juin à septembre) quand l'ensoleillement est important .
- ils n'affectent que la couche superficielle des eaux (de 0 à 4 m de profondeur) .

Toutes les classes de phytoplancton peuvent être responsables d'eaux colorées avec cependant dans 70% des cas des dinoflagellés . Généralement ces phénomènes sont plurispécifiques ,avec des espèces ayant des exigences nutritives et des stratégies de développement similaires . De ce fait, les deux principales classes de phytoplancton ,diatomées et dinoflagellés ,ne cohabitent pas dans une même eau colorée .

Comparaison physiologique :

<u>DIATOMEES</u>	<u>DINOFLAGELLES</u>
-rythme de divisions cellulaires élevé	-rythme de divisions cellulaires lent
-gourmands en sels nutritifs	-peu gourmands en sels nutritifs
-se déplacent peu	-mobiles et actifs (grace aux flagelles)
-préfèrent les eaux un peu agitées qui leur permettent un certain déplacement	-préfèrent les eaux stables

Les successions de population :

Les premières eaux colorées de printemps (en mai-juin) sont dues à des diatomées, peu mobiles .A l'origine ,une eutrophisation (enrichissement excessif en sels minéraux) des eaux côtières due au lessivage des sols par les eaux de pluie.

Les diatomées prolifèrent ,elles appauvrissent le milieu en sels nutritifs qui deviennent insuffisants pour assurer leur développement .Il y a alors apparition de dinoflagellés peu exigeants en sels nutritifs car plus mobiles .

Les facteurs favorisant l'apparition des dinoflagellés sont :

- température élevée de l'eau pendant une assez longue période .
- dessalure de la couche superficielle des eaux due aux pluies .
- milieu relativement pauvre en sels nutritifs .
- stabilité des masses d'eau car il y a alors sédimentation des diatomées et déplacement actif des dinoflagellés vers la surface .
- phénomènes hydrodynamiques les concentrant le long du littoral (courants, vents de mer).

1-2-Mortalités d'animaux marins par anoxie

A la suite d'un phénomène d'eau colorée ,on observe parfois des mortalités d'animaux marins .

En effet ,la présence d'organismes phytoplanctoniques dans l'eau de mer est grande consommatrice d'oxygène et ceci pour deux raisons :

- de jour comme de nuit ,le phytoplancton respire ;la nuit cette respiration n'est pas compensée par la photosynthèse et peut entraîner une raréfaction de l'oxygène dans les couches profondes mal réoxygénées par les mouvements d'eau .
- quand les millions de cellules par litre d'eau de mer dégèrent ,elles tombent sur le fond et sont alors transformées par les bactéries en sels minéraux .Cette transformation de matière organique en sels est grande consommatrice d'oxygène .Il peut y avoir dans les cas extrêmes consommation totale de l'oxygène dissout dans l'eau de mer .

Les coquillages ,tous sédentaires ,sont très touchés par ces phénomènes .Ils meurent alors par anoxie .

Quant aux poissons ,dans le cas d'une désoxygénation généralisée à une vaste étendue ,leur déplacement ne leur permet pas d'atteindre des zones suffisamment oxygénées et ils subissent un fort taux de mortalité (les individus les plus jeunes étant les plus sensibles au manque d'oxygène) .

2-TOXICITE PHYTOPLANCTONIQUE

Certaines espèces de dinoflagellés et quelques rares espèces de chrysophycées (inconnues en Europe) sécrètent des toxines qui ,concentrées ,sont toxiques pour l'homme ou pour les animaux marins .

Principe d'intoxication :

- apparition d'une espèce toxique dans l'eau.
- concentration de la toxine dans l'hépatopancréas des coquillages (concentration proportionnelle à la filtration du coquillage).
- pêche puis ingestion de coquillages par l'homme (ou les poissons).

Les coquillages vecteurs d'intoxications sont notamment : les moules surtout ; les palourdes ; les coquilles St-Jacques ; les coques ; etc... par contre les huîtres semblent être exclues de cette liste.

Des tests-souris (dosages biologiques de la toxine) sont utilisés pour déceler la présence éventuelle de toxine dans les coquillages.

Remarque : les mollusques sont insensibles au PSP et au DSP. Ils concentrent la toxine sans en ressentir les effets.

La cuisson des coquillages est inefficace car les toxines résistent à la chaleur.

2.1. Les Ichthyotoxines = IT

On définit par ce terme des toxines élaborées par les organismes phytoplanctoniques, n'ayant pas d'effets sur l'homme.

Principe d'intoxication :

Les organismes qui synthétisent la toxine sont ingérés comme nourriture par l'animal et empoisonnent mortellement celui-ci.

Principales espèces susceptibles d'élaborer une ichthyotoxine :

- Gyrodinium aureolum : le plus fréquent ; présent en rade de Brest et en baie de Douarnenez.
Toxique si sa concentration est $> 100\ 000\ \mu\text{g/l}$.
- Gonyaulax polyedra : présent sur les côtes bretonnes.

2.2. Le poison paralytique des coquillages = PSP (paralytic shellfish poison)

Poison extrêmement toxique, il est également appelé Saxitoxine aux USA et Mytilotoxine en France.

C'est une neurotoxine ayant une action sur les pompes à sodium du système nerveux. Elle peut entraîner des paralysies allant jusqu'à la mort en bloquant le transfert des influx nerveux et musculaires.

Jusqu'à maintenant la présence de PSP a été relevée dans de nombreux pays et notamment dans la plupart des pays européens à l'exception cependant de la France (Grande Bretagne ; Espagne ; Belgique ; ...).

Symptomatologie : (tiré de : Equinoxe n° 6)

Les symptômes apparaissent très vite, dans les 5 à 30 mn suivant l'ingestion.

Cas bénins : Picotements , engourdissements des lèvres , du visage, du cou puis des extrémités .
Maux de tête , vertiges , nausées .

Cas sévères : Incohérence de la parole ; rigidité et incoordination des membres ; difficultés respiratoires ;

Cas extrêmes : Paralyse musculaire ; grandes difficultés respiratoires ; sensation de choc .

Dans les cas mortels , le décès peut intervenir 2 à 12 heures après l'ingestion par suite d'une paralysie respiratoire .

Les doses létales humaines sont de l'ordre de 200 μ g par voie orale. Quant à la détection , on considère que les risques d'intoxication commencent à partir de 80 μ g de poison pour 100 g de chair égouttée de coquillage .

Des variations individuelles de réaction sont observées en fonction de :

- l'âge : réaction > chez l'enfant que chez l'adulte .
- le sexe : réaction > chez l'homme que chez la femme .
- l'accoutumance : réaction > chez le touriste que chez le riverain .
- du repas : réaction > pour coquillages seuls que repas complet .

Dans la majorité des observations concernant une intoxication au PSP , les concentrations en organismes cellulaires restent faibles et on n'observe pas de phénomènes d'eaux colorées .

Principales espèces élaborant du PSP :

- Gonyaulax tamarensis (observé en Grande Bretagne et en mer du nord) .
- Gonyaulax excavata (observé à Oslo) .
- Gonyaulax acatenella , catenella , monilata (sur le continent américain uniquement) .
- Prorocentrum minimum (observé au Japon et aux USA) .

2-3-Le poison diarrhéique des coquillages = DSP (diarrhetic shellfish poison)

On désigne par ce nom des toxines dérivant de l'acide okadaïque et produisant des réactions de type gastro-entérites chez les consommateurs. Les intoxications dues au DSP n'ont jamais été mortelles .

Les processus d'intoxication sont les mêmes que pour le PSP ainsi que les coquillages vecteurs d'intoxication .

Des études sont actuellement en cours pour définir le degré de toxicité des différents coquillages .

Cette toxine n'ayant jamais été isolée , il est nécessaire d'effectuer un test-souris pour définir le degré de toxicité des espèces rencontrées .

Symptomatologie : (tiré de Equinoxe n° 6)

Les symptômes apparaissent entre 30mn et 12 heures après l'ingestion et persistent rarement plus de 48 heures . L'intoxication par DSP est moins rapide que par le PSP car elle nécessite un début de digestion .

- diarrhée (dans 100% des cas)
- nausée
- douleurs abdominales

Principales espèces élaborant du DSP :

- Dinophysis fortii ; rencontré au Japon .
- Dinophysis acuminata ; rencontré en Europe .
- Dinophysis sacculus ; rencontré en Europe .
- Prorocentrum lima ; assez rare .

Il y a un risque potentiel d'intoxication pour le consommateur à partir de :

- 200 φ /l. pour le dinophysis *
- plusieurs milliers de φ /l. pour le prorocentrum

Cependant ces chiffres ne sont qu'indicatifs et peuvent être largement dépassés sans risque dans certains cas non encore expliqués .

Exemple :

En baie de vilaine ,été 87 :

- en juin, 1000 φ /l. de dinophysis ; test-souris positifs .
- en juillet , 10700 φ /l. de dinophysis ; test-souris négatifs .

Dans une même zone ,pour une même efflorescence phytoplanctonique , la toxicité de l'espèce mise en cause peut varier d'où la nécessité des test-souris pour quantifier cette toxicité .

Les phénomènes d'intoxication de type DSP sont apparus en France en 1983 avec une grande ampleur dans la baie de Vilaine .

Ils se succèdent depuis ,pendant la période chaude ,avec de grandes variations de durée, d'intensité et de localisation .

De nombreuses études concernant le dinophysis sont actuellement en cours pour essayer de cerner ce phénomène relativement récent .

On ne sait pas :

- isoler la toxine .
- quels sont les facteurs hydrobioclimatiques qui le font apparaître .
- les coquillages qui concentrent le moins la toxine .
- le temps de décontamination des différents coquillages .

2-4-La ciguatoxine (syndrome ciguatérique)

Bien connue dans les régions chaudes (Polynésie ; Caraïbes) ,elle ne se rencontre pas dans nos régions tempérées mais peut être importée par le biais des poissons exotiques .

Les agents de contamination sont les poissons se nourrissant de déchets coralliens et d'algues (Murènes ; Barracuda) .

Symptomatologie :

Les premiers symptômes apparaissent 1 à 6 heures après l'ingestion .

- nausée .

- picotement buccaux .

Par la suite ,le syndrome gastro-intestinal se développe ainsi que le syndrome nerveux : hypotension ,troubles de la vue ,sensation de froid et de chaud en alternance .

Principale espèce élaborant la ciguatoxine :

- Gambierdiscus toxicus (dinoflagellé)

* φ /l : nombre de cellules par litre d'eau de mer.

3-SURVEILLANCE DE CES PHENOMENES -ROLE DE L'IFREMER

C'est l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation en Mer) et plus particulièrement le département CSRU (Contrôle et Suivi des Ressources et de leur Utilisation) qui contrôle l'apparition de ces phénomènes, en suit l'évolution et tire éventuellement la sonnette d'alarme quand le seuil de toxicité est atteint (RESEAU de SURVEILLANCE).

Il réalise également de nombreuses études pour une meilleure connaissance des efflorescences phytoplanctoniques dont de nombreux aspects restent obscurs.

3-1-Présentation de l'IFREMER

Né en 1984 de la fusion du CNEOX (Centre National pour l'Exploitation des Océans) et de l'ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes), l'IFREMER est un organisme à vocation scientifique (recherche fondamentale et appliquée) et industrielle (mise au point de nouvelles technologies), tous ces travaux étant menés en parallèle avec les professionnels concernés.

En métropole, l'IFREMER possède quatre centres régionaux à Boulogne sur mer, Brest, Nantes et Toulon. Quinze stations leurs sont rattachées.

Outremer il existe un centre à Tahiti et cinq délégations : St-pierre et Miquelon, les Antilles, la Guyane, la Réunion, la Nouvelle-Calédonie.

3-2-Le réseau de surveillance

3-2-1-LES DIFFERENTS TYPES DE POINTS

Mis en place pour contrôler l'arrivée éventuelle d'efflorescences à dinoflagellés ainsi que pour en suivre l'évolution, le réseau de surveillance IFREMER comporte trois types de points :

-des points de suivi :

Situés plus ou moins au large, ils représentent un secteur.
Des prélèvements d'eau y sont effectués :

- 1 fois par mois en hiver.

- 2 fois par mois de Mars à Octobre, jusqu'à l'apparition de dinophysys dans l'eau.

Dans l'eau, on observe la flore totale. On peut ainsi définir la qualité trophique de l'eau.

On y décèle l'arrivée de dinophysys au printemps ; dans ce cas, on passe aux points d'alerte.

-des points d'alerte :

Situés dans les principales zones coquillères, il en existe plusieurs par secteur.

Des prélèvements d'eau et de coquillages y sont effectués une fois par semaine.

On peut également passer au système d'alerte en cas de suspicion de toxicité (cas de gastro-entérites dues à l'ingestion de coquillages signalés par les pharmacies , par la DDASS).

La surveillance au niveau de ces points est maintenue jusqu'à disparition totale du dinophysis dans l'eau .

Pour ces points le plus souvent , les prélèvements d'eau sont effectués à la basse mer en même temps que les prélèvements de coquillages (pour les coquillages , obligation d'attendre la basse mer pour que les bouchots soient découverts).

- des points occasionnels: non programmés.

3-2-2-Méthodologie

a-Prélèvements d'eau

Effectués à la pleine ou à la basse mer à l'aide d'une bouteille à prélèvement , l'échantillon est ensuite lugolé dans un flacon pour fixer les micro-organismes présents dans l'eau (2 ml de lugol pour 1 litre d'eau) .

Au laboratoire , une partie de l'échantillon est mise à décanter pendant quatre heures dans une cuve à décantation de 10 cm³ .

Les micro-organismes meurent et tombent au fond de la cuve .

Après décantation , l'observation est faite au microscope inversé (il permet d'observer le fond de la cuve) par balayage de toute la surface du fond de la cuve .

Le nombre d'organismes toxiques est alors relevé puis il est ramené au litre (x100) .

A chaque prélèvement , deux paramètres sont mesurés :

la température de l'eau et la salinité .

IL est dommage que la mesure de l'oxygène dissout ne soit pas effectuée ; elle donnerait des renseignements sur les problèmes d'anoxie .

Fiabilité de la méthode :

De nombreuses erreurs telles qu'une mauvaise homogénéisation du flacon , des erreurs de lecture , peuvent intervenir et fausser les résultats .

b-Observation des coquillages

Les coquillages sont conservés au réfrigérateur s'ils ne peuvent être observés dès leur arrivée à la station , ou au congélateur s'ils ne peuvent être observés sous quarante huit heures ; Ceci pour ralentir la digestion des organismes phytoplanctoniques par les coquillages . Aussi , durant le trajet "lieu de pêche → labo " , les coquillages sont transportés dans une glacière .

Observation de contenus stomacaux :

Ouvrir délicatement le coquillage . A l'aide d'une sonde cannelée et en passant par la bouche, vider tout le contenu stomacal sur deux ou trois lames . Observer entre lame et lamelle :

- toute la lamelle s'il y a peu de dinophysis .
- une demi-lamelle s'il y en a beaucoup .

Observer : - deux coquillages si les résultats sont comparables
(différence $< 1/5$) .
- trois coquillages si les résultats sont éloignés
(différence $> 1/5$) .

Les résultats sont exprimés en nombre moyen de dinophysis par coquillage.

Fiabilité de la méthode :

• Il est parfois difficile d'observer les lamelles quand le contenu stomacal est partiellement digéré ou quand des gamètes le masquent par suite d'un déchirement du tube digestif, (mais dans ce cas le prélèvement du contenu stomacal est à refaire, sur une autre moule)

• L'agglomération de particules organiques masque des portions de champ d'observation de la lamelle, et les résultats sont donc sous-évalués.

• Enfin l'examen des contenus stomacaux étant très long pour chaque moule (plus d'une heure) l'observation ne peut porter que sur 2 ou 3 moules, ce qui constitue un échantillonnage très restreint, compte tenu de la variabilité des contenus stomacaux d'une moule à l'autre.

L'observation du Dynophysis dans les contenus stomacaux doit donc être considéré comme un indice d'abondance, et non comme un dénombrement rigoureux du Dinophysis ingéré par les coquillages.

C-Test-souris DSP

La recherche rapide de la toxine par des essais immunologiques ou des analyses chimiques semblables à ceux menés pour la détection du poison paralytique n'est pas au point à ce jour. Actuellement, la détection de la toxine se fait essentiellement à l'aide d'un test biologique sur des souris de laboratoire. Ce test d'impact sur les souris a été mis au point au Japon en 1980 (dosage biologique de la toxine) . Il est effectué par injection d'un extrait contenant la toxine à des souris blanches (race pure : souche SWISS) de sexe mâle et de poids voisin de 20 grammes. Le temps de survie des souris après piqure est converti en unités-souris (voir courbe page 31)

Etalonnage du test-souris :

En France l'étalonnage du test a été effectué à partir d'un extrait de référence très concentré en toxine (Antifer, juillet 1983 : 1 million de dynophysis/litre) qui, par dilutions successives a permis d'obtenir des concentrations décroissantes en toxine, mais dont la valeur absolue n'est pas connue (voir annexe 2)

Au niveau épidémiologique, il semble y avoir une assez bonne corrélation entre des apparitions de gastro-entérites et une survie des souris inférieure à 5 heures.

Le test est donc dit positif lorsque la survie moyenne des souris est inférieure à 5 heures, ce qui correspond à une toxicité supérieure à 1,34 U.S.

Ecoquillages pour test-souris :

Ouvrir les coquillages et prélever trente grammes d'hépto-pancréas (poids égoutté) par prélèvement.

Conservier les hépto-pancréas dans l'acétone jusqu'à la réalisation des test-souris.

Extraction de la toxine :

- Dans un erlen , mettre les 30 grammes d'hépatopancréas et 100 ml d'acétone . Broyer à l'ultraturax quelques minutes .
La toxine passe dans l'acétone car elle y est soluble .
(il faut 33 ml d'acétone pour 10 grammes de chair)
- Filtrer le tout sur papier plissé . On récupère le filtrat dans un ballon de 500 ml s'adaptant sur le rotovapor (évaporateur rotatif)
- Reprendre la chair dans 100 ml d'acétone . Broyer à nouveau .
Filtrer . Toute la toxine est alors passée dans l'acétone .
Si les tests ne peuvent être effectués dans la journée , on arrête là l'extraction .
- Evaporer l'acétone au rotovapor , à 37° c. , sous vide .
Le vide abaisse la température d'ébullition et permet une distillation plus rapide .
- Evaporer ensuite l'eau à l'aide d'un deuxième rotovapor , à 37° c. , avec un vide plus poussé car la température d'ébullition de l'eau est plus élevée que celle de l'acétone .
Il reste alors dans le ballon un résidu marron collé aux parois .
Ce résidu contient la toxine plus ou moins diluée .
- Reprendre le résidu avec 6 ml de tween 60 dilué au 1/100 (10 ml de tween 60 pour 990 ml d'eau distillée).
(il faut 2 ml de solution de tween pour 10 g. de chair) .
- Bien racler les parois du ballon à l'aide d'un agitateur magnétique ce qui dissout totalement le résidu dans le tween .
Verser la solution obtenue dans un petit pillulier .

Injection de la toxine aux souris :

A faire le plus tôt possible dans la journée pour pouvoir surveiller les souris le plus longtemps possible , surtout dans les cinq premières heures suivant l'ingestion .

Pour chaque prélèvement , trois souris sont piquées . Afin de les reconnaître , les marquer d'un ou de plusieurs traits sur la queue .

- Injecter avec une seringue , 1 ml de la solution en injection intrapéritonéale , à chacune des trois souris .
La même seringue peut être utilisée car il s'agit du même échantillon .
- Noter la date et l'heure de l'injection .
- Laisser les souris dans une cage en les privant d'eau pendant les cinq premières heures (et de nourriture) .

Si après 5 heures les souris sont toujours vivantes, on considère le test comme négatif ; la toxine n'aura aucun effet sur le consommateur de coquillages.

- les pilluliers précisément étiquetés peuvent être stockés au réfrigérateur pour une éventuelle étude.

Calcul des unités souris :

- le temps de survie est multiplié par x, en fonction du poids de la souris (d'après une table).

Par exemple : $x = 1$ si la souris pèse 20 grammes.

$x = 1,1$ si la souris pèse 18 grammes.

On a alors le temps de survie corrigé.

- Si les temps de survie corrigés des trois souris sont proches, on fait leur moyenne.

Si un des temps diffère (une souris morte et deux vivantes ou des temps très différents), on l'élimine et on fait une moyenne avec les deux autres temps (les plus rapprochés).

- A l'aide d'une deuxième table, on convertit la moyenne des temps de survie corrigé en unité souris (U.S.) - voir page 31. Arbitrairement, on considère comme mortes en vingt quatre heures les souris ayant survécu, ce qui donne un résultat de 0,5 U.S. On n'a donc jamais de test égal à zéro (en principe).

Si le test est supérieur ou égal à 1,34 U.S., il y a risque d'intoxication pour le consommateur (temps de survie corrigé < 5 heures).

Critique du test :

- Aux doses sublétales, les possibilités de défense et de récupération inhérentes à chaque animal deviennent très importantes. Les temps de survie présentent alors une grande dispersion qui augmente avec la toxicité.

- Au laboratoire CSRU de la Trinité sur Mer, on a choisi une variante pour quantifier les tests dans le cas de survie des souris au-delà de vingt quatre heures, et ceci pour une meilleure appréciation des résultats.

(Les tests étant rarement positifs, si l'on maintenait le minimum à 0,5 U.S., on n'observerait jamais de grandes variations de résultat).

- Si les trois temps de survie corrigé sont $>$ à vingt quatre heures on affecte le résultat de 0 U.S. à l'échantillon.

- Si sur les trois temps de survie corrigés, deux sont > 24 heures et le troisième < 24 , on élimine le résultat isolé et on affecte 0,5 U.S. à l'échantillon.

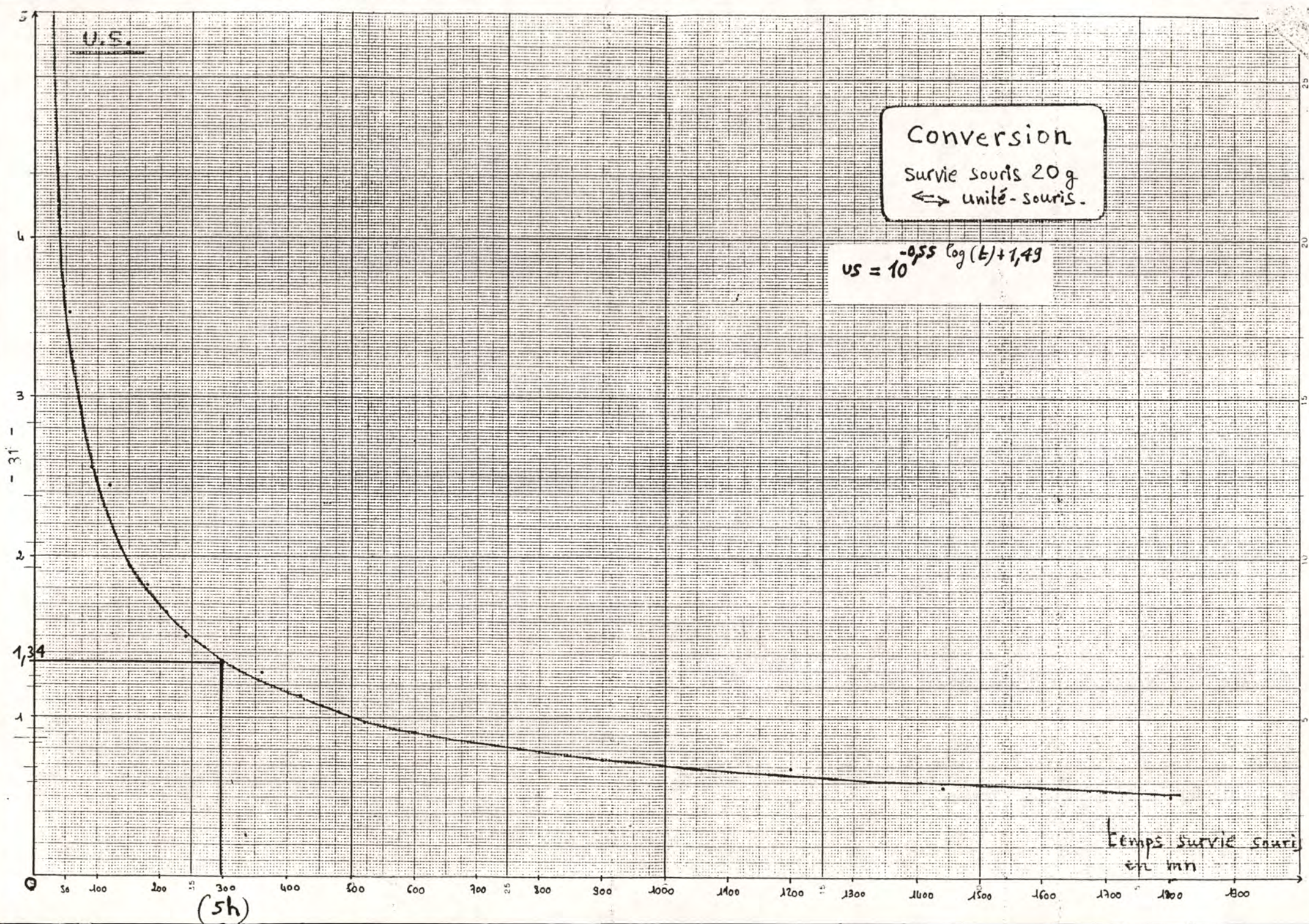
U.S.

Conversion

Survie souris 20 g

↔ unité-souris.

$$US = 10^{-0,55 \log(t) + 1,49}$$



4 - PROCEDURES ADMINISTRATIVES

Dès l'apparition de cellules de Dinophysis dans l'eau (au printemps), le réseau analytique local d'IFREMER passe en phase d'alerte.

4.1. Alerte et fermetures

En période d'alerte le nombre de points de prélèvement augmente, les prélèvements deviennent hebdomadaires et des analyses supplémentaires sont effectuées :

- observation des contenus stomacaux des coquillages (indice d'abondance dans les coquillages)
- tests-souris (dosage biologique de la toxine).

Un télex récapitulatif de ces analyses est transmis chaque semaine aux administrations régionales et départementales (Préfecture ; Affaires Maritimes ; DDASS et Services Vétérinaires).

En cas de tests-souris positifs ($> 1,34$ U.S.), il y a risque potentiel d'intoxication pour le consommateur de coquillages (alerte à priori) ; de même une épidémie de gastro-entérites peut signifier des intoxications par le D.S.P. (alerte à posteriori).

C'est la Direction Régionale des Affaires Maritimes, par délégations des préfets, qui centralise toutes ces informations et prend si nécessaire des arrêtés de fermeture locale des activités conchylicoles. Les huîtres ne sont pas concernées par ces arrêtés, car elles ne filtrent pas (ou pas assez) le Dinophysis pour présenter des risques d'intoxication pour le consommateur. En général les arrêtés de fermeture sont pris dès que le test-souris est positif.

Pour la réouverture, il est préférable d'attendre que les tests-souris se révèlent négatifs ($< 1,34$ U.S.) 2 semaines consécutives, car les décontaminations souvent irrégulières nécessitent d'être confirmées après un premier test négatif.

Les fermetures sont donc d'une durée minimum de deux semaines, ce qui n'est pas sans lourdes conséquences pour les conchyliculteurs et particulièrement les mytiliculteurs dont l'été est la meilleure saison de vente.

4.2. Information et informatisation

Outre les actions de contrôle visant au respect des arrêtés de fermeture, l'efficacité de celles-ci tient surtout de la rapidité avec laquelle elles sont prises.

A cet égard des efforts importants ont été faits par IFREMER :

- pour raccourcir les délais d'obtention des résultats analytiques (décentralisation des tests-souris au niveau des laboratoires locaux),

- et pour une information très rapide des administrations : envois de téléx.

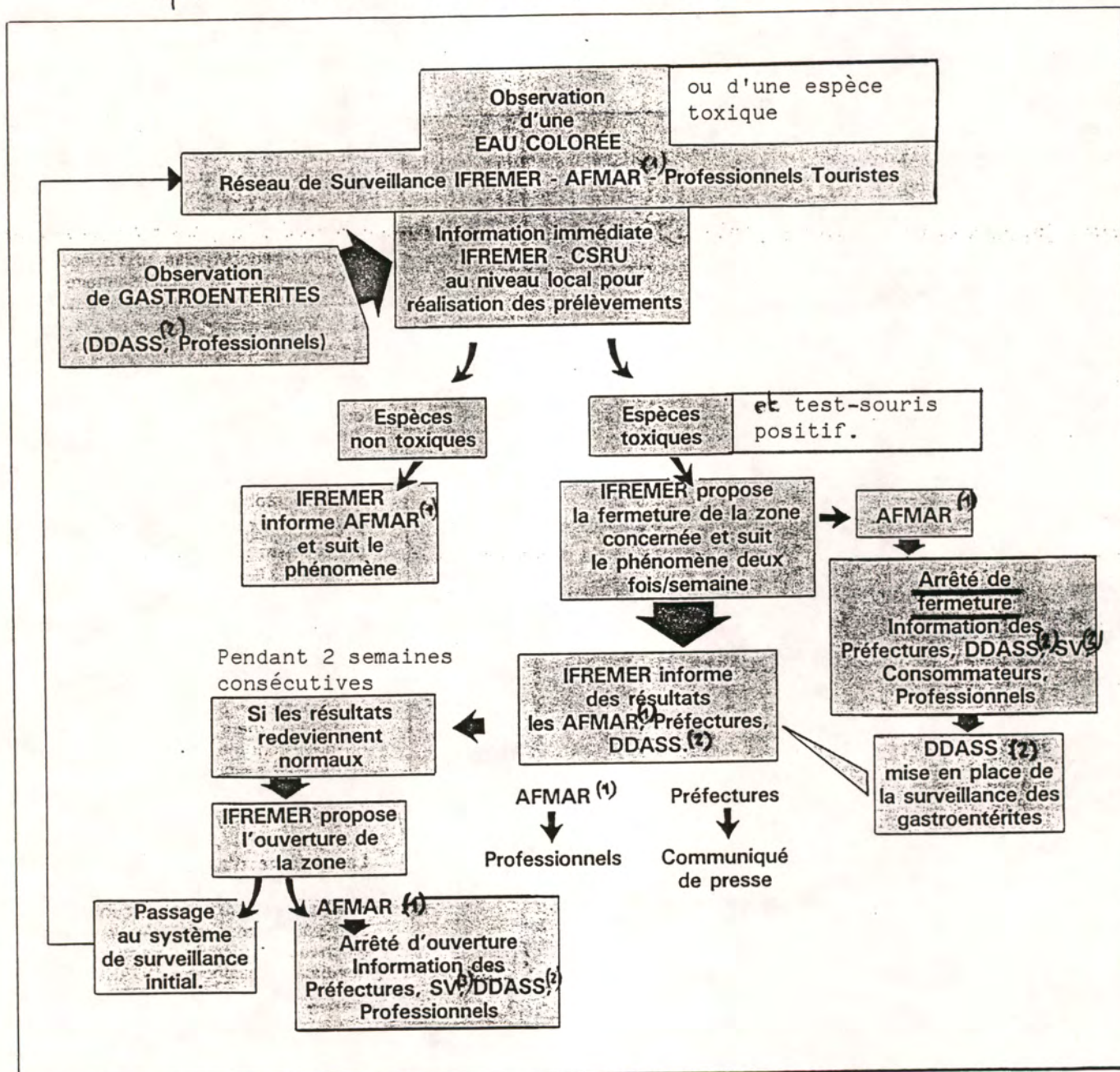
De plus les analyses du suivi phytoplanctonique sont maintenant rentrées dans un réseau informatisé national (propre à IFREMER) et consultables sur Minitel (avec codes d'accès). Après la phase de rodage cet été, ce réseau devrait être totalement opérationnel en 1988 et permettre aux diverses administrations d'avoir connaissance des résultats au fur et à mesure qu'ils sont rentrés dans le réseau.

Les professionnels actuellement informés de l'évolution du Dinophysis par les Affaires Maritimes, souhaitent avoir également accès au fichier informatisé. Ceci leur permettrait d'améliorer leur propre auto-discipline face aux risques de gastro-entérites.

De fait l'information des conchyliculteurs est aussi un bon outil contre les risques d'intoxications.

LES RELATIONS INTER - ADMINISTRATIONS.

d'après "EQUINOXE" n°6 (C.Belin, C.Le Baut, J.P.Berthomé, P.Lassus)



(1) AFMAR : Affaires Maritimes

(2) DDASS : Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale

(3) SV : Services Vétérinaires

D

**SUIVI DU DINOPHYSIS DANS LE MORBIHAN
PENDANT L'ETE 1987.**

D - SUIVI DU DINOPHYSIS DANS LE MORBIHAN POUR L'ETE 1987

1 - L'IFREMER dans le Morbihan

Il existe dans le Morbihan 2 stations de Recherche dépendant du Centre Régional IFREMER de Bretagne à Brest :

- une à LORIENT (20 agents), orientée sur les programmes de PECHE
- une à la TRINITE SUR MER (20 agents), orientée sur les programmes de CONCHYLICULTURE, et qui comporte 2 laboratoires distincts.

L'un est consacré aux ressources aquacoles, l'autre est un laboratoire CSRU.

Trois postes de contrôleurs sont rattachés à ce dernier, deux à Damgan et un à Etel.

Personnel CSRU : - cet été, 8 personnes plus des stagiaires
- hors été, 7 personnes.

Outre les phénomènes phytoplanctoniques, le CSRU exerce un contrôle sanitaire de tous les établissements expédiant des coquillages, (bactériologie,...) suit l'évolution des gisements coquilliers, la reproduction des huîtres plates en baie de Quiberon,

Les points de suivi pour la détection du dinophysis :

<u>Secteurs</u>	<u>Points</u>
Baie d'Etel	. port d'Etel . Groix nord (à partir du 15 mai)
Baie de Quiberon	. Men-er-Roué . Kerdonis (Belle-Ile) (à partir du 15 mai)
Baie de Vilaine	. Ouest-Loscolo

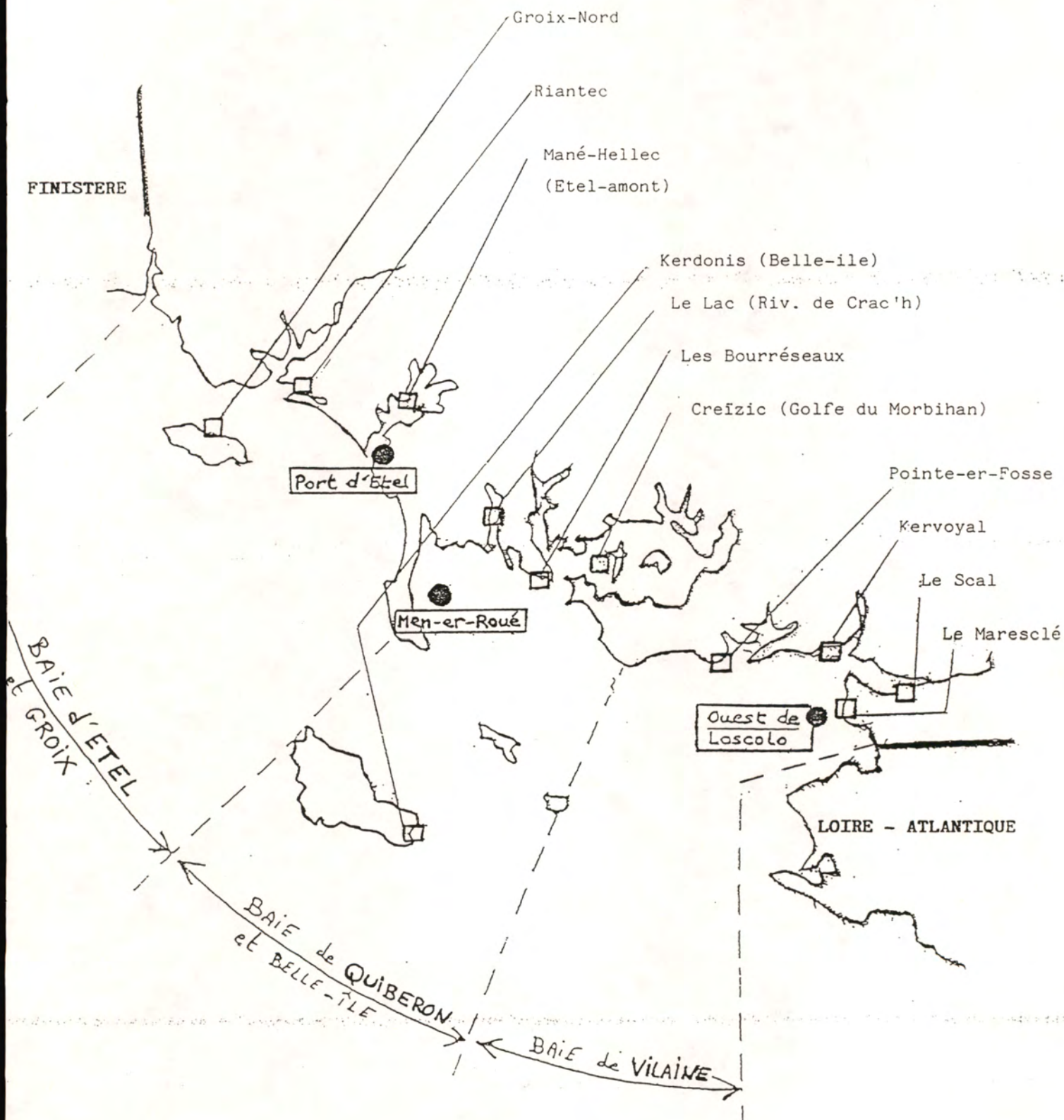
Heure de prélèvement : fin de flot ou pleine mer.

Les points d'alerte :

Baie d'Etel	. Groix Nord . Riantec . Mané-Hellec (rivière d'Etel)
Baie de Quiberon	. Kerdonis (Belle-Ile) . Rivière de Crac'h . Bouréseaux (de St-Philibert à la pointe du Grand Mont) . Croizic (golfe du Morbihan et rivière d'Auray)
Baie de Vilaine	. Pointe-er-Fosse (du Grand Mont à la rivière de Pénérf) . Kervoyal (de Damgan à l'entrée de la Vilaine) . Le Scal (du Sécé au barrage d'Arzal) . Le Maresclé (ouest de Pénestin)

Heure de prélèvement : à basse mer (+/- 2 heures)
Voir carte page suivante.

RESEAU DE SURVEILLANCE PHYTOPLANCTONIQUE DANS LE MORBIHAN.



- Points de SUIVI
- Points d'ALERTE

2-Bref aperçu de la conchyliculture en Morbihan

De la rade lorientaise à la baie de Vilaine , les côtes et les rivières morbihanaises offrent de nombreux sites d'élevage pour la conchyliculture. Ainsi , la baie de Quiberon et l'estuaire de Vilaine figurent parmi les plus importants bassins de production coquillière française .

Sur deux cent mille tonnes coquillages pêchés chaque année en France , vingt mille le sont dans le Morbihan .

Comme on peut le voir page suivante, l'ostréiculture prend la première place dans la production morbihanaise devant la mytiliculture (élevage de moules) . La vénériculture (élevage de palourdes) fait l'objet de nombreux essais depuis une dizaine d'années et tend à se développer .

Les contrôles effectués par l'IFREMER pour détecter la présence de dinophysis (ou autres espèces toxiques pour le consommateur) dans l'eau de mer touchent directement les mytiliculteurs car , dans le cas de test-souris positifs , le ou les secteurs concernés sont fermés avec interdiction de travail sur les bouchots , et ceci jusqu'à l'obtention de deux tests consécutifs négatifs .

Les fermetures concernant des élevages autres que mytilicoles sont plus rares pour plusieurs raisons :

- d'après de précédentes études , les huîtres ne concentrent pas la toxine . Elles ne sont donc jamais incluses dans les mesures de fermeture de secteurs conchylicoles .
- Les élevages autres que mytilicoles et ostréicoles étant peu nombreux , les fermetures le sont également .

Conséquences économiques en cas de fermeture :

Le Marin - 10 juillet 87 -

- Perte de marchandise sur les bouchots .
- Manque à gagner .
- Perte de clientèle .
- Dégradation de l'image de marque .
- Tendance à l'amalgame sur tous les autres fruits de mer .

Il est nécessaire pour les éleveurs de trouver de nouveaux moyens de garder les moules quand il faut en différer la commercialisation :

- par des filets protecteurs de retenue des moules sur les bouchots .
- par le stockage au large , des moules en poches .

Explication :

Sur les bouchots (pieux de bois plantés verticalement dans l'eau) , les moules sont accrochées par le byssus . Elles s'y fixent à l'état de larves et forment le naissain . Puis elles croissent ainsi jusqu'à atteindre une taille marchande. Elles sont alors arrachées des bouchots et commercialisées .

Si le ramassage n'est pas fait en temps voulu , les moules deviennent trop nombreuses et trop lourdes pour tenir sur le même bouchot . Elles tombent , se dispersent et sont mangées par leurs prédateurs : crabes , étoiles de mer , etc . D'où la nécessité de filets protecteurs pour empêcher leur dispersion .

PRODUCTION MOYENNE DE COQUILLAGE EN MORBIHAN

tonnes/an	Huitres	Moules	coques	Coquille St-Jaques	Palourdes	Autres
Rade de LORIENT et GROIX	210	5	/	50	2	155
Riv. d'ETEL	1550	2500	peu	/	essais	/
BELLE-ILE	4	/	/	150	25	
Riv. de CRAC'H	400	5	/	/	/	/
Baie QUIBERON	4100	/	/	5	/	/
Riv. d'AURAY	500	/	/	/	peu	/
GOLFE du MORBIHAN	4150	5	/	/	peu	30
Riv. de PERNERF	3100	3000	/	/	35	/
VILAINE	250	4500	900	/	/	/
Total	14300	10000	1000	205	70	185

Tiré de : Inventaire des secteurs conchyliques du littoral français
IFREMER 1984

Le stockage, au large, des moules en poches permettrait de les conserver jusqu'à une décontamination totale à l'abri des prédateurs .

3-Les résultats de l'été 1987

Seuls les points d'étude présentant un intérêt (résultats suffisamment nombreux et continus) ont été représentés . Certains de ces points ne comprennent que des prélèvements d'eau . Il s'agit des points de suivi .

Le littoral morbihannais peut être découpé en 3 grandes zones :
Baies d'Etel, de Quiberon et de Vilaine.

BAIE D'ETEL: (voir page 41)

Le dinophysis est apparu mi-avril dans le port d'Etel. Le mois suivant, le réseau d'alerte a été mis en place dans la baie d'Etel .

Observations :

- Apparition massive de dinophysis sur la côte (port d'Etel), en milieu fermé .Le phénomène se manifeste beaucoup plus discrètement au large (Groix nord), en milieu ouvert .
- Un seul pic de toxicité début juin , qui s'étale en décroissant jusqu'en fin juillet .La décontamination des coquillages est ici assez lente.
- Fin juillet ,retour au réseau de suivi tout risque de contamination semblant écarté .

BAIE DE QUIBERON : (voir page 42)

Le dinophysis est apparu mi-mai à Men-er-roué ,avec 200 ç/l. d'eau de mer . Le réseau d'alerte s'est mis en place la semaine suivante .

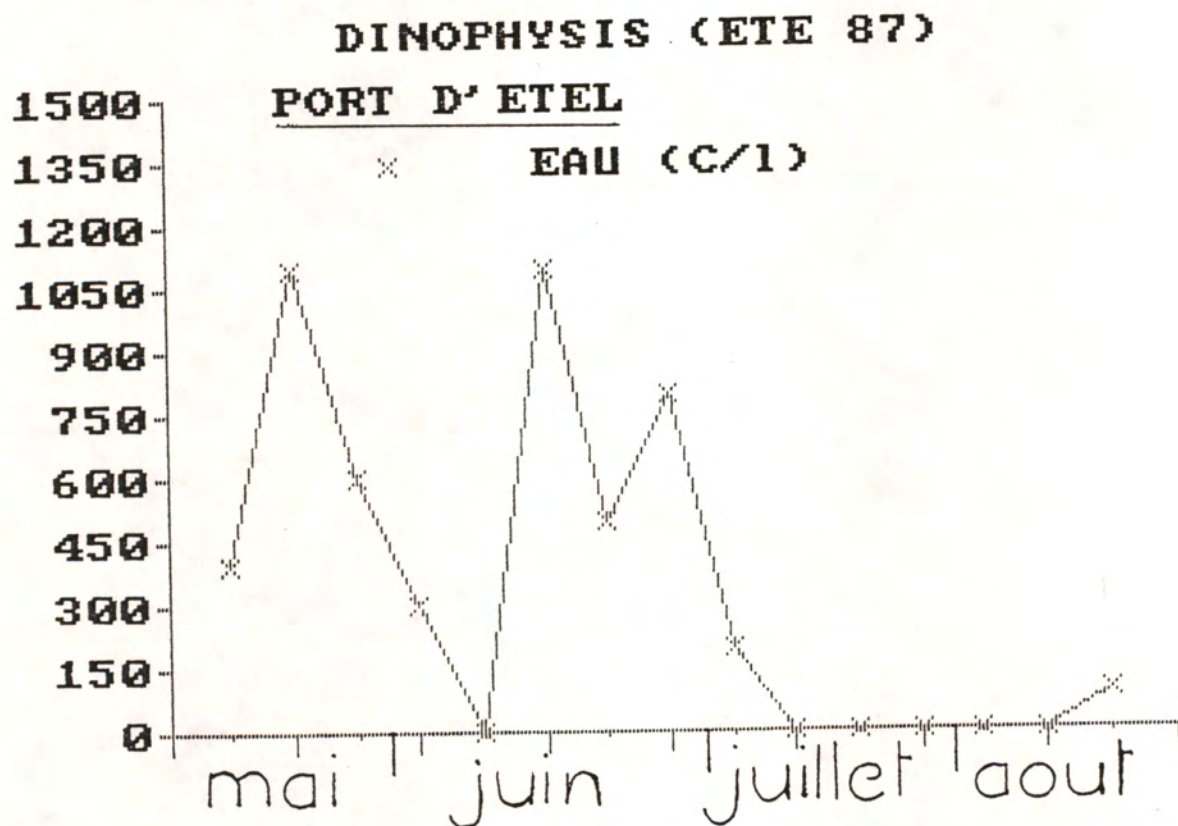
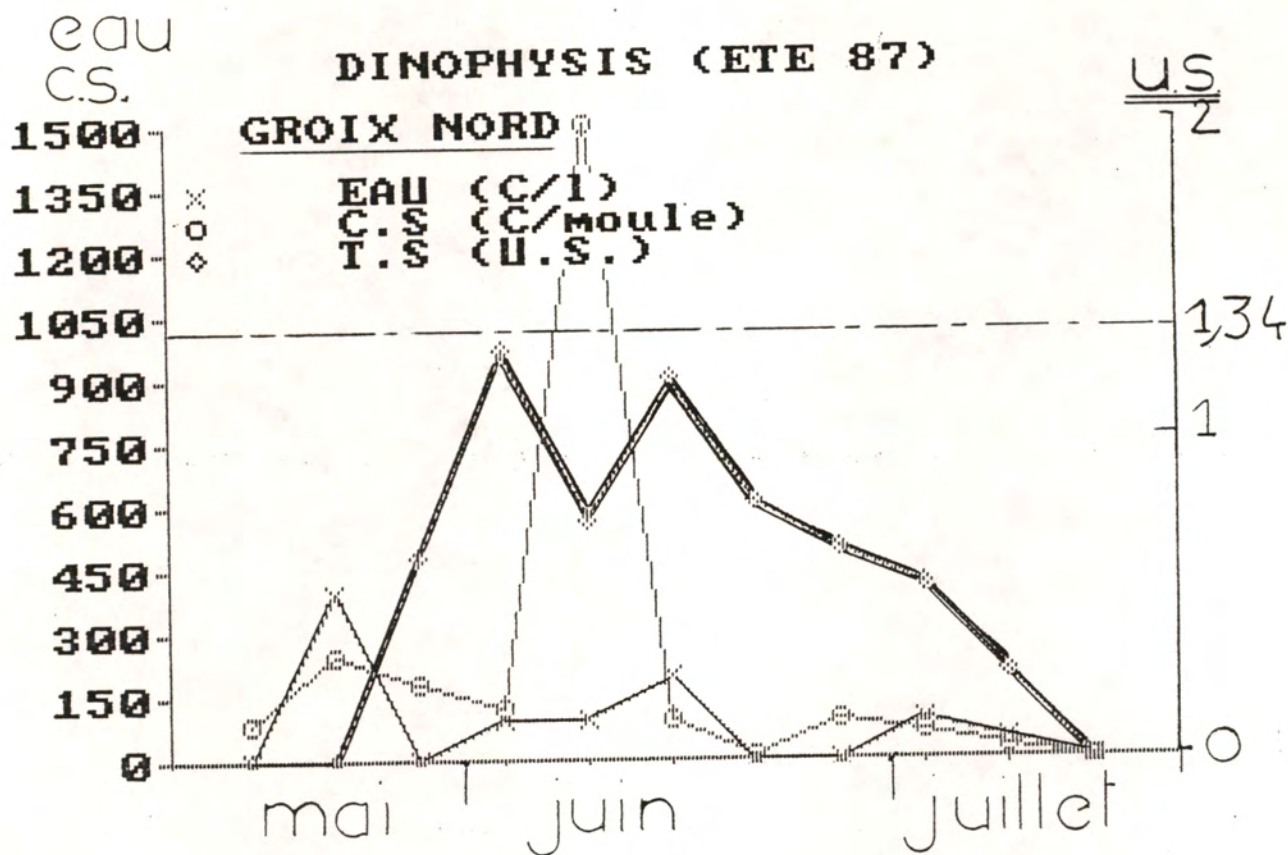
Observations :

- Le dinophysis a fait son apparition sur la côte (Men-er-roué). Il y a une similitude avec la baie d'Etel .L'hypothèse faite en 1986 que le dinophysis arriverait par le large n'est pas vérifiée .
- Deux pics de toxicité très rapprochés sont observables en juin .
La décontamination est à chaque fois totale et extrêmement rapide.
- En juillet ,retour au réseau de suivi. Disparition du dinophysis .

En baie de Quiberon comme en baie d'Etel, le seuil de 1,34 U.S. n'a jamais été atteint cet été .Les phénomènes de toxicité ont été très faibles comparés aux années précédentes .

Exemple : 12,75 U.S. à Groix en juin 1986 . (un record)

BAIE D' ETEL.

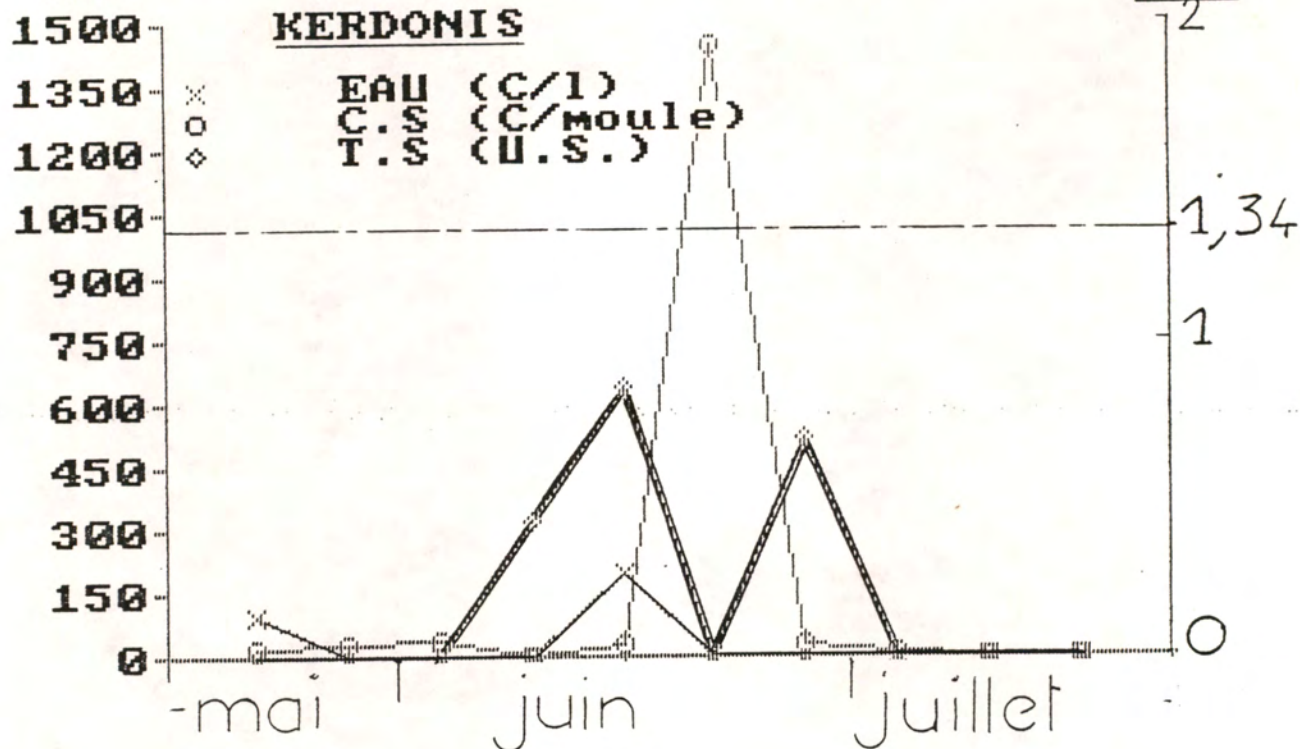


BAIE DE QUIBERON.

eau
C.S.

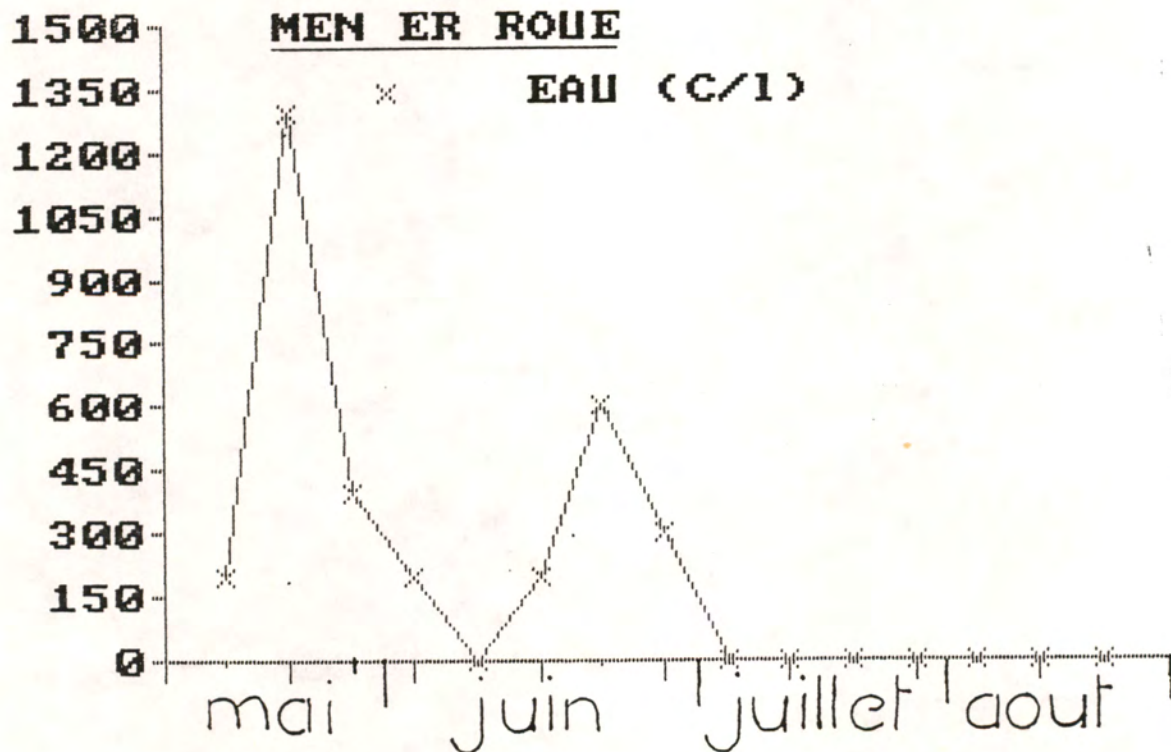
DINOPHYSIS (ETE 87)

U.S.



DINOPHYSIS (ETE 87)

MEN ER ROUE



BAIE DE VILAINE : (voir pages 45 à 47)

-Pointe er fosse (rivière de Pénerf):

- Un seul pic de toxicité début juin . Décontamination rapide .
- En mai et juin , pas de dinophysis dans l'eau . Pourtant , les test-souris sont presque positifs et les contenus stomacaux sont importants . Peut-être a-t-il eu un problème de prélèvement d'eau ?

-Ouest Loscolo:

- Apparition de dinophysis début avril (100 ç/l.) .
- Importante présence de dinophysis dès fin mai (9000 ç/l.) puis le phénomène se résorbe rapidement .
- La présence de dinophysis est ensuite en "bruit de fond" c'est à dire constante et de faible importance , sans provoquer de toxicité chez les coquillages .

-Le maresclé :

- Après un premier pic de présence de dinophysis dans l'eau (3200 ç/l. le 18 mai) on obtient deux test-souris consécutifs positifs (1,4 et 1,35 U.S.) puis une décontamination totale et rapide . Le secteur est fermé du 1er au 20 juin .
- Il y a ensuite une recontamination de moindre importance .
- En juillet et aout , dinophysis en bruit de fond mais pas de contamination des coquillages.

-Kervoyal :

- Premier pic de toxicité mi mai puis décontamination totale . Recontamination mi juin , moins importante .
- En juillet et en aout , dinophysis en nombre très important dans l'eau (jusqu'à 10700 ç/l.) avec des test-souris négatifs .

-Le Scal:

- Premier pic de toxicité fin mai . Deuxième pic début juillet , moins important . A chaque fois , décontamination totale très rapide .
- Le maximum de dinophysis se trouve en juillet avec 9400 ç/l. . Les test-souris sont alors négatifs .

CONCLUSIONS POUR LA BAIE DE VILAINE :

- En général , le début du phénomène a été mal observé .
Le premier prélèvement au Scal : 900 ç/l.

à Kervoyal : T.S.=0,69 U.S. .
au Maresclé : T.S.=0,88 U.S.

Pourtant le point de détection du dinophysis à Loscolo a été bien choisi .
On y trouve le 18 mai la présence massive de dinophysis dans l'eau , la première de toute la baie . A la même date , au Maresclé (point très proche de Loscolo) , on trouve du dinophysis mais en très faible quantité .

-Il semble que le dinophysis se soit déplacé par taches :

Kervoyal : premier pic de toxicité mal observé mais sans doute à la mi mai .

Le Maresclé : premier pic fin mai .

Le Scal : premier pic début juin .

Pointe er fosse : premier pic début juin .

Remarque : Sur les trois points du Scal , du Maresclé , de Kervoyal , on relève trois cas similaires :

-premier pic de toxicité .

-décontamination totale et rapide .

-deuxième pic de toxicité .

Cette décontamination totale entre les 2 pics est une particularité de cet été 1987.

Remarque : En juillet , deux mois après ses premières apparitions , on observe une explosion de dinophysis dans l'eau à Kervoyal (10700 ç/l.) puis au Scal (9400 ç/l.) une semaine après . Dans les deux cas , les test-souris ne révèlent plus aucune toxine .

Il semble donc que malgré la présence excessive de dinophysis les moules n'aient pas été recontaminées.

Selon les points , les contenus stomacaux sont , soit importants à Kervoyal , soit nuls au Scal .

Plusieurs hypothèses sont alors envisageables :

-Variation de filtration :

De nombreux facteurs influencent la filtration des coquillages :
température , salinité , quantité d'oxygène dissout , condition physiologique du mollusque , etc .

Le commencement de l'été étant la phase de repos sexuel et d'engraissement des moules , peut-être les moules ont-elles moins de besoins nutritifs et de ce fait filtrent moins .

-Variation de sensibilité :

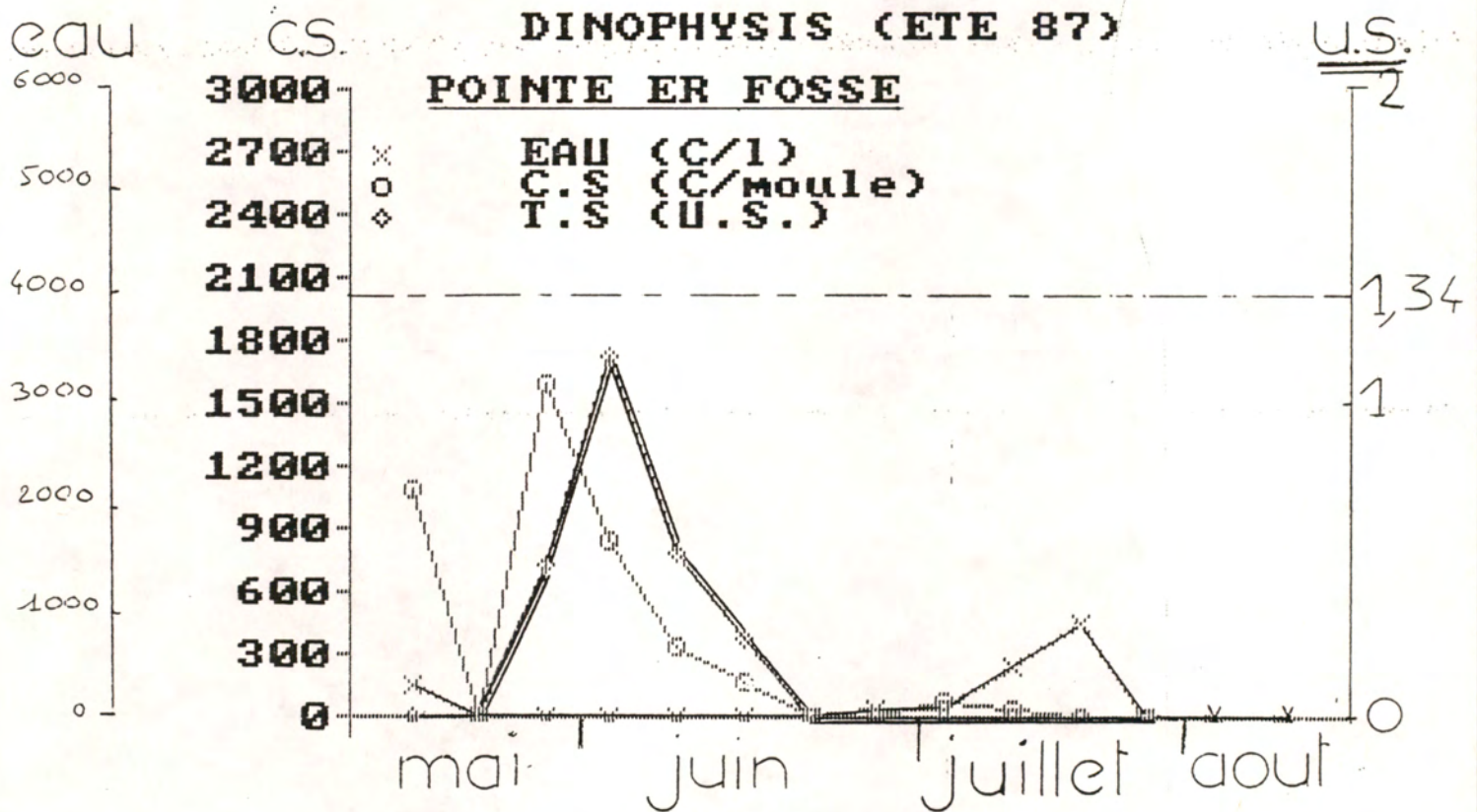
Si on observe des concentrations élevées de dinophysis dans l'eau mais aussi dans les coquillages , la filtration n'est plus mise en cause .

C'est alors la virulence du dinophysis qui l'est .

Peut-être le dinophysis subit-il des variations physiologiques qui l'amènent à produire plus ou moins de toxine au cours de l'été .

BAIE DE VILAINE.

(1)



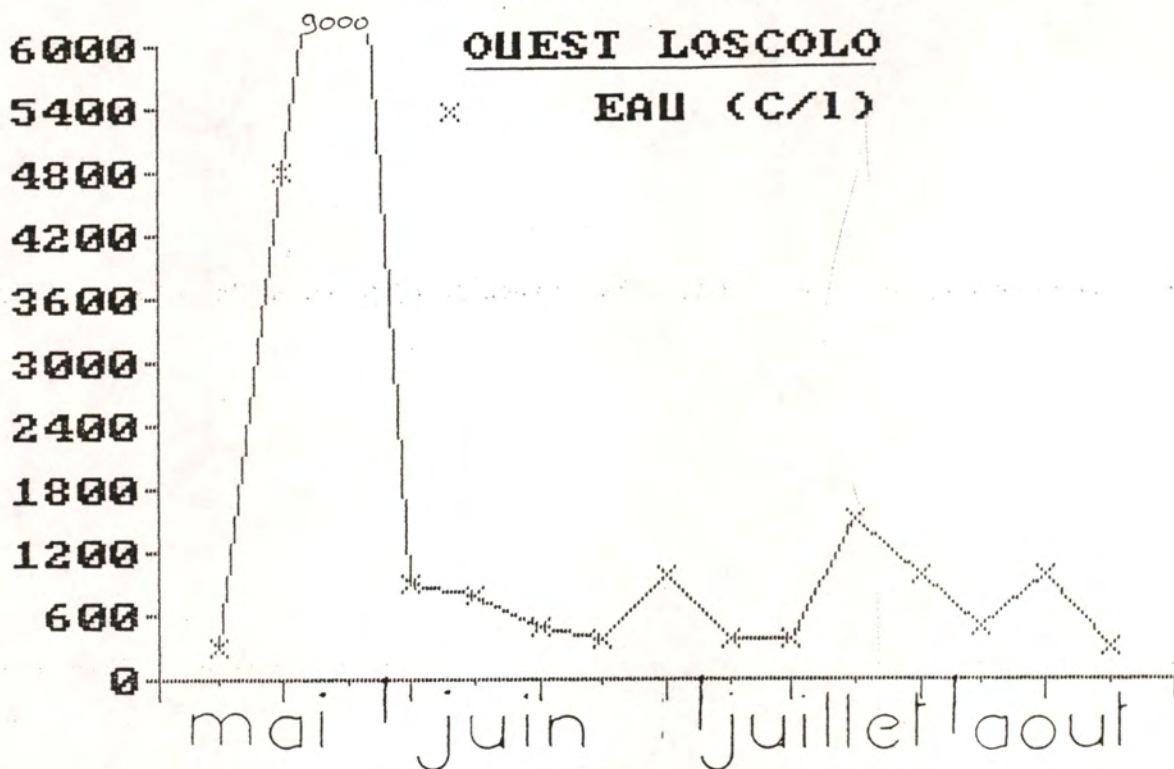
BAIE DE VILAINE.

(2)

DINOPHYSIS (ETE 87)

QUEST LOSCOLO

EAU (C/1)



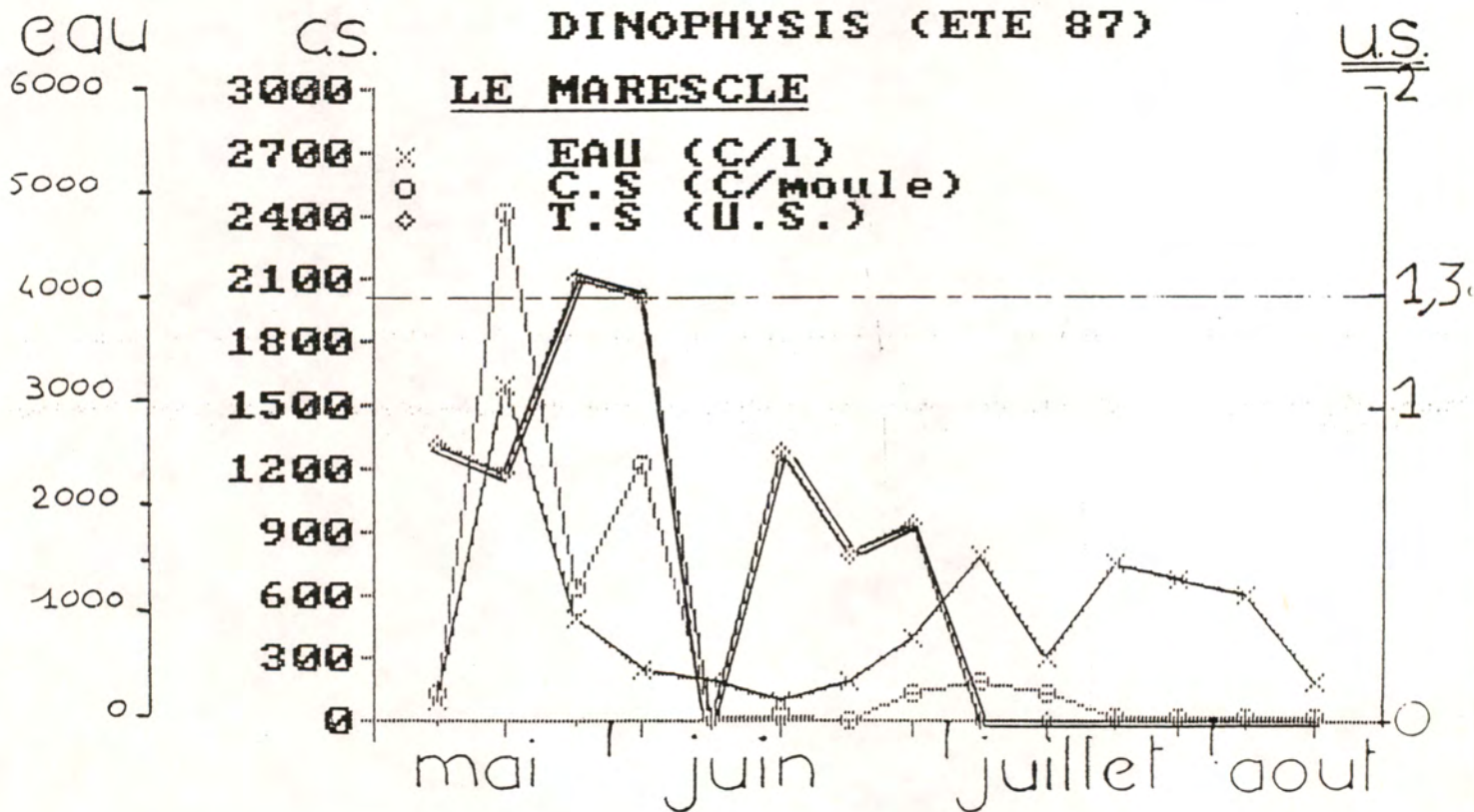
DINOPHYSIS (ETE 87)

LE MARESCLE

EAU (C/1)

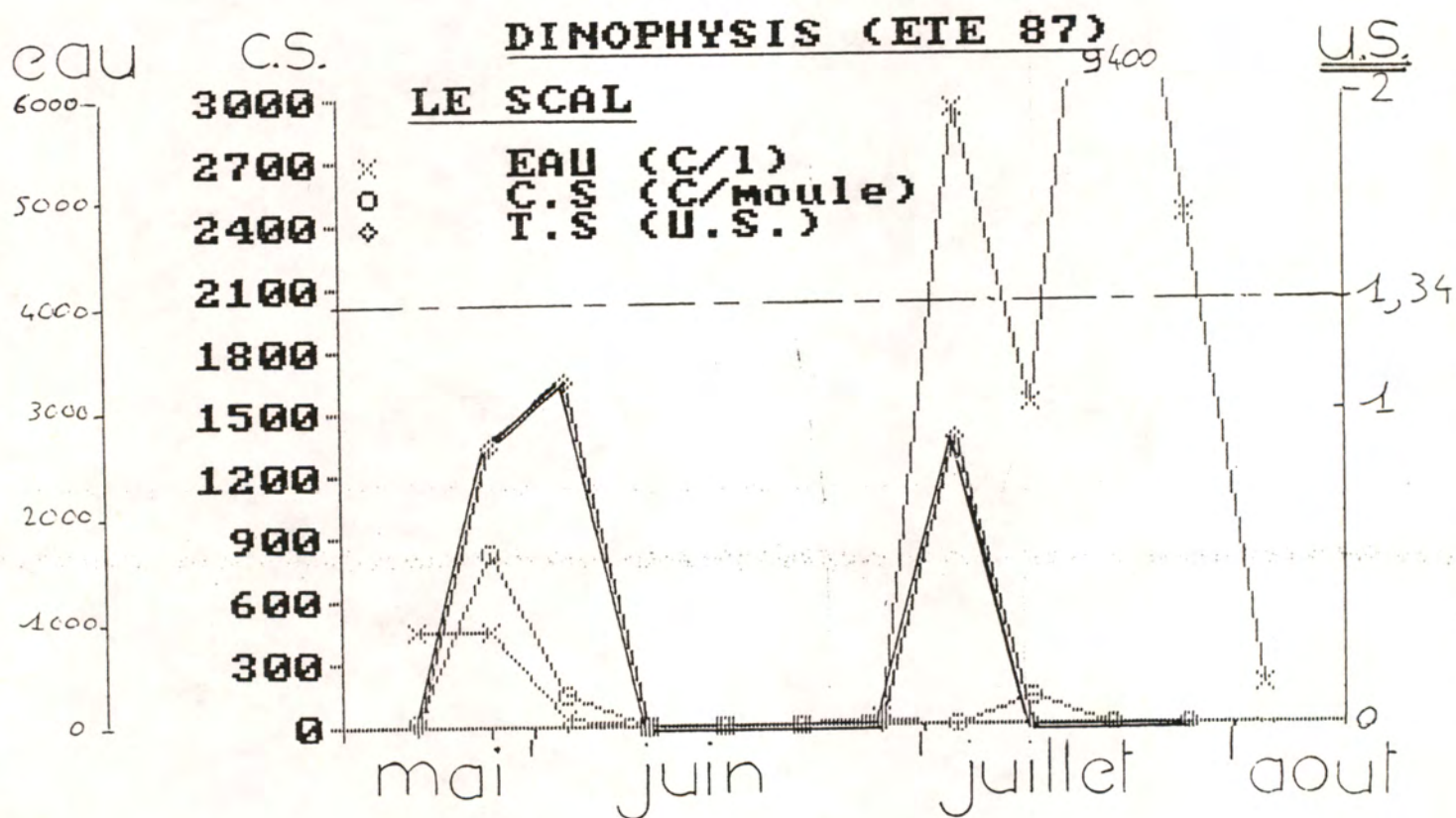
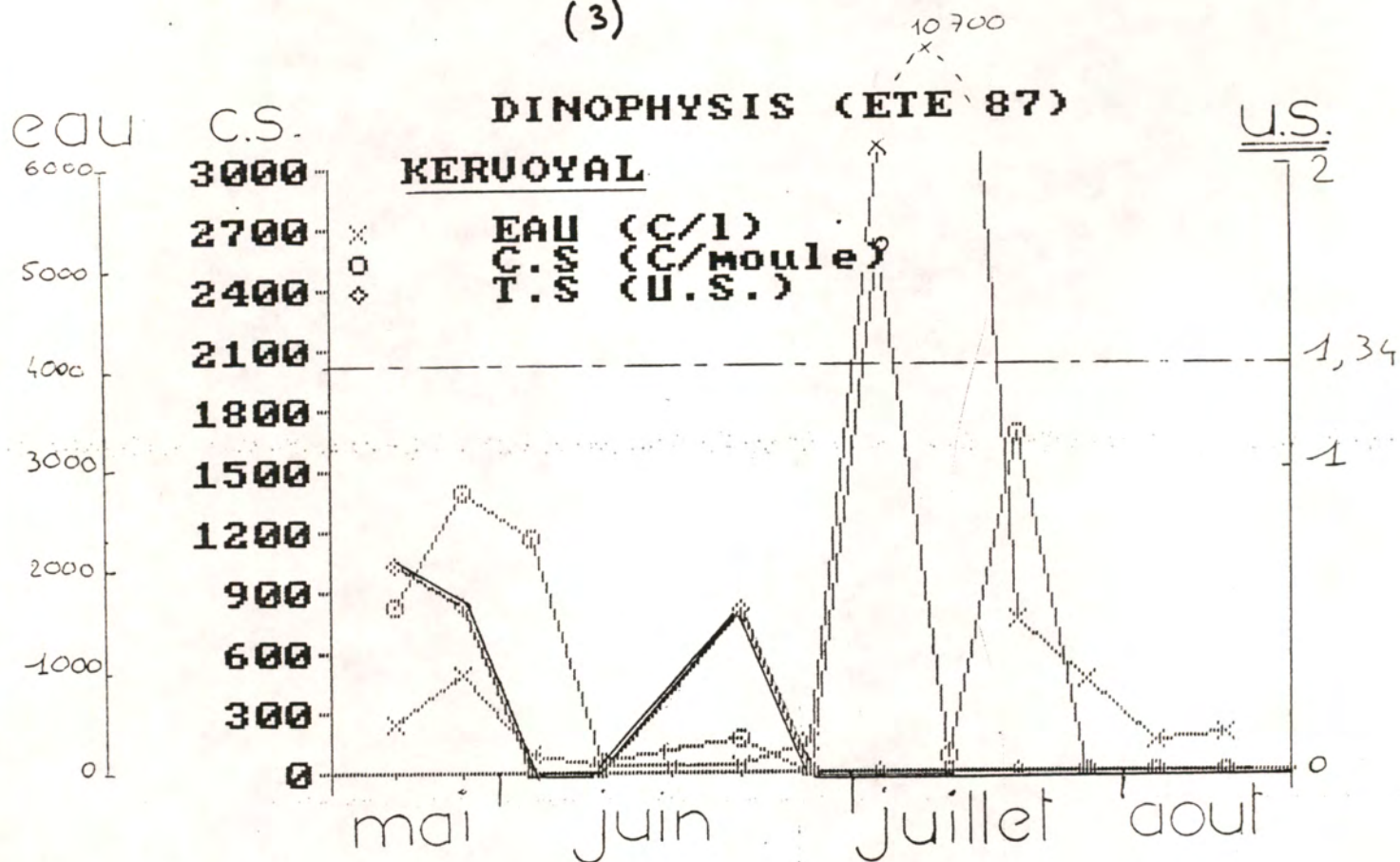
C.S (C/moule)

T.S (U.S.)



BAIE DE VILAINE.

(3)



4 - EN CONCLUSION

D'une manière générale, en Morbihan, très peu de problème avec le Dinophysis cet été.

. En baies d'Etel et de Quiberon : un pic (à 1100 cellules dans l'eau) 2ème quinzaine de mai, puis 2ème quinzaine de juin, mais sans observer de toxicité. Fin de l'alerte dès début juillet. Apparition de Dinophysis aussi bien à la côte qu'au large ---les points de détection au large (Groix et Belle-Ile) n'ont pas tellement servi au niveau de la détection du phénomène.

. En baie de Vilaine, comme les étés précédents le Dinophysis a été plus abondant (régulièrement plusieurs milliers de cellules dans l'eau), avec un 1er pic également 2ème quinzaine de mai et un 2ème pic début juillet. Persistance tout l'été de quelques centaines de cellules dans l'eau, sans conséquence toxique. Le premier pic a induit la présence de toxine dans les moules dans toute la zone mais le plus souvent au dessous du seuil de risque sanitaire (= 1,34 U.S.) sauf au Maresclé où ce seuil a été légèrement dépassé (1,40 U.S.) pendant une quinzaine de jours, fermeture de ce secteur du 27 mai au 19 juin). Décontamination totale après le 1er pic sauf au Maresclé. Le 2ème pic quoique comparable dans l'eau (jusqu'à 10700 cellules dans l'eau) n'a par contre presque pas induit de fabrication de toxine : sauf deux cas (Le Scal le 29 juin, et Le Maresclé le 6 juillet) les tests-souris sont restés totalement négatifs, ce qui est assez surprenant pour de telles doses dans l'eau et les coquillages. Il faut noter aussi que cet été (et c'est le premier été qu'on l'observe en baie de Vilaine) la décontamination a été rapide et totale après le 1er pic de Dinophysis : tests-souris redevenus totalement négatifs dès le 9 juin. Cette décontamination totale entre les 2 pics peut être en partie la cause de la moindre virulence du 2ème pic qui, les étés précédents, intervenaient alors que les moules n'étaient pas encore complètement décontaminées. On a eu cet été une sorte de remise à zéro à la mi-juin. Mais ceci n'explique pas pourquoi il n'y a pas eu recontamination ; la non toxicité du 2ème pic reste en grande partie difficile à interpréter (état physiologique des moules différent ?).

L'enquête épidémiologique sommaire effectuée en Vilaine confirme bien les tests-souris : quelques malades fin mai (1er pic) mais plus aucun ensuite malgré le 2ème pic de Dinophysis dans l'eau en juillet.

CONCLUSION

Les phénomènes de toxicité phytoplanctonique constituent un nouveau problème de santé publique. Ils sont maintenant bien suivis par l'IFREMER même si les différentes analyses peuvent être affinées. Les délais d'obtention des résultats et des prises de décision ont été raccourcis (3 ou 4 jours). L'informatisation des données consultables sur Minitel depuis cet été devrait permettre d'améliorer encore ces délais.

Les informations épidémiologiques restent par contre très embryonnaires, les médecins et pharmaciens ne semblant pas être encore très sensibilisés au problème.

L'amélioration de la prévention sanitaire devra maintenant passer par une anticipation sur l'évolution du phénomène. Cette prévision reste difficile car elle nécessite une meilleure connaissance des conditions d'apparition, de développement et de régression du Dinophysis. Ce sont les principaux thèmes des recherches actuelles.

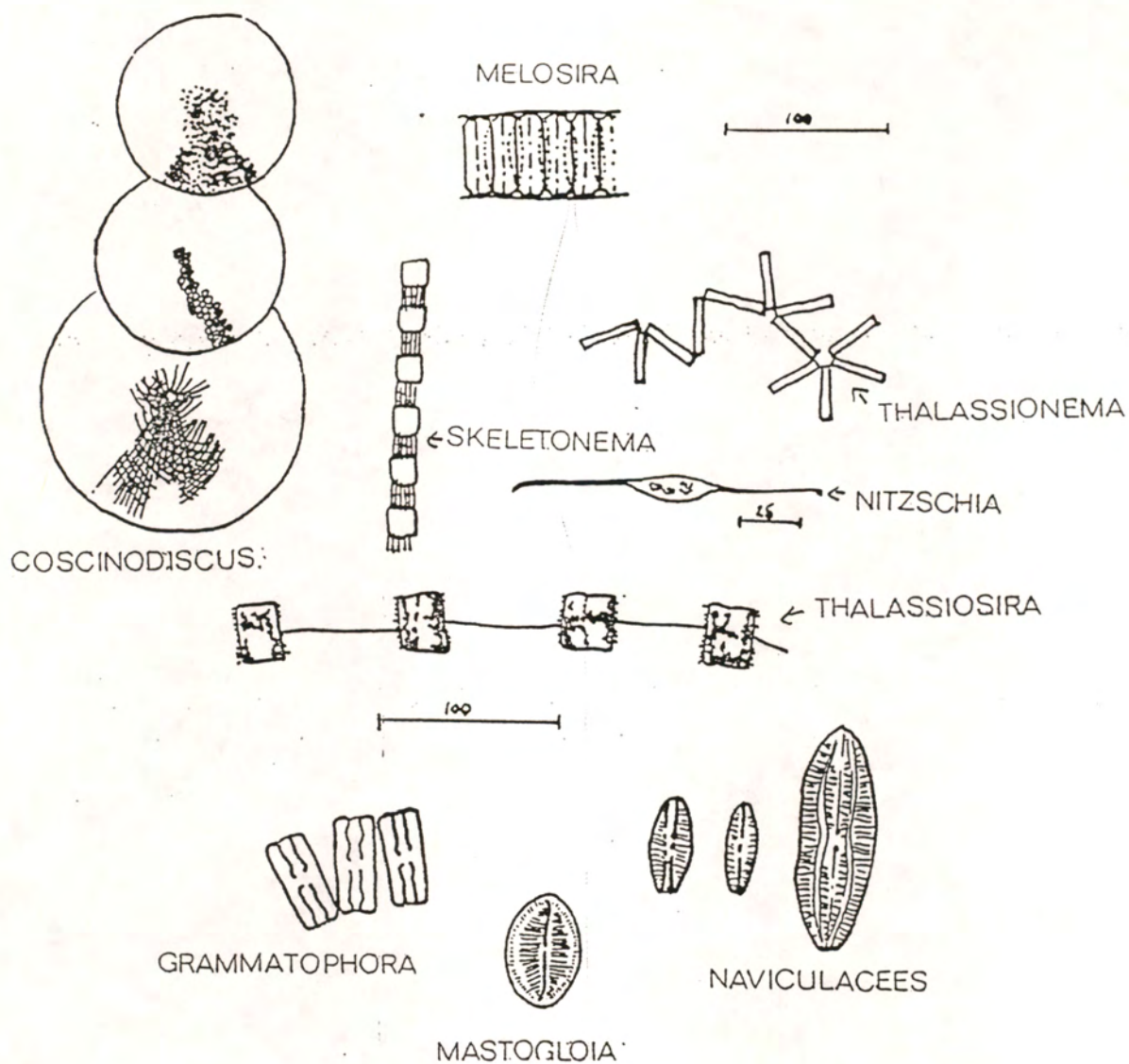
Dans le Morbihan l'été 1987 marque une régression du Dinophysis, alors qu'il s'est au contraire développé pour la première fois au sud de la Loire et en Méditerranée. La seule fermeture en Morbihan n'a concerné que le petit secteur mytilicole du Maresclé en baie de Vilaine pendant 3 semaines, avec semble-t-il, quelques cas de gastro-entérites.

Sur le plan économique cette fermeture localisée n'a pas perturbé outre mesure le travail des mytiliculteurs qui ont pu continuer de travailler sur leurs autres bouchots. Ceci justifie la définition de plusieurs secteurs en Baie de Vilaine malgré la complexité que cela représente dans un secteur où l'évolution du Dinophysis est particulièrement fluctuante.

ANNEXE 1

Les successions de populations phytoplanctoniques
observées en Baie de Vilaine

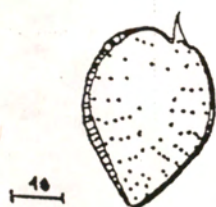
DIATOMEES MARINES



HIVER

BAIE DE VILAINE

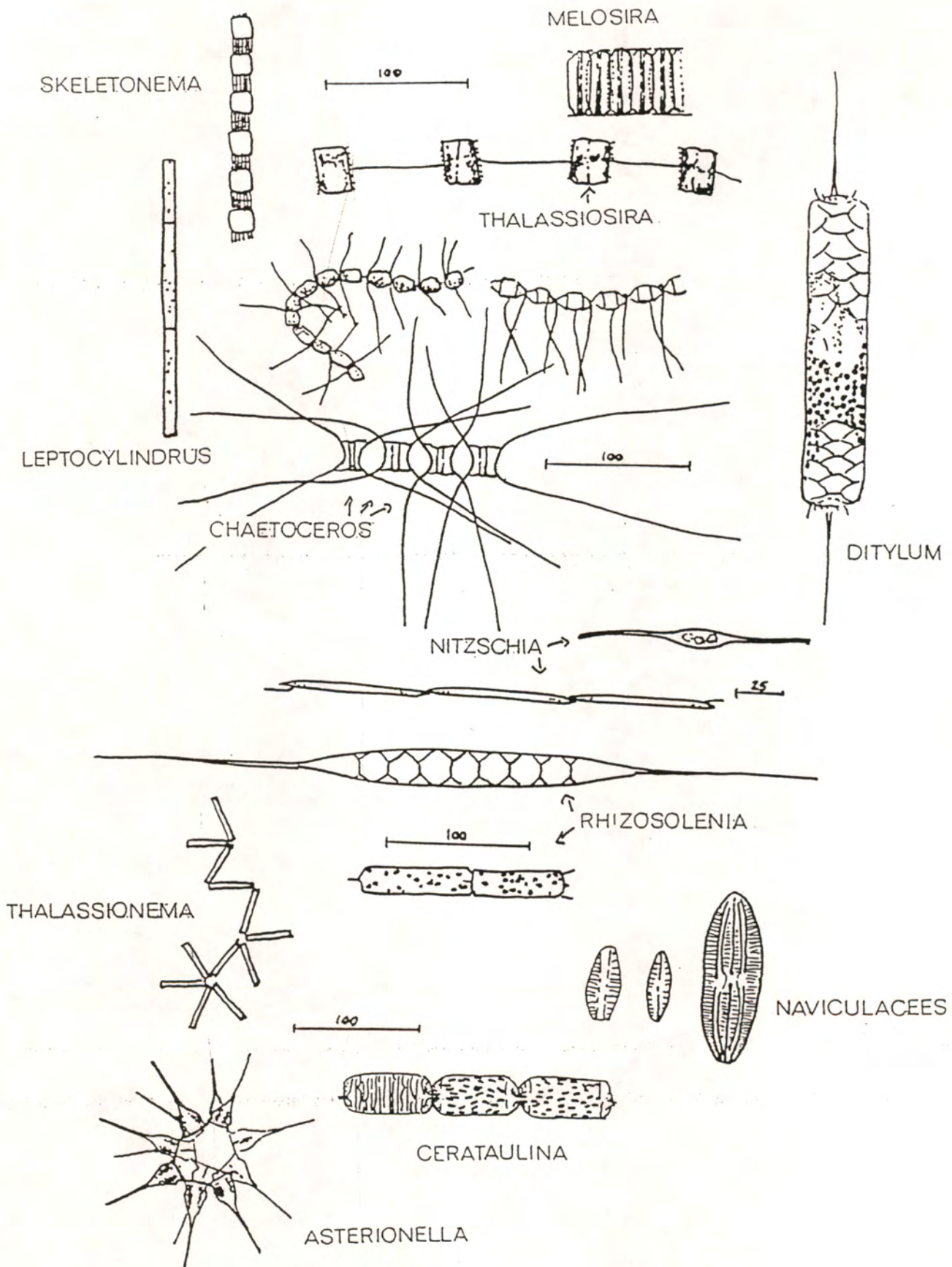
DINOFLAGELLES MARINS



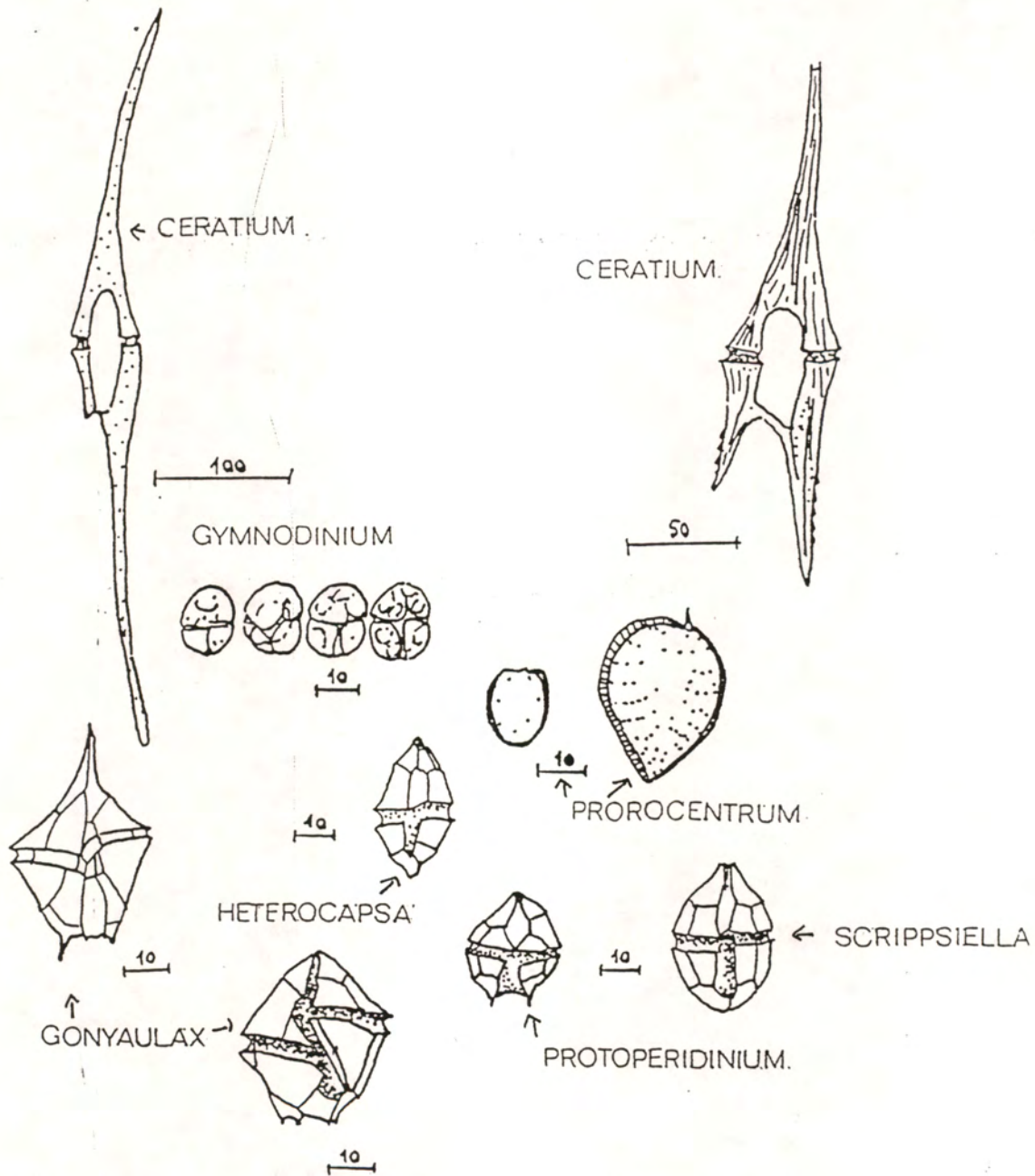
PROROCENTRUM

BAIE DE VILAINE

HIVER

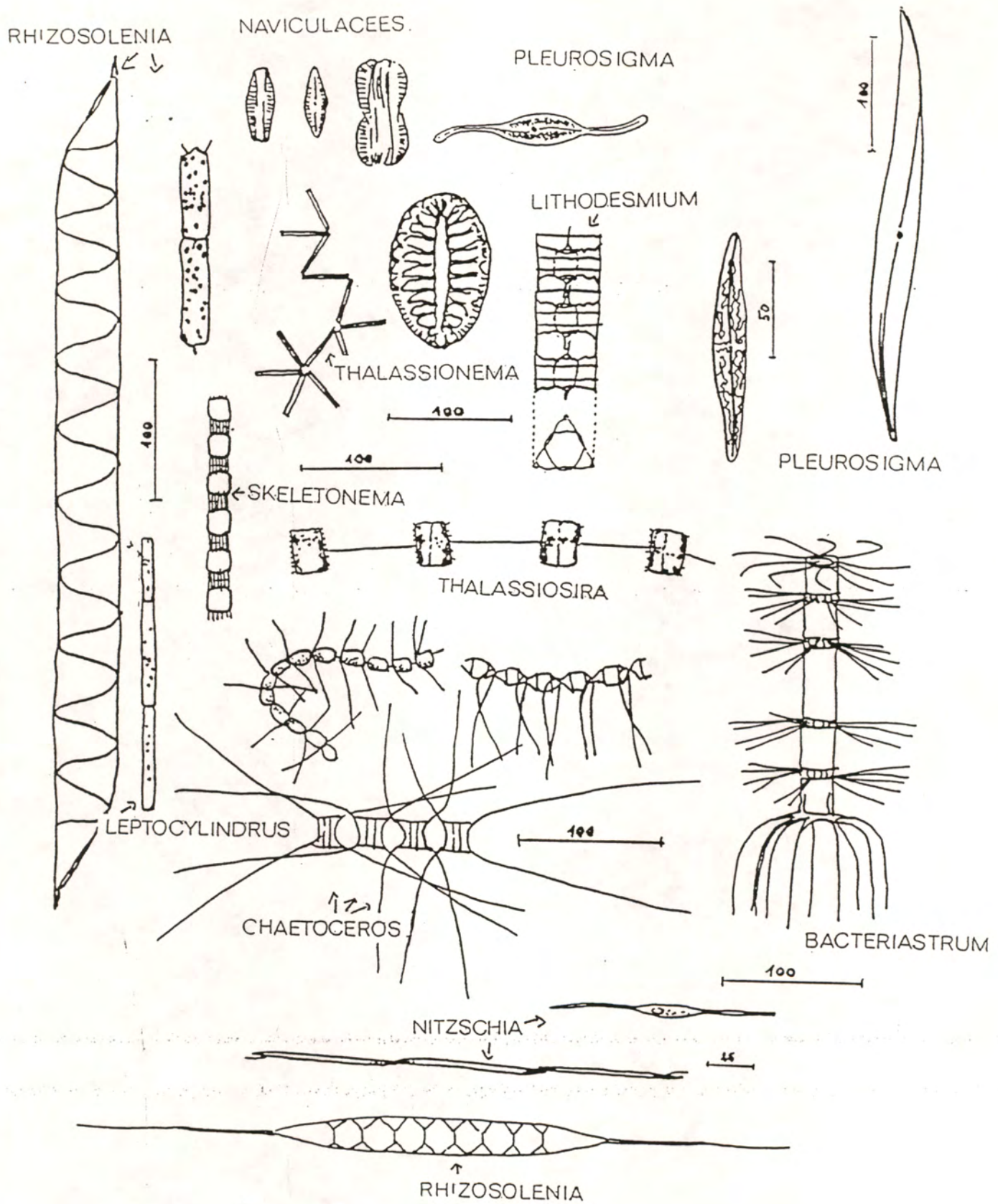


DINOFLAGELLES MARINS



BAIE DE VILAINE

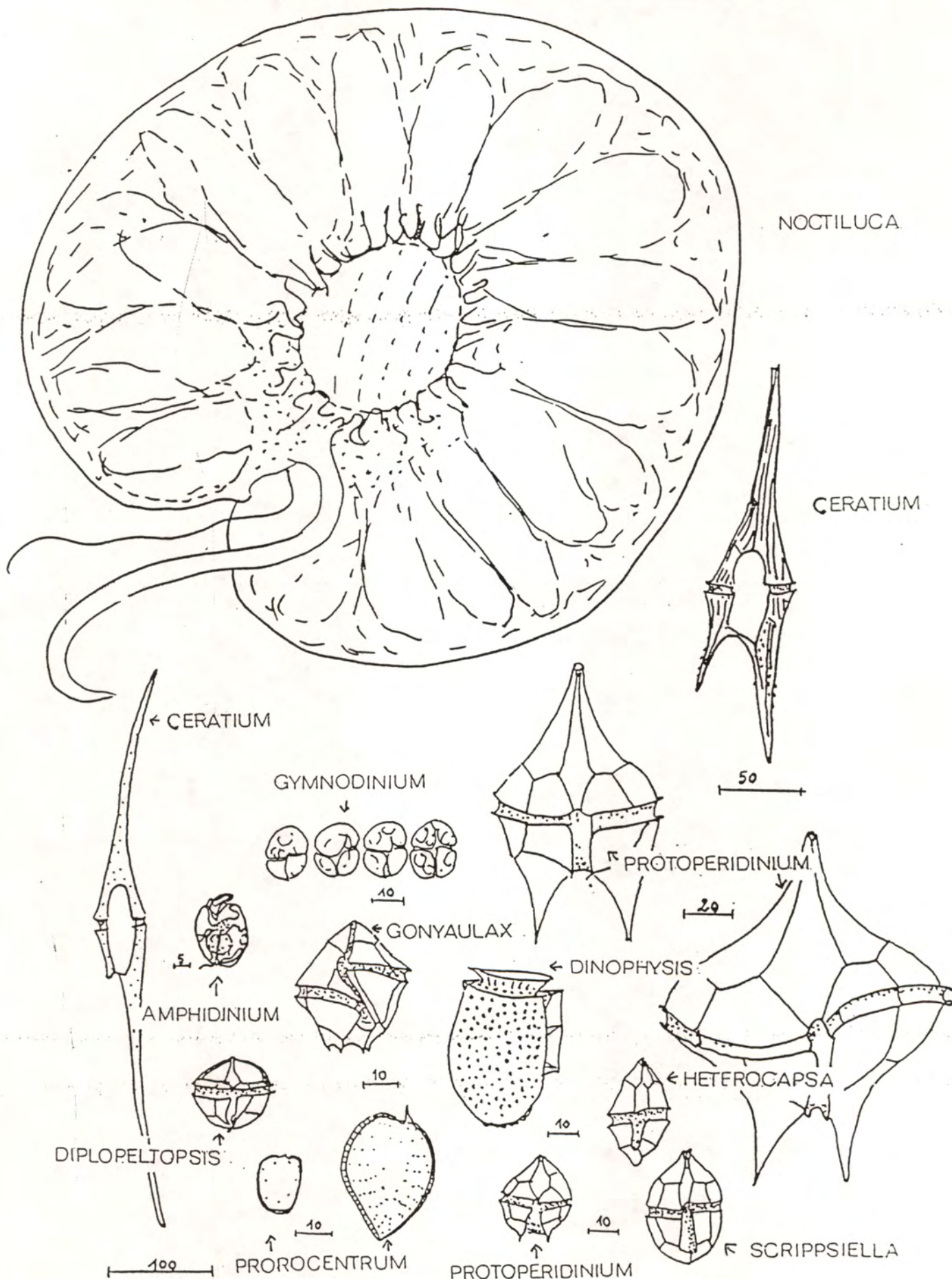
PRINTEMPS



ETE

BAIE DE VILAINE

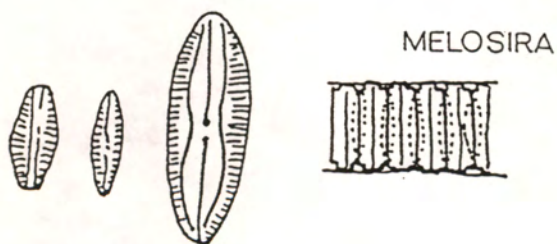
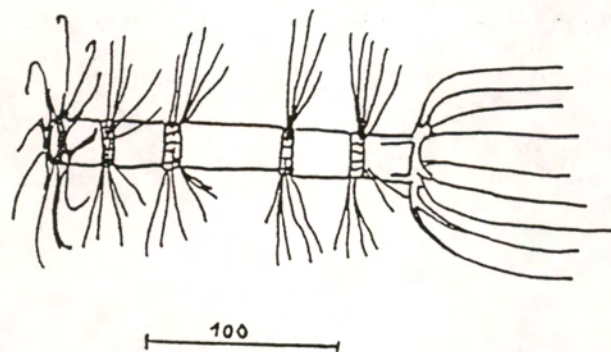
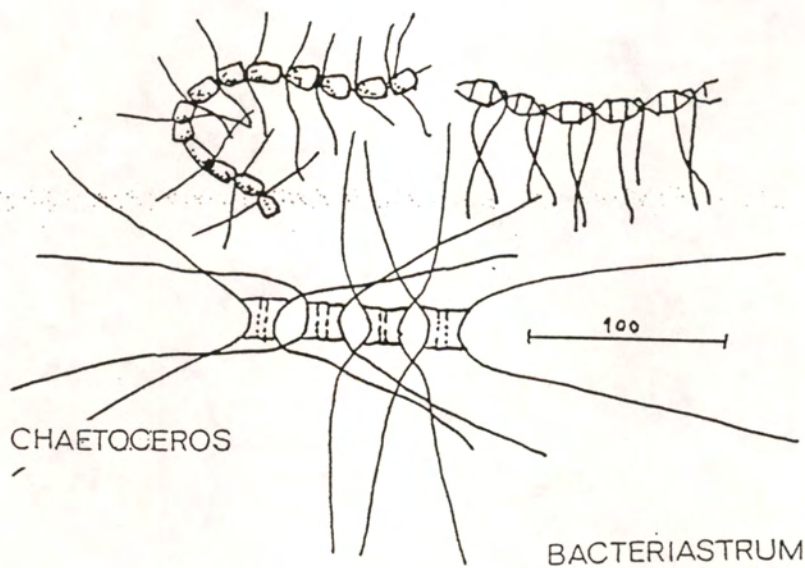
DINOFLAGELLES MARINS



ETE

BAIE DE VILAINE

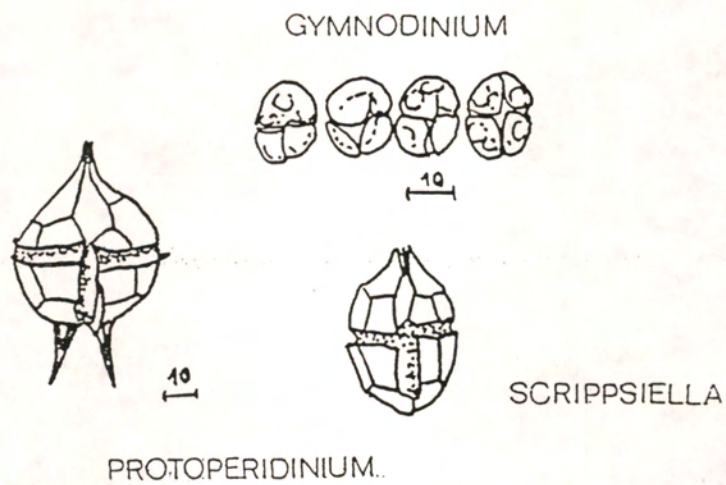
source : IFREMER/DERO Nantes.



BAIE DE VILAINE

AUTOMNE

DINOFLAGELLES MARINS



BAIE DE VILAINE

AUTOMNE

- Annexe 2 -

Méthodes et étalonnage du test-souris. *

Méthodes.

YASUMOTO *et al.* (1978) ont montré que la toxine est plus concentrée dans les hépatopancréas des coquillages, c'est pourquoi elle est extraite préférentiellement à partir de cet organe.

L'extraction se fait à l'acétone de la manière suivante :

- 10 g d'hépatopancréas sont broyés dans 50 ml d'acétone puis la suspension obtenue est filtrée sur papier, on réitère l'opération deux fois avec la chair restée sur le filtre. Les phases solvant étant rassemblées, l'acétone est évaporé à froid, sous vide. Le résidu est repris avec 2 ml d'une solution de tween à 1 % ;
- 1 ml de cette solution finale est injecté par voie intrapéritonéale à une souris mâle pesant environ 20 g, qui est gardée 48 h en observation. Sous le stress de l'injection les souris restent prostrées ; seuls les témoins ayant reçu 1 ml de solution de tween récupèrent en moins d'une heure alors que chez les essais les symptômes apparaissent environ 30 minutes après l'injection : déplacement et respiration difficiles, paralysie plus ou moins prononcée du train arrière. La mort survient par apnée après un temps plus ou moins long suivant le niveau de toxicité de l'extrait.

Tous les échantillons de coquillages soupçonnés d'être contaminés ont été traités ainsi. Afin de pouvoir piquer plusieurs souris et conserver congelé un certain volume d'extrait, nous avons prélevé 30 g au lieu de 10 g d'hépatopancréas dans la mesure où nous disposions de suffisamment d'échantillon et de temps.

Etalonnage par rapport à un extrait de référence.

En admettant que dans une population homogène de souris une même quantité de toxine entraîne un temps de survie comparable compte tenu des variations propres à chaque individu, nous avons recherché une relation entre les temps de survie et les concentrations en toxine des extraits. Comme nous ne disposons pas de toxine purifiée, l'étalonnage a été réalisé à partir d'un extrait de référence qui, dilué, a permis d'obtenir des concentrations décroissantes en toxine dont la valeur absolue n'est pas connue. L'extrait de référence a été constitué en mélangeant les extraits les plus concentrés en toxine qui ont provoqué la mort dans un délai identique (compris entre 60 et 90 minutes).

Etalonnage. — Les dilutions successives de l'extrait composite ont été injectées par voie intrapéritonéale à des souris. Le volume d'extrait obtenu n'a pas permis de piquer plus de 5 à 7 souris. Dans un premier temps, nous avons tracé la courbe (fig. 1) représentant les temps de survie des souris (en minutes) en fonction des dilutions des extraits (exprimées en pourcentage d'extrait de référence). Arbitrairement, les souris qui ont survécu ont été considérées comme mortes au bout de 48 h. Puis, pour convertir aisément les temps de survie en pourcentage de dilution, nous avons cherché à linéariser la relation précédente en transformant les données en leurs logarithmes décimaux.

L'unité-souris. — L'unité-souris est définie comme étant la plus grande dilution de l'extrait de référence provoquant la mort des souris en 24 h (YASUMOTO *et al.*, 1978, 1980, 1984). On admet que la mortalité est significative si au moins deux souris inoculées sur trois meurent en 24 heures (YASUMOTO, comm. pers.). D'après cette définition, cette dilution renferme 29 % de l'extrait acétonique que nous avons obtenu à partir de 30 g d'hépatopancréas, le résidu sec étant repris par 6 ml de tween 60 ; 1 ml étant injecté par voie intrapéritonéale à des souris de 20 g.

Conversion des temps de survie correspondant aux différents échantillons en unités-souris. — Si on a :

t = temps de survie correspondant à un échantillon ;

d = dilution de l'extrait de référence correspondant à t et lue sur la courbe étalon ;

le rapport $\frac{d}{29}$ donne le nombre d'unités-souris qui peut être assigné à l'échantillon.

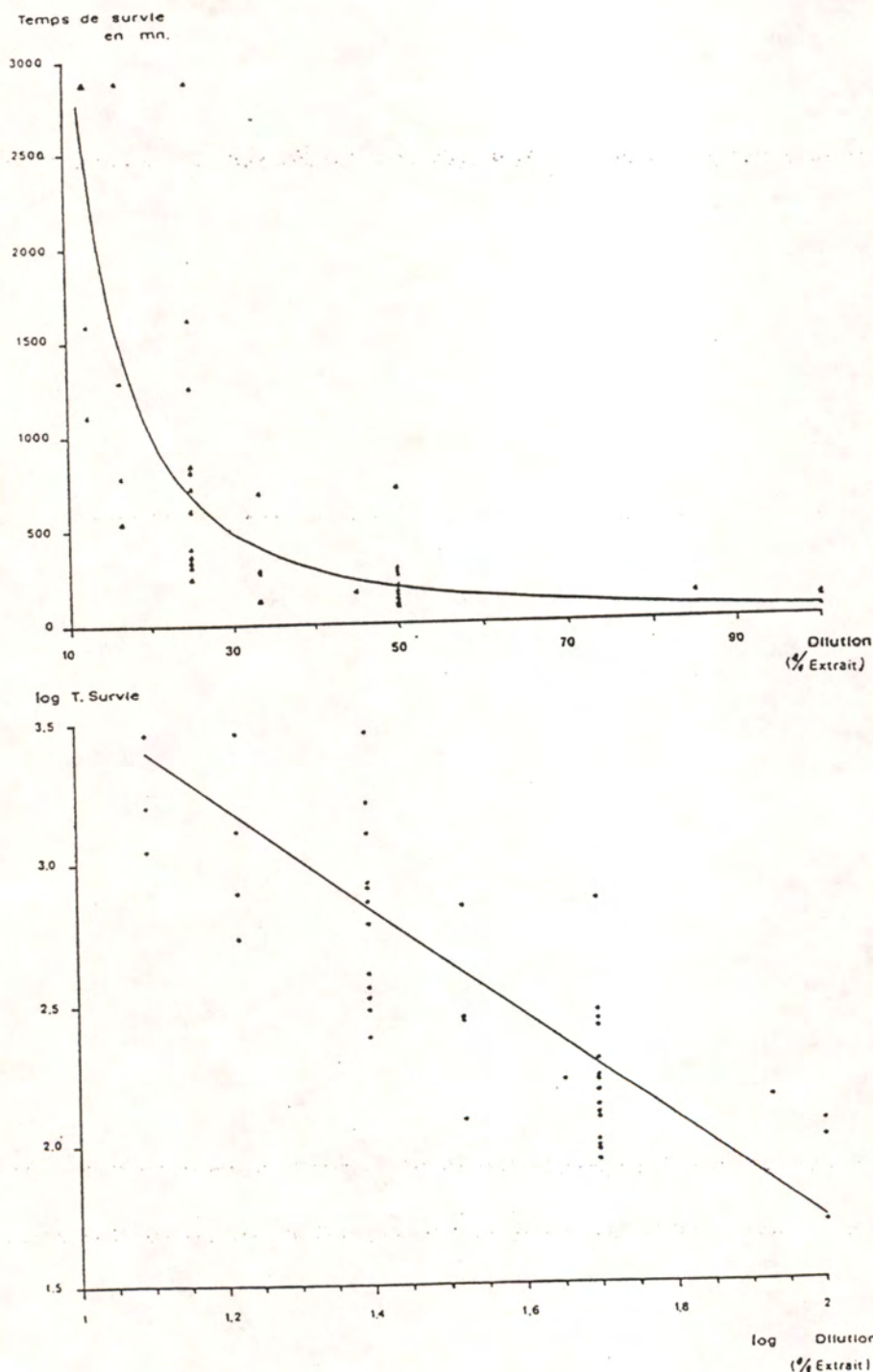
Le test « souris » est le seul moyen dont nous disposons actuellement pour détecter la toxicité des coquillages. En effet, tant qu'une quantité suffisante de toxine purifiée n'a pas été isolée, l'analyse chimique de la toxine n'est pas envisageable en routine et les tests immunologiques vers lesquels s'orientent les recherches ne sont pas encore au point.

Ce test biologique est d'ailleurs largement utilisé pour contrôler les organismes marins destinés à la consommation et susceptibles de contenir des toxines de nature différente (poison paralytique, ciguatoxine...). Cependant, dans le cas du poison diarrhéique, la quantification de la toxicité en unité-souris n'est pas satisfaisante pour deux raisons.

... / ...

* Claire MARCAILLOU-LE BAUT, Loïc LE DÉAN et Philippe TRUQUET
IFREMER - Centre de Nantes, B.P. 1049, 44037 Nantes Cedex, France.

- Annexe 2 (suite) -



• Aux doses sublétales (dilutions supérieures à 50 %), les possibilités de défense et/ou de récupération inhérentes à chaque animal deviennent prépondérantes : les temps de survie présentent alors une grande dispersion. De plus, cette dispersion va croissante quand la toxicité diminue et l'approximation faite en linéarisant la relation « temps de survie en fonction des quantités de matériel toxique injectées » peut être discutée.

• En l'absence d'échantillon de toxine pure, l'étalonnage est réalisé à partir d'un extrait de référence propre au laboratoire, il est donc impossible de standardiser le test.

En conséquence, les travaux futurs devraient s'orienter vers une titration du test-souris semblable à celle utilisée pour évaluer la présence du « poison paralysant des fruits de mer » (PRAKASH *et al.*, 1971). Une amélioration de la reproductibilité peut déjà être envisagée en purifiant les extraits. Cette procédure n'a pu être mise en place immédiatement du fait de la nécessité de traiter un grand nombre d'échantillons dans un temps très court.

FIG 1. — Relation entre le temps de survie des souris et les dilutions de l'extrait de référence.
Relationship between the survival time and the reference extract dilutions.

- Annexe 3 -

Les différentes études tentées à la TRINITÉ/mer. *

-Contamination comparée de divers genres de coquillages : -----

Cette étude a été mise en place à Belle Ile (de nombreuses espèces y sont pêchées) ou malencontreusement, il n'y a pas eu de dinophysis cet été contrairement à l'année précédente.

La comparaison a donc été impossible.

La réunion des deux conditions nécessaires pour effectuer une telle étude est parfois malaisée. Elle requiert un point :

- à haut risque de contamination par le dinophysis.
- riche en divers coquillages.

-Contamination comparée de différents sites géographiques : -----

La comparaison des contaminations au large par rapport à l'estuaire a été mise en place dans deux zones :

- rivière de Pénérif (Penvins/Pénérif).
- rivière de Vilaine (Kervoyal/Le Halguen/Le Scal)

Il n'y a pas eu de différences notables entre les contaminations en estuaire et au large (mais les tests-souris n'ont jamais dépassé 1,34 U.S.)

-Cinétique de décontamination de coquillages contaminés par le dinophysis : -----

Etant donné les très faibles contaminations, l'étude n'a pas été démarrée cet été dans l'attente d'un phénomène de plus grande ampleur.

-Facteurs météorologiques et hydrologiques de développement du dinophysis : -----

Dans le but de prévoir le développement du phénomène, cette étude essaye de mettre en évidence les liens entre les successions de population de dinophysis et les facteurs météorologiques suivants :

- coefficient de marée.
- direction du vent.
- force du vent.

Le dépouillement de ces observations est extrêmement long et complexe, et les résultats ne sont pas encore connus car ils reposent sur plusieurs années.

Comme pour toutes les études cette année, la faible ampleur du phénomène dans le Morbihan ne permettra pas d'éclaircir les nombreux points obscurs qui subsistent.

* REMARQUE : les principaux travaux de Recherche sont effectués à Nantes
(IFREMER/DERO/Nantes)

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1984 - Inventaire des secteurs conchylicoles du littoral français. IFREMER/CSRU Nantes.
 - M. BARDOUIL et P. LASSUS, 1984 - Variations saisonnières des espèces dominantes du phytoplancton de la baie de Vilaine - IFREMER Nantes laboratoire E.B.N.
 - C. BELIN, C. LE BAUT, J.P. BERTHOME et P. LASSUS, 1985-86 - Eaux colorées, plancton toxique et cultures marines - IFREMER Nantes, "Equinoxe"
 - P. BOUGIS, 1967 - Le plancton. P.U.F. collection "Que Sais-je ? " n° 1241
 - J. BRUNEL, 1962 - Le phytoplancton de la Baie des Chaleurs.
 - P.G. FLEURY et col. 1987 - Bilan du Suivi du Dinophysis dans le Morbihan durant l'été 1986 ; perspectives 1987 - IFREMER La Trinité/mer. C.S.R.U. - TRI - 87-01.
 - Y. GAUBERT, 1987 - Moules et autres coquillages : Tirer toutes les conséquences du Dinophysis - "Le Marin" 10 juillet 1987.
 - C. MARCAILLOU, LE BAUT, L. Le DEAN et Ph. TRUQUET, 1985 - Validité du test-souris pour le contrôle routinier de secteurs mytilicoles contaminés par la toxine du Dinophysis. IFREMER Nantes, Revue de Travaux ISTPM 47/3 et 4.
 - L. MARTEIL, 1976 - La conchyliculture française. Tome 2 : biologie de l'huître et de la moule. IFREMER Nantes Revue des Travaux ISTPM 40/2.
 - H. TOURNIER et Y. PICHOT, 1987 - Répartition de la chlorophylle a, dans l'étang de Thau ; richesse maritime pour les mollusques d'élevage. IFREMER Nantes, Revue des Travaux ISTPM 49/1 et 2.
-