

**DINOFLAGELLES  
TOXIQUES  
ET  
PHENOMENES D'EAUX  
COLOREES**



**MISSION AU JAPON 1984**

**Patrick LASSUS**



Centre de Nantes

Rue de l'Île d'Yeu, Boîte Postale 1049, 44037 NANTES CEDEX  
Tél (40) 74.99.81 - Télex 711 196

Département DERO/MR  
Laboratoire Effets Biologiques  
des Nuisances

PL/MA

DINOFLAGELLES TOXIQUES  
ET PHENOMENES D'EAUX COLOREES

AU JAPON

---

RAPPORT DE MISSION

---

PATRICK LASSUS

---

RAPPORT A DIFFUSION RESTREINTE, N° 40 - DECEMBRE 1984

# S O M M A I R E

---

## DINOFLAGELLES TOXIQUES ET PHENOMENES D'EAUX COLOREES AU JAPON

---

|   |    |
|---|----|
| I - INTRODUCTION .....  | 3  |
| II - EAUX COLOREES A <i>Chattonella</i> ET <i>Gymnodinium</i> .....             | 5  |
| 1.- Les problèmes d'eaux rouges dans les mers intérieures                       | 5  |
| 2.- Etudes fondamentales .....  | 12 |
| a) Laboratoire de Nansei .....  | 12 |
| b) Laboratoires préfectoraux d'Hiroshima et de Kagawa                           | 17 |
| c) Université de Kagawa (Takamatsu, île de Shikoku)..                           | 18 |
| d) Université de Mie (Péninsule de Kii) .....                                   | 20 |
| 3.- Modèles prédictifs .....  | 23 |
| 4.- Télédétection .....   | 28 |
| III - DINOFLAGELLES TOXIQUES : <i>Protogonyaulax</i> et <i>Dinophysis</i>       | 33 |
| 1.- Dinoflagellés responsables du PSP .....                                     | 33 |
| 2.- Dinoflagellés responsables du DSP .....                                     | 38 |
| a) Distribution de <i>Dinophysis fortii</i> dans le nord<br>du Japon .....      | 38 |
| b) Modèles prédictifs actuellement à l'étude<br>pour <i>D. fortii</i> .....     | 43 |
| c) Analyse des toxines de <i>Dinophysis</i> .....                               | 48 |
| IV - COMPARAISON AVEC LA SITUATION FRANCAISE ET<br>APPLICATIONS POSSIBLES ..... | 56 |
| 1.- <i>Dinophysis acuminata</i> .....   | 56 |
| 2.- <i>Gyrodinium aureolum</i> .....  | 57 |
| V - CONCLUSIONS .....   | 59 |
| VI - BIBLIOGRAPHIE JAPONAISE SUR EAUX ROUGES ET<br>DINOFLAGELLES TOXIQUES ..... | 60 |

## I - INTRODUCTION

— Les phénomènes d'eaux colorées sont communs sur les côtes françaises comme dans les autres pays européens. Mais, à la différence des Etats-Unis, du Canada, du Japon, de la Grande Bretagne, de la Scandinavie et de l'Espagne, aucun phénomène d'intoxication paralytique (PSP)<sup>(\*)</sup> par des dinoflagellés n'a été recensé jusqu'ici en France. —

En fait, ce n'est qu'à partir de 1978 que les "eaux rouges" à dinoflagellés ont alerté l'opinion publique française avec les grandes eaux colorées du Calvados en juin-juillet. Néanmoins, les risques encourus par les consommateurs de coquillages contaminés par des espèces phytoplanctoniques supposées toxiques, ont moins préoccupé les pouvoirs publics qu'une éventuelle relation avec la pollution industrielle propre aux zones estuariennes.

Ce n'est qu'en 1983 que l'on commence à considérer que les moules, huîtres et palourdes de culture sont tout aussi exposées à des risques de contamination par dinoflagellés toxiques que dans les autres pays : les intoxications diarrhéiques de type DSP<sup>(\*\*)</sup> rencontrées en 1983, puis en 1984 chez les consommateurs du sud Bretagne et de la côte normande se trouvent liées à la présence dans l'eau et les bivalves d'un dinoflagellé :

*Dinophysis acuminata*.

Il se trouve que personne n'aurait soupçonné cette espèce capable de rendre toxiques des mollusques (par ailleurs nullement inhibés eux-mêmes) si des travaux hollandais (KAT, 1981) et surtout japonais, n'avaient mis en garde les phytoplanctonologistes.

Considérant le peu d'expérience au niveau français en ce qui concerne les biotoxines marines d'une part, et l'écologie/physiologie des dinoflagellés marins d'autre part, il a paru des plus urgents de combler ces lacunes en profitant des connaissances accumulées par les scientifiques japonais dans ces domaines, et ce, depuis plus de 12 ans.

---

(\*) PSP : Paralytic Shellfish Poison

(\*\*) DSP : Diarrhetic Shellfish Poison

Des contacts avaient été pris dès 1983 avec le Pr YASUMOTO (Université de Tohoku - Sendai) afin de perfectionner le "test-souris" permettant d'analyser rapidement le niveau de contamination des mollusques par le DSP.

Il était dès lors logique de procéder à une collaboration plus étroite et à un échange d'information.

Par ailleurs, au Japon, le contrôle des phénomènes d'eaux colorées, la prédiction de leur apparition, et l'étude des facteurs de l'environnement pouvant jouer un rôle, étant des thèmes de recherche coordonnés par la Fisheries Agency et le Laboratoire de Nansei (Hiroshima), il s'est rapidement avéré utile d'entrer en liaison avec le Département "Red Tides" dirigé par le Dr ANRAKU.

Les questions posées aux scientifiques japonais pouvaient s'énumérer comme suit :

- état de la réglementation et du réseau de surveillance en matière d'eaux colorées toxiques,
- paramètres utilisés dans les modèles prédictifs,
- lien entre les eaux colorées et le déséquilibre des facteurs physico-chimiques de l'environnement marin,
- origine du développement des espèces toxiques pour l'homme, seuils toxiques (concentrations cellulaires),
- tests toxicologiques utilisés pour le contrôle de la salubrité des coquillages,
- moyens de lutte contre les eaux colorées.

Avant d'aborder les résultats de cette enquête dans différents laboratoires préfectoraux ou universitaires (une dizaine au total), il convient de rappeler quelques notions importantes :

- 1°) Le terme d'eaux rouges, ou "eaux colorées" s'applique exclusivement à des proliférations massives (millions de cellules par litre) en zone côtière d'organismes phytoplanctoniques appartenant généralement au groupe des dinoflagellés.
- Lorsqu'il y a prolifération identique de diatomées il s'agit plutôt d'une conséquence possible d'un phénomène d'eutrophisation.

2°) Les eaux colorées, selon les organismes qui les composent, peuvent être :

- . non toxiques,
- . toxiques pour les animaux marins (ichthyotoxines, brevetoxine),
- . toxiques pour l'homme après concentration par les coquillages ou les poissons (PSP, DSP, VSP (1), ciguatoxines, prymnesine, etc....),
- . néfastes pour les animaux marins en provoquant une anoxie du milieu.

3°) Si certains phytoflagellés et dinoflagellés peuvent être toxiques à faibles concentrations dans l'eau ( $10^2$  à  $10^3$  cellules/litre) - et c'est le cas des *Protogonyaulax* et *Dinophysis* - d'autres doivent atteindre des concentrations importantes ( $10^6$  cellules/litre) comme par exemple *Chattonella*, *Gyrodinium*, *Gymnodinium*.

De ce fait, sans schématiser outre mesure, il pourra être facile de distinguer les problèmes du sud du Japon (mers intérieures, Péninsule de Kii) davantage marqué par les eaux colorées à *Chattonella*, toxiques pour poissons et coquillages, de ceux du nord (Préfectures d'Hokkaido, Aomori, Iwate, Miyagi) concernés par des espèces toxiques pour l'homme à faibles concentrations dans l'eau (*Protogonyaulax* et *Dinophysis*).

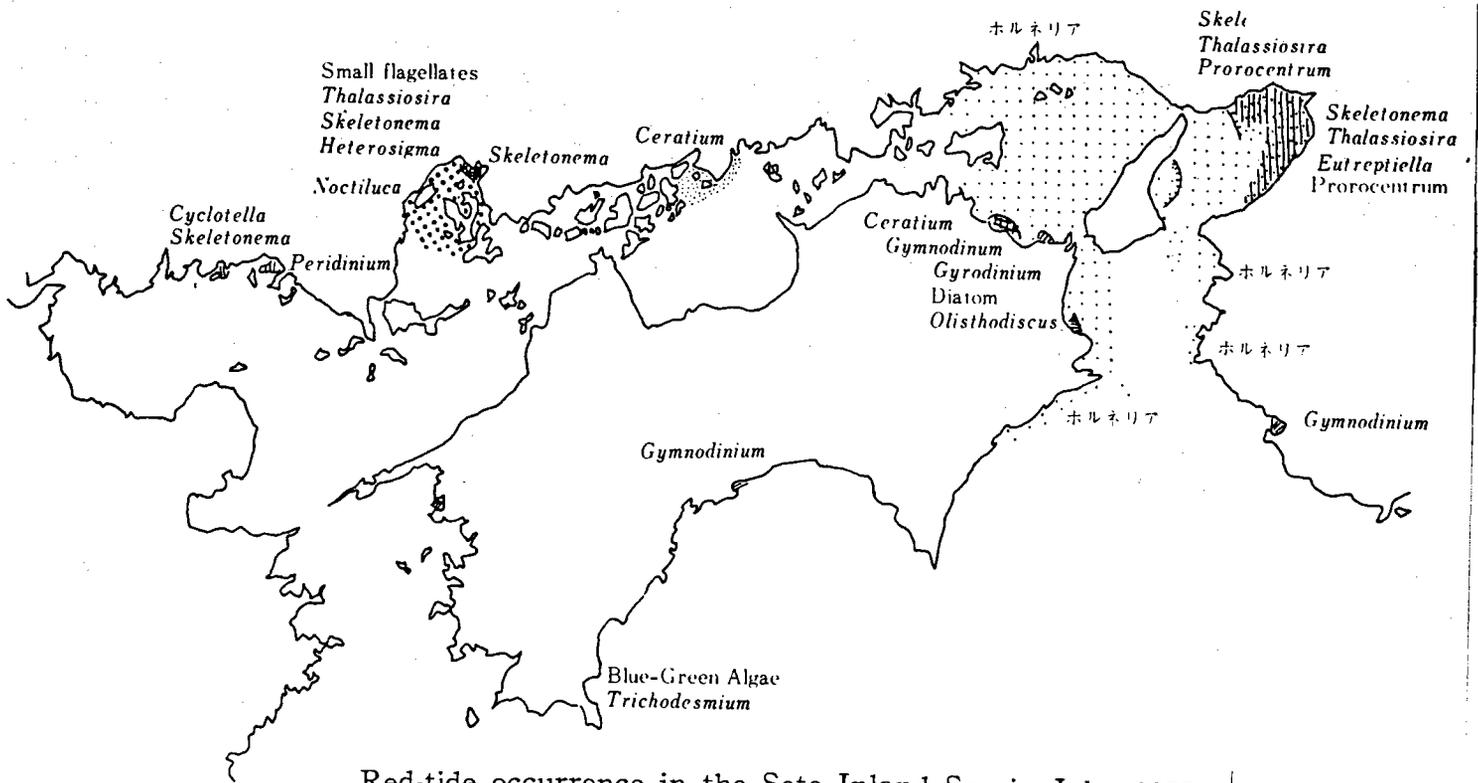
## II - EAUX COLOREES A *Chattonella* ET *Gymnodinium*

### 1.- Les problèmes d'eaux rouges dans les mers intérieures

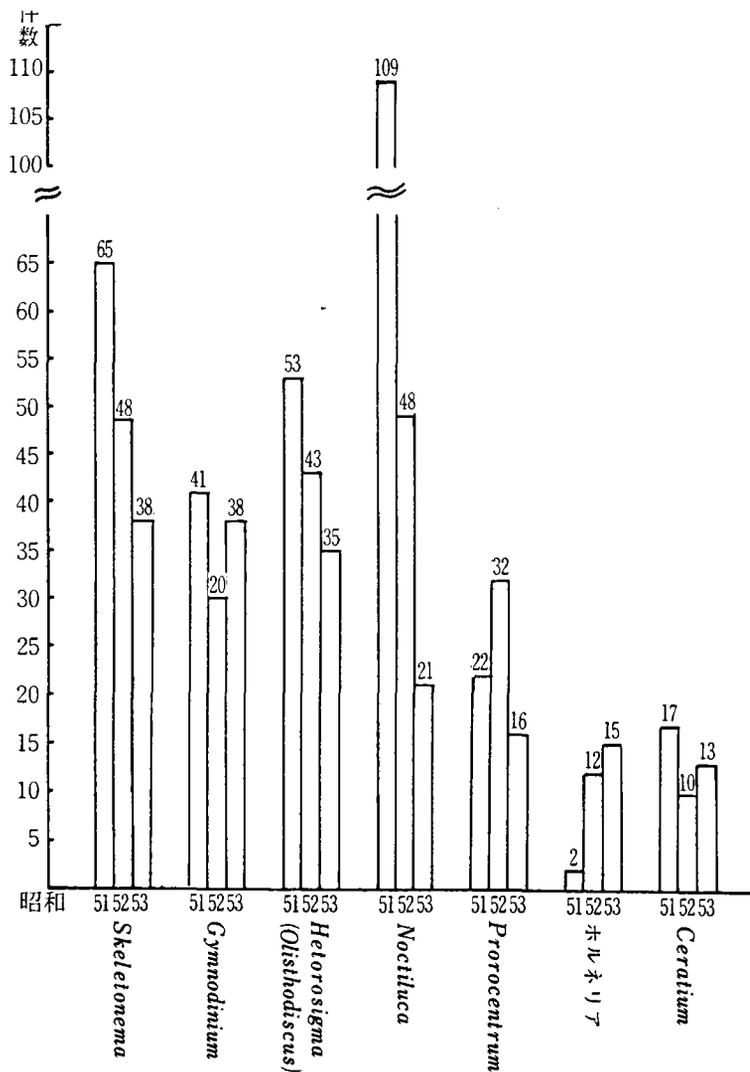
Les dommages occasionnés par les eaux rouges à *Chattonella* à la pêche et à l'aquaculture (poissons - coquillages) sont énormes dans cette région. La production aquacole dans la mer intérieure de Seto est de l'ordre de 320 000 tonnes, soit le tiers de la production nationale, avec 60 % pour les cultures d'algues, 15 % pour les coquillages et 15 % pour les poissons.

Du fait de cette "concentration aquacole" dans des zones maritimes semi-fermées à faible circulation d'eau, les risques sont aigus. La figure 1 donne une idée, pour 1978, du nombre d'eaux colorées enregistré dans un secteur englobant les baies de Suô Nada, Hiroshima, Hiuchi-Nada, Harimanada et l'est de la grande île de Shikoku, de même que la fréquence annuelle des eaux rouges entre 1976 et 1978.

(1) VSP : Venerupine Shellfish Poison



Red-tide occurrence in the Seto Inland Sea in July, 1978.



Number of cases of Red-tide by Red-tide-plankton spp. and by year in the Seto Inland Sea.

Fig. 1.- Eaux rouges en mer intérieure de Seto en juillet 1978 et nombres de cas d'eaux rouges par espèce et par année (plaquelette du Laboratoire Régional des Pêches de Nansei - Hiroshima).

De même (figure 2) il est facile de constater à la fois l'importance économiques de ces eaux colorées et la prédominance du genre *Chattonella* dans ces manifestations, malgré une certaine diminution du nombre de développements phytoplanctoniques après 1978.

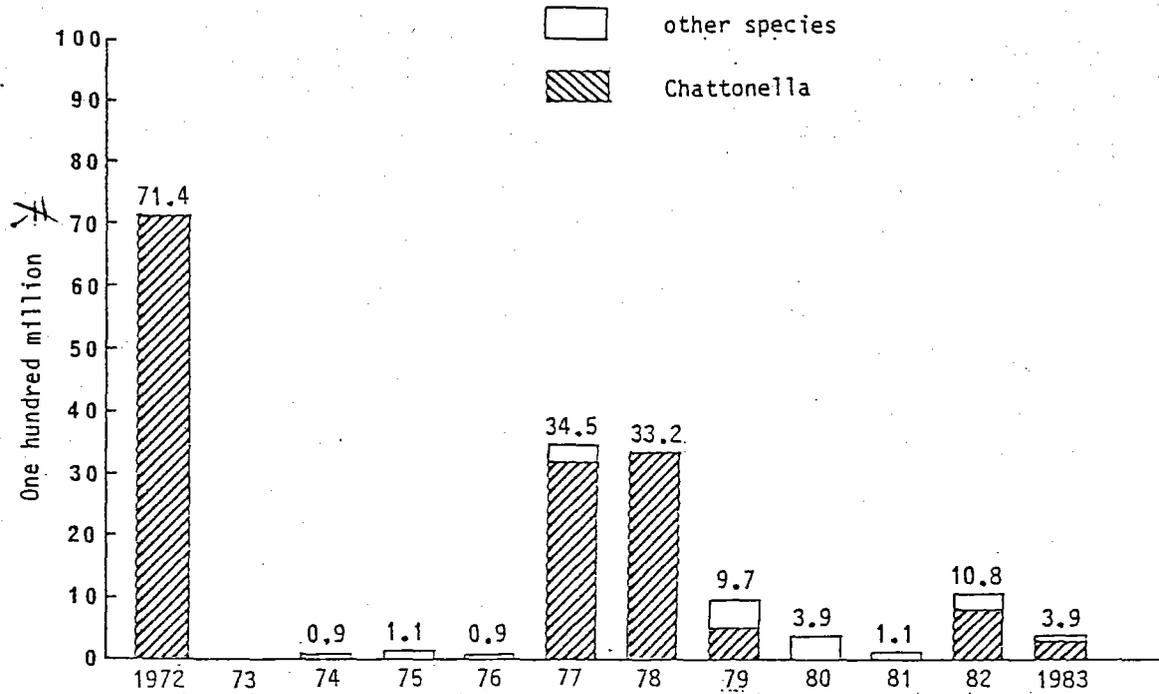
L'ensemble du système d'information/surveillance est régulé par la Fisheries Agency, à Tokyo, avec la participation du Bureau de régulation des pêches pour les mers intérieures, à Kobé, et le Laboratoire de recherche de Nansei, près d'Hiroshima.

Ce dernier a la double tâche de promouvoir des études à caractère fondamental sur les eaux colorées et de recevoir et analyser les informations transmises par les laboratoires préfectoraux.

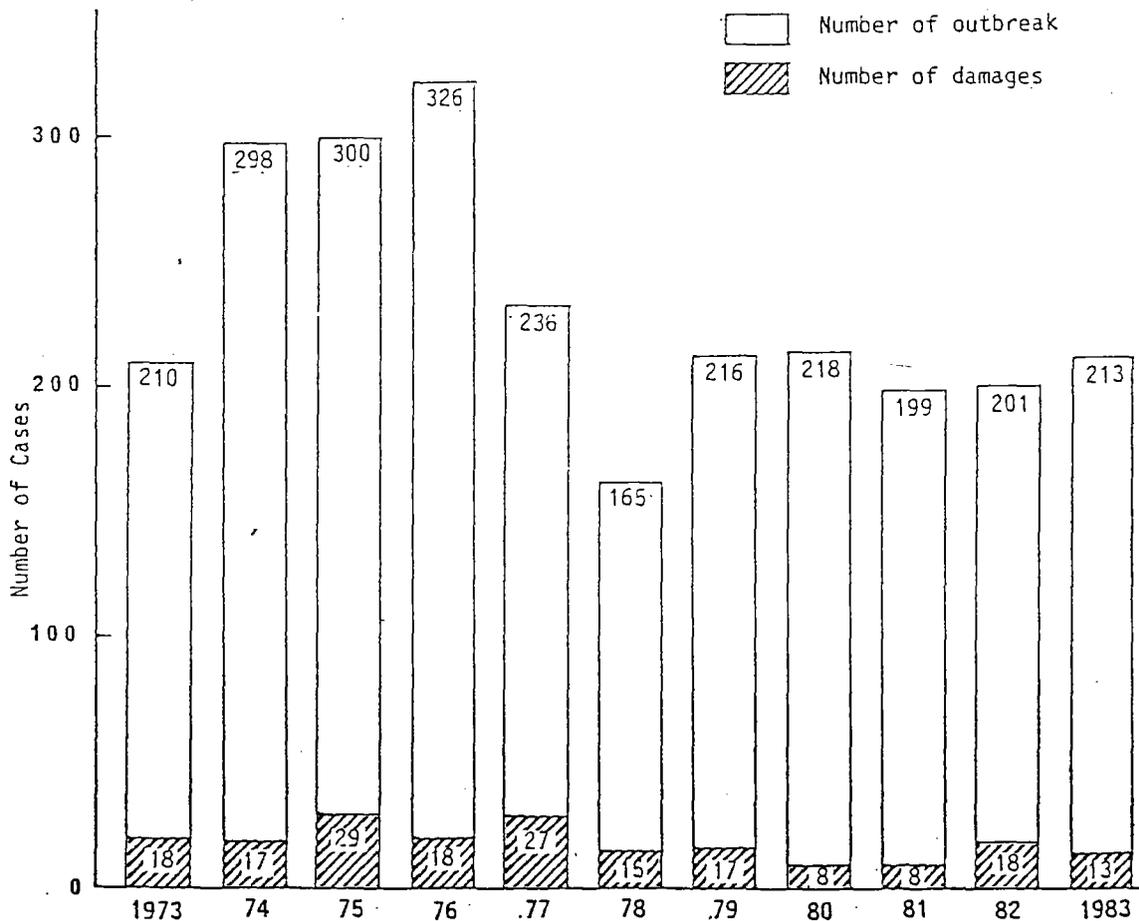
De plus, des études sont sous-traitées aux laboratoires universitaires, tandis qu'une formation scientifique "légère" permet de compter avec la participation des producteurs conchylicoles (mesure des températures, examens microscopiques).

Deux systèmes de régulation ont été mis en place selon qu'il s'agit d'eaux rouges à *Chattonella* ou de contamination des coquillages par des dinoflagellés toxiques (figure 3). Dans ce dernier cas, il s'agit des cas de PSP, développés au Japon depuis 1948 et dus principalement à *Protogonyaulax tamarensis* et *P. catenella*, et plus récemment (depuis 1977) des cas de DSP dus à *Dinophysis fortii*. Cependant, nous traiterons plus loin des problèmes propres aux biotoxines.

La place impartie au département "eaux rouges" dirigé par le Dr ANRAKU est de ce fait très importante au sein du laboratoire maritime de Nansei, lequel comprend également des départements pêche et aquaculture. Cette place apparaît dans l'organigramme de la figure 4, lorsque l'on sait que 150 chercheurs pour un budget d'un million de yens sont attribués aux programmes rattachés à ce département, contre 5 chercheurs et un budget plus réduit pour le laboratoire de Sukuba.



**Fig. 2.-** Pertes subies par la pêche et la conchyliculture en mer intérieure de Seto et nombres de cas d'eaux colorées entre 1972 et 1983. Extrait du Symposium "Toxic and noxious aspects of marine plankton" Dr ANRAKU.



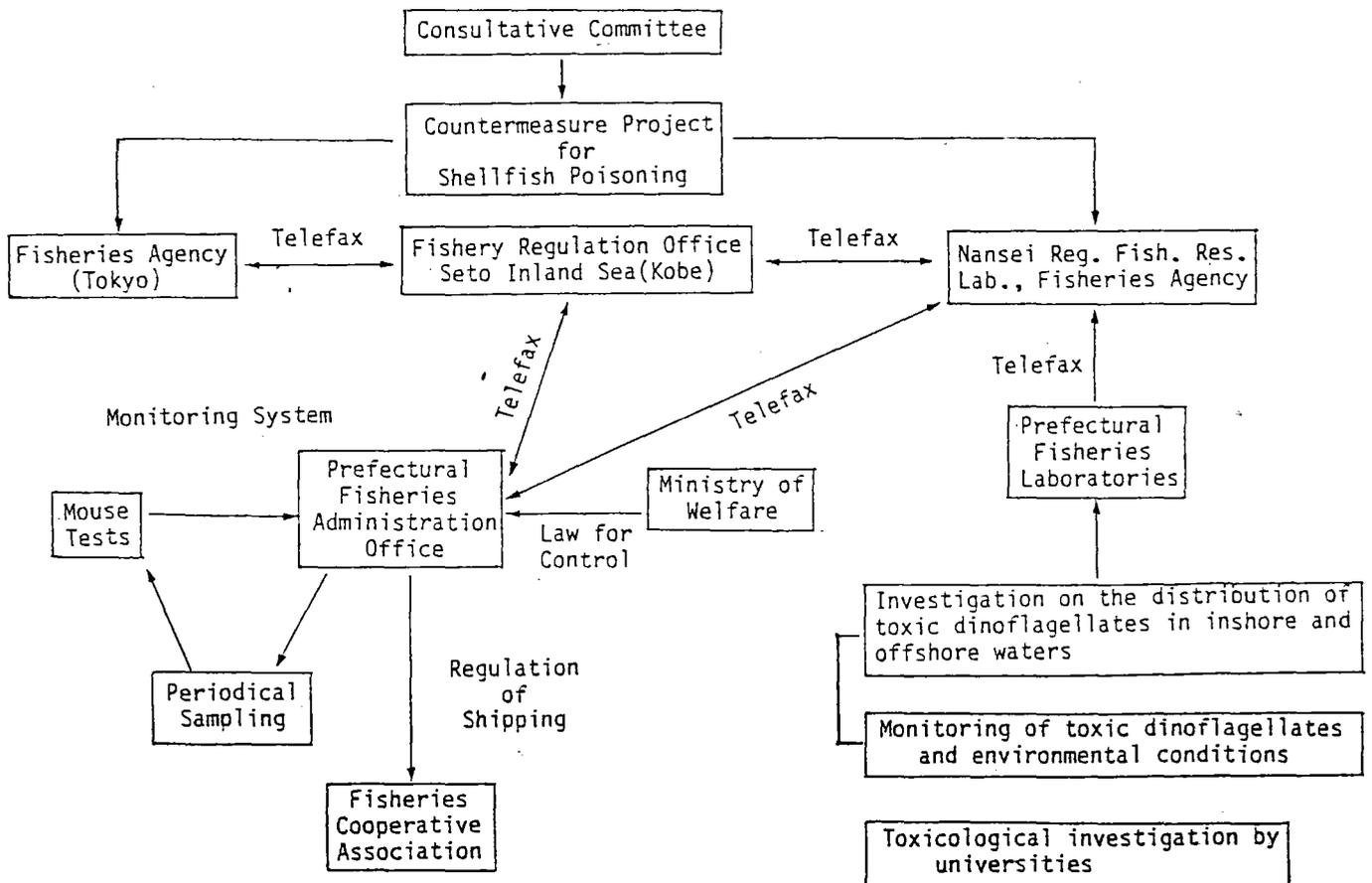
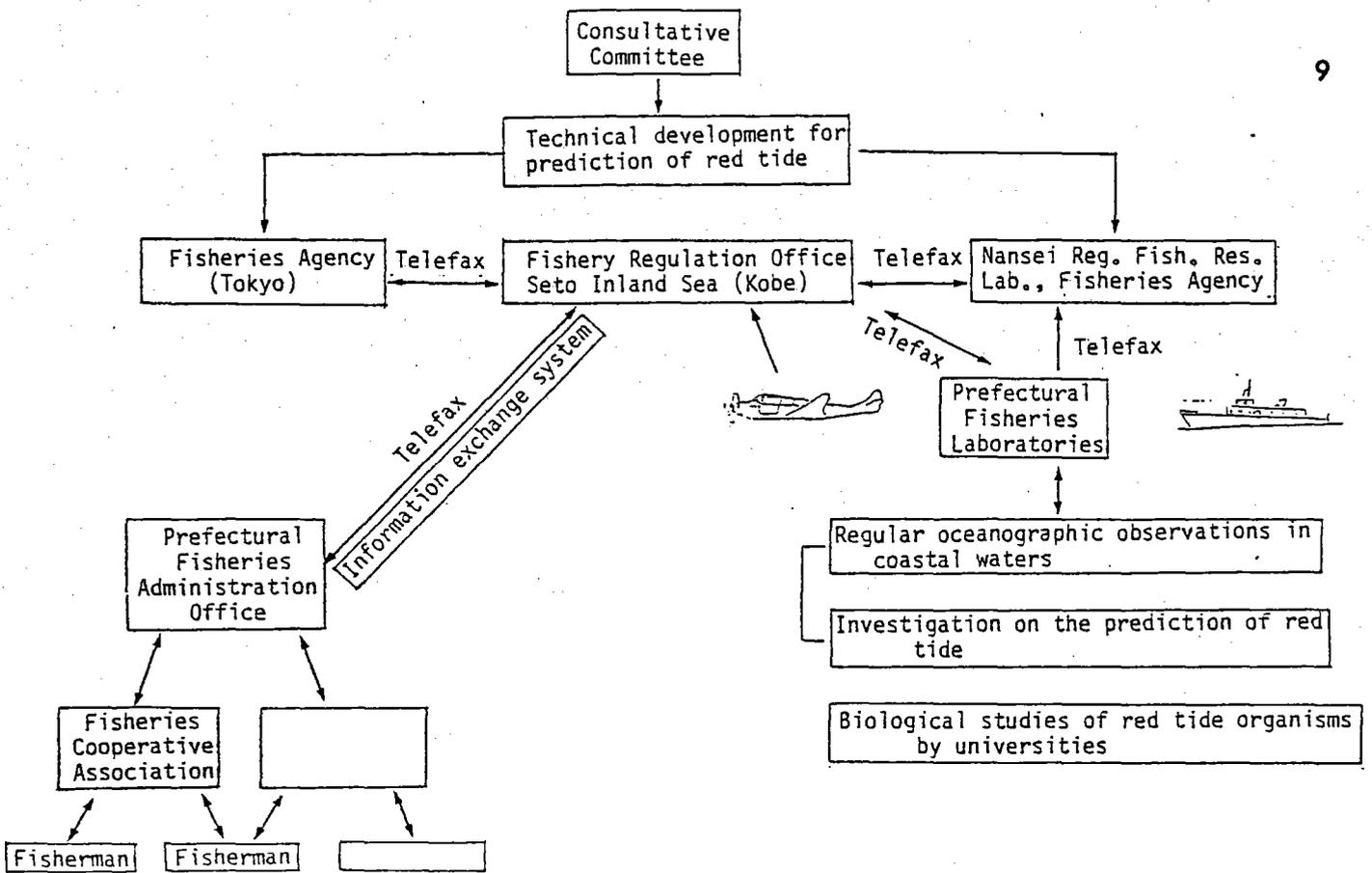
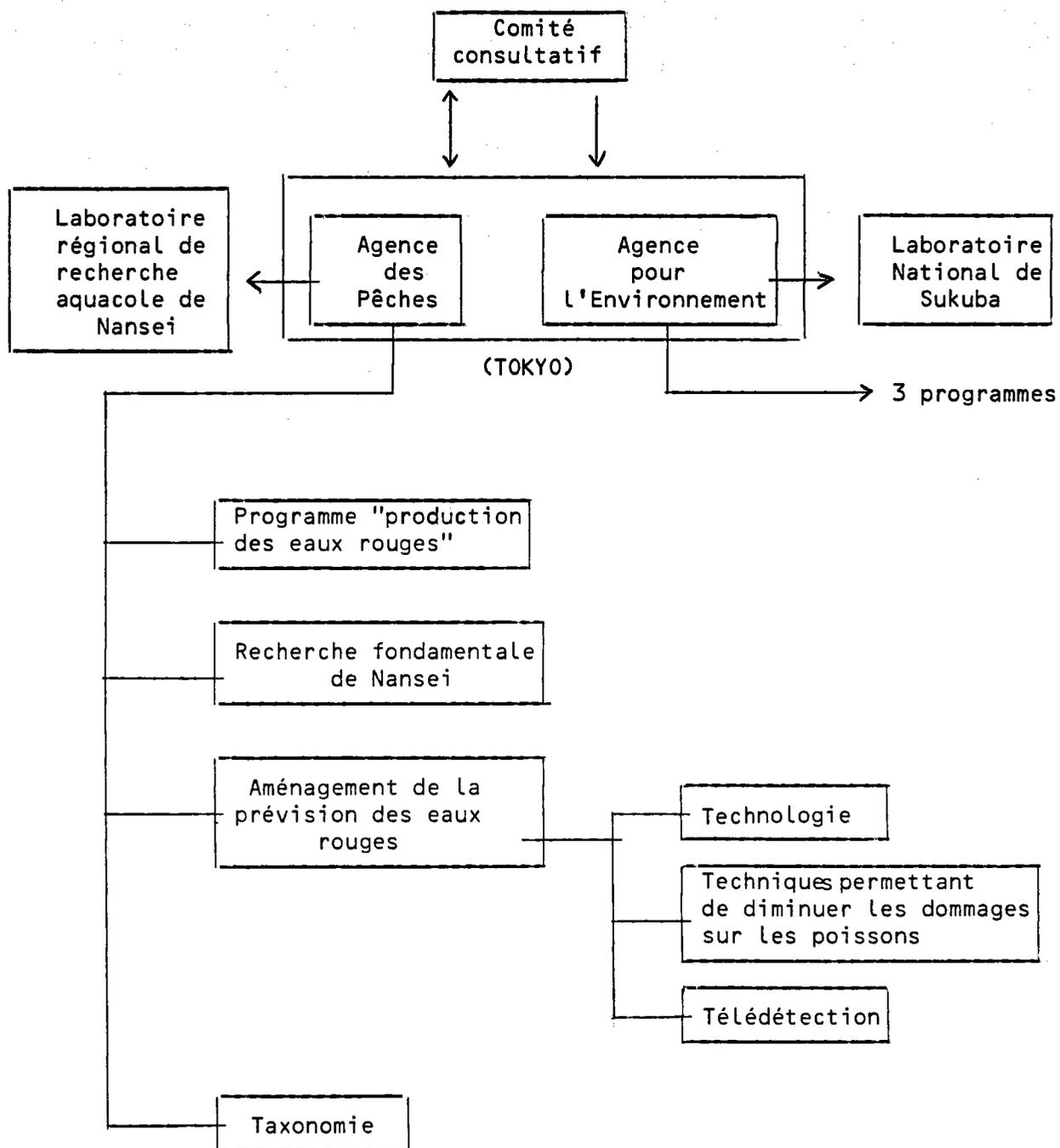


Fig. 3.- Systèmes de régulations permettant le contrôle des phénomènes d'eaux rouges ou de contamination des coquillages. Extrait du Symposium "Toxic and noxious aspects of marine plankton" Dr ANRAKU.



**Fig. 4.** - Programmes de recherche développés par l'Agence des Pêches.

Le contrôle des eaux colorées dans les mers intérieures peut être poursuivi toute l'année grâce aux 14 laboratoires préfectoraux répartis sur leur pourtour et aux 300 stations de prélèvement (figure 5).

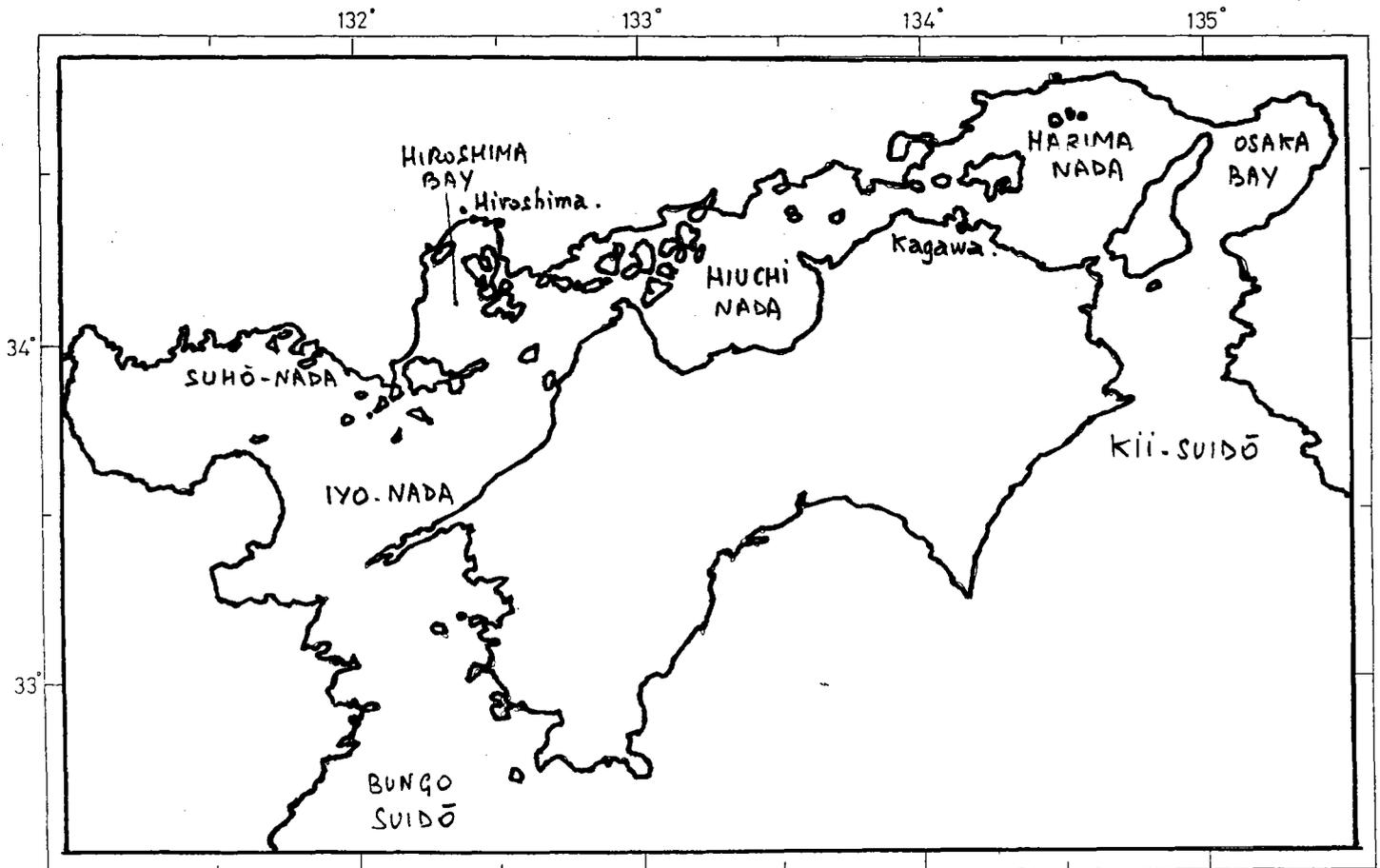


Fig. 5.- Répartition des différentes baies contrôlées par les laboratoires préfectoraux en mer intérieure de Seto.

Les paramètres analysés ( $T^{\circ}$ ,  $S^{\text{‰}}$ ,  $PO_4$ ,  $NO_3$ ) sont mesurés à 0 et 10 m non seulement grâce aux personnels des laboratoires mais aussi, d'avril à novembre, au moyen de divers navires sillonnant les baies et avec l'aide des pêcheurs (comptages microscopiques des *Chattonella marina* et *antiqua*). La fréquence des prélèvements varie de 1 par mois à 1 par jour selon l'opportunité.

Bien que les dommages sur les pêcheries et centres aquacoles soient en régression depuis 1972, le nombre annuel d'eaux colorées est relativement constant. De ce fait, des modèles prédictifs ont été développés (plus de 500 000 données sur bandes magnétiques) en particulier en utilisant les paramètres les plus faciles à obtenir régulièrement comme la température ou la salinité. Dans le cas de *Chattonella*, phytoflagellé dont le développement est très corrélé à l'augmentation thermique (seuil fixé à 20° C), cette facilité permet actuellement de prévoir les eaux colorées estivales à partir du 15 mai.

## 2.- Etudes fondamentales

Un certain nombre d'études à caractère fondamental sont développées aussi bien dans les laboratoires préfectoraux que dans les universités. Nous en donnerons quelques exemples.

### a) Laboratoire de Nansei

Le Département "eaux rouges" comprend essentiellement 5 chercheurs dont les secteurs d'activité sont très divers. Outre le recueil et le traitement des données transmises par les laboratoires préfectoraux, différents thèmes de recherche ont été développés par chacun :

#### \* Conséquences du "grazing" des crustacés zooplanctoniques sur les eaux colorées à *Chattonella* (Dr ITOH)

La pression trophique exercée par l'échelon secondaire sur la production primaire est étudiée au moyen de cultures pures de *Chattonella marina* et de copépodes adultes prélevés dans le milieu (principalement *Calanus sinicus* et les genres *Centropages*, *Acartia*, *Paracalanus*, *Oithona* et *Oncaea*).

Les expériences durent 24 h après quoi on estime le taux de "grazing" des copépodes sur des cultures dont la concentration initiale varie de 0 à 15 000 cellules/ml. La production de boulettes fécales, l'estimation des fragments cellulaires après ingestion, permettent de mettre en évidence une nette diminution du taux de "grazing" lorsque la concentration cellulaires excède 15 000 cellules par ml. Ce taux tend à être constant entre 200 et 3 000 cellules par ml et est grossièrement proportionnel à la concentration cellulaire en phase exponentielle de développement.

Le schéma général des expérimentations est représenté dans la figure 6. Notons que ces résultats sont actuellement sous presse et que selon le stade (copépodites, adultes) et les espèces de copépodes, le type de "grazing" peut changer.

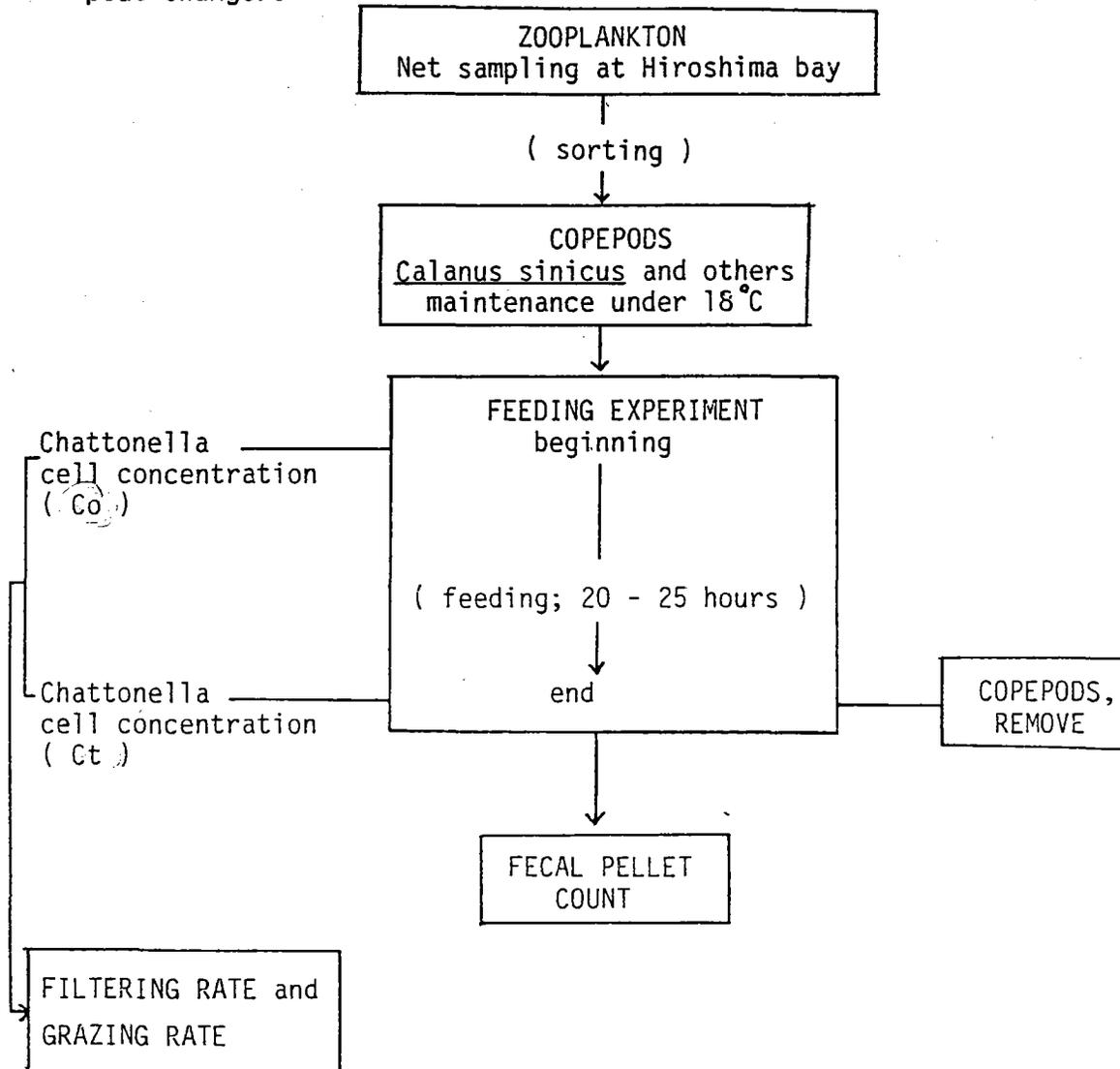


Fig. 6.- Schéma expérimental permettant d'estimer l'impact de la concentration cellulaire de *Chattonella* sur le taux de filtration de différentes espèces de copépodes (ITOH - 1985 sous presse).

\* Régulation des eaux colorées à *Chattonella marina* en relation avec les bactéries marines (Dr IMAI)

Un aspect très intéressant de ce projet de recherche concerne le dépistage des cellules "dormantes" de *Chattonella* dans les sédiments. Des échantillons de crème de vase (granulométrie inférieure à 63 microns) sont ainsi stockés à 11° C après avoir été prélevés dans le secteur de Harimanada. Du fait de la difficulté à identifier facilement ces kystes, une incubation à température plus élevée (20° C) permet la germination des flagellés et la vérification

de la détermination. Les cellules "dormantes" de *Chattonella antiqua* et *marina* sont étudiées depuis 1981 et certaines observations semblent prouver que :

- . plus de 80 % des kystes se trouvent dans les sédiments vaseux inférieurs à 63  $\mu$ ,
- . après dépôt des kystes sur le fond ils sont transportés par des courants profonds vers la côte,
- . la thermocline aurait moins d'effet sur la distribution des kystes que la turbulence qui les remet en suspension dans la colonne d'eau.

Rappelons que le genre *Chattonella* appartient au groupe des Chloromonadines et que trois espèces se rencontrent sur les côtes japonaises :

- . *Chattonella antiqua*,
- . *Chattonella marina* (proche de *C. subsalsa* Biecheler),
- . *Chattonella* sp.

En ce qui concerne les bactéries marines, leur comptage s'effectue au microscope à épifluorescence après fixation au Bleu Indol. Un système simple d'analyse par ordinateur de photographies microscopiques permet au Dr IMAI d'estimer rapidement les proportions relatives des principaux groupes bactériens de son échantillon (bacilles, cocci, etc...).

Des études devant être publiées font état d'une augmentation du nombre de cellules de *Chattonella* en présence de bactéries marines (populations naturelles mixtes) jusqu'à un point de rupture à partir duquel on assiste à un brusque déclin.

#### \* Modèles prédictifs, écologie des espèces, cultures

Trois autres chercheurs (Drs KOGA, MATSUO et YAMAGUCHI) se partagent ces activités ainsi que le traitement des données "eaux rouges". Les espèces les plus étudiées, pour ce qui concerne la mer intérieure de Seto, sont :

- . *Gymnodinium* spp (large développement en 1974 en baie d'Osaka),
- . *Protogonyaulax catenella* (trouvés près des Préfectures de Wakayama, Kagawa et Miyazaki),
- . *Dinophysis fortii* et *D. acuminata*.

Un récent développement (1984) de *Gymnodinium* sur la côte de la Préfecture de Wakayama a entraîné des dommages sur le stock de poissons de l'ordre de plusieurs millions de yens.

En ce qui concerne *Dinophysis fortii* les concentrations maximales se situent davantage vers 10 m de profondeur qu'en surface, mais aucune intoxication de type DSP n'a été constatée, pour des concentrations similaires dans l'eau (rarement supérieures à  $10^3$  cellules par litre), à la différence de la côte nord du Japon. Cependant, si une bonne corrélation existe entre l'abondance de *D. fortii* et une marge étroite de température/salinité, il n'en est apparemment pas de même pour *D. acuminata*. C'est ce qui apparaît de toutes les données des laboratoires préfectoraux compilées en 1983 (fig. 7).

Des essais de culture sur *D. fortii* (Dr MATSUO) n'ont pas abouti : peu ou pas de divisions après 3 à 6 mois de "survie".

Les modèles prédictifs ont été orientés entre 1983 et 1984 vers des modèles "écologiques" lourds, à très grand nombre de paramètres et nécessitant la sous-traitance à une compagnie privée pour la partie informatique. Ils ont été développés à partir des données recueillies en baie de Suô-Nada, puis d'Osaka.

Actuellement, on cherche à définir les paramètres les plus significatifs afin de simplifier le modèle.

Quant aux cultures, de nombreuses souches de phytoflagellés et dinoflagellés ont été isolées récemment au laboratoire, citons notamment :

*Chattonella marina* (Chloromonadine) isolée pendant l'été 1984 en baie de Suô-Nada - taille 30 à 70  $\mu$

*Protogonyaulax* sp. (dinoflagellés) isolé en avril 1984 en baie d'Harima Nada

*Heterocapsa triquetra* (dinoflagellé) isolé en avril 1984 en baie d'Harima Nada

*Heterosigma akashiwo* (Raphidophycée) isolée en juin 1984 en baie d'Hiroshima.  
Taille : 10 à 20  $\mu$ . Provoque des eaux rouges tous les étés avec des effets toxiques légers sur les poissons -  
Forme des cellules "dormantes".

*Prorocentrum triestinum* (dinoflagellé) isolé en juin 1984 en baie d'Hiroshima.

*Prorocentrum minimum* (dinoflagellé) isolé en avril 1984 dans le secteur d'Harimanada

*Prorocentrum* sp. (dinoflagellé) isolé en juillet 1983. Taille : 35 - 40  $\mu$

*Prorocentrum compressum*

*Gymnodinium nelsoni* (dinoflagellé) isolé en juillet 1984 en baie de Suô-Nada

*Gymnodinium instriatum* (dinoflagellé) forme des kystes hivernaux

Toutes ces cultures se développent facilement à fortes densités.

3. *Dinophysis fortii*, *D. acuminata* 出現個体数と水温—塩分との関係 (広域分布調査結果より)。

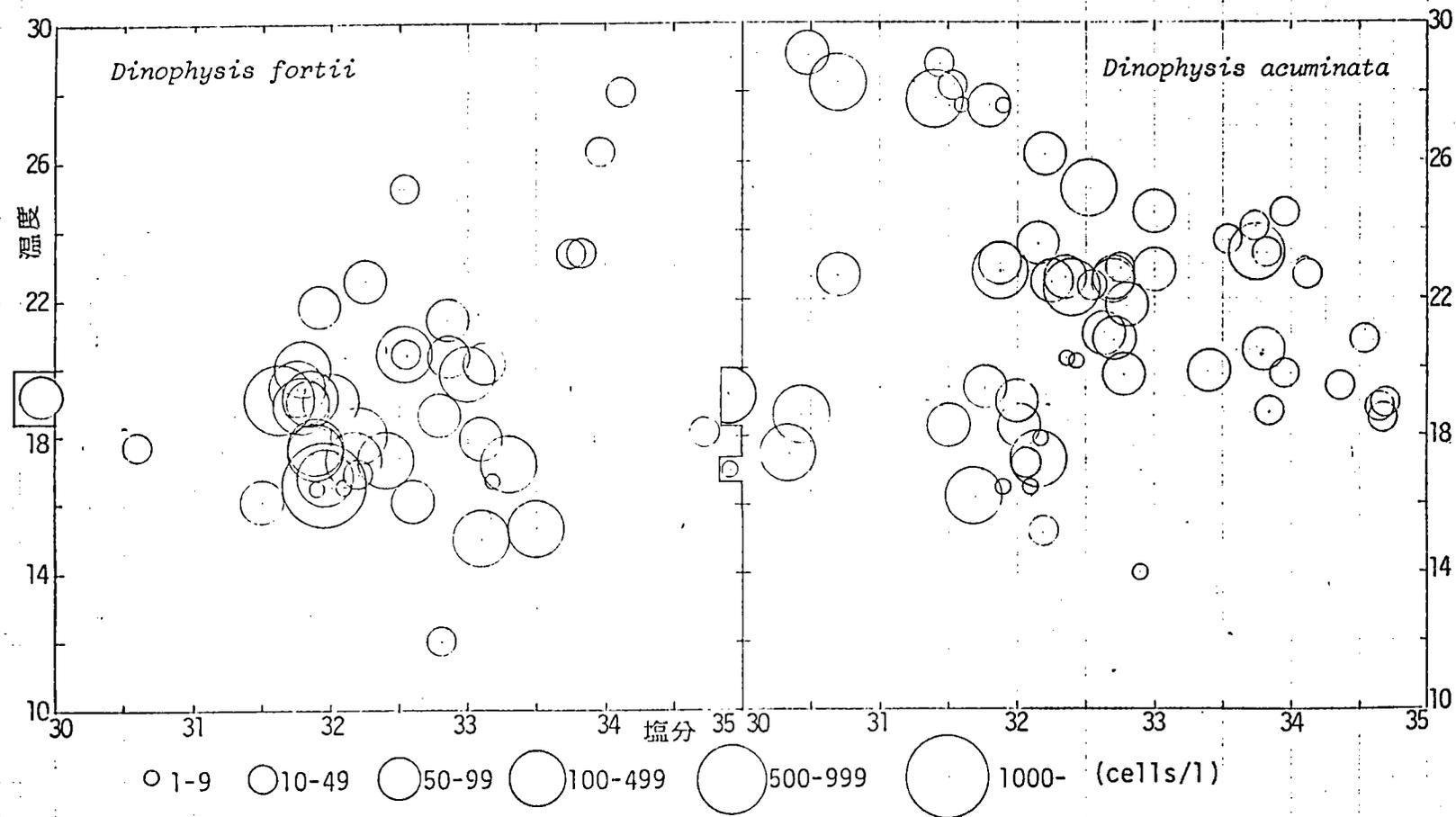


Fig. 7. - Données compilées de toutes les préfectures, d'avril à novembre 1983.  
(Extrait des rapports préfectoraux 1983 - Fisheries Agency).

b) Laboratoires préfectoraux d'Hiroshima et de Kagawa

\* Station expérimentale d'Hiroshima

Deux chercheurs sont impliqués l'un dans la taxonomie et la description des dinoflagellés nus (*Gymnodiniens*) par MEB (Dr TAKAYAMA) et l'autre dans l'étude de modèles prédictifs multiparamètres (Dr OUCHI).

Le Dr TAKAYAMA serait très intéressé par l'expédition de souches européennes de *Gyrodinium aureolum* fixées à l'acide osmique à 2 %. Cette espèce réputée ichthyotoxique en Manche et Mer du Nord serait probablement identique au *Gymnodinium* 65 ou *G. nagasakiense* responsable de mortalités de poissons au Japon.

\* Institut de Recherche d'Akashiwo (Préfect. de Kagawa)

De même, deux chercheurs étudient les phénomènes d'eaux colorées, un taxonomiste : Dr ONO et un physiologiste végétal le Dr YOSHIMATSU. Ce dernier étudie plus particulièrement le cycle biologique de *Protogonyaulax catenella*, dinoflagellé toxique produisant le PSP ; ce qui implique des cultures de souches produisant des cellules sexuelles, l'isolement de celles-ci et l'obtention d'hypnozygotes après conjugaison. Les espèces de dinoflagellés d'eau rouge en culture sont également nombreuses et le Dr YOSHIMATSU entretient entre autre à 23° des souches de *Prorocentrum gracile*, *Protogonyaulax catenella*, *Gonyaulax polyedra*, *Gymnodinium brevis*, *Gymnodinium* 65, *Chattonella marina*, *C. antiqua*, *Prorocentrum triestinum*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum minimum*, etc....., la plupart d'entre elles entretenues sur Milieu E.S.Okaichi.

Le Dr YOSHIMATSU a fait de nombreuses observations de *Dinophysis fortii* et *D. acuminata* sur des échantillons vivants (malheureusement aucune culture n'a abouti). Certaines formes proches de *D. acuminata* mais réduites de moitié en longueur évoquent des types similaires observés dans le phytoplankton de la baie de Vilaine pendant les plus fortes concentrations de l'été 1983. Il pourrait s'agir soit d'une variété de *D. fortii* soit de *D. lapidistrigili-formis* selon le Dr YOSHIMATSU.

M E B : Microscopie électronique à balayage

c) Université de Kagawa (Takamatsu, île de Shikoku)

Une équipe de 5 à 6 chercheurs, sous la responsabilité du Dr OKAICHI s'est attachée plus particulièrement au secteur de la baie d'Harimanada (fi. 8) et au déterminisme des eaux colorées à *Chattonella antiqua* dans cette zone. Ces recherches fondamentales ont pour but de définir les seuils critiques de certains paramètres du milieu en vue d'une approche globale du budget en sels nutritifs de la baie. Les facteurs anthropiques dus à l'industrialisation (effluents de papeterie, raffineries, etc...) sont également pris en compte, en particulier le rôle du fer (sous forme dissoute et particulaire). En effet, la gangue muqueuse de *Chattonella antiqua* produit des substances chelatrices capables de rendre "consommable" le fer particulaire adsorbé.

Rappelons qu'en 1972 des eaux colorées à *Chattonella antiqua* ont provoqué la mort de 14 millions de poissons, principalement de la Sériole (Yellow Tail), dans la baie d'Harimanada. Il en a été de même, de façon plus réduite, en 1977, 1978, 1979 et 1982.

Les observations réalisées par l'équipe du Dr OKAICHI ont conduit à une surveillance réalisée principalement sur deux stations. Quelques données essentielles se dégagent :

- la concentration minimale entraînant la mort des poissons est de 500 cellules de *C. antiqua* par ml ;
- les seuils à partir desquels les risques d'eaux rouges sont les plus grands correspondent à :
  - 7  $\mu$ atg/l pour l'azote total
  - 0,3 " " pour le phosphore total
  - 200  $\mu$ g/l de fer chelaté (FeEDTA) ;
- des observations sur un cycle journalier montrent que les cellules ont une concentration maximale à - 10 m la nuit et remontent en surface (- 2 m) après le lever du soleil ;
- une relation entre l'utilisation de la vitamine B12, du fer particulaire et la croissance de *Chattonella*, semble exister ;

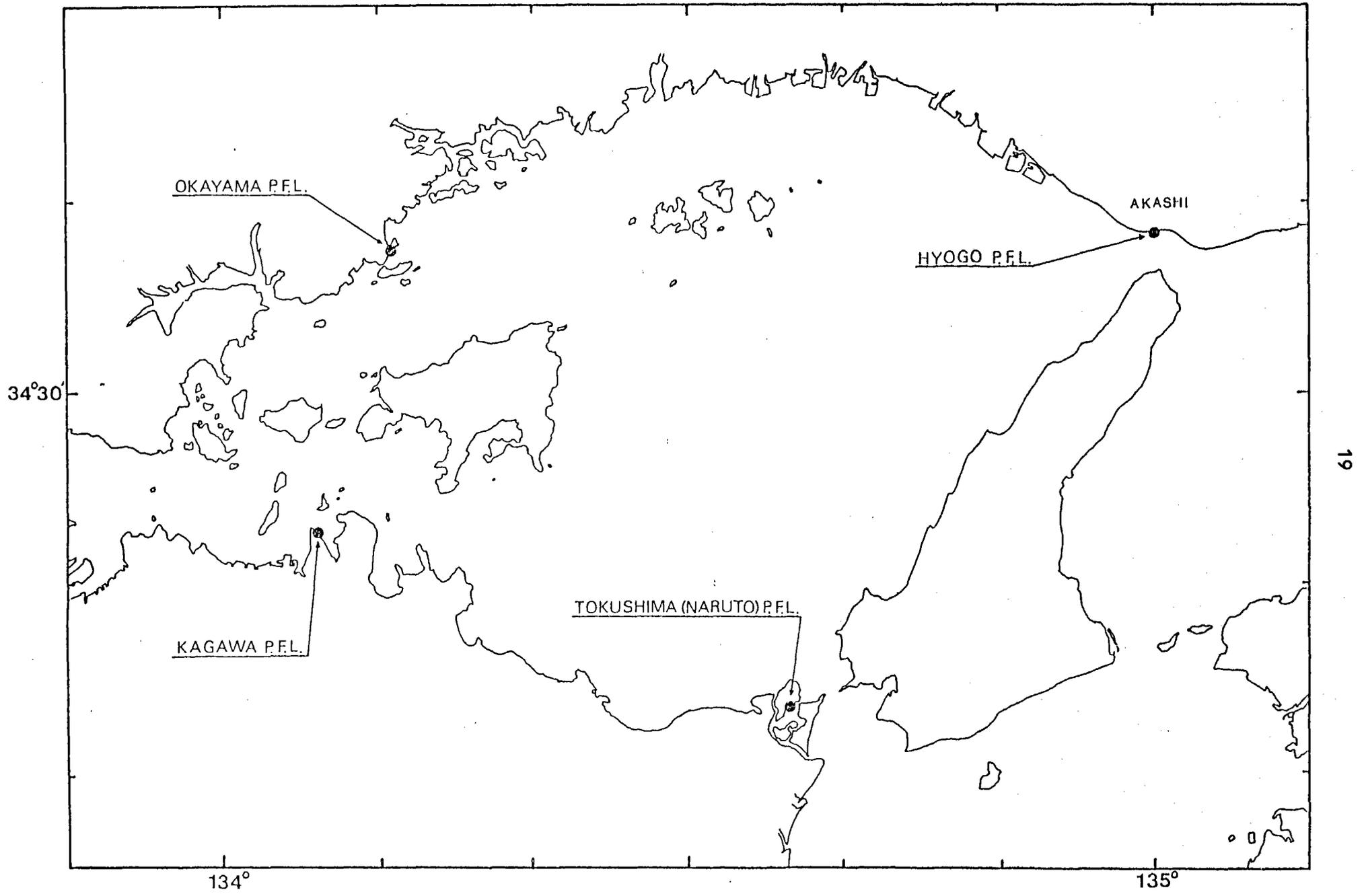
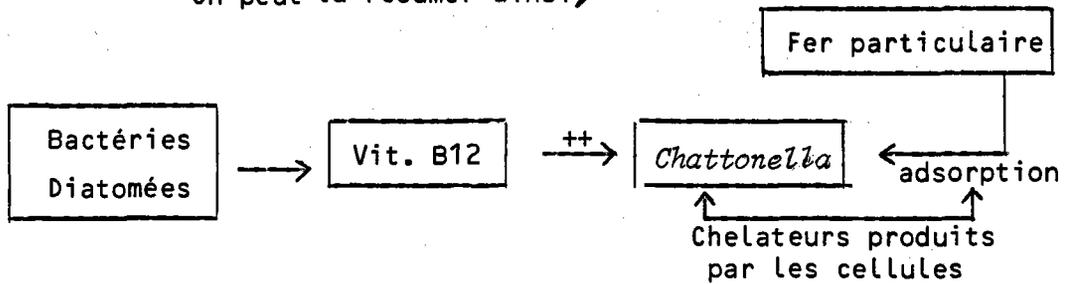


Fig. 8.- Harima Nada et emplacement des quatre Laboratoires préfectoraux.

On peut la résumer ainsi,



- L'étude de la répartition des acides nucléiques dans la colonne d'eau (bases puriques et pyrimidiques) entre le matériel particulaire des sédiments ou en suspension montre (thèse en cours de réalisation) une distribution préférentielle dans le matériel en suspension. Ce paramètre jouerait un rôle important dans le déterminisme des eaux colorées à *Chattonella*.

#### d) Université de Mie (Péninsule de Kii)

Une autre équipe universitaire, sous la direction du Dr IWASAKI travaille également sur les problèmes d'eaux colorées, en particulier dans la zone côtière de la Péninsule de Kii. Les thèmes de recherche sont essentiellement regroupés sur la physiologie des organismes et un grand nombre de publications à caractère général ont été réalisées par le Dr IWASAKI sur ce sujet.

Les questions essentielles abordées sont donc :

- . une meilleure connaissance de la biologie des organismes,
- . étudier plus précisément leur provenance (transport, etc....),
- . étudier les cycles vitaux (formation de kystes par exemple),
- . utilisation de cultures pour l'examen en laboratoire des réponses spécifiques aux modifications des facteurs de l'environnement (salinité, température, pH, etc....).

Ces cinq dernières années, peu ou pas d'eaux colorées néfastes ont été observées dans ce secteur, excepté récemment, en 1983, avec un "bloom" à *Gymnodinium nagasakiense*. (= *Gymnodinium 65*), le dommage total s'élevant dans ce cas à 50 millions de dollars US. De même, l'été 1984 (juin - juillet) a été marqué par une large eau colorée dans le sud de la péninsule de Kii, toujours due à *G. nagasakiense*. La perte a été cette fois de 15 millions de dollars pour environ  $10^6$  poissons tués, principalement de la sériole et de la daurade japonaise. Les dommages ne concernant que la Préfecture de Mie s'élèvent à eux seuls à 7 millions de dollars.

Actuellement, les eaux colorées à *G. nagasakiense* se développent géographiquement de plus en plus au cours du temps : la première manifestation en 1965 avait eu lieu en baie d'Omura, puis plus tard en mers intérieures de Seto, sur les côtes de la Péninsule de Kii, de la Mer du Japon, le long de l'île de Kyushu et même récemment en Corée du sud (fig. 9).

日本プランクトン学会報第31巻第1号 (1984)

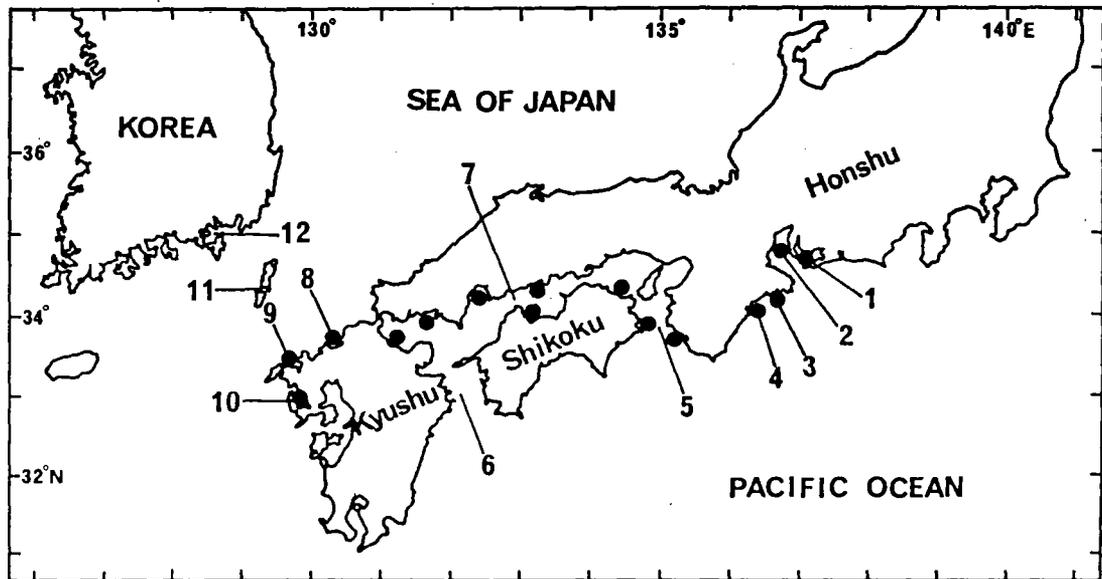


Fig. 9 .- Map showing the localities where the specimens of *Gymnodinium nagasakiense* sp. nov. were collected (summarized after FISHERIES AGENCY OF JAPAN, 1979). 1. Mikawa Bay, 2. Ise Bay, 3. Gokasho Bay, 4. Owase Bay, 5. Kii Channel, 6. Bungo Channel, 7. Inland Sea of Seto, 8. Fukuoka Bay, 9. Imari Bay, 10. Omura Bay, 11. Aso Bay, 12. Jinhae Bay.

De ce fait, les recherches actuelles sur *G. nagasakiense* à l'Université de Mie concernent particulièrement l'influence des facteurs de l'environnement sur la croissance de l'algue en culture (fig. 10) :

- effets de métaux lourds chélatés, de substances organiques et de vitamines,
- effets de la composition chimique des sédiments.

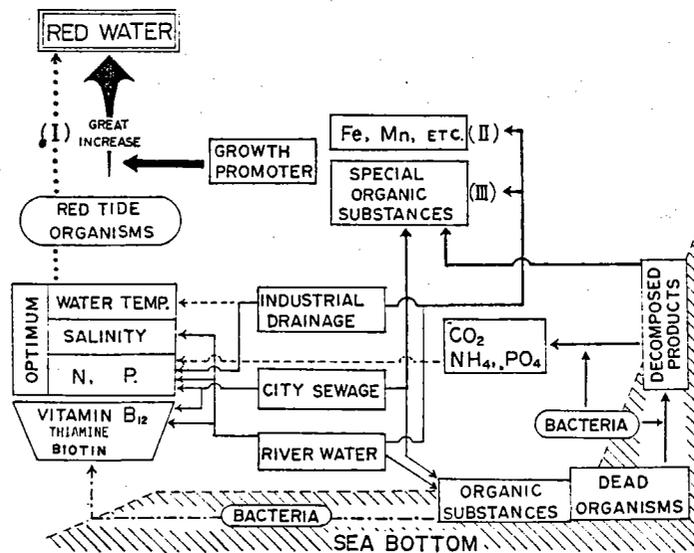


Fig. 10.- Représentation schématique des mécanismes conduisant à la multiplication des flagellés (IWASAKI, 1973).

Un autre secteur d'activité concerne les essais sur des substances absorbantes capables de fixer les cellules pendant une eau rouge et de les faire sédimenter rapidement. Le Dr ADACHI est chargé de ces travaux qui ont également donné lieu à publications.

Le principe est simple : des argiles de type différent fixent les organismes (principalement les phytoflagellés) puis un agent flocculant rajouté au milieu provoque la sédimentation.

Un certain nombre d'essais ont été réalisés en laboratoire sur des cultures unialgales, et en mer (cylindres perméables) avec vérification de la toxicité de ces substances sur des poissons.

Quelques résultats (tableau 1) montrent un effet réel de ces substances vis-à-vis de *Dunaliella* et *Olisthodiscus* tandis que les diatomées ne sont pas fixées. Il en est de même (effets absorbants) avec d'autres flagellés tels que *Chattonella* et *Monochrysis* ; les meilleurs résultats étant obtenus dans ce cas avec l'Attagel Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

| Espèces     | Effets absorbants et agglomérants |                       |                             |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|             | <i>Skeletonema costatum</i>       | <i>Dunaliella</i> sp. | <i>Olisthodiscus luteus</i> |
| Matériaux   |                                   |                       |                             |
| Kaolinite   | -                                 | +                     | +                           |
| Mica        | -                                 | +                     | +                           |
| Vermiculite | -                                 | +                     | +                           |
| Attagel 50  | -                                 | +                     | +                           |

Tableau 1. - Effets de quelques substances sur la flocculation de cultures unialgales (ADACHI, 1985 sous presse).

Cependant, quelques doutes subsistent quant à l'effet toxique éventuel vis-à-vis de la faune marine. Ainsi, un essai en laboratoire effectué pendant la visite à l'Université à partir d'une culture de *Chlamydomonas* a montré que le pH des essais reste bas : 5.54 à 5.80 contre 8.37 pour le témoin.

### 3.- Modèles prédictifs

La "Fisheries Agency" a mis au point, après trois ans d'étude, un modèle prédictif des eaux rouges à *Chattonella* en baie de Harima-Nada. Un premier modèle, reposant sur des paramètres simples : température et salinité, a été développé grâce aux données journalières obtenues à partir de divers organismes (Fisheries Agency, Météorologie Nationale, Agence de l'Environnement, Sécurité Maritime, Ministère de l'Education Nationale). De même les 14 laboratoires préfectoraux bordant la mer intérieure de Seto ont largement contribué à cette collecte de données.

Le principe repose sur l'enregistrement à long terme (données historiques) des températures/salinités mesurées par quatre laboratoires préfectoraux jouxtant Harimanada et à leur traitement statistique : la fonction discriminante pour les indicateurs tels que :

- température initiale (TD)
- salinité initiale (SD)
- déviation thermique (TDV)
- déviation saline (SDV)

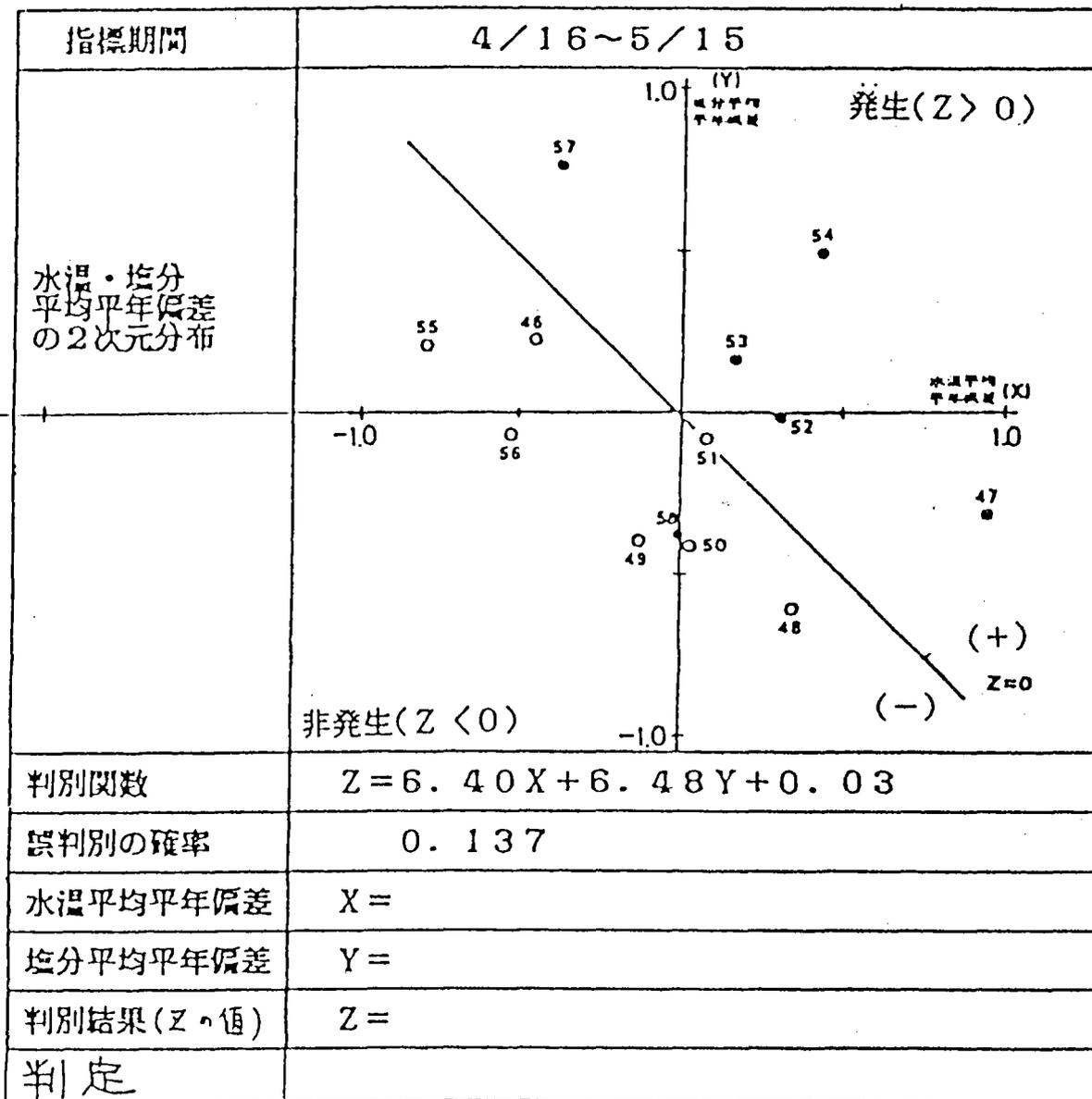
permet de distinguer les années avec eaux colorées des années sans eaux colorées, et ce depuis 1971 (fig. 11 et tableaux 2 et 3).

Toutes ces données ont été exposées par le Dr ANRAKU dans un document rédigé pour un groupe de travail international (Nansei Fisheries Research Reg. Laboratory).

La distance généralisée de Mahalanobis est ici assez large (seuil significatif à 5 %) pour indiquer une bonne discriminance et les résultats du tableau 2 correspondent à la réalité des observations.

図7 判別分析の結果

59  
○



● : Chattonella赤潮の発生年

○ : Chattonella赤潮の非発生年  
(図中の数字は昭和の年号を示す)

Fig. 11.- Traitement statistique des fonctions discriminantes correspondant à la température et à la salinité de surface entre 1971 et 1984 (années japonaises 46 à 59).

Extrait du Symposium "Toxic and noxious aspects of marine plankton" Dr ANRAKU  
 cercles clairs : années sans eaux colorées  
 cercles pleins : années avec eaux colorées

| Group             | Group average of variables |      |       |      | Coefficients of discriminant function |        |      |       |               | Discriminated result |        |                            |
|-------------------|----------------------------|------|-------|------|---------------------------------------|--------|------|-------|---------------|----------------------|--------|----------------------------|
|                   | TDV                        | TD   | SDV   | SD   | TDV                                   | TD     | SDV  | SD    | Constant term | Year                 | Result | Discrimination probability |
| With outbreaks    | 0.49                       | 0.65 | 0.09  | 0.45 | 9.76                                  | -11.82 | 10.8 | -38.8 | 24.18         | 1972                 | ●      | 0.999                      |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1977                 | ●      | 0.99                       |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1978                 | ●      | 0.99                       |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1979                 | ●      | 0.96                       |
| Without outbreaks | 0.00                       | 0.70 | -0.12 | 0.51 |                                       |        |      |       |               | 1971                 | ○      | 0.85                       |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1973                 | ○      | 0.996                      |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1974                 | ○      | 0.999                      |
|                   |                            |      |       |      |                                       |        |      |       |               | 1975                 | ○      | 0.999                      |
|                   |                            |      |       |      | 1976                                  | ○      | 0.70 |       |               |                      |        |                            |
|                   |                            |      |       |      | 1980                                  | ○      | 0.97 |       |               |                      |        |                            |

Mahalanobis' generalized distance : 24.28

Test:  $F_5^4 = 9.105 > F_5^4 (0.05) = 5.192$

**Tableau 2.** - Discriminance entre les années avec (●) et sans (○) eaux colorées à *Chattonella* (d'après ANRAKU, 1984).

| Indicator period | Coefficients of discriminant function |        |         |         |               | Discriminant probability of erroneous | Mahalanobis' generalized distance |
|------------------|---------------------------------------|--------|---------|---------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
|                  | TDV                                   | SDV    | TD      | SD      | Constant term |                                       |                                   |
| 3/1~5/31         | 6.921                                 | 16.485 | -13.280 | -31.279 | 22.671        | 0.053                                 | 20.86                             |
| 3/1~5/31         | 3.036                                 | 6.244  | —       | —       | -0.400        | 0.176                                 | 6.92                              |
| 4/1~5/31         | 21.071                                | 35.487 | -9.121  | -35.887 | 20.274        | 0.010                                 | 44.03                             |
| 4/1~5/31         | 12.455                                | 16.185 | —       | —       | -1.085        | 0.046                                 | 22.68                             |
| 5/1~5/31         | 25.234                                | 24.521 | 9.547   | 8.744   | -10.705       | 0.009                                 | 44.16                             |
| 5/1~5/31         | 19.862                                | 21.718 | —       | —       | -1.899        | 0.016                                 | 36.49                             |

**Tableau 3.** - Fonctions discriminantes obtenues à partir des données collectées de 1971 à 1982.

D'après cette méthode, en utilisant les variables TDV et SDV du 1er au 31 mai, il est possible de prédire les eaux rouges à *Chattonella* deux mois avant leur apparition, même si les causes réelles du phénomène ne sont évidemment pas interprétées parallèlement. D'après la figure 11 il apparaît que le modèle n'a pas conduit à une estimation erronée pour 1984 (pas d'eaux rouges) tandis qu'en 1983 la prédiction s'est révélée fausse.

Les formules utilisées sont les suivantes :

$$TD = [ \sum (T - T_a)^2 / (N - 1) ]^{1/2}$$

$$* SD = [ \sum (S - S_a)^2 / (N - 1) ]^{1/2}$$

$$* TDV = (T - T_a) / N$$

$$* SDV = (S - S_a) / N$$

avec T = température journalière  
 Ta = température moyenne à long terme pour ce jour  
 S = salinité journalière  
 Sa = salinité moyenne à long terme pour ce jour  
 N = nombre de jours de la période indicatrice

Un autre modèle, défini comme "écologique" est actuellement à l'étude, reposant sur les paramètres suivants :

1. Rose des vents en hiver (février)
2. Changements de salinité à 20 m de profondeur dans une coupe radiale de la mer de Seto (avril)
3. Fonctions discriminantes pour les conditions météorologiques (juin et juillet)
4. Changements de températures / salinités (juin)
5. Apparition de l'eau rouge prévue d'après les températures cumulées
6. Concentrations cellulaires de *Chattonella*
7. Fin du phénomène d'après les modifications de la situation météorologique.

Dans le tableau 4 (ANRAKU, 1984) la structure du modèle écologique est résumée.

La complexité de ce modèle s'explique par l'introduction de paramètres récemment déterminés comme importants dans l'apparition des eaux colorées à *Chattonella*. Il s'agit entre autre des populations de cellules dormantes (ou kystes) et de leur répartition sur les sédiments benthiques.

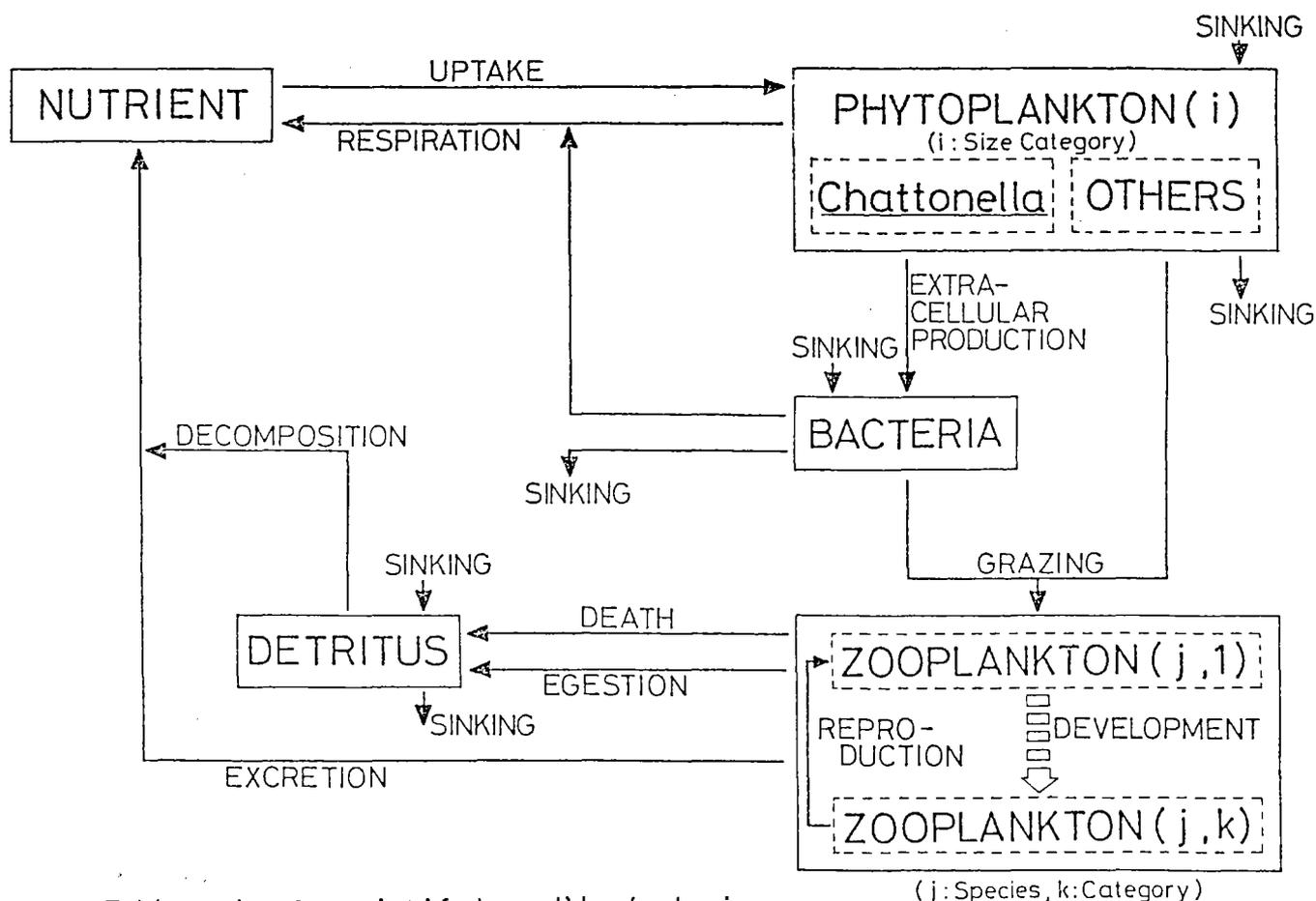


Tableau 4.- Descriptif du modèle écologique.

Des améliorations futures, en vue de simplifier cette méthode, sont à l'étude et s'inscrivent dans un programme coordonné par la Fisheries Agency pendant 5 ans (1984 à 1988). La zone prospectée devrait être plus petite que la baie d'Harima Nada et les réponses données par le modèle plus précises : quand, où, avec quelle intensité ?

#### 4.- Télédétection

Il semble qu'il soit difficile de faire un bilan des études utilisant la télédétection satellitaire au Japon pour le problème particulier des eaux colorées. Le Dr FUKUSHIMA, Faculté des Sciences et Technologies de la Mer - Université de Tokai, a bien voulu résumer l'état des moyens et des connaissances à ce sujet (tableau 5).

| Type de satellite | Caractéristiques du détecteur couleur                      |
|-------------------|--|
| NYMBUS            | Système CZCS - bande spectrale étroite et définition large |
| LANDSAT           | Système MSS - bande spectrale large et définition réduite  |

| Détecteurs | Résolution (taille du pixel) | Largeur de la bande spectrale |
|------------|------------------------------|-------------------------------|
| LANDSAT    | 80 m                         |                               |
| M S S      | 50 m                         | 100 nm                        |
| TM         | 30 m                         | 40 à 50 nm                    |
| CZCS       | 800 m                        | 20 nm                         |

Tableau 5.- Caractéristiques des détecteurs couleurs équipant les satellites utilisés au Japon

TM : Thematic mapper

MSS : Multispectral scanner

En fait, le problème majeur demeure inchangé quelle que soit la résolution du détecteur : il s'agit du décalage temporel important entre l'obtention de l'image satellitaire et son interprétation par l'intermédiaire des données obtenues lors de la "vérité terrain". Cette dernière devient évidemment complexe et coûteuse lorsque la dimension du site surveillé est importante.

Il semble plutôt que le système de télédétection par avion soit à la fois le plus utilisé et le plus prometteur. Une équipe de trois chercheurs, dont le Dr MATSUMURA est responsable (Far Seas Fisheries Res. Laboratory, Tokai University) a pour tâche d'améliorer le système d'intervention existant.

Celui-ci a été utilisé en premier de 1979 à 1981 en baie de Yashima (Préfecture de Kagawa), puis de 1982 à 1984 dans les baies de Yashima et d'Hiroshima. Le détecteur, du type M S S (Multispectral Scanner) est embarqué à bord d'un avion de l'Asia Aerial Survey Company. Le délai entre les photos prises en vol et leur traitement à Tokyo était d'abord de 10 jours, puis a été réduit à 4 heures. La chlorophylle a et les phaeopigments sont détectés en surface par analyse de deux bandes spectrales (canaux 3 et 7), mais les cartes d'isodensité en pigments chlorophylliens ne peuvent être tracées qu'après utilisation des données terrains recueillies dans la même unité de temps. Dans l'avenir, la mise au point d'un "modèle optique" pourrait éventuellement réduire l'effort de mesure in situ encore nécessaire aujourd'hui du fait des corrections atmosphériques différentes à chaque sortie.

Les canaux et leurs longueurs d'onde correspondantes sont représentés dans le tableau 6 et le schéma des opérations dans le tableau 7.

| Band | Wavelength (nm) | Band | Wavelength (nm) |
|------|-----------------|------|-----------------|
| 1    | 380 - 420       | 7    | 650 - 690       |
| 2    | 420 - 450       | 8    | 700 - 790       |
| 3    | 450 - 500       | 9    | 800 - 890       |
| 4    | 500 - 550       | 10   | 920 - 1100      |
| 5    | 550 - 600       | 11   | 8000 - 14,000   |
| 6    | 600 - 650       |      |                 |

Tableau 6.- Canaux et longueurs d'onde du MSS d'après MATSUMURA, 1984.

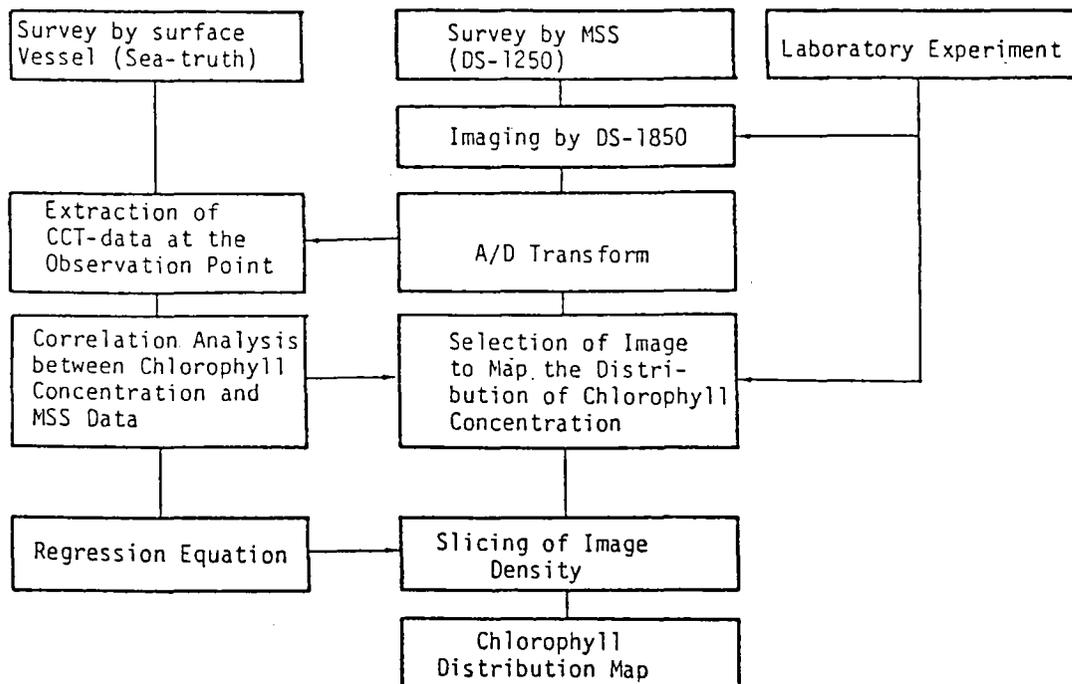


Tableau 7.- Ensemble des opérations réalisées par l'analyse aérienne des chlorophylle a par MSS.

De même, nous avons représenté (d'après MATSUMURA, 1984) la superficie couverte en baie de Yashima, le nombre de stations (18) et les cartes d'isoconcentrations en chlorophylle a correspondantes sur la fig. 12.

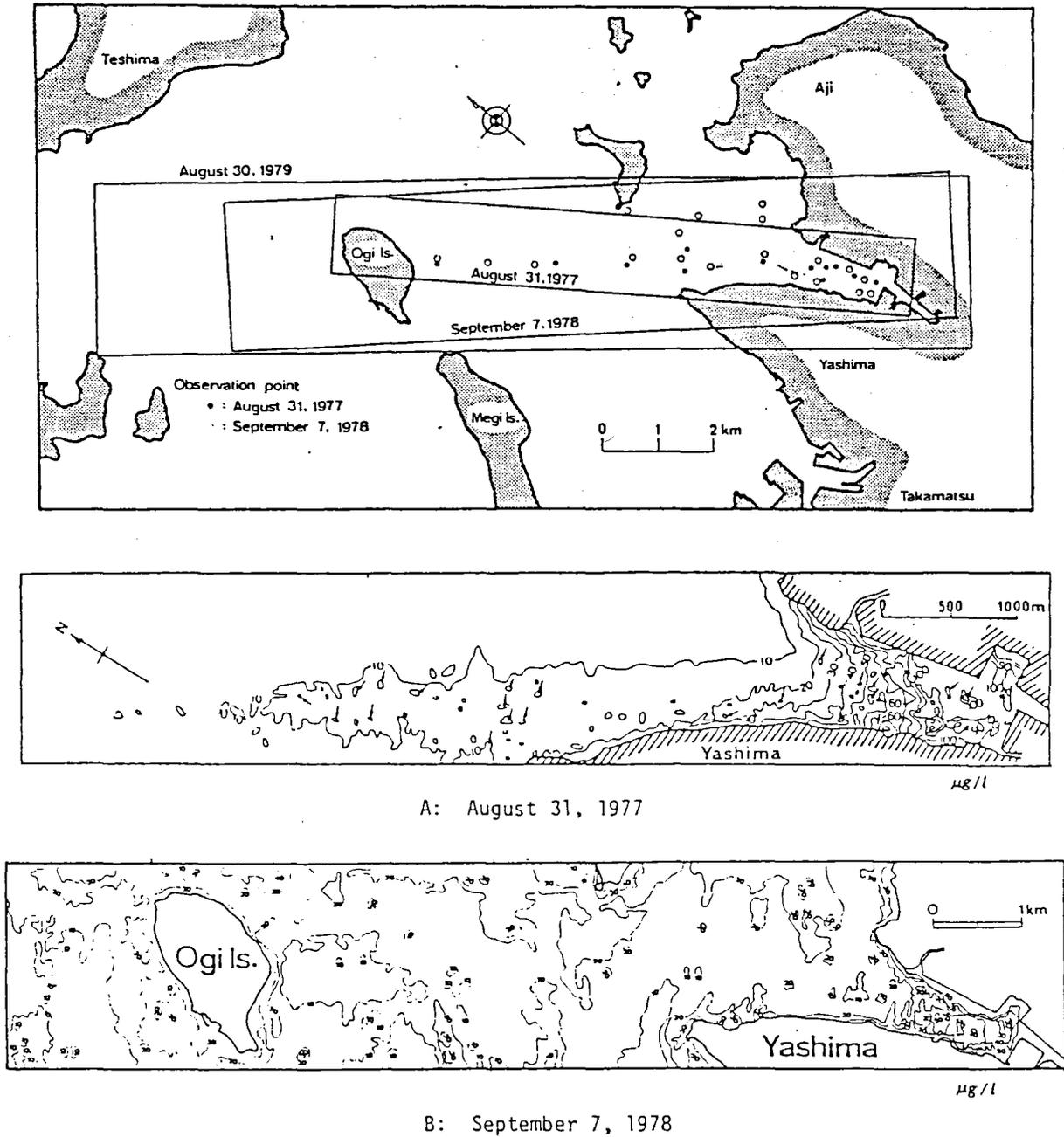
Une amélioration très sensible de la méthode est actuellement à l'étude : il s'agit de comparer la réponse spectrale de cultures unialgales de différentes algues microscopiques selon leur état physiologique (phase exponentielle, plateau, phase de sénescence). Ces données, comparées à des enregistrements terrain, devraient permettre de déterminer le stade de développement d'une eau colorée (fig. 13). Les espèces expérimentées sont représentées dans le tableau 8.

| Year | Species               | Chlorophyll Concentration ( $\mu$ g/l) |
|------|-----------------------|--|
| 1977 | Monochrysis sp.       | 8000                                   |
| 1978 | Skeletonema costatum  | 1188                                   |
|      | Heterosigma inlandica | 597                                    |
|      | Gymnodium sp.         | 545                                    |
|      | Hornellia marina      | 76                                     |
| 1979 | Skeletonema costatum  | 377                                    |
|      | Chaetoceros debilis   | 228                                    |
|      | Gymnodinium sp.       | 395                                    |
|      | Hornellia sp.         | 541                                    |
|      | Heterosigma inlandica | 424                                    |

Tableau 8. - Espèces utilisées pour les expériences en laboratoire (MATSUMURA, 1984).

Notons que malgré l'utilisation routinière de la télédétection aérienne lors d'eaux colorées, cette méthode comporte quelques difficultés à résoudre :

- un coût élevé,
- un délai d'au moins 24 à 48 h pour l'interprétation des photos,
- pas de valeur prédictive : seule l'évolution éventuelle de l'eau colorée et sa répartition peuvent être appréhendées,
- sans modèle optique on ne peut se passer d'une vérité terrain qui nécessite en mer l'intervention de plusieurs navires, même pour de petites baies,
- il ne semble pas que d'autres secteurs que les baies de Yashima et d'Hiroshima (mers intérieures) aient été prospectés.



**Fig. 12.-** Couverture aérienne par MSS de la baie de Yashima et exploitations graphiques des chlorophylles a en surface pour août 1977 et septembre 1978 (MATSUMURA, 1984).

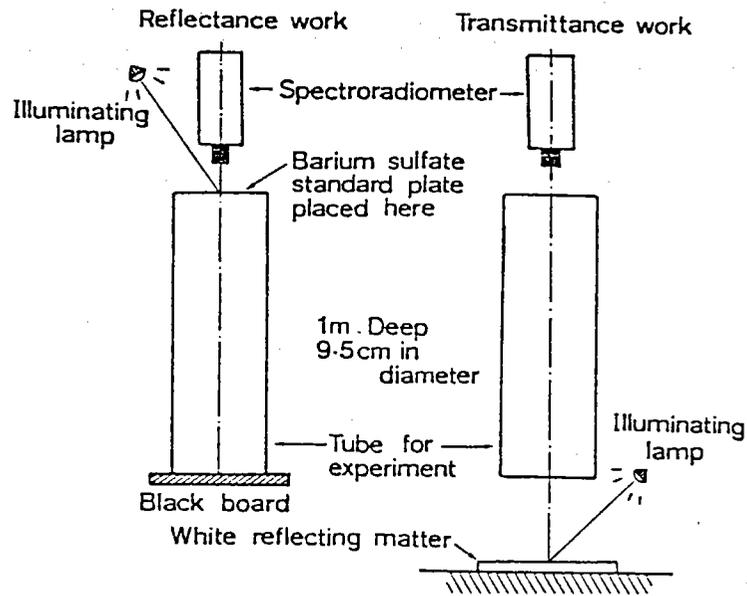
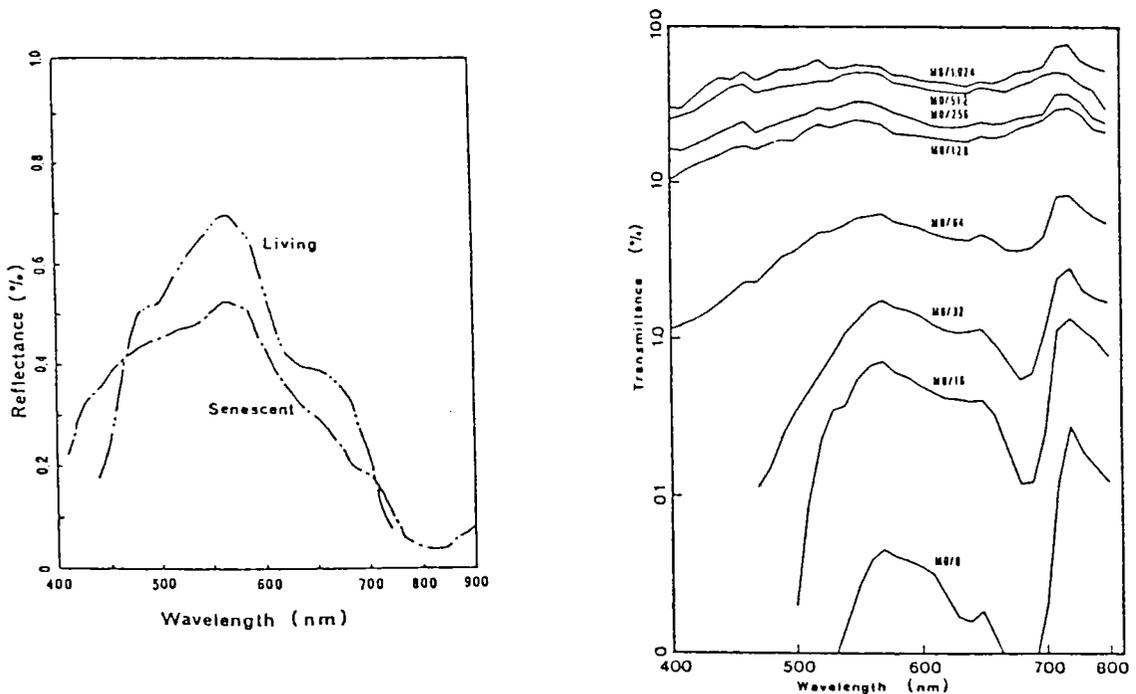


Schéma des appareils de mesure utilisés pour évaluer la réflectance et la transmission



Réflectance spectrale de cultures de *S. costatum* en phase de croissance (living) et de déclin (senescent)

Transmission spectrale à plusieurs concentrations de chlorophylle a pour *Monochrysis* sp.

**Fig. 13.-** Mesures de la réflectance et de la transmission spectrale de deux espèces phytoplanctoniques en culture (MATSUMURA, 1974).

### III - DINOFLAGELLES TOXIQUES : *Protogonyaulax* ET *Dinophysis*

#### 1.- Dinoflagellés responsables du PSP

A la différence des côtes françaises les intoxications paralytiques provoquées par des dinoflagellés du groupe *Protogonyaulax* ont été observées de nombreuses fois au Japon. Les deux espèces les plus courantes sont *Protogonyaulax tamarensis* et *P. catenella*.

Leur distribution, la formation de kystes et leur taxonomie, ont été étudiées par FUKUYO (Université de Tokyo) et un certain nombre de travaux sur ce sujet ont été publiés (fig. 14).

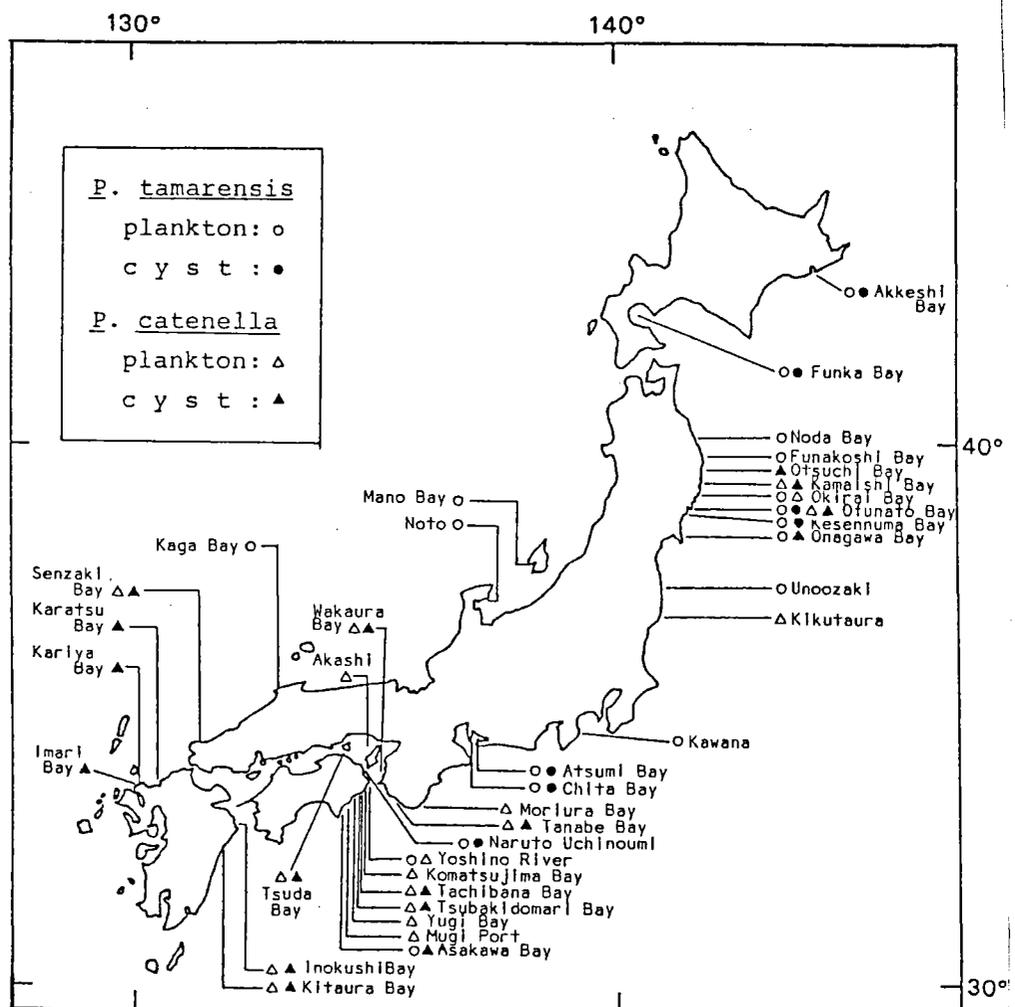
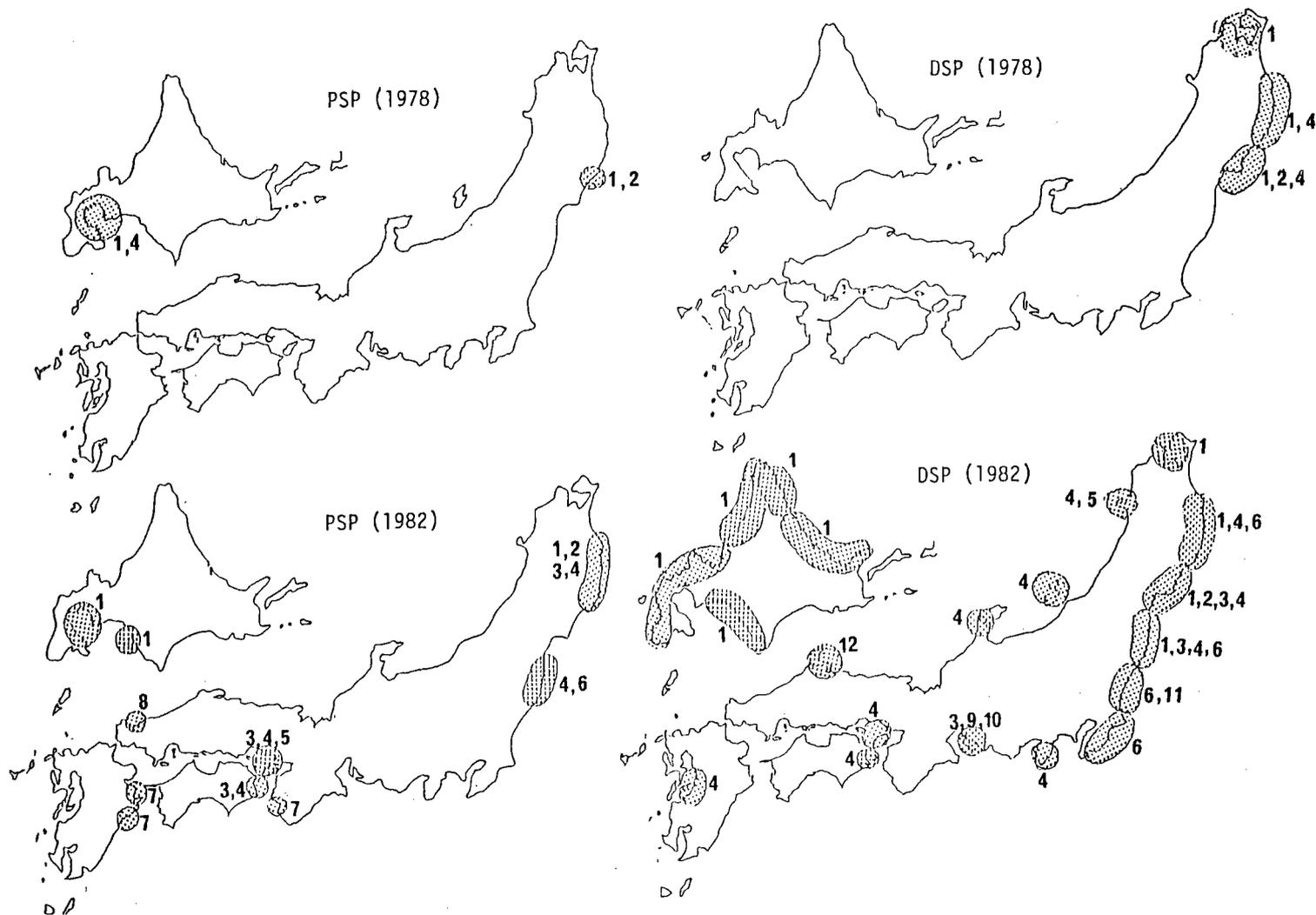


Fig. 14.- Distribution des kystes et formes végétatives de *P. tamarensis* *P. catenella* le long des côtes japonaises (FUKUYO, 1985)

1. *Patinopecten (M.) yessoensis*
2. *Chlamys (A.) f. nipponensis*
3. *Ruditapes philippinarum*
4. *Mytilus edulis*

5. *Mytilus coruscus*
6. *Gomphina (M.) melanaegis*
7. *Chlamys (M.) nobilis*
8. *Crassostrea gigas*

9. *Fulvia mutica*
10. *Mactra (M.) chinensis*
11. *Meretrix lamarchii*
12. *Pecten (N.) albicans*



**Fig. 15.-** Extension géographique des intoxications par coquillages. Extrait du Symposium "Toxic and noxious aspects of marine plankton" Dr ANRAKU.

Par ailleurs, il semble qu'une recrudescence de ces espèces soit décelable entre 1978 et 1982, de même que pour les espèces responsables du DSP (fig. 15 - selon rapport Dr ANRAKU).

A côté du système de surveillance décrit auparavant, un certain nombre d'études fondamentales sont en cours :

- variations des proportions des différentes gonyautoxines entre différentes souches des deux espèces (Dr OSHIMA, Université de Sendai),
- production de cultures axéniques de *Protogonyaulax tamarensis* et influence sur la toxicité (Dr ISHIMARU Ocean Research Institute Tokyo),
- distinction (ou confusion ?) taxonomique entre *P. tamarensis* et *P. catenella*. Rôle de la température dans leur répartition saisonnière respective (Dr FUKUYO - Université de Tokyo),
- origine intra-nucléaire de la production des gonyautoxines (Dr KODAMA, Kitasato University, Préfecture d'Iwate),
- cycle sexuel de *P. catenella* (Dr YOSHIMATSU, Lab. Préfectoral de Kagawa).

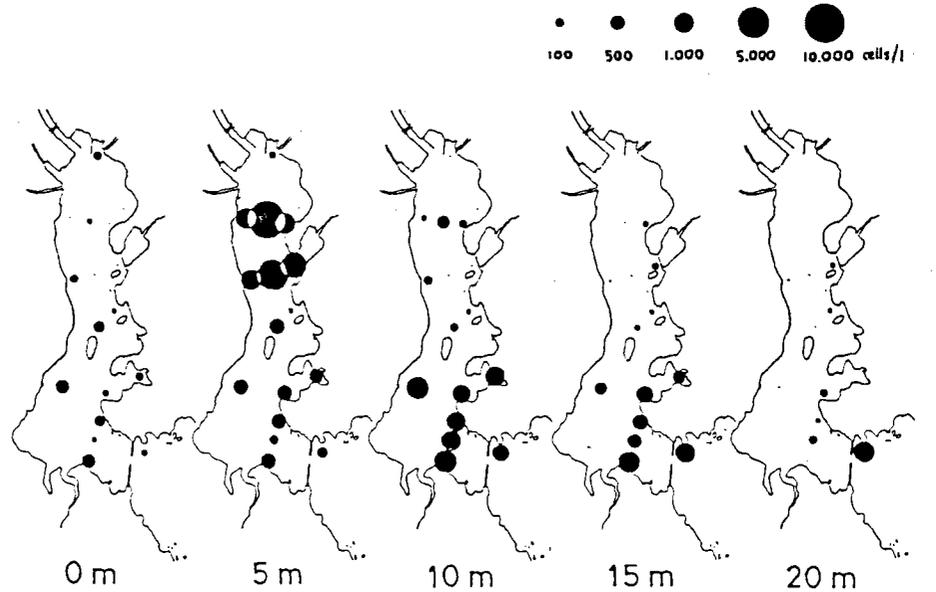
En ce qui concerne les critères taxonomiques, ils ont évidemment leur importance, en particulier pour ce groupe à part au sein du genre *Gonyaulax* strict. Selon FUKUYO un certain nombre de critères distinctifs peuvent être retenus :

- la forme de la plaque porale apicale avec la position du pore de liaison antérieur (rôle dans la formation de chaîne),
- la position du pore de liaison postérieur,
- la présence ou l'absence de pore ventral sur la plaque 1' au milieu de la suture (s'il y en a : *P. tamarensis*, dans le cas contraire : *P. catenella*).

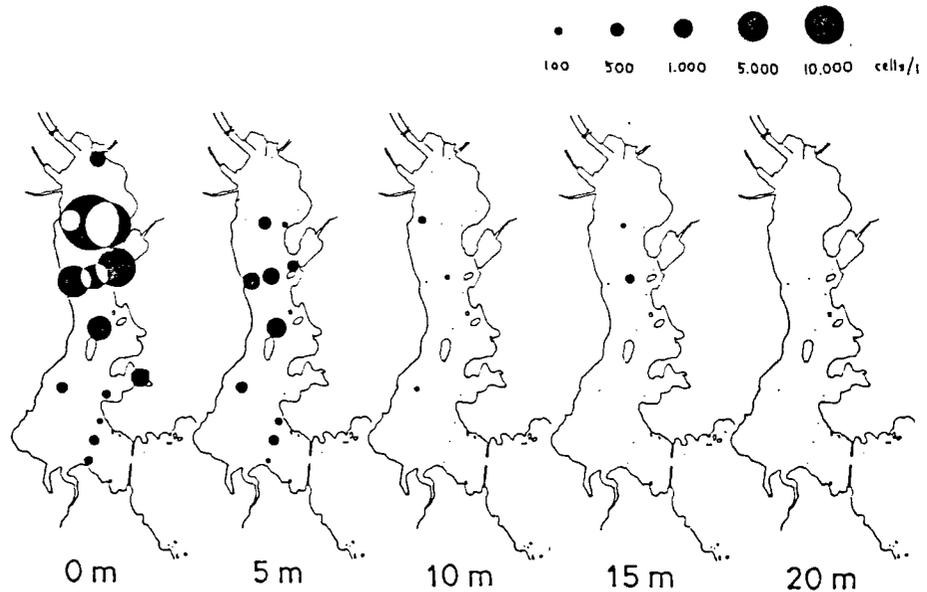
En dehors de ces trois critères, il faut noter que les kystes sont pratiquement identiques et que si la longueur des chaînes est sûrement d'au moins 8 cellules pour *P. catenella* et d'environ 1 à 2 pour *P. tamarensis*, ce n'est pas toujours un critère déterminant.

La dissection des plaques et leur fixation est réalisée par le Dr FUKUYO au moyen d'hypochlorite de sodium, puis d'une solution de Von Stoch modifiée.

L'écologie de ces espèces, étudiées par FUKUYO, montre que *P. tamarensis* a une affinité pour les températures basses et la mi-profondeur, alors que *P. catenella* se développe à température plus élevée et en surface (OGATA et al., 1982). Cela apparaît dans la distribution observée en 1979 en baie d'Ofunato (Préf. d'Iwate) par FUKUYO (fig. 16).



第12図 *P. tamarensis* の水深別発生量  
(1979年6月18日)



第13図 *P. catenella* の水深別発生量  
(1979年9月5日)

Fig. 16.- Distributions bathymétriques de *P. tamarensis* et *P. catenella* en baie d'Ofunato en septembre 1979 (FUKUYO, 1983).

Dans d'autres sites, comme la péninsule de Kii, il n'y a - au contraire - pas de discontinuité dans la succession de ces deux espèces qui pourraient dès lors être plutôt assimilées à deux variétés d'une même espèce (en accord avec ANDERSON).

Quelques remarques paraissent importantes :

- la toxicité de *P. tamarensis* est maximale pour de faibles concentrations cellulaires pendant les températures basses de mars - avril,
- les toxines de cette espèce semblent plutôt produites à partir de cellules "larges" à taux de division réduits : en juin, pour un taux de division élevé, la toxicité reste constante, donc sans relation avec la concentration cellulaire,
- la toxicité relative des kystes et des formes végétatives, en culture ou "in situ" ne serait pas la même entre *P. tamarensis* et *P. catenella*,
- la dissémination des kystes pouvant être dues aux courants profonds mais également - dans certains cas - à la réimplantation de coquillages, des mesures ont été demandées par certaines préfectures afin d'arrêter les opérations de transplantation,
- les différentes souches de *P. tamarensis* et *P. catenella* cultivées à partir de prélèvements géographiquement différents montrent une répartition très variable des différentes gonyautoxines (OSHIMA et al., 1985) sans que l'on puisse y trouver une réelle explication (tableau 9).

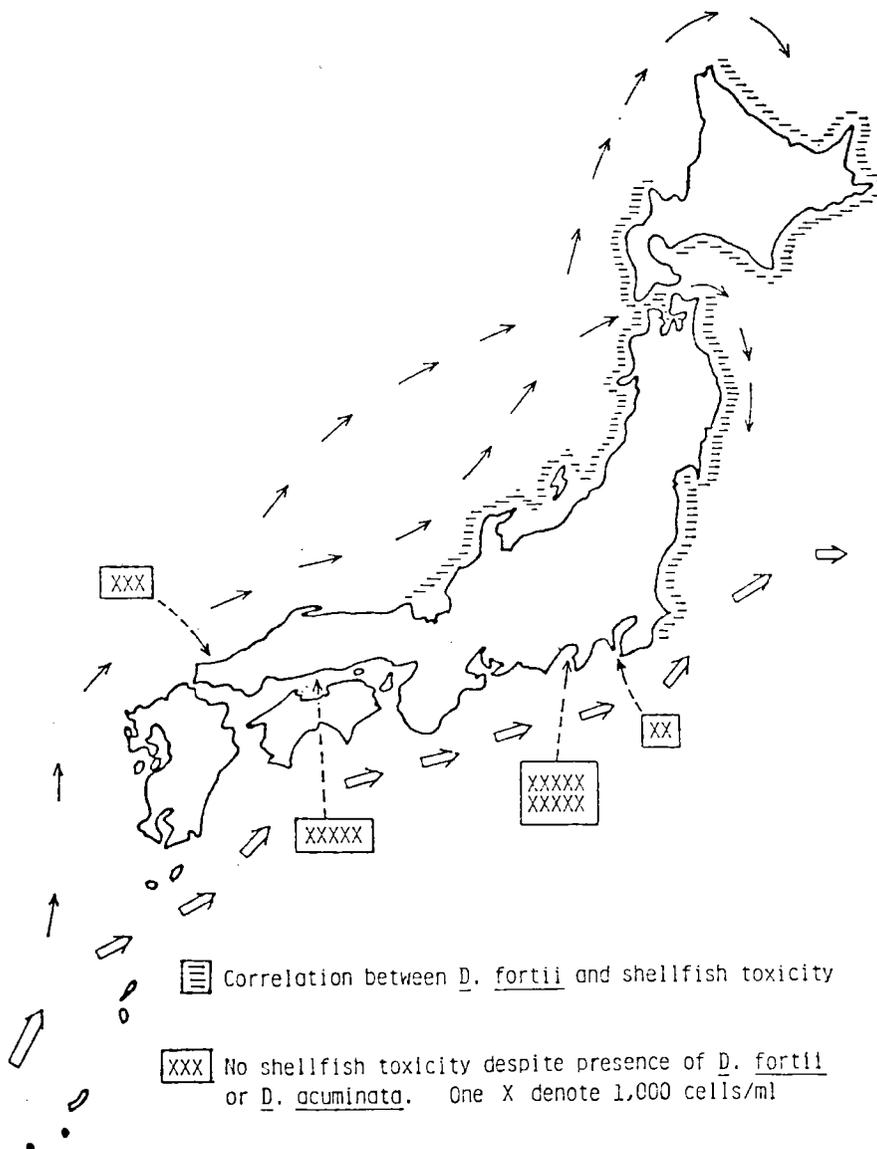
| TOXINS  | <i>P. tamarensis</i> |         | <i>P. catenella</i> |        | Bloom organisms<br>from Kitaura Bay |
|---|----------------------|---------|---------------------|--------|-------------------------------------|
|   | OF-796               | MOG-835 | OF-799              | MK-823 |                                     |
| GTX <sub>1,4</sub><br>(Gonyautoxine)                            | 18.6                 | 2.5     | -                   | 4.7    | 14.9                                |
| sgTX <sub>1,4</sub><br>(dérivé de la<br>GTX 1,4')               | 1.5                  | 0.7     | -                   | 25.8   | 4.9                                 |
| GTX <sub>2</sub>  | 1.3                  | 2.5     | 0.2                 | -      | -                                   |
| epiGTX <sub>8</sub><br>(Epimépe<br>11α de la GTX <sub>8</sub> ) | 19.8                 | 20.5    | 28.1                | 13.0   | 11.3                                |
| GTX <sub>3</sub>  | 3.3                  | 5.2     | 5.0                 | 3.0    | 2.2                                 |
| GTX <sub>8</sub>  | 51.7                 | 50.0    | 59.7                | 23.1   | 23.0                                |
| STX<br>(Saxitoxine)   | -                    | -       | -                   | -      | -                                   |
| GTX <sub>5</sub>  | -                    | -       | 1.6                 | 26.9   | 38.4                                |
| neoSTX<br>(Neosaxitoxine)                                       | -                    | 14.8    | -                   | -      | -                                   |
| GTX <sub>6</sub>  | 3.9                  | 3.7     | 5.4                 | 3.4    | 5.3                                 |
| Total of carbamoyl<br>N-sulfo toxins                            | 76.9                 | 75.4    | 94.8                | 92.2   | 82.9                                |

Tableau 9.- Composition toxinique de plusieurs *Protogonyaulax* en % (OSHIMA et al., 1985).

## 2.- Dinoflagellés responsables du DSP

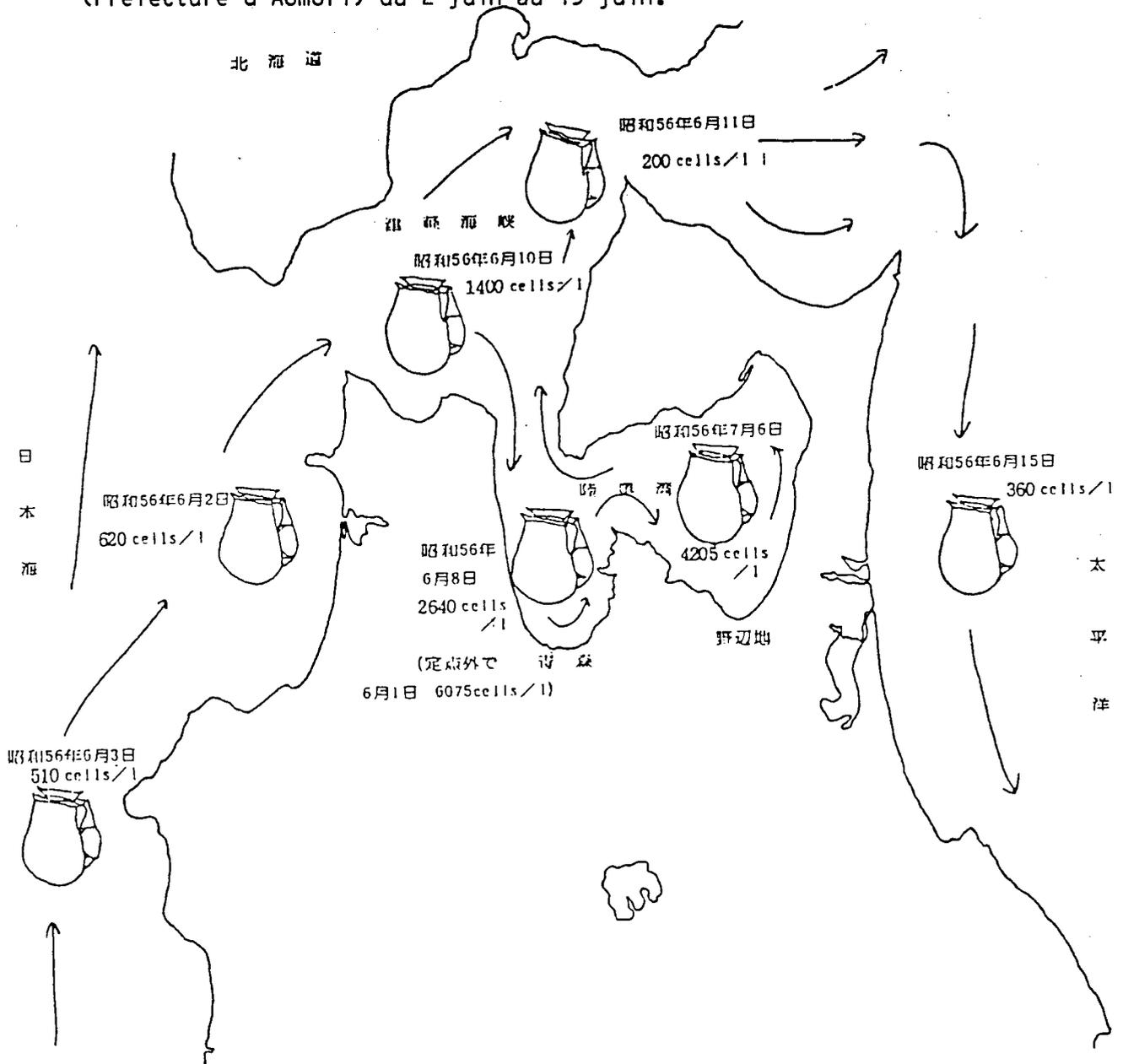
### a) Distribution de *Dinophysis fortii* dans le nord du Japon

En premier lieu il convient de rappeler la différence étonnante dans la relation : concentration en *Dinophysis* / toxicité des mollusques, entre le nord et le sud du Japon. La carte de la fig. 17 précise cette notion et met déjà en évidence le rôle important de la dérive nord du Kuroshivo.



**Fig. 17.-** Distribution de *Dinophysis fortii* le long des côtes japonaises et relation avec la contamination des mollusques par DSP (YASUMOTO, 1984).

En effet, à partir de deux sites "initiateurs" semble-t-il d'une prolifération de souches toxiques de *D. fortii*, un grand nombre d'observations réalisées tant par les laboratoires préfectoraux que par les universités, montre une diffusion dans le temps de cette espèce depuis la côte nord ouest (mer du Japon) jusqu'à Hokkaïdo et enfin la côte nord est (Pacifique), après passage dans l'isthme séparant le Honshu du Hokkaïdo. Cette séquence apparaît plus nettement dans la figure 18 (FUKUYO, 1983), où, pour l'année 1981, les plus fortes concentrations de *D. fortii* se déplacent le long de ce courant (Préfecture d'Aomori) du 2 juin au 15 juin.



第 2 9 図 *Dinophysis fortii* の発生推移

Fig. 18.- Relation entre l'abondance de *D. fortii* en zone côtière et la branche nord ouest du Kuroshio (FUKUYO, 1983).



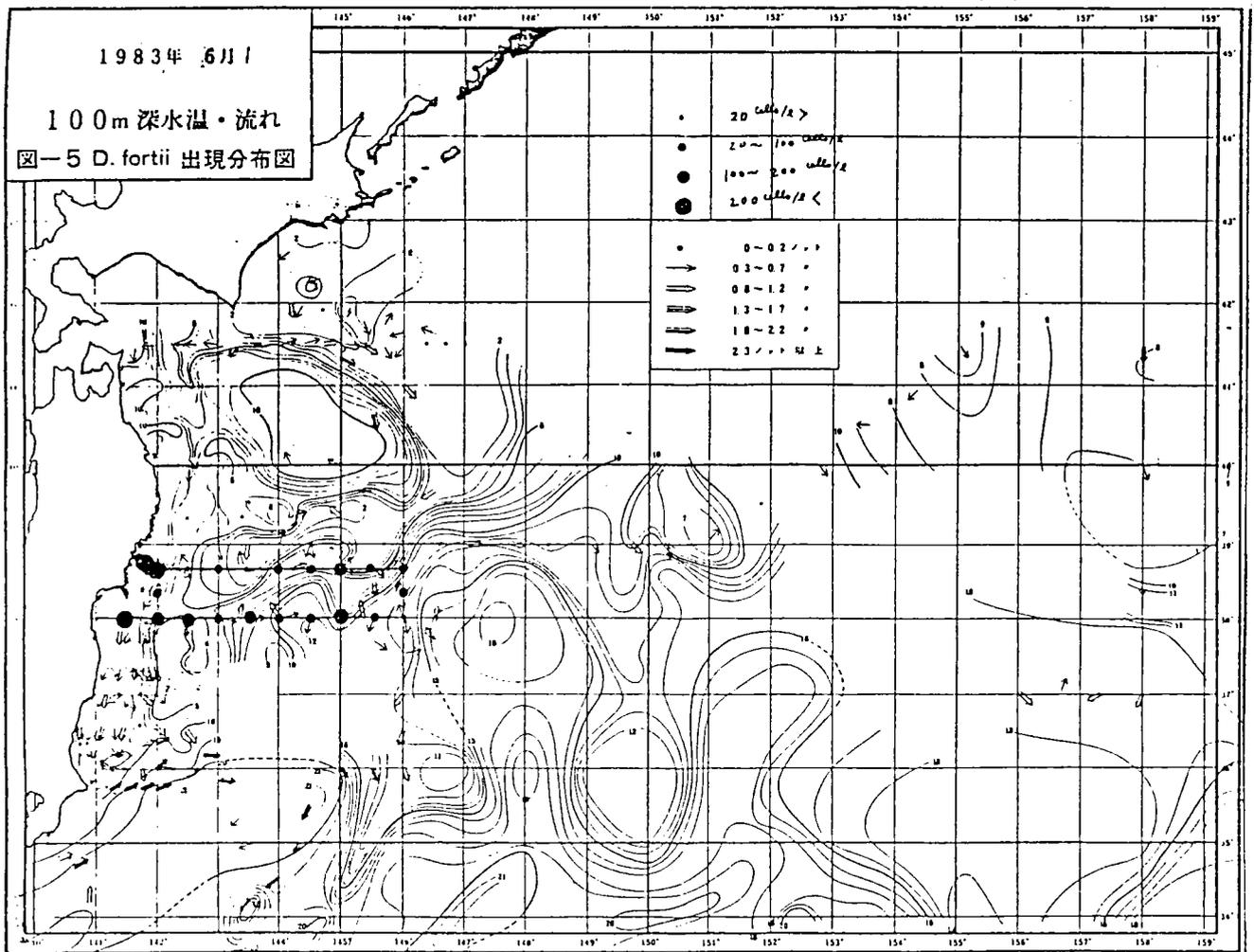


Fig. 20.- Cartographie des isothermes - 100 m et concentrations en *D. fortii* le long de deux radiales (IGARASHI - 1984 - Rapport annuel des laboratoires préfectoraux).

De même, pendant la période d'apparition de *Dinophysis*, des profils intégrant les concentrations de dinoflagellés toxiques et les isothermes et isohalines selon des radiales à la côte permettent de constater plusieurs faits importants :

1°) Le préférendum thermique de *D. fortii* se situe vers des températures basses (10 à 12° C) et des salinités élevées (33.5 à 34.0 ‰) pour une profondeur préférentielle de - 10 à - 20 m (fig. 21).

2°) Les concentrations maximales se trouvent en zone très côtière tandis que l'éloignement vers le large est grossièrement proportionnel à une diminution des densités. C'est ce que l'on observe sur la figure 21 pour la Préfecture d'Iwate en mai 1983.

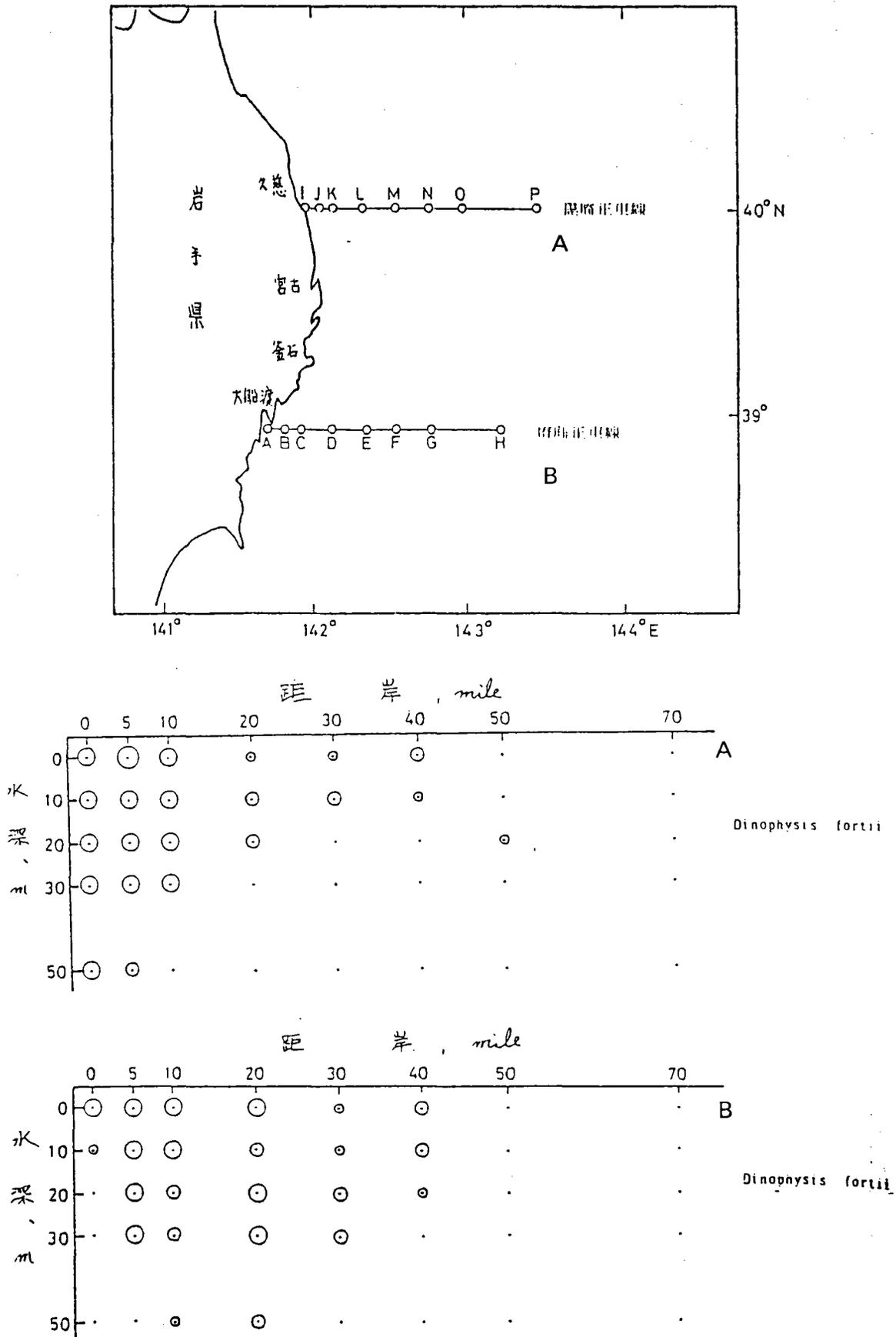


Fig. 21.- Distribution bathymétrique de *D. fortii* le long de deux radiales (rapport annuel des laboratoires préfectoraux - Préfecture d'Iwate, 1984).

3°) Dans certaines occasions (Préf. de Miyagi) les apparitions de *D. fortii* sont précédées par celles de *D. acuminata* qui serait alors considéré comme espèce "indicatrice" par rapport à *D. fortii*, le laps de temps entre les maxima de chaque espèce étant (d'après IGARASHI, 1984) à peu près constant (de l'ordre de 20 à 25 jours). C'est ce qui apparaît dans le tableau 10.

| Année | <i>D. acuminata</i> |                | <i>D. fortii</i> |                | Délai<br>(en<br>jours) |
|-------|---------------------|----------------|------------------|----------------|------------------------|
|       | Dates               | Concentrations | Dates            | Concentrations |                        |
| 1980  | 23 mai              | 12             | 28 mai           | 58             | 5                      |
| 1981  | 13 avril            | 20             | 11 mai           | 44             | 28                     |
| 1982  | 8 mai               | 19             | 20 mai           | 280            | 22                     |
| 1983  | 19 avril            | 11             | 10 mai           | 213            | 22                     |
| 1984  |                     |                |                  |                | 27                     |

Tableau 10.- Concentrations cellulaires (cell/l) en *D. fortii* et *D. acuminata* et délai d'apparition respectif (Préf. de Miyagi - IGARASHI, 1984).

4°) Etant donné la distribution bathymétrique de *D. fortii* en fonction de sa concentration et la coïncidence avec la culture des pectinidés (- 15 m) il est envisagé, sur le plan conchylicole, de recommander lors de bloom une immersion plus profonde des coquillages.

b) Modèles prédictifs actuellement à l'étude pour *D. fortii*

Deux types de modèles sont actuellement à l'étude pour essayer de prédire les manifestations côtières de *D. fortii*.

Le premier, basé sur l'utilisation de paramètres simples (température / salinité) a été développé au Laboratoire préfectoral d'Aomori. Le second, lié exclusivement à l'extension profonde du courant froid Oyashiwo, a été testé par IGARASHI au Laboratoire préfectoral de Kesenuma (Miyagi).

1°) Modèle proposé sur une base T/S

Le tableau 11 montre les concentrations maximales en *D. fortii* moyennées sur 5 ans (1979 - 1983) en fonction de la température et de la salinité (OSAKA, 1984).

| T \ S | 31.6 | 31.8 | 32.0 | 32.2 | 32.4 | 32.6 | 32.8 | 33.0 | 33.2 | 33.4 | 33.6 | 33.8 | 34.0 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5     | —    | —    | —    | 0    | 1    | 1    | 0    | 1    | 5    | 0    | —    | 3    | 1    |
| 6     | —    | 0    | 0    | 0    | 0    | 4    | 3    | 2    | 4    | 0    | 2    | 2    | 1    |
| 7     | —    | —    | —    | 3    | —    | 19   | 0    | 5    | 2    | 11   | 11   | 18   | 4    |
| 8     | —    | 0    | —    | —    | 2    | 15   | 16   | 11   | 37   | 11   | 14   | 27   | 2    |
| 9     | —    | 3    | 20   | 35   | 0    | 3    | 38   | 565  | 208  | 12   | 17   | 50   | 4    |
| 10    | —    | 40   | 30   | —    | 138  | 15   | 144  | 137  | 414  | 326  | 87   | 134  | 0    |
| 11    | —    | 18   | 58   | 10   | 340  | 239  | 2088 | 766  | 182  | 105  | 257  | 75   | 28   |
| 12    | —    | 5    | 5    | 26   | 185  | 87   | 648  | 1018 | 196  | 773  | 211  | 20   | 36   |
| 13    | —    | 0    | —    | —    | 23   | 5    | 70   | 293  | 505  | 144  | 388  | 139  | —    |
| 14    | —    | 0    | —    | —    | 208  | 58   | 115  | 174  | 109  | 293  | 201  | 2107 | 1825 |
| 15    | —    | —    | 0    | 2    | 0    | 4    | 2    | 24   | 68   | 67   | 219  | 988  | 25   |
| 16    | —    | 0    | 5    | 8    | —    | 5    | 42   | 8    | 48   | 4    | 9    | 723  | 30   |
| 17    | 0    | —    | 0    | 8    | 0    | 2    | 3    | 9    | 7    | 10   | 2    | 327  | 0    |
| 18    | —    | —    | —    | 11   | 0    | 0    | 4    | 1    | 2    | 20   | 4    | 0    | 7    |
| 19    | —    | —    | —    | 5    | 0    | 28   | 8    | 1    | 3    | 0    | 0    | 28   | 5    |
| 20    | 0    | —    | 9    | 18   | 4    | 4    | 23   | 1    | 2    | 1    | 6    | 3    | 2    |
| 21    | 0    | 10   | 10   | —    | 3    | 10   | 3    | 0    | 1    | 0    | 3    | 0    | 6    |
| 22    | 5    | 5    | 17   | 3    | 0    | 3    | 0    | 1    | 3    | 3    | 4    | 3    | —    |
| 23    | —    | —    | —    | 0    | —    | 10   | 0    | 1    | 4    | 0    | 0    | 0    | —    |

Tableau 11.- Moyennes sur 5 ans des concentrations en *D. fortii* en fonction de la température et de la salinité. Préfecture d'Aomori.

A partir de ces observations, un modèle prédictif a été proposé, intégrant non seulement la température et la salinité mais également la toxicité des coquillages, l'état physiologique de ces dernières ainsi que les concentrations en *D. fortii* dans l'eau.

Les taux de filtration sont intégrés à la toxicité des coquillages par la formule :

$$Ti(t) = F(t) \times L(t) \times A$$

avec  $Ti(t)$  = MU/g hépatopancréas/jour,

$F(t)$  = concentration de *D. fortii* en cellules/litre

$L(t)$  = filtration en litre/g/jour

$A$  = taux de filtration par individu

Un modèle de base (tableau 12) a servi à construire un modèle simplifié (tableau 13), ce dernier ayant permis en 1984 de comparer sur deux stations des résultats "terrain" à ceux donnés par le modèle. C'est ce qui est représenté sur la figure 22. On peut noter une certaine concordance entre les résultats réels et calculés pour les densités cellulaires, cependant l'écart se creuse en ce qui concerne les prévisions de toxicité, en particulier à la station 2.

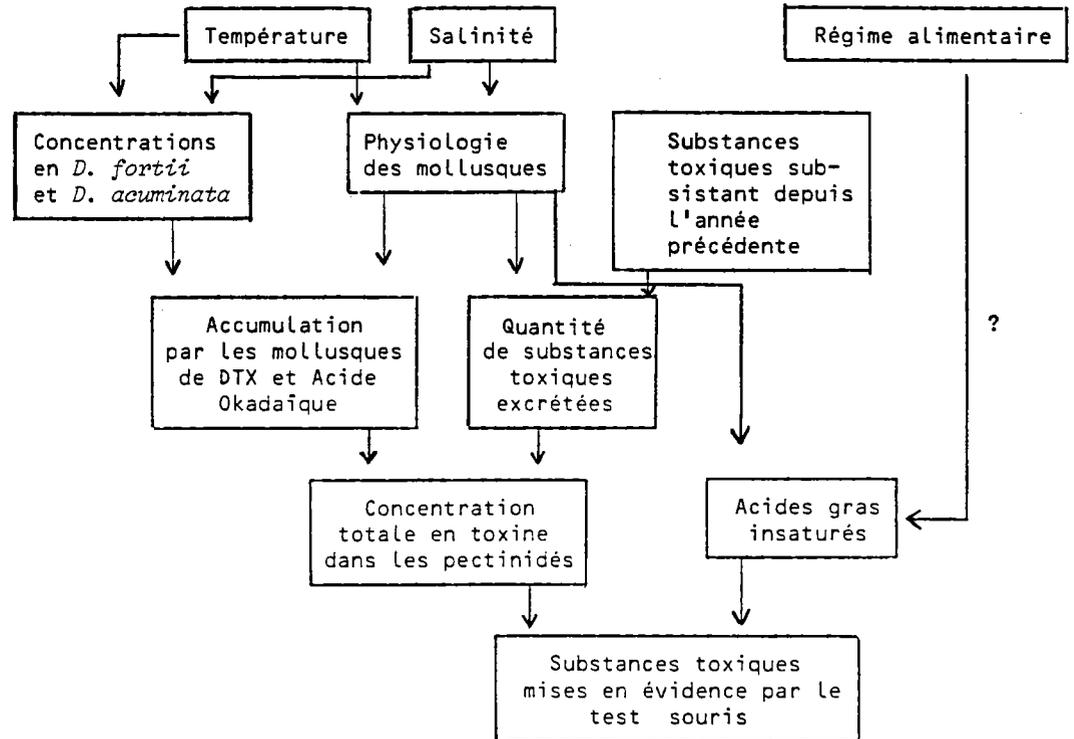


Tableau 12.- Modèle initial

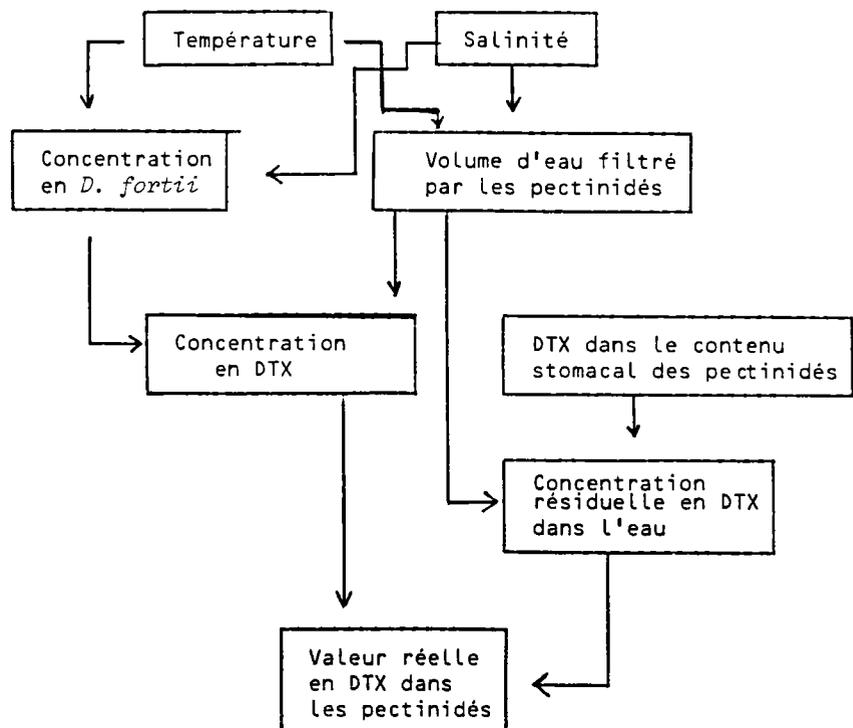
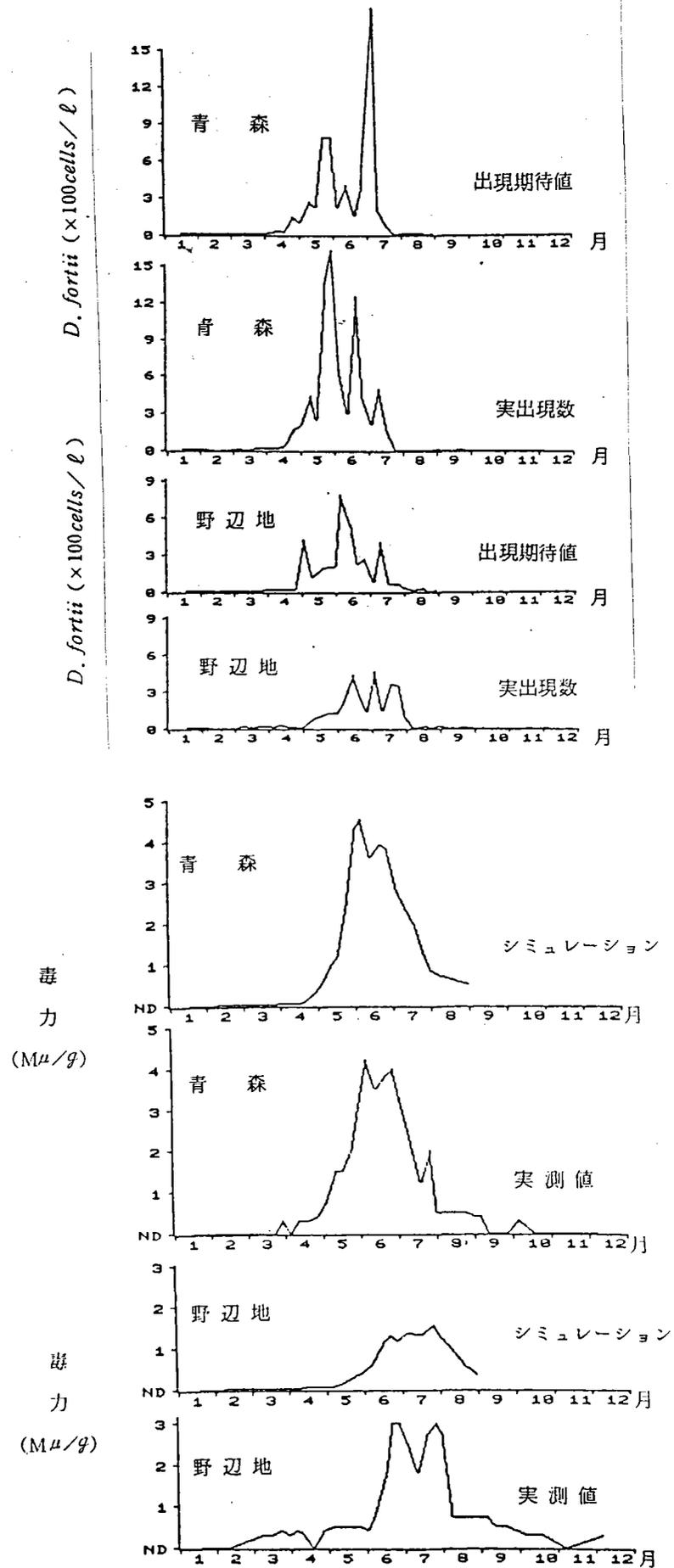


Tableau 13.- Modèle simplifié



**Fig. 22.-** Densités cellulaires calculées (en haut) et observées (en bas) pour deux stations, et variations du niveau de DSP dans les coquillages (MU/g) calculées (en haut) et observées (en bas) pour deux stations (OSAKA, 1984). Rapport annuel des laboratoires préfectoraux.

2°) Modèle intégrant l'extension du courant froid

L'évolution de la surface à - 100 m du courant froid a été comparée, pendant la même période, à la toxicité des pectinidés exprimées en UM/g hépatopancréas dans le même temps. IGARASHI trouve une corrélation très significative et utilise cette relation de la façon suivante :

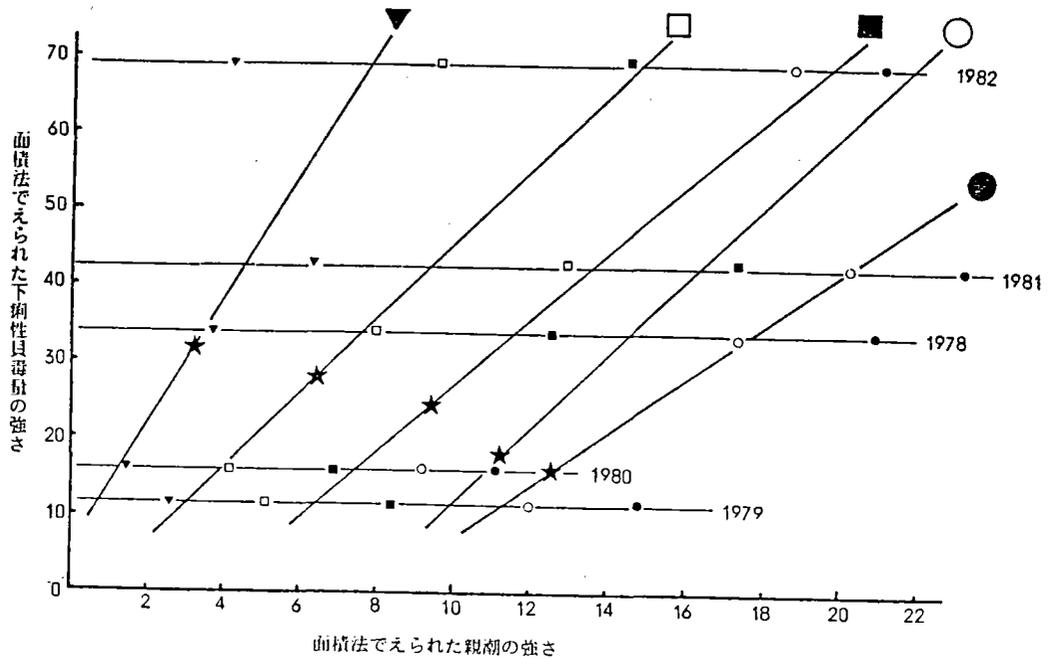


図11 下痢性貝毒量の強さと、親潮の強さとの関係

|   |  |                     |            |                  |
|---|--|---------------------|------------|------------------|
| ● | : 2~7月の積算                                | $y = 3.34x - 26.09$ | $r = 0.77$ | $0.05 < P < 0.1$ |
| ○ | : 2~6月の積算                                | $y = 4.78x - 36.14$ | $r = 0.86$ | $0.05 < P < 0.1$ |
| ■ | : 2~5月の積算                                | $y = 4.25x - 15.72$ | $r = 0.80$ | $0.1 < P < 0.2$  |
| □ | : 2~4月の積算                                | $y = 4.79x - 2.98$  | $r = 0.73$ | $0.1 < P < 0.2$  |
| ▼ | : 2~3月の積算                                | $y = 8.09x + 5.45$  | $r = 0.64$ | $0.2 < P < 0.3$  |
| ★ | : '78~'82年までの回帰直線に'83年の結果を乗せ、貝毒量の予想をしたもの |                     |            |                  |

Fig. 23.- Corrélations en fonction de la période d'observation entre l'extension du courant froid profond et la toxicité des coquillages (IGARASHI, 1984. Rapport annuel des laboratoires préfectoraux).

- construction de la droite de régression intégrant (de 1978 à 1982) la variation en DTX dans les pectinidés et la surface du courant froid (après calculs) pendant 6 mois (de février à juillet). C'est ce qui apparaît sur la figure 23, signalé par un cercle plein ;
- construction des mêmes droites de régression extrapolées de la première mais en diminuant la période considérée (de février à juin, puis mai, avril et enfin mars) .

A partir de ces relations on peut estimer la concentration globale en DTX prévisible dès mars ou avril, par simple examen de l'extension du courant froid.

Cependant ce modèle a un écueil : lorsque l'extension de l'Oyashiwo est maximale et touche la côte est, le courant chaud ne peut redescendre et *D. fortii* n'apparaît pas sur la côte, alors que le modèle devrait évidemment dénoncer un risque élevé de contamination. C'est ce qui est arrivé en 1984.

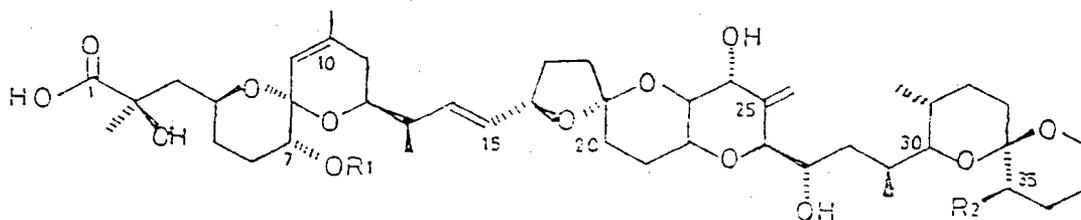
Cette difficulté devrait être aplanie en utilisant (à l'étude actuellement) non plus l'extension du courant froid mais la distance qui le sépare de la côte.

### c) Analyse des toxines de *Dinophysis*

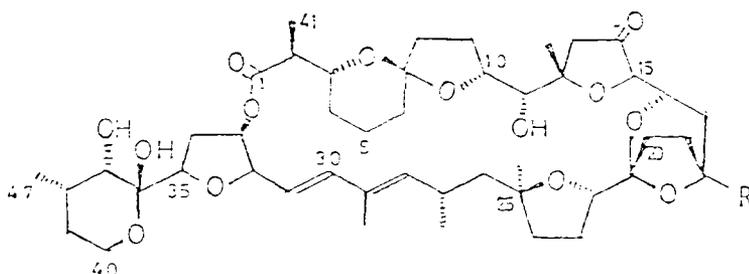
Les premières études sur la nature chimique de la toxine diarrhéique produite par *D. fortii* ont été réalisées à la Faculté d'Agriculture dans l'équipe du Dr YASUMOTO.

Très rapidement (1983) il apparaissait que la toxine dominante était un dérivé méthyl de l'acide okadaïque, à savoir la DTX ou dinophysistoxine. Cependant, le Dr YASUMOTO (publication 1984) mettait également en évidence quelques mois plus tard la présence d'autres toxines, soit dérivées de l'acide okadaïque (A.O) comme la DTX<sub>3</sub>, soit complètement différentes comme les pectonotoxines (effets neurotoxiques) 1 et 2. Les propriétés pharmacologiques de ces toxines étaient également déterminées (fig. 24 et tableau 14).

Cependant, des problèmes similaires (intoxications diarrhéiques par les coquillages) survenus en 1982 en Hollande puis en 1983 en France ont conduit les équipes scientifiques de ces deux pays à collaborer étroitement avec le Dr YASUMOTO afin de vérifier la nature chimique des toxines produites par une autre espèce de *Dinophysis*, à savoir : *D. acuminata*.



Okadaic acid :  $R_1 = H, R_2 = H$   
 Dinophysistoxin-1:  $R_1 = H, R_2 = CH_3$   
 Dinophysistoxin-3:  $R_1 = acyl, R_2 = CH_3$



Pectenotoxin-1:  $R = CH_2OH$   
 Pectenotoxin-2:  $R = CH_3$

**Fig. 24.- Structures of Diarrhetic Shellfish Toxins (YASUMOTO, 1984)**

| Compound                                 | Mouse lethality | Diarrheal property | Contraction of intestine |
|--|-----------------|--------------------|--------------------------|
| Okadaic acid                             | +               | +                  | +                        |
| 35-Methyl okadaic acid                   | +               | +                  | +                        |
| 35-Methyl-7-O-palmitoyl okadaic acid     | -               | -                  |                          |
| 6-Hydroxy-5-methylene-2-hexenyl okadaate | +               | -                  |                          |
| Methyl okadaate*                         | -               |                    |                          |
| Pectenotoxin-2                           | +               | -                  | relaxation               |

\* Not planktonic origin

**Tableau 14.- Propriétés biologiques des polyéthers provenant de dinoflagellés (YASUMOTO, 1984).**

Pour ce faire, des échantillons d'hépatopancréas de moules contaminées ont été envoyés à Sendai (Université de Tohoku) d'abord par KAT (Pays-Bas) en 1982, puis par le Laboratoire E.B.N. (IFREMER - Nantes) en 1984. Dans les deux cas, l'analyse révèle une apparente similitude de composition toxinique : seul l'A.0 serait présent. Lors du stage effectué à l'Université de Tohoku les objectifs étaient donc les suivants :

- connaître et vérifier les résultats de l'analyse chimique sur les moules contaminées d'Antifer (été 1984),
- apprendre - en théorie et en pratique - les procédés de purification applicables aux extraits acétoniques d'hépatopancréas de moules afin de n'obtenir que l'A.0.,
- pratiquer le test toxicologique : "souriceau de 4 jours" afin de comparer son niveau de sensibilité à celui du test "souris blanche adulte de 20 g" décrit par YASUMOTO en 1981 et utilisé en France pendant les épidémies de 1983 et 1984,
- avoir des informations récentes sur l'extension des intoxications diarrhéiques au niveau mondial. En effet, le Dr YASUMOTO a reçu pour analyse de nombreux échantillons de plancton ou de coquillages venant de divers pays. Les résultats sont résumés dans le tabl. 15 tandis que les différentes espèces de *Dinophysis* réellement toxiques au simplement "suspectes" sont représentées dans la fig. 25.

De ce fait, deux étapes ont été marquantes lors de ce stage, les procédés de purification et d'analyse d'une part, et l'amélioration du test biologique d'autre part.

#### 1°) Purification des extraits et analyse chimique

La purification des extraits acétoniques d'hépatopancréas de coquillages contaminés (pectinidés au Japon et moules en Europe) passe par trois étapes avec pour chacune l'utilisation d'au moins trois passages de solvants dans le cas de *D. fortii*.

Le nombre de toxines étant apparemment réduit à une seule dans le cas des moules françaises, un seul type de solvant par colonne peut être utilisé. C'est ce que nous avons résumé sur la fig. 26 en prenant en compte les deux espèces toxiques : *D. fortii* et *D. acuminata*.

| Country    | Organism            | Toxin        |                    |               |
|------------|---------------------|--------------|--------------------|---------------|
|            |                     | Okadaic acid | 35-Me-okadaic acid | Pectenotoxins |
| Japan      | <u>D. fortii</u>    | -            | +                  | +             |
|            | <u>D. acuminata</u> | +            | -                  | ?             |
|            | <u>P. lima</u> *    | +            | -                  | -             |
| France     | <u>D. acuminata</u> | +            | -                  | -             |
| Netherland | <u>D. acuminata</u> | +            | -                  | -             |
| Sweden     | ?                   | +            | -                  | -             |
| Norway     | ?                   | ?            | ?                  | ?             |
| Spain      | <u>D. acuminata</u> |              |                    |               |
|            | <u>D. fortii</u>    | -            | -                  | -             |
|            | <u>D. acuta</u>     |              |                    |               |
| Chile      | <u>D. acuta</u>     | ?            | ?                  | ?             |
| India      | <u>D. fortii</u>    | ?            | ?                  | ?             |

\* Prorocentrum lima was collected at Okinawa and is not involved in poisoning

Tableau 15. - Organismes et toxines impliquées dans le DSP

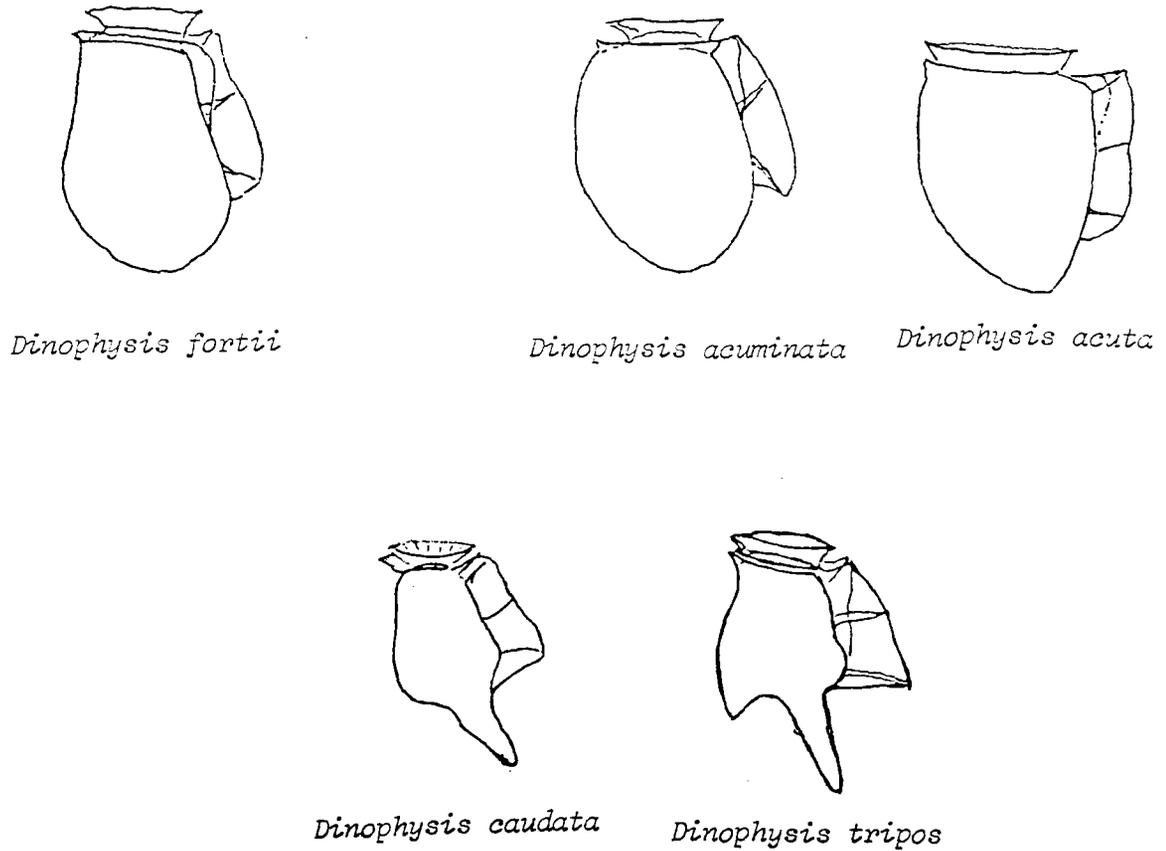


Fig. 25.- Espèces de *Dinophysis* reconnues ou soupçonnées de produire des biotoxines (YASUMOTO, 1984).

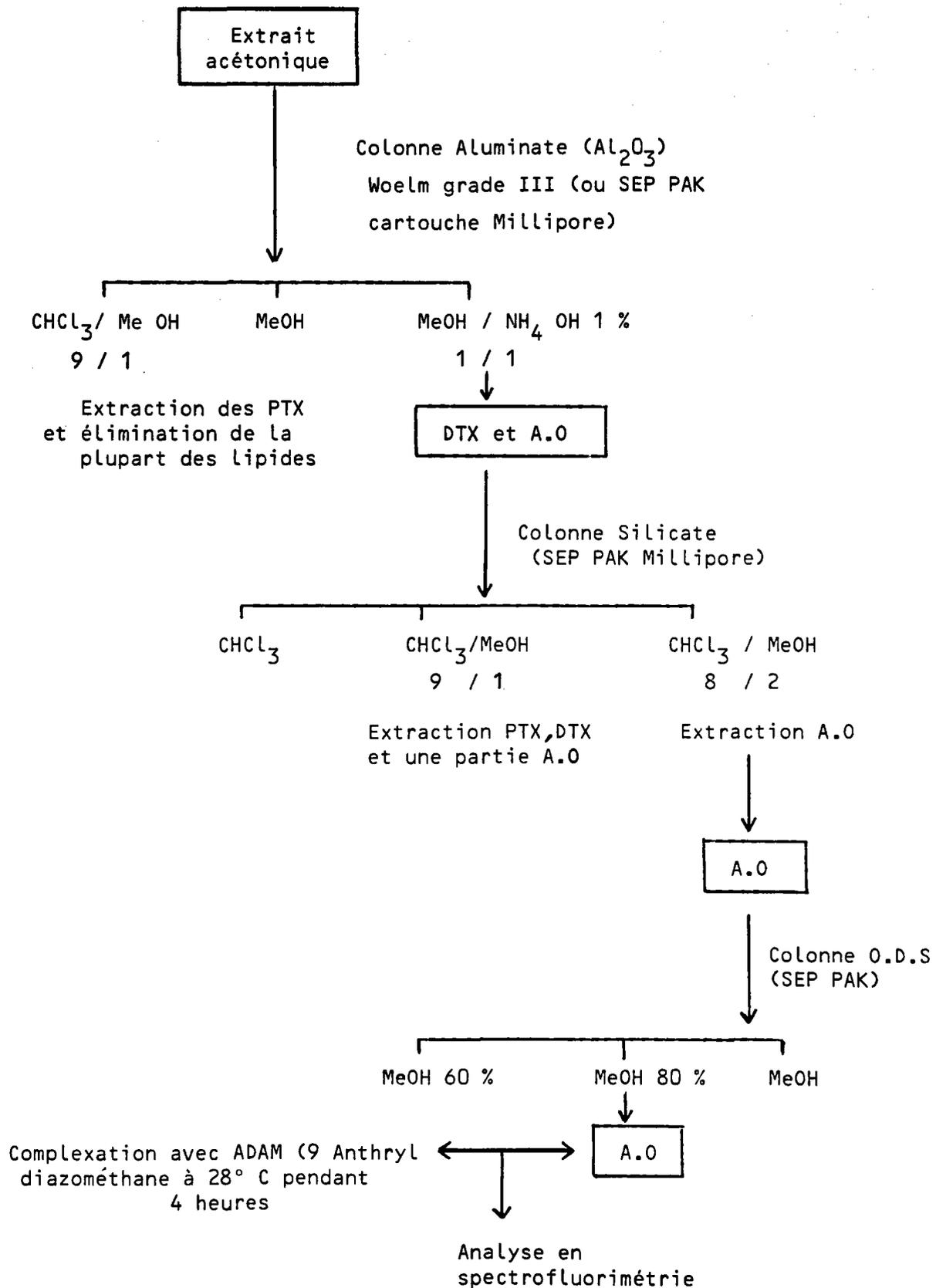


Fig. 26.- Procédé de purification des extraits acétoniques de moules contaminées par des *Dinophysis*.

L'ensemble des opérations réalisées sur cartouches SEP PAK et seringues 10 ML au lieu des colonnes classiques, permet d'écourter l'opération de purification. Néanmoins, il faut s'entourer d'un maximum de précaution dans ce cas pour obtenir un bon niveau de récupération.

Le dernier extrait, après passage sur colonne ODS, est complexé avec un réactif fluorescent, l'ADAM, qui a le défaut d'être instable à la chaleur et à la lumière. Son obtention en Europe ou aux USA semble d'ailleurs poser de gros problèmes.

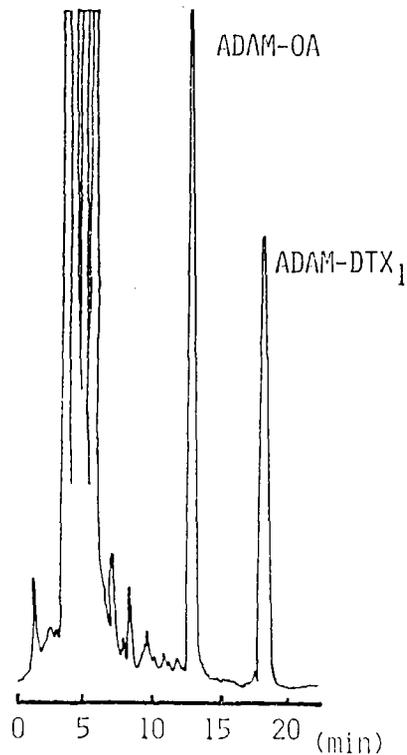
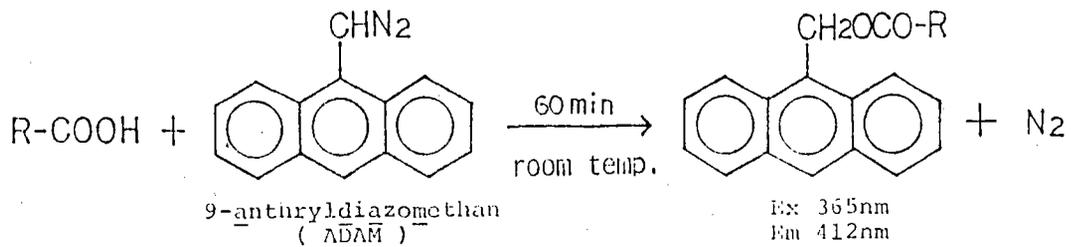
Il est indispensable cependant, pour passer à l'étape suivante : analyse en spectrofluorimétrie, selon les normes suivantes :

|                  |  |                                 |
|------------------|--|---------------------------------|
| colonne          | : Develosil ODS - 5                          | } valable pour                  |
| phase mobile     | : CH <sub>3</sub> CN/H <sub>2</sub> O à 95/5 |                                 |
| débit            | : 1,0 ml/minute                              |                                 |
| longueurs d'onde | : 365 nm en excitation<br>412 nm en émission |                                 |
|                  |  | ADAM - OA<br>et<br>ADAM - DTX 1 |

La réaction de combinaison avec le réactif et le chromatogramme type sont représentés sur la fig. 27.

Les rendements de l'étape "purification" peuvent être intéressants puisqu'avec environ 3 kg d'hépatopancréas très contaminés on peut obtenir jusqu'à 5 mg d'A.O.

L'avantage de l'analyse chimique de routine réside dans le faible volume de la prise d'essai (2 ml d'extrait acétonique pour 200 gr d'hépatopancréas extraits dans 450 ml d'acétone) qui, ramenée à une quantité donnée de moules, permet de diminuer notablement leur nombre par rapport au test souris : de 2 kg à 200 g environ.



Column : Develosil ODS-5  
 Mobile phase: CH<sub>3</sub>CN-H<sub>2</sub>O (95:5)  
 Flow rate : 1.0 ml/min  
 Monitor : Ex 365 nm  
           Em 412 nm

**Fig. 27.-** Elution chromatogram for ADAM-OA and ADAM-DTX 1 (YASUMOTO, 1984)

### 2°) Test "souriceau de 4 jours"

Ce test est utilisé couramment pour la mise en évidence des toxines diarrhéiques d'origine bactérienne. Il est décrit en 1972 par DEAN et al. Le principe est simple, il suffit, à partir de 0,1 ml de l'extrait acétonique tamponné dans du Tween à 60 % de faire ingérer à des souris de 4 à 5 jours ce mélange (par voie orale) et de mesurer les effets diarrhéiques obtenus en 4 heures (photos 1 et 2).

Ceux-ci sont décelables par une diffusion plus ou moins prononcée d'un liquide clair dans l'intestin. La pesée du tractus intestinal et son rapport au poids total de l'animal permet de définir un indice. Selon la valeur de cet indice (F.A.R) le résultat du test est interprétable de la façon suivante :

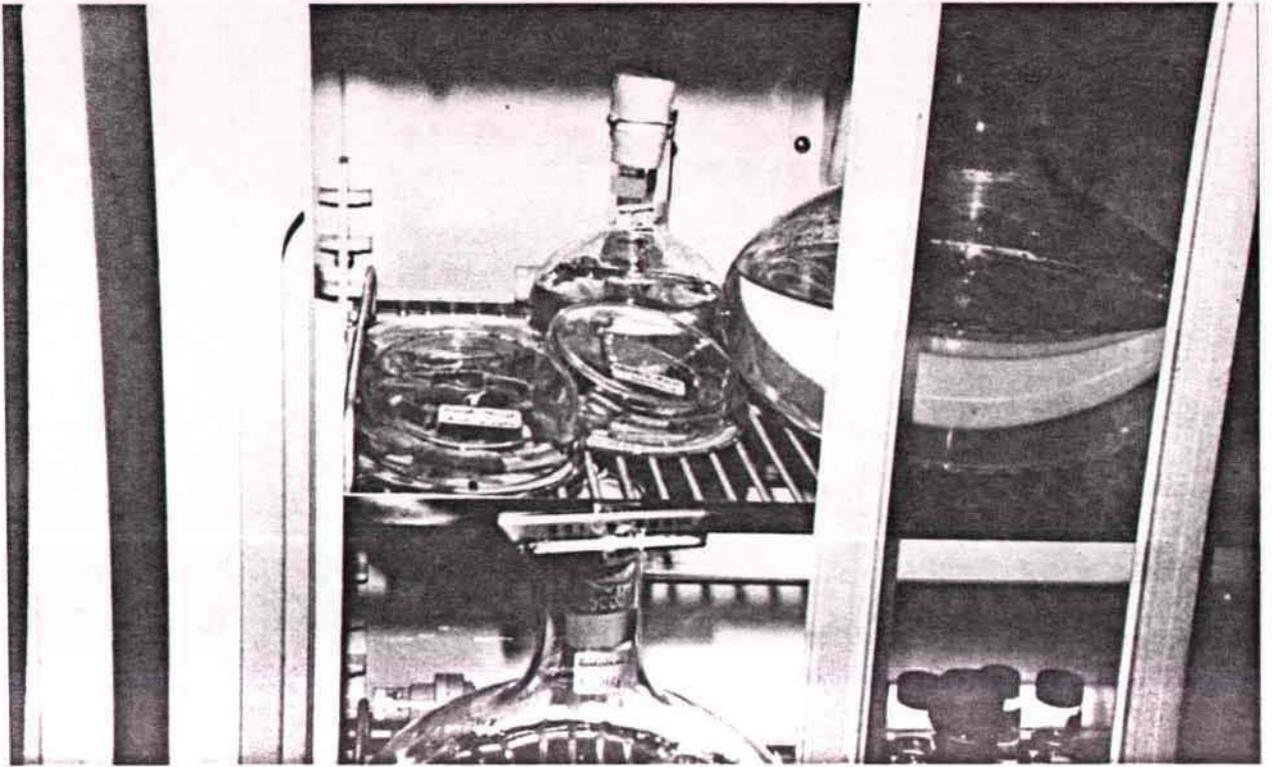


Photo 1 : Incubation à 25° C des souriceaux intoxiqués expérimentalement.

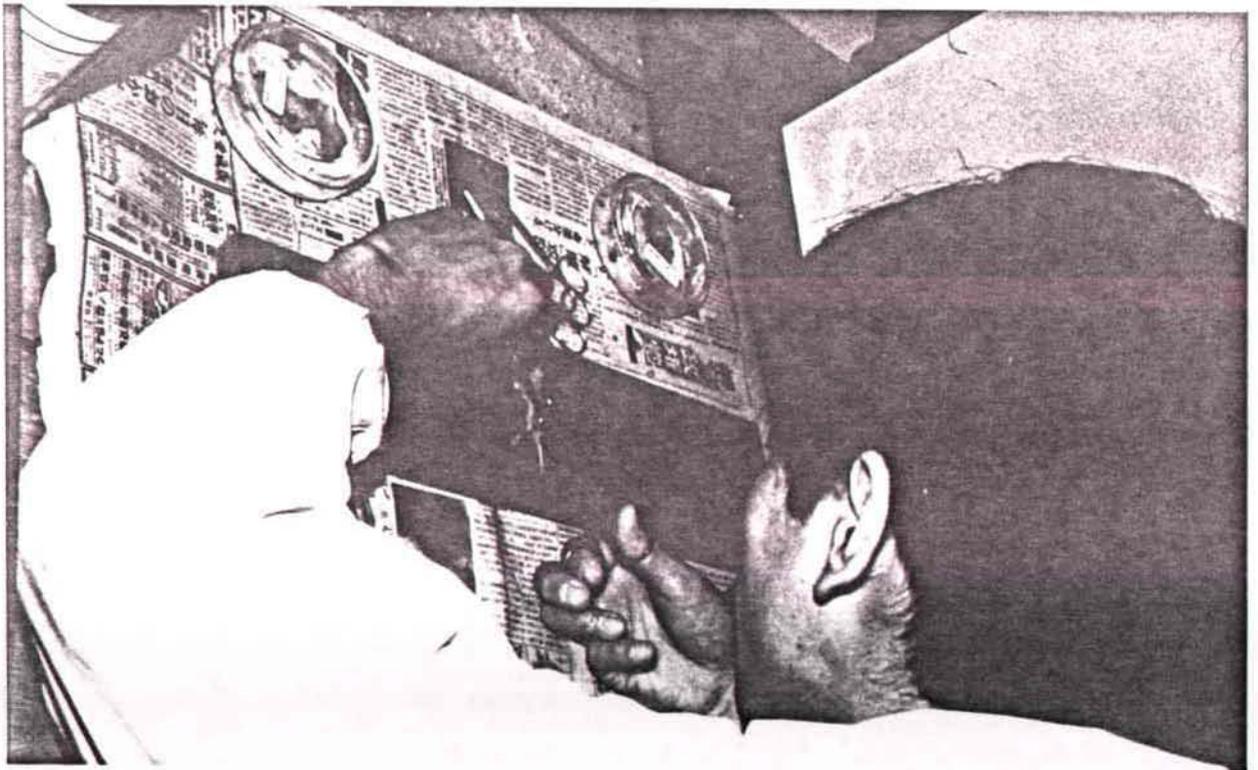


Photo 2 : Dissection du tractus intestinal après 4 heures d'incubation.

$$\text{si F.A.R.} = \frac{\text{Poids intestinal}}{(\text{Poids total} - \text{Poids intestinal})}$$

- F.A.R. < 0.07 : test négatif  
 0.07 < F.A.R. < 0.09 : test supposé positif  
 F.A.R. > 0.09 : test positif

Le contrôle d'une ingestion correcte du bol alimentaire par les souris se fait au moyen d'un colorant neutre : le Bleu Evans. En l'absence de coloration du tractus digestif, le cobaye n'est pas utilisé pour la moyenne des résultats.

Ce test présente quelques avantages par rapport au test-souris précédemment utilisé :

- mise en évidence d'un effet diarrhéique,
- pas d'interférence avec les acides gras insaturés provenant du métabolisme du coquillage,
- sensibilité plus élevée,
- rapidité de la réponse : quatre heures après ingestion au lieu des vingt-quatre heures du test-souris.

A titre d'exemple, un essai réalisé à partir d'un extrait acétonique des moules contaminées de juillet 1984 à Antifer a donné les résultats suivants :

|                              | Poids intestinal | Poids Total - P.intestinal | F.A.R. | $\bar{x}$ |
|------------------------------|------------------|----------------------------|--------|-----------|
| Témoins                      | 0.2111           | 3.1986                     | 0.0660 | 0.0697    |
|                              | 0.3770           | 2.8286                     | 0.0770 |           |
|                              | 0.3879           | 2.9708                     | 0.0661 |           |
| O.A.Standard                 | 0.2486           | 3.2694                     | 0.0760 | 0.0818    |
|                              | 0.3324           | 3.6086                     | 0.0921 |           |
|                              | 0.2789           | 3.6121                     | 0.0772 |           |
| Moules françaises (extraits) | 0.3151           | 3.3842                     | 0.0931 | 0.08993   |
|                              | 0.2333           | 3.2673                     | 0.0714 |           |
|                              | 0.3271           | 3.1600                     | 0.1035 |           |

#### IV - COMPARAISON AVEC LA SITUATION FRANCAISE ET APPLICATIONS POSSIBLES

##### 1.- *Dinophysis acuminata*

Comme il a déjà été mentionné, les intoxications diarrhéiques observées depuis 1978 sur les côtes japonaises touchent principalement les consommateurs de pectinidés, ces derniers étant contaminés par *D. fortii*, dinoflagellé produisant plusieurs types de toxines dont la principale est la dinophysistoxine (DTX 1). En revanche, si les symptômes sont très comparables sur les côtes françaises et hollandaises, l'espèce responsable : *D. acuminata* ne secréterait qu'une toxine : l'acide okadaïque.

Cet état de fait implique déjà une relative facilité à purifier les extraits de moules contaminées, dans un temps assez court.

La technique de purification et de complexation de l'A.0 par ADAM pour analyse spectrofluorimétrique, telle qu'elle est décrite par le Dr YASUMOTO, peut donc être mise en oeuvre immédiatement.

Quelques points restent cependant à préciser :

- la ou les toxines accumulées par les coquillages français en 1983 et 1984 sont-elles identiques, quelle que soit la provenance ? (côtes normandes ou bretonnes);
- l'identification de *D. acuminata* peut-elle être confirmée ? à ce sujet il est important de noter la différence morphologique entre l'espèce "européenne" et l'espèce japonaise (50 - 52  $\mu$  de long contre 44 - 46  $\mu$  respectivement). Il convient de rappeler qu'entre des descriptions récentes de *D. acuminata* par des taxonomistes européens (DREBES, DODGE) et les premières mentions dans la littérature, plus d'un demi-siècle s'est écoulé sans que cette espèce fasse l'objet d'un intérêt particulier, ce qui explique l'absence de données très précises. La détermination de l'espèce européenne est remise en cause par FUKUYO (communication personnelle);
- la relation entre l'abondance de *D. acuminata* et une marge étroite de température / salinité - comme dans le cas de *D. fortii* - demande à être confirmée ou infirmée. L'utilisation d'un modèle prédictif simple (tel que celui à l'étude par le Laboratoire préfectoral d'Aomori) pourrait être, alors, envisagée ;

- la distribution bathymétrique de *D. acuminata* sur les côtes françaises reste à préciser également. Notons qu'en 1983 les moules de Barfleur ont été fortement contaminées à des profondeurs variant de - 20 à - 40 m (PAULMIER et al., 1985) ;
- aucune donnée ne permet actuellement de contrôler l'ubiquité de la toxicité de *D. acuminata* sur les côtes françaises : la "variété" méditerranéenne est-elle aussi toxique ou diffère-t-elle comme dans le cas des *D. fortii* du sud du Japon ?
- la vitesse de contamination des coquillages semble varier d'une espèce à l'autre. Il reste à le démontrer, comme cela a été réalisé au Japon pour *D. fortii* (fig. 28) ;
- reste le dernier problème : celui de la mise en culture de cette espèce, mise en oeuvre qui n'a rencontré jusqu'ici que des échecs.  
Rappelons que les essais pratiqués au Japon sur *D. fortii* semblent donner des résultats encourageants :
  - . en utilisant des cellules isolées du milieu en début de phénomène (divisions les plus nombreuses "in situ"),
  - . avec le milieu F de Guillard dilué au 1/10e.

## 2.- *Gyrodinium aureolum*

Trop peu de données ont été obtenues en France sur cette espèce alors qu'en 1978 et 1983 des eaux colorées en baie de Douarnenez ont provoqué des mortalités de coquillages. Il est invraisemblable que de très nombreux travaux anglosaxons et scandinaves aient été réalisés sur les "blooms" de *Gyrodinium* en Manche et Mer du Nord, en utilisant les moyens les plus appropriés (télé-détection, cultures, tests toxicologiques) et qu'aucune recherche française sérieuse sur cette espèce n'ait été envisagée. Rappelons encore que selon les taxonomistes japonais ce gymnodinien est très proche - voire identique - à *Gymmodinium nagasakiense* responsable de mortalités énormes de poissons dans les mers intérieures.

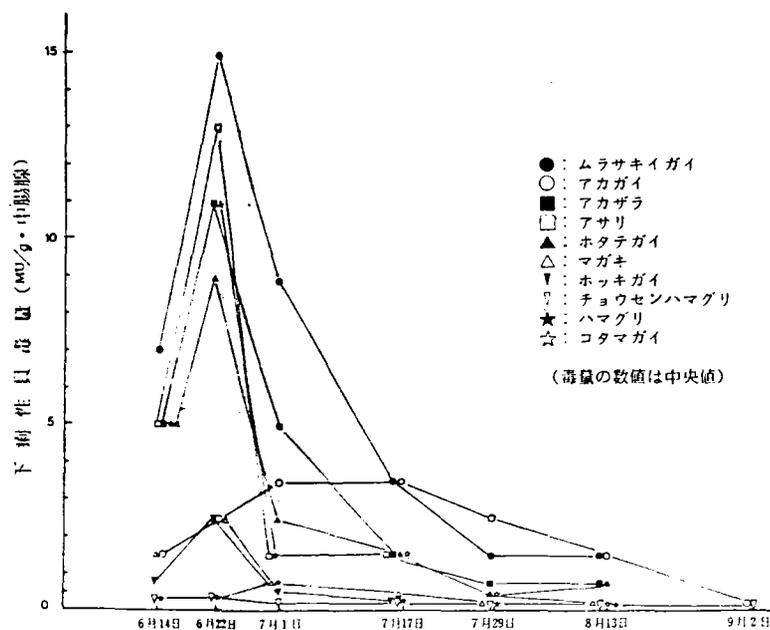


図5 ニツ根定点における貝類10種の下痢性貝毒量蓄積、および同貝毒量減衰状況

| Japanese name     | Scientific name                       | Common name       |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| ● Murasaki-igai   | <i>Mytilus edulis</i>                 | Mussel            |
| ○ Akagai          | <i>Anadara broughtonii</i>            | Ark shell         |
| ■ Akazara         | <i>Chlamys nipponensis</i><br>akazara | Scallop           |
| □ Asari           | <i>Tapes japonica</i>                 | Short necked clam |
| ▲ Hotategai       | <i>Patinopecten yessoensis</i>        | Scallop           |
| △ Magaki          | <i>Crassostrea gigas</i>              | Oyster            |
| ▽ Hokkigai        | <i>Spisula sachalinensis</i>          | Surf clam         |
| ◇ Chosen-hamaguri | <i>Meretrix lamarckii</i>             | Venus clam        |
| ★ Hamaguri        | <i>Meretrix lusoria</i>               | Venus clam        |
| ☆ Kotamagai       | <i>Gomphina melanaegis</i>            | Clam              |

Fig. 28.- Contamination et décontamination expérimentale "in situ" de diverses espèces de coquillages par *D. fortii*. Les différents lots expérimentés ont été calibrés de façon à obtenir un taux de filtration comparable.  
(Rapport du Laboratoire préfectoral de Kesenuma, 1983 - Préfecture de Miyagi).

## V - CONCLUSIONS

Cette mission au Japon a été d'un intérêt particulier : pour une première prise de contact "globale" avec les laboratoires les plus concernés par le problème des eaux colorées et des dinoflagellés toxiques, l'ampleur et la complexité des tâches restant à entreprendre en France pour aboutir à des moyens prédictifs ou interventionnistes laissent pensif.

Néanmoins, douze ans d'expérience en la matière ont permis aux scientifiques japonais d'être opérants dans deux domaines :

1°) Le développement d'un réseau de surveillance extrêmement serré, d'avril à septembre, et de modèles prédictifs utilisant des paramètres simples. Ces mesures ont surtout pour but de diminuer dans l'immédiat les dommages subis annuellement ;

2°) L'approfondissement des connaissances fondamentales telles que la physiologie des espèces et le déterminisme de leur apparition. Ce type de recherche est généralement dévolu à des équipes universitaires pluridisciplinaires coordonnées par des organismes publics comme la Fisheries Agency.

Les thèmes de recherche les plus importants à ce jour semblent être :

- . l'étude des biotoxines marines, sous la direction du Pr YASUMOTO,
- . le rôle des facteurs du milieu et des substances favorisant la croissance, sujets examinés par l'équipe du Dr OKAICHI,
- . l'utilisation d'agents "mouillants" contre les eaux colorées, thème original développé dans l'équipe du Dr IWASAKI,
- . la taxonomie des espèces (Dr FUKUYO).

Les deux domaines de recherche précités ne se contredisent pas : ils se complètent mais ne procèdent pas des mêmes objectifs et n'ont pas les mêmes contraintes de temps.

Il serait dangereux de se risquer à vouloir confondre les problèmes français actuels à la situation japonaise, cependant quelques pistes de recherches semblent utilisables, et non pas dans quelques années mais tout de suite : l'analyse chimique routinière de l'acide okadaïque, la prédiction des eaux colorées en zone côtière semi-fermée, le rôle de la courantologie dans l'endémicité des phénomènes.

VI - BIBLIOGRAPHIE JAPONAISE SUR EAUX ROUGES  
ET DINOFLAGELLES TOXIQUES

- ADACHI (R.), 1972.- Appearance and distribution of the red tide in Ise Bay 2<sup>nd</sup> Internat. Ocean Development Conference Preprints vol. 1 octob. 5-7 Keidanren kaikan Tokyo : 153-163.
- ADACHI (R.) SHIROTA (A.), 1979.- Studies on the control of Red Tide by Clay. III the settling effect of Red Tide Organisms. Olisthodiscus sp. Bull. of Fac. of Fisheries, Mie University 6 : 109-117.
- ADACHI (R.), EGAWA (S.), 1980-1981.- The study on a mechanical succession of red tide organisms.- Report : "Fundamental Studies on the effects of Marine Environment on the outbreaks of Red tides".- Dr OKAICHI Ed. : 63-79. 文部省「環境科学」特別研究. 海洋環境特性と赤潮発生研究班
- ARUGA (Y.), 1980-1981.- Phytoplankton biomass and photosynthesis in relation to the environmental conditions in Tokyo Bay.- Ibid. : 33-46.
- FUKASE (S.), 1980-1981.- Mechanism of occurrence of red tide caused by Chattonella antiqua (Hada) Ono. Ibid : 127-136.
- FUJITA (Y.), 1980-1981.- Relationship between vegetative growth and photosynthetic activity of Olisthodiscus luteus.- Ibid : 215-221.
- FUKUYO (Y.), KITAKA (J.), HIRANO (R.), 1977.- Studies on the cysts of Marine Dinoflagellates.- I Bull. Plank. Soc. of Japan 24 (1) : 11-18.
- FUKUYO (Y.) 1980-1981.- Cysts of naked dinoflagellates.- Ibid : 205-214.
- FUKUYO (Y.), 1981.- I Prorocentrum, Dinophysis, Ceratium Dinoflagellates in Sanriku Coast, Northern part of Japan. I Prorocentrum, Dinophysis, Ceratium.- Ref. en Japonais.
- FUKUYO (Y.), 1981.- Taxonomical study on benthic dinoflagellates collected in Coral Reefs. Bull. of Jap. Soc. of Scient. Fish 47 (8) : 967-978.
- FUKUYO (Y.), 1981.- Cysts of Naked Dinoflagellates (Réf. en japonais).
- FUKUYO (Y.), 1983.- Ecologie du plancton toxique pour les coquillages.- Rapport Université de Tokyo.- Etude supportée par contrat avec Industrie métallurgique, 43 p 財団法人 鉄鋼業環境保全技術開発基金
- FUKUYO (Y.), 1985.- Morphology of Protogonyaulax tamarensis (Lebour) Taylor and Protogonyaulax catenella (Uhedon and Kofoid) Taylor from Japanese Coastal waters. Submitted to Bull of Mar. Science 38 (1) July 1985.

- HASHIMOTO (Y.), NOGUCHI (T.), ADACHI (R.), 1976.- Occurrence of Toxic Bivalves in association with the bloom of Gonyaulax sp. in Owase Bay, Bull. of Jap. Soc. Scient. Fisheries 42 (6) : 671-676.
- HATA (M.), ABE (S.), HATA (M.), 1982.- Occurrence of Peridinium-Chlorophyll a.- Protein Complex in Red tide dinoflagellate Prorocentrum micans.- Bull. of the Jap. Soc. Scient. Fisheries 48 (3) : 459-461.
- HATA (M.), HATA (M.), 1982.- Isolation and properties of Peridinium.- Chlorophyll a protein complex from the brick-red-colored oyster Crassostrea gigas.- Comps Biochem. Physiol 72 B (4) : 631-635.
- HATA (M.), HATA (M.), NAKAMURA (K.), FUJIWARA (H.), 1982.- Brick red coloration of Oyster Crassostrea gigas.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 48 (7) : 975-979.
- HIRANO (R.), OKAMOTO (K.), 1980-1981.- Studies on population dynamics of red tide organisms in lake Hamana. Report "fundamental studies on the effects of marine Environment on Outbreaks of Red tides" : 47-54. 文部省特別研究・環境科学  
海洋環境特性と赤潮発生
- HIRAYAMA (K.), MURAI (M.), 1980-1981.- Growth of Gymnodinium sp. (type 65) cultured in the sea waters sampled at the Southern part of Omura Bay during summer season 1980 Ibid. : 163-170.
- IIZUKA (S.), 1980-1981.- Population growth of a Gymnodinium red tide in Omura Bay Ibid : 153-161.
- IIZUKA (S.), 1972.- Gymnodinium Type '65 Red tide in occurring anoxic Environment of Omura Bay.- Bull. Plankton Soc Japan 19 (1) : 22-33.
- IMAI (I.), 1984.- Size distribution and Biomass of Bacteria in Suo-Nada Western Seto Inland Sea. Bull of Nansei Reg. Fisheries Res. Laboratory 17 : 183-196.
- IMAI (I.), ITOH (K.), 1984.- Distribution of Heterotrophic microflagellates in Suo-Nada, Western Seto Inland Sea, in May 1983.- Bull. of Nansei Reg. Fisheries Res. Laboratory (17) : 219-233.
- IMAI (I.), ITOH (K.), ANRAKU (M.), 1984.- Distribution of dormant cells of Chattonella in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea, and Temperature characteristics of germination.- Bull. of plankton Soc. of Japan 31 (1) : 35-42
- ISHIO (S.), KONDO (K.), 1980.- Study on the scarcity of red tide in the eutrophicated waters of ARIAKE Bay - I Dissolution of Phosphate Ion from Bottom Mud by Hydrogen Sulfide. Bull. of Jap. Soc. of Scient. Fisheries 46 (8) : 977-989.
- IWASAKI (H.), SASADA (K.), 1969.- Studies on the red tide Dinoflagellates II. On Heterosigma inlandica appeared in Gokasho Bay, Shima Peninsula. Bull. of Jap. Soc. of Scient. Fisheries 35 (10) : 943-947.

- IWASAKI (H.), 1973.- The Physiological characteristics of Neritic red tide flagellates.- Bull. Plankton Soc. of Japan 19 (2) : 104-114.
- IWASAKI (H.), 1979.- The physiological characteristics of Neritic Red tide flagellates. Copyright 1979.- Elsevier North Holland.- Taylor/Seliger Eds Toxic Dinoflagellates Blooms : 95-100.
- IWASAKI (H.), 1979.- Physiological Ecology of Red Tide Flagellates in : Biochemistry and Physiology of Protozoa. 2nd Ed. vol. 1 chap. 12 : 357-392.
- IWASAKI (H.), 1980.- A List of Laboratory Strains of Red Tide and toxic Flagellates in Japan.- Bull. of Plank Soc. of Japan 27 (1) : 46-51.
- IWASAKI (H.), 1980-1981.- Studies on the environmental characteristics and the physiological requirements of main red tide organism in Ise Bay.- Report : "Fundamental studies on the effects of marine Environment on the out breaks of Red tides" Dr OKAICHI Eds : 55-61.
- IWASAKI (H.), IWASA (K.), 1982.- Studies on the Red tide Flagellates.- VII Prorocentrum micans (Levantinoides type) appeared in Ise Bay, in 1978.- Bull. of the Faculty of Fisheries, Mie University n° 9 : 49-56.
- IWASAKI (H.), IWASA (K.), AMI (K.), YAZIMA (T.), 1982.- Environmental characteristics of Ise Bay and Red tide Blooms.- Bull. of Fac. of Fisheries.- Mie University (9) : 57-67.
- KAWAI (H.), 1980-1981.- Scale dependance of the displacement accumulativity of red tide organisms and the measurement time intervals desirable for different scales.- Report : "fundamental studies on effects of marine Environment on the outbreaks of Red tides.- Dr OKAICHI Eds : 187-195.
- KISHI (M.J.), YAGI (A.), 1983.- Prédiction of monthly mean chlorophyll a concentration in Mikawa Bay using GMDH.- Journal of Oceanographical society of Japan 39 (6) : 289-294.
- KODAMA (M.), FUKUYO (Y.), OGATA (T.), IGARASHI (T.), KAMIYA (H.), MATSUVRA (F.), 1982.- Comparison of Toxicities of Protogonyaulax cells of various sizes.- Bull. of The Jap. Soc. of Scient. Fisheries 48 (4) : 567-571.
- KODAMA (M.) OGATA (T.), TAKAMASHI (Y.), NIWA (T.), MATSUURA (F.), 1982.- Gonyautoxin associated with RNA.- Containing fraction in the toxic Scallop digestive Gland.- J. Biochem. 92 : 105-109.
- KODAMA (M.), NOGUCHI (T.), MARUYAMA (J.), OGATA (T.), HASHIMOTO (K.), 1983.- Release of Tetrodotoxin and Paralytic Shellfish poison from Puffer Liver by RNase.- J. Biochem 93 : 243-247.
- KOGA (F.), 1984.- Influence of salinity on the morphology and growth rate of Chattonella antiqua (Chloromonadophyceae).- Bull of Nansei Reg. Fisheries Res. Laboratory (17) : 197-205.

- KOYAMA (K.), NOGUCHI (T.), UEDA (Y.), HASHIMOTO (K.), 1981.- Occurrence of neosaxitoxin and other Paralytic Shellfish Poisons in Toxic crabs Belonging to the Family Xanthidae.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 47 (7) : 965.
- KOYAMA (K.), NOGUCHI (T.), UZU (A.), HASHIMOTO (K.), 1983.- Resistibility of toxic and non toxic crabs against Paralytic Shellfish Poison and Tetrodotoxin.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 49 (3) : 485-489.
- KOYAMA (K.), NOGUCHI (T.), UZU (A.), HASHIMOTO (K.), 1983.- Individual, local and size dependent variations in toxicity of the Xanthid Crab Zosimus aeneus.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 49 (8) : 1273-1279.
- MARUMO (R.), NAGASAWA (S.), FURUYA (K.), 1980-1981.- Studies on structure of red tide community in Tokyo Bay.- report : "Fundamental studies" Dr. OKAICHI Ed. p. 13-19.
- MATSUOKA (K.), 1980-1981.- Dinoflagellate cysts in surface sediment of Omura Bay West Kyushu, Japan Report "Fundamental studies" Dr OKAICHI, Edf : 197-204.
- MONTANI (S.), OKAICHI (T.), 1982.- Iron in sediments and pore water of the Harima-Nada.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 48 (10) 1473-1479.
- MURAKAMI (Y.), OSHIMA (Y.), YASUMOTO (T.), 1982.- Identification of Okadaic Acid as a toxic component of a marine dinoflagellate Prorocentrum lima.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 48 (1) : 69-72.
- MURAMATSU (T.), 1980-1981.- Naturally occurring factors stimulating the growth of Gymnodinium type '65 in Omura Bay.- Report "Fundamental studies" Dr OKAICHI : 171-178.
- MURATA (M.), SHIMATANI (M.), SUGITANI (H.), OSHIMA (Y.), YASUMOTO (T.), 1982.- Isolation and structural elucidation of the causative toxin of the Diarrhetic Shellfish poisoning. Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries, 48 (4) : 549-522.
- NAKAZIMA (M.), 1965.- Studies on the Source of Shellfish Poison in Lake Hamana. I Relation of the abundance of a species of Dinoflagellata Prorocentrum sp. to shellfish toxicity.- Bull. of Jap. Soc. of Scient. Fish 31 (3) : 198-203.
- NAKAZIMA (M.), 1965.- Studies on the Source of Shellfish Poison in Lake Hamana. II Shellfish toxicity during the "red tide" 31 (3) : 204-207.
- NAKAZIMA (M.), 1965.- Studies on the Source of Shellfish Poison in Lake Hamana. III Poisons effects of Shellfishes feeding on Prorocentrum sp., 31 (4) : 281-284.

- NAKAZIMA (M.), 1968.- Studies on the Source of Shellfish Poison in Lake Hamana. IV Identification and collection of the Noxious Dinoflagellate, 34 (2) : 130-132.
- NOGUCHI (T.), UEDA (Y.), ONDUE (Y.), KONO (M.), KOYAMA (K.), HASHIMOTO (K.), SENO (Y.), MISHIMA (S.), 1980.- Réduction in toxicity of PSP infested Scallops during canning Process.- Bull of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries, 46 (10) : 1273-1277.
- NOGUCHI (T.), UEDA (Y.), ONOUE (Y.), KONO (M.), KOYAMA (K.), HASHIMOTO (K.), TAKEUCHI (T.), SENO (Y.), MISHIMA (S.), 1980.- Reduction in toxicity of highly PSP infested Scallops during canning Process and storage.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 46 (11) : 1339-1344.
- OGATA (T.), KODAMA (M.) FUKUYO (Y.), INOUE (T.) KAMIYA (H.) MATSUURA (F.), SEKIGUCHI (K.) WATANABE (S.), 1982.- The occurrence of Protogonyaulax spp in olunato Bay in association with the toxification of the Scallop Patinopecten yessoensis.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 48 (4) : 563-566.
- OKAICHI (T.), 1974.- Significance of Amino Acid Composition of Phytoplankton and suspensoid in Marine Biological Production.- Bull of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 40 (5) : 471-478.
- OKAICHI (T.), YAGYU (A.), 1969.- The effects of sulfite Pulps Wastes on the growth of marine Phytoplankton. Bull of Plankton Soc of Japan. 16 (2) : 126-132.
- OKAICHI (T.), NISHIO (S.), 1977.- Paralytic Shellfish Poisoning in Eastern Seto Inland Sea.- Bull. of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 43 (10) : 1251.
- OKAICHI (T.), 1969.- Water Bloom due to Marine Eutreptiella sp. in the Seto Inland Sea. Bull. Plankton Soc Japan 16 (2) : 115-121.
- OKAICHI (T.), 1975.- Organic pollution and the outbreaks of Red Tides in Seto Inland Sea. Proceeding of the international Congress on the Human Environment (HESC) Kyoto : 455-460.
- OKAICHI (T.), MONTANI (S.), OCHI (T.), 1980-1981.- Marine environmental studies on the outbreaks of red tide due to Chattonella antiqua (Hada) Ono in the Harima Nada.- Report "Fundamental studies" Dr OKAICHI eds : 93-107.
- OKAICHI (T.), 1983-1984.- Studies ou marine Ecosystem models on outbreaks of red tide in neritic waters.- Researchs related to the UNESCO's Man and the Biosphère Program in Japan : 90-92.
- OKAICHI (T.), 1983.- Red Tides and Fisheries Damages Eisei Kagaki 29.- Proceeding of the 9 th Symp. on Environm. Pollutants and Toxicology October 14-15 1982 Okayama : 1-4.

- OKAICHI (T.), NISHIO (S.), IMATOMI (Y.), 1983.- Mass culture of marine phytoflagellates : an approach to new sources of Biologically active compounds IUPAC Pesticide Chemistry Miyamoto et al Eds Pergamon Press : 141-144.
- ONO (C.), TAKANO (H.), 1980.- Chattonella antiqua (Hada) comb-nov. and its occurrence on the Japanese Coast.- Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab. 102 : 93-100.
- ONO (C.), 1981.- Protogonyaulax catenella (Whedon et Kofoid) Taylor, occurrence on the coast of Kagawa Prefecture.- 香川県高松市屋島東町
- OSHIMA (Y.), SHIMIZU (Y.), MSHIO (S.), OKAICHI (T.), 1978.- Identification of Paralytic Shellfish Toxins in Shellfish from Inland Sea.- Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 44 (4) : 895.
- OSHIMA (Y.), YASUMOTO (T.), KODAMA (M.), OGATA (T.), FUKUYO (Y.), MATSUVRA (F.), 1982.- Features of Paralytic Shellfish Poison occurring in Tohoku District.- Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries, 48 (4) : 525-530.
- OSHIMA (Y.), MACHIDA (M.), SASAKI (K.), TAMAOKI (Y.), YASUMOTO (T.), 1984.- Liquid chromatographic. Fluorometric Analysis of Paralytic Shellfish Toxins.- Agric. Biol. Chem. 48 (7) : 1707-1711.
- OSHIMA (Y.), YASUMOTO (T.), 1985.- Content of Carbamoyl. N. sulfated Saxitoxin Analogues in Protogonyaulax tamarensis and Protogonyaulax catenella from japanese coastal waters.- Bull of Mar. Science Spec. Issue 38 (1) under press.
- OUCHI (A.), 1982.- Prediction of Red tide occurrence by means of multiple Linear regression model. Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 48 (9) : 1245-1250.
- OUCHI (A.), TAKAYAMA (H.), 1981.- A red tide map Study by the principal Component Analysis. Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 47 (10) : 1275-1279.
- OUCHI (A.), KUSUKI (Y.), TAKAYAMA (H.), 1983.- Multiple regression Equations of Diatom Red tides and clustering of observation Sea Area.- Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries, 49 (6) : 867-873.
- OUCHI (A.), 1984.- Prediction of Red Tide Occurrence by means of Discriminant Analysis. Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 50 (10) : 1647-1651.
- OUCHI (A.), 1984.- Forecast system of Red Tide in the Hiroshima Bay. Bull of the Hiroshima Fisheries Experimental Station 14 : 31-38.
- OUCHI (A.), TAKAYAMA (H.), 1984.- Prediction of Gymnodinium type '65 Red tide by Means of Red Tide Map. Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 50 (7) : 1201-1205.
- SAISHO (T.), NOGUCHI (T.), KOYAMA (K.), UZU (A.), KIKUTA (T.) HASHIMOTO (K.), 1983.- Examination of stomach contents a Xanthid Crabs.- Bull. of the Jap. Soc. of Scient. Fisheries 49 (6) : 939-947.

- SINGH (H.T.), OSHIMA (Y.), YASUMOTO (T.), 1982.- Growth and toxicity of Protogonyaulax tamarensis in axenic culture. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 48 (9) : 1341-1343.
- TAKAMASHI (M.), 1980-1981.- Selective nutrient effects on the growth of different red tide algal species in natural water.- Report "Fundamental studies on the effects of marine Environment on the outbreaks of Red tide.- Dr OKAICHI Eds : 223-229.
- TAKAYAMA (H.), 1977.- Culture of Noctiluca scintillans (Macartney).- Bull of plankton Soc Japan 24 (2) : 83-162.
- TAKAYAMA (H.), 1980.- Observations on Chattonella sp. (Hornellia sp.) using scanning Electron Microscope. Bull Plankton soc of Japan 27 (1) : 37-40.
- TAKAYAMA (H.), 1981.- Preparations of Red tide Planktons for scanning Electron Microscopy. Bull of Hiroshima Fisheries Experimental Station (11) : 101-112.
- TAKAYAMA (H.), 1981.- Observations on two species of Gymnodinium with scanning Electron Microscopy. Bull Plankton Soc of Japan. 28 (2) : 121-129.
- TAKAYAMA (H.), 1983.- Studies on Noctiluca scintillans (dinophyceae). I Tentacle and rod organ : their fonctions. Jap. J. Physiol. 31 : 44-50.
- TAKAYAMA (H.), ADACHI (R.), 1984.- Gymnodinium nagasakiense sp nov. a Red tide Forming Dinophyte in the adjacent waters of Japan. Bull Plankton Soc. of Japan 31 (1) : 7-14.
- UEDA (Y.), NOGUCHI (T.), ONOUE (Y.), KOYAMA (K.), KONO (M.), HASHIMOTO (K.), 1982.- Occurence of PSP infested scallops in Ofunato Bay during 1976-1979 and Investigation of Responsible Plankton. Bull of the Japan Soc of Scient. Fisheries 48 (3) : 455-458.
- UENO (S.), IWASAKI (H.), FUJIYAMA (T.), 1977.- Nutrient requirements of the dinoflagellate, Gymnodinium nelsonii Martin (SF type). Bull of Plank Soc. of Japan 24 (2) : 94-98.
- YAMAGUCHI (K.), OGAWA (K.), TAKEDA (N.), HASHIMOTO (K.), OKAICHI (T.), 1981.- Oxygen Equilibria of Hemoglobins of cultured Sea Fishes with Special Reference to Red tide Associated Mass. Mortality of Yellow Tail. Bull of the Jap. Soc of Scientific Fisheries 47 (3) : 403-409.
- YOSHIMATSU (S), 1981.- Sexual Reproduction of Protogonyaulax catenella in culture. 1 Hererothallism. Bull J Plankton Soc of Japan 28 (2) : 131-139.
- YASUMOTO (T.), KOTAKI (Y.), 1977.- Occurence of Saxitoxin in a green Turban Shell. Bull of the Jap. Soc of Scient. Fisheries 43 (2) : 207-211.

- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), YAMAGUCHI (M.), 1978.- Occurrence of a new type of Shellfish poisoning in the Tohoku District. Bull. the Jap. Soc of Scient. Fisheries 44(11) : 1249-1255.
- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), SUGAWARA (W.), FUKUYO (Y.), OGURI (H.), IGARASHI (T.), FUJITA (N.) 1980.- Identification of Dinophysis fortii as the causative organism of Diarrhetic Shellfish Poisoning. Bull of the jap. Soc of Scient. Fisheries 46 (11) : 1405-1411.
- YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), MURAKAMI (Y.), NAKAJIMA (J.), BAGNIS (R.), FUKUYO (Y.), 1980.- Toxicity of Benthic dinoflagellates found in coral Reef. Bull of the Jap. Soc. of Scient Fisheries 46 (3) : 327-331.
- YASUMOTO (T.), FUSIMOTO (K.), OSHIMA (Y.), INOUE (A.), OCHI (T.), ADACHI (R.), FUKUYO (Y.), 1980.- Ecological and distributional studies on a toxic Dinoflagellate Responsible for Ciguatera Rep. to Ministry of Education Grant for overseas scientific survey.
- YASUMOTO (T.), 1984.- Sea food Poisonings in Tropical Regions 74 p. Réf en Japonais. Symp.on Seafood toxins in tropical regions, 26.9.83 Kagoshima University. トヨタ財団研究助成報告書
- YASUMOTO (T.) MURATA (M.), OSHIMA (Y.), MATSUMOTO (G.K.), CLARDY (J.), 1984.- Diarrhetic Shell fish Poisoning in : Seafood toxins American Chemical Society : 207-214.



Centre de Nantes

Rue de l'Île d'Eu, Boite Postale 1049, 44077 NANTES CEDEX  
Tél. (01) 71 49 51 - Télex 711198

STAGE "PHENOMENES D'EAUX COLOREES" au JAPON

DU 5 NOVEMBRE AU 7 DECEMBRE 1984

Responsables et scientifiques rencontrés lors du stage

1 - Responsable du stage et de l'itinéraire :

|                 |  |                       |
|-----------------|--|-----------------------|
| Masateru ANRAKU | Directeur de la Division "Eaux Rouges"<br>Nansei Regional Fisheries Research<br>Laboratory | HIROSHIMA<br>(Onocho) |
|-----------------|--|-----------------------|

2 - Responsables administratifs rencontrés

|                  |  |       |
|------------------|--|-------|
| Christian DELMAS | Attaché Scientifique Ambassade de France | TOKYO |
| Satoshi MITO     | Conseiller Scientifique Fisheries Agency | TOKYO |

3 - Directeurs de Laboratoire, Professeurs

|                   |   |                        |
|-------------------|---|------------------------|
| Tomotoshi OKAICHI | Faculty of Agriculture Kagawa Univ.                     | IKENOBE<br>(TAKAMATSU) |
| Hideo IWASAKI     | Faculty of Fisheries Mie Univ.                          | TSU                    |
| Hajime FUKUSHIMA  | Faculty of Marine Science and Technology<br>Tokai Univ. | SHIMIZU                |
| Takeshi YASUMOTO  | Faculty of Agriculture Tohoku Univ.                     | SENDAI                 |
| Yasuo FUKUYO      | Fac. of Agriculture Tokyo Univ.                         | TOKYO                  |
| Tadao KAMIMURA    | Nansei Reg. Fish. Lab. (Directeur)                      | HIROSHIMA<br>(Onocho)  |
| Reijiro HIRANO    | Fac. Agriculture Tokyo Univ.                            | TOKYO                  |
| Takahisa NEMOTO   | Ocean Research Institute                                | TOKYO                  |

4 - Chercheurs, Assistants

|                               |           |                     |
|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Nansei Fisheries Laboratory : | ITOH      | Zooplanctonologiste |
|                               | IMAI      | Bactériologiste     |
|                               | KOGA      | Zooplanctonologiste |
|                               | MATSUO    | Planctonologiste    |
|                               | YAMAGUCHI | Production primaire |
|                               | AIZAWA    | Prod. primaire      |
|                               | SAKAI     | Benthologue         |
|                               | FUKUHARA  | Chercheur aquacole  |

|  |              |                                      |
|--|--------------|--------------------------------------|
| Hiroshima Prefectural Laboratory                 | : TAKAYAMA   | Taxonomiste                          |
|  | OUCHI        | Modélisation-Prod. primaire          |
| Akashiwo Research Institute                      | : YOSHIMATSU | Planctonologiste                     |
| Kesennuma Prefectural Laboratory                 | : IGARASHI   | Planctonologiste-Hydrologiste        |
| Université de Mie                                | : ADACHI     | Taxonomiste                          |
| Université de Kitasato                           | : KODAMA     | Biochimiste                          |
| Ocean Research Institute                         | : ISHIMARU   | Production primaire<br>Physiologiste |
|  | ISHII        | Modélisation                         |
|  | MIURA        | Benthologue                          |
|  | HOSAKA       | Production primaire                  |
| Far Seas Fisheries Research Laboratory (Shimizu) | : MATSUMURA. |                                      |