

IVème COLLOQUE DE L'A.F.I.E.
"LA GESTION DES SYSTEMES ECOLOGIQUES"

DETERMINISME DES FLORAISONS DE DINOPHYSIS
EN ZONE COTIERE

P. LASSUS*
et F. PRONIEWSKI**

INTRODUCTION

Depuis 1983, des intoxications diarrhéiques observées chez des consommateurs de moules, en Bretagne sud et en Normandie, ont pu être corrélées avec la présence estivale dans les eaux côtières d'un dinoflagellé appartenant au genre *Dinophysis* (ALZIEU *et al.*, 1983 ; LASSUS *et al.*, 1984 ; MARCAILLOU-LE BAUT *et al.*, 1985 a et b ; PAULMIER et JOLY, 1985). Des résultats similaires avaient auparavant été signalés sur les côtes hollandaises par KAT (1982), japonaises par YASUMOTO *et al.* (1980), espagnoles par CAMPOS *et al.* (1982) et norvégiennes par TANGEN (1983). Les espèces incriminées sont diverses : *Dinophysis fortii*, *D. acuminata*, *D. acuta* et *D. norvegica*, avec une composition toxinique variable selon les proportions d'acide okadaïque et de ses dérivés méthylés (KUMAGAI *et al.*, 1986). Récemment l'espèce *D. acuminata* considérée comme responsable de ces intoxications (DSP : Diarrheic Shellfish Poison) sur les côtes françaises a été réexaminée sur le plan de sa diagnose (BALECH, 1986 - com. pers.) et la présence d'au moins deux espèces toxiques a été démontrée : *D. sacculus* en Bretagne sud

et *D. acuminata* sur les côtes normandes. Les maximums saisonniers de ces espèces sont détectés respectivement fin juin et fin juillet, et bien que les premières observations aient été d'abord restreintes aux zones conchylicoles (baies et estuaires) il est apparu rapidement que l'hypothèse d'un transport côtier lié aux courants (LASSUS *et al.*, 1985) n'était pas à exclure. En effet, compte tenu de la diversité géographique et hydrologique des zones où *Dinophysis* est apparu chaque année de 1983 à 1986, le rôle de facteurs de croissance spécifiques pouvant expliquer le développement d'un organisme - par ailleurs normalement représenté dans les populations estivales - a semblé difficile à confirmer. Malgré le petit nombre de travaux traitant de l'écologie (et encore moins de la biologie) de ce groupe particulier de dinoflagellés, quelques études (BROCKMANN *et al.*, 1977 ; DODGE, 1977 ; HOLLIGAN et MADDOCK, 1980 ; KAT, 1985) font référence à des corrélations entre efflorescences de *Dinophysis* et teneurs en phosphates mais surtout avec la stratification des masses d'eaux et la stabilité verticale. Ce concept est valable pour de nombreux autres genres de dinoflagellés (LEFEVRE et GRALL, 1970 ; TYLER et SELIGER, 1978 ; GILLBRICHT, 1982) pour lesquels les phénomènes d'accumulation physique (vents dominants, phototactisme positif, fronts de densité) priment sur les facteurs métaboliques (chélateurs, fer, matière organique, vitamine B 12). Les densités de *Dinophysis* observées en Bretagne (tableau 1) ou en Normandie (à l'exception du port d'Antifer) n'ont jamais excédé des maximums de l'ordre de 10^4 cellules/litre et l'accumulation de toxine dans les coquillages a pu être décelée à des seuils aussi bas que 200 cellules/litre, soit des conditions à l'opposée de ce que l'on appelle les "blooms exceptionnels". Les successions des "contaminations" de zones côtières par *Dinophysis* en Bretagne sud (fig. 1) selon une dérive nord ouest et sur la côte normande selon une dérive sud ouest (LASSUS *et al.*, 1985 ; PAULMIER et JOLY, 1985) permettaient de supposer, en 1983 comme en 1986, que la distribution côtière de ces espèces n'était pas confinée à quelques systèmes semi fermés. Une campagne avec le N.O. Thalassa en juin 1986 a permis de prospecter les 10m superficiels du plateau continental au large de la Bretagne sud. Les analyses phytoplanctoniques - essentiellement des dénombrements de toutes les espèces de *Dinophysis* - ont été comparées aux enregistrements de température et salinité. Une démarche similaire a été réalisée en 1983, 1984 et 1986 en baie de Vilaine, et en 1986 sur le site du port d'Antifer, premier secteur d'apparition de *D. acuminata* sur les côtes normandes.

METHODES

Les prélèvements d'eau pour analyse de phytoplancton ont été réalisés au moyen de bouteilles à renversement, à - 3m, - 5m et - 10m. Les prélèvements répartis en flacon de 150 ml ont été fixés au lugol acétique, puis au formol (2 %) et examinés à x 250 sur microscope inversé, au laboratoire. Les différentes espèces de *Dinophysis* ont été dénombrées, de même que les cellules en division, à partir de sous échantillons de 25 ml en cuve à sédimentation. Les températures ont été enregistrées pour chaque prélèvement par

thermomètres à renversement solidaires des bouteilles, et les salinités ont été mesurées sur salinomètre-conductimètre GUIDLINE. Des enregistrements thermiques par SIPPICAN, ont également été exploités dans cette étude. La densité (D) a été calculée classiquement à partir de la température et de la salinité et exprimée par S tel que :

$$S = (D - 1)/1\ 000.$$

L'indice de stabilité E est tel que

$$E = 10^{-3} \frac{dS}{dZ}$$

avec dS = écart de densité sur la colonne d'eau étudiée et dZ = profondeur étudiée. Dans le cas de la campagne de juin 1986 dZ est constant pour toutes les stations et nous avons simplifié cet indice en E = dS pour l'expression des corrélations.

Années	Eaux colorées à Diatomées	Concentrations maximales de Dinophysis en surface	Stratification	Intoxications diarrhéiques
				Fermeture
1983	<u>Nitzschia</u> et <u>Rhizosolenia</u> du 7 au 10 juin avec $10,5 \times 10^5$ cell./l	19 000 cell./l le 17 juin T° = 15°C S = 31 ‰	Thermique et haline, début juin	3 300 cas ----- 84 établissements conchylicoles fermés
1984	<u>Chaetoceros</u> et <u>Rhizosolenia</u> du 15 juin au 1er juillet avec $1,2 \times 10^6$ cell./l Chlorophylles a entre 10 et 50 mg/m ³	Environ 10 000 cell./l le 1er juillet T° = 19,6°C S = 32 ‰	Thermique et haline le 20 juin Ecart surface et fond : 8°C et 4 ‰	70 cas ----- 84 établissements fermés
1985	<u>Rhizosolenia</u> et <u>Thalassiosira</u> le 21 mai avec des teneurs en chlorophylles a entre 10 et 50 mg/m ³	Environ 3 000 cell./l le 21 mai et le 9 juillet	Haline uniquement Ecart surface et fond : 10 ‰ le 21.05 et 3 ‰ le 9.07	RAS

Tableau 1 : Conditions générales concernant les eaux colorées à diatomées, les manifestations superficielles de Dinophysis et les cas de DSP en Baie de Vilaine pendant trois années consécutives.

Tableau 2 : Moyennes des densités cellulaires (\bar{x}) de *Dinophysis* en fonction de la profondeur, avec n : nombre de mesures, et V% : coefficient de variation S/x. Baie de Vilaine, ensemble des stations, 1985.

Profondeurs	n	\bar{x}	V %
0 m	36	593	117
1 m	109	605	110
3 m	90	1 239	157
5 m	88	1 063	147
10 m	57	435	179
20 m	24	229	105
30 m	15	104	302

RESULTATS

1. Bretagne sud

Du 8 au 20 juin 1986, 32 stations ont été prospectées au large de la Bretagne sud et de fortes densités de *Dinophysis sacculus* (plus de 10^4 cellules/litre) ont été détectés dans le secteur compris entre Noirmoutier et Belle-Ile, au sud de l'estuaire externe de la Loire. Les résultats les plus accusés concernent le niveau - 3 m (fig. 2), ce qui confirme (tab. 2) la distribution moyenne estivale de *Dinophysis* en zone côtière. Comparées aux écarts thermiques mesurés dans la couche des 10 premiers mètres, ces densités maximales se superposent à une zone de forte stratification décelable dès le 18 juin sur les clichés infra-rouge du satellite NOAA 9 sous l'aspect d'une lentille superficielle de 18°C (fig. 3). Différents essais de corrélation entre le log de la densité de *Dinophysis* et respectivement les écarts de température et de densités dans la colonne d'eau (tab. 3) montrent que seuls les coefficients obtenus avec l'écart de densité dS sont positifs et significatifs au seuil de 99 %, de façon croissante en allant vers la surface.

	3 m			5 m			10 m		
	n	COR	P (%)	n	COR	P (%)	n	COR	P (%)
dT	31	0,35	-	32	0,43	98	32	0,53	99
S	27	-0,40	95	31	0,08	-	31	0,57	99
dS	21	0,66	99	21	0,57	99	21	0,56	99

Tableau 3 - Corrélations entre la concentration de *Dinophysis* ($\text{Log } n + 1$) et les écarts de température (dT) de densité (dS) entre 0 et 10 m, et la densité (S) à la profondeur mesurée.

n = nombre de valeurs, P = seuil de probabilité, COR = coefficient de corrélation.

En corrigeant l'écart de densité par la profondeur (indice de stabilité) nous avons tenté de suivre parallèlement en 1983, 1986 les années où les apparitions estivales de *Dinophysis* ont été liées à une contamination DSP des mollusques en baie de Vilaine de mai à septembre. Les stations échantillonnées sont représentées sur la figure 4 et les résultats sur la figure 5 : on observe, par rapport au seuil considéré comme dangereux de 200 cellules/litre de *Dinophysis*, une contamination élevée en juin 1983 et 1986. En ce qui concerne les indices de stabilités, on remarque que les pics saisonniers de mai et juin correspondent le plus souvent au maximum enregistré de *Dinophysis* dans les eaux, mais avec un léger décalage dans le temps pour ces derniers. Ceci s'observe les trois années, mais plus particulièrement aux stations proches de l'influence de la Vilaine, ce qui laisse supposer des processus de stratification internes sous la dépendance d'un mélange réduit des eaux de la rivière avec celles de la baie.

2. Site d'Antifer

Le suivi réalisé en 1986 en une station du port d'Antifer (fig. 6) a été représenté de la même façon (fig. 7) et permet de constater paradoxalement de faibles valeurs de l'indice de stabilité pour des densités importantes (plus de 10^4 cellules/litre) de *Dinophysis*. Cependant, les deux augmentations sensibles de cette espèce, du 12 au 18 juillet et du 28 juillet au 2 août correspondent aux deux pics de l'indice E détectés aux mêmes périodes. La dessalure superficielle (26,9 pour mille) due à la Seine est sensible dans cette zone, mais la stabilité de la masse d'eau n'explique sans doute pas seule les accumulations de *Dinophysis* dont les effectifs varient significativement pour des fréquences journalières de prélèvement.

CONCLUSIONS

Des hypothèses ont été avancées, tant au Pays Bas qu'en France et au Japon, sur le rôle respectif des fronts de densité et du transport par les courants dans les augmentations sensibles d'effectifs du dinoflagellé toxique *Dinophysis* enregistrées certains étés en secteur côtier. Dans le but de vérifier cette situation, une campagne a été mise à profit en juin 1986 pour étudier la distribution du genre précité au large de la Bretagne sud, tandis que les résultats obtenus entre 1983 et 1986 dans des zones semi-fermées comme la baie de Vilaine et le port d'Antifer ont été analysés dans le même sens. Les résultats tendent à mettre en évidence une certaine corrélation entre l'indice de stabilité et les phénomènes de concentration cellulaire en subsurface. La situation hydrologique la plus déterminante serait la stratification de la masse d'eau superficielle lorsque le mélange des eaux marines et d'estuaire est faible, ce qui est vérifié pour la Loire, la Vilaine et probablement la Seine au niveau de la retenue d'eau que représente le port pétrolier d'Antifer. Cependant cet indice n'explique pas seul les accumulations rapides de *Dinophysis* en zone côtière et d'autres facteurs (vents dominants, courants résiduels, insolation) doivent être pris parallèlement en considération.

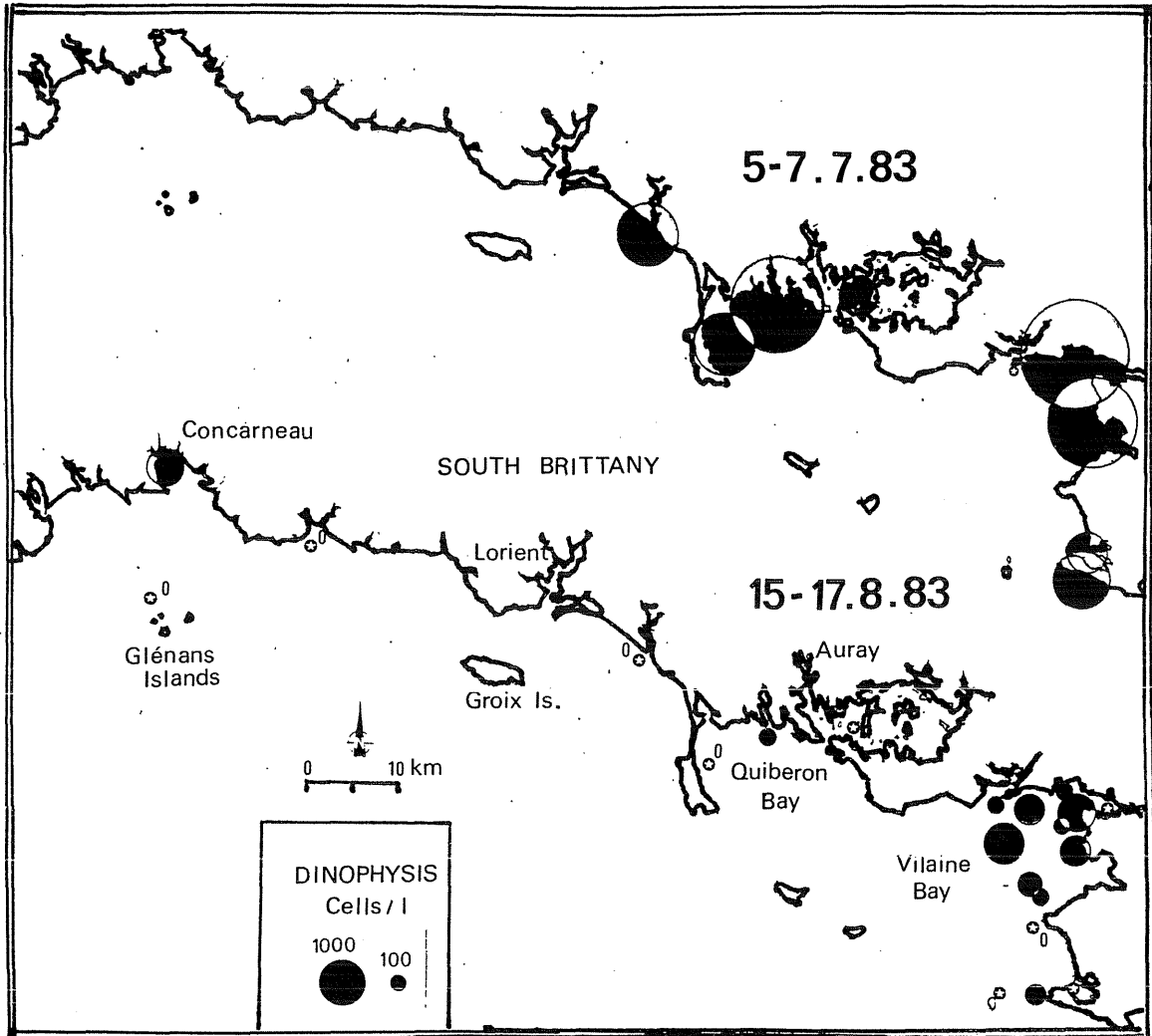


Figure 1 : Distribution de *Dinophysis* en juillet et août 1983 le long de la côte sud bretonne.

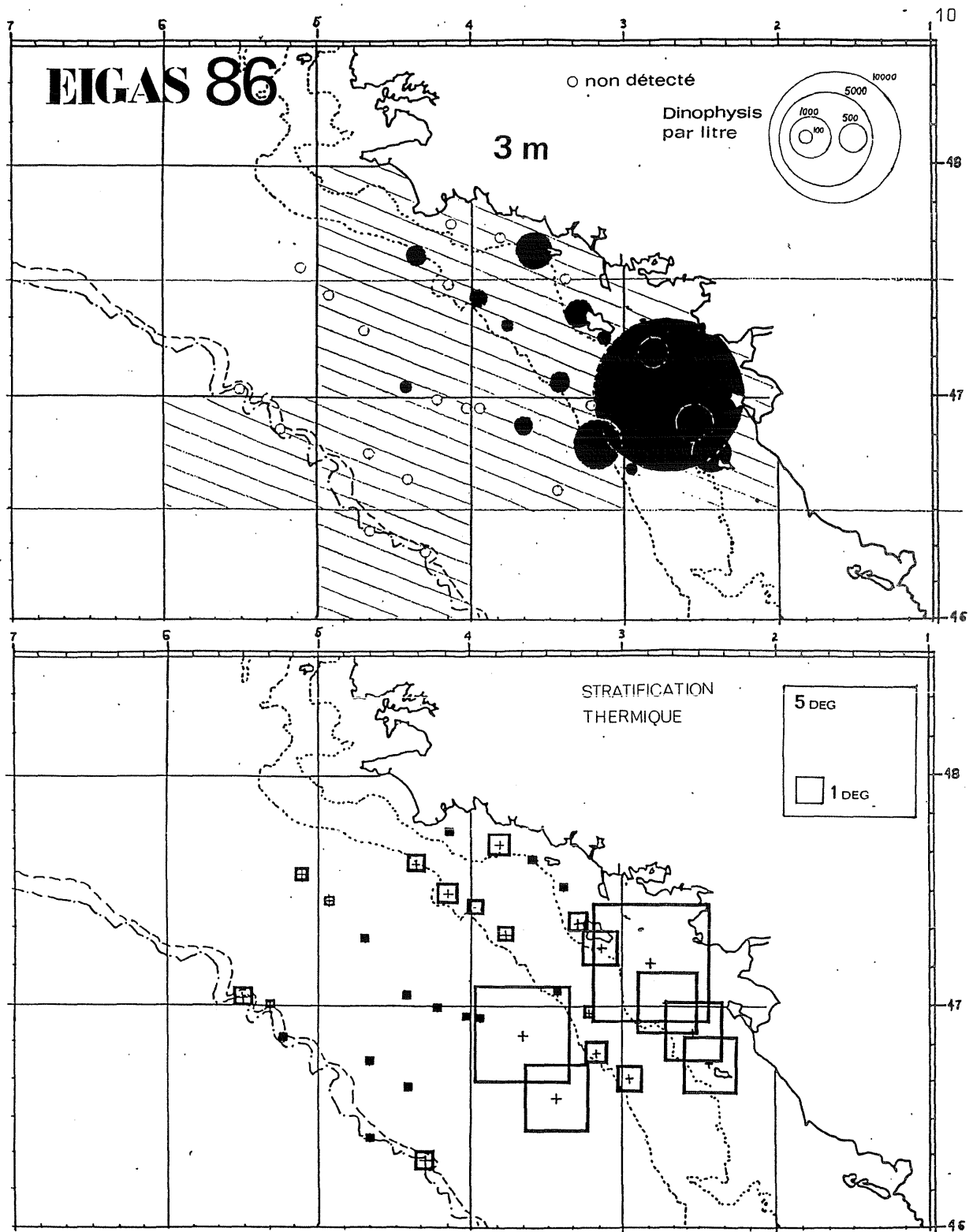


Figure 2 : Densités de *Dinophysis* à -3 m et stratification thermique sur les 10 premiers mètres au large de la Bretagne sud en juin 1986 (campagne EIGAS du N/O Thalassa).

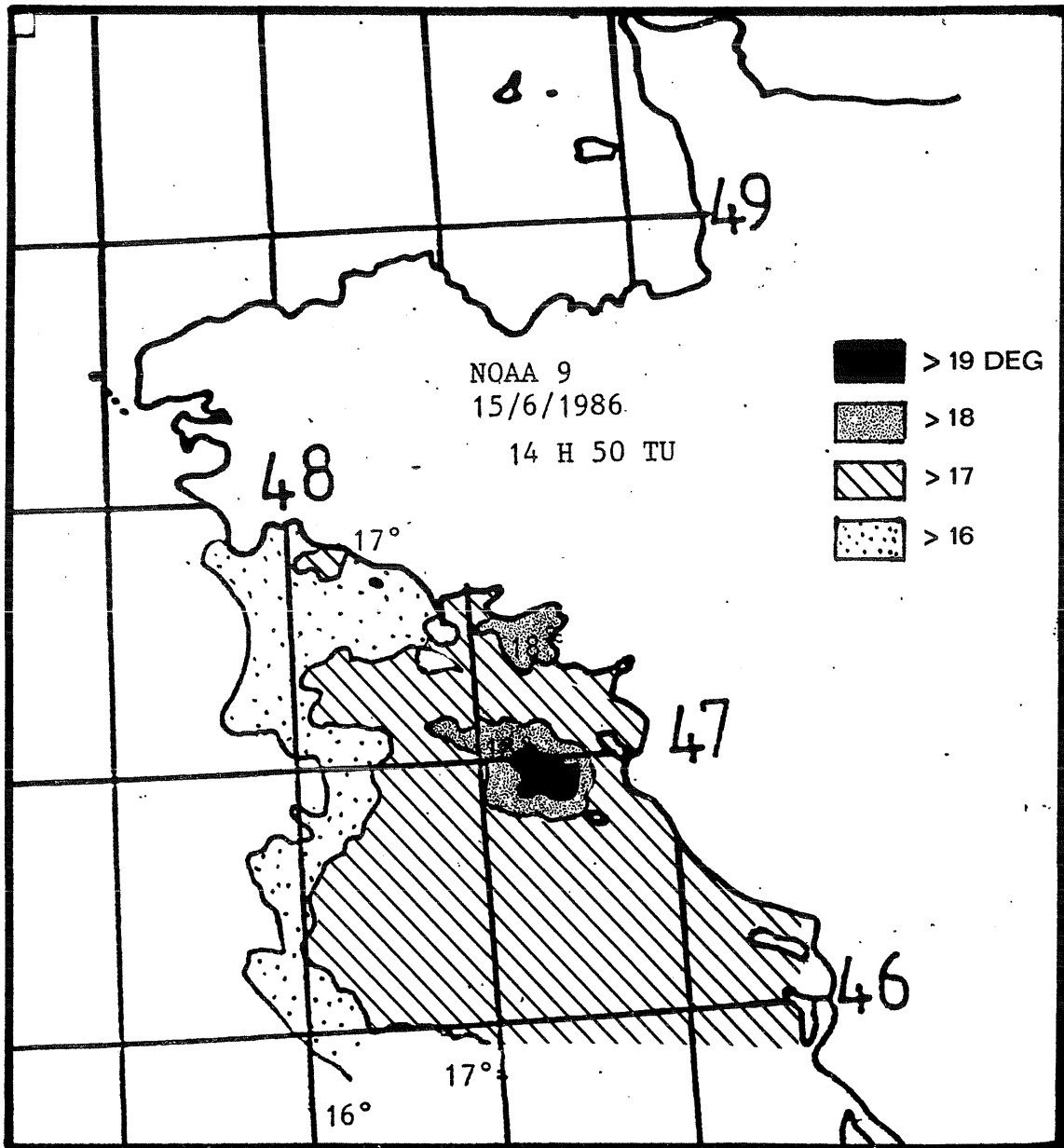


Figure 3 : Températures des eaux superficielles au large de la Bretagne sud le 15 juin 1986. D'après cliché Infra rouge transmis par le Centre de Météorologie spatiale de Lannion.

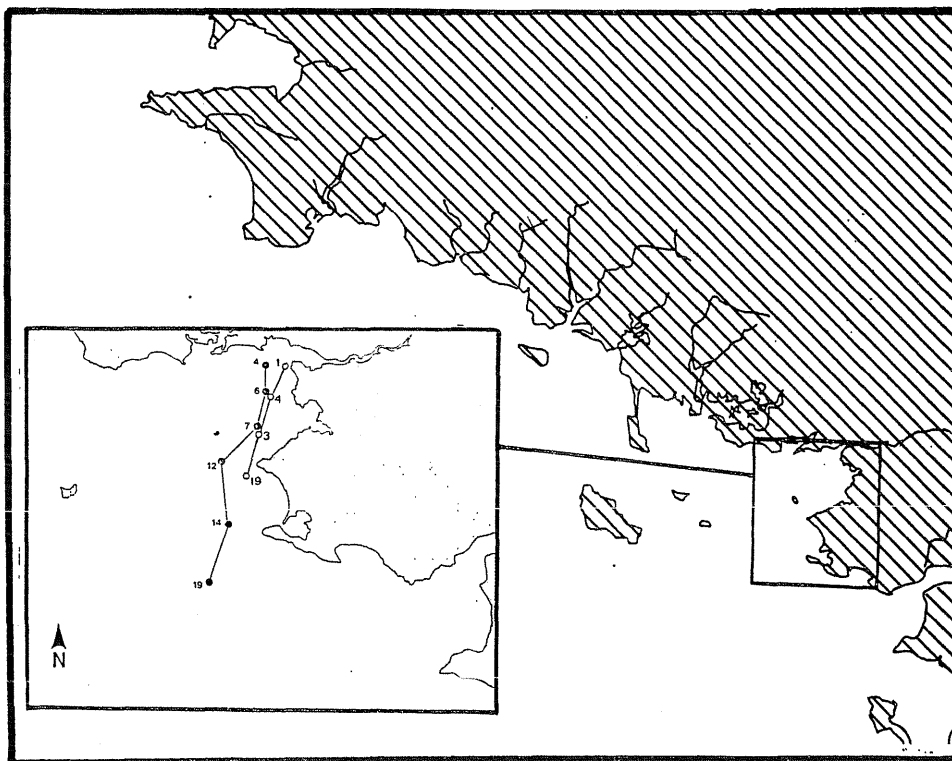


Figure 4 : Situation de la baie de Vilaine et stations échantillonnées en 1983 (cercles ouverts) et 1984-1986 (cercles pleins) pour lesquelles l'indice de stabilité E a été calculé.

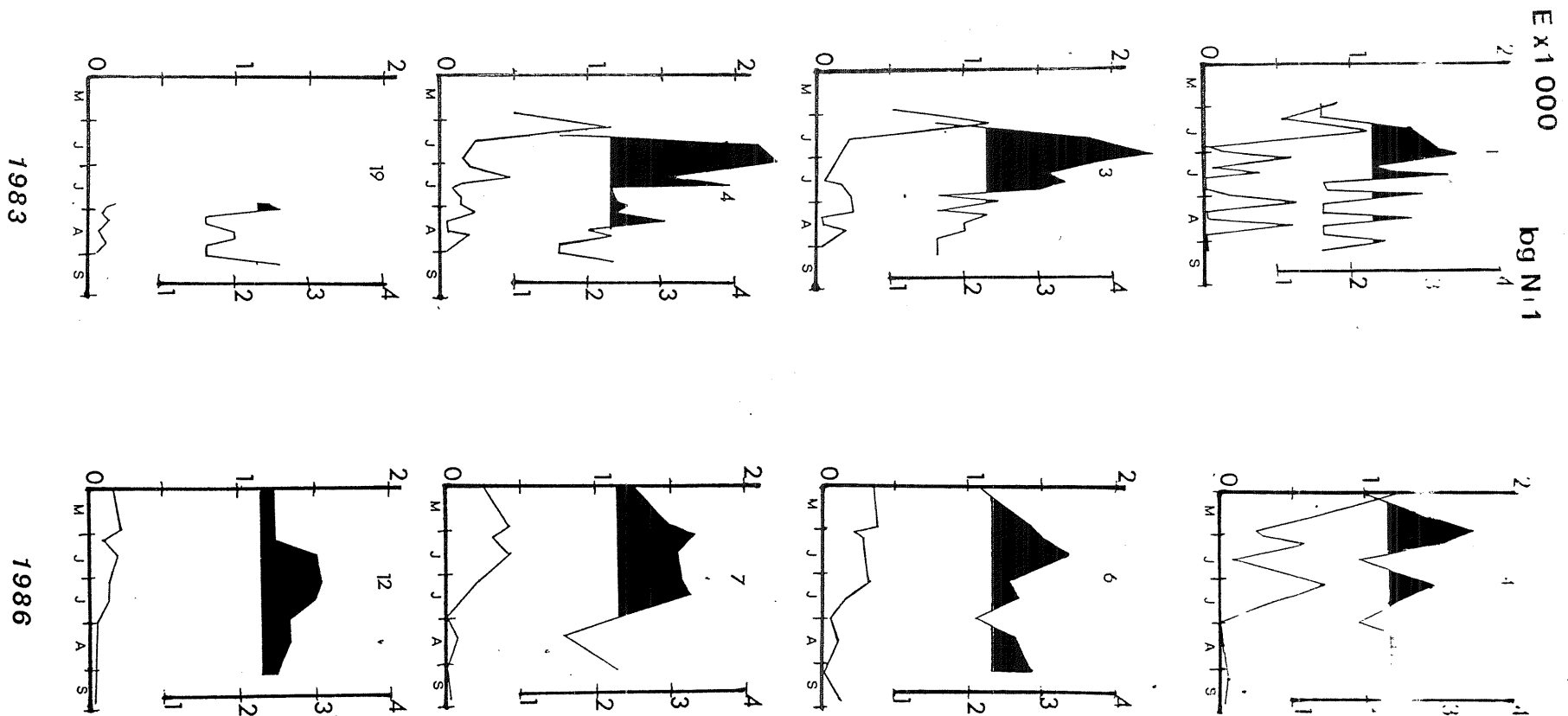


Figure 5 : Evolution du log de la densité en *Dinophysis* et de l'indice de stabilité E en baie de Vilaine en 1983. Les surfaces ombrées correspondent aux densités cellulaires supérieures à 200 cellules/litre.

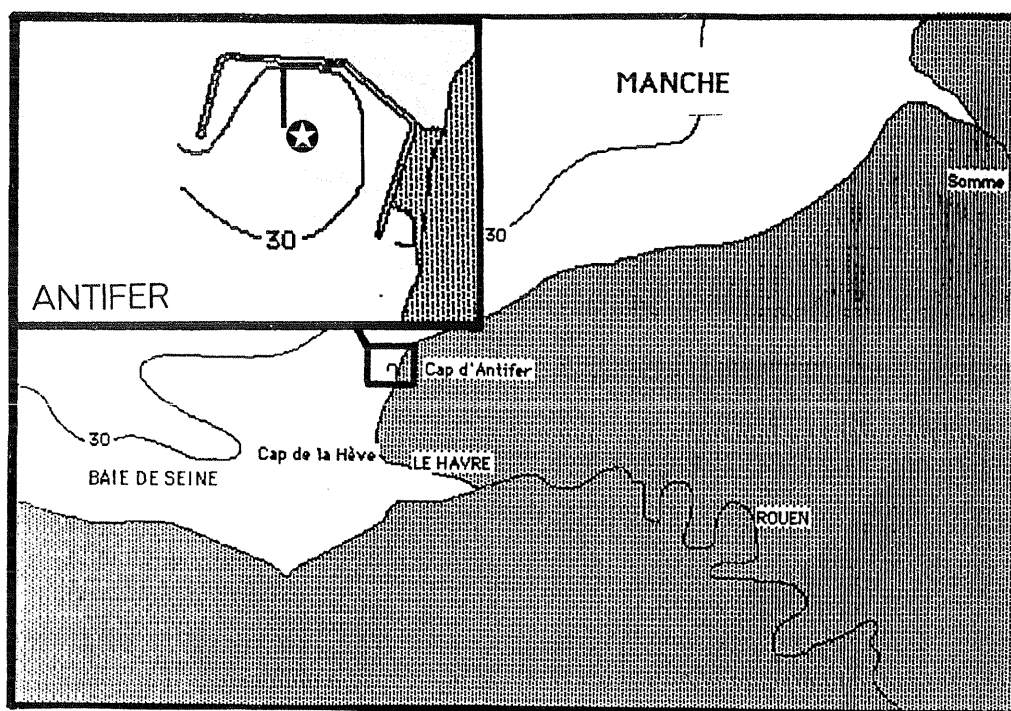


Figure 6 : Situation du port d'Antifer et station échantillonnée en 1986.

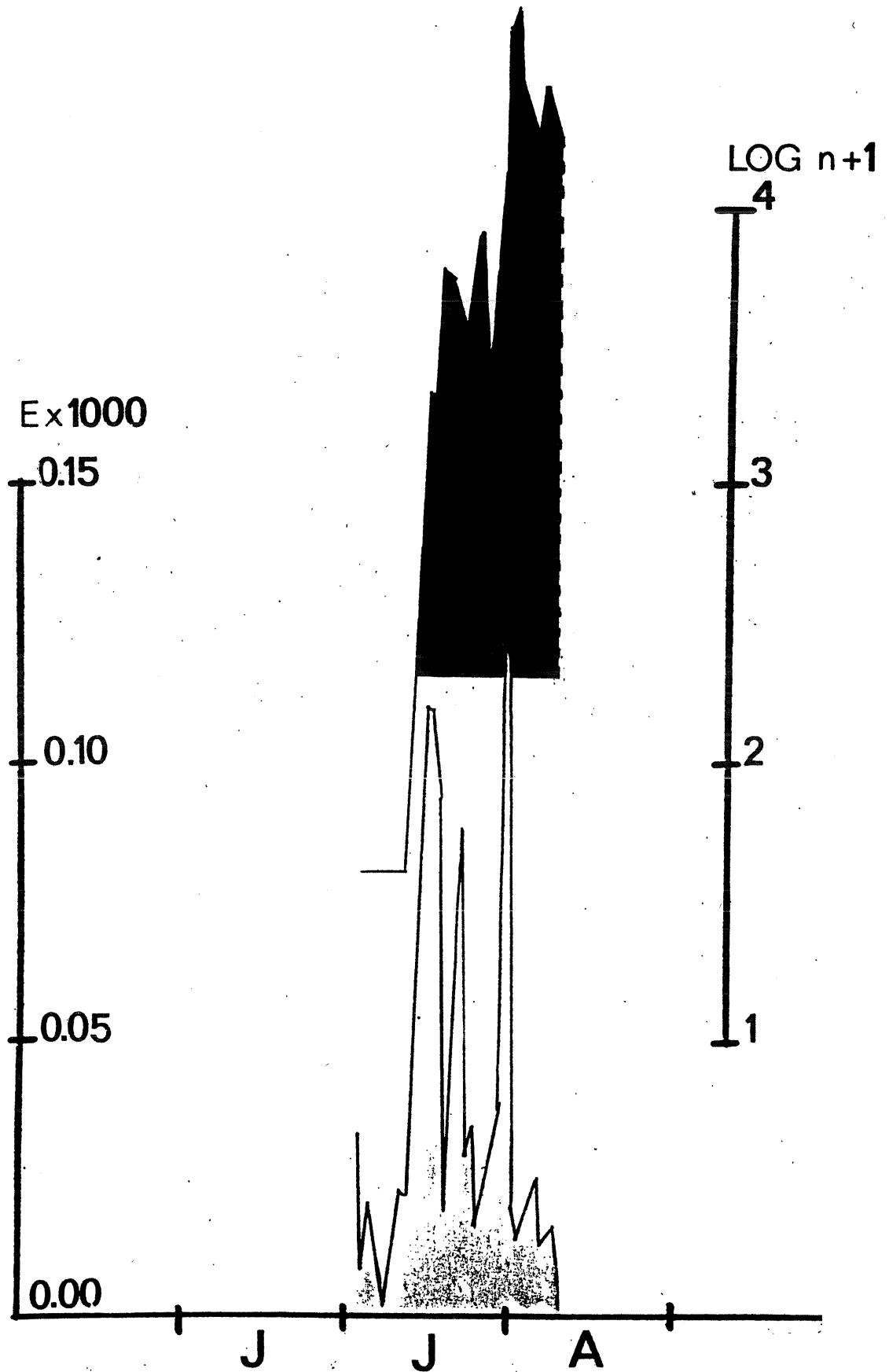


Figure 7 : Indice de stabilité E et densités cellulaires de *Dinophysis acuminata* par litre en juillet et août 1986 dans le port d'Antifer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALZIEU (C.), 1983 - *Contamination des coquillages des côtes bretonnes et normandes par une algue unicellulaire toxique (Dinophysis acuminata)*. Rapport. Techn. ISTPM n° 4.
- BROCKMANN (U.H.), EBERLEIN (K.), HOSUMBEEK (P.), TRAGESER (H.), MAIER-REIMER (E.), SCHOENE (H.K.), JUNGE (H.D.), 1977 - *The development of a natural plankton population in an outdoor tank with nutrient poor sea water*. 1 Phytoplankton succession. Mar. Biol. 43(1) : 1-17.
- CAMPOS (M.J.), FRAGA (S.), MARINO (J.), SANCHEZ (F.J.), 1982 - *Red tide monitoring programme in NW Spain*. Report of 1977-1981 ICES CM 1982/L : 27.
- DODGE (J.D.), 1977 - *The early summer bloom of Dinoflagellates in the North Sea, with special reference to 1971*. Mar. Biol. 40 : 327-336.
- GILLBRICHT (M.), 1982 - *A red tide in the Southern North Sea during Summer/Autumn 1981*. ICES 1982 L/6.
- HOLLIGAN (M.), MADDOCK (L.) et DODGE (J.D.), 1980 - *The distribution of the Dinoflagellates around the british Isles in July 1977 : a multivariate analysis*. J. Mar. Biol. Assoc. UK ' 60(4) : 851-867.
- KAT (M.), SPEUR (J.), OTTE (P.F.), 1982 - *Diarrhetic mussel poisoning in the Netherlands related to the occurrence of Dinophysis acuminata September-October 1981*. ICES CM 1982/E : 24.
- KAT (M.), 1985 - *Dinophysis acuminata blooms, the distinct cause of Dutch mussel poisoning*. Toxic Dinoflagellates - Anderson, White and Baden Eds. Elsevier : 73-77.
- KUMAGAI (M.), YANAGI (T.), MURATA (M.), YASUMOTO (T.), KAT (M.), LASSUS (P.), RODRIGUEZ-VAZQUEZ (J.A.), 1986 - *Okadaic Acid as the Causative Toxin of Diarrhetic Shellfish Poisoning in Europe*. Agric. Biol. Chem. 50(11) : 2843-2857.
- LASSUS (P.), BARDOUIL (M.), TRUQUET (I.), TRUQUET (P.), LE BAUT (C.), PIERRE (M.J.), 1985 - *Dinophysis acuminata distribution and toxicity along the Southern Brittany coast (France) : correlation with hydrological parameters*. Elsevier, Science Publishing Co. Inc. Toxic Dinoflagellates, Anderson, White et Baden Eds. : 159-164.
- LASSUS (P.), MARCAILLOU-LE BAUT (C.), MAGGI (P.), 1984 - *Analyse des conditions ayant provoqué une efflorescence de Dinophysis acuminata en baie de Vilaine (été 1983 - France)* CIEM - Special meeting - CM 1984/C : 4.
- LASSUS (P.), MARTIN (A.G.), MAGGI (P.), BERTHOME (J.P.), LANGLADE (A.), BACHERE (E.), 1985 - *Extension du dinoflagellé Dinophysis acuminata en Bretagne sud et conséquences pour les cultures marines*. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 47(3 et 4) : 122-133.
- LEFEVRE et GRALL, 1970 - *On the relationships of Nocticula swarming off*

the western coast of Brittany with hydrological features and plankton characteristics of the environment. J. Exp. mar. Biol. Ecol. 4 : 287-306.

MARCAILLOU-LE BAUT (C.), LE DEAN (L.), TRUQUET (P.), 1985 a. - *Validité du test-souris pour le contrôle routinier des secteurs mytilicoles contaminés par la toxine du Dinophysis. Cas particulier de la Vilaine.* Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 47S(3-4) : 158-165.

MARCAILLOU-LE BAUT (C.), LUCAS (D.), LE DEAN (L.), 1985 - *Dinophysis acuminata toxin : status of toxicity bioassays in France.* Elsevier Scienc Publishing Co., Inc. Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden, Eds : 485-488.

PAULMIER (G.) et JOLY (J.P.), 1985 - *Manifestations de Dinophysis acuminata sur le littoral normand.* Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 47(3-4) : 149-157

TANGEN (K.), 1983 - *Mussel poisoning and the occurrence of potentially toxic dinoflagellates in Norwegian waters.* ICES CM 1983/L : 3.

TYLER (M.A.) et SELIGER S(H.H.), 1978 - *Annual subsurface transport of a red tide dinoflagellate to its bloom area : water circulation patterns and organism distributions in the Chesapeake Bay.* Limnol. Oceano. 23(2) : 227-246.

YASUMOTO (T.), OSHIMA (Y.), SUGAWARA (W.), FUKUYO (SY.), OGURI (H.), IGARASHI (T.), FUJITA (N.), 1980 - *Identification of Dinophysis fortii as the causative organism of diarrhetic Shellfish poisoning.* Bull. Jap. Soc. Scient. Fisheries 46(11) : 1405-1411.