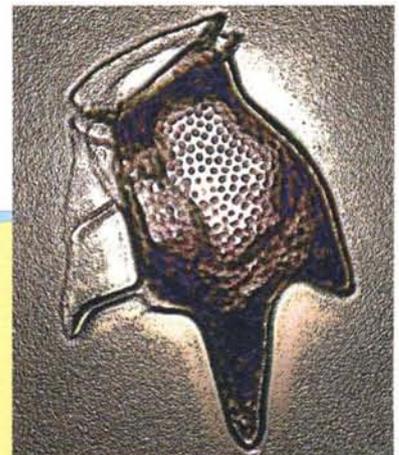
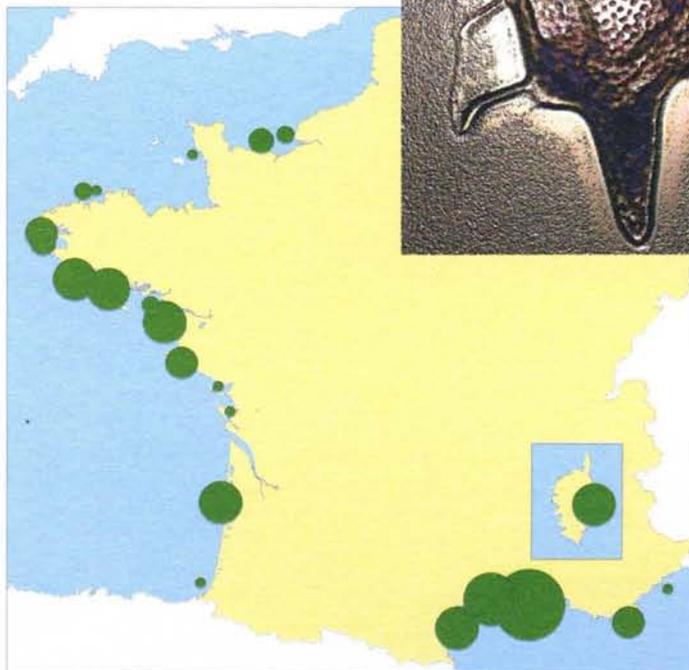


**les espèces phytoplanctoniques toxiques et nuisibles sur le littoral français de 1984 à 1995, résultats du REPHY (réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines)**

tome 1



les espèces phytoplanctoniques toxiques et nuisibles sur le littoral français de 1984 à 1995, résultats du REPHY (réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines)

tome 1

Catherine Belin et Bernard Raffin



## FICHE DOCUMENTAIRE

### Résumé :

Ce document est une synthèse nationale des résultats de la surveillance assurée par le REPHY, le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines. Sont présentés ici tous les résultats relatifs à la présence d'espèces phytoplanctoniques toxiques ou nuisibles sur les côtes françaises métropolitaines, de 1984 à 1995.

Après une description succincte du fonctionnement du REPHY, sont passées en revue les différentes espèces, ainsi que les événements qui leur ont été éventuellement associés : en premier lieu, les espèces toxiques pour les consommateurs, c'est à dire *Dinophysis* spp. et *Alexandrium minutum*, produisant respectivement des toxines diarrhéiques et paralysantes ; ensuite les espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine (poissons, coquillages). Les résultats de la surveillance sont précédés d'un rappel des principales connaissances sur la taxonomie, la répartition, la biologie, l'écologie et la toxicité des espèces concernées.

Une synthèse finale illustre la distribution de l'ensemble de ces épisodes de toxicité sur le littoral français.

### Abstract :

This document presents the results obtained through the French Phytoplankton and Phycotoxins Monitoring Network (REPHY), concerning the presence of toxic and harmful phytoplankton species along the French coast, from 1984 to 1995.

The network REPHY is briefly described. Then the different species, and their associated events, are reviewed : first, species toxic to shellfish consumers, e.g. *Dinophysis* spp. and *Alexandrium minutum*, which respectively produce diarrheic and paralytic toxins ; then, species which are toxic or harmful for marine fauna (fish, shellfish). The monitoring results are preceded by the main knowledge on taxonomy, distribution, biology, ecology and toxicity of the concerned species.

A final synthesis illustrates the distribution of all these toxicity episodes on the French coast.

### Mots-clés :

phytoplancton, phycotoxines, surveillance, espèces toxiques, espèces nuisibles, *Dinophysis*, *Alexandrium*, DSP, PSP, secteurs fermés

### Keywords :

phytoplankton, phycotoxins, monitoring, toxic species, harmful species, *Dinophysis*, *Alexandrium*, DSP, PSP, closed areas

### Commentaire :

Ce document est présenté en deux tomes. Le premier tome comporte le texte, les planches photos, les tableaux de synthèse et les annexes. Le deuxième tome comporte les cartes, les tableaux détaillés et les graphiques.

## Sommaire

Introduction	1
<b>1. La surveillance du phytoplancton et des phycotoxines</b>	<b>2</b>
1.1 REPHY, le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines	3
1.2 Partition du littoral	6
1.3 REPHY, points de prélèvement et paramètres mesurés	8
<b>2. Espèces toxiques pour les consommateurs</b>	<b>14</b>
2.1 <i>Dinophysis</i> spp	15
2.1.1 Taxonomie	17
2.1.2 Répartition - Biologie - Ecologie	18
2.1.3 Toxicité	19
2.1.4 <i>Dinophysis</i> et DSP. Résultats de la surveillance de 1984 à 1995	23
2.2 <i>Alexandrium minutum</i>	32
2.2.1 Taxonomie	34
2.2.2 Répartition - Biologie - Ecologie	34
2.2.3 Toxicité	36
2.2.4 <i>Alexandrium minutum</i> et PSP. Résultats de la surveillance de 1988 à 1995	39
2.3 Cas particulier des épisodes de toxicité atypique	46
2.4 Secteurs fermés	49
2.4.1 Les fermetures pour phycotoxines de 1984 à 1995	51
<b>3. Espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine</b>	<b>55</b>
3.1 <i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i>	57
3.1.1 <i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>	60
3.1.1.1 Taxonomie	60
3.1.1.2 Répartition - Biologie - Ecologie	60
3.1.1.3 Toxicité	62
3.1.1.4 <i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i> . Résultats de la surveillance de 1987 à 1995	64
3.1.2 <i>Gymnodinium</i> sp	69
3.1.3 <i>Gymnodinium chlorophorum</i>	71
3.1.4 <i>Gyrodinium corsicum</i>	73
3.1.5 <i>Gyrodinium spirale</i>	74
3.2 <i>Prorocentrum minimum</i>	75
3.3 <i>Dictyocha</i> sp.	80
3.4 <i>Heterosigma carterae</i>	82
<b>4. Espèces potentiellement toxiques</b>	<b>84</b>
<b>5. Synthèse des épisodes toxiques et nuisibles</b>	<b>87</b>
Remerciements	89
Références citées	90
Autres ouvrages à consulter	95
Correspondance entre cartes, tableaux, graphiques, annexes et planches	100
Annexes	103

Tome 1		Tome 2	
<b>1.</b>	<b>La surveillance du phytoplancton et des phycotoxines</b>		<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>REPHY, le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines</b>		<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Partition du littoral</b>		<b>6</b>
		C1 : sites	2
		C2 à 5 : sites et bassins	3
		T1 : régions, sites et bassins	7
<b>1.3</b>	<b>REPHY, points de prélèvement et paramètres mesurés</b>		<b>8</b>
		C6 à 9 : points de prélèvement	11
		T2 : nombre de points par site	15
<b>2.</b>	<b>Espèces toxiques pour les consommateurs</b>		<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Dinophysis</i> spp.</b>		<b>15</b>
	P1 : photos <i>Dinophysis</i>	16	
<b>2.1.1</b>	<b>Taxonomie</b>		<b>17</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Répartition – Biologie - Ecologie</b>		<b>18</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Toxicité</b>		<b>19</b>
<b>2.1.4</b>	<b><i>Dinophysis</i> et DSP. Résultats de la surveillance de 1984 à 1995</b>		<b>23</b>
	voir A1 : occurrences des différentes espèces	104	
	T5 : <i>Dinophysis</i> , répartition annuelle	24	
	T6 : DSP, répartition annuelle	25	
	voir A2 : données des graphiques 1	106	
		C10 à 12 : <i>Dinophysis</i> , maxima annuels	18
		C13 : <i>Dinophysis</i> , nombre d'occurrences	21
		T3 : données des cartes 10 à 13	22
		T4 : <i>Dinophysis</i> et DSP, maxima mensuels	26
		G1 : relation entre <i>Dinophysis</i> et DSP	43
<b>2.2</b>	<b><i>Alexandrium minutum</i></b>		<b>32</b>
	P2 : photos <i>Alexandrium minutum</i>	33	
<b>2.2.1</b>	<b>Taxonomie</b>		<b>34</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Répartition – Biologie - Ecologie</b>		<b>34</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Toxicité</b>		<b>36</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Alexandrium minutum</i> et PSP. Résultats de la surveillance de 1988 à 1995</b>		<b>39</b>
	voir A3 : occurrences des différentes espèces	116	
	T9 : <i>A. minutum</i> , répartition annuelle	40	
	T10 : PSP, répartition annuelle	41	
	voir A4 : données des graphiques 2	118	
		C14 et 15 : <i>A. minutum</i> , maxima annuels	57
		C16 : <i>A. minutum</i> , nombre d'occurrences	59
		T7 : données des cartes 14 à 16	60
		T8 : <i>A. minutum</i> et PSP, maxima mensuels	64
		G2 : relation entre <i>A. minutum</i> et PSP	75



Tome 1		Tome 2	
<b>2.3</b>	<b>Cas particulier des épisodes de toxicité atypique</b>		<b>46</b>
<b>2.4</b>	<b>Secteurs fermés</b>		<b>49</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Les fermetures pour phycotoxines de 1984 à 1995</b>		<b>51</b>
		C17 à 19 : secteurs fermés annuels	77
		C20 : secteurs fermés, synthèse	80
		T11 : secteurs fermés, description détaillée	81
T12 : synthèse secteurs fermés	52		
G3 : durée cumulée de fermeture	53		
voir A5 : secteurs fermés pour toxicité atypique	119		
<b>3.</b>	<b>Espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine</b>		<b>55</b>
		C21 : mortalités faune marine	99
		T13 : mortalités, description détaillée	100
<b>3.1</b>	<b><i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i></b>		<b>57</b>
P3 : photos <i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i>	58		
voir A6 : occurrences des différentes espèces	122		
<b>3.1.1</b>	<b><i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i></b>		<b>60</b>
<b>3.1.1.1</b>	<b>Taxonomie</b>		<b>60</b>
<b>3.1.1.2</b>	<b>Répartition – Biologie - Ecologie</b>		<b>60</b>
<b>3.1.1.3</b>	<b>Toxicité</b>		<b>62</b>
<b>3.1.1.4</b>	<b><i>Gymnodinium</i> cf. <i>nagasakiense</i>. Résultats de la surveillance de 1987 à 1995</b>		<b>64</b>
		C22 à 24 : maxima annuels	107
		C25 : nombre d'occurrences	110
		T14 : données des cartes 22 à 25	111
T15 : répartition annuelle	65		
<b>3.1.2</b>	<b><i>Gymnodinium</i> sp.</b>		<b>69</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Gymnodinium chlorophorum</i></b>		<b>71</b>
		C26 : maximum 1985-1995	115
		T16 : données de la carte 26	116
<b>3.1.4</b>	<b><i>Gyrodinium corsicum</i></b>		<b>73</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Gyrodinium spirale</i></b>		<b>74</b>
		C27 : maximum 1987-1995	118
		T17 : données de la carte 27	119
<b>3.2</b>	<b><i>Prorocentrum minimum</i></b>		<b>75</b>
voir A7 : occurrences des différentes espèces	124		
P4 : photos <i>P. minimum</i> , <i>Dictyocha</i> , <i>H. carterae</i>	76		
		C28 : maximum 1987-1995	123
		T18 : données de la carte 28	124

Tome 1		Tome 2	
<b>3.3</b>	<b><i>Dictyocha</i> sp.</b>		<b>80</b>
	voir P4 : photos <i>Dictyocha</i> sp.	76	
			C29 : maximum 1987-1995 128 T19 : données de la carte 29 129
<b>3.4</b>	<b><i>Heterosigma carterae</i></b>		<b>82</b>
	voir P 4 : photos <i>Heterosigma carterae</i>	76	
			C30 : maximum 1994-1995 134 T20 : données de la carte 30 135
<b>4.</b>	<b>Espèces potentiellement toxiques</b>		<b>84</b>
<b>5.</b>	<b>Synthèse des épisodes toxiques et nuisibles</b>		<b>87</b>
			C31 à 34 : épisodes DSP, PSP, mortalités 137 T21 : données des cartes 31 à 34 141
	<b>Remerciements</b>		<b>89</b>
	<b>Références citées</b>		<b>90</b>
	<b>Autres ouvrages à consulter</b>		<b>95</b>
	<b>Correspondance entre cartes, tableaux, graphiques, annexes et planches</b>		<b>100</b>
	<b>Annexes</b>		<b>103</b>
	A1 : <i>Dinophysis</i> , occurrences des différentes espèces	104	
	A2 : données des graphiques 1 (DSP en fonction de <i>Dinophysis</i> )	106	
	A3 : <i>Alexandrium</i> , occurrences des différentes espèces	116	
	A4 : données des graphiques 2 (PSP en fonction d' <i>A. minutum</i> )	118	
	A5 : secteurs fermés toxicité atypique	119	
	A6 : <i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i> , occurrences des différentes espèces	122	
	A1 : <i>Prorocentrum</i> , occurrences des différentes espèces	124	

<b>C = carte</b> <b>T = tableau</b> <b>G = graphique</b> <b>A = annexe</b> <b>P = planche</b>
---

voir également correspondance entre cartes, tableaux, graphiques, annexes et planches p. 100

## Introduction

Cet ouvrage est une synthèse nationale des résultats de la surveillance assurée par le REPHY, le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines qui a été mis en place par l'Ifremer en 1984. Une grande partie de ces résultats a déjà été présentée dans des rapports, documents ou publications scientifiques, nationaux ou régionaux. Il est apparu important d'en faire une synthèse globale, sous une forme accessible à un large public : le support cartographique est ici largement utilisé.

Sont présentés ici tous les résultats relatifs à la présence d'espèces phytoplanctoniques toxiques ou nuisibles de 1984 à 1995, ainsi que les événements qui leur ont été éventuellement associés, avec des conséquences sur la consommation des coquillages ou sur la survie des animaux marins. Ces résultats sont précédés d'un rappel des principales connaissances sur la taxonomie, la répartition, la biologie, l'écologie et la toxicité des espèces concernées. Les autres perturbations, telles que les proliférations massives et les eaux colorées, ne sont pas prises en compte, sauf si elles ont présenté un caractère toxique ou nuisible. La mise à jour de cet ouvrage sera réalisée en 1999, pour les années 1996 à 1998.

Tous les résultats présentés proviennent de données agrégées sur deux ou plusieurs points de prélèvement, le niveau minimum d'agrégation étant le bassin hydrologique, défini au chapitre 1.2. N'apparaissent pas ici les résultats ponctuels, c'est-à-dire correspondant à un point de prélèvement unique.

L'acquisition des matériels informatiques utilisés pour le traitement des données et pour la cartographie, a bénéficié d'un soutien financier de la part du Programme National d'Océanographie Côtière, atelier « Séries à Long Terme » (PNOC/SLT). Les données extraites de la base de données QUADRIGE<sup>1</sup> (1996) ont été traitées avec Excel<sup>®</sup> et Access<sup>®</sup>. La cartographie a été réalisée sous ArcInfo<sup>®</sup> et travaillée avec CorelDraw<sup>®</sup>. Cette synthèse est mise à disposition sur le site WEB Surveillance de l'Ifremer : <http://www.ifremer.fr/delao/surveillance/>

<sup>1</sup> base des données de la surveillance littorale de l'Ifremer

# 1. La surveillance du phytoplancton et des phycotoxines

Le **phytoplancton** est constitué par l'ensemble des organismes végétaux qui sont en suspension dans les eaux. Les espèces phytoplanctoniques sont en général unicellulaires, et le plus souvent autotrophes, c'est à dire qu'elles peuvent synthétiser leur propre substance organique à partir d'éléments minéraux, par le mécanisme de la photosynthèse. En servant de nourriture aux organismes animaux qui ne peuvent effectuer cette synthèse, le phytoplancton est un élément fondamental de la chaîne alimentaire. Le nombre d'espèces différentes à l'échelle mondiale est évalué à environ 3400 à 4000 (SOURNIA, 1995).

Des proliférations importantes de certaines espèces se produisent régulièrement, notamment au printemps, formant parfois des « **eaux colorées** », de la couleur des pigments des cellules phytoplanctoniques. Ces **efflorescences** ou « **blooms** » sont des phénomènes naturels, mais ils sont parfois amplifiés par un enrichissement important du milieu, principalement dû aux apports en nutriments par les fleuves et les eaux de ruissellement. Les espèces en cause sont dans la plupart des cas inoffensives, mais ces phénomènes ont parfois des conséquences néfastes : en effet, la diminution brutale de l'oxygène disponible, créée par la décomposition du phytoplancton mort près du fond, peut conduire à l'anoxie du milieu et donc à des mortalités d'animaux marins.

Parmi les nombreuses espèces constituant le phytoplancton, **quelques unes produisent des toxines** que l'on appelle **phycotoxines**. Le nombre d'espèces toxiques existant au niveau mondial a été estimé à environ 70, c'est à dire 2% du nombre total. Elles appartiennent majoritairement à la classe des Dinophycées (SOURNIA, 1995). On peut distinguer deux types de phycotoxines, selon leur cible :

- certaines phycotoxines sont libérées dans l'eau et sont donc **directement toxiques pour les espèces marines**, végétales ou animales,
- d'autres phycotoxines s'accumulent dans les organismes qui se nourrissent de phytoplancton (coquillages, certains poissons...) : ces derniers n'en sont pas affectés, mais deviennent toxiques et **ne doivent plus être consommés**.

## 1.1. REPHY, le Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines

Le REPHY a été créé par l'Ifremer pour observer les espèces phytoplanctoniques présentes dans le milieu marin côtier de la France métropolitaine, et suivre les épisodes de toxicité. Il a été mis en place en 1984, à la suite d'importants développements sur le littoral, de certaines espèces de *Dinophysis*. Ces dernières produisent des toxines s'accumulant dans les coquillages, à l'origine de nombreuses intoxications de type diarrhéique chez les consommateurs, en 1983 et 1984 sur les côtes bretonnes.

Le REPHY est un réseau national d'observation et de surveillance dont les objectifs sont :

- la connaissance de la **distribution spatio-temporelle des différentes espèces phytoplanctoniques** des eaux côtières et lagunaires, et le recensement des événements tels que les eaux colorées, les efflorescences exceptionnelles, et les développements de toutes espèces toxiques ou nuisibles susceptibles d'affecter la faune marine,
- la **protection des consommateurs**, assurée par la détection des espèces phytoplanctoniques productrices de toxines, et la recherche de ces toxines dans les coquillages.

Le REPHY possède donc un double aspect **patrimonial** et **réglementaire**, puisque la constitution de séries temporelles de données sur les populations phytoplanctoniques des différentes façades maritimes (aspect patrimonial), permet également la détection des espèces phytoplanctoniques particulières que sont les espèces toxiques et nuisibles. Le suivi de ces épisodes de toxicité détermine la prise de décisions administratives ; cet aspect réglementaire est désormais étroitement lié à des obligations communautaires (directives européennes).

La surveillance assurée par le REPHY est limitée au **territoire français métropolitain**. La structure opérationnelle du REPHY repose sur les **douze laboratoires côtiers de la DEL<sup>2</sup>**, répartis sur les côtes de la mer du Nord, de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée, qui assurent les prélèvements, les observations et analyses, la saisie des données, la valorisation et la diffusion des résultats au niveau régional. La cohérence de l'ensemble est maintenue par une coordination nationale, également chargée de la valorisation et de la diffusion des résultats aux niveaux national et international.

Des prélèvements d'eau sont effectués régulièrement toute l'année sur l'ensemble du littoral. Quand une espèce toxique est observée, la surveillance est renforcée (voir chapitre 1.3.) et les coquillages du secteur concerné sont soumis à des analyses visant à évaluer leur toxicité. Les résultats sont transmis à l'Administration qui prend en cas de besoin les décisions adéquates : **arrêtés préfectoraux pour interdire la vente et le ramassage des coquillages** devenus impropres à la consommation, information des conchyliculteurs et pêcheurs professionnels concernés, information du public par différentes voies (médias, affichage sur les plages et en mairie, etc).

Les résultats acquis dans le cadre du REPHY sont stockés dans la base de données QUADRIGE, mise en service en 1996, qui contient également les données :

- des deux autres réseaux de surveillance de la DEL, le RNO<sup>3</sup> et le REMI<sup>4</sup>,
- du programme de surveillance IGA<sup>5</sup>,
- et de quelques réseaux régionaux.

<sup>2</sup> Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, de l'Ifremer

<sup>3</sup> Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin

<sup>4</sup> Réseau de Contrôle Microbiologique

<sup>5</sup> Impact des Grands Aménagements (centrales nucléaires implantées sur le littoral)

Les données du REPHY antérieures à 1996, qui avaient été saisies depuis 1987 dans l'ancienne base de données IDS II, commune au REPHY et au REMI, ont été transférées dans QUADRIGE. Tous les résultats présentés ici sont donc directement issus de QUADRIGE. Les résultats relatifs aux années antérieures à 1987 proviennent de BERTHOMÉ & LASSUS (1985a et 1985b) ; BERTHOMÉ & BELIN (1988) ; BELIN & BERTHOMÉ (1988).

Les séries temporelles du REPHY sont utilisées et valorisées dans le cadre de l'atelier de travail « Séries à Long Terme » du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC / SLT). Les données du REPHY ont également fait l'objet de rapports internes et de publications (voir « Références citées » et « Autres ouvrages à consulter »).

## 1.2. Partition du littoral

---

Tome 1

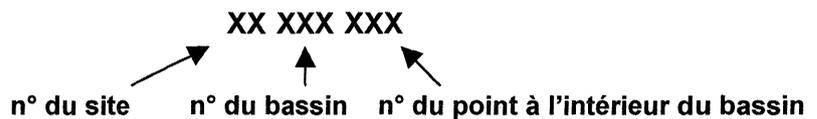
Tome 2

- La carte 1 représente l'ensemble des sites du littoral français
  - Les cartes 2 à 5 représentent les sites et bassins par façade
  - Le tableau 1 décrit les correspondances entre régions administratives, sites et bassins
- 

Le premier découpage du littoral réalisé pour les données du REPHY fut effectué lors de la mise en service de la première base de données en 1987, afin de permettre une codification des points de prélèvement, et faciliter ainsi le traitement des résultats. Ce découpage en « **bassins hydrologiques** », décrit dans BELIN (1990), fut également utilisé pour les résultats du REMI, stockés à partir de 1989 dans la même base de données. Un découpage similaire, mais non identique, avait été réalisé en 1978 pour le RNO.

Un **découpage commun** au REPHY et au REMI d'une part, et au RNO d'autre part, s'est avéré nécessaire lors de la réalisation d'un ouvrage de synthèse des résultats de ces trois réseaux (JOANNY *et al.*, 1993). Un découpage en « **sites** » fut alors retenu, la plupart des sites étant des regroupements de bassins, correspondant généralement au découpage utilisé pour le RNO. Après quelques ajustements de limites entre les sites et les bassins, **les deux niveaux de découpage ont été conservés** pour la codification de tous les points de prélèvement décrits dans QUADRIGE.

Le littoral français métropolitain est donc découpé en **43 sites contigus**, eux mêmes subdivisés en **bassins (119 au total)**. Chaque point de prélèvement décrit dans QUADRIGE, **est rattaché à un bassin, donc automatiquement à un site**, et son code se présente sous la forme :



**Cette partition du littoral est utilisée pour le traitement des données** (synthèse des résultats par bassin ou par site, dont de nombreux exemples sont donnés dans ce document), mais également **pour la description des événements** liés à des développements exceptionnels de phytoplancton (eaux colorées, développements d'espèces toxiques, fermetures de secteurs). Ce référentiel permet ainsi de suivre l'emprise spatiale des événements, d'une année à l'autre.

### 1.3. REPHY, points de prélèvement et paramètres mesurés

Tome 1

Tome 2

- Les cartes 6 à 9 représentent les points de prélèvement en fonction des différents critères :
  - 6 points eau régulier
  - 7 tous points eau (réguliers et épisodiques)
  - 8 tous points coquillages
  - 9 vision synoptique de l'abondance des points REPHY, par site
  
- Le tableau 2 détaille le nombre de points de prélèvement par site

Pour répondre à ses objectifs, REPHY assure une surveillance des deux compartiments **eau et coquillages** :

- **prélèvements d'eau** pour l'observation des espèces phytoplanctoniques, permettant la détection des espèces toxiques et nuisibles,
- **prélèvements de coquillages** pour le suivi des toxines dans les produits consommables.

En ce qui concerne la protection des consommateurs, **la stratégie du REPHY est fondamentalement basée sur la détection des espèces toxiques dans l'eau**, ce qui permet l'économie d'une évaluation permanente et *a priori* de la toxicité dans les coquillages, qui serait très contraignante, très coûteuse et probablement moins efficace. C'est donc l'apparition d'une espèce toxique dans l'eau qui détermine le déclenchement de tests de toxicité sur les coquillages.



La **fréquence de prélèvement** est d'une fois par quinzaine en période normale (prélèvements d'eau seulement), et d'une fois par semaine dans les zones à risque et en période de risque (prélèvements d'eau et de coquillages). Les **zones à risque** sont les zones qui ont déjà été touchées par des épisodes toxiques ; la **période de risque** est variable selon les régions, mais elle se situe généralement au printemps et en été.

Les **observations phytoplanctoniques** sont effectuées au microscope inversé selon la méthode d'UTERMÖHL (1958), après décantation des échantillons d'eau sur une cuve. L'identification des espèces se fait sur des échantillons vivants et/ou fixés au lugol, la quantification se fait sur les échantillons fixés. Les résultats sont donnés en concentration, c'est à dire en nombre de cellules par litre d'eau. La cuve étant généralement de 10 ml, le seuil de détection est de 100 cellules par litre (une cellule dans la cuve) pour les échantillons n'ayant pas subi de réduction de volume (pré-concentration).

Les tests utilisés pour le suivi des toxines dans les coquillages sont des **tests biologiques**, sur souris (BELIN *et al.*, 1996). Les tests de toxicité DSP sont décrits en chapitre 2.1.3. et les tests PSP en chapitre 2.2.3.



Les points de prélèvement du REPHY sont répartis sur l'ensemble du littoral et peuvent être décrits selon plusieurs critères :

• **le compartiment échantillonné :**

- \* eau seule,
- \* eau et coquillages,
- \* coquillages seuls.

• **la régularité de l'échantillonnage :**

- \* échantillonnage **régulier** : concerne seulement les points eau échantillonnés toute l'année (points « **eau régulier** »),
- \* échantillonnage **épisodique** : concerne les points eau échantillonnés seulement si la présence d'espèces toxiques est détectée sur les points réguliers (points « **eau épisodique** »), et tous les points « **coquillages** », dont l'échantillonnage est par définition épisodique, puisqu'il n'est effectué que pendant la durée de présence des toxines dans les coquillages.

• **le type d'observations effectuées sur les échantillons d'eau :**

- \* **Flore Totale**, c'est à dire l'identification et le dénombrement systématique de **toutes les espèces** phytoplanctoniques pouvant être identifiées dans les conditions d'observation. Une flore totale fait obligatoirement l'objet d'un échantillonnage **régulier**, puisqu'elle a pour but l'acquisition de séries de données temporelles sur les espèces phytoplanctoniques,
- \* **Flore Partielle**, c'est-à-dire l'identification et le dénombrement des **seules espèces toxiques, nuisibles et douteuses**. L'échantillonnage pour une flore partielle peut être **régulier** ou **épisodique**, selon la stratégie définie pour le point : acquisition de séries temporelles sur les espèces toxiques, ou simple suivi des espèces toxiques quand elles sont présentes.

Les flores totales et partielles sont systématiquement accompagnées de la mesure des paramètres physico-chimiques : **température, salinité et turbidité**. La flore totale est en outre accompagnée des mesures de **chlorophylle a et phéopigments**.

La combinaison des deux premiers critères permet de classer les points REPHY en **trois catégories** :

	<b>eau</b>	<b>coquillages</b>
échantillonnage <b>Régulier</b>	points « <b>eau régulier</b> »	<i>sans objet</i>
échantillonnage <b>Episodique</b>	points « <b>eau épisodique</b> »	points « <b>coquillages</b> »

Ces trois catégories se déclinent dans la base QUADRIGE en **sept stratégies différentes**, selon que les points « eau » sont ou non des points « coquillages », et selon le type d'observations effectuées sur les points « eau » (Flore Totale ou Flore Partielle). Ces sept stratégies sont décrites ci-dessous :

	<b>eau seule</b>		<b>eau et coquillages</b>		<b>coquillages seuls</b>
	Flore Totale	Flore Partielle	Flore Totale et Toxicité	Flore Partielle et Toxicité	Toxicité
échantillonnage <b>Régulier</b>	<b>FT</b>	<b>FPR</b>	<b>FT + T</b>	<b>FPR + T</b>	
échantillonnage <b>Episodique</b>		<b>FPE</b>		<b>FPE + T</b>	<b>T</b>

**FT** = Flore Totale

**FPR** = Flore Partielle Régulière

**FPE** = Flore Partielle Episodique

**T** = Toxicité

## REPHY :

**133 points eau et 140 points coquillages**

dont 76 sont des points communs eau et coquillages, ce qui fait un total de

**197 points de prélèvements distincts**

62 de ces points sont échantillonnés régulièrement, toute l'année

(état au 1<sup>er</sup> janvier 1998)

### Points échantillonnés régulièrement en eau (carte 6)

- 29 points *Flore Totale*
- 33 points *Flore Partielle Régulière*

	eau		eau et coquillages		coquillages
	Flore Totale	Flore Partielle	Flore Totale et Toxicité	Flore Partielle et Toxicité	Toxicité
Régulier	<b>FT</b> 17 points	<b>FPR</b> 17 points	<b>FT + T</b> 12 points	<b>FPR + T</b> 16 points	
Episodique		<b>FPE</b>		<b>FPE + T</b>	<b>T</b>

tous ces points sont également représentés dans la carte « tous points eau »

les points « +T » apparaissent également dans la carte « tous points coquillages »

### Tous points de prélèvement échantillonnés en eau (carte 7)

- 29 points *Flore Totale*
- 33 points *Flore Partielle Régulière*
- 71 points *Flore Partielle Episodique*

	eau		eau et coquillages		coquillages
	Flore Totale	Flore Partielle	Flore Totale et Toxicité	Flore Partielle et Toxicité	Toxicité
Régulier	<b>FT</b> 17 points	<b>FPR</b> 17 points	<b>FT + T</b> 12 points	<b>FPR + T</b> 16 points	
Episodique		<b>FPE</b> 23 points		<b>FPE + T</b> 48 points	<b>T</b>

les points *FT* et *FPR* sont également représentés dans la carte « points eau réguliers »

les points « +T » apparaissent également dans la carte « tous points coquillages »

**Tous points de prélèvement échantillonnés en coquillages  
(carte 8)**

- 76 points *Flore + Toxicité*
- 64 points *Toxicité*

	eau		eau et coquillages		coquillages
	Flore Totale	Flore Partielle	Flore Totale et Toxicité	Flore Partielle et Toxicité	Toxicité
Régulier	FT	FPR	FT + T 12 points	FPR + T 16 points	
Episodique		FPE		FPE + T 48 points	T 64 points

les points **eau et coquillages** apparaissent également dans la carte « tous points eau », et pour certains dans la carte « points eau réguliers ».

## 2. Espèces toxiques pour les consommateurs

Les phycotoxines impliquées dans des intoxications humaines au niveau mondial sont de cinq types :

- PSP ou toxines paralysantes
- DSP ou toxines diarrhéiques
- NSP ou neurotoxines
- ASP ou toxines amnésiantes
- CFP ou toxines ciguatériques

Les toxines PSP sont les plus répandues dans le monde, suivies des toxines DSP. Les occurrences de toxines ASP et NSP sont plus localisées géographiquement (Amérique du nord, Nouvelle Zélande). Les toxines CFP ne sont présentes que dans les zones tropicales.

Deux genres phytoplanctoniques produisant des toxines dangereuses pour les consommateurs, ont été observés en France métropolitaine entre 1984 et 1995 : *Dinophysis*, dont plusieurs espèces produisent des **toxines diarrhéiques**, et *Alexandrium* dont l'espèce *A. minutum* produit des **toxines paralysantes**. Ces deux types de toxines s'accumulent dans les coquillages qui se nourrissent de phytoplancton : c'est le cas des coquillages filtreurs qui deviennent toxiques pour les consommateurs, sans en être eux-mêmes affectés.

Un autre type de toxines affecte les **départements français d'Outre-Mer** : ce sont les **ciguatoxines** produites par une espèce phytoplanctonique présente dans les eaux tropicales, *Gambierdiscus toxicus*. Ces toxines s'accumulent le long de la chaîne alimentaire : poissons herbivores puis poissons carnivores. La consommation de ces derniers conduit à une intoxication dont les symptômes sont des diarrhées, des douleurs abdominales et des vomissements en cas d'intoxication modérée ; des troubles neurologiques, un ralentissement du rythme cardiaque et une baisse de tension, pouvant être mortels, en cas d'intoxication forte.

## 2.1. *Dinophysis* spp.

---

Tome 1

Tome 2

- La planche 1 comporte des photos de différentes espèces de *Dinophysis*
-

# Planche 1

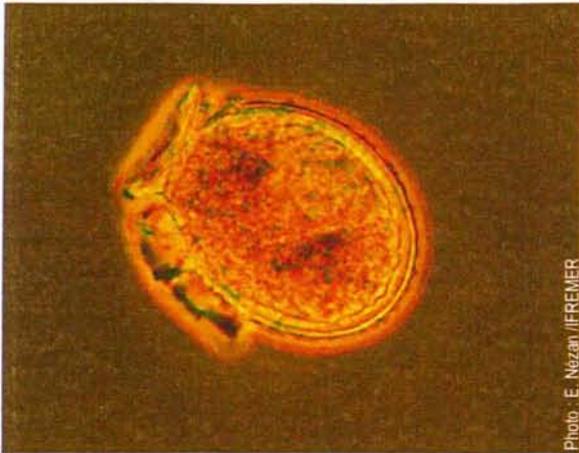


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Dinophysis acuminata* ou *D. cf. acuminata*  
(échantillon lugolé)

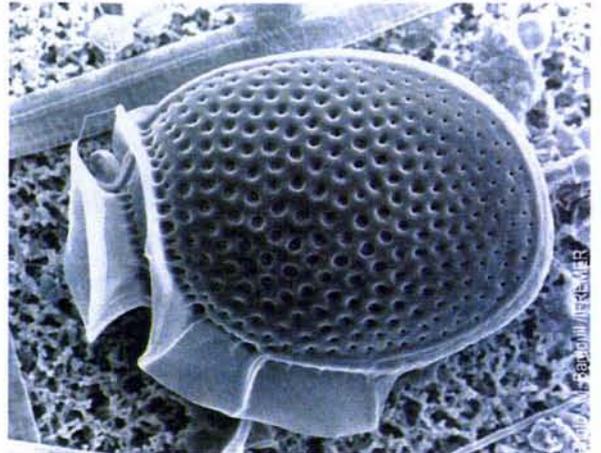


Photo : M. Bardouil / IFREMER

*Dinophysis acuminata* ou *D. cf. acuminata*  
(M.E.B.)

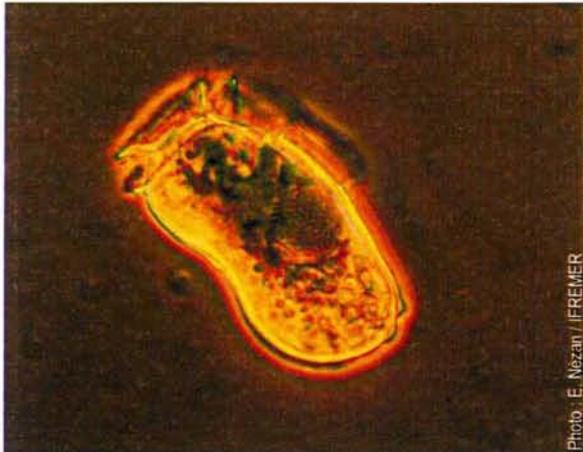


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Dinophysis sacculus* ou *D. pavillardii*  
(échantillon formolé)

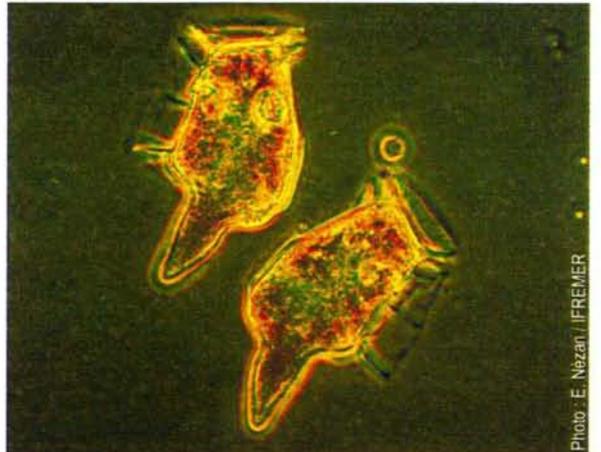


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Dinophysis caudata*  
(échantillon non fixé)

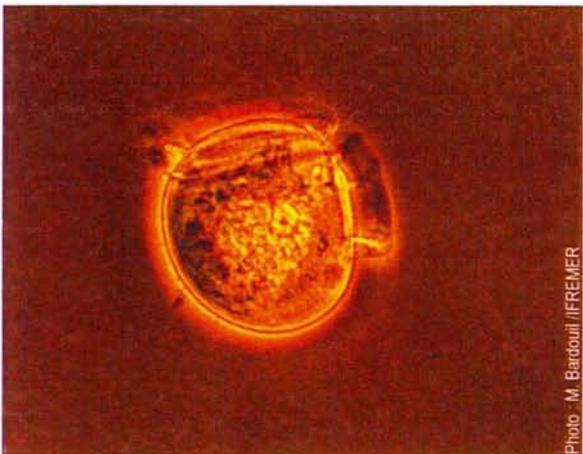


Photo : M. Bardouil / IFREMER

*Dinophysis rotundata*  
(échantillon formolé)

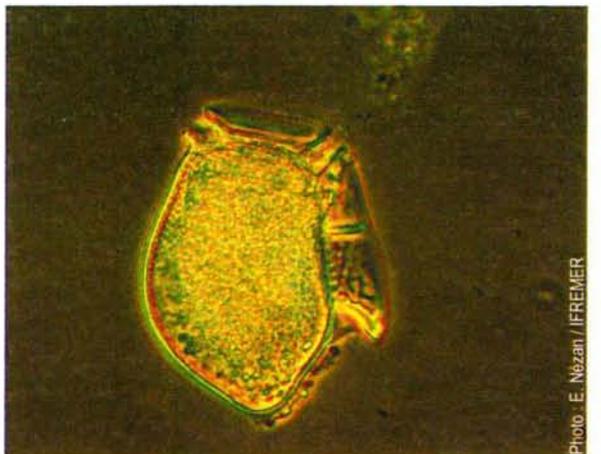


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Dinophysis acuta*  
(échantillon non fixé)

### 2.1.1. Taxonomie

Le genre *Dinophysis* appartient à la famille des Dinophysaceae, ordre des Dinophysales, classe des Dinophycées (ou dinoflagellés). Le genre *Dinophysis* est connu depuis 1840 et a été décrit par EHRENBERG. Environ 200 espèces de *Dinophysis* ont été décrites, mais nombre d'entre elles le sont de façon très sommaire (SOURNIA, 1986).

Les cellules de *Dinophysis* sont de taille petite ou moyenne, entre 30 et 100 µm.

Plusieurs espèces de *Dinophysis* sont présentes dans les eaux du littoral français (voir annexe 1) :

- principalement : *D. acuminata* (ou *D. cf. acuminata*), *D. sacculus* (ou *D. cf. sacculus*),
- en proportion importante : *D. caudata*, *D. rotundata* et des espèces non identifiées de *Dinophysis* (*D. sp.*),
- en faible proportion : *D. acuta*, *D. skagii* et *D. tripos*,
- de façon ponctuelle : *D. diegensis*, *D. fortii*, *D. hastata*, *D. norvegica* (ou *D. cf. norvegica*), et *D. pavillardii*.

D'après LASSUS & MARCAILLOU-LE BAUT *in* SOURNIA *et al.*, (1991), *D. cf. acuminata* est plutôt présent sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique, alors que *D. cf. sacculus* est observé essentiellement en Méditerranée. En fait, une étude morphométrique réalisée par LASSUS & BARDOUIL (1991) a montré que les trois espèces *D. cf. acuminata*, *D. cf. sacculus* et *D. sp.*, pouvaient être regroupées dans le « complexe *acuminata* ». Les études taxonomiques, comme les études par analyse d'images (TRUQUET *et al.*, 1996) ont permis de différencier *D. pavillardii* et le complexe *acuminata*. Au terme de ces études, les regroupements préconisés par NÉZAN & PICLET (1996), pour faciliter les comptages effectués dans le cadre du REPHY sont :

- *D. cf. acuminata*, *D. cf. sacculus*, *D. cf. norvegica* et *D. skagii*, pour le complexe « *Dinophysis acuminata* »,
- *D. sacculus* et *D. pavillardii*, pour le complexe « *Dinophysis sacculus* ».

La complexité de ces problèmes taxonomiques conduit le plus souvent à globaliser les résultats en les **regroupant sous le genre *Dinophysis***, d'autant que toutes les espèces citées ci-dessus sont connues pour être toxiques (voir chapitre 2.1.3.).

## 2.1.2. Répartition - Biologie - Ecologie

Le genre *Dinophysis* est largement représenté dans presque toutes les mers du globe et en particulier dans les zones côtières. *Dinophysis* n'est pratiquement jamais associé à des phénomènes d'eaux colorées, car les concentrations cellulaires ne dépassent que très rarement 100 000 cellules par litre (LASSUS & MARCAILLOU-LE BAUT *in* SOURNIA *et al.*, 1991)

La connaissance du cycle biologique de *Dinophysis* et des facteurs du milieu nécessaires à sa croissance comporte encore beaucoup de lacunes, essentiellement en raison de l'impossibilité actuelle de le cultiver en laboratoire. Certaines conditions nécessaires au développement de *Dinophysis* ont cependant été identifiées, telles que la **stratification des masses d'eau** (LASSUS *et al.*, 1988). Des modèles mathématiques ont permis de valider l'hypothèse du rôle majeur de la turbulence verticale dans l'inhibition de son développement (MÉNESGUEN *et al.*, 1990).

L'hypothèse de **proliférations au large**, avant que les côtes ne soient touchées, a été étayée par les résultats des campagnes menées dans le Pertuis Charentais de 1989 à 1991 (DELMAS *et al.*, 1993) : l'établissement d'une thermocline et d'une stratification stable de la colonne d'eau se produirait en effet au large avant de se produire à la côte.

D'après MAESTRINI *et al. in* BERLAND & LASSUS (1997), les cellules de *Dinophysis* sont le plus souvent concentrées dans une couche qui représente une faible fraction de la colonne d'eau, laquelle est alors verticalement stratifiée. Ainsi, les populations de *Dinophysis* se révèlent souvent plus abondantes au niveau de la thermocline (GENTIEN, *comm. pers.*).

Le problème de la relation entre la croissance de *Dinophysis* et la disponibilité de nutriments minéraux dissous reste entier (MAESTRINI *et*

*al. in* BERLAND & LASSUS, 1997). Si certaines espèces de *Dinophysis* sont véritablement autotrophes, c'est-à-dire capables de synthétiser leur propre substance organique par photosynthèse, la plupart des espèces côtières pourraient avoir en plus une capacité hétérotrophe et/ou phagotrophe : leur substance organique est alors produite par l'assimilation de substances organiques dissoutes (hétérotrophie stricte), ou par l'assimilation directe de proies (phagotrophie).

Des recherches récentes ont mis en évidence l'existence de corpuscules de type kyste de résistance pour *D. acuminata*, mais aucune observation de désenkystement n'a pu être faite.

### 2.1.3. Toxicité

Plusieurs espèces de *Dinophysis* sont connues au niveau mondial pour produire des **toxines diarrhéiques, dites DSP (Diarrheic Shellfish Poison)**, par exemple *D. cf. acuminata*, *D. acuta*, *D. caudata*, *D. fortii*, *D. cf. norvegica*, *D. rotundata*, *D. cf. sacculus* et *D. tripos* (UNESCO, 1996).

Les **toxines DSP** sont constituées d'un ensemble de toxines liposolubles, dont l'**acide okadaïque**. Celles-ci peuvent provoquer chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent moins de douze heures après ingestion. Les principaux symptômes en sont diarrhées, douleurs abdominales, parfois nausées et vomissements, mais jamais de fièvre.

L'**intoxication diarrhéique** par phycotoxines se manifeste beaucoup plus rapidement qu'une intoxication avec incubation, ce qui la différencie d'un autre type de diarrhée aiguë (d'origine bactérienne, virale ou parasitaire). Le traitement est symptomatique, à base d'antidiarrhéiques, de désinfectants intestinaux et d'antispasmodiques. Les toxines étant thermostables, la cuisson des coquillages ne diminue pas leur toxicité. Le **mode d'action** des toxines de type acide okadaïque consiste en :

- une modification de la perméabilité des vaisseaux du tube digestif, provoquant ainsi une accumulation de fluide dans l'intestin grêle (diarrhées),



- une action contracturante sur les muscles lisses, propice au déclenchement de diarrhées, douleurs abdominales et vomissements (AMZIL, 1993).

Un risque de toxicité chronique est également lié aux toxines de type acide okadaïque, puisque celles-ci se sont révélées avoir une activité de promotion tumorale (AMZIL, 1993).

De façon générale, **les moules sont le principal vecteur des toxines DSP**, mais de nombreux autres bivalves (coques, palourdes, clams, coquilles Saint-Jacques, etc) peuvent également être toxiques, quoiqu'à un moindre niveau. Par contre, **l'accumulation des toxines DSP dans les huîtres est très généralement négligeable** selon les résultats d'une enquête mondiale sur la contamination des huîtres par phycotoxines (SHUMWAY *et al.*, 1990) ; cependant, des cas d'accumulation faible de toxines DSP dans les huîtres ont été reportés par AUNE & YNDESTAD (1993).

**En France**, lors des épisodes de toxicité DSP, les moules sont les coquillages qui sont les plus toxiques. Viennent ensuite divers autres coquillages, comme les palourdes, les coques, les donaces, les spisules. Les huîtres n'ont par contre jamais été toxiques à ce jour. Quant aux coquilles Saint-Jacques, elles ne se trouvent pas dans les zones côtières touchées par les épisodes DSP.

**La présence de toxines DSP** est observée dans de nombreuses régions du monde : une grande partie de l'Europe de l'ouest, Canada (baie du Saint Laurent), Chili, Afrique du Sud, Inde, Japon, Nouvelle Zélande, etc (UNESCO, 1996 ; ICES, 1998). Les espèces responsables sont des espèces de *Dinophysis*, mais aussi une autre Dinophycée : *Prorocentrum lima*.

En France, la responsabilité des toxines de *Dinophysis* dans certaines intoxications diarrhéiques répertoriées sur le littoral atlantique, a été mise en évidence en 1983, mais il est très probable que le phénomène soit beaucoup plus ancien et que *Dinophysis* soit présent depuis longtemps dans certaines zones côtières françaises. En effet, parmi les nombreux cas d'intoxications diarrhéiques rapportés ces dernières décennies, une partie d'entre eux est sans doute du type intoxication DSP.



Sur le littoral français, les espèces de *Dinophysis* sont présentes en mélanges différents selon les régions. La production toxinique par espèce n'étant pas connue, la toxicité globale détectée dans les coquillages est toujours rapportée à la concentration totale dans l'eau de *Dinophysis* spp. (toutes espèces confondues). Cependant, la **relation entre concentration dans l'eau de *Dinophysis* et niveau de toxicité DSP dans les coquillages fluctue de façon importante** selon la zone géographique : dans certains sites, de très faibles concentrations (de l'ordre d'une centaine de cellules de *Dinophysis* par litre) conduisent à des toxicités fortes, alors que dans d'autres sites, des concentrations de quelques milliers de cellules par litre sont nécessaires pour atteindre ces mêmes niveaux de toxicité. Il semblerait que la concentration relative de *Dinophysis* spp. dans la population phytoplanctonique totale soit un facteur au moins aussi important que sa concentration absolue : en effet, les coquillages se contamineraient beaucoup plus en présence d'une population proportionnellement plus riche en *Dinophysis* (MAESTRINI *et al.* in BERLAND & LASSUS, 1997). Cette composante commence d'ailleurs à être prise en compte dans le cadre du REPHY (NÉZAN, *comm. pers.*).

Le niveau de toxicité DSP est évalué dans le cadre du REPHY, à l'aide d'un **test-souris** adapté de YASUMOTO (1978) par MARCAILLOU-LE BAUT *et al.* (1985). La méthode actuellement utilisée (BELIN *et al.*, 1996) résulte d'une modification du protocole. En effet, jusqu'à 1996, l'extraction des toxines était effectuée avec un solvant (acétone) qui s'est révélé être non spécifique des toxines DSP. Dans certains cas enregistrés entre 1992 et 1996, il est apparu que les résultats des tests souris ne correspondaient pas à la seule présence de toxines DSP, mais que l'interférence avec d'autres substances conduisait à des résultats « faux positifs ». Ces résultats, dont certains ont pu être expliqués ultérieurement par la présence de traces infimes de toxines PSP, sont répertoriés dans les tableaux 4 (*Dinophysis* / DSP) et 8 (*Alexandrium minutum* / PSP) et sont commentés dans le chapitre 2.3. (épisodes de toxicité atypique). A partir de 1996, une **nouvelle méthode d'extraction** (méthanol / hexane / dichlorométhane), **plus spécifique des toxines DSP**, a permis d'éviter ce type de résultats, qui n'étaient pas toujours interprétables en terme de protection de la santé publique.

Le protocole actuellement utilisé est le suivant : un extrait de glandes digestives de coquillages est injecté à trois souris. Celles-ci sont observées pendant 24 heures et le **temps de survie moyen** des souris est comparé à un **seuil santé publique** défini à 5 heures. Si le temps de survie moyen est :

- **inférieur ou égal à 5 heures**, les coquillages contiennent des toxines DSP en **quantité dangereuse** pour les consommateurs (ce qui conduit à une interdiction de commercialisation et de ramassage des coquillages, cf. chapitre 2.4.),
- **compris entre 5 et 24 heures**, les coquillages sont considérés comme non dangereux malgré la présence de toxines en **faible quantité**,
- **supérieur à 24 heures**, l'**absence de toxines** est avérée.

Il n'existe pas de consensus international sur la méthode à utiliser pour la détection des toxines DSP. En Europe, même si le Laboratoire Européen de Référence pour les phycotoxines (Vigo, Espagne), recommande d'utiliser le test YASUMOTO (1978), avec extraction acétone et seuil de 24 heures, les tests DSP sont encore réalisés selon des méthodes et des seuils santé publique différents, d'un pays à l'autre : tests-souris (YASUMOTO ou adapté), tests-rat, analyses chimiques, seuils de 24 heures ou de 5 heures.



## 2.1.4. *Dinophysis* et DSP. Résultats de la surveillance de 1984 à 1995

Tome 1

Tome 2

- L'annexe 1 récapitule le nombre d'occurrences des **différentes espèces** de *Dinophysis*, par année, puis par site
- Les cartes 10 à 12 illustrent l'évolution de la présence de *Dinophysis* spp. sur le littoral français, de 1984 à 1995 : concentration maximale observée, par site et par an
- La carte 13 résume l'ensemble de la période 1984-1995 : nombre d'occurrences de *Dinophysis* spp., par bassin
- Le tableau 3 reprend les données afférentes aux cartes ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour les cartes détaillées
- Le tableau 4 détaille la concentration maximale de *Dinophysis* spp., par bassin et par mois, avec l'indication du niveau maximum de toxicité DSP enregistré le même mois dans les coquillages  
les bassins n'ayant jamais fait l'objet d'échantillonnage ne sont pas représentés
- Le tableau 5 illustre la répartition annuelle de *Dinophysis* spp., par bassin et par mois
- Le tableau 6 illustre la répartition annuelle des toxines DSP, par bassin et par mois
- Les graphiques 1 illustrent la relation existant entre la concentration de *Dinophysis* spp. dans l'eau, et le niveau de toxicité DSP dans les coquillages, par bassin et par semaine
- L'annexe 2 détaille les données afférentes aux graphiques ci dessus

Tableau 5 : *Dinophysis* spp., répartition annuelle pour la période 1987-1995

		jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aoû	sep	oct	nov	déc
Normandie	007 Le Tréport - Dieppe												
	009 Fécamp - Etretat												
	010 Antifer												
	011 Estuaire de la Seine												
	012 Baie de l'Orne												
	013 Courseulles - Port Bessin												
	014 Baie des Veys												
015 Ravenoville - St Vaast													
021 Hauteville - Granville													
Bretagne	032 Lannion - Locquirec												
	033 Baie de Morlaix												
	035 Les Abers												
	036 Iroise												
	037 Elorn												
	038 Aulne												
	039 Baie de Douarnenez												
	040 Baie d'Audierne												
	041 Iles de Glénan												
	042 Bénodet												
	043 Concarneau												
	044 Aven, Belon et Laïta												
	045 Rade de Lorient												
	047 Rivière d'Etel												
	048 Courreaux de Belle Ile												
	049 Baie de Quiberon												
	051 Rivière de Crach												
052 St Philibert-Le Breneguy													
053 Rivière d'Auray													
054 Golfe du Morbihan													
055 Plateau de la Recherche													
056 Rivière de Penerf													
057 Baie de Vilaine													
Littoral atlantique	059 Traicts du Croisic												
	060 Estuaire de la Loire												
	061 Baie de Bourgneuf												
	062 Vendée Nord												
	063 Olonne												
	064 Les Sables - Le Payre												
	065 Pertuis Breton												
	066 Baie de l'Aiguillon												
	068 Chatelaillon - Ile d'Aix												
	069 Estuaire de la Charente												
	070 Nord Marennes Oléron												
	071 Sud Marennes Oléron												
076 Côte océane													
077 Bassin d'Arcachon													
079 Côte Basque													
Méditerranée	080 Côte Catalane												
	081 Côte Audoise												
	083 Etang de Salses-Leucate												
	085 Etang de Bages et Sigean												
	087 Etang de Thau												
	088 Côte Languedocienne												
	089 Etangs Palavasiens												
	093 Côte Camarguaise												
	094 Golfe de Fos												
	095 Berre Vaine												
100 Rade de Toulon													
Corse	114 Etangs de Diana - Urbino												

■ présence de *Dinophysis* observée sur deux ou plusieurs années

■ présence de *Dinophysis* observée sur une année seulement

Tableau 6 : toxines DSP, répartition annuelle pour la période 1987-1995

		jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aoû	sep	oct	nov	déc
Normandie	007 Le Tréport - Dieppe								■				
	009 Fécamp - Etretat							■	■	■			
	010 Antifer						■	■	■	■	■		
	011 Estuaire de la Seine							■	■				
	012 Baie de l'Orne												
	013 Courseulles - Port Bessin						■	■		■			
	014 Baie des Veys								■				
	015 Ravenoville - St Vaast							■					
021 Hauteville - Granville													
Bretagne	032 Lannion - Locquirec												
	033 Baie de Morlaix												
	035 Les Abers						■		■				
	036 Iroise					■	■	■	■				
	037 Elorn					■	■	■	■				
	038 Aulne					■	■	■	■				
	039 Baie de Douarnenez				■	■	■	■	■	■	■		
	040 Baie d'Audierne						■	■					
	041 Iles de Glénan												
	042 Bénodet												
	043 Concarneau						■	■	■	■	■		
	044 Aven, Belon et Laita					■	■	■	■				
	045 Rade de Lorient					■	■	■	■				
	047 Rivière d'Etel					■	■	■	■				
	048 Courreaux de Belle Ile					■	■	■	■				
	049 Baie de Quiberon						■	■	■				
	051 Rivière de Crach												
	052 St Philibert-Le Breneguy							■					
	053 Rivière d'Auray							■	■	■	■		
	054 Golfe du Morbihan							■	■	■	■		
055 Plateau de la Recherche							■	■	■	■			
056 Rivière de Penerf							■	■	■	■			
057 Baie de Vilaine						■	■	■	■	■			
Littoral atlantique	059 Traicts du Croisic					■	■	■	■	■	■		
	060 Estuaire de la Loire						■	■	■	■	■		
	061 Baie de Bourgneuf												
	062 Vendée Nord						■	■	■	■	■		
	063 Olonne						■	■	■	■	■		
	064 Les Sables - Le Payre												
	065 Pertuis Breton						■	■	■	■	■		
	066 Baie de l'Aiguillon												
	068 Chatelaillon - Ile d'Aix							■	■	■	■		
	069 Estuaire de la Charente												
	070 Nord Marennes Oléron							■	■	■	■		
	071 Sud Marennes Oléron												
	076 Côte océane												
077 Bassin d'Arcachon												■	
079 Côte Basque													
Méditerranée	080 Côte Catalane					■	■	■	■	■	■	■	■
	081 Côte Audoise				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	083 Etang de Salses-Leucate	■					■	■	■	■	■	■	■
	085 Etang de Bages et Sigean									■	■	■	■
	087 Etang de Thau												
	088 Côte Languedocienne			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	089 Etangs Palavasiens					■	■	■	■	■	■	■	■
	093 Côte Camarguaise					■	■	■	■	■	■	■	■
	094 Golfe de Fos					■	■	■	■	■	■	■	■
	095 Berre Vaine												
100 Rade de Toulon													
Corse													■
	114 Etangs de Diana - Urbino	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ toxines DSP en quantité dangereuse, détectées sur deux ou plusieurs années

■ toxines DSP en quantité dangereuse, détectées sur une année seulement

*les cas pour lesquels la nature des toxines est douteuse (cf. tableau 4) ont été éliminés*

Les résultats correspondant à l'absence de *Dinophysis* (résultat = 0) n'apparaissent pas sur les cartes des années 1984 à 1986 (cartes 10), car ils n'ont pas été archivés, mais cela ne signifie pas que le réseau de points de prélèvement ait fondamentalement changé en 1987. En effet tout le littoral est globalement couvert depuis la création du REPHY en 1984. **L'extension géographique de *Dinophysis***, constatée en 1987 et confirmée les années suivantes, est donc bien une réalité : en 1984, seules les côtes de Normandie et de Bretagne sud étaient touchées ; en 1987, le littoral atlantique entre Loire et Gironde fut également affecté, ainsi qu'une partie de l'ouest Méditerranée. Ceci est néanmoins à nuancer, compte tenu de l'effort d'échantillonnage qui peut être différent d'un site à l'autre.

Depuis 1987, indépendamment des épisodes de toxicité DSP, *Dinophysis* :

- est **très régulièrement** observé dans les régions suivantes : Normandie (nord de l'estuaire de la Seine, Calvados), Bretagne (côtes nord ouest, ouest et sud), Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Aquitaine (bassin d'Arcachon), Languedoc-Roussillon (la côte et les étangs littoraux), Provence-Alpes-Côte d'Azur (delta du Rhône, étang de Berre-Vaine, rade de Toulon), Corse (étangs de Diana-Urbino),
- est observé **plus épisodiquement** : dans le Nord-Pas-de-Calais, en Picardie, en Normandie sur la côte ouest de la Manche, en baie du Mont Saint Michel, sur la côte nord-est de Bretagne et en Aquitaine sur la côte basque.

C'est généralement à **Antifer**, au nord de l'estuaire de la Seine, que l'on observe les plus fortes concentrations du littoral français : c'est un site qui apparaît ainsi comme une **zone d'accumulation préférentielle de *Dinophysis***, ce qui est expliqué en grande partie par la configuration du site, le régime des vents, et les courants de marée résiduels (SOUDANT *et al.*, 1997), ainsi que par les excellentes conditions de croissance fournies par le panache de dilution de la Seine : stratification, richesse nutritive (GUILLAUD & MÉNESGUEN, 1998). **Des concentrations importantes** (supérieures à 10 000 cellules par litre) ont également été enregistrées plusieurs fois sur le littoral du Calvados (Normandie), en baie de Douarnenez, sur la côte sud du Finistère, en baie de Vilaine (Bretagne), et dans les étangs de Diana-Urbino (Corse).

La carte 13 donne une vision globale de l'importance du nombre d'observations de *Dinophysis* sur la période 1984-1995. Cette représentation est à pondérer par l'effort d'échantillonnage qui peut être différent d'un bassin à l'autre : le tableau 3, dans lequel les cases vides correspondent à l'absence de prélèvements sur le bassin et l'année concernés, donne une indication sur cet effort d'échantillonnage.

Dans le tableau 4, seuls les bassins ayant fait l'objet de prélèvements ont été représentés : la plupart ont été échantillonnés en eau et en coquillages, mais certains bassins ont seulement des résultats *Dinophysis* (eau), ou seulement des résultats DSP (coquillages). Les données antérieures à 1987 n'ayant pas été archivées, seules les années 1987-1995 sont représentées dans ce tableau détaillé.

Le tableau 4 détaille, par bassin et par mois, la concentration maximale de *Dinophysis* dans l'eau, et la toxicité DSP maximale dans les coquillages, enregistrées durant le mois. Ces deux résultats peuvent ne pas avoir été observés simultanément (c'est à dire le même jour, ni la même semaine) : il n'est donc pas possible de déduire de ce tableau une quelconque relation entre concentration de *Dinophysis* dans l'eau et le niveau de toxicité dans les coquillages.

Le tableau 4 montre que la présence de *Dinophysis* induit presque toujours la présence de toxines : les cas contraires sont relatifs à des concentrations faibles de *Dinophysis* dans l'eau. A l'inverse, la présence de toxines DSP n'est jamais observée, sauf exceptions, en l'absence de *Dinophysis* : ces exceptions sont généralement relatives aux épisodes de toxicité atypique recensés dans le tableau 4, et explicités dans le chapitre 2.3.

Quelques bassins sont affectés de façon récurrente par des épisodes toxiques DSP, il s'agit de :

- en Normandie : Fécamp-Etretat, Antifer et l'estuaire de la Seine,
- en Bretagne : surtout la baie de Douarnenez, touchée tous les ans à l'exception de 1995, mais aussi la mer d'Iroise et la baie de Concarneau,
- en Languedoc-Roussillon : l'étang de Salses-Leucate et la côte languedocienne,
- en Corse : les étangs de Diana et Urbino.

Le tableau 6 ne prend pas en compte les résultats recensés dans le tableau 4, pour lesquels la nature des toxines est douteuse.

**Les tableaux 5 et 6** montrent que, globalement :

- en Manche, les observations de *Dinophysis* sont restreintes à l'été et l'automne, avec des épisodes toxiques de juillet à septembre principalement,
- en Atlantique, *Dinophysis* peut être observé une grande partie de l'année, mais les épisodes toxiques sont enregistrés surtout de mai à août,
- en Méditerranée, *Dinophysis* peut être observé toute l'année, et les épisodes toxiques s'étalent sur toutes les saisons : de décembre à mai en Corse (il s'agit de la seule zone française touchée principalement en hiver et au printemps), de mai à septembre, voire en hiver, sur le reste du littoral méditerranéen.

Les informations concernant les interdictions de vente des coquillages, suite à la présence de toxines DSP, sont traitées dans le chapitre 2.4.1.

Parmi les bassins renseignés avec des données *Dinophysis* et des données de toxicité DSP la même semaine, seuls certains ont été représentés. Il n'a pas toujours été possible d'agrèger les résultats de tous les points d'un bassin : le graphique représente alors un seul point ; c'est le cas des points situés dans les îles de Bretagne-sud, dont les résultats sont souvent assez différents de ceux des points situés à la côte.

**Les graphiques 1** illustrent, par bassin, le niveau de toxicité DSP observé dans les coquillages en fonction de la concentration en *Dinophysis* dans l'eau. Ces deux paramètres étant rarement mesurés le même jour, les données prises en compte pour ces graphiques sont celles qui sont acquises **la même semaine**, sur les points d'un même bassin. Si deux résultats existent la même semaine pour le même paramètre (par exemple des résultats *Dinophysis* sur deux ou plusieurs points du bassin, ou bien des résultats toxicité sur des espèces différentes de coquillages), c'est **le résultat maximum sur le bassin qui est gardé pour chacun des paramètres**.

Le seuil de détection de *Dinophysis* étant généralement de 100 cellules par litre (ce qui correspond à l'observation d'une seule cellule dans une cuve de 10 ml), il y a très peu de résultats compris entre 0 (1 pour tenir compte de l'échelle logarithmique) et 100, sur les graphiques. Les résultats des tests de toxicité peuvent concerner des coquillages variés : ceux ci sont indiqués dans le titre de chaque graphique.

Les résultats de toxicité DSP (**temps de survie des souris**) sont répartis en trois classes, dont les limites sont le seuil santé publique (5 heures) et le seuil de détection (24 heures). Les trois classes sont donc :

- résultat < seuil santé publique  
⇒ toxines présentes en **quantité dangereuse**
- seuil santé publique < résultat < seuil détection  
⇒ toxines présentes en **faible quantité**
- résultat > seuil détection  
⇒ **absence** de toxines

Le nombre important de résultats **semblant associer sur les graphiques, une toxicité forte ou moyenne à l'absence de *Dinophysis***, peut s'expliquer de différentes façons :

- dans la plupart des cas, il s'agit de la **fin de l'épisode toxique** : quand *Dinophysis* disparaît de la masse d'eau, les coquillages commencent à se décontaminer, mais l'élimination des toxines peut durer une à deux semaines, voire plus,
- dans certains cas, la concentration de *Dinophysis* associée à un épisode toxique, peut être très faible, donc proche du seuil de détection, et les fluctuations observées entre présence et absence de *Dinophysis* reflètent **l'erreur liée à l'échantillonnage**,
- plus rarement, il peut arriver que des toxines soient observées dans les coquillages avant même l'observation de *Dinophysis* dans l'eau ; les cas recensés au cours de la période étudiée restent cependant très ponctuels.

L'analyse des graphiques montre que, **pour un bassin donné, une certaine constance existe dans la relation entre la concentration en *Dinophysis* et la toxicité des coquillages**, au cours de la période 1987-1995. Ce schéma est cependant souvent différent d'un bassin à l'autre, y compris à l'intérieur d'une même région. Une tentative de typologie des bassins en fonction de ces différents schémas est décrite dans le tableau ci-dessous.

la présence de toxines DSP en quantité dangereuse est observée avec :

des concentrations de <i>Dinophysis</i> dans l'eau (en cellules par litre)	dans les bassins (ou points)	
très faibles (de l'ordre de 100, c'est à dire proche du seuil de détection)	036 Iroise	<b>Bretagne</b>
	039 Baie de Douarnenez or les coquillages concernés sont principalement des donax	
	045 Ile de Groix avant 1993	
	048 Belle Ile mais pas de données après 1992	
	062 Ile d'Yeu	<b>Pays de la Loire</b>
	081 Côte audoise	<b>Languedoc-Roussillon</b>
	083 Etang de Salses Leucate 088 Côte languedocienne avant 1992	
généralement comprises entre 100 et 1000	093 Côte camarguaise avant 1992	<b>Provence-Alpes-Côte d'azur</b>
	094 Golfe de Fos avant 1992	
	114 Etangs de Diana Urbino excepté en 1994	<b>Corse</b>
généralement supérieures à 1000	043 Concarneau	<b>Bretagne</b>
	077 Bassin d'Arcachon mais pas de données avant 1992	<b>Aquitaine</b>
	010 Antifer	<b>Haute-Normandie</b>
	088 Côte languedocienne depuis 1992	<b>Languedoc-Roussillon</b>
généralement supérieures à 1000, mais de nombreux cas associant l'absence de toxines avec quelques milliers de cellules par litre	093 Côte camarguaise depuis 1992	<b>Provence-Alpes-Côte d'azur</b>
	094 Golfe de Fos depuis 1992	
	013 Courseulles-Port en Bessin	<b>Basse-Normandie</b>
	044 Aven, Belon et Laïta	<b>Bretagne</b>
	057 Baie de Vilaine mais 1990 semble plus toxique 059 Traicts du Croisic	

### Cas particuliers

<p><b>Absence de toxines</b> malgré des concentrations généralement comprises <b>entre 100 et 1000</b>. La seule exception est l'année 1987.</p>	<p>065 Pertuis Breton mais de nombreux résultats concernent des huîtres 068 Chatellaillon – Ile d'Aix 070 Nord Marennes Oléron <i>idem</i> 065</p>	<p><b>Poitou- Charentes</b></p>
<p><b>Pas de toxines en quantité dangereuse</b> malgré des concentrations généralement comprises <b>entre 100 et 1000</b></p>	<p>041 Iles des Glénan mais les coquillages concernés sont surtout des palourdes roses 045 Ile de Groix depuis 1993 049 Ile de Houat mais pas de données avant 1994</p>	<p><b>Bretagne</b></p>

### Conclusion

Une partie importante du littoral français est donc régulièrement affectée, à des périodes variables selon la latitude, par des proliférations de *Dinophysis*, généralement associées à une contamination DSP des coquillages. Les concentrations cellulaires sont le plus souvent très faibles, d'une centaine à quelques milliers de cellules par litre.

Les épisodes toxiques débutent généralement l'été en Manche, au printemps en Atlantique et en Méditerranée, sauf en Corse, où les étangs peuvent être touchés toute l'année, y compris l'hiver.

## 2.2. *Alexandrium minutum*

---

Tome 1

Tome 2

➤ La planche 2 comporte des photos d'*Alexandrium minutum*

---



Planche 2

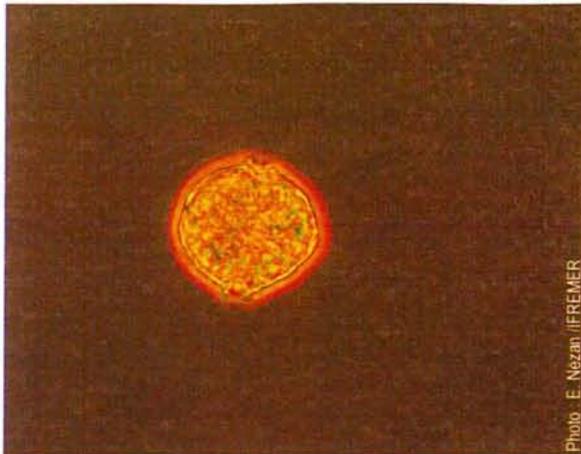


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Alexandrium minutum*  
(échantillon lugolé)

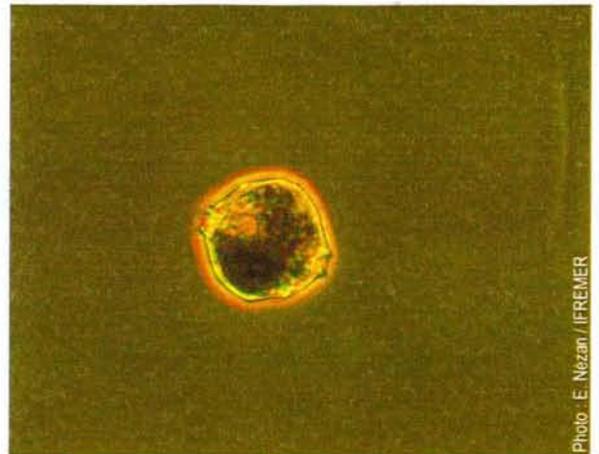


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Alexandrium minutum*  
(échantillon lugolé, formolé)

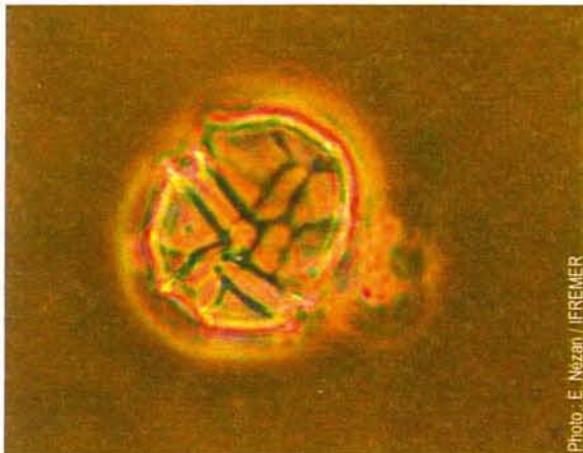


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Alexandrium minutum*  
(thèque)

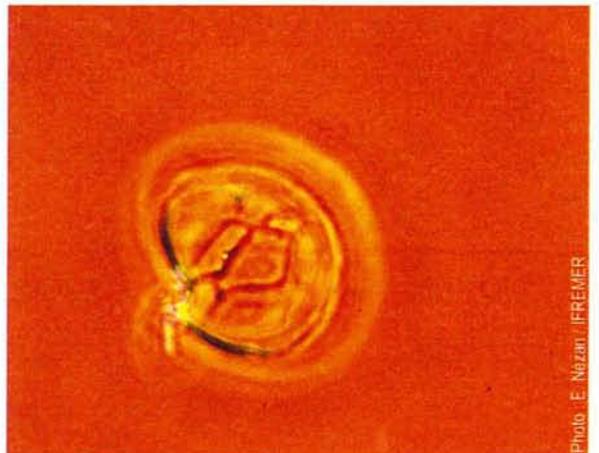
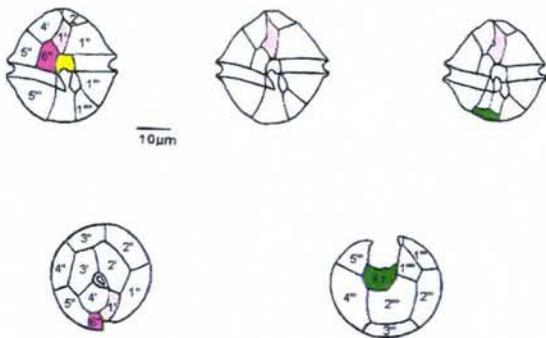


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Alexandrium minutum*  
(dissection - épithèque)



*Alexandrium minutum*

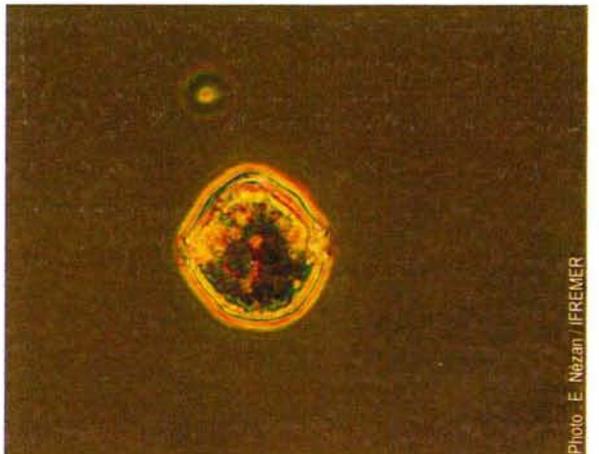


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Alexandrium minutum*  
(échantillon lugolé, formolé)

### 2.2.1. Taxonomie

*Alexandrium minutum* est une des espèces du genre *Alexandrium*, appartenant à la famille des Goniodomataceae, ordre des Péridiniales, classe des Dinophycées (ou dinoflagellés). *Alexandrium minutum* a été décrit par HALIM en 1960, à la suite d'une eau rouge dans le port d'Alexandrie.

Les cellules d'*Alexandrium minutum* sont de forme arrondie et de petite taille, entre 17 et 29 µm.

Le genre *Alexandrium* compte une vingtaine d'espèces ; **plusieurs d'entre elles** ont été identifiées dans les eaux du littoral français entre 1984 et 1995 (voir annexe 3) :

- principalement : *A. minutum*, et des espèces non identifiées d'*Alexandrium* (*A. sp.*),
- en faible proportion : *A. affine*, *A. margalefi*, *A. pseudogonyaulax* et *A. ostenfeldii*,
- de façon très ponctuelle : *A. andersoni*, *A. hiranoi*, *A. insuetum*, *A. leei* et *A. tamarense*.

La plupart d'entre elles ne sont pas connues pour être toxiques, exceptées *A. ostenfeldii* et *A. tamarense* qui n'ont été observées que ponctuellement et à faible concentration, et *Alexandrium minutum*. Seul *Alexandrium minutum* sera étudié ici, car il s'agit de la seule espèce d'*Alexandrium* toxique qui se soit développée en quantité abondante dans les eaux françaises entre 1984 et 1995<sup>6</sup>.

### 2.2.2. Répartition - Biologie - Ecologie

*A. minutum* a été principalement observé dans des eaux plutôt chaudes (Egypte, Espagne, Portugal, Turquie, Italie, Australie), mais il peut se développer également dans des eaux tempérées (Irlande, et France sur le

<sup>6</sup> l'actualité récente montre que ce n'est plus le cas (*A. tamarense* en Méditerranée en 1998)

littoral de Bretagne-Nord). C'est une espèce qui peut proliférer en quantité très importante (plusieurs millions ou dizaines de millions de cellules par litre) : elle forme alors des **eaux rouges**.

**Des clones** de l'espèce qui prolifère sur les côtes françaises ont été isolés et **mis en culture**, ce qui a permis de l'étudier de façon détaillée : son cycle biologique et les conditions propices à son développement sont ainsi beaucoup mieux connus que pour *Dinophysis*.

*A. minutum* forme des **kystes de résistance** qui s'enfouissent dans le sédiment pour l'hiver. Certaines zones de Bretagne-Nord sont ainsi régulièrement touchées par des proliférations d'*A. minutum*, les kystes présents dans le sédiment trouvant au printemps les conditions adéquates pour redonner des cellules végétatives. Une cartographie sédimentaire des kystes d'*Alexandrium minutum*, réalisée sur le littoral de Bretagne, a montré le rôle de la dynamique sédimentaire sur la distribution de ces kystes : ceux ci sont remis en suspension sous l'action des courants, lors de fortes crues (ERARD-LE DENN *in* BERLAND et LASSUS, 1997)

*A. minutum* est une espèce exclusivement marine, mais elle supporte une certaine dessalure. Sa distribution **semble liée à l'enrichissement** des eaux en éléments nutritifs dans des zones côtières « sensibles », recevant des eaux douces continentales, comme les estuaires, les golfes, les baies et les ports (ERARD-LE DENN *in* BERLAND & LASSUS, 1997). En baie de Morlaix, les efflorescences se produisent généralement après un maximum de débit des cours d'eau et un excès d'ensoleillement.

*A. minutum* ne semble pas avoir été décrit sur le littoral français avant les années 1980 : il pourrait s'agir d'une espèce introduite. En effet, il a été montré en Australie que des kystes de cette espèce peuvent être transportés dans des eaux de ballast de navires (HALLEGRAEFF *et al.*, 1990), ou bien à l'intérieur de coquillages, lorsque ceux ci sont transférés d'une zone à une autre. En France, il ne s'agit à l'heure actuelle que d'une hypothèse, car aucune étude n'a été menée pour connaître l'origine de l'apparition d'*A. minutum* dans les eaux côtières de Bretagne-Nord.

### 2.2.3. Toxicité

Une dizaine d'espèces d'*Alexandrium* sont connues au niveau mondial pour produire des **toxines paralysantes, dites PSP (Paralytic Shellfish Poison)**, par exemple *A. ostenfeldii*, *A. tamarense* et *A. minutum* (UNESCO, 1996).

**Les toxines PSP** sont constituées d'un ensemble de toxines hydrosolubles, dont la **saxitoxine** et les **gonyautoxines**. Celles-ci provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent en moins de trente minutes. Les symptômes en sont (I) fourmillement des extrémités, picotements et engourdissements autour des lèvres, vertiges et nausées, en cas d'intoxication faible, (II) extension des picotements, incoordination motrice, pouls rapide, en cas d'intoxication modérée, (III) paralysie et troubles respiratoires pouvant être mortels, en cas d'intoxication forte.

**L'intoxication paralytique** par phycotoxines peut être confondue avec des intoxications de type botulisme, myasthénie et paralysie due aux tiques (TREGUER, 1993). Le traitement est seulement symptomatique, puisqu'il n'existe pas d'antidote. Il peut consister en un lavage gastrique, et prise de charbon activé pour adsorber les toxines. Dans les cas graves, la respiration artificielle et l'hémodialyse - les toxines, étant hydrosolubles, sont éliminées par les reins - peuvent s'avérer nécessaires. Les toxines étant thermostables, la cuisson des coquillages ne diminue pas leur toxicité. La saxitoxine a des effets sur les systèmes cardio-vasculaire et respiratoire, mais son **principal mode d'action** est l'inhibition de la transmission de l'influx nerveux, par blocage sélectif du transfert des ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) au travers des membranes des cellules nerveuses et musculaires. Les effets de la saxitoxine sur le système nerveux central restent discutés, mais l'idée d'une imbrication d'effets nerveux centraux et périphériques est probable (TREGUER, 1993).

En France, les toxines qui ont été identifiées dans les coquillages de Bretagne-Nord sont principalement des **gonyautoxines** (GTX2 et GTX3).

De façon générale, **les coquilles Saint Jacques et les moules sont le principal vecteur des toxines PSP**, mais également, de façon plus ou

moins importante, un certain nombre d'autres coquillages dont les huîtres. Ces dernières se contaminent cependant généralement moins que les autres espèces.

**En France**, lors des épisodes PSP en Bretagne, les huîtres ont été toxiques, mais à un moindre niveau que les moules. Quant aux coquilles Saint-Jacques, elles ne se trouvent pas dans la zone côtière touchée par les épisodes PSP.

**La présence de toxines PSP** est observée presque partout dans le monde : une grande partie de l'Europe, de l'Amérique du Nord, de l'Asie, de l'Océanie, et également en Amérique du Sud et en Afrique du Sud (UNESCO, 1996 ; ICES, 1998). Les espèces responsables sont des espèces d'*Alexandrium*, mais aussi deux autres Dinophycées : *Gymnodinium catenatum* et *Pyrodinium bahamense*.

Les observations actuelles montrent que, sur le littoral de Bretagne-Nord, *A. minutum* ne devient toxique que s'il se développe en quantité importante : au minimum 100 000 cellules par litre.

L'existence de cultures d'espèces d'*Alexandrium* toxiques a permis de mener des études sur les **processus de contamination et décontamination des coquillages**. En particulier, des essais menés sur des moules et des palourdes mises en contact avec *A. minutum*, ont montré que (LASSUS *et al.* in BERLAND et LASSUS, 1997) :

- la phase de contamination est rapide, ainsi que le début de la décontamination,
- les palourdes nécessitent une concentration beaucoup plus élevée d'*A. minutum* pour se contaminer au même niveau que les moules,
- la saxitoxine, peu ou pas présente dans l'algue, peut apparaître dans le coquillage lors de la décontamination, par biotransformation des gonyautoxines ; or la saxitoxine est la plus toxique des toxines paralysantes.

La contamination expérimentale de **coquilles Saint-Jacques par une souche d'*A. tamarense*** a révélé le rôle important, au cours de la phase d'épuration, des reins dans la rétention prolongée des toxines à des

concentrations élevées. L'essentiel de la quantité de toxine se trouve en effet dans la glande digestive, et les proportions augmentent dans les reins et la gonade au cours de l'épuration, alors qu'elle diminue dans le muscle (LASSUS *et al.* in BERLAND et LASSUS, 1997).

Le niveau de toxicité PSP est évalué dans le cadre du REPHY, à l'aide d'un **test-souris** standardisé (AOAC, 1990). Un extrait de chair totale de coquillages est injecté à au moins trois souris, selon le protocole décrit dans BELIN *et al.*, (1996). Les souris sont observées pendant une heure et le **temps de survie médian** sert à calculer le nombre d'Unités Souris, qui sera lui même converti en **µg d'équivalent-saxitoxine par 100 g de chair**. Cette valeur est comparée au **seuil santé publique**, qui fait l'objet d'un consensus international : 80 µg d'équ. STX. 100 g-1. Si le résultat trouvé est :

- **supérieur ou égal à 80 µg**, les coquillages contiennent des toxines PSP en **quantité dangereuse** pour les consommateurs (ce qui conduit à une interdiction de commercialisation et de ramassage des coquillages, cf. chapitre 2.4.),
- compris **entre 38.5 µg** (le seuil de détection de la méthode) **et 80 µg**, les coquillages sont considérés comme non dangereux malgré la présence de toxines en **faible quantité**,
- **inférieur à 38.5 µg**, l'**absence de toxines** est avérée.



## 2.2.4. *Alexandrium minutum* et PSP. Résultats de la surveillance de 1988 à 1995

Tome 1

Tome 2

- L'annexe 3 récapitule le nombre d'occurrences des **différentes espèces d'*Alexandrium***, par année, puis par site
- Les cartes 14 et 15 illustrent l'évolution de la présence d'*Alexandrium minutum* sur le littoral français, de 1988 à 1995 : concentration maximale observée, par site et par an
- La carte 16 résume l'ensemble de la période 1988-1995 : nombre d'occurrences d'*Alexandrium minutum*, par bassin
- Le tableau 7 reprend les données afférentes aux cartes ci dessus, avec le détail par bassin
  - pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour les cartes détaillées
- Le tableau 8 détaille la concentration maximale d'*Alexandrium minutum*, par bassin et par mois, avec l'indication du niveau maximum de toxicité PSP enregistré le même mois dans les coquillages
  - les bassins n'ayant jamais fait l'objet d'échantillonnage ne sont pas représentés
- Le tableau 9 illustre la **répartition annuelle d'*Alexandrium minutum***, par bassin et par mois
- Le tableau 10 illustre la **répartition annuelle des toxines PSP**, par bassin et par mois
- Les graphiques 2 illustrent la relation existant entre la concentration d'*Alexandrium minutum* dans l'eau, et le niveau de toxicité PSP dans les coquillages, par bassin et par semaine
- l'annexe 4 détaille les données afférentes aux graphiques ci dessus

Tableau 9 : *Alexandrium minutum*, répartition annuelle pour la période 1988-1995

		jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aoû	sep	oct	nov	déc
<b>Bretagne</b>	032 Lannion – Locquirec												
	033 Baie de Morlaix												
	035 Les Abers												
	036 Iroise												
	037 Elorn												
	038 Aulne												
	039 Baie de Douarnenez												
	040 Baie d'Audierne												
	041 Iles de Glénan												
	042 Bénodet												
	043 Concarneau												
	044 Aven, Belon et Laïta												
	045 Rade de Lorient												
	047 Rivière d'Etel												
	049 Baie de Quiberon												
052 St Philibert-Le Breneuguy													
057 Baie de Vilaine													
<b>Littoral atlantique</b>	059 Traicts du Croisic												
	065 Pertuis Breton												
	066 Baie de l'Aiguillon												
	068 Chatelaillon - Ile d'Aix												
	070 Nord Marennes Oléron												
	071 Sud Marennes Oléron												
077 Bassin d'Arcachon													
<b>Méditerranée</b>	081 Côte Audoise												
	083 Etang de Salses - Leucate												
	087 Etang de Thau												
	088 Côte Languedocienne												
	089 Etangs Palavasiens												
	094 Golfe de Fos												
100 Rade de Toulon													

 présence d'*Alexandrium minutum* observée sur deux ou plusieurs années

 présence d'*Alexandrium minutum* observée sur une année seulement

Tableau 10 : toxines PSP, répartition annuelle pour la période 1988-1995

		jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aoû	sep	oct	nov	déc
<b>Bretagne</b>	032 Lannion – Locquirec												
	033 Baie de Morlaix						■	■					
	035 Les Abers							■	■	■			
	036 Iroise												
	037 Elorn												
	038 Aulne												
	039 Baie de Douarnenez												
	040 Baie d'Audierne												
	041 Iles de Glénan												
	042 Bénodet												
	043 Concarneau												
	044 Aven, Belon et Laita												
	045 Rade de Lorient												
	047 Rivière d'Etel												
	049 Baie de Quiberon												
052 St Philibert-Le Breneguy													
057 Baie de Vilaine													
<b>Littoral atlantique</b>	059 Traicts du Croisic												
	065 Pertuis Breton												
	066 Baie de l'Aiguillon												
	068 Chatelaillon - Ile d'Aix												
	070 Nord Marennes Oléron												
	071 Sud Marennes Oléron												
077 Bassin d'Arcachon													
<b>Méditerranée</b>	081 Côte Audoise												
	083 Etang de Salses - Leucate												
	087 Etang de Thau												
	088 Côte Languedocienne												
	089 Etangs Palavasiens												
	094 Golfe de Fos												
100 Rade de Toulon						■							

■ toxines PSP en quantité dangereuse, détectées sur deux ou plusieurs années

■ toxines PSP en quantité dangereuse, détectées sur une année seulement

*les cas pour lesquels la nature des toxines est douteuse (cf. tableau 8) ont été éliminés*

Il ne s'agit que d'un artefact lié au stockage des données : en effet, dans l'ancienne base de données, une valeur était obligatoirement saisie pour *Dinophysis*, alors que ce n'était pas le cas pour *A. minutum*. Pour les résultats transférés de cette base, l'absence de *Dinophysis* correspond à une valeur zéro alors que l'absence d'*A. minutum* correspond à une valeur manquante. Avec la mise en service de QUADRIGE, un nouveau mode de saisie a été défini, avec une liste minimum de taxons à renseigner.

Les résultats correspondant à l'absence d'*A. minutum* (résultat = 0) n'apparaissent pas ou peu sur les cartes 14 et 15 (alors que les résultats correspondant à l'absence de *Dinophysis* apparaissent sur les cartes concernées).

Quoiqu'il en soit, le réseau de points de prélèvement étant le même pour toutes les espèces, l'absence de résultats sur les cartes annuelles d'*A. minutum* correspond bien à une réelle absence de cette espèce dans les zones concernées. L'examen des cartes montrerait donc une « propagation » d'*A. minutum* des côtes de Bretagne vers l'ensemble du littoral atlantique, et son apparition en Méditerranée. Cette interprétation est toutefois à nuancer fortement : en effet, *A. minutum* est une espèce très difficile à déterminer puisque, pour être fiable, son identification nécessite une dissection sous microscope. Il est donc fort probable que **l'extension observée sur les cartes reflète en grande partie l'augmentation de la capacité des observateurs à identifier cette espèce**, les observations antérieures pouvant tout à fait avoir été stockées, dans QUADRIGE, sous le genre *Alexandrium* sp., ou bien même sous d'autres genres, puisque le genre *Alexandrium* peut être confondu avec *Fragilidium*, *Kryptoperidinium*, voire même avec *Protoperidinium* (NÉZAN & PICLET, 1996).

Depuis 1988, indépendamment des épisodes de toxicité PSP, *Alexandrium minutum* :

- est **très régulièrement** observé en Bretagne-Nord-Ouest : à forte concentration en baie de Morlaix, à des concentrations variables dans les abers,
- est observé **plus épisodiquement** et à faible concentration, sur les côtes de Bretagne Ouest et Sud,
- est observé **depuis 1993** en Poitou-Charentes et en Aquitaine,
- est **plus rarement** observé en Méditerranée (à noter un bloom exceptionnel en 1990 en rade de Toulon, qui ne s'est jamais renouvelé).

La carte 16 donne une vision globale de l'importance du nombre d'observations d'*Alexandrium minutum* sur la période 1988-1995. Cette représentation est à pondérer par l'effort d'échantillonnage qui peut être différent d'un bassin à l'autre : le tableau 7, dans lequel les cases vides correspondent à l'absence de prélèvements sur le bassin et l'année concernés, donne une indication sur cet effort d'échantillonnage.

Dans le tableau 8, seuls les bassins ayant fait l'objet de prélèvements ont été représentés : la plupart ont été échantillonnés en eau et en coquillages, mais certains bassins ont seulement des résultats *A. minutum* (eau), ou seulement des résultats PSP (coquillages).

Le tableau 8 détaille, par bassin et par mois, la concentration maximale d'*A. minutum* dans l'eau, et la toxicité PSP maximale dans les coquillages, enregistrées durant le mois. Ces deux résultats peuvent ne pas avoir été observés simultanément (c'est-à-dire le même jour, ni la même semaine) : il n'est donc pas possible de déduire de ce tableau une quelconque relation entre concentration d'*A. minutum* dans l'eau et le niveau de toxicité dans les coquillages.

Le tableau 8 montre que la présence d'*A. minutum* n'induit pas systématiquement la présence de toxines : contrairement à *Dinophysis*, *A. minutum* ne s'est pas révélé toxique à faible concentration. A l'inverse, la présence de toxines PSP n'est quasiment jamais observée en l'absence d'*A. minutum*. Il existe néanmoins quelques cas de mise en évidence de toxines PSP, en faible quantité, voire à des quantités légèrement supérieures au seuil santé publique, en l'absence d'*A. minutum* : ces cas douteux recoupent généralement ceux qui sont recensés dans le tableau 4 et explicités dans le chapitre 2.3., pour lesquels la forte toxicité observée lors des tests souris n'a pas pu être expliquée par les quantités mesurées de toxines DSP et/ou PSP.

Seule la baie de Morlaix est affectée de façon récurrente par des épisodes toxiques PSP. Deux autres zones ont été touchées ponctuellement : les abers (deux fois) et la rade de Toulon (une fois).

Le tableau 10 ne prend pas en compte les résultats recensés dans le tableau 8, pour lesquels la nature des toxines est douteuse.

Les tableaux 9 et 10 montrent que :

- dans les deux zones « sensibles », baie de Morlaix et abers, *A. minutum* peut être observé une grande partie de l'année, excepté l'hiver, mais les épisodes toxiques sont restreints à l'été,
- sur les côtes de Bretagne-Sud, *A. minutum* est observé principalement en juin et juillet,
- sur le reste du littoral atlantique, *A. minutum* est observé principalement en juin.



Les informations concernant les interdictions de vente des coquillages, suite à la présence de toxines PSP, sont traitées dans le chapitre 2.4.1.

**Les graphiques 2** illustrent, pour les deux bassins touchés, le niveau de toxicité PSP observé dans les coquillages en fonction de la concentration en *A. minutum* dans l'eau. Ces deux paramètres étant rarement mesurés le même jour, les données prises en compte pour ces graphiques sont celles qui sont acquises **la même semaine**, sur les points d'un même bassin. Si deux résultats existent la même semaine pour le même paramètre (par exemple des résultats *A. minutum* sur deux ou plusieurs points du bassin, ou bien des résultats toxicité sur des espèces différentes de coquillages), c'est **le résultat maximum sur le bassin qui est gardé pour chacun des paramètres**.

Les résultats toxicité peuvent concerner des coquillages variés : ceux ci sont indiqués dans le titre de chaque graphique.

Les résultats de toxicité PSP (en  $\mu\text{g}$  d'équivalent-saxitoxine par 100 g de chair) sont répartis en trois classes, dont les limites sont le seuil santé publique (80  $\mu\text{g}$ ) et le seuil de détection (38.5  $\mu\text{g}$ ). Les trois classes sont donc :

- résultat > seuil santé publique  
⇒ toxines présentes en **quantité dangereuse**
- seuil détection < résultat < seuil santé publique  
⇒ toxines présentes en **faible quantité**
- résultat < seuil détection  
⇒ **absence** de toxines

Le premier graphique montre clairement qu'il est nécessaire d'atteindre une concentration en *A. minutum* **au moins égale à 100 000 cellules par litre**, pour observer la présence de toxines PSP en quantité dangereuse. Néanmoins, une faible quantité de toxines peut être observée avec seulement quelques milliers de cellules par litre, mais la plupart du temps, cela correspond à la fin de l'épisode toxique : quand *A. minutum* diminue ou disparaît de la masse d'eau, les coquillages se décontaminent, mais l'élimination des toxines n'est pas immédiate.

Il est par contre difficile de conclure sur le 2<sup>ème</sup> graphique puisque, pour les deux années concernées, les données disponibles ne représentent que la phase de décontamination.

### **Conclusion**

Actuellement, seule une petite partie du littoral de Bretagne-Nord est régulièrement affectée par des proliférations d'*A. minutum*, mais les concentrations cellulaires doivent être fortes (quelques dizaines ou centaines de milliers de cellules par litre) pour que la présence de toxines PSP soit observée dans les coquillages. Ces épisodes toxiques ont lieu en fin de printemps et en été.



## 2.3. Cas particulier des épisodes de toxicité atypique

L'utilisation, jusqu'à 1996, d'une méthode non spécifique des toxines DSP (extraction des toxines avec de l'acétone, cf. chapitre 2.1.3.) a conduit à plusieurs reprises de 1992 à 1996, à la mise en évidence d'épisodes de toxicité dite « atypique ». En effet, les conditions de mort des souris (temps de survie très court –quelques minutes– et symptômes neurologiques) étaient très différents de ceux habituellement observés en présence de toxines DSP (temps de survie généralement supérieur à 30 minutes, et absence de symptômes neurologiques).

La recherche des toxines responsables de ces épisodes a fait l'objet d'études menées par AMZIL *et al.* (1996) et AMZIL (1997), et dont les conclusions sont résumées ci dessous.

### **Antifer, estuaire de la Seine et baie de l'Orne (bassins 010, 011 et 012)**

#### ***juillet et août 1994***

Les faibles quantités d'acide okadaïque détectées dans les coquillages n'expliquent pas la forte toxicité sur souris, ni les symptômes neurologiques. Les résultats des tests souris PSP sont négatifs. La présence d'une substance neurotoxique indéterminée est soupçonnée, mais les investigations ne peuvent être poursuivies faute de matériel contaminé. Toutefois, les analyses effectuées montrent que cette substance n'a pas les mêmes caractéristiques que celles détectées sur les autres sites (voir ci dessous).

### **Rivière d'Auray et golfe du Morbihan (bassins 053 et 054)**

#### ***juin et juillet 1994***

Les tests souris spécifiques DSP (extraction dichlorométhane) sont négatifs. Les tests souris PSP sont négatifs, mais un résultat est très légèrement supérieur au seuil de détection. Les investigations ne peuvent être poursuivies faute de matériel contaminé.

**Vendée nord, Olonne, Pertuis breton, Chatellaillon-île d'Aix, nord Marennes-Oléron (bassins 062, 063, 065, 068 et 070)**

***novembre 1992 à février 1993***

Les premières analyses effectuées sur les coquillages du Pertuis breton montrent une absence de toxines DSP, et la présence de toxines PSP en faible quantité<sup>7</sup>. L'épisode s'est ensuite étendu aux bassins voisins (062, 063, 068, 070), avec présence de toxines PSP en faible quantité. En février 1993, deux tests PSP donnent des résultats positifs, avec un maximum de 119 µg d'équ. STX par 100 g de chair.

**Côte océane, bassin d'Arcachon, côte landaise et côte basque (bassins 076, 077, 078 et 079)**

***décembre 1992 à février 1993***

***janvier et février 1994***

***décembre 1994 et janvier 1995***

L'analyse de coquillages prélevés dans le bassin d'Arcachon en janvier 1994, montre que la présence de traces<sup>8</sup> de toxines PSP explique à elle seule la toxicité observée sur souris : l'extraction acétone à partir des glandes digestives des coquillages concentre en effet de façon extrêmement importante les toxines PSP, mais ce test n'est pas valide pour les quantifier. L'origine de ces traces de toxines PSP, qui sont donc en quantité totalement inoffensive pour les consommateurs de coquillages, n'est pas connue à ce jour, mais fait l'objet de recherches en cours (AMZIL, 1997). Le phénomène s'est également produit dans les bassins voisins (076, 078 et 079) avant et après cet épisode.

**Etang de Salses-Leucate (bassin 083)**

***mai et juin 1993***

***mai et juin 1994***

***mai et juin 1995***

Les analyses effectuées montrent une absence de toxines DSP les trois années, des traces de toxines PSP en 1993 et une absence de toxines PSP en 1994 et 1995. La substance toxique en cause est donc une neurotoxine indéterminée, dont l'élucidation structurale est en cours.

<sup>7</sup> toxines PSP en **faible quantité** : la concentration est comprise entre le seuil de détection (40 µg) et le seuil santé publique (80µg)

<sup>8</sup> **traces** de toxines PSP : la concentration est inférieure au seuil de détection (40 µg)

**Rade de Toulon (bassin 100)*****mars à mai 1993******novembre 1993 à mai 1994***

Les analyses effectuées durant l'hiver 1993 – 1994 montrent une absence de toxines DSP, et la présence de toxines PSP, soit à l'état de traces, soit en faible quantité (en particulier pendant un épisode antérieur en mars et avril 1993). Mais la toxicité de la chair des coquillages, alors que dans les autres cas seule la glande digestive était toxique, laisse à penser qu'une autre substance neurotoxique indéterminée est également présente. L'intoxication par voie orale de souris montre que cette substance est toxique au niveau du système nerveux central et capable de passer la barrière intestinale. Le principe actif est thermostable et stable dans le temps.

## 2.4. Secteurs fermés

Les résultats des observations et analyses liées à des proliférations d'espèces toxiques sont systématiquement transmis aux préfetures de département et de région, et aux directions départementales et régionales des affaires maritimes (DDAM et DRAM), ainsi qu'à différents partenaires de l'Ifremer : administrations (DDASS<sup>9</sup> et DRASS<sup>10</sup>, DSV<sup>11</sup>, DDE<sup>12</sup>, Centres anti-poison, etc) et professionnels de la conchyliculture (CNC<sup>13</sup>, SRC<sup>14</sup>, etc).

En cas de présence de phycotoxines en quantité dangereuse dans les coquillages, le préfet du département concerné (ou le directeur départemental des affaires maritimes par délégation du préfet) prend immédiatement un **arrêté d'interdiction de commercialisation et de ramassage** des coquillages situés dans la zone incriminée. Cette décision dite de « **fermeture de secteur** », résulte de modalités convenues entre l'Ifremer et les administrations départementales :

- les résultats acquis sur un ou plusieurs points de prélèvement sont représentatifs d'un secteur, qui est très généralement le bassin, au sens de la base de données QUADRIGE. Certains cas particuliers conduisent à un découpage plus détaillé, qui fait l'objet d'un accord entre la DDAM et le laboratoire côtier de l'Ifremer concerné : c'est le cas pour les grands bassins, par exemple la baie de Vilaine (bassin 057), découpée en plusieurs secteurs. Des règles particulières sont également appliquées quand une zone comporte des gisements de coquillages autres que les moules, et/ou des gisements au large : ceux ci peuvent être exclus ultérieurement de l'interdiction si les coquillages en question se révèlent non toxiques,
- **tout test « positif » (toxines présentes en quantité dangereuse) donne lieu à une fermeture,**

<sup>9</sup> direction départementale de l'action sanitaire et sociale

<sup>10</sup> direction régionale de l'action sanitaire et sociale

<sup>11</sup> direction des services vétérinaires

<sup>12</sup> direction départementale de l'équipement

<sup>13</sup> comité national de la conchyliculture

<sup>14</sup> sections régionales de la conchyliculture

- la **réouverture** du secteur n'est **prononcée qu'après deux tests consécutifs « négatifs »** (absence de toxines) ou « négatifs, mais présence de toxines en faible quantité ». Ces deux tests doivent être séparés d'une semaine,
- les décisions de fermeture et de réouverture sont **basées sur les quantités de toxines dans les coquillages**, et non sur les concentrations des espèces toxiques dans l'eau. Cependant, l'indication d'une diminution des concentrations dans l'eau est nécessaire pour valider la décision de réouverture.

Les cas douteux –présence de toxines dites « atypiques »-, recensés dans les tableaux 4 et 8, ont fait l'objet entre 1992 et 1995 de quelques fermetures administratives, basées sur un principe de précaution. Ces fermetures sont recensées en annexe 5.



### 2.4.1. Les fermetures pour phycotoxines de 1984 à 1995

---

Tome 1

Tome 2

- Les cartes 17 à 19 illustrent les portions de littoral affectées par des fermetures, de 1984 à 1995 : bassins touchés, par an
  - La carte 20 résume l'ensemble de la période 1984-1995 : bassins touchés, une fois ou plusieurs fois
    - pour l'ensemble de ces cartes, le bassin est dessiné dans sa totalité, même si le secteur réellement fermé n'en représente qu'une partie
  - Le tableau 11 détaille, par année, les caractéristiques des secteurs fermés : description, dates, motif, durée
    - les secteurs fermés pour cause de PSP sont grisés
  - Le tableau 12 est un synoptique de l'ensemble des bassins touchés, par an
  - Le graphique 3 illustre la durée cumulée de fermeture, par bassin, sur la période 1984-1995
  - L'annexe 5 récapitule les fermetures prononcées pour des raisons autres que DSP ou PSP (toxicité atypique)
-

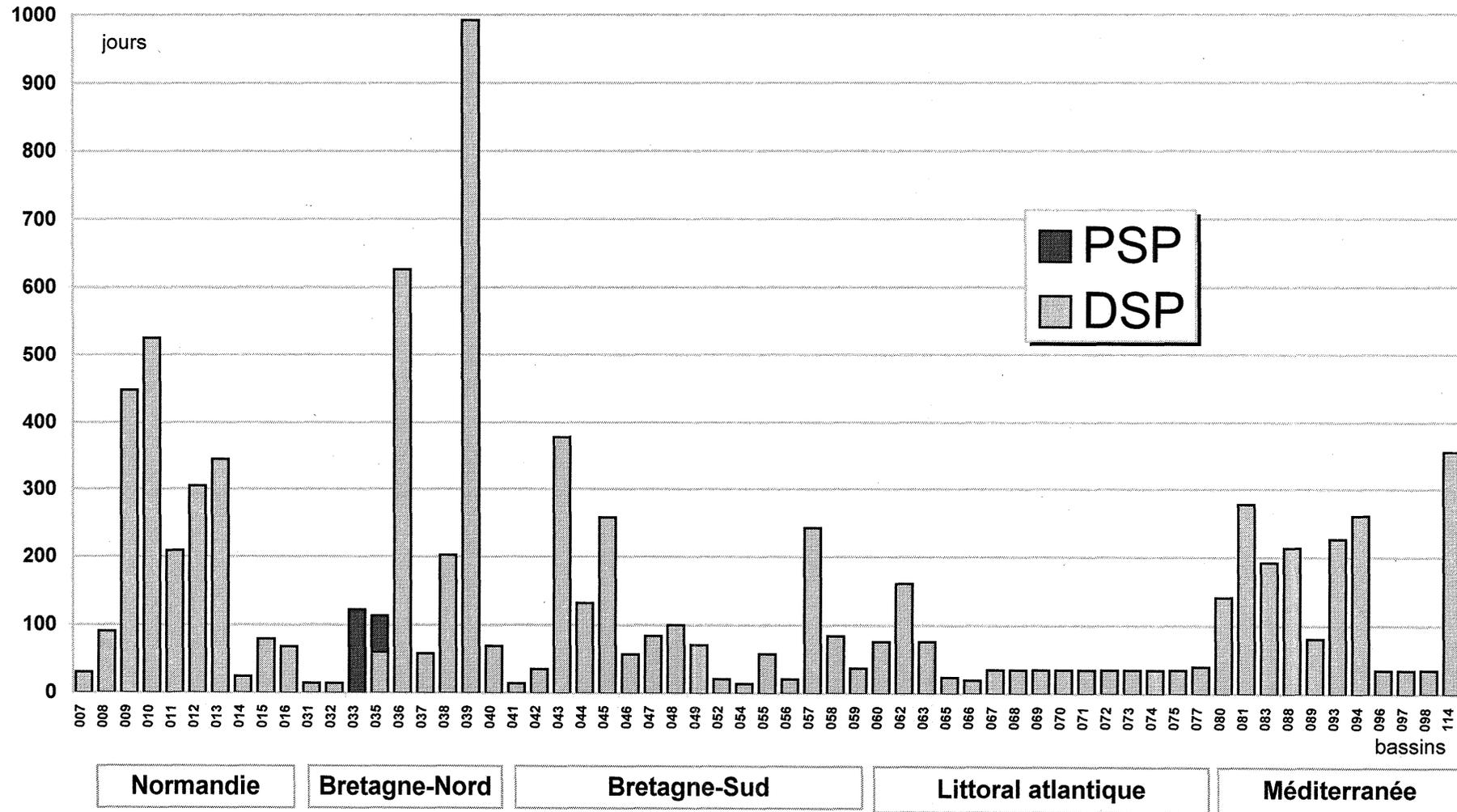
**Tableau 12 : secteurs fermés pour cause de  toxicité DSP  toxicité PSP**

Bassin	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Durée DSP	Durée PSP
007													30	
008													90	
009													448	
010													525	
011													209	
012													305	
013													345	
014													24	
015													79	
016													68	
031													14	
032													14	
033														122
035													60	53
036													626	
037													58	
038													202	
039													992	
040													69	
041													14	
042													35	
043													378	
044													132	
045													258	
046													57	
047													84	
048													100	
049													71	
052													21	
054													14	
055													58	
056													21	
057													243	
058													84	
059													37	
060													76	
062													161	
063													76	
065													24	
066													20	
067													35	
068													35	
069													35	
070													35	
071													35	
072													35	
073													35	
074													35	
075													35	
077													40	
080													141	
081													278	
083													192	
088													214	
089													81	
093													227	
094													261	
096													35	
097													35	
098													35	
114													356	
<b>Nombre de bassins touchés</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		

La durée, cumulée sur l'ensemble de la période 1984-1995, est indiquée en nombre de jours

Graphique 3 : durée cumulée de fermeture, par bassin, sur la période 1984-1995

(en jours)



Normandie

Bretagne-Nord

Bretagne-Sud

Littoral atlantique

Méditerranée

Depuis 1984, **une quinzaine de bassins sont touchés en moyenne par an, par une fermeture** affectant une partie ou la totalité du bassin. Les fermetures pour cause de présence de toxines DSP sont beaucoup plus fréquentes que celles qui sont liées aux toxines PSP, puisque ces dernières n'ont affecté au maximum que deux bassins par an.

Quelques années sont particulièrement sévères en terme de nombre de bassins touchés : ce sont les années 1986 à 1990. Depuis, on constate une certaine stabilisation.

Certains bassins sont particulièrement touchés par des **durées de fermeture longues** : c'est le cas d'Antifer (bassin 010) en Haute Normandie, qui a connu des durées de fermeture supérieures à deux mois durant cinq années. C'est également le cas pour la baie de Douarnenez (bassin 039) et la mer d'Iroise (bassin 036) en Bretagne-Ouest, touchées de façon récurrente et le plus souvent sur des périodes supérieures à deux mois : la baie de Douarnenez est l'unique bassin fermé systématiquement tous les ans. La plupart du temps, ces longues périodes de fermeture s'expliquent par une présence prolongée de *Dinophysis*, à des concentrations qui ne sont pas toujours très importantes, mais qui entretiennent la contamination des coquillages. Dans certains cas, néanmoins, des fermetures ont été prolongées longtemps après la disparition de *Dinophysis* dans l'eau. En 1989, par exemple, huit semaines ont été nécessaires pour que les moules des filières au large des côtes du Languedoc-Roussillon se décontaminent, alors que *Dinophysis* n'était plus présent dans l'eau. Ceci pourrait s'expliquer par le stress subi par les coquillages du fait d'un environnement pauvre en nutriments : une étude comparative réalisée par MARCAILLOU-LE BAUT *et al.*, (1990) avait montré qu'un lot de moules toxiques se décontaminait beaucoup plus lentement s'il était immergé dans un milieu naturellement pauvre, que s'il était soumis en laboratoire à des apports réguliers en phytoplancton non toxique.



### 3. Espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine

Tome 1

Tome 2

- La carte 21 illustre les cas de mortalités d'animaux marins : nombre d'occurrences sur la période 1984-1995, par bassin
- Le tableau 13 détaille ces cas de mortalités, par an et par bassin

Certaines espèces phytoplanctoniques sont dangereuses pour les organismes marins. D'après BRUSLÉ (1995), une soixantaine d'espèces, appartenant à six classes différentes, ont déjà été impliquées dans le monde dans des proliférations mortelles pour les poissons, avec des modes d'action qui sont de trois types :

- **privation d'oxygène** : la prolifération rapide, suivie de la mortalité et de la décomposition massive de la population phytoplanctonique, conduit à une hypoxie voire une anoxie du milieu,
- **lésions mécaniques** des branchies, accompagnées d'une hypersécrétion de mucus, provoquant des troubles respiratoires,
- **effets toxiques** par les toxines produites par certaines espèces (neurotoxines, hépatotoxines, hémolysines, cytotoxines ou ichthyotoxines).

Le recensement des cas de mortalités d'animaux marins enregistrés en France depuis 1984 (tableau 13), montre que l'un ou l'autre de ces trois modes d'action a été effectivement mis en cause lors de ces épisodes. Les poissons sont touchés, en particulier les poissons d'élevage, mais aussi les coquillages et d'autres organismes marins.

Les différentes espèces phytoplanctoniques associées à ces mortalités sont successivement passées en revue, qu'elles soient ou non toxiques : en premier lieu, les espèces appartenant aux genres *Gymnodinium* et

*Gyrodinium*, puis une autre espèce appartenant aux Dinophycées, enfin deux espèces n'appartenant ni aux Dinophycées ni aux Diatomées. Les espèces potentiellement toxiques et présentes en France seront également évoquées.

### 3.1. *Gymnodinium* et *Gyrodinium*

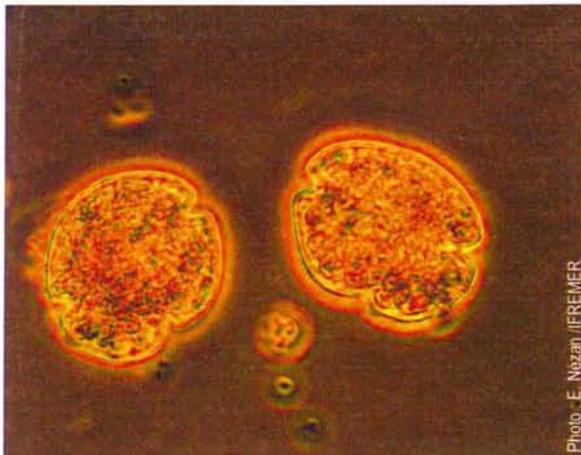
---

Tome 1

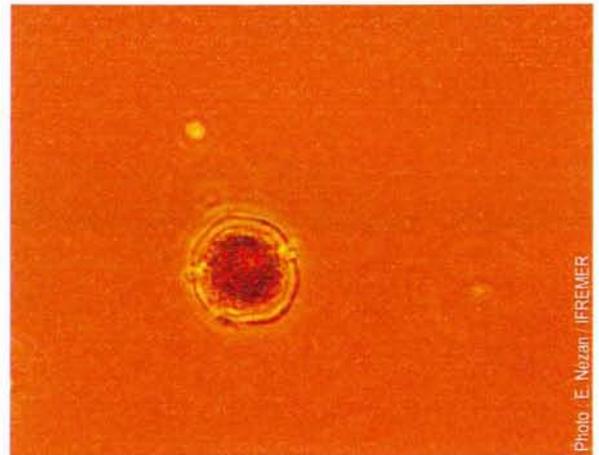
Tome 2

- La planche 3 comporte des photos de différentes espèces de *Gymnodinium* et *Gyrodinium*
  - L'annexe 6 récapitule le nombre d'occurrences des différentes espèces de *Gymnodinium* et de *Gyrodinium*, par année, puis par site
-

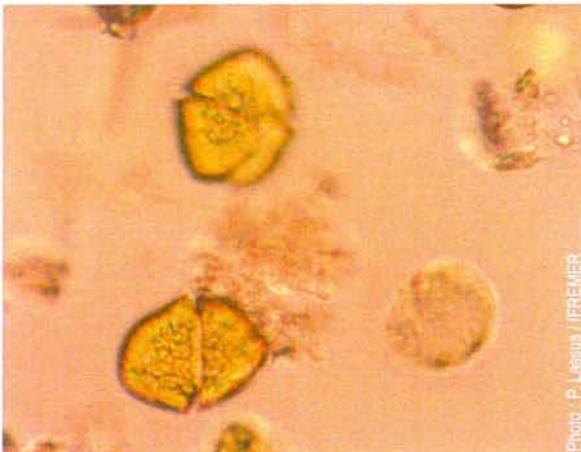
## Planche 3



*Gymnodinium cf. nagasakiense*  
(échantillon lugolé)



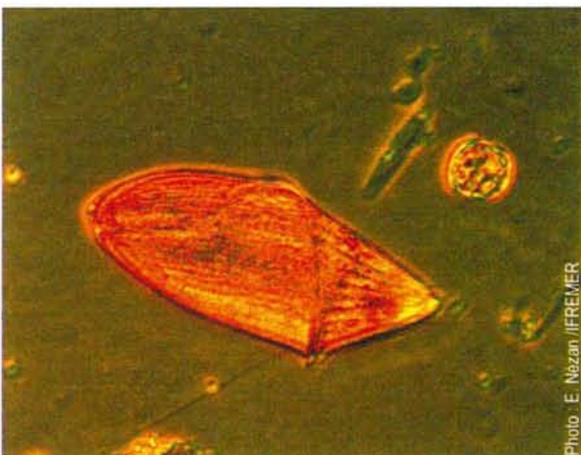
*Gymnodinium chlorophorum*  
(échantillon lugolé)



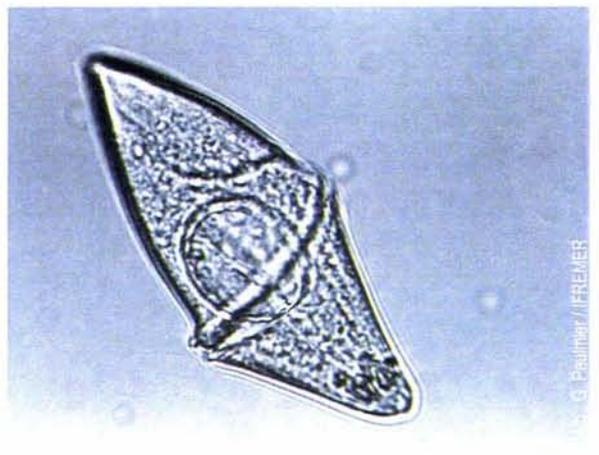
*Gymnodinium chlorophorum*  
(échantillon non fixé)



*Gymnodinium chlorophorum*  
(échantillon non fixé - M.I.)



*Gyrodinium spirale* ou *G. britannicum*  
(échantillon non fixé)



*Gyrodinium spirale* ou *G. britannicum*  
(échantillon non fixé)

Les genres *Gymnodinium* et *Gyrodinium* appartiennent tous deux à la famille des Gymnodiniaceae, ordre des Gymnodinales, classe des Dinophycées (ou dinoflagellés).

Le genre *Gymnodinium* compte environ 200 espèces, et le genre *Gyrodinium* environ 100 espèces. La différenciation entre les deux genres est parfois arbitraire (SOURNIA, 1986). **Quelques unes de ces espèces sont toxiques** (UNESCO, 1996) :

- *Gymnodinium breve* (= *Ptychodiscus brevis*) : **NSP<sup>15</sup>** et **mortalités** d'organismes marins
- *Gymnodinium catenatum* : **PSP**
- *Gymnodinium nagasakiense* (= *Gymnodinium mikimotoi* = *Gyrodinium aureolum*), *Gymnodinium galatheanum*, *Gymnodinium splendens* (= *G. sanguineum*), *Gyrodinium flavum* : **mortalités** d'organismes marins

Les espèces présentes dans les eaux du littoral français sont (voir annexe 6) :

- principalement : *Gymnodinium nagasakiense* (= *Gymnodinium mikimotoi* = *Gyrodinium aureolum*), *Gyrodinium spirale*, et des espèces non identifiées de *Gymnodinium* (*Gymnodinium* sp.) et de *Gyrodinium* (*Gyrodinium* sp.),
- en faible proportion : *Gymnodinium splendens* (= *G. sanguineum*) et *Gymnodinium breve* (ou *G. cf breve*),
- de façon ponctuelle : *Gymnodinium catenatum*.

<sup>15</sup> Neurotoxic Shellfish Poison

### 3.1.1. *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*

#### 3.1.1.1. Taxonomie

Tome 1

Tome 2

➤ voir photo de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* en planche 3

*Gymnodinium* cf. *nagasakiense* Adachi & Fukuyo, est synonyme de, ou apparenté à :

- *Gyrodinium aureolum* Hulburt
- *Gymnodinium nagasakiense* Takayama & Adachi
- *Gymnodinium mikimotoi* Miyake & Kominami ex Oda

Le nom adopté dans le cadre du référentiel taxonomique de QUADRIGE tient compte de ces synonymies :

*Gymnodinium* cf. *nagasakiense* (= *Gymnodinium mikimotoi* = *Gyrodinium aureolum*)

Les cellules typiques de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* ont une taille comprise entre 25 et 37 µm, mais il existe une sous population de cellules de taille réduite (entre 16 et 26 µm).

#### 3.1.1.2. Répartition - Biologie - Ecologie

*G.* cf. *nagasakiense* est présent dans tous les océans. C'est l'un des dinoflagellés responsables d'eaux colorées les plus communs en Europe du Nord (Grande-Bretagne, Danemark, Scandinavie...). Ses proliférations sont généralement associées à des mortalités parfois massives d'organismes marins vertébrés (salmonidés sur les côtes anglaises,

irlandaises, écossaises et norvégiennes) ou invertébrés (CADOUR *et al.*, 1997).

D'après SOURNIA *et al.* (1991), *G. cf. nagasakiense* est une espèce essentiellement photo-autotrophe<sup>16</sup>. Les deux sous populations de grosses cellules et de petites cellules effectuent leur cycle indépendamment l'une de l'autre, mais elles appartiennent bien à une même population, car les petites cellules peuvent, dans certains cas, régénérer des grosses cellules. Des observations suggèrent qu'au cours d'une eau colorée, les grosses cellules apparaissent en premier, puis les petites cellules dominent en fin de phénomène, l'espèce ayant la capacité d'augmenter son taux de croissance par formation de petites cellules à forte prolifération. *G. cf. nagasakiense* est capable de supporter des conditions environnementales fluctuantes et contrastées : elle s'adapte à une large gamme de température, salinité et concentration en sels nutritifs.

La présence de *G. cf. nagasakiense* est notamment **signalée au niveau des zones frontales et dans les eaux stratifiées**. Ses proliférations sont souvent liées à une période de temps calme et chaud et à une faible turbulence de l'eau. A des concentrations supérieures à un million de cellules par litre, les blooms forment des **eaux colorées de couleur brun foncé à brun-rouge**. L'augmentation très rapide des concentrations cellulaires dans les zones de blooms peuvent s'expliquer en partie par des facteurs de concentration verticaux (migration des cellules) et horizontaux (courants, vents).

*G. cf. nagasakiense* est une espèce cultivable. Les études menées sur des cultures ont permis de montrer que la croissance de *G. cf. nagasakiense* dépend principalement de la régénération de la matière organique qui produit de l'ammonium et, semble t'il, des facteurs de croissance, et que son broutage par les copépodes est très limité (GENTIEN *in* BERLAND & LASSUS, 1997). *G. cf. nagasakiense* ne forme pas de kystes de résistance.

<sup>16</sup> qui élabore sa propre substance organique à partir d'éléments minéraux, par photosynthèse

### 3.1.1.3. Toxicité

Les effets nuisibles de *G. cf. nagasakiense* sont limités à une **action directe** sur les consommateurs primaires ou sur les espèces présentes sur le lieu du bloom. Ils portent sur une variété considérable d'espèces marines appartenant aux groupes suivants : éponges, cnidaires, ascidies, oursins, vers polychètes, mollusques bivalves et gastéropodes, crustacés, poissons, en particulier les poissons d'élevage ne pouvant fuir.

*G. cf. nagasakiense* produit des **substances cytotoxiques, hémolytiques** et agressives pour les membranes cellulaires. Les hémolysines ont une structure très proche des toxines de *Prymnesium parvum* et *Chrysochromulina polylepsis*, autres espèces connues dans le monde pour leurs conséquences néfastes sur les poissons. La production d'hémolysines par *G. cf. nagasakiense* varie fortement en fonction des conditions du milieu (SOURNIA *et al.*, 1991).

*G. cf. nagasakiense* secrète également du mucus qui, en diminuant la diffusion de l'oxygène au niveau des branchies, peut contribuer à la mort des poissons. Les concentrations nécessaires pour provoquer des mortalités varient entre 6 et 21 millions de cellules par litre (CADOUR *et al.*, 1997).

*G. cf. nagasakiense* provoque des **déformations irréversibles de la coquille des pectinidés** (ERARD-LE DENN *et al.*, 1990).

Les substances produites par *G. cf. nagasakiense* peuvent également inhiber la croissance de diatomées, renforçant ainsi sa dominance sur une grande partie des autres espèces phytoplanctoniques (GENTIEN *in* BERLAND & LASSUS, 1997).

Aucun cas d'intoxication consécutive à la consommation d'animaux ayant été au contact d'une prolifération de *G. cf. nagasakiense* n'a été enregistré dans le monde à ce jour.

Le test utilisé pour mettre en évidence la propriété qu'ont certaines substances de détruire les membranes cellulaires est décrit par ARZUL *et*

*al.* (1994b) : un échantillon d'eau de mer est mis en contact avec des hématies de mouton, et la capacité hémolytique de l'échantillon est calculée en « équivalents Unités Hémolytiques par litre ». Une variante de ce test sur des hématies de cheval est plus sensible (MARCAILLOU-LE BAUT *et al.* in BERLAND & LASSUS, 1997).

### 3.1.1.4. *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*. Résultats de la surveillance de 1987 à 1995

---

Tome 1

Tome 2

- Les cartes 22 à 24 illustrent l'évolution de la présence de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* sur le littoral français, de 1987 à 1995 : concentration maximale observée, par site et par an  
la carte 24 est plus grande que les autres car elle est représentative d'un épisode exceptionnel
  - La carte 25 résume l'ensemble de la période 1987-1995 : nombre d'occurrences de *G.* cf. *nagasakiense*, par bassin
  - Le tableau 14 reprend les données afférentes aux cartes ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour les cartes détaillées
  - Le tableau 15 illustre la répartition annuelle de *G.* cf. *nagasakiense*, par bassin et par mois
-

Tableau 15 : *Gymnodinium cf. nagasakiense*, répartition annuelle pour la période 1987-1995

		jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aoû	sep	oct	nov	déc
<b>Nord</b>	002 Baie de Wissant							■	■				
<b>Bretagne</b>	023 Baie du Mont St Michel							■	■				
	025 Arguenon – Fresnaye							■	■				
	027 Baie de St Brieuc							■	■				
	029 Paimpol – Trieux – Bréhat					■	■	■	■				
	032 Lannion – Locquirec					■	■	■	■				
	033 Baie de Morlaix					■	■	■	■				
	035 Les Abers					■	■	■	■				
	036 Iroise					■	■	■	■				
	037 Elorn					■	■	■	■				
	038 Aulne					■	■	■	■				
	039 Baie de Douarnenez				■	■	■	■	■				
	040 Baie d'Audierne				■	■	■	■	■				
	041 Iles de Glénan			■	■	■	■	■	■				
	042 Bénodet			■	■	■	■	■	■				
	043 Concarneau			■	■	■	■	■	■				
	044 Aven, Belon et Laïta			■	■	■	■	■	■				
	045 Rade de Lorient			■	■	■	■	■	■				
047 Rivière d'Étel			■	■	■	■	■	■					
049 Baie de Quiberon			■	■	■	■	■	■					
054 Golfe du Morbihan			■	■	■	■	■	■					
056 Rivière de Penerf			■	■	■	■	■	■					
057 Baie de Vilaine			■	■	■	■	■	■					
<b>Littoral atlantique</b>	059 Traicts du Croisic			■	■	■	■	■	■				
	060 Estuaire de la Loire			■	■	■	■	■	■				
	061 Baie de Bourgneuf			■	■	■	■	■	■				
	062 Vendée Nord			■	■	■	■	■	■				
	064 Les Sables - Le Payre			■	■	■	■	■	■				
	065 Pertuis Breton			■	■	■	■	■	■				
	068 Chatelaillon - Ile d'Aix			■	■	■	■	■	■				
070 Nord Marennes Oléron			■	■	■	■	■	■					
<b>Méditerranée</b>	093 Côte Camarquaise					■	■	■	■				
	094 Golfe de Fos					■	■	■	■				
	095 Berre Vaine					■	■	■	■				
	100 Rade de Toulon					■	■	■	■				
	105 Golfe de St Tropez					■	■	■	■				
<b>Corse</b>	114 Etangs de Diana – Urbino												

■ présence de *G. cf. nagasakiense* observée sur deux ou plusieurs années

Les résultats correspondant à l'absence de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* (résultat = 0) n'apparaissent pas sur les cartes annuelles. Ceci est lié au mode de saisie des données : l'absence de cette espèce correspond, sauf exceptions, à une valeur manquante et non à une valeur zéro. Le réseau de points de prélèvement étant le même pour toutes les espèces, l'absence de résultats sur les cartes de *G. cf. nagasakiense*, correspond bien à une réelle absence de cette espèce dans les zones concernées.

De 1987 à 1994, indépendamment des épisodes de mortalités, *G. cf. nagasakiense* :

- est **régulièrement** observé à des concentrations **importantes** en Bretagne-Ouest et Sud,
- est **régulièrement** observé à des concentrations **variables** en Provence-Alpes-Côte d'Azur (golfe de Fos, rade de Toulon) et en Corse (étangs de Diana et Urbino),
- est **très rarement** observé en Normandie et en Aquitaine,
- n'est **plus** observé depuis 1991 dans le Nord-Pas-de-Calais et en Picardie.

En 1995, un bloom exceptionnel a touché l'ensemble du littoral atlantique : une description détaillée en est faite ci dessous.

**Le tableau 15** montre que :

- en Manche et en Atlantique, *G. cf. nagasakiense* est le plus souvent observé de mai à septembre,
- en Méditerranée, il peut être observé toute l'année, particulièrement en Corse.

### ***Les épisodes toxiques à G. cf. nagasakiense*** (voir tableau 13, tome 2)

Des mortalités et inhibitions de croissance ont été observées sur les coquilles Saint-Jacques de la rade de Brest et des abers de 1976 à 1987, à la suite de proliférations de *G. cf. nagasakiense* (ERARD-LE DENN *et al.*, 1990). Les conséquences ont été, en particulier en 1983, 1985 et



1987 : des mortalités totales sur les jeunes stades, des mortalités partielles et des déformations sur les animaux de 15 à 40 mm, et des mortalités faibles mais notables sur les adultes avec des troubles du cycle sexuel et un retard de maturation de près de six mois.

Entre 1988 et 1994, il n'a été observé que peu de cas de mortalités associés à des proliférations de *G. cf. nagasakiense*.

### *L'épisode de l'année 1995 sur le littoral atlantique*

Les efflorescences de *G. cf. nagasakiense* ont atteint une **ampleur considérable**, autant par les **concentrations observées** (plusieurs millions de cellules par litre) que par leur **extension géographique** (de la rade de Brest jusqu'à Noirmoutier). Des mortalités d'animaux, sauvages ou d'élevage, ont été observées un peu partout : poissons, mollusques bivalves et gastéropodes, vers arénicoles, oursins, etc (voir tableau 13).

Les effets toxiques des substances produites par *G. cf. nagasakiense* ont été probablement amplifiés par l'anoxie du milieu, suite aux fortes concentrations phytoplanctoniques associées aux températures élevées et à la faible turbulence de l'eau (ARZUL, *comm.pers.*).

### **L'historique des événements fut le suivant :**

Les premières observations de *G. cf. nagasakiense* sont effectuées en baie de Concarneau fin mai, puis à l'écloserie du Tinduff (rivière de l'Aulne) et à Camaret. Les premières mortalités sont observées en baie de Douarnenez début juin : les tests hémolytiques réalisés sur l'eau se révèlent positifs (jusqu'à 8000 équivalents Unités Hémolytiques.l<sup>-1</sup>).

Mi-juin, *G. cf. nagasakiense* est présent sur tous les sites compris entre les abers et l'Aven-Belon. Les premières mortalités en écloserie touchent les coquilles Saint-Jacques : l'observation montre que les coquillages non nourris meurent moins vite que ceux qui sont alimentés. Des coquillages morts s'amoncellent sur les plages : un arrêté préfectoral d'interdiction de pêche et de ramassage de tous les coquillages est même prononcé le 22 juin pour les baies de Douarnenez et de Concarneau, en raison de la

présence conjointe de *G. cf. nagasakiense* et de *Dinophysis* (cf. annexe 5). Dans les bassins conchylicoles insubmersibles aérés par bullage, la mortalité est presque totale. Par contre, la réimmersion des coquillages en bassin non oxygéné ou sur parc semble stopper les mortalités. Un essai d'irradiation aux UV donne des résultats négatifs.

Fin juin et début juillet, les proliférations diminuent sur la côte sud du Finistère, mais augmentent sur la façade ouest, avec extension vers le nord. Une grande partie du littoral du Morbihan et du nord de la Loire Atlantique est également touchée, et les concentrations commencent à augmenter au nord de la Vendée.

Début juillet : *G. cf. nagasakiense* est présent sur l'ensemble du littoral compris entre les départements du Finistère et de Charente-Maritime.

Mi-juillet, la situation commence à s'améliorer.

#### Les conséquences de cet épisode ont donc été :

- d'importantes mortalités de poissons (sauvages et d'élevage) et de divers autres animaux,
- pour les coquillages de pêche (toutes espèces) : une altération du processus de la reproduction saisonnière estivale, avec baisse sinon absence de la classe d'âge 1995,
- pour les élevages de moules : un manque à gagner de deux ou trois ans,
- pour les élevages d'huîtres plates : un captage fortement compromis,
- pour les coquilles Saint-Jacques : une absence de production de postlarves en éclosion, avec des conséquences sur l'activité de pré-élevage.

Les constats de mortalités ont montré que les différentes espèces de bivalves n'ont pas eu la même sensibilité aux toxines de *G. cf. nagasakiense*. Il semblerait y avoir eu une sensibilité croissante, chez les bivalves, dans l'ordre :

huîtres creuses → moules → huîtres plates → coquilles Saint Jacques, palourdes, coques

Par ailleurs, les jeunes stades, et en particulier les stades larvaires, ont été les plus affectés.

Les nuisances pour les vacanciers se sont limitées aux odeurs pestilentielles dégagées par la matière organique en décomposition. Aucune mortalité d'oiseaux marins n'a été signalée, suite à la consommation d'animaux contaminés.

**En conclusion, les recommandations qui pourraient être données si un épisode de ce type se renouvelait, sont :**

- ne pas entreposer les coquillages dans des bassins insubmersibles aérés, car les mortalités y sont accélérées : l'oxygénation favorise en effet l'action des toxines produites par *G. cf. nagasakiense*,
- ne pas transférer les coquillages d'une zone touchée à une zone indemne : il semble que le stress supplémentaire infligé à des coquillages déjà affaiblis, accroisse encore les mortalités,
- ne pas oxygéner non plus les bassins d'élevage des poissons ; l'action néfaste d'un surplus d'oxygène serait liée à l'augmentation du métabolisme en présence d'oxygène,
- arrêter immédiatement le nourrissage des poissons et, quand c'est possible, immerger les cages en profondeur.

### **3.1.2. *Gymnodinium* sp.**

Une espèce de *Gymnodinium* possédant les caractéristiques morphologiques de *G. cf. nagasakiense* fut impliquée dans un épisode de mortalités de poissons d'élevage dans l'étang de Diana (Corse) en 1993 (voir tableau 13).

D'après BODENNEC *et al.* (1994), et ARZUL *et al.* (1994a), la prolifération de l'espèce a été quasiment monospécifique. La diminution de la température de l'eau début octobre, suite à un brassage des eaux superficielles, a coïncidé avec une augmentation brutale de la population phytoplanctonique. Deux types de cellules végétatives co-existaient dans les échantillons : de grandes cellules (25 à 30 µm) en début de bloom, de petites cellules (15 à 20 µm) en fin de bloom.



Les analyses histologiques ont montré que les branchies présentait **un aspect congestif, voire hémorragique**. Les résultats des tests hémolytiques effectués sur l'eau de mer n'ont pas montré d'activité hémolytique significative. Les bioessais sur diatomées, pour la mise en évidence de l'action allélopathique de la toxine sur les compétiteurs algaux de *Gymnodinium*, ont mis en évidence un effet inhibiteur de l'eau de mer sur la croissance de *Chaetoceros gracile*. Les tests sur larves de coquilles Saint-Jacques ont montré que la toxicité ne se manifestait que lorsque les cellules de *Gymnodinium* sont ingérées par les larves, et non par simple contact ; en dehors de l'effet létal, les larves vivantes présentaient un retard de croissance des coquilles. Enfin, l'analyse chromatographique des acides gras intra et extra cellulaires a identifié la **présence des marqueurs acides gras polyinsaturés de *G. cf. nagasakiense*** (BODENNEC *et al.*, 1994 ; ARZUL *et al.*, 1994a).

### 3.1.3. *Gymnodinium chlorophorum*

Tome 1

Tome 2

- voir photos de *Gymnodinium chlorophorum* en planche 3
- La carte 26 illustre l'ensemble de la période 1985-1995 : concentration maximale de *G. chlorophorum*, par site
- Le tableau 16 reprend les données afférentes à la carte ci dessus, avec le détail par bassin
  - pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour la carte

En 1988, des proliférations très importantes formant des **eaux colorées d'un vert très intense** ont été observées sur une grande partie du littoral atlantique. L'espèce en cause fut identifiée comme une espèce du genre *Gymnodinium*, différente de toutes les espèces décrites jusqu'alors. De telles eaux colorées, mais de moindre ampleur, ayant déjà été répertoriées en baie de Seine et sur le littoral atlantique depuis 1982, l'espèce fut nommée provisoirement ***Gymnodinium* « sp. 1982 »** (SOURNIA *et al.*, 1992), parfois aussi appelée « *Gymnodinium vert* ».

Durant l'été 1990, une eau verte fut observée en Allemagne (Helgoland, mer du Nord), suite à la prolifération d'une espèce de dinoflagellé vert, très proche mais cependant différente des espèces suivantes : *Lepidodinium viride* Watanabe *et al.*, *Gyrodinium corsicum* (cf. chapitre 3.1.4.), et le complexe *Gymnodinium cf. nagasakiense*. Cette espèce fut considérée **comme identique donc synonyme du *Gymnodinium* « sp. 1982 » français**, et fut décrite comme ***Gymnodinium chlorophorum*** (ELBRÄCHTER & SCHNEPF, 1996).

Ce nom est désormais adopté dans le référentiel taxonomique de QUADRIGE sous la forme :

***Gymnodinium chlorophorum* (= *Gymnodinium* « sp. 1982 »).**

En réalité, les résultats antérieurs à 1996 n'ont pas été saisis sous le nom *Gymnodinium chlorophorum* et restent actuellement confondus avec toutes les espèces de *Gymnodinium* non identifiées : *Gymnodinium* sp. (cf. annexe 6).

La coloration verte de l'eau due à des Dinophycées est assez exceptionnelle, même si plus de 50 espèces d'entre elles sont décrites avec des chloroplastes verts : en effet, certains auteurs confondent « couleur verte » et « présence de chloroplastes », et d'autres ne différencient pas entre vert et bleu-vert (ELBRÄCHTER & SCHNEPF, 1996). La coloration verte de *Gymnodinium chlorophorum* est due à un contenu en pigments tout à fait atypique pour une espèce de Dinophycée : la quantité importante de chlorophylle b la rapproche en effet des Chlorophycées (SOURNIA *et al.*, 1992).

D'après SOURNIA *et al.* (1992), c'est une espèce qui a une **distribution typiquement côtière**. Ses proliférations semblent **corrélées aux apports fluviaux** (l'hiver précédant le bloom de 1988 a été particulièrement pluvieux en Bretagne-Sud, Vendée et Charente). Un stade enkysté est décrit.

Sur le littoral français, des eaux vertes ont été observées :

- en baie de Seine, en 1989 et 1990,
- sur le littoral atlantique entre Quiberon et la Loire, en 1982, de 1986 à 1989, et en 1991,
- sur le littoral atlantique entre la Loire et Oléron, en 1982, 1983, de 1985 à 1989, et en 1991.

Entre 1993 et 1995, aucune observation de *Gymnodinium chlorophorum* n'a été enregistrée. Cette espèce n'a pas été observée en Méditerranée.

En 1988 et 1991, des mortalités ont été enregistrées durant les blooms (voir tableau 13), mais les effets nocifs sur la faune marine sont considérés



comme indirects (anoxie suite aux fortes proliférations) : **il ne s'agit donc pas d'une espèce toxique.**

### 3.1.4. *Gyrodinium corsicum*

En avril 1994, une **eau verte** et des **mortalités de poissons** (voir tableau 13) ont été observées dans l'étang de Diana (Corse), suite à la prolifération importante d'une espèce de *Gyrodinium* non connue à ce jour. Cet épisode a duré environ trois semaines. L'espèce en cause a été décrite comme *Gyrodinium corsicum* (PAULMIER *et al.*, 1995).

D'après PAULMIER *et al.* (1995), cette espèce est différente de *Gymnodinium chlorophorum* (= *Gymnodinium* « sp. 1982 ») qui forme également des eaux vertes (voir chapitre 3.1.3.). Elle est également différente de l'espèce qui avait proliféré dans le même étang en 1993 (*Gymnodinium* sp., voir chapitre 3.1.2.) : les substances identifiées dans cette dernière, semblables à celle de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*, n'ont pas été retrouvées dans *Gyrodinium corsicum*. La présence de chloroplastes verts suggère une nutrition autotrophe.

Tous les tests de toxicité effectués (hémolytiques, allotoxiques, et analyses chromatographiques pour la recherche des acides gras) se sont révélés négatifs : **les mortalités de poissons** ne seraient pas *a priori* liées à la production de toxines, mais **seraient la conséquence d'une asphyxie.**

### 3.1.5. *Gyrodinium spirale*

Tome 1

Tome 2

- voir photos de *Gyrodinium spirale* en planche 3
- La carte 27 illustre l'ensemble de la période 1987-1995 : concentration maximale de *Gyrodinium spirale*, par site
- Le tableau 17 reprend les données afférentes à la carte ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour la carte

En 1985, des mortalités importantes de coquillages ont été observées dans l'étang de Thau (Languedoc) lors du développement d'une espèce de *Gyrodinium* : *Gyrodinium spirale* (Bergh) Kofoid & Swezy (voir tableau 13). Les mortalités observées étaient de type mosaïque.

D'après LASSUS & BELIN in SOURNIA *et al.* (1991), il s'agit d'une espèce de grande taille (40 à 200  $\mu\text{m}$ ), non chlorophyllienne, et essentiellement phagotrophe<sup>17</sup>. Sa distribution mondiale est très large. En France, elle est présente sur toutes les façades, mais elle pourrait être apparue récemment dans l'étang de Thau. Un seul cas douteux de mortalités de poissons et d'invertébrés a été associé à un bloom de *Gyrodinium spirale* (Australie, au siècle dernier), en dehors de cet épisode français. La toxicité de cette espèce n'est donc pas avérée à l'heure actuelle.

<sup>17</sup> qui produit sa propre substance organique par assimilation directe de proies

### 3.2. *Prorocentrum minimum*

Tome 1

Tome 2

- L'annexe 7 récapitule le nombre d'occurrences des **différentes espèces de *Prorocentrum***, par année, puis par site
- La planche 4 comporte des photos de *Prorocentrum minimum*
- La carte 28 illustre l'ensemble de la période 1987-1995 : concentration maximale de *P. minimum*, par site
- Le tableau 18 reprend les données afférentes à la carte ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour la carte

## Planche 4

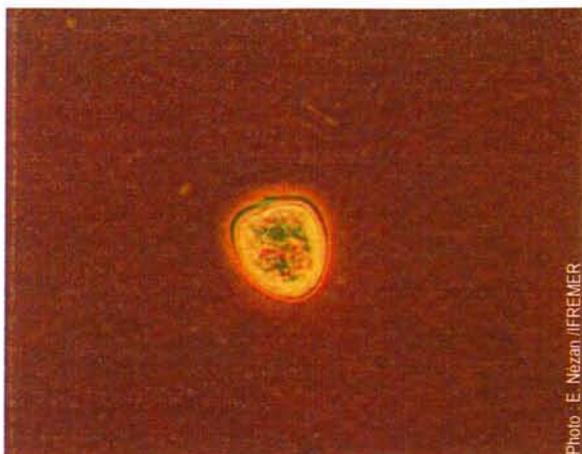


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Prorocentrum minimum*  
(échantillon lugolé)

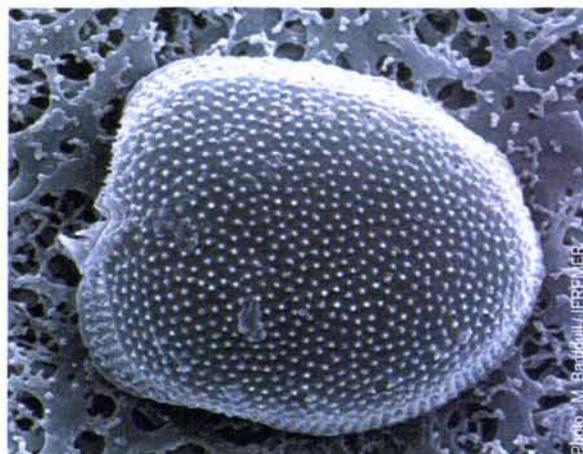


Photo : M. Bardeuf / IFREMER

*Prorocentrum minimum*  
(M.E.B.)

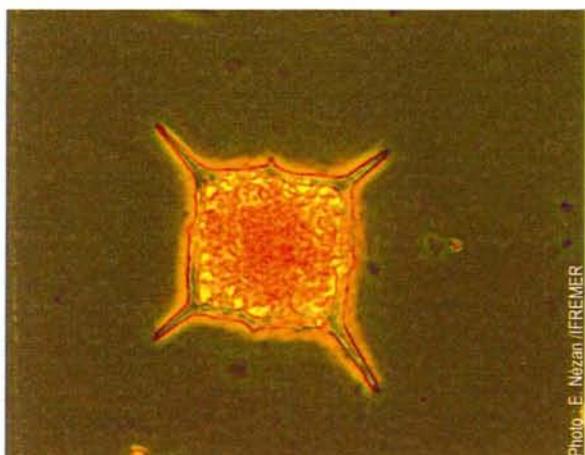


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Dictyocha* sp.  
(échantillon lugolé)

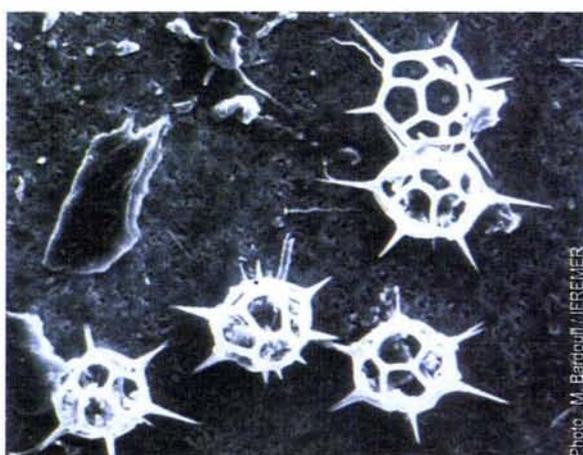


Photo : M. Bardeuf / IFREMER

*Dictyocha* sp.  
(M.E.B.)

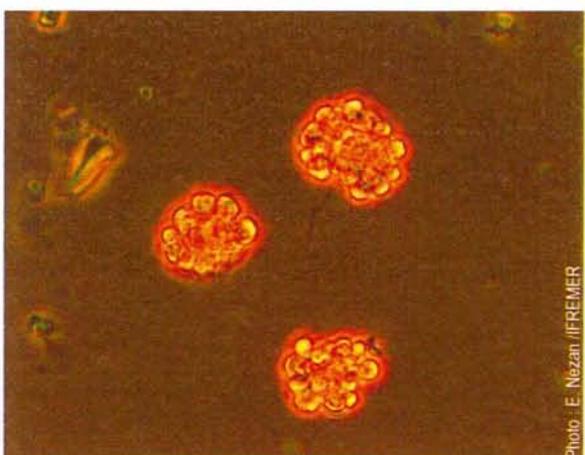


Photo : E. Nézan / IFREMER

*Heterosigma carterae*  
(échantillon lugolé)



J. Frenzel / Université de Caen

*Heterosigma carterae*  
(échantillon fixé - M.I.)

*Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller, **n'est pas à proprement parler une espèce toxique pour la faune marine** : elle devrait même être classée dans les espèces toxiques pour le consommateur, puisque le seul cas de toxicité avérée, associé à cette espèce est relatif à des intoxications humaines au Japon en 1942 (voir ci-dessous). Cet épisode ne s'étant jamais renouvelé ailleurs, *P. minimum* est souvent « oublié » dans la liste des espèces à risque pour les consommateurs. Par ailleurs, des proliférations importantes de *P. minimum* formant des **eaux brun-rouge**, ont été **plusieurs fois associées à des mortalités de poissons et de coquillages** sur les côtes françaises de 1985 à 1987 (voir tableau 13) : c'est pourquoi cette espèce apparaît ici au titre des espèces nuisibles pour la faune marine.

Le genre *Prorocentrum* appartient à la famille des Prorocentraceae, ordre des Prorocentrales, classe des Dinophycées (ou dinoflagellés). Le genre *Prorocentrum* compte une vingtaine d'espèces (SOURNIA, 1986). Quelques-unes d'entre elles sont reconnues toxiques (UNESCO, 1996) :

- *P. lima*, *P. concavum* et *P. hoffmannianum* : **DSP**
- *P. balticum* et *P. minimum* : **mortalités** d'organismes marins

Un certain nombre d'espèces de *Prorocentrum* sont présentes en France, mais elles ne se distinguent pas toujours facilement les unes des autres. Des regroupements ont donc été effectués pour certaines d'entre elles dans le référentiel taxonomique de QUADRIGE, par exemple :

***Prorocentrum minimum* + *P. balticum* + *P. cordatum***

Les espèces présentes dans les eaux du littoral français sont (voir annexe 7) :

- principalement : *P. micans* (ou *P. arcuatum* ou *P. gibbosum*),
- en proportion importante : *P. minimum* (ou *P. balticum* ou *P. cordatum*) et des espèces non identifiées de *Prorocentrum* (*P. sp.*),
- en faible proportion : *P. gracile*, *P. lima* (ou *P. marinum*), et *P. triestinum* (ou *P. redfieldii*),
- de façon ponctuelle : *P. compressum* et *P. mexicanum*.

*P. minimum* est l'une des plus petites espèces du genre. Il n'y a pas de forme de résistance connue.

La répartition mondiale de cette espèce est très large, et dans des zones climatiques très différentes, mais elle ne forme des efflorescences que dans les mers et océans tempérés de l'hémisphère nord, en particulier dans les eaux dessalées au voisinage des grands estuaires. En Europe, elle est présente dans toutes les mers (BERLAND & GRZEBYK in SOURNIA *et al.*, 1991).

*P. minimum* est mixotrophe, c'est-à dire qu'il peut utiliser l'une ou l'autre des nutritives autotrophe<sup>18</sup> et hétérotrophe<sup>19</sup>. Il s'adapte à de grandes variations de température, salinité et intensité lumineuse, et est capable d'accumuler de larges réserves nutritives, ce qui lui donne un avantage écologique certain (GRZEBYK *et al.* in BERLAND & LASSUS, 1997).

Le premier bloom de *P. minimum* en France a été observé en 1970 dans le golfe de Fos. Depuis, de nombreuses efflorescences sont enregistrées en Méditerranée.

La toxicité de *Prorocentrum minimum* a été mise en évidence pour la variété *mariae-lebouriae*, suite à des intoxications graves (324 cas, dont 114 décès) au Japon en 1942, après consommation d'huîtres et de palourdes contaminées. Les symptômes décrits étaient : nausées, vomissements, anorexie, douleurs gastriques et atteintes apparentes du foie. La toxine fut identifiée et nommée **vénérupine (VSP)**. Les autres cas d'intoxications associées à cette espèce (Norvège, 1979 et Portugal, 1985) restent douteux (BERLAND & GRZEBYK in SOURNIA *et al.*, 1991).

Quant à l'espèce présente en France, quatre souches isolées d'eaux méditerranéennes (région de Sète, étang de Berre) se sont avérées toxiques pour des souris : celles ci sont mortes très rapidement avec des symptômes de type neurotoxique, se rapprochant de la toxicité PSP. La ou les toxines sont de nature hydrosoluble (GRZEBYK *et al.* in BERLAND & LASSUS, 1997).

<sup>18</sup> faculté d'élaborer sa propre substance organique à partir d'éléments minéraux, par exemple par photosynthèse

<sup>19</sup> se dit d'un organisme qui se nourrit de substances organiques, et ne peut lui-même effectuer la synthèse de ses éléments constitutants



Des mortalités de coquillages ont été associées en 1987 à un bloom important d'une **autre espèce de *Prorocentrum* : *P. micans***. Il s'agit d'une espèce non toxique, et les mortalités n'ont été que la conséquence d'une anoxie du milieu. Cependant, les proliférations de *P. micans* peuvent conduire à des difficultés de commercialisation des huîtres : en effet, *P. micans* contient un pigment qui colore en rouge brique les glandes digestives des huîtres qui le consomment.



### 3.3. *Dictyocha* sp.

Tome 1

Tome 2

- voir photos de *Dictyocha* sp. en planche 4
- La carte 29 illustre l'ensemble de la période 1987-1995 : concentration maximale de *Dictyocha* sp., par site
- Le tableau 19 reprend les données afférentes à la carte ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour la carte

En 1987, un bloom d'une espèce n'appartenant ni aux Dinophycées, ni aux Diatomées, a provoqué des **mortalités importantes** dans un élevage de truites en baie de Douarnenez (voir tableau 13). Il s'agissait d'une **forme squelettée** de *Dictyocha speculum* Ehrenberg (ERARD-LE DENN & RYCKAERT, 1990).

Le genre *Dictyocha* est l'unique genre de la classe des Dictyochophycées, et comprend très peu d'espèces. *Dictyocha speculum* est observée en Manche et en Atlantique, alors que *D. fibula* est l'espèce présente en Méditerranée (BILLARD & CHRÉTIENNOT-DINET in BERLAND & LASSUS, 1997). La dénomination retenue pour le référentiel taxonomique de QUADRIGE est :

***Dictyocha* sp.**

La taille de *Dictyocha* est comprise entre 26 et 60 µm.

C'est une espèce exclusivement marine, présente dans de nombreuses régions du monde, indifféremment en eaux froides ou chaudes. Elle peut

se présenter sous deux formes : avec ou sans squelette siliceux. Elle forme des efflorescences de couleur jaunâtre (CADOUR *et al.*, 1997)

D'après ERARD-LE DENN *in* SOURNIA *et al.* (1991), des mortalités de poissons d'élevage et d'invertébrés ont été observées en Europe du Nord (Irlande, Ecosse, et dans le Kattegat) : **il s'agissait dans tous les cas de la forme nue de *D. speculum***. Le seul cas de nuisance associé à la forme squelettée est celui de Douarnenez en 1987. Lors de cet épisode, l'examen des truites a montré une hypermucosité au niveau des branchies, des œdèmes et de fortes hyperplasies branchiales. La nocivité est très probablement due au squelette, qui aurait une action irritante sur les branchies de poissons. C'est l'association de cette action irritante et de la déficience du milieu en oxygène qui semble avoir été mortelle. ***Dictyocha speculum*, sous sa forme squelettée, n'est donc pas toxique à proprement parler. Il n'y a pas de risque connu concernant la consommation de poissons atteints.**

Des cellules **nues** de *Dictyocha speculum*, par conséquent potentiellement toxiques, ont été observées en Normandie, en Bretagne et à La Rochelle, mais sans conséquences (BILLARD & CHRÉTIENNOT-DINET *in* BERLAND & LASSUS, 1997).



### 3.4. *Heterosigma carterae*

Tome 1

Tome 2

- voir photos d'*Heterosigma carterae* en planche 4
- La carte 30 illustre l'ensemble de la période 1994-1995 : concentration maximale d'*Heterosigma carterae*, par site
- Le tableau 20 reprend les données afférentes à la carte ci dessus, avec le détail par bassin  
pour des raisons de lisibilité, seuls les résultats par site ont été retenus pour la carte

En 1994, une efflorescence massive, avec formation d'**eaux brunes**, d'une espèce rarement observée jusqu'alors en France, a provoqué des **mortalités de salmonidés** d'élevage à Camaret : *Heterosigma carterae* (Hulburt) Taylor (voir tableau 13).

Le genre *Heterosigma* appartient à l'ordre des Raphidomonadales, classe des Raphidophycées, et ne contient qu'une ou deux espèces. La dénomination retenue pour le référentiel taxonomique de QUADRIGE tient compte de la synonymie avec *H. akashiwo* :

***Heterosigma carterae* (= *H. akashiwo*)**

La taille d'*H. carterae* est comprise entre 10 et 20 µm.

*H. carterae* supporte une large gamme de température et de salinité. C'est une espèce qui peut proliférer massivement, car elle **est toxique pour les autres espèces phytoplanctoniques**, elle est peu broutée par le zooplancton, et elle possède un potentiel de croissance remarquable. Ses efflorescences donnent des eaux de couleur jaune-brun. Elle peut former des kystes de résistance (CADOUR *et al.*, 1997).



*H. carterae* a été détectée pour la première fois en France à La Rochelle en 1992. Elle a ensuite été observée en Bretagne et en Normandie, toujours en fin d'été et généralement à faible concentration, puis sur l'ensemble du littoral atlantique (BILLARD & CHRÉTIENNOT-DINET in BERLAND & LASSUS, 1997).

*H. carterae* est largement répandue dans le monde, particulièrement dans les eaux côtières protégées des mers tempérées. Elle est associée à des mortalités de poissons d'élevage dans de nombreuses régions du monde (Japon, Canada, Etats Unis, Chili, Nouvelle-Zélande, Ecosse).

***H. carterae* est une espèce toxique** : elle libère des **substances hémolysantes** qui attaquent les membranes des cellules épithéliales des branchies et des parois digestives des poissons : ceux-ci meurent par suffocation, même en présence d'oxygène. Les toxines sont par contre inactives sur les mollusques et les mammifères. Les poissons touchés peuvent être consommés : aucune indication de malaise n'a été répertoriée suite à la consommation de tels poissons (KEMPF *et al.*, 1995). Les effets toxiques apparaîtraient pour des concentrations dans l'eau comprises entre 200 000 et 5 millions de cellules par litre.



## 4. Espèces potentiellement toxiques

Une surveillance des phytoflagellés potentiellement toxiques est assurée depuis plusieurs années dans le cadre du PNEAT<sup>20</sup>, par l'université de Caen et le CNRS de Banyuls-sur-mer. De nombreux laboratoires sont mis à contribution pour la fourniture d'échantillons en provenance de toutes les façades, en particulier les laboratoires côtiers Ifremer/DEL.

Les échantillons d'eau sont examinés en microscopie optique et en microscopie électronique (à balayage ou à transmission) : ceci permet de discriminer des espèces qui ne peuvent en aucun cas être identifiées avec les moyens d'observation utilisés dans le cadre du REPHY. Certaines espèces sont ensuite isolées et cultivées.

Les observations effectuées par BILLARD & CHRÉTIENNOT-DINET (*in* BERLAND & LASSUS, 1997) sont résumées ci-dessous.

### *Classe des Raphidophycées*

#### *Heterosigma carterae*

cf. chapitre 3.4.

#### *Fibrocapsa japonica*

Cette espèce est apparue récemment dans les eaux françaises (1992), et elle est détectée en Normandie et en Bretagne, généralement à faible concentration et co-proliférant avec *Heterosigma carterae*. Elle n'est pas observée en Méditerranée. Des effets nuisibles sur les exploitations aquacoles ont été associés à cette espèce au Japon.

<sup>20</sup> Programme National Efflorescences Algales Toxiques

### *Classe des Prymésiophycées*

#### *Phaeocystis spp.*

Les espèces de ce genre forment des colonies couramment observées sur les côtes de la mer du Nord et de la Manche. Des colonies clairsemées ont également été observées le long du littoral atlantique, et détectées en Méditerranée. Sa répartition est caractéristique des eaux côtières enrichies en nitrates. Ce ne sont pas des espèces toxiques à proprement parler, mais elles génèrent de l'écume qui peut colmater les systèmes de filtration d'eau.

#### *Chrysochromulina spp.*

Aucune prolifération importante de ce genre n'a été répertoriée en France, mais quelques espèces ont été détectées à faible concentration sur toutes les façades. Parmi ces espèces, une est reconnue toxique pour les poissons et une autre nuisible.

### *Classe des Dictyochophycées*

#### *Dictyocha spp.*

cf. chapitre 3.3.

### *Classe des Diatomophycées*

#### *Pseudo-nitzschia spp.*

Depuis peu, ce genre est venu s'ajouter à la **liste des espèces à surveiller**. Certaines espèces de *Pseudo-nitzschia*, produisent en effet des toxines **ASP<sup>21</sup>** ou **toxines amnésiantes**, qui peuvent provoquer des troubles neurologiques, dont des pertes de mémoire, chez les consommateurs de coquillages contaminés. Ces toxines sont observées principalement au Canada et aux Etats Unis.

<sup>21</sup> Amnesic Shellfish Poison

En France, des efflorescences de *Pseudo-nitzschia* sont fréquemment observées sur toutes les façades, en particulier au printemps. Les espèces en cause ne pouvant pas être identifiées avec les moyens d'observation dont disposent les observateurs du REPHY, l'inventaire détaillé des espèces présentes en France est en cours dans le cadre du PNEAT. Il semble à ce jour, que les espèces connues pour être toxiques soient très minoritaires dans la population des *Pseudo-nitzschia* du littoral français. Une étude menée par LE DOUX *et al.* (1996) avait montré que les coquillages ne contenaient pas de toxines ASP lors des développements de *Pseudo-nitzschia* sur les côtes françaises.

Cependant des toxines ASP ayant été récemment détectées, à faible concentration, au Danemark, en Espagne et au Portugal (ICES, 1998), la directive européenne 97/61/CE a rendu nécessaire la prise en compte de ces toxines dans la surveillance. Un protocole spécifique sera donc mis en place en France à partir de 1999.



## 5. Synthèse des épisodes toxiques et nuisibles

---

Tome 1

Tome 2

- Les cartes 31 à 34 récapitulent les épisodes DSP, PSP et mortalités d'animaux marins, par site et par période de quatre ans
  - Le tableau 21 reprend les données afférentes aux cartes ci dessus, avec le détail par bassin et par année
- 

Les épisodes toxiques et nuisibles liés aux proliférations phytoplanctoniques affectent tous les ans un nombre non négligeable de zones du littoral. L'impact de ces épisodes est illustré dans les cartes et le tableau suivants. Les informations relatives aux zones affectées et aux périodes concernées ont été reprises :

- du tableau 11, pour les épisodes de fermeture DSP ou PSP,
- du tableau 13 pour les mortalités d'animaux marins.

Douze sites sur 43 n'ont jamais été touchés par des événements toxiques ou nuisibles liés au phytoplancton.

**Soit un indice égal à la somme du nombre d'années affectant chaque bassin d'une région.** Par exemple, une région pour laquelle seuls deux bassins auraient été touchés, sur deux ans pour le premier bassin, et sur cinq ans pour le deuxième bassin, aurait un indice égal à 7 (2+5). On peut classer les différentes régions concernées dans l'ordre décroissant de cet indice :

- la **Bretagne**, avec un indice supérieur à 100, surtout pour DSP, mais c'est également la région la plus touchée par des mortalités d'animaux marins, et la seule région touchée par PSP,

- Les **Pays de Loire**, la **Haute** et la **Basse-Normandie**, avec un indice compris entre 21 et 24, la première pour DSP mais aussi de façon importante pour des mortalités, les deux suivantes principalement pour DSP,
- Le **Languedoc-Roussillon** et la région **Provence-Alpes-Côte d'Azur**, avec un indice compris entre 14 et 16, surtout pour DSP, un peu pour des mortalités,
- la **Corse** et la région **Poitou-Charentes**, avec un indice égal à 10, la première pour DSP et des mortalités, la deuxième pour DSP seulement,
- l'**Aquitaine**, avec un indice égal à 1, très ponctuellement pour DSP et des mortalités.

## Remerciements

Cette synthèse a été réalisée grâce aux données acquises par les intervenants REPHY des laboratoires côtiers de la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral (DEL) de l'Ifremer, en particulier :

- Benoist Hitier et Pascale Hébert à **Boulogne-sur-mer**
- René Olivesi à **Saint-Valéry-sur-Somme**
- Liliane Fiant, Jacqueline Le Grand, Franck Maheux, Laure Lamort-Datin et Claude Etourneau à **Port-en-Bessin**
- Alette Convent, Gilbert Mouillard, Julia Penot, Michel Rougerie et Daniel Gerla à **Saint-Malo**
- Jean-Claude Le Saux à **Morlaix**
- Elisabeth Nézan, Dominique Le Gal et Pierre Raguènes à **Concarneau**
- Jacky Chauvin, Joel Dimeet, Jean-Claude Le Gars et Cathy Tréguier à **La Trinité-sur-mer**
- Mireille Fortune, Françoise Dumont, Annie Pezeron, Gilles Ratiskol, Chantal Menanteau et Jean Pierre Allenou à **Nantes**
- Dominique Baud à **Bouin**
- Sylvie Margat, Didier Le Guay et Mireille Ryckaert à **l'Houmeau**
- Dominique Fouché à **La Tremblade**
- Nadine Neaud-Masson à **Arcachon**
- Claude Chiantella, Antoni Carreras et Claude Le Bec à **Sète**
- Françoise Miralles-Marco, Eric Emery et Jean-Jacques Console à **Toulon**
- Louis Costantini, à **Santa Maria Poggio**

Cette synthèse a bénéficié d'un examen attentif et des suggestions de Benoît Beliaeff, Michel Houdart, Michel Joanny, Patrick Lassus, Alain Le Magueresse et Alain Ménesguen.

Les planches de photos ont été mises en forme par Alain Le Magueresse.

## Références citées

AMZIL Z., 1993. Phycotoxines des efflorescences algales. L'acide okadaïque. Optimisation de la purification. Nouvelle méthode de détection biologique. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes, Ecole doctorale Chimie-Biologie, 234 p.

AMZIL Z., 1997. Toxicité atypique des coquillages et interférence des toxines paralysantes, selon le test de dépistage des toxines diarrhéiques. Contrat FARI n° 95.07.02. Rapport final. 38 p.

AMZIL Z., MARCAILLOU-LE BAUT C. & BOHEC M., 1996. Unexplained toxicity in molluscs gathered during phytoplankton monitoring. Harmful and Toxic Algal Blooms. Yasumoto, Oshima & Fukuyo Eds. *Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*, 543-546.

AOAC (Official Methods of Analysis), 1990. 15<sup>th</sup> Ed., Arlington, VA, secs 959.08, 881-882.

ARZUL G., BODENNEC G., ERARD-LE DENN E. & GENTIEU P., 1994a. Fish kills and *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* in Corsica (France). *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 8 : 7.

ARZUL G., GENTIEU P. & CRASSOUS M.P., 1994b. A haemolytic test to assay toxins excreted by the marine dinoflagellate *Gyrodinium* cf. *aureolum*. *Wat. Res.* Vol. 28, N° 4, 961-965.

AUNE T. & YNDESTAD M., 1993. Diarrhetic shellfish poisoning. Algal toxins in seafood and drinking water, Ed. I. Falconer, Academic Press, San Diego, 87-104.

BELIN C., 1990. Inventaire et délimitation cartographique des bassins hydrologiques du littoral français métropolitain. Rapport interne IFREMER / RIDRV-90.02-CSRU / Nantes : 119 p.

BELIN C. & BERTHOMÉ J.P., 1988. Bilan des perturbations phytoplanctoniques observées sur les côtes françaises en 1986. Rapport interne IFREMER / DRV - 88.008 - CSRU / NTES : 87 p.

BELIN C., MARCAILLOU-LE BAUT C., AMZIL Z. & LEDOUX M., 1996. REPHY (Réseau de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines). Méthodes de détection des phycotoxines diarrhéiques (DSP) et paralysantes (PSP). Méthodes biologiques sur souris. Rapport interne IFREMER / DEL / 96.17 / Nantes : 28 p.

BERLAND B. & LASSUS P., 1997. Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises. Ecologie, écophysiologie, toxicologie. Repères Océan n°13. Ed. IFREMER, 202 p.

BERTHOMÉ J.P. & BELIN C., 1988. Bilan des perturbations phytoplanctoniques observées sur les côtes françaises en 1985. Rapport interne IFREMER / DRV - 88.005 - CSRU / NTES : 46 p.

BERTHOMÉ J.P. & LASSUS P., 1985a. – Inventaire des phénomènes d'eaux colorées et des apparitions de dinoflagellés toxiques sur les côtes françaises en 1984. – Rapport IFREMER.

BERTHOMÉ J.P. & LASSUS P., 1985b. Manifestation et suivi de l'algue toxique *Dinophysis acuminata* sur les côtes françaises, en 1984. Rapport interne IFREMER / DRV-85.01-SR-NTES : 28 p.

BODENNEC G., ARZUL G., ERARD-LE DENN E. & GENTIEN P., 1994. *Gymnodinium* sp. dans l'étang de Diane (Corse), septembre-octobre 1993, tests biologiques et analyses chimiques. Rapport interne IFREMER / DEL - 94.07 / Brest, 20 p.

BRUSLÉ J., 1995. The impact of harmful algal blooms on finfish. Mortality, pathology and toxicology. Repères Océan n°10. Ed. IFREMER, 75 p.

CADOUR G., NÉZAN E., KEMPF M. & MERCERON M., 1997. Plancton nocif et pisciculture marine : conseils pratiques. Equinoxe, Ed. IFREMER, 60 : 23 p.

DELMAS D., HERBLAND A. & MAESTRINI S.Y., 1993. Do *Dinophysis* spp. come from the "open sea" along the French Atlantic coast? Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Smayda and Shimizu Eds. Elsevier, 489-494.

ELBRÄCHTER M. & SCHNEPF E., 1996. *Gymnodinium chlorophorum*, a new, green, bloom-forming dinoflagellate (Gymnodiniales, Dinophyceae) with a vestigial prasinophyte endosymbiont. *Phycologia* 35 (5) : 381-393.

ERARD-LE DENN E., MORLAIX M. & DAO J.C., 1990. Effects of *Gyrodinium* cf. *aureolum* on *Pecten maximus* (post larvae, juveniles and adults). Toxic Marine Phytoplankton. Graneli, Sundström, Edler and Anderson Eds. Elsevier, 132-136.

ERARD-LE DENN E. & RYCKAERT M., 1990. Trout mortality associated to *Distephanus speculum*. Toxic Marine Phytoplankton. Graneli, Sundström, Edler and Anderson Eds. Elsevier, 137.

GUILLAUD J.-F. & MÉNESGUEN A., 1998. Modélisation sur vingt ans (1976-1995) de la production phytoplanctonique en baie de Seine (France). *Oceanol. Acta*, 21 (6) (sous presse).

HALLEGRAEFF G. M., BOLCH C. J., BRYAN J. & KOERBIN B., 1990. Microalgal spores in ship's ballast water : a danger to aquaculture. *Toxic Marine Phytoplankton*. Graneli, Sundström, Edler and Anderson Eds. Elsevier, 475-480.

ICES, 1988. French National Report on Algal Blooms for 1987. Report of the Working Group on Exceptional Algal Blooms.

ICES, 1993. French National Report on Algal Blooms for 1992. Report of the Working Group on Phytoplankton and the Management of their Effects. C.M. 1993 / ENV : 7. Ref. L..

ICES, 1998. Report of the ICES / IOC Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics. C.M. 1998 / C : 4.

JOANNY M., BELIN C., CLAISSE D., MIOSSEC L., BERTHOMÉ J.P., GROUHEL A. & RAFFIN B., 1993. Qualité du milieu marin littoral. IFREMER, DEL, 241 p.

KEMPF M., MERCERON M. & NÉZAN E., 1995. Mortalités de poissons d'élevage par phytoplancton toxique, Camaret (Finistère), automne 1994. Equinoxe, Ed. IFREMER, 54 : 27-30.

LASSUS P. & BARDOUIL M., 1991. Le complexe "*Dinophysis acuminata*" : identification des espèces le long des côtes françaises. *Cryptogamie, Algol.* 12 (1) : 1-9.

LASSUS P., BARDOUIL M., BERTHOMÉ J.P., MAGGI P., TRUQUET P. & LE DÉAN L., 1988. Seasonal occurrence of *Dinophysis* sp. along the French coast between 1983 and 1987. *Aquatic Living Resources*, 1 : 155-164.

LE DOUX M., BELIN C., LOFTI Y., LASSUS P. & FRÉMY J. M., 1996. Domoïc acid : state of contamination of shellfish in France. Preliminary study. *Harmful and Toxic Algal Blooms*. Yasumoto, Oshima and Fukuyo Eds. *Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*, 135-137.

MARCAILLOU-LE BAUT C., BARDIN B., BARDOUIL M., BOHEC M., LE DÉAN L., MASSELIN P. & TRUQUET P., 1990. Etude de la décontamination de moules toxiques (toxines diarrhéiques) en laboratoire et en milieu naturel. Rapport interne IFREMER / DERO - 90.02 - MR : 21 p.

MARCAILLOU-LE BAUT C., LUCAS D. & LE DÉAN L., 1985. *Dinophysis acuminata* toxin : status of toxicity bioassays in France. Toxic Dinoflagellates. Anderson, White and Baden Eds. Elsevier, 485-488.

MÉNESGUEN A., LASSUS P., DE CREMOUX F. & BOUTIBONNES L., 1990. Modelling *Dinophysis* blooms : a first approach. Toxic Marine Phytoplankton. Graneli, Sundström, Edler and Anderson Eds. Elsevier, 195-200.

NÉZAN E. & PICLET G., 1996. Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton. Document interne IFREMER / DEL.

PAULMIER G., BERLAND B., BILLARD C. & NÉZAN E., 1995. *Gyrodinium corsicum* nov. sp. (Gymnodiniales, Dinophycées), organisme responsable d'une « eau verte » dans l'étang marin de Diana (Corse), en avril 1994. *Cryptogamie, Algol.* 16 (2) : 77-94.

QUADRIGE, 1996. Manuel utilisateur, version 1.0. et Annexes au manuel utilisateur. Ifremer DEL/SISMER.

SHUMWAY S. E., BARTER J. & SHERMAN-CASWELL S., 1990. Auditing the impact of toxic algal blooms on oyster. *Environmental Auditor*, vol. 2, 1 : 41-56.

SOUDANT D., BELIAEFF B. & THOMAS G., 1997. Explaining *Dinophysis* cf. *acuminata* abundance in Antifer (Normandy, France) using dynamic linear regression. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 156 : 67-74.

SOURNIA A., 1986. Atlas du phytoplancton marin. Vol 1 : Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées. SOURNIA éd., CNRS, 219 p.

SOURNIA A., 1995. Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean : an inquiry into biodiversity. Harmful Marine Algal Blooms (Proliférations d'algues marines nuisibles). Lassus, Arzul, Erard-Le Denn, Gentien and Marcaillou-Le Baut Eds. Lavoisier, 103-112.

SOURNIA A., BELIN C., BERLAND B., ERARD-LE DENN E., GENTIEU P., GRZEBYK D., MARCAILLOU-LE BAUT C., LASSUS P. & PARTENSKY F., 1991. Le phytoplancton nuisible des côtes de France. De la biologie à la prévention. IFREMER, S.D.P., 154 p.

SOURNIA A., BELIN C., BILLARD C., CATHERINE M., ERARD-LE DENN E., FRESNEL J., LASSUS P., PASTOUREAUD A & SOULARD R., 1992. The repetitive and expanding occurrence of a green bloom-forming dinoflagellate (Dinophyceae) on the coasts of France. *Cryptogamie, Algol.* 13 (1) : 1-13.

TREGUER P. Y., 1993. Des effets délétères de certaines toxines phytoplanctoniques sur la santé humaine en France. Thèse de doctorat en médecine, université de Rennes, 209 p.

TRUQUET P., LASSUS P., HONSELL G. & LE DÉAN L., 1996. Application of a digital pattern recognition system to *Dinophysis acuminata* and *D. sacculus* complexes. *Aquatic Living Resources*, 9 : 273-279.

UNESCO, 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. IOC Technical series N° 44 (English only).

UTERMÖHL H., 1958. Zur Vendlhomung der quantitativen phytoplankton. *Methodik. Int. Ver. Theoret. Argeur. Limnol.*, 9 : 1-38.

YASUMOTO T., OSHIMA Y & YAMABUCHI M., 1978. in *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, 43 : 207-211.

## Autres ouvrages à consulter

ANONYME, 1994. Bilan des observations phytoplanctoniques sur le littoral de Loire-Atlantique et de Vendée (1983-1992). R.INT. DEL 94.16/Nantes.

ANONYME, 1995. Qualité des eaux littorales en Languedoc-Roussillon. Bilan des réseaux de surveillance. Rapport conjoint IFREMER-CEPRALMAR-Conseil régional Languedoc Roussillon, 153 p.

ANONYME, 1995. Résultats du REPHY de la pointe de Merquel (Loire Atlantique) aux Sables d'Olonne (Vendée), année 1994. Document interne DEL/Nantes.

ANONYME, 1996. Résultats du REPHY de la pointe de Merquel (Loire Atlantique) aux Sables d'Olonne (Vendée), année 1995. Document interne DEL/Nantes.

ANONYME, 1997. Evolution des espèces phytoplanctoniques toxiques sur le littoral Loire-Bretagne de 1984 à 1995. Résultats du REPHY. Document interne DEL/Nantes.

ARZUL G., ERARD-LE DENN E., BELIN C. & NÉZAN E., 1995. Ichthyotoxic events associated with *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* on the Atlantic coast of France. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 12/13 : 8-9.

ARZUL G., GENTIEU P., BODENNEC G., TOULARASTEL F., YOUENOU A. & CRASSOUS M.P., 1995. Comparison of toxic effects in *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* polyunsaturated fatty acids. Harmful Marine Algal Blooms (Proliférations d'algues marines nuisibles). Lassus, Arzul, Erard-Le Denn, Gentien and Marcaillou-Le Baut Eds. Lavoisier, 395-400.

BELIN C., 1993. Distribution of *Dinophysis* spp. and *Alexandrium minutum* along French coasts since 1984 and their DSP and PSP toxicity levels. Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Smayda and Shimizu Eds. Elsevier, 469-474.

BELIN C., BELIAEFF B., RAFFIN B., RABIA M. & IBANEZ F., 1995. Phytoplankton time-series data of the French phytoplankton monitoring network : toxic and dominant species. Harmful Marine Algal Blooms (Proliférations d'algues marines nuisibles). Lassus, Arzul, Erard-Le Denn, Gentien and Marcaillou-Le Baut Eds. Lavoisier, 771-776.

BELIN C. & BERTHOMÉ J.P., 1991. REPHY : le réseau français de suivi du phytoplancton. Actes du colloque sur les biotoxines marines. FRÉMY éd. CNEVA, 189-194.

BELIN C., BERTHOMÉ J.P. & LASSUS P., 1989. Dinoflagellés toxiques et phénomènes d'eaux colorées sur les côtes françaises : évolution et tendances entre 1975 et 1988. *Hydroécol. Appl.* 1/2 : 3-17.

BELIN C. & MARTIN-JÉZÉQUEL V., 1997. Le phytoplancton. Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives. DAUVIN J. C. (édit), Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie. Service du Patrimoine naturel / IEGB / MNHN, Paris, 376 p.

BELIN C., MIOSSEC L., JOANNY M. & CLAISSE D., 1993. Surveillance du milieu marin et santé publique. Coquillages. Informations techniques des Services Vétérinaires français, ELZIERE-PAPAYANI éd., 431-442.

BELIN C. & RAFFIN B., 1990. REPHY (Réseau de suivi du phytoplancton) : inventaire cartographique des points de prélèvement. Rapport interne Ifremer/RIDRV-90.60-CSRU/DEL/Nantes : 78 p.

BELIN C. & RAFFIN B., 1997. Evolution des espèces phytoplanctoniques toxiques sur le littoral Loire Bretagne de 1984 à 1995. Résultats du REPHY. Document cartographique préparé pour le groupe de travail « littoral » de l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Document interne DEL/Nantes.

BELIN C. & WOEHLING D., 1996. Edition des taxons décrits dans QUADRIGE. Document interne Ifremer/DEL-DRV/Nantes.

BERTHOMÉ J. P., BELIN C. & LASSUS P., 1985. Eaux colorées, planctons toxiques et cultures marines (1ère partie). *Equinoxe*, n°5.

BERTHOMÉ J. P., BELIN C. LASSUS P. & LE BAUT C., 1986. Eaux colorées, plancton toxique et cultures marines (2ème partie). *Equinoxe*, n° 6.

BILLARD C. & ERARD-LE DENN E., 1998. New observations of Raphidophyceae. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 17 : 5-6.

BRAVO I., DELGADO M., FRAGA S., HONSELL G., LASSUS P., MONTRESOR M. & SAMPAYO M.A., 1995. The *Dinophysis* genus : toxicity and species definition in Europe. Harmful Marine Algal Blooms (Proliférations d'algues marines nuisibles). Lassus, Arzul, Erard-Le Denn, Gentien and Marcaillou-Le Baut Eds. Lavoisier, 843-845.

BURGEOT T., FILLON A., RATISKOL G., VAYNE J. J. & THOMAS G., 1990. Suivi des efflorescences phytoplanctoniques en Charente –Maritime, 1988. Rapport RIDRV-90.50-CSRU/DEL/Nantes.

CHRÉTIENNOT-DINET M. J., 1990. Atlas du phytoplancton marin. Vol 3 : Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophycées, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées et Tribophycées. SOURNIA éd., CNRS, 260 p.

ERARD-LE DENN E., DESBRUYERES E. & OLU K., 1993. *Alexandrium minutum* : resting cyst distribution in the sediments collected along the Brittany coast, France. Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Smayda and Shimizu Eds. Elsevier, 109-114.

GROUHEL A., ETOURNEAU C. & LAMORT L., 1996. La qualité du milieu marin littoral normand du Tréport au Mont-Saint-Michel. R.INT. DEL 96.14/Port-en-Bessin.

ICES, 1989. French National Report on Algal Blooms for 1988. Report of the Working Group on Harmful Effects of Algal Blooms on Mariculture and Marine Fisheries. C.M. 1989 / F : 18. Ref. E, K and L., session T.

ICES, 1990. French National Report on Algal Blooms for 1989. Report of the Working Group on Phytoplankton and the Management of their Effects. C.M. 1990 / Poll : 7. Ref. F and L..

ICES, 1991. French National Report on Algal Blooms for 1990. Report of the Working Group on Phytoplankton and the Management of their Effects. C.M. 1991 / Poll : 3. Ref. E and L..

ICES, 1995. French National Report on Algal Blooms for 1994. Report of the ICES / IOC Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics. C.M. 1995 / L : 4. Ref. C.

ICES, 1996. French National Report on Algal Blooms for 1995. Report of the ICES / IOC Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics. C.M. 1996 / L : 4. Ref. C.

ICES, 1997. French National Report on Algal Blooms for 1996. Report of the ICES / IOC Working Group on Harmful Algal Bloom Dynamics. C.M. 1997 / L : 6. Ref. C.

IOC, 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. - IOC Technical series n° 44, UNESCO.

LASSUS P., 1988. Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes. IFREMER, S.D.P., 111 p.

LASSUS P., PRONIEWSKI F., MAGGI P., TRUQUET P. & BARDOUIL M., 1993. Wind-induced toxic blooms of *Dinophysis* cf. *acuminata* in the Antifer area (France). Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Smayda and Shimizu Eds. Elsevier, 519-523.

LE BEC C., BELIN C., GAERTNER J.C., BELIAEFF B., RAFFIN B. & IBANEZ F., 1997. Séries temporelles du réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY), étude de deux zones de la côte Ouest Méditerranée. *Oceanologica Acta*, 20 (1) : 101-108.

LE GRAND J., 1994. Bilan de 4 ans de fonctionnement du réseau REPHY en Normandie (89-92). R.INT. DEL 94.09/Port-en-Bessin.

MAESTRINI S. Y., BELIN C. & SPANO A. M., 1993. Condizioni ambientali che provocano delle densità potenzialmente dannose di Dinoflagellate DSP *Dinophysis* nelle acque delle coste atlantiche francesi: organizzazione del sistema di sorveglianza. - Quaderni ICRAM.6 : 17-31.

MAESTRINI S.Y., BERLAND B.R., CARLSSON P., GRANELI E. & PASTOUREAUD A., 1996. Recent advances in the biology and ecology of the toxic dinoflagellate genus *Dinophysis* : the enigma continues. Harmful and Toxic Algal Blooms. Yasumoto, Oshima and Fukuyo Eds. *Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*, 397-400.

MARCAILLOU-LE BAUT C., BARDIN B., BARDOUIL M., BOHEC M., LE DÉAN L., MASSELIN P. & TRUQUET P., 1993. DSP depuration rates of mussels reared in a laboratory and an aquaculture pond. Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. Smayda and Shimizu Eds. Elsevier, 531-535.

MARCAILLOU-LE BAUT C. & BELIN C., 1993. Unknown poison found in French Atlantic Shellfish. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 5 : 2.

MARCAILLOU-LE BAUT C. & MASSELIN P., 1990. Recent data on diarrhetic shellfish poisoning in France. Toxic Marine Phytoplankton. Graneli, Sundström, Edler and Anderson Eds. Elsevier, 487-492.

MASSON N., 1994. Réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY). Observations sur le bassin d'Arcachon de 1987 à 1990. R.INT. DEL 94.15/Arcachon.

MASSON-NEAUD N., 1998. Réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY). Observations sur le bassin d'Arcachon de 1991 à 1994. R.INT. DEL 98.01/Arcachon.

NÉZAN E., 1998. Recurrent observations of a *Gymnodinium breve*-like species. *Harmful Algae News*, IOC, UNESCO, 17, : 7.



PIERRE DUPLESSIX O., 1996. Bilan de la présence de *Dinophysis* en Normandie de 1994 à 1996. Rapport de stage DEUST T.M.L.,

RATISKOL G., 1994. Suivi des efflorescences phytoplanctoniques dans le bassin de Marennes- Oléron en 1989. R. INT. DEL 94.01/La Tremblade.

RICARD M., 1987. Atlas du phytoplancton marin. Vol 2 : Diatomophycées. SOURNIA éd., CNRS, 297 p.

ROSERT M., 1995. Etude des populations phytoplanctoniques des étangs de Diane et Urbino. Comparaison avec les résultats antérieurement acquis. Mémoire de DESS « écosystèmes méditerranéens ».

SOUDANT D., 1997. Application de modèles dynamiques bayésiens aux séries temporelles de *Dinophysis* à Antifer (Normandie, France). Doctorat de l'Université Paris 7, spécialité Biomathématiques, 115p.

TRÉGUIER C., 1991. Bilan des perturbations phytoplanctoniques sur les côtes morbihannaises en 1990. R. INT.-DEL/91.07/La Trinité sur mer.

# Correspondance entre cartes, graphiques, tableaux, annexes et planches

1/3

Chapitre	Cartes	Tableaux	Graphiques	Annexes	Planches
1.2	<p>Carte 1 : découpage du littoral en sites</p> <p>Carte 2 : découpage du littoral en sites et bassins. Manche</p> <p>Carte 3 : découpage du littoral en sites et bassins. Bretagne</p> <p>Carte 4 : découpage du littoral en sites et bassins. Atlantique</p> <p>Carte 5 : découpage du littoral en sites et bassins. Méditerranée</p>	<p>Tableau 1 : régions administratives, sites et bassins 3 pages</p>			
1.3	<p>Carte 6 : REPHY, points de prélèvement eau, échantillonnés régulièrement</p> <p>Carte 7 : REPHY, tous points de prélèvement eau</p> <p>Carte 8 : REPHY, tous points de prélèvement coquillages</p> <p>Carte 9 : REPHY, nombre de points de prélèvement par site</p>	<p>Tableau 2 : nombre de points de prélèvement REPHY, par site</p>			
2.1	<p>Cartes 10 à 12 : <i>Dinophysis</i> spp., concentrations maximales par site 12 cartes annuelles</p> <p>Carte 13 : nombre d'occurrences annuelles de <i>Dinophysis</i> sur la période 1984-1995, par bassin</p>	<p>Tableau 3 : concentrations maximales de <i>Dinophysis</i> spp., par bassin et par an 4 pages</p> <p>Tableau 4 : concentrations de <i>Dinophysis</i> spp. dans l'eau et niveaux de toxines DSP dans les coquillages, par bassin, par an et par mois 17 pages</p> <p>Tableau 5 : <i>Dinophysis</i> spp., répartition annuelle pour la période 1987-1995, par bassin et par mois</p> <p>Tableau 6 : toxines DSP, répartition annuelle pour la période 1987-1995, par bassin et par mois</p>		<p>Annexe 1 : nombre d'occurrences des différentes espèces de <i>Dinophysis</i>, par année puis par site 2 pages</p>	<p>Planche 1 : photos de différentes espèces de <i>Dinophysis</i></p>
			<p>Graphiques 1 : toxicité DSP en fonction de <i>Dinophysis</i>, par bassin et par semaine 12 pages</p>	<p>Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en <i>Dinophysis</i>, par bassin et par semaine 10 pages</p>	

Tome 2

voir également le **sommaire détaillé** des deux tomes

# Correspondance entre cartes, graphiques, tableaux, annexes et planches

2/3

Chapitre	Cartes	Tableaux	Graphiques	Annexes	Planches	
2.2				<b>Annexe 3</b> : nombre d'occurrences des différentes espèces d' <i>Alexandrium</i> , par année puis par site 2 pages	<b>Planche 2</b> : photos d' <i>Alexandrium minutum</i>	
	<b>Cartes 14 et 15</b> : <i>Alexandrium minutum</i> , concentrations maximales par site 8 cartes annuelles	<b>Tableau 7</b> : concentrations maximales d' <i>Alexandrium minutum</i> , par bassin et par an 4 pages				
	<b>Carte 16</b> : nombre d'occurrences annuelles d' <i>Alexandrium minutum</i> sur la période 1988-1995, par bassin					
		<b>Tableau 8</b> : concentrations d' <i>Alexandrium minutum</i> dans l'eau et niveaux de toxines PSP dans les coquillages, par bassin, par an et par mois 11 pages				
		<b>Tableau 9</b> : <i>Alexandrium minutum</i> , répartition annuelle pour la période 1988-1995, par bassin et par mois				
		<b>Tableau 10</b> : toxines PSP, répartition annuelle pour la période 1988-1995, par bassin et par mois				
		<b>Graphiques 2</b> : toxicité PSP en fonction d' <i>Alexandrium minutum</i> , par bassin et par semaine				<b>Annexe 4</b> : toxicité PSP en fonction de la concentration en <i>Alexandrium minutum</i> , par bassin et par semaine
2.4	<b>Cartes 17 à 19</b> : interdictions de vente des coquillages pour cause de phycotoxines 12 cartes annuelles	<b>Tableau 11</b> : secteurs fermés pour cause de phycotoxines, description détaillée par an et par bassin 17 pages				
	<b>Carte 20</b> : secteurs touchés par des interdictions de vente des coquillages pour cause de phycotoxines, sur la période 1984-1995	<b>Tableau 12</b> : synthèse des fermetures pour cause de phycotoxines, par bassin et par an				<b>Graphique 3</b> : durée cumulée de fermeture, par bassin, sur la période 1984-1995
						<b>Annexe 5</b> : secteurs fermés pour causes autres que DSP et PSP 3 pages
3	<b>Carte 21</b> : mortalités d'animaux marins associées à des proliférations phytoplanctoniques, sur la période 1984-1995, par bassin	<b>Tableau 13</b> : mortalités d'animaux marins associées à des proliférations phytoplanctoniques, par an et par bassin 5 pages				
3.1				<b>Annexe 6</b> : nombre d'occurrences des différentes espèces de <i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i> , par année puis par site 2 pages	<b>Planche 3</b> : photos de différentes espèces de <i>Gymnodinium</i> et <i>Gyrodinium</i>	

Tome 2

voir également le **sommaire détaillé** des deux tomes

# Correspondance entre cartes, graphiques, tableaux, annexes et planches

3/3

Chapitre	Cartes	Tableaux	Graphiques	Annexes	Planches
3.1.1	Cartes 22 à 24 : <i>Gymnodinium cf. nagasakiense</i> , concentrations maximales par site 9 cartes annuelles	Tableau 14 : concentrations maximales de <i>Gymnodinium cf. nagasakiense</i> , par bassin et par an 3 pages			
	Carte 25 : nombre d'occurrences annuelles de <i>Gymnodinium cf. nagasakiense</i> sur la période 1987-1995, par bassin				
		Tableau 15 : <i>Gymnodinium cf. nagasakiense</i> , répartition annuelle pour la période 1987-1995, par bassin et par mois			
3.1.3	Carte 26 : <i>Gymnodinium chlorophorum</i> , concentrations maximales sur la période 1985-1995, par site	Tableau 16 : concentrations maximales de <i>Gymnodinium chlorophorum</i> , par bassin et par an			
3.1.5	Carte 27 : <i>Gyrodinium spirale</i> , concentrations maximales sur la période 1987-1995, par site	Tableau 17 : concentrations maximales de <i>Gyrodinium spirale</i> , par bassin et par an 3 pages			
3.2				Annexe 7 : nombre d'occurrences des différentes espèces de <i>Prorocentrum</i> , par année puis par site 2 pages	Planche 4 : photos de <i>Prorocentrum minimum</i> , <i>Dictyocha sp.</i> et <i>Heterosigma carterae</i>
	Carte 28 : <i>Prorocentrum minimum</i> , concentrations maximales sur la période 1987-1995, par site	Tableau 18 : concentrations maximales de <i>Prorocentrum minimum</i> , par bassin et par an 3 pages			
3.3	Carte 29 : <i>Dictyocha sp.</i> , concentrations maximales sur la période 1987-1995, par site	Tableau 19 : concentrations maximales de <i>Dictyocha sp.</i> , par bassin et par an 4 pages			
3.4	Carte 30 : <i>Heterosigma carterae</i> , concentrations maximales sur la période 1994-1995, par site	Tableau 20 : concentrations maximales de <i>Heterosigma carterae</i> , par bassin et par an			
5	Carte 31 : récapitulatif DSP / PSP / mortalités d'animaux marins, par site. Manche	Tableau 21 : épisodes DSP, PSP et mortalités d'animaux marins, par bassin et par an 5 pages			
	Carte 32 récapitulatif DSP / PSP / mortalités d'animaux marins, par site. Bretagne				
	Carte 33 récapitulatif DSP / PSP / mortalités d'animaux marins, par site. Atlantique				
	Carte 34 récapitulatif DSP / PSP / mortalités d'animaux marins, par site. Méditerranée				

Tome 2

voir également le **sommaire détaillé** des deux tomes

# Annexes

## Annexe 1 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Dinophysis*, de 1987 à 1995

par année

1/2

	DINO	DINOACT	DINOACU	DINOCAU	DINODIE	DINOFOR	DINOHAS	DINONOR	DINOPAV	DINOROT	DINOSAC	DINOSKA	DINOTRI
1987	1		223	1						8	282		1
1988	27		242	6			1			15	351		1
1989	13	3	228	19			3			28	306		4
1990	50	10	227	43						42	343		19
1991	71	2	70	21				1		29	250		
1992	137	5	63	62					5	63	249		1
1993	101	1	83	146	3	2	2	8	9	77	304	42	4
1994	123	7	63	101	6	3			2	60	262	9	21
1995	136	11	99	65	4	2			1	66	206	6	4
somme	659	39	1298	464	13	7	6	9	17	388	2553	57	55

### Espèces

<b>DINO</b>	<i>Dinophysis</i> sp.
<b>DINOACT</b>	<i>D. acuta</i>
<b>DINOACU</b>	<i>D. acuminata</i> + <i>D. cf. acuminata</i>
<b>DINOCAU</b>	<i>D. caudata</i>
<b>DINODIE</b>	<i>D. diegensis</i>
<b>DINOFOR</b>	<i>D. fortii</i>
<b>DINOHAS</b>	<i>D. hastata</i>
<b>DINONOR</b>	<i>D. norvegica</i> + <i>D. cf. norvegica</i>
<b>DINOPAV</b>	<i>D. pavillardii</i>
<b>DINOROT</b>	<i>D. rotundata</i>
<b>DINOSAC</b>	<i>D. sacculus</i> + <i>D. cf. sacculus</i>
<b>DINOSKA</b>	<i>D. skagii</i>
<b>DINOTRI</b>	<i>D. tripos</i>

# Annexe 1 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Dinophysis*, de 1987 à 1995

par site

2/2

	DINO	DINOACT	DINOACU	DINOCAU	DINODIE	DINOFOR	DINOHAS	DINONOR	DINOPAV	DINOROT	DINOSAC	DINOSKA	DINOTRI
02			2							1			
03			1							1			
05			436										
06			383										
07			28										
08			2										
09			10										
10			1										
12			1										
15			2								9	2	
16	1		10							4	25	4	1
17	2	1	8	3							14	1	1
18	9	1	16	5	1	1				22	128	20	1
19	47	2	9	18	1		2	5		57	262	20	8
20	7	3	2	10	1					3	24		
21	25	8	12	80	7	3	2	3		91	276	7	21
22	8	1	9	9		1		1		32	153	3	6
23	22			10						2	47		1
24	37			8						8	66		
25	62		1	19						10	91		1
26	11										7		
27	299	1	6	38			2			56	472		4
28	4	1	24	3						2	42		
29	9	12	42	57		1				13	55		6
30	15	3	11	40						12	61		1
31	10		3	14						3	78		
32	2		13	55	1					19	150		
34	21	2	4	34	1					4	17		
35	2		1	4	1	1							
36	27		56	1						1	178		2
37	22	2	34	13						19	152		2
38	8	1	130	9						19	83		
40	3	1	14	7						2	29		
41										1	1		
43	6		27	27					17	6	133		

les noms des sites sont détaillés dans le tableau 1

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

1/10

### 010 Antifer

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
07/87	27	8800	5
08/87	34	8200	3
08/88	87	7800	5
09/88	89	1900	3
09/88	91	500	0
07/89	132	6400	5
07/89	133	6400	3
07/89	134	8500	5
07/89	135	26900	3
08/89	136	135000	5
08/89	137	158000	5
08/89	138	47900	5
08/89	139	32600	5
09/89	141	11030	5
09/89	143	14300	5
10/89	145	320	5
07/90	184	1700	3
07/90	185	300	0
07/90	186	700	0
07/90	187	13500	0
08/90	188	2600	3
08/90	190	14200	5
08/90	191	68100	5
09/90	192	29200	5
09/90	193	200	5
09/90	194	1	5
08/92	293	9600	5
08/92	294	56100	5
09/92	299	1	5
09/92	300	1	3
07/93	342	600	0
07/93	343	1900	0
08/93	344	3800	0
08/93	345	10600	0
08/93	346	4000	5
07/94	392	5500	3
07/94	393	3900	5
07/94	395	86800	5
08/94	396	5500	5
08/94	397	1100	5
08/94	399	2100	5
09/94	402	200	5
09/94	404	400	0
08/95	452	1200	0
09/95	453	65600	5
09/95	454	3300	5
09/95	455	900	5
09/95	456	1000	5
10/95	458	1	3

### 013 Courseulles - Port en Bessin

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/87	26	400	0
07/87	27	4800	0
07/87	29	700	0
07/87	30	720	0
08/87	31	400	0
08/87	32	360	0
08/87	33	1	0

### 013 Courseulles - Port en Bessin

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/87	34	100	3
08/87	35	100	1
09/87	36	100	1
09/87	39	700	1
06/88	76	4200	5
06/88	78	7000	5
07/88	79	5300	5
07/88	83	100	1
08/88	84	100	1
08/88	85	100	1
08/88	86	1	1
09/88	88	1	1
07/89	133	3400	1
07/89	134	200	1
07/89	135	400	1
08/89	136	200	1
08/89	137	1	1
08/89	138	900	1
08/89	139	1300	1
09/89	140	1300	5
09/89	141	300	1
09/89	142	200	1
06/90	181	100	1
07/90	183	1	1
07/90	184	1	1
07/90	185	1400	1
07/90	186	5100	3
07/90	187	1100	5
08/90	188	4800	3
08/90	190	100	1
08/90	191	1000	1
09/90	192	200	1
09/90	193	2400	1
08/93	346	300	1
09/93	349	100	1
07/94	393	600	1
07/94	394	1300	1
07/94	395	1000	1
08/94	396	1	1
08/94	397	2300	1
08/94	398	1	1
08/95	450	1500	1
08/95	451	2100	1
08/95	452	500	1

### 036 Iroise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/88	75	100	3
06/88	76	100	5
06/88	77	100	3
06/88	78	1	1
07/88	79	100	3
07/88	80	1	1
07/88	81	1	3
07/88	82	1	1
07/88	83	1	1
08/88	84	1	1
08/88	85	1	1
08/88	86	1	1

### 036 Iroise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/89	124	100	3
05/89	125	1	3
05/89	126	5500	5
06/89	128	1	3
06/89	129	1	3
06/89	130	1	3
07/89	131	1	0
07/89	132	1	3
07/89	133	100	0
07/89	134	200	3
07/89	135	1	3
08/89	136	300	3
08/89	137	1	3
08/89	138	1	3
08/89	139	300	3
09/89	140	100	0
05/90	178	1	0
06/90	180	1	3
06/90	182	1	0
07/90	184	100	3
07/90	185	200	3
07/90	186	1	3
07/90	187	200	3
08/90	188	100	5
08/90	189	1	3
08/90	190	1	3
08/90	191	300	3
07/91	235	100	0
08/91	243	1	0
09/91	248	1	3
10/91	249	1	0
04/92	278	1	0
06/92	285	2000	5
06/92	286	200	5
06/92	287	1400	5
07/92	288	1	5
07/92	289	1	3
07/92	290	1	3
05/93	332	3300	3
05/93	333	4700	3
05/93	334	900	5
06/93	335	16300	5
06/93	336	1	5
06/93	337	1000	5
06/93	338	600	5
06/93	339	600	5
07/93	340	1	3
07/93	341	200	3
07/93	342	100	5
07/93	343	100	5
08/93	344	1	5
08/93	345	600	5
08/93	346	1	3
08/93	347	200	3
08/93	348	100	3
07/94	392	1	3
07/94	393	700	5
07/94	394	600	3
07/94	395	400	5

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

2/10

036 Iroise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/94	396	1	5
08/94	397	100	3
08/94	398	1	3
08/94	399	1	3
08/94	400	1	3
09/94	401	1	3
06/95	441	100	0

039 Baie de Douarnenez

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/89	130	1	3
07/89	131	1	3
07/89	132	100	3
07/89	133	800	3
07/89	134	200	3
07/89	135	1	5
08/89	136	400	5
08/89	137	100	3
08/89	138	100	5
08/89	139	100	3
09/89	140	200	3
09/89	141	100	3
09/89	142	1	3
09/89	143	1100	3
10/89	144	1	3
05/90	178	1	0
06/90	180	1	0
06/90	182	100	3
07/90	183	100	3
07/90	184	300	3
07/90	185	600	3
07/90	186	400	3
07/90	187	400	3
08/90	188	1100	5
08/90	189	500	5
08/90	190	300	5
08/90	191	800	5
09/90	192	300	5
09/90	193	1	3
09/90	194	1	3
09/90	195	200	3
06/91	231	1	0
06/91	232	1	0
06/91	233	200	0
06/91	234	1	3
07/91	235	600	3
07/91	236	600	3
07/91	237	2500	3
07/91	238	6900	5
07/91	239	500	3
08/91	240	1	5
08/91	241	100	5
08/91	242	1	3
08/91	243	1	3
09/91	244	1	0
09/91	246	300	5
09/91	247	700	5
09/91	248	300	3
10/91	249	1	3
04/92	276	367	3
04/92	277	300	3
04/92	278	5500	5
05/92	279	200	5
05/92	280	700	5
05/92	281	1	5
05/92	282	1	5
06/92	283	300	3
06/92	284	500	5
06/92	285	200	5

039 Baie de Douarnenez

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/92	286	300	5
06/92	287	7900	5
07/92	288	1100	5
07/92	289	300	3
07/92	290	200	3
08/92	293	200	0
04/93	329	700	0
04/93	330	3100	3
05/93	331	15600	5
05/93	332	22900	5
05/93	333	91500	3
05/93	334	4300	5
06/93	335	6100	5
06/93	336	4200	5
06/93	337	1600	5
06/93	338	2000	5
06/93	339	1	5
07/93	340	500	5
07/93	341	500	5
07/93	342	200	5
07/93	343	700	3
08/93	344	700	5
08/93	345	1100	3
08/93	346	100	3
08/93	347	600	3
08/93	348	100	3
09/93	351	1500	3
01/94	370	1	0
06/94	389	600	3
06/94	390	1300	0
06/94	391	6000	3
07/94	392	1300	5
07/94	393	3800	5
07/94	394	2100	5
07/94	395	24000	5
08/94	396	1600	5
08/94	397	1200	5
08/94	398	1600	5
08/94	399	100	5
08/94	400	500	5
09/94	401	400	3
09/94	402	200	3
06/95	443	100	0
08/95	452	1	0

039 Baie de Douarnenez

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	21	1400	5
05/87	22	2200	5
06/87	23	1	5
06/87	24	200	5
06/87	25	1	5
06/87	26	200	5
07/87	27	1	3
07/87	28	300	3
07/87	29	80	3
07/87	30	1	3
08/87	31	100	0
08/87	32	1	0
08/87	33	200	0
08/87	34	500	0
08/87	35	4200	5
09/87	36	2300	5
09/87	37	2700	5
09/87	38	400	5
09/87	39	1100	5
10/87	40	1	5
10/87	41	1	5
10/87	42	1	3
10/87	43	100	3
11/87	44	1	3
11/87	45	100	3
11/87	46	1	3
04/88	69	400	0
05/88	71	400	0
05/88	72	1	3
05/88	73	400	3
05/88	74	300	5
06/88	75	2800	5
06/88	76	1300	5
06/88	77	100	5
06/88	78	1	5
07/88	79	1	3
07/88	80	1	0
07/88	81	100	0
07/88	82	1	0
07/88	83	1	3
08/88	84	1	3
08/88	85	1	0
08/88	86	1	0
05/89	124	100	0
05/89	125	100	5
05/89	126	2700	5
06/89	127	1	5
06/89	128	1	3
06/89	129	1	3

043 Concarneau

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	21	1	0
06/87	24	1	0
06/87	25	920	0
06/87	26	900	3
07/87	27	700	5
07/87	28	1	3
07/87	29	1	0
07/87	30	1	0
08/87	31	1	0
08/87	33	800	0
08/87	34	700	3
08/87	35	1	0

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

3/10

043 Concarneau

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
09/87	36	100	0
09/87	37	1100	0
09/87	38	200	3
09/87	39	100	0
10/87	40	1	0
04/88	69	100	3
05/88	70	100	3
05/88	71	600	3
05/88	72	1	0
05/88	73	1	0
05/88	74	300	0
06/88	75	1	0
06/88	76	200	3
06/88	77	100	5
06/88	78	100	3
07/88	79	700	0
07/88	80	600	0
07/88	81	200	0
07/88	82	200	0
07/88	83	100	0
08/88	84	1	0
08/88	85	100	3
08/88	86	300	0
08/88	87	300	0
09/88	88	1	0
09/88	90	200	0
09/88	91	1	0
05/89	124	400	0
05/89	125	100	0
05/89	126	1	0
06/89	127	500	0
06/89	128	1	0
06/89	129	100	3
06/89	130	400	3
07/89	131	1	0
07/89	132	100	3
07/89	133	600	3
07/89	134	1	3
07/89	135	1	0
08/89	136	400	3
08/89	137	1	0
08/89	138	100	0
08/89	139	200	0
05/90	178	500	0
06/90	179	7200	5
06/90	180	700	5
06/90	181	100	3
06/90	182	1300	3
07/90	183	400	0
07/90	184	200	3
07/90	185	1	0
07/90	186	300	0
07/90	187	400	0
08/90	188	300	0
08/90	189	300	0
08/90	191	300	0
09/90	194	1	0
06/91	231	200	0
06/91	232	1	0

043 Concarneau

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/91	233	1	0
06/91	234	1400	0
07/91	235	400	3
07/91	236	100	0
07/91	237	100	0
08/91	240	300	0
08/91	241	700	0
08/91	242	1	3
08/91	243	1000	3
09/91	244	200	3
09/91	245	1	0
09/91	247	1	0
09/91	248	1	0
05/92	279	1	0
06/92	284	200	0
06/92	285	2000	5
06/92	286	1100	5
06/92	287	600	5
07/92	288	1500	5
07/92	289	1300	5
07/92	290	3900	5
07/92	291	200	3
08/92	292	200	0
08/92	293	300	3
09/92	299	700	0
05/93	334	100	0
06/93	339	700	3
07/93	340	400	5
07/93	341	200	3
07/93	343	100	0
08/93	344	100	0
08/93	345	5200	5
08/93	346	24800	5
08/93	347	1000	5
08/93	348	300	5
09/93	349	400	5
09/93	350	1	5
09/93	351	1	5
09/93	352	300	3
10/93	353	600	0
05/94	384	200	3
05/94	385	100	0
05/94	386	3300	0
05/94	387	500	0
06/94	388	1400	3
06/94	389	300	3
06/94	390	800	5
06/94	391	500	5
07/94	392	2700	5
07/94	393	400	5
07/94	394	4300	5
07/94	395	600	5
08/94	396	900	0
08/94	397	600	0
06/95	440	400	0
06/95	441	200	0
06/95	442	2000	3
06/95	443	300	3
07/95	444	100	0

043 Concarneau

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
07/95	445	2300	5
07/95	446	1700	5
07/95	447	300	5
07/95	448	500	3
08/95	449	200	5
08/95	450	100	3
08/95	451	100	3
08/95	452	1	0

044 Aven - Belon - Laita

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	21	1	0
06/87	24	1300	0
06/87	25	50	3
06/87	26	200	3
07/87	27	800	3
07/87	28	1	3
07/87	29	1	0
07/87	30	1	0
08/87	31	1	3
08/87	32	100	0
08/87	33	1	0
04/88	69	1	0
05/88	71	1100	0
05/88	72	2400	5
05/88	73	200	3
05/88	74	200	0
06/88	75	300	0
06/88	76	1200	3
06/88	77	100	3
06/88	78	1	0
07/88	79	800	0
07/88	80	1	0
07/88	82	600	0
07/88	83	400	3
08/88	84	1	0
08/88	85	200	0
08/88	86	1	0
09/88	88	1	0
05/89	124	100	0
05/89	125	300	0
05/89	126	1	0
06/89	127	1	0
06/89	128	1	3
06/89	129	1	0
06/89	130	1	3
07/89	131	1	0
07/89	132	1	0
07/89	133	1	3
07/89	134	1	0
07/89	135	1	0
08/89	136	200	3
08/89	137	100	3
08/89	138	200	3
08/89	139	1	0
05/90	177	700	0
05/90	178	4000	3
06/90	179	8400	5
06/90	180	200	5

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

4/10

044 Aven - Belon - Laita

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/90	181	600	3
06/90	182	500	3
07/90	183	200	0
07/90	184	200	0
07/90	185	200	0
07/90	186	100	0
07/90	187	1	0
08/90	188	1	0
09/90	194	300	0
06/91	231	300	3
06/91	232	800	0
06/91	233	400	0
06/91	234	200	0
07/91	235	1200	0
07/91	236	1	0
08/91	241	5500	0
08/91	242	800	0
08/91	243	100	0
09/91	246	1300	3
09/91	247	500	0
06/92	285	3100	5
06/92	286	1200	5
06/92	287	1600	0
07/92	288	1400	3
07/92	289	1600	3
07/92	290	1	3
07/93	340	400	0
07/93	343	700	0
08/93	344	600	0
08/93	345	400	0
08/93	346	700	0
05/94	384	1	0
06/94	389	2400	0
06/94	390	300	0
06/95	443	200	0
07/95	444	3200	0
07/95	445	1	0
07/95	446	1700	0

21 041 001 Les Glénan

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/87	25	300	0
06/87	26	1	3
07/87	27	1	0
07/87	28	1	0
05/88	74	900	3
06/88	75	100	0
06/88	77	1	0
07/88	79	100	0
07/88	83	200	0
08/88	84	300	0
08/88	85	1	0
08/88	86	1	0
09/88	90	1400	3
09/88	91	1	0
05/89	124	100	0
05/89	125	100	0
05/89	126	1	0
06/89	127	1	0

21 041 001 Les Glénan

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/89	128	1	0
06/89	129	1	0
06/89	130	1	0
07/89	131	1	0
07/89	133	1	0
07/89	135	1	0
08/89	136	100	0
05/90	178	100	0
06/90	179	500	0
06/90	180	400	0
07/90	183	200	0
07/90	187	200	0
09/90	194	200	0
06/91	231	600	0
06/91	232	1	0
06/91	233	100	0
07/91	235	1	0
08/91	240	1	0
09/91	246	900	0
09/91	247	500	0
06/92	284	600	3
06/92	285	500	3
06/92	286	11600	3
06/92	287	3200	3
07/92	288	800	3
07/92	289	100	0
07/92	290	200	3
07/92	291	1	0
08/92	292	1	0
07/93	340	200	0
08/93	347	500	0

23 045 001 Groix nord

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	20	400	0
05/87	22	100	3
06/87	23	100	3
06/87	24	200	3
06/87	25	1	3
06/87	26	1	3
07/87	27	100	0
07/87	29	1	0
04/88	69	100	0
05/88	71	500	3
05/88	72	1	3
05/88	73	1300	3
05/88	74	1000	5
06/88	75	100	5
06/88	76	100	5
06/88	77	100	3
06/88	78	1	3
07/88	79	1	0
07/88	80	1	0
09/88	90	200	3
09/88	91	1	0
04/89	121	200	3
05/89	122	500	3
05/89	124	1900	5
05/89	125	100	5

23 045 001 Groix nord

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/89	126	1	5
06/89	127	1	3
06/89	128	1	3
06/89	129	100	0
06/89	130	400	0
07/89	131	100	0
07/89	133	1	0
07/89	134	1	0
07/89	135	1	0
08/89	137	1	0
04/90	171	100	3
04/90	172	1	0
04/90	173	1	0
05/90	177	100	0
05/90	178	200	3
06/90	180	6500	5
06/90	181	200	5
06/90	182	100	5
07/90	183	100	5
07/90	184	100	5
07/90	185	1	5
07/90	186	200	5
07/90	187	1	3
08/90	188	400	3
08/90	189	100	0
09/90	193	100	3
04/91	226	1	3
05/91	229	1	3
06/91	231	1	3
06/91	232	500	3
06/91	233	1	3
06/91	234	1	0
07/91	235	1	0
07/91	237	1	3
07/91	238	1	0
08/91	240	1	3
04/92	278	1	0
05/92	279	1	0
05/92	280	1	0
05/92	281	1	0
05/92	282	1	0
06/92	283	100	3
06/92	284	1400	0
06/92	285	300	5
06/92	287	900	5
07/92	289	1	3
07/92	290	1	3
07/92	291	1	0
05/93	334	1	0
06/93	337	1	0
06/93	338	1	0
06/93	339	100	0
07/93	342	1	3
07/93	343	200	0
08/93	345	100	0
08/93	347	100	3
09/93	351	300	0
09/93	352	600	3
10/93	353	500	3

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

5/10

23 045 001 Groix nord

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
10/93	354	1	0
10/93	356	400	3
11/93	358	300	3
11/93	359	1	3
11/93	361	1	3
12/93	363	1	0
01/94	367	1	3
02/94	373	1	3
03/94	375	1	3
03/94	377	1	0
04/94	381	1	0
05/94	383	1	3
05/94	385	1	0
05/94	386	1	0
05/94	387	200	3
06/94	389	1	3
06/94	390	200	3
06/94	391	1	3
07/94	392	200	3
07/94	393	100	3
07/94	394	1	3
07/94	395	200	3
08/94	397	1	0
08/94	398	1	0
08/94	399	1	3
08/94	400	1	3
09/94	401	1	3
09/94	402	100	0
06/95	442	1	0
06/95	443	300	0
07/95	444	500	0
07/95	445	1	0
07/95	446	100	0
07/95	447	100	0
07/95	448	300	0
08/95	449	1	0
08/95	450	1	0

25 048 001 et 002 Belle île

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	20	100	0
05/87	22	1	0
06/87	24	200	3
06/87	25	1	0
06/87	26	1	3
07/87	27	1	0
07/87	29	1	0
04/88	68	1	0
05/88	73	500	3
05/88	74	300	5
06/88	75	1	5
06/88	76	300	5
06/88	77	400	3
06/88	78	1	5
07/88	79	1	0
07/88	80	400	0
04/89	121	1	0
05/89	123	1	3
05/89	125	400	3

25 048 001 et 002 Belle île

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/89	126	300	3
06/89	127	100	0
06/89	128	100	3
06/89	130	1	0
07/89	133	100	0
07/89	135	1	0
04/90	173	1	0
05/90	175	1	0
05/90	177	1	0
06/90	179	100	5
06/90	180	3600	5
06/90	181	1	5
06/90	182	200	5
07/90	183	1	3
07/90	185	1	0
05/91	230	1	0
06/91	233	100	3
07/91	237	1	0
06/92	286	100	3
07/92	289	1	0

25 049 007 Houat

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/93	339	1	0
07/93	342	1	0
05/94	387	1	3
06/94	388	700	3
06/94	389	100	0
06/94	390	300	3
06/94	391	1	3
07/94	392	100	3
07/94	393	100	0
07/94	394	1	3
07/94	395	1	3
08/94	396	1	0
08/94	397	100	0
08/94	398	1	0
08/94	400	1	0
09/94	401	1	0
09/94	402	1	0
06/95	441	300	0
06/95	442	500	0
06/95	443	1	0
07/95	444	300	0
07/95	445	200	3
07/95	446	1	0
07/95	447	1	0
07/95	448	1	0
08/95	449	1	0
08/95	450	100	0

057 Baie de Vilaine

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
04/87	17	1000	0
05/87	19	1200	3
05/87	20	4800	3
05/87	21	9000	5
05/87	22	900	5
06/87	23	800	0

057 Baie de Vilaine

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/87	24	500	3
06/87	25	500	0
06/87	26	1000	3
07/87	27	6200	3
07/87	28	10700	0
07/87	29	9400	3
07/87	30	2400	0
08/87	31	1200	0
08/87	32	1000	0
09/87	39	400	0
04/88	68	300	0
05/88	71	2800	3
05/88	72	2000	3
05/88	73	17400	5
05/88	74	1700	5
06/88	75	8000	5
06/88	76	11400	5
06/88	77	20400	5
06/88	78	2100	5
07/88	79	300	3
07/88	80	100	3
07/88	81	13700	3
07/88	82	7800	5
07/88	83	1500	3
08/88	84	13300	0
08/88	85	100	3
09/88	88	300	0
09/88	90	1300	0
04/89	121	400	0
05/89	123	4200	3
05/89	124	1600	3
05/89	125	1400	3
05/89	126	14300	3
06/89	127	3300	0
06/89	128	800	3
06/89	129	1300	0
06/89	130	2000	0
07/89	131	500	0
07/89	132	2800	0
07/89	133	400	3
07/89	134	200	3
07/89	135	1300	0
08/89	137	200	0
04/90	171	200	0
04/90	173	100	3
05/90	177	14600	3
05/90	178	24400	5
06/90	179	8700	5
06/90	180	3800	5
06/90	181	400	5
06/90	182	200	5
07/90	183	400	3
07/90	184	100	5
07/90	186	100	3
07/90	187	200	0
08/90	188	1300	0
08/90	189	11200	0
08/90	190	1400	0
09/90	193	1	3

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

6/10

057 Baie de Vilaine

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
04/91	226	200	3
05/91	229	200	0
05/91	230	1800	0
06/91	231	2300	0
06/91	232	900	3
06/91	233	200	5
06/91	234	900	3
07/91	235	300	5
07/91	236	2500	0
07/91	237	300	3
07/91	238	1	0
05/92	279	700	0
05/92	280	400	0
05/92	281	2500	0
05/92	282	200	0
06/92	283	2100	3
06/92	284	4900	3
06/92	285	18000	3
06/92	286	8200	3
06/92	287	2600	3
07/92	288	900	3
04/93	328	1	0
06/93	336	700	0
06/93	337	600	3
06/93	338	700	0
06/93	339	1200	0
07/93	340	2600	0
07/93	341	1300	3
07/93	342	1000	0
07/93	343	1400	0
08/93	344	300	0
08/93	345	1800	0
08/93	346	400	0
08/93	347	100	0
09/93	350	1	3
09/93	351	100	0
10/93	354	100	0
10/93	356	100	3
11/93	358	1	3
11/93	360	200	3
12/93	362	1	3
12/93	364	1	3
01/94	366	1	3
01/94	368	1	0
01/94	369	1	0
01/94	370	1	3
02/94	371	1	0
02/94	373	1	3
03/94	375	1	0
03/94	376	1	3
03/94	377	1	0
03/94	378	100	3
04/94	380	1	3
04/94	381	1	3
04/94	382	1	3
05/94	384	100	0
05/94	385	300	0
05/94	386	900	3
05/94	387	1500	3

057 Baie de Vilaine

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/94	388	1400	3
06/94	389	2700	3
06/94	390	1700	3
06/94	391	300	3
07/94	393	500	0
07/94	395	800	0
08/94	397	1100	0
08/94	398	1100	0
08/94	399	200	0
09/94	401	100	0
09/94	402	1	0
06/95	441	1900	0
06/95	442	1100	0
07/95	444	1200	0
07/95	445	6100	0
07/95	446	2300	0
07/95	447	1800	0
07/95	448	100	0
08/95	449	2200	0
08/95	450	100	0

059 Traicts du Croisic

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	21	1100	0
05/87	22	300	0
06/87	23	100	0
06/87	24	1	0
06/87	25	100	0
06/87	26	1	0
07/87	28	1	0
05/88	73	1300	0
06/88	75	400	0
06/88	76	700	0
06/88	77	1000	0
06/88	78	3100	0
07/88	79	100	0
07/88	80	100	0
07/88	81	3200	0
07/88	82	2800	0
07/88	83	3700	0
08/88	84	200	0
06/89	128	200	0
07/89	135	300	0
08/89	136	300	0
05/90	177	900	0
05/90	178	2200	5
06/90	180	800	3
06/90	181	200	3
06/90	182	100	3
07/90	184	200	0
06/91	232	6200	5
06/91	233	800	3
06/91	234	1	5
07/91	235	1200	3
07/91	236	200	0
07/91	237	1	0
07/91	238	1	0
05/92	281	100	0
06/92	285	700	3

059 Traicts du Croisic

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/92	286	1300	3
06/92	287	500	0
07/92	288	100	0
06/93	336	1	0
06/93	338	300	0
06/93	339	500	0
07/93	340	200	0
07/93	341	200	0
07/93	343	1	0
08/93	346	200	0
08/93	347	1	0
05/94	387	800	0
06/94	388	2	0
06/94	389	1600	0
06/94	390	400	0
06/94	391	800	0
07/94	394	400	0
06/95	441	300	0
06/95	443	400	0
07/95	444	700	0
07/95	445	1	0

29 062 005 Ile d'Yeu est

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
11/89	152	1000	0
12/89	153	800	0
12/89	154	200	0
06/90	179	600	5
06/90	180	110	5
06/90	182	800	5
07/90	183	1	5
07/90	185	1	3
07/90	186	1	0
06/91	233	300	5
06/91	234	200	5
07/91	236	1	5
07/91	237	1	0
07/91	238	1	0
09/91	247	700	0
06/92	286	580	3
06/92	287	130	5
07/92	289	1	5
07/92	290	40	3
07/92	291	1	0
11/92	309	300	5
06/93	338	1	0
06/93	339	1	0
07/93	340	200	0
07/93	342	200	0
07/93	343	100	0
08/93	345	1	0
08/93	346	200	0
08/93	347	1	0
11/93	357	100	0
01/94	369	1	0
01/94	370	1	0
05/94	385	1300	3
05/94	386	400	5
05/94	387	1	3

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

7/10

29 062 005 Ile d'Yeu est

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/94	388	300	0
06/94	389	1	0
06/94	390	200	0
06/94	391	1	0
06/95	441	300	0
06/95	442	1	0
06/95	443	1	0
07/95	445	1	0
07/95	446	1	0

065 Pertuis Breton

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	22	500	5
06/87	23	1	0
06/87	24	1	0
08/87	35	1	0
06/88	77	700	0
06/88	78	1500	0
08/88	85	1	0
09/88	88	1	0
05/89	126	1	0
06/89	127	1	0
07/89	135	1	0
06/90	181	1	0
07/90	185	1	0
07/90	187	500	0
08/90	189	1	0
06/91	233	1	0
07/91	238	250	0
07/91	239	400	0
08/91	240	200	0
09/91	245	100	0
06/92	284	1	0
06/92	286	1	0
07/92	288	300	0
07/92	290	100	0
07/92	291	4000	0
08/92	292	1	0
11/92	306	3900	5
11/92	307	400	5
11/92	308	100	5
11/92	309	400	5
12/92	310	200	5
12/92	311	1	0
01/93	317	1	0
06/93	336	1	0
06/93	337	1	0
06/93	338	10	0
06/93	339	1	0
07/93	341	100	0
07/93	342	1	5
07/93	343	10	0
08/93	347	250	0
08/93	348	10	0
09/93	351	20	0
09/93	352	30	0
10/93	354	800	0
10/93	356	120	0
11/93	358	1	0

065 Pertuis Breton

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
11/93	359	1	0
11/93	360	1	0
11/93	361	10	0
12/93	364	1	0
01/94	367	1	0
01/94	370	1	0
02/94	371	1	0
02/94	372	1	0
02/94	373	1	0
02/94	374	1	0
03/94	375	1	0
03/94	376	1	0
03/94	377	1	0
03/94	378	1	0
04/94	381	1	0
04/94	382	1	0
05/94	383	100	0
05/94	384	1	0
05/94	385	1	0
05/94	386	50	0
05/94	387	1	0
06/94	388	20	0
06/94	390	60	0
07/94	393	20	0
11/94	411	10	0
11/94	413	50	0
06/95	441	500	0
06/95	442	750	0
06/95	443	1550	0
07/95	444	120	0
07/95	445	300	0

068 Chatelaillon - Ile d'Aix

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	22	200	5
06/87	23	100	0
06/87	24	400	5
06/87	25	1	3
06/87	26	1	3
08/87	35	533	0
09/87	36	900	0
06/88	75	400	0
06/88	76	1	3
06/88	77	100	0
07/88	82	300	0
07/88	83	500	0
08/88	86	1100	0
08/88	87	600	0
09/88	88	300	0
05/89	126	100	0
07/89	135	500	0
05/90	177	1350	0
06/90	181	300	0
07/90	183	1	0
07/90	185	350	3
07/90	186	200	0
07/90	187	101	0
08/90	188	50	0
06/91	233	1	0

068 Chatelaillon - Ile d'Aix

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/91	240	400	0
08/91	241	300	0
05/92	280	200	0
06/92	286	200	0
06/92	287	400	0
07/92	288	1	0
07/92	290	300	0
11/92	307	400	5
11/92	308	1	0
11/92	309	1	0
05/93	331	1	0
06/94	388	300	0
07/94	393	1	0
06/95	441	1	0
06/95	442	600	0
06/95	443	400	0
07/95	444	400	0
07/95	445	100	0

070 Nord Marennes Oléron

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/87	21	2500	0
05/87	22	1550	3
06/87	23	633	0
06/87	24	450	5
06/87	25	233	3
06/87	26	200	0
06/88	75	400	0
06/88	76	1	0
07/88	82	1100	0
10/89	146	200	0
05/90	176	200	0
05/90	178	800	0
06/90	179	300	0
08/90	189	666	0
08/90	190	400	0
08/91	243	500	0
09/91	245	200	0
09/91	246	1100	0
09/91	247	567	0
06/92	285	367	0
06/92	286	433	0
11/92	307	100	5
11/92	308	1	5
11/92	309	1	5
12/92	310	1	5
12/92	311	1	0
12/92	313	1	0
07/93	341	1	0
07/93	342	200	0
07/93	343	100	0
08/93	344	1	0
08/93	345	1	0
08/93	346	100	0
08/93	347	100	0
08/93	348	1	0
09/93	349	1	0
09/93	351	100	0
10/93	354	100	0

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis* tableaux correspondant aux graphiques 1

8/10

070 Nord Marennes Oléron

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
10/93	355	500	0
11/93	357	100	0
11/93	359	1	0
11/93	361	1	0
12/93	362	1	0
01/94	367	1	0
01/94	368	100	0
01/94	369	1	0
01/94	370	1	0
02/94	371	1	0
02/94	372	1	0
02/94	374	1	0
03/94	376	1	0
03/94	378	100	0
04/94	380	1	0
04/94	382	100	0
05/94	383	1	0
05/94	384	1	0
05/94	385	200	0
05/94	387	100	0
06/94	388	1	0
06/94	390	50	0

077 Bassin d'Arcachon

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/92	281	200	0
01/93	314	1	0
01/93	316	1	0
08/93	344	1	0
08/93	345	200	0
08/93	346	100	0
08/93	347	1	0
08/93	348	200	3
09/93	349	1	0
09/93	351	50	0
09/93	352	50	0
10/93	353	200	0
10/93	354	1	0
11/93	360	1	0
01/94	367	1	5
01/94	368	1	5
01/94	370	200	5
02/94	373	1	0
03/94	375	1	0
04/94	382	1	0
05/94	383	1	0
05/94	384	1	0
05/94	385	1	3
05/94	386	150	0
05/94	387	1	0
06/94	388	1	0
06/94	389	1	0
06/94	390	1	0
06/94	391	1	0
07/94	392	1	0
07/94	393	1	0
07/94	394	1	0
07/94	395	1	0
08/94	396	1	0

077 Bassin d'Arcachon

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/94	397	1	0
08/94	398	1	0
08/94	399	400	0
08/94	400	400	0
09/94	401	1	0
09/94	402	1	0
11/94	412	300	5
05/95	436	200	0
06/95	442	3400	3
06/95	443	1100	5
07/95	444	3900	5
07/95	446	400	5
07/95	447	1	5
07/95	448	200	3
08/95	449	1	0
08/95	451	200	0

083 Etang de Saises Leucate

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
05/89	126	2200	0
06/89	127	400	5
06/89	128	100	5
06/89	129	200	5
06/89	130	300	3
07/89	131	200	0
05/90	176	800	0
05/90	177	900	3
05/90	178	1	0
06/90	179	300	3
06/90	180	900	3
06/90	181	800	5
06/90	182	100	0
07/90	183	100	0
07/90	184	100	0
09/91	244	1	0
09/91	245	50	0
12/91	259	100	0
06/92	287	1	3
01/93	316	250	0
04/93	327	1	0
07/93	341	1	5
09/93	349	100	0
09/93	350	1	0
09/93	351	100	0
09/93	352	1	0
10/93	353	300	0
10/93	355	300	0
10/93	356	800	0
11/93	357	500	5
11/93	358	1500	5
11/93	359	200	5
11/93	360	200	3
11/93	361	400	3
12/93	362	600	5
12/93	363	1000	3
12/93	364	600	5
12/93	365	400	3
01/94	366	750	0
01/94	367	500	0

083 Etang de Saises Leucate

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
01/94	370	200	3
02/94	372	1	0
03/94	375	1	0
04/94	379	1	0
05/94	387	1	5
06/94	388	1	3
06/94	389	1	5
06/94	390	1	0
11/94	409	1500	0
11/94	411	3000	5
11/94	412	400	5
11/94	413	1000	5
12/94	414	300	5
12/94	415	300	5
12/94	416	400	5
12/94	417	200	0
05/95	437	100	5
05/95	438	200	5
06/95	440	100	5
06/95	441	100	0
06/95	443	600	0
07/95	444	100	0
11/95	465	3100	5
12/95	466	700	5
12/95	467	500	5
12/95	468	100	5
12/95	469	200	5

081 Côte audoise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/87	35	700	5
09/87	36	200	5
09/87	37	1200	5
09/87	38	1	5
09/87	39	1	5
10/87	41	1	0
10/87	42	1	0
05/89	123	700	0
05/89	126	500	5
06/89	127	900	5
06/89	128	300	5
06/89	129	100	5
06/89	130	200	5
07/89	131	2600	5
07/89	132	1	5
07/89	133	1	5
07/89	134	1	5
07/89	135	1	5
08/89	136	1	5
08/89	137	1	5
08/89	138	1	5
08/89	139	1	5
09/89	140	1	0
05/90	176	400	0
06/90	179	1	5
06/90	180	900	5
06/90	181	100	5
06/90	182	1100	5
07/90	183	1	0

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

9/10

081 Côte audoise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
07/90	184	1	0
06/91	231	1	0
06/91	232	1	0
08/91	242	1	0
08/91	243	1	5
09/91	244	100	5
09/91	245	300	5
09/91	246	1	5
09/91	247	1	0
09/91	248	1	0
06/92	287	400	0
04/93	327	1	5
04/93	329	1	0

088 Côte languedocienne

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/87	34	200	5
08/87	35	400	5
09/87	36	200	5
09/87	37	400	5
09/87	38	200	5
09/87	39	50	3
10/87	41	1	0
05/89	123	800	0
05/89	124	800	5
05/89	125	1000	5
05/89	126	750	5
06/89	127	6800	5
06/89	128	2300	5
06/89	129	1800	5
06/89	130	2600	5
07/89	131	2900	5
07/89	132	650	5
07/89	133	100	5
07/89	134	1	5
07/89	135	1	5
08/89	136	1	5
08/89	137	1	5
08/89	138	1	5
08/89	139	1	5
09/89	140	1	5
09/89	141	1	0
05/90	175	450	0
05/90	176	800	3
05/90	177	300	0
05/90	178	100	5
06/90	179	300	5
06/90	180	200	5
06/90	181	150	5
06/90	182	1	3
07/90	183	1	3
06/91	231	400	0
06/91	232	300	0
06/91	234	2000	0
07/91	236	300	0
07/91	237	600	3
07/91	238	1	0
08/91	242	1	5
08/91	243	1	5

088 Côte languedocienne

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
09/91	244	1	5
09/91	245	1	5
09/91	246	100	5
09/91	247	1	5
09/91	248	1	0
10/91	249	1	0
06/92	286	6600	0
06/92	287	1750	0
08/92	292	800	3
03/93	325	200	3
04/93	327	1	5
04/93	329	1	0
05/93	334	100	0
06/93	336	300	0
09/93	350	200	0
09/93	351	100	0
09/93	352	1	0
10/93	353	1	0
10/93	355	1	0
11/93	358	1	0
11/93	361	1	0
12/93	363	1	0
12/93	365	1	0
01/94	366	1	0
01/94	367	1	0
02/94	371	1	0
03/94	375	1	0
07/94	395	1	0
07/95	445	1	0

093 Côte camarguaise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
09/87	36	1400	5
06/89	127	567	3
06/89	128	7700	5
06/89	129	9433	5
06/89	130	67	5
07/89	131	150	5
07/89	132	100	5
07/89	133	67	5
07/89	134	33	5
07/89	135	133	5
08/89	136	67	5
08/89	137	1	3
08/89	138	1	0
10/89	144	100	0
05/90	175	500	5
05/90	176	150	5
05/90	177	300	5
05/90	178	1200	5
06/90	179	250	5
06/90	180	1	5
06/90	181	200	3
06/90	182	100	3
07/90	183	500	0
10/90	196	1	3
06/91	231	400	3
06/91	232	850	3
06/91	233	700	0
06/91	234	250	3
07/91	235	250	5
07/91	236	100	5
07/91	237	1000	5
07/91	238	100	5
07/91	239	200	5
08/91	240	50	3
08/91	241	50	3
08/91	242	700	3
08/91	243	1	0
06/92	284	300	0
06/92	285	300	0
06/92	286	1	0
06/92	287	200	0
07/92	288	1	0
08/92	293	1	0
09/92	297	1	0
06/93	335	500	0

093 Côte camarguaise

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
08/92	296	100	0
09/92	297	1	0
09/92	298	1000	3
09/92	299	400	0
06/93	337	100	0
08/93	345	1	0
07/94	393	2900	0
07/94	394	100	3
07/94	395	1	0
07/95	446	100	0
08/95	449	100	0

094 Golfe de Fos

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
09/87	36	1400	5
06/89	127	567	3
06/89	128	7700	5
06/89	129	9433	5
06/89	130	67	5
07/89	131	150	5
07/89	132	100	5
07/89	133	67	5
07/89	134	33	5
07/89	135	133	5
08/89	136	67	5
08/89	137	1	3
08/89	138	1	0
10/89	144	100	0
05/90	175	500	5
05/90	176	150	5
05/90	177	300	5
05/90	178	1200	5
06/90	179	250	5
06/90	180	1	5
06/90	181	200	3
06/90	182	100	3
07/90	183	500	0
10/90	196	1	3
06/91	231	400	3
06/91	232	850	3
06/91	233	700	0
06/91	234	250	3
07/91	235	250	5
07/91	236	100	5
07/91	237	1000	5
07/91	238	100	5
07/91	239	200	5
08/91	240	50	3
08/91	241	50	3
08/91	242	700	3
08/91	243	1	0
06/92	284	300	0
06/92	285	300	0
06/92	286	1	0
06/92	287	200	0
07/92	288	1	0
08/92	293	1	0
09/92	297	1	0
06/93	335	500	0

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 2 : toxicité DSP en fonction de la concentration en *Dinophysis*

tableaux correspondant aux graphiques 1

10/10

094 Golfe de Fos

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
06/93	336	200	0
06/93	339	100	0
08/93	345	1	0
08/93	346	100	0
08/93	347	1	0
08/93	348	800	0
09/93	349	1	0
09/93	350	1	0
09/93	351	1	0
09/93	352	1	0
10/93	353	1	0
10/93	354	1	0
10/93	355	1	0
11/93	357	1	0
11/93	359	1	0
11/93	360	1	0
11/93	361	1	0
12/93	362	1	0
12/93	363	1	0
12/93	364	1	0
12/93	365	1	0
01/94	366	1	0
01/94	367	1	0
01/94	368	1	0
01/94	369	1	0
01/94	370	1	0
02/94	371	1	0
02/94	373	1	0
02/94	374	1	0
03/94	375	1	0
03/94	376	1	0
03/94	377	1	0
05/94	385	1	0
06/95	442	300	0
06/95	443	200	0
07/95	444	200	0
07/95	445	400	3
07/95	446	200	0

114 Etangs de Diana -Urbino

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
04/88	68	1000	5
04/88	69	2100	3
12/88	103	33	0
05/90	177	200	5
05/90	178	1	0
06/90	179	1	0
07/90	186	1	3
01/91	212	1000	3
01/91	213	400	5
02/91	214	300	3
12/91	259	500	0
01/92	265	500	3
02/92	269	4500	0
03/92	270	2100	5
03/92	271	7900	5
03/92	272	5200	5
03/92	273	3800	5
03/92	274	1800	5

114 Etangs de Diana -Urbino

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
04/92	275	1600	5
04/92	276	700	5
04/92	277	400	5
04/92	278	300	5
05/92	279	200	0
05/92	280	300	3
05/92	281	100	3
11/92	307	1600	0
11/92	308	1	0
12/92	312	1300	5
12/92	313	500	5
01/93	314	200	0
01/93	315	100	3
02/93	320	300	0
02/93	321	9900	5
03/93	322	14200	5
03/93	323	3700	5
03/93	324	3200	5
03/93	325	700	5
03/93	326	7350	5
04/93	327	400	5
04/93	329	200	5
04/93	330	1	0
05/93	331	1	3
07/93	342	300	0
08/93	346	1	0
09/93	349	1	0
10/93	354	1	0
10/93	355	1	0
10/93	356	1	0
11/93	359	100	0
11/93	361	100	0
12/93	362	700	0
12/93	363	4100	0
12/93	364	2300	0
12/93	365	400	0
01/94	366	1100	0
01/94	367	1	0
01/94	369	400	0
02/94	371	400	0
02/94	372	600	0
02/94	374	200	3
03/94	375	100	0
03/94	377	1	0
06/94	389	100	0
06/94	390	1	0
07/94	393	100	0
09/94	402	200	3
09/94	403	200	0
12/94	414	2700	3
12/94	415	30600	5
12/94	416	18700	5
12/94	417	16100	0
01/95	418	9700	5
01/95	419	6600	5
01/95	420	9900	3
01/95	421	3000	5
01/95	422	13900	5
02/95	423	1800	0

114 Etangs de Diana -Urbino

mois	semaine	<i>Dinophysis</i>	DSP
02/95	424	1400	0
02/95	425	1700	5
02/95	426	3200	5
03/95	427	2700	5
03/95	428	2200	5
03/95	429	1100	5
04/95	431	200	5
04/95	432	400	5
04/95	433	100	3
05/95	435	1	5

*Dinophysis* : en cellules par litre

DSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

### Annexe 3 : nombre d'occurrences des différentes espèces d'*Alexandrium*, de 1988 à 1995

1/2

par année

	ALEX	ALEXAFF	ALEXAND	ALEXHIR	ALEXINS	ALEXLEE	ALEXMAR	ALEXMIN	ALEXOST	ALEXPSE	ALEXTAM
<b>1988</b>	1							41			
<b>1989</b>	36							84			
<b>1990</b>	80	8						128			
<b>1991</b>	29	2			1			79			
<b>1992</b>	32	1					3	72	2		
<b>1993</b>	74	27					10	166	8	5	
<b>1994</b>	83	22	3		2		17	107	8	34	6
<b>1995</b>	29	3	3	2	8	1	12	94	12	19	2
<b>somme</b>	<b>364</b>	<b>63</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>42</b>	<b>771</b>	<b>30</b>	<b>58</b>	<b>8</b>

#### Espèces

- ALEX** *Alexandrium* sp.
- ALEXAFF** *Alexandrium affine*
- ALEXAND** *Alexandrium andersoni*
- ALEXHIR** *Alexandrium hiranoi*
- ALEXINS** *Alexandrium insuetum*
- ALEXLEE** *Alexandrium leei*
- ALEXMAR** *Alexandrium margalefi*
- ALEXMIN** *Alexandrium minutum*
- ALEXOST** *Alexandrium ostenfeldii*
- ALEXPSE** *Alexandrium pseudogonyaulax*
- ALEXTAM** *Alexandrium tamarense*

### Annexe 3 : nombre d'occurrences des différentes espèces d'*Alexandrium*, de 1988 à 1995

2/2

par site

	ALEX	ALEXAFF	ALEXAND	ALEXHIR	ALEXINS	ALEXLEE	ALEXMAR	ALEXMIN	ALEXOST	ALEXPSE	ALEXTAM
10	2										
12	5										
13	4										
14	7										
15	3							14			
16	7							420	4		1
17	2							128			
18	17	2					6	34	3	2	2
19	31	8	1			1	13	25	6	20	4
20	2	4						9	2	1	
21	44	21	5				20	48	13	32	
22	7	1						9	1	1	
23	5							1			
24	1							1			
25	5							2			
27	52	1						12			
28	7										
29	9	7									
30	22	7					1	19	1	1	
31	23						2	7		1	
32	5	6						16			
34	17	4						6			
35	1										
36	2	2			1			4			
37	3				2			8			1
38	35			2				2			
40	33							6			
43	13				8						

les noms des sites sont détaillés dans le tableau 1

**Annexe 4 : toxicité PSP en fonction de la concentration en *Alexandrium minutum***  
tableaux correspondant aux graphiques 2

033 Baie de Morlaix

mois	semaine	A. minutum	PSP
06/88	78	31800	0
08/88	87	1	0
07/89	132	1600	2
07/89	133	160000	5
06/90	182	133400	5
07/90	183	1000	2
07/90	184	900	2
07/90	186	900	2
07/91	238	17700	0
07/91	239	2300	0
08/91	242	66000	0
08/91	243	3600	0
07/92	290	1520000	2
07/92	291	89000	2
08/92	292	3200	2
04/93	329	1	0
05/93	331	100	0
05/93	333	500	0
05/93	334	1	0
06/93	335	2200	0
06/93	337	23800	0
06/93	338	160000	5
06/93	339	5012000	5
07/93	340	612000	5
07/93	341	2912000	5
07/93	342	752000	5
07/93	343	25300	0
09/93	351	1	0
12/93	364	1	0
01/94	368	1	0
02/94	373	1	0
03/94	376	1	0
07/94	392	7985000	5
07/94	393	22800000	5
07/94	394	1440000	5
07/94	395	12700	2
08/94	396	298000	0
08/94	397	16000	2
06/95	442	4505000	2
06/95	443	231000	2
07/95	444	5120000	2
07/95	445	146000	0

035 les Abers

mois	semaine	A. minutum	PSP
08/88	87	560000	5
09/88	88	435000	5
09/88	89	1200	5
09/88	90	100	5
09/88	91	1	2
10/88	92	200	0
10/88	93	200	0
05/89	125	1500	0
06/89	127	200	0
07/95	447	5756000	5
07/95	448	950000	5
08/95	449	1270000	5
08/95	450	700	2
08/95	451	100	0

*Alexandrium minutum* : en cellules par litre

PSP : 0=absence, 3=en faible quantité, 5=en quantité dangereuse

semaine 1 = 1ère semaine de janvier 1987

## Annexe 5 : secteurs fermés pour causes autres que DSP et PSP

1/3

# 1992

Bassin	Secteur fermé	Motif de fermeture	Dates de fermeture	Durée de fermeture (jours)
062 Vendée nord	Notre dame de Monts ⇒ St Gilles Croix de Vie + Ile d'Yeu	TA	25 nov → 10 déc	16
063 Olonne	Le bassin entier	TA	25 nov → 10déc	16
065 Pertuis Breton	Filières à moules	TA	13 nov → 11déc	29
068 Chatellaillon - Ile d'Aix	Ile d'Aix	TA	18 nov → 11déc	24
070 Nord Marennes Oléron	Littoral de Boyardville	TA	19 nov → 11déc	23

TA = toxicité atypique (cf. chapitre 2.3.)

# 1993

Bassin	Secteur fermé	Motif de fermeture	Dates de fermeture	Durée de fermeture (jours)
065 Pertuis Breton	Pointe du Grouin du Cou ⇒ limite départementale Vendée / Charente maritime + filières à moules <i>moules seulement</i>	TA	2 fév → 5 fév	16
	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>		5 fév → 17 fév	
066 Baie de l'Aiguillon	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
067 Pertuis d'Antioche	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
068 Chatellaillon - Ile d'Aix	Ile d'Aix <i>moules seulement</i>	TA	2 fév → 5 fév	16
	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>		5 fév → 17 fév	
069 Estuaire Charente	Fouras <i>moules seulement</i>	TA	2 fév → 5 fév	16
	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>		5 fév → 17 fév	
070 Nord Marennes Oléron	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
071 Sud Marennes Oléron	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
072 Seudre	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13

... / ...



## Annexe 5 : secteurs fermés pour causes autres que DSP et PSP

2/3

1993 (suite)

Bassin	Secteur fermé	Motif de fermeture	Dates de fermeture	Durée de fermeture (jours)
073 Ouest Oléron - La Coubre	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
074 Estuaire aval Gironde	Partie Charente maritime <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
	Partie Gironde <i>moules seulement</i>		6 fév → 17 fév	
075 Estuaire amont Gironde	Partie Charente maritime <i>tous coquillages</i>	TA	5 fév → 17 fév	13
	Partie Gironde <i>moules seulement</i>		6 fév → 17 fév	
076 Côte océane	Le bassin entier <i>moules seulement</i>	TA	6 fév → 17 fév	12
077 Bassin d'Arcachon	Le bassin entier <i>moules seulement</i>	TA	6 fév → 17 fév	12
080 Côte catalane	Le bassin entier <i>tous coquillages sauf huitres</i>	TA	8 avr → 22 avr	15
081 Côte audoise	Argeles plage ⇒ limite Pyrénées orientales / Aude <i>tous coquillages sauf huitres</i>	TA	8 avr → 22 avr	15
	Département de l'Aude, sauf étangs <i>tous coquillages sauf huitres</i>		8 avr → 22 avr	
	Limite Aude / Hérault ⇒ cap d'Agde <i>tous coquillages sauf huitres</i>		9 avr → 22 avr	
083 Etang de Salses - Leucate	Le bassin entier <i>tous coquillages sauf huitres</i>	TA	28 mai → 27 jui	61
088 Côte languedocienne	Cap d'Agde ⇒ limite Hérault / Gard <i>tous coquillages sauf huitres</i>	TA	9 avr → 22 avr	14
	Département du Gard <i>tous coquillages sauf huitres</i>		14 avr → 22 avr	
100 Rade de Toulon	Le bassin entier	TA	30 mar → 4 jun	104 (+171 en 94)
			25 nov → 20 jun 94	

TA = toxicité atypique (cf. chapitre 2.3.)

## Annexe 5 : secteurs fermés pour causes autres que DSP et PSP

3/3

# 1994

Bassin	Secteur fermé	Motif de fermeture	Dates de fermeture	Durée de fermeture (jours)
007 Le Tréport - Dieppe	Dieppe ⇒ phare d'Ailly	DSP + TA	11 août → 9 sep	30
008 St Valéry en Caux	Le bassin entier	DSP + TA	11 août → 9 sep	30
009 Fécamp-Etretat	St Valéry en Caux ⇒ Fécamp Fécamp ⇒ cap d'Antifer	DSP + TA	11 août → 9 sep 20 jui → 10 oct	83
010 Antifer	Le bassin entier	DSP + TA	20 jui → 10 oct	83
053 Rivière d'Auray	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>	TA	22 jun → 22 jui	31
077 Bassin d'Arcachon	Le bassin entier <i>tous coquillages</i>  Le bassin entier <i>moules seulement</i>	TA	14 jan → 28 jan  28 jan → 25 fév	43
083 Etang de Salses - Leucate	Le bassin entier <i>tous coquillages sauf huitres</i>	DSP + TA	2 jun → 30 jun	29
100 Rade de Toulon	Le bassin entier	TA	25 nov 93 → 20 jun	171 en 94 (+ 37 en 93)

TA = toxicité atypique (cf. chapitre 2.3.)

# 1995

Bassin	Secteur fermé	Motif de fermeture	Dates de fermeture	Durée de fermeture (jours)
038 Aulne - rade de Brest	Amont rivière Aulne	Gym	28 jui → 18 sep	53
039 Baie de Douarnenez	Le bassin entier	DSP + Gym	22 jun → 28 jui	37
043 Concarneau	Le bassin entier  Le bassin entier	DSP + Gym  Gym	22 jun → 7 jui  7 jui → 28 jui	37

Gym = *Gymnodinium cf. nagasakiense* (cf. chapitre 3.1.1.4.)

Annexe 6 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Gymnodinium* et *Gyrodinium*, de 1987 à 1995  
par année

1/2

	GYMN	GYMNBRE	GYMNCAT	GYMNNAG	GYMNSPL	GYRO	GYROSPI
1987	30	1		121	14	33	103
1988	99			140	25	77	131
1989	162			89	11	112	120
1990	168			66	15	122	174
1991	181			36	13	112	143
1992	277			149	28	152	176
1993	369		9	150	6	253	277
1994	406	30	3	249	9	320	357
1995	480	57		621	24	317	249
somme	2172	88	12	1621	145	1498	1730

un certain nombre de résultats saisis dans *Gymnc* sont en réalité des résultats *Gymnodinium chloro*, voir carte 26 et tableau 16

**Espèces**

- GYMN** *Gymnodinium* sp.  
**GYMNBRE** *Gymnodinium breve* + *G. cf. breve* (= *Ptychodiscus brevis*)  
**GYMNCAT** *Gymnodinium catenatum*  
**GYMNNAG** *Gymnodinium nagasakiense* (= *Gymnodinium mikimotoi* = *Gyrodinium aureolum*)  
**GYMNSPL** *Gymnodinium splendens* (= *G. sanguineum*)  
**GYRO** *Gyrodinium* sp.  
**GYROSPI** *Gyrodinium spirale*

Annexe 6 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Gymnodinium* et *Gyrodinium*, de 1987 à 1995  
par site

2/2

	GYMN	GYMNBRE	GYMNCAT	GYMNNAG	GYMNSPL	GYRO	GYROSPI
01	10			6		1	3
02	46			4		56	15
03	12			5	2	10	52
05	9				1	28	
06	21				1	10	
07	7				2	1	
08				1		9	
09	2				1	6	
10	12			15	2	3	42
11				2	2		5
12	19			18	5	4	42
13	16			18	4	3	38
14	24	1		20	4	3	56
15	2			21		1	7
16	66			45		38	49
17	12	1		46		6	21
18	99	30		206		66	72
19	121	23		163		109	94
20	3			24		6	10
21	103	29		184		101	111
22	6			49		7	34
23	21			21		8	25
24	104			18	1	46	43
25	131			44		47	82
26				5			5
27	262		2	215	12	178	367
28	38		1	55	4	23	41
29	27			33	1	8	63
30	125		1	17		95	16
31	134			9		100	12
32	187			22		123	2
34	30			9		36	6
35						1	
36	135			3	15	34	47
37	148		1	3	11	43	125
38	120	2		115	45	115	101
40	44	2		102	10	65	50
41	5			1		5	
43	71		7	122	22	103	94

un certain nombre de résultats saisis dans *Gymnodinium* sont en réalité des résultats *Gymnodinium chlorophorum* voir carte 26 et tableau 16

les noms des sites sont détaillés dans le tableau 1

Annexe 7 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Prorocentrum*, de 1987 à 1995  
par année

1/2

	PROR	PRORCOM	PRORGRA	PRORLIM	PRORMEX	PRORMIC	PRORMIN	PRORTRI
1987	19		1	1		262	79	2
1988	34			6		620	127	
1989	50		6	13		527	105	2
1990	90		14	11		714	99	2
1991	111		1	13		521	93	7
1992	182	3	47	17		431	132	18
1993	192	1	32	29		553	275	53
1994	327	13	102	39		529	228	20
1995	361	3	106	25	10	536	237	79
somme	1366	20	309	154	10	4693	1375	183

**Espèces**

- PROR** *Prorocentrum* sp. (= *Exuviaella* sp.)  
**PRORCOM** *Prorocentrum compressum*  
**PRORGRA** *Prorocentrum gracile*  
**PRORLIM** *Prorocentrum lima* + *P. marinum*  
**PRORMEX** *Prorocentrum mexicanum*  
**PRORMIC** *Prorocentrum micans* + *P. arcuatum* + *P. gibbosum*  
**PRORMIN** *Prorocentrum minimum* + *P. balticum* + *P. cordatum*  
**PRORTRI** *Prorocentrum triestinum* (= *P. redfieldii*)

Annexe 7 : nombre d'occurrences des différentes espèces de *Prorocentrum*, de 1987 à 1995  
par site

2/2

	PROR	PRORCOM	PRORGRA	PRORLIM	PRORMEX	PRORMIC	PRORMIN	PRORTRI
01						4		
02	3					48		
03						56		
05	13		8			165	3	1
06	24		10			72	3	1
07	23		7			39		1
08	6		1			21		
09	5		6			50	2	
10	8		2			55		
11						5		
12	14		1			78		
13	6					28		
14	14		1			117		
15						8	1	
16	2	1	1	9		158	2	
17			1	5		104		
18	9		16	2		271	38	16
19	4	1	12	8		186	3	8
20		1		2		27		
21	4	9	10	11		241	9	7
22						99		
23	34					28	1	
24	51		1			81		1
25	132					108		1
26	17					16		
27	267		1			732	3	
28	32		1	2		177	4	
29	24		3			131	10	
30	130					34	2	6
31	146		1			21		4
32	8		6	1		218	3	17
34	13	5	2	1		75	31	3
35	2	3	1			1	1	1
36	94			1		202	74	
37	113			3		153	65	
38	74		139	53	6	430	691	61
40	40		22	44	4	193	177	29
41						3	1	2
43	54		56	12		258	251	24

les noms des sites sont détaillés dans le tableau 1