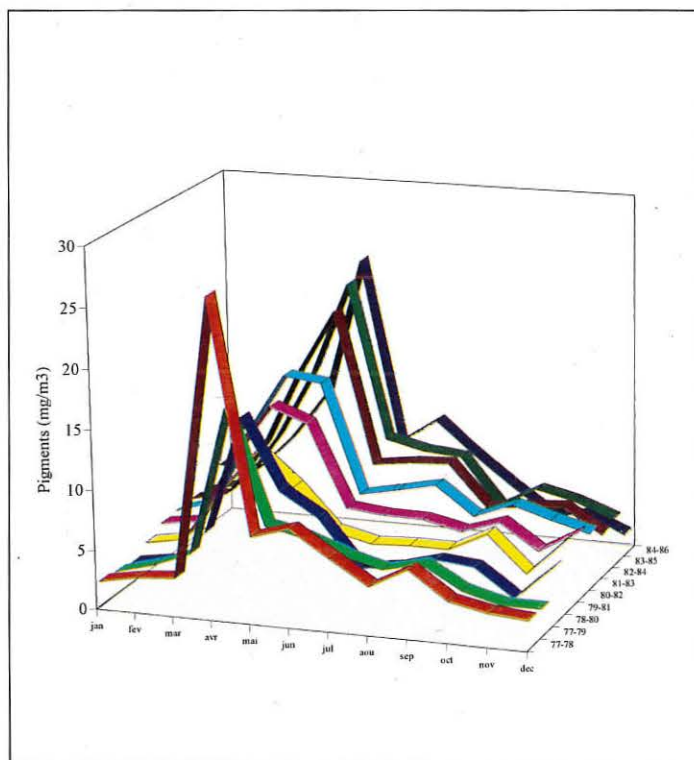




RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN



Surveillance du Milieu Marin
Travaux du R N O
Édition 1992-1993

Surveillance du milieu marin

TRAVAUX DU RNO

Edition 1992-1993

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS

SURVEILLANCE DES ELEMENTS NUTRITIFS

ET DE LA CHLOROPHYLLE

QUALITE DU MILIEU MARIN LITTORAL : UNE SYNTHESE

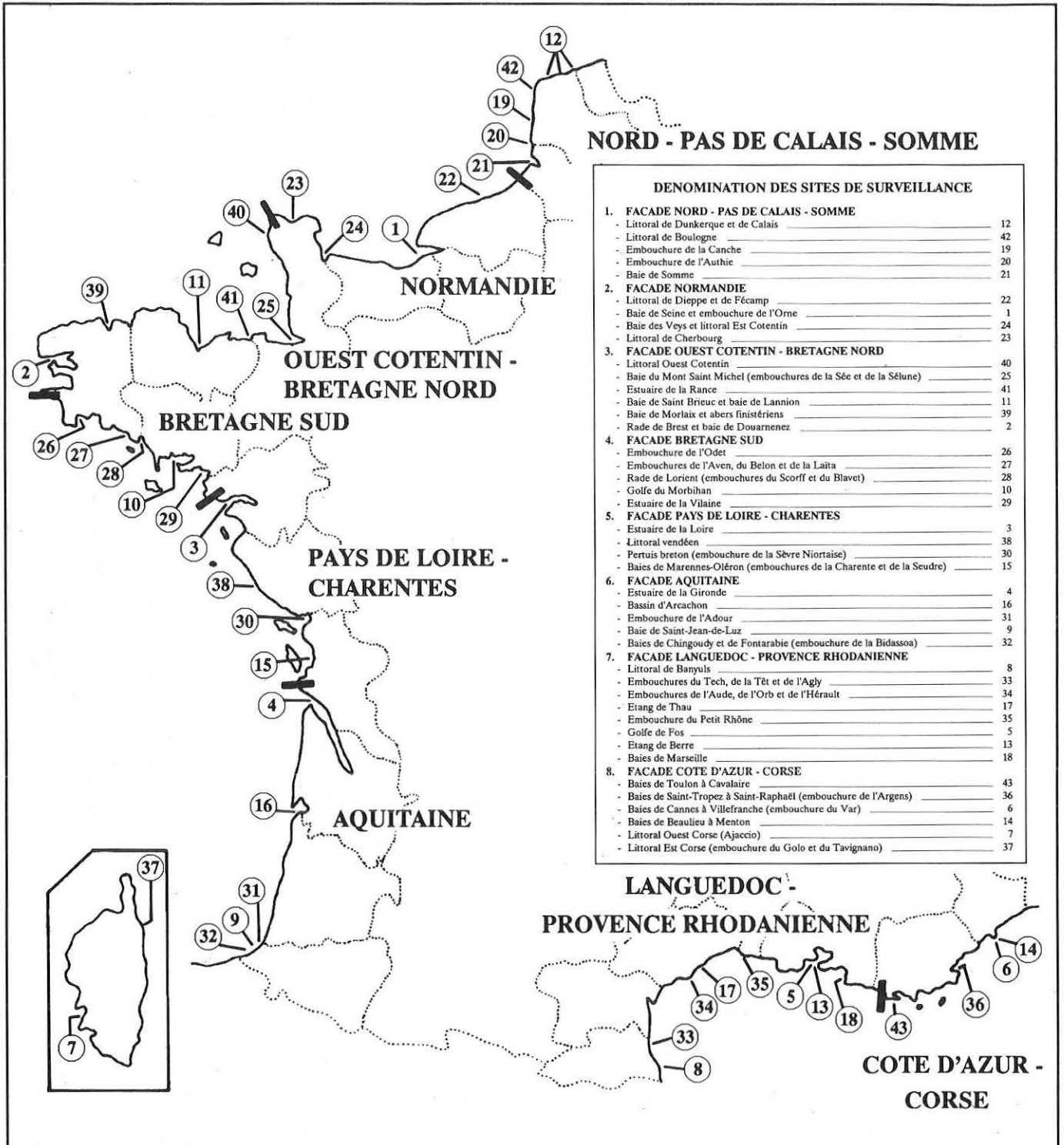


RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN

RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION

DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN

DISPOSITION DES SITES DE SURVEILLANCE



PREMIERE PARTIE

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS

1. CADRE GENERAL

Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) a été mis en place par le Ministère de l'Environnement avec pour premier objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin.

Les premiers prélèvements ont débuté en juin 1974, et jusqu'en 1978 ont essentiellement porté sur les eaux marines. Par la suite se sont développés les programmes de surveillance dans la matière vivante et le sédiment. Le progrès des connaissances, et notamment une analyse critique des résultats de la période 1974-1984, a permis d'optimiser les programmes "niveaux et tendances".

Mais cette activité ne peut se concevoir sans une surveillance des effets biologiques de la qualité du milieu. Ce deuxième objectif de surveillance qui vise à évaluer l'état de santé de la flore et de la faune marines par la mesure de la réponse de ces organismes à des perturbations de la qualité du milieu, a été introduit en 1987 dans les programmes du RNO.

L'ensemble des activités du RNO est coordonné par l'IFREMER pour le compte du Ministère de l'Environnement.

2. PROGRAMMES EN COURS

2.1. **Surveillance des paramètres généraux de qualité**

Cette surveillance ne porte que sur les masses d'eaux. Les paramètres de base sont la température, la salinité, les sels nutritifs nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, la chlorophylle et les phéopigments. Sur certains sites, l'oxygène dissous et le silicate sont aussi mesurés.

Ce type de surveillance ne se fait que sur onze sites : Calais-Dunkerque, baie de Seine, rade de Brest, rade de Lorient, estuaire de la Loire, Gironde, golfe de Fos, étang de Berre, Cortiou, Villefranche sur Mer-Menton et golfe d'Ajaccio. En Manche-Atlantique, cette surveillance ne comporte en général que deux à cinq campagnes par an et uniquement en périodes hivernale et estivale, et le plan d'échantillonnage s'attache à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau par des prélèvements répartis sur toute la gamme de salinité. En Méditerranée, des campagnes un peu plus nombreuses (six à douze par an) portent sur un nombre limité de stations fixes.

Sur la quasi totalité des sites, les Cellules Qualité des Eaux Littorales du Ministère de l'Environnement avec l'appui des Ports Autonomes se chargent de l'organisation des campagnes dont les analyses sont confiées aux laboratoires municipaux ou départementaux correspondants.

2.2. Surveillance des polluants

Compte tenu des difficultés et du coût des analyses à très faible concentration dans l'eau, cette surveillance porte en priorité sur la matière vivante, essentiellement moule et huître. Les polluants suivants sont systématiquement recherchés : mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu), polychlorobiphényles (PCB), DDT, DDD, DDE, α HCH, lindane (γ HCH), hydrocarbures polycycliques aromatiques (PAH). Une centaine de stations sur 43 sites du littoral sont échantillonnées en général quatre fois par an par les agents IFREMER et les analyses faites au Centre IFREMER de Nantes. Une partie aliquote des échantillons est systématiquement conservée pour d'éventuels contrôles ou pour la recherche ultérieure d'autres polluants.

En complément à ce programme principal et pour satisfaire notamment aux obligations internationales de la France, la surveillance des polluants s'effectue aussi, de façon moins systématique, dans le poisson et dans le sédiment.

2.3. Surveillance des effets biologiques

Cette surveillance peut se faire à différents niveaux d'organisation biologique (communauté, population, individu, cellule, ...) et met en oeuvre pour chacun des méthodes adaptées. Aussi, il n'existe pas encore vraiment de consensus au plan international sur le choix des techniques à mettre en oeuvre, hormis la nécessité de parvenir à ce consensus compte tenu de son importance. Toutefois, des recommandations de techniques appliquées à la surveillance d'effets biologiques ont été incorporées aux programmes de surveillance de la North Sea Task Force (NSTF) sur proposition des différents pays, et donc au RNO qui y participe. Les groupes zoologiques concernés sont la macrofaune benthique, les larves d'huîtres, les poissons, tels que définis dans l'annexe 6 du rapport de la quinzième réunion du Groupe Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus (GCCSC) qui s'est tenu à Lisbonne du 23 au 26 janvier 1990.

Jusqu'en 1991, l'activité RNO dans ce domaine a donc consisté à mener à bien des études de faisabilité des techniques de surveillance biologique jusqu'à leur mise en oeuvre éventuelle dans un programme de routine. Dans le domaine de la physiologie et de la biochimie, des études menées par les équipes de l'IFREMER sont parvenues à ce stade. C'est notamment le cas pour la mesure biochimique de l'EROD (Ethoxyrésorufine-o-dééthylase) et de l'ACHE (Acétylcholinestérase) pour la détection d'effets de certains polluants organiques.

A partir de 1992, 2 sites pilotes ont été créés pour la mesure en routine de l'activité EROD. Il s'agit des laboratoires IFREMER de Port-en-Bessin sur la baie de la Seine et de Toulon sur la Méditerranée. Ces laboratoires effectuent chacun 2 campagnes par an dans leur zone respective. Chaque campagne donne lieu au prélèvement et à l'analyse d'environ 200 échantillons de poissons. Les analyses sont actuellement effectuées au laboratoire "ECOTOXICOLOGIE" de l'IFREMER, à Nantes. L'année 1993 verra l'équipement complet du laboratoire de Toulon et 1994 celui de Port-en-Bessin. Le bulletin RNO 1994 présentera les premiers résultats exhaustifs acquis sur ce nouveau paramètre.

2.4. Assurance de qualité

Du fait de la réduction des programmes de routine, notamment des polluants dans l'eau, et du nombre de laboratoires partenaires, les programmes d'assurance de qualité du RNO ont aussi été allégés. De 1974 à 1983, plus de 70 exercices d'intercalibration et autant de contrôles croisés ont eu lieu.

De 1983 à 1987, l'essentiel de cette activité s'est déroulé dans le cadre des campagnes INTERSITE, au cours desquelles la qualité des résultats est évaluée à la fois sur des échanges in situ d'échantillons, et par la cohérence globale des résultats acquis pendant la campagne. Quatre campagnes INTERSITE ont été nécessaires pour couvrir le littoral français : Manche Est en 1983, Méditerranée en 1984, golfe de Gascogne en 1985, Bretagne Nord et Sud en 1987. Lors de ces campagnes, de 50 à 100 stations ont été échantillonnées sur une bande côtière de 20 à 30 milles.

L'organisation d'intercalibrations spécifiques au RNO, l'aide aux laboratoires, le suivi des développements méthodologiques restent un thème permanent dans les programmes RNO. La participation aux exercices internationaux de calibration est par exemple systématiquement recherchée. Sur la période 1988-1992, des laboratoires participant au RNO ont été impliqués dans trois intercalibrations sur l'eau de mer, trois sur le sédiment, treize sur la matière vivante.

Dans le cas des analyses dans la matière vivante, l'usage de matériel de référence, inclus dans les séries analytiques est systématique.

2.5. Gestion des données. Publications

La mise en pratique du principe de gestion informatisée des données conduit à un système qui a fortement évolué depuis l'origine, en parallèle avec le développement de l'outil informatique lui-même, aussi bien matériel que logiciel. Le système RNO actuel se compose d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) configuré pour l'archivage du type RNO, associé à un langage d'interrogation adaptable à l'utilisateur, qui peut traiter ensuite les données extraites et transférées sur son propre matériel. L'activité de gestion des données du RNO est réalisée au Centre IFREMER de Brest.

La publication systématique trimestrielle, semestrielle ou annuelle des données brutes RNO sous forme de documents édités a été interrompue en 1986 avec le bulletin n° 21 (résultats de l'année 1983). L'accessibilité de ces données par voie informatique, ainsi que leur nature propre avaient rendu caduque ce mode de publication. Le besoin d'une information régulière et synthétique sur les résultats des travaux du RNO a été jugé nécessaire et constitue le but du présent document. Les livraisons de 1988 et 1989-1990 se sont surtout attachées à fournir l'état des niveaux des paramètres généraux de qualité et des polluants. Celle de 1991 était principalement consacrée à la présentation des tendances des polluants dans la matière vivante. Celle-ci porte sur les éléments nutritifs et la chlorophylle dans l'eau.

3. TRAVAUX MENES EN 1991 ET 1992

3.1. Surveillance des paramètres généraux de qualité

Le tableau 1 exprime le volume des travaux menés pour la surveillance de routine dans l'eau en 1991 et 1992.

N° de façade et site	Nombre de campagnes		Nombre de stations par campagne	Nombre d'échantillons par année
	Hiver	Été		
1. Dunkerque	2	1	20	60
2. Seine (baie)	3	2	10	150
Seine (estuaire)	6 dans l'année		2	12
Calvados (mer)	5 dans l'année		4	40
Calvados (estuaire)	12 dans l'année		5	60
3. Brest	3	1	30	120
4. Lorient	2	2	15	60
5. Loire	3	2	6	150
6. Gironde	2	2	10	120
7. Fos (golfe)	10 dans l'année		5	90
Fos (Rhône)	12 dans l'année		1	12
Berre	10 dans l'année		2	70
Cortiou	6 dans l'année		4	84
8. Ajaccio	2	1	10	42
Nice - Menton	8 dans l'année		5	80
TOTAL	97		129	1 150

Tableau 1 : Surveillance 1991 et 1992 (hydrologie).

3.2. Surveillance des polluants

Le tableau 2 exprime le volume des travaux menés pour la surveillance de routine des polluants dans la matière vivante.

Façade	Nombre de stations	Nombre d'échantillons par an	Espèce
1. Nord - Pas de Calais - Somme	7	28	Moule
2. Normandie	14	56	Moule
	1	25	Flet
3. Ouest Cotentin - Bretagne Nord	7	28	Moule
	9	36	Huître
4. Bretagne Sud	6	24	Moule
	5	20	Huître
5. Pays de la Loire - Charentes	5	20	Moule
	11	44	Huître
6. Aquitaine	10	40	Huître
7. Languedoc - Provence rhodanienne	14	56	Moule
	1	1	Sardine
8. Côte d'Azur - Corse	7	28	Moule
TOTAL	97	406	

Tableau 2 : Surveillance 1991 et 1992 (matière vivante). Un échantillon se compose de 50 individus de moules ou de 10 individus d'huîtres analysés ensemble, ou d'un poisson dont l'analyse porte sur le muscle et sur le foie pour les flets de Normandie. Dans le cas des poissons de Méditerranée, un seul échantillon composite (25 poissons) est utilisé.

3.3. Surveillance des effets biologiques

Le RNO a soutenu financièrement le suivi benthique des Pierres Noires réalisé par la station biologique de Roscoff. Cette action qui a débuté à l'époque de l'échouage de l'Amoco Cadiz s'intègre bien dans la programmation de la surveillance des effets biologiques. Par ailleurs, la mesure de l'activité EROD dans les poissons est passée en routine sur les deux sites pilotes de Manche et de Méditerranée. En 1992, 800 échantillons de poissons ont été analysés lors de 2 campagnes sur chaque site. (voir § 2.3.).

3.4. Assurance de qualité

1992 a vu la publication du rapport final de l'exercice international du CIEM sur les sels nutritifs, pour partie organisé à Brest par l'équipe Chimie des Cycles naturels de l'IFREMER. Le Laboratoire IFREMER chargé des analyses dans la matière vivante est impliqué dans deux exercices : le programme QUASIMEME (Quality Assurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe) auquel participent 84 laboratoires de 17 pays, et un exercice CIEM portant sur l'analyse des congénères PCB et s'étalant sur plusieurs années.

Dans le cadre de la North Sea Task Force (NSTF), la mesure de l'EROD a fait l'objet d'un exercice de calibration international piloté par le groupe de travail "effets biologiques" du CIEM. Le rapport final fera l'objet d'une publication par le CIEM.

Par ailleurs, le laboratoire IFREMER, en collaboration avec un laboratoire canadien, a rédigé un manuel technique de référence pour la mesure de l'EROD, publié par le CIEM dans la série "Techniques in Marine Environmental Sciences" :

GALGANI (F) et PAYNE. (J.F.). Biological Effects of Contaminants : Microplate Method For Measurement of Ethoxyresorufin-O-Deethylase (Erod) In Fish. Techniques in Marine Environmental Sciences. International Council For the Exploration Of the Sea. November 1991.

3.5. Gestion des données. Publications

Une présentation du RNO dans son ensemble a été rédigée pour la revue *Analisis* : D. CLAISSE *et al.*, 1992. Le Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. *Analisis Magazine*. Vol. 20, n° 6.

En 1992, les résultats de la surveillance dans l'eau sur le littoral du Calvados ont fait l'objet d'une interprétation à la demande de l'Agence Seine-Normandie afin d'optimiser les actions de surveillance dans cette région : M. JOANNY et J.Y. QUINTIN.- Interprétation des résultats du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin - Site du Calvados. IFREMER 1992 (rapport intermédiaire) et 1993 (rapport final). Cette interprétation sera prise en compte dans la programmation 1993 de la surveillance du RNO hydro dans le secteur de la baie de Seine.

En 1991 et 1992, les techniques et les résultats de la surveillance biochimique ont fait l'objet de 5 publications dans des revues internationales et de plusieurs communications dans des groupes de travail ou ateliers internationaux :

GALGANI (F.) et al., 1991. Erod Measurements in Fish from the Northwest Part of France. *Mar. Pollut. Bull.*, 22, (10), 494-500.

GRZEBYK (D.) et GALGANI (F.), 1991. Measurement of the effect of organic pollution on marine organisms : rapid determination of EROD induction using plate readers. *Aquat. Living Resour.*, 4, 53-59.

GALGANI (F.) et BOCQUENE (G.), 1991. Semi-Automated Colorimetric and Enzymatic Assays for Aquatic Organisms Using Microplate Readers. *Wat. Res.* 25, (2), 147-150.

GALGANI (F.) et LEGAL (Y.). Les organismes marins, sentinelles des océans. *BIOFUTUR*, Novembre 1991, 68-70.

LAFaurie (M.) *et al.* - Biochemical Markers in Pollution Assessment : Field Studies at the North Coast of the Mediterranean Sea. FAO/UNEP/IOC Workshop on the biological effects of pollutants on marine organisms (MALTA, 10-14 September 1991).

GALGANI (F.) *et al.*, 1992, Monitoring of pollutant biochemical effects on marine organisms of the French coasts. *Oceanologica Acta*. 15 (4) : 355-364.

DEUXIEME PARTIE

SURVEILLANCE DES ELEMENTS NUTRITIFS ET DE LA CHLOROPHYLLE : RESULTATS COMPARES

1. INTRODUCTION

Les eaux marines possèdent un ensemble de caractères physico-chimiques bien déterminés dont les principaux sont la température, la salinité, l'oxygène dissous. La présence d'organismes vivants végétaux et animaux se traduit aussi par des caractéristiques hydrobiologiques telles que les éléments nutritifs azotés et phosphorés, la chlorophylle, le carbone organique dissous et particulaire etc. A l'approche de la côte, et tout particulièrement dans les estuaires, ces eaux marines se mélangent avec les eaux continentales qui en modifient notablement les caractéristiques. Dans le cadre de la surveillance RNO la mesure de ces paramètres dits de qualité générale est faite pour apprécier si les cycles biologiques naturels se déroulent normalement. Ils sont régis par le rythme des saisons, c'est-à-dire de la température, de l'ensoleillement, et spécialement dans le milieu littoral par les apports d'origine terrestre.

Or, il est patent que les apports en éléments nutritifs ont augmenté de façon importante ces deux dernières décennies. La surveillance RNO du milieu littoral a confirmé ce qui est observé dans les rivières, et notamment pour ce qui concerne le nitrate sur la façade Manche-Atlantique. Une augmentation en éléments nutritifs doit à priori s'accompagner d'une augmentation de la production végétale et c'est ce qui est observé localement sur la côte nord de Bretagne lorsque s'accumulent les ulves sur les plages. Dans ce dernier cas des facteurs physiques particuliers amplifient le phénomène jusqu'à la spectacularité. Mais qu'en est-il pour la masse d'eau dans son ensemble ?

C'est précisément le but de cette deuxième partie de présenter les résultats de la surveillance RNO de la chlorophylle, estimation chimique de la quantité de phytoplancton dans l'eau. Il s'agit de savoir si l'augmentation observée du nitrate a eu un effet sur la production phytoplanctonique, et si les stratégies de surveillance utilisées pour détecter un effet éventuel sont bien adaptées. Dans la mesure du possible, ce travail doit pouvoir servir aussi à préparer la programmation du RNO 1994.

2. STRATEGIES MISES EN OEUVRE

La surveillance RNO des paramètres de qualité générale a été conduite selon deux stratégies successives, élaborées en fonction des objectifs et des connaissances acquises. En 1974, année du début des travaux, les informations sur le milieu marin littoral n'étaient disponibles que sur les quelques sites où se pratiquait de l'océanographie. La stratégie de surveillance reposait donc sur une approche systématique : des prélèvements fréquents (2 à 4 fois par mois) tout au long de l'année sur des stations fixes (4 à 6) réparties sur le site observé.

Ce mode de fonctionnement a pu être maintenu, parfois au prix de l'abandon de sites secondaires, jusqu'en 1984. Dans la période 1983-1984, une interprétation approfondie des résultats a conduit à utiliser une stratégie différente pour optimiser les travaux en Manche-Atlantique. En effet, même en contrôlant les conditions de prélèvements par rapport à la marée (coefficient, horaire par rapport à la pleine mer), les conditions hydroclimatiques (débit du fleuve, météo ...) conduisent à d'importantes fluctuations de la salinité en une station fixe. Elles induisent une grande variabilité dans les mesures qui rend difficile l'estimation des tendances.

A partir de 1985, le plan d'échantillonnage d'une campagne à la mer s'est donc attaché à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau d'un site par des prélèvements plus nombreux mais moins fréquents, répartis sur toute la gamme de salinité. Le schéma de dilution ainsi obtenu s'avère beaucoup plus satisfaisant et prend en général l'allure d'une droite qui fournit une meilleure estimation des concentrations moyennes dans les apports fluviaux.

Cette stratégie permet aussi de faire des campagnes à la mer moins nombreuses (2 à 5 par an), et donc une réduction des coûts de prélèvement, particulièrement élevés en milieu marin. Enfin, le regroupement des échantillons d'une campagne améliore de fait la qualité des résultats.

Le choix des périodes de prélèvement a été dicté par l'objectif de suivi des niveaux et tendances des éléments nutritifs. Pour cette raison, les campagnes sont hivernales et estivales, de façon à éviter les périodes de fluctuation importante liées au développement printannier et automnal du phytoplancton (blooms). On voit que sous ces conditions il est impossible d'accéder à des cycles biologiques complets, et en particulier ceux de la chlorophylle. Les conséquences de cette limitation envisagée en connaissance de cause sont un élément important de l'analyse des résultats faite ici.

3. LES ELEMENTS NUTRITIFS

L'appellation "éléments nutritifs" fait référence essentiellement à certaines formes minérales dissoutes de l'azote (N), du phosphore (P) et de la silice (Si), et plus précisément nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), phosphate (surtout HPO_4^{2-} et PO_4^{3-}) et silicate (surtout $\text{Si}(\text{OH})_4$ et $\text{Si}(\text{OH})_3$). Ces éléments ont été mesurés intensivement sur la période 1974-1984. A partir de 1985, le silicate n'a plus été mesuré qu'en baie de Seine (suivi des dystrophies), et en général le nitrite est inclus dans le vocable nitrate. Comme l'ammonium ne représente qu'une part mineure de l'azote minéral, les résultats de nitrate et de phosphate seront seuls présentés ici.

Sur la période 1974-1984, les niveaux de nitrate les plus élevés s'observaient en baie de Seine et en rade de Brest, et les plus faibles en Méditerranée (figure 1). L'estuaire de la Gironde constituait une référence pour la zone Manche-Atlantique, mais avec des concentrations près de trois fois plus fortes que sur Fos-Berre, site aux niveaux les plus élevés de Méditerranée. Les niveaux de phosphate les plus forts se trouvaient à Dunkerque et en baie de Seine, où l'origine pour une bonne part industrielle de cet excès est bien connue, et influence probablement la zone de Dunkerque (figure 2).

Sur cette même période, les tendances d'évolution étaient difficiles à mettre en évidence, précisément en raison de la stratégie utilisée, comme il est indiqué plus haut. Par contre, sur la période 1974-1991, ces tendances se perçoivent plus nettement. Les figures 3, 4 et 5 montrent que les niveaux de nitrate augmentent régulièrement, alors que ceux de phosphate restent plutôt stables. Par exemple, en rade de Brest, les niveaux de nitrate ont plus que doublé sur les quinze années de surveillance et semblent poursuivre leur augmentation. Dans le même temps, la croissance en baie de Seine s'est ralentie, et celle des autres grands fleuves se poursuit à un rythme faible mais constant.

Pour plus de détails sur ces graphiques, on se reportera aux éditions 1988 et 1989-1990 du bulletin des travaux du RNO. On notera en particulier qu'un doublement des concentrations à salinité nulle ne correspond pas à un doublement dans les eaux plus salées, puisque les eaux marines qui se mélangent aux eaux douces n'ont pas une concentration nulle en nitrate ou phosphate. Par exemple à Brest, le doublement à salinité nulle conduit à une augmentation de 30% à 33 de salinité.

Fig. 1 : Dilution du nitrate en période hivernale (1974-1984)

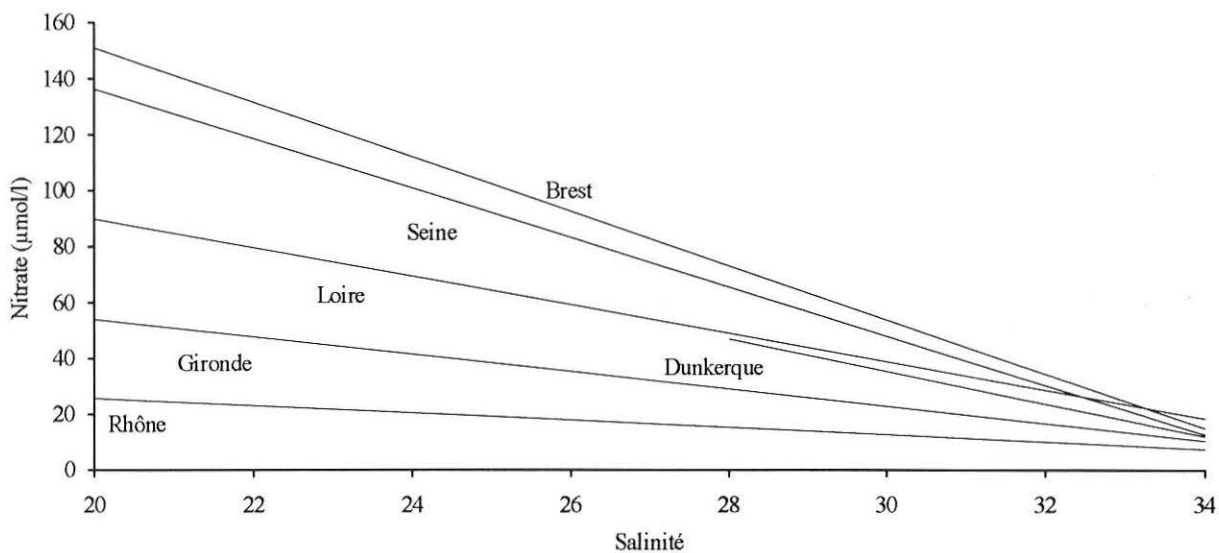
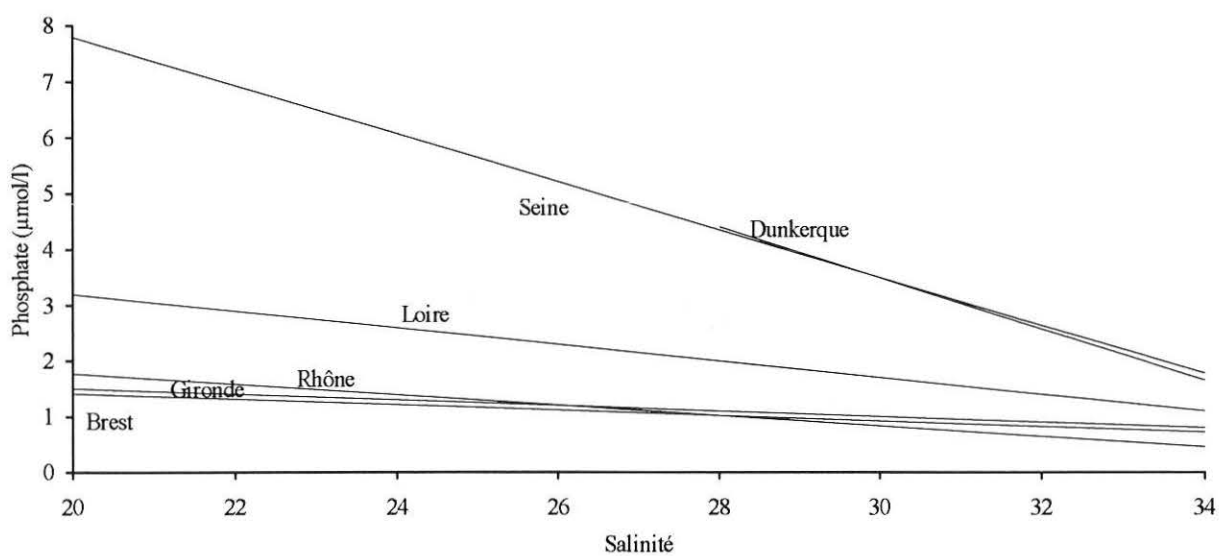
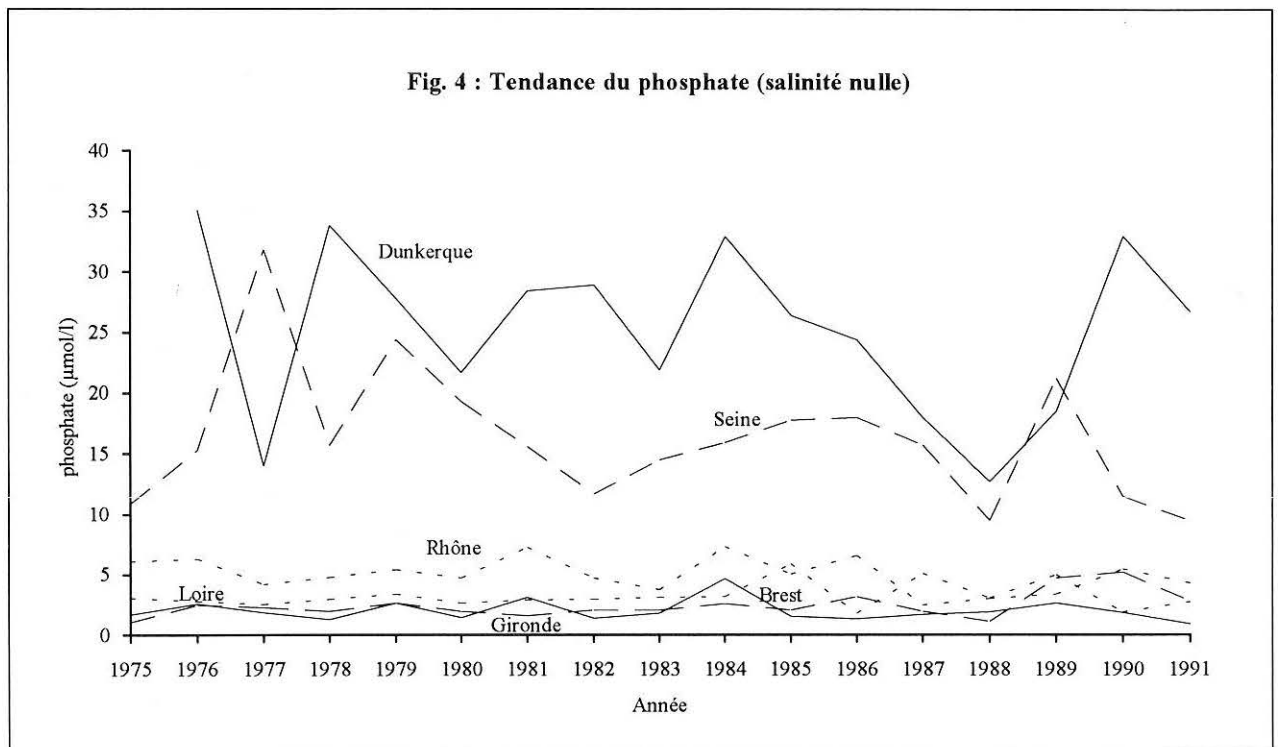
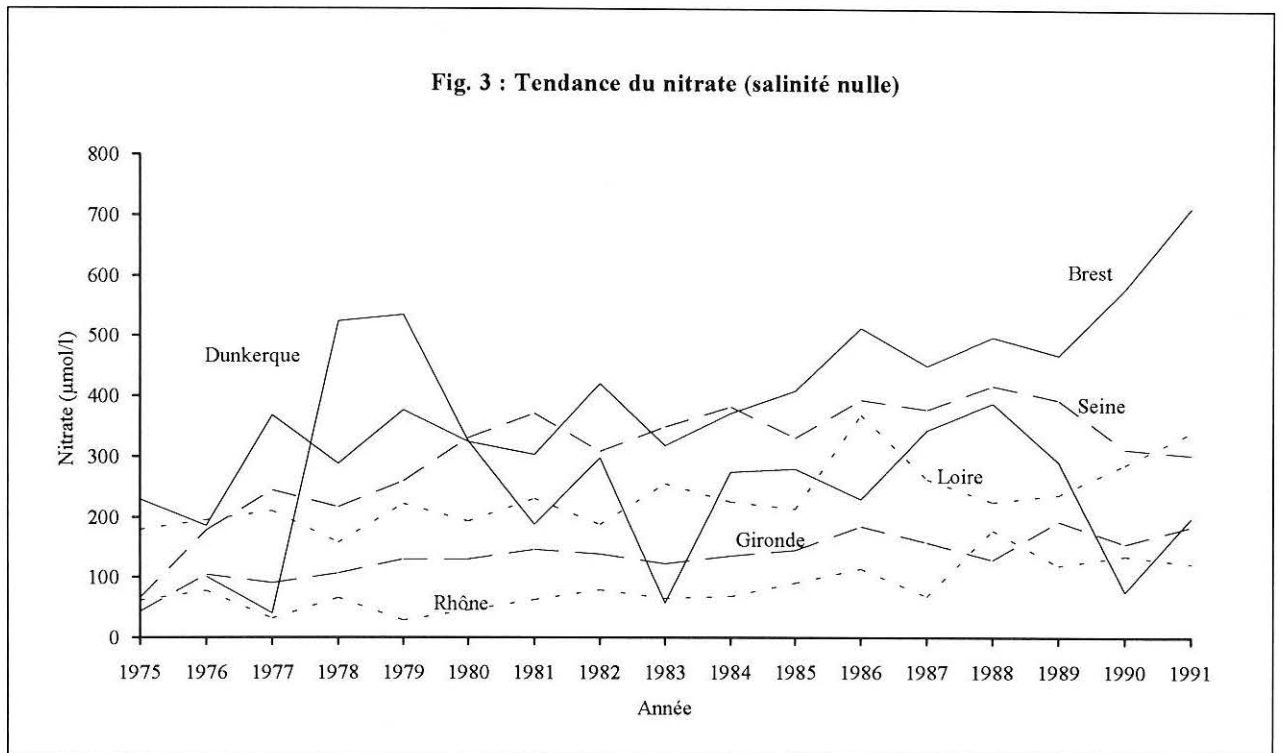
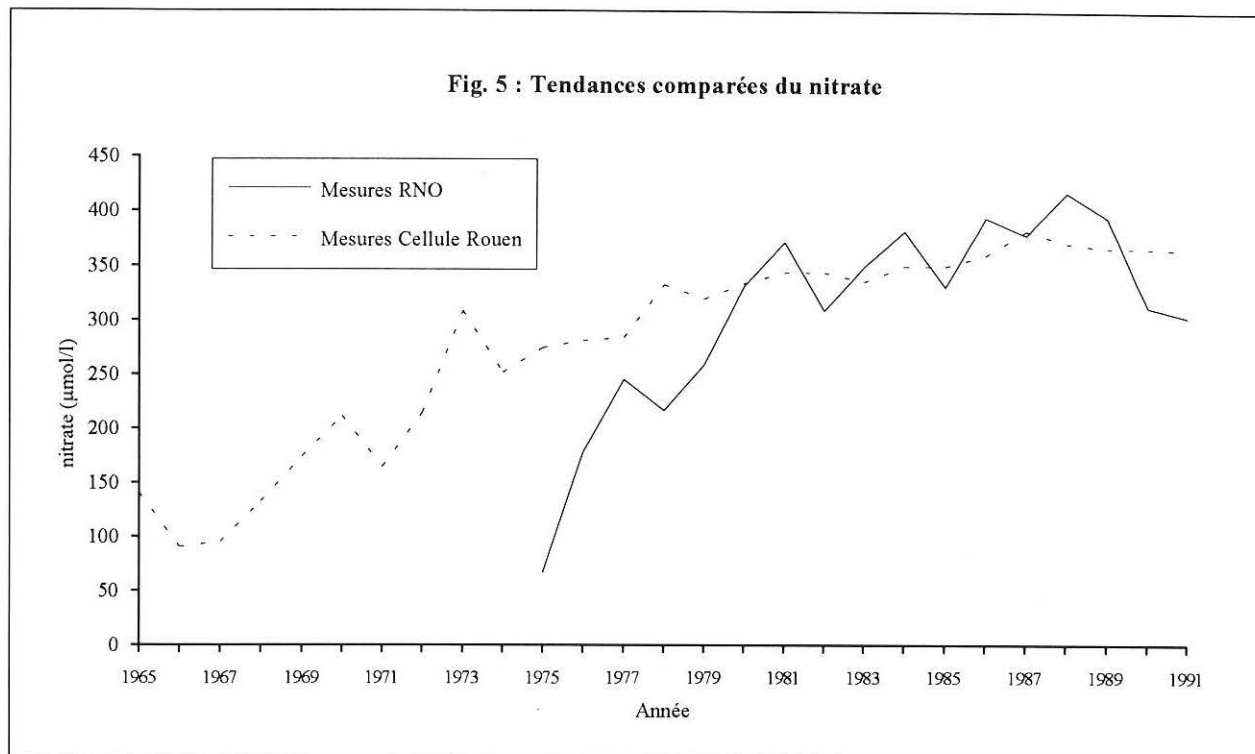


Fig. 2 : Dilution du phosphate en période hivernale (1974-1984)







4. LA CHLOROPHYLLE

4.1. Qualité des résultats

Plusieurs méthodes existent pour mesurer les pigments chlorophylliens, par spectrophotométrie et par fluorimétrie. Parmi les méthodes spectrophotométriques, au moins trois protocoles peuvent être utilisés : méthode de Lorenzen, méthode de Lorenzen modifiée et méthode trichromatique. La méthode de Lorenzen a été adoptée pour les travaux du RNO, sur la base d'arguments exposés dans le "Manuel des analyses chimiques en milieu marin", ouvrage de référence du RNO. La méthode fluorimétrique est très voisine de la méthode de Lorenzen, mais avec une plus grande sensibilité. Elle a été utilisée dans le RNO essentiellement pour certains sites méditerranéens. Son protocole est aussi décrit dans le manuel cité ci-dessus.

Par contre, la comparabilité des résultats de mesure des pigments chlorophylliens pose un problème épineux. La réalisation d'exercices d'intercalibration présente des difficultés multiples pour la préparation d'échantillons homogènes et stables. Pour cette raison, aucune intercalibration spécifique n'a pu être organisée par le RNO. L'opportunité d'une participation à une calibration internationale organisée par le centre de recherche CEE d'ISPRA a été saisie en avril 1979. Quelques laboratoires du RNO ont reçu et analysé des filtres dans le cadre d'une opération de vérité terrain en télédétection. Malheureusement les résultats ont été communiqués aux laboratoires beaucoup plus tard, en octobre 1981.

Cette calibration internationale n'a pas été d'une grande utilité, à l'époque, car elle ne constituait qu'une première étape destinée à évaluer la dispersion globale des résultats, quelque soient les méthodes. Des mesures de rémediation éventuelles n'ont donc pas pu être prises, et cet exercice n'a pas eu de suite.

Aucun élément n'est donc disponible pour apprécier objectivement la qualité des résultats hormis la compétence propre des laboratoires et la cohérence interne des lots de données. Ceci limite bien évidemment la portée des enseignements qui en sont extraits. Ce point devra être pris en compte dans la programmation ultérieure du RNO.

Dans la suite de ce rapport, le terme chlorophylle désigne le pigment chlorophyllien qui est seul mesuré par la méthode de Lorenzen, c'est à dire celui de type *a*. Le terme phéopigments désigne les phéopigments de type *a*, sans distinction entre phéophytine *a* et phéophorbide *a*.

4.2. Cycles saisonniers

L'existence d'un cycle saisonnier constitue l'une des caractéristiques majeures du comportement de la chlorophylle. Ce cycle est relativement bien connu en mer ouverte et en rivière, sans doute un peu moins bien en estuaire. En milieu océanique tempéré, par exemple en Manche ou en Atlantique, on observe généralement une succession de pics depuis le printemps jusqu'à l'automne, correspondant aux successions des populations phytoplanctoniques ("blooms").

Les pics les plus élevés se produisent au printemps, et dans une moindre mesure en automne, en fonction des conditions hydrographiques locales. Par exemple, en mer celtique, les tempêtes d'équinoxe peuvent en provoquer, par le brassage des couches de surface avec des eaux de fond plus riches en sels nutritifs. Pendant l'hiver, les niveaux restent stables jusqu'à ce que la température et l'ensoleillement deviennent suffisants pour provoquer la première floraison printannière (ou "bloom printannier").

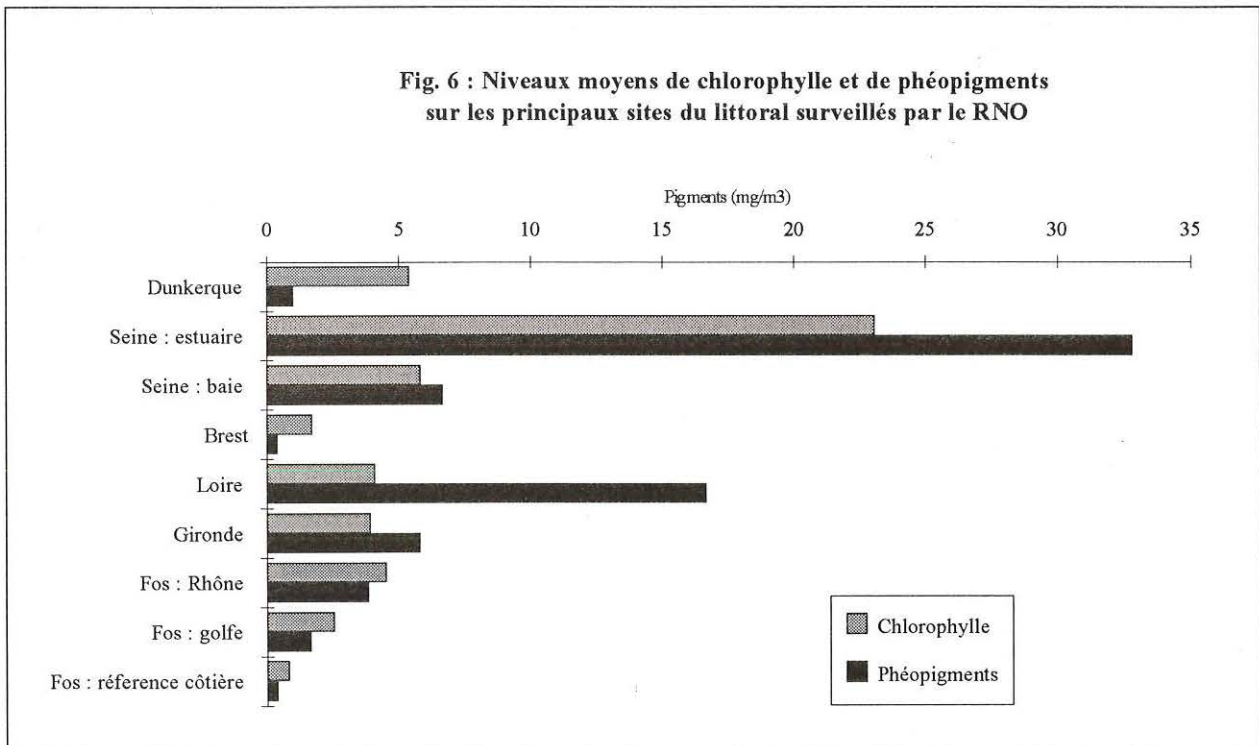
Dans les zones estuariennes, le processus se trouve compliqué par plusieurs facteurs dont la turbidité qui limite la pénétration de la lumière, et les niveaux de sels nutritifs plus élevés mais possédant un cycle propre. Les résultats présentés ci-après site par site mettent en évidence ces différences dans les cycles d'un site à l'autre, sans toutefois approfondir en détail les raisons locales qui en sont responsables (fig. 7 à 16).

Après examen approfondi des résultats, il a été défini pour chacun des sites surveillés un cycle saisonnier moyen le plus représentatif possible. Selon le cas les résultats sur un ensemble de points de prélèvements ou une gamme de salinité ont été moyennés par mois sur toute la période disponible avant le changement de stratégie (1985). A partir de ces cycles de moyennes mensuelles, il est possible d'obtenir une image simplifiée de l'ensemble des sites en calculant une moyenne annuelle (tableau 1 et figure 6).

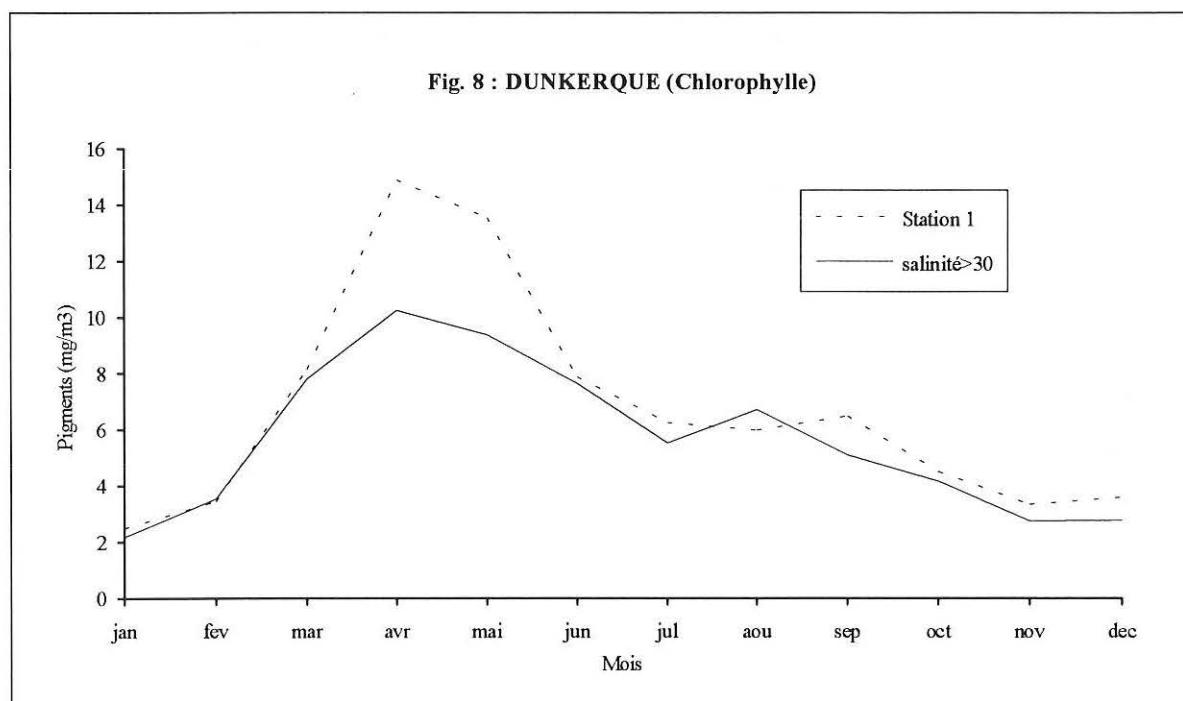
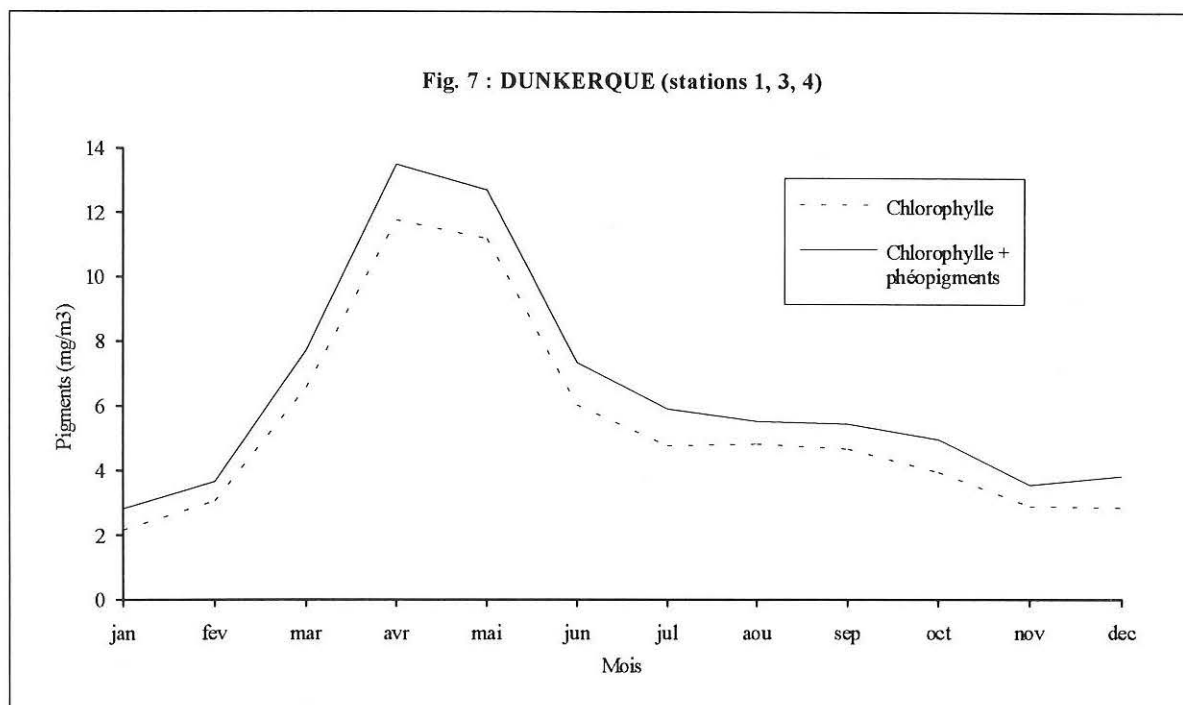
Tableau 1 : Niveaux moyens de chlorophylle et de phéopigments sur les principaux sites du littoral surveillés par le RNO.

SITE ET SELECTION	CHLOROPHYLLE (mg/m ³)	PHEOPIGMENTS (mg/m ³)
Dunkerque (stations 1, 3, 4)	5,40	1,02
Seine : estuaire (stations 10 et 12)	23,1	32,8
Seine : baie (salinité entre 20 et 35)	5,83	6,67
Brest (stations 4, 5, 6)	1,72	0,41
Loire (stations 2, 3, 7)	4,09	16,7
Gironde (salinité entre 20 et 30)	3,94	5,81
Fos : Rhône (station7)	4,53	3,85
Fos : golfe (station 2)	2,55	1,66
Fos : référence côtière (station 5)	0,85	0,42

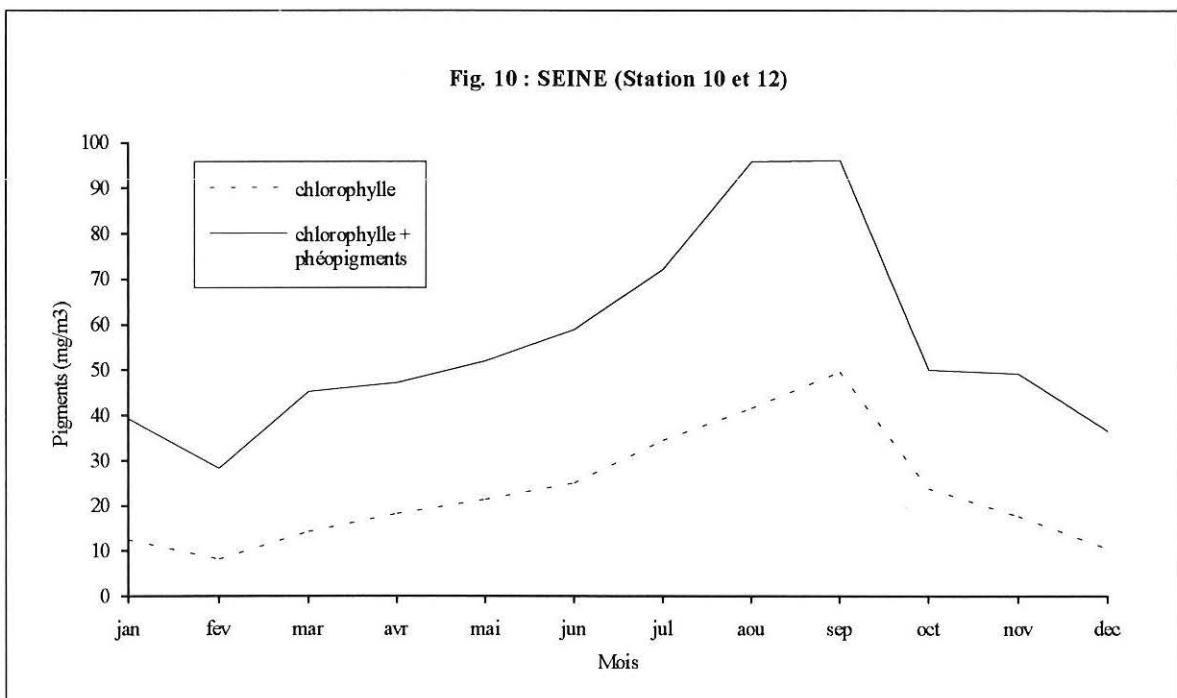
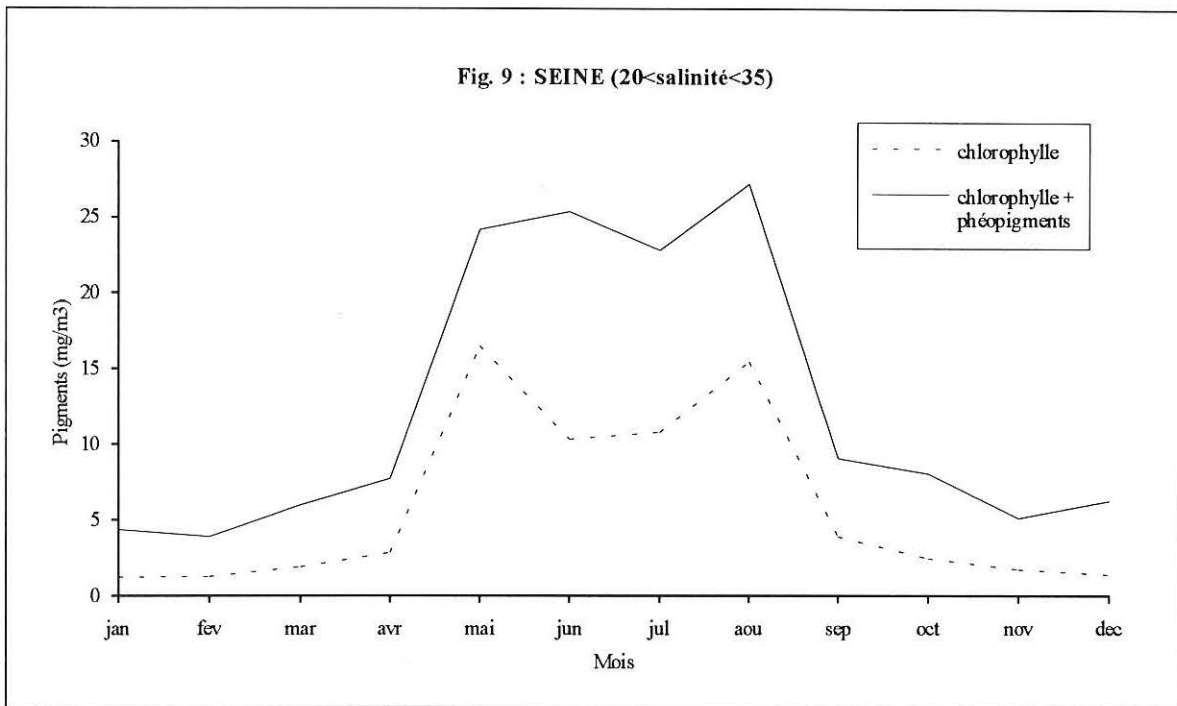
Fig. 6 : Niveaux moyens de chlorophylle et de phéopigments sur les principaux sites du littoral surveillés par le RNO



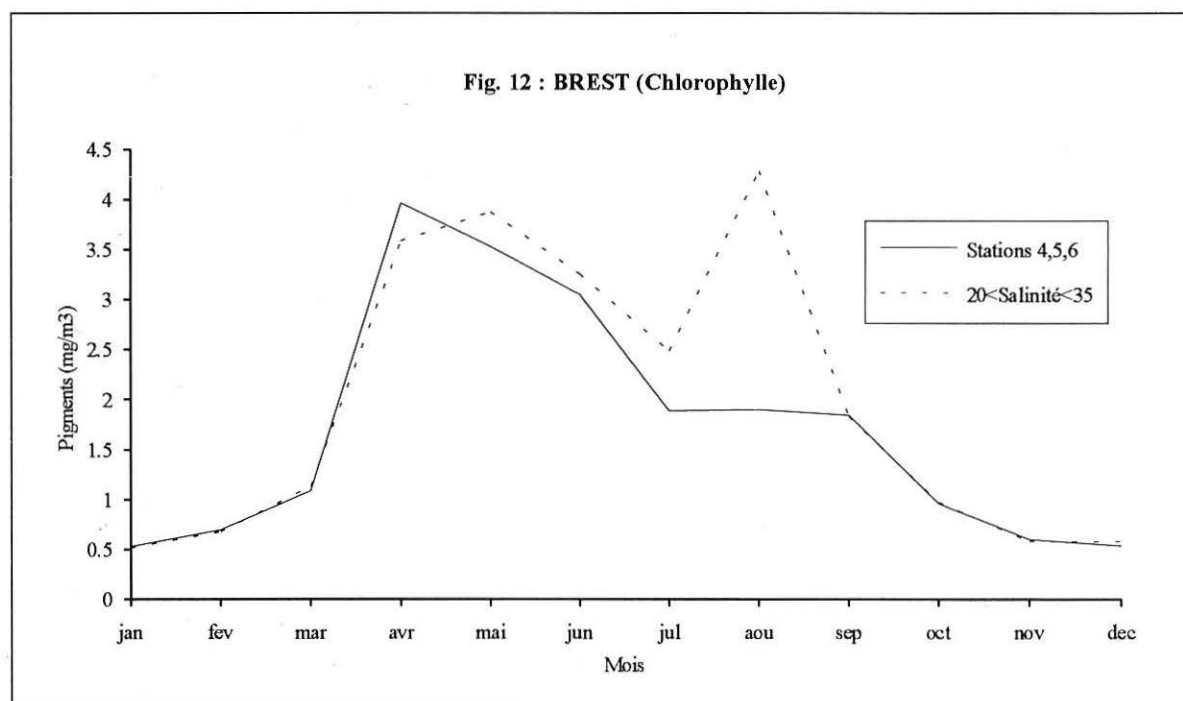
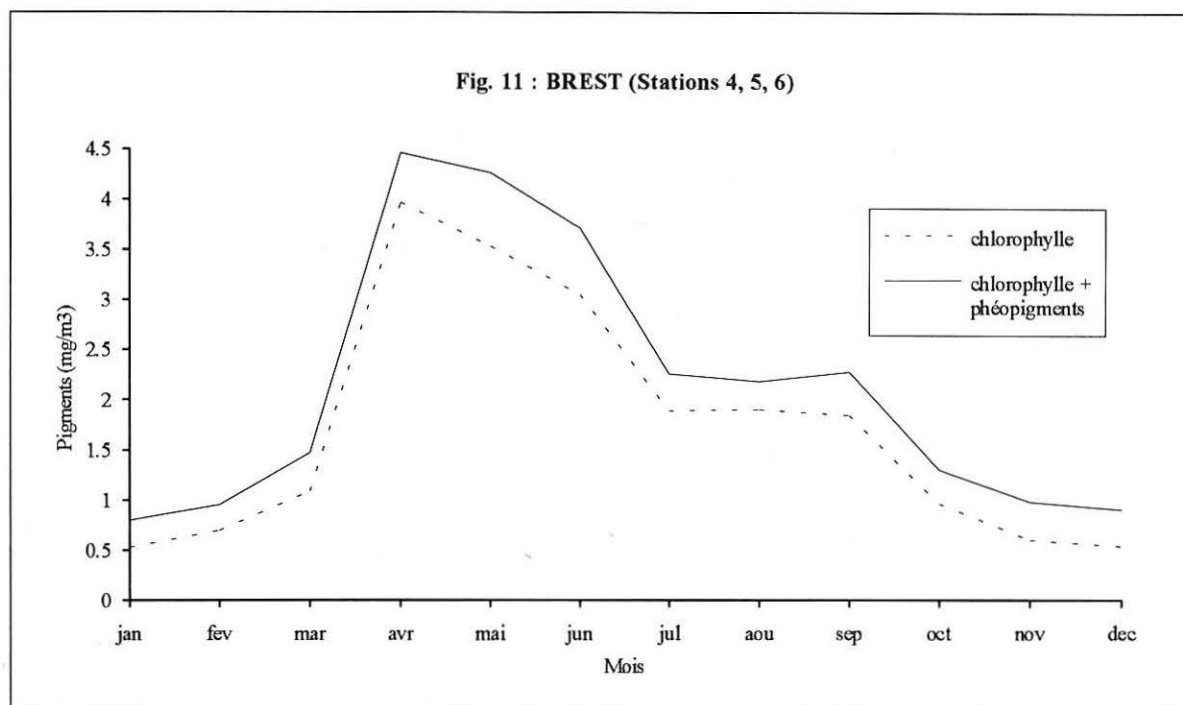
Pour le site de Dunkerque, les différences de niveaux de chlorophylle entre les trois stations retenues (n° 1, 3 et 4 de la plus à la moins côtière) restent toujours très faibles, et les résultats en ont été combinés (fig. 6). La quantité de phéopigments est toujours relativement faible, de l'ordre de 20% de la chlorophylle, et suit sensiblement ses variations. La figure 7 présente le résultat obtenu en utilisant soit les données de la station 1 soit des données sélectionnées dans une gamme de salinité. Ce procédé permet d'obtenir un lot de données moins sensible à l'influence des baisses de salinité qui affectent parfois les stations 3 et 4 plus au large. L'amplitude du cycle de la station 1 est plus grande car les concentrations en sels nutritifs sont plus élevées, mais on observe aussi un décalage dans les maxima d'automne.



Pour le site estuaire et baie de Seine, deux séries de résultats sont à considérer. D'une part ceux de la zone la plus estuarienne, représentée ici par les stations 10 et 12, d'autre part ceux de la zone plus marine, définie par une salinité entre 20 et 35. Il est clair que dans ces deux types de masses d'eaux la chlorophylle a un comportement très différent. Sur la figure 9, le cycle de type marin est clairement établi, avec un maximum en mai et août. La teneur en phéopigments se trouve presque toujours aussi élevée que celle de la chlorophylle. Par contre, dans l'estuaire (fig. 10), les maximums s'observent en août et septembre, avec des teneurs de phéopigments rarement moins que deux fois plus élevées que la chlorophylle.

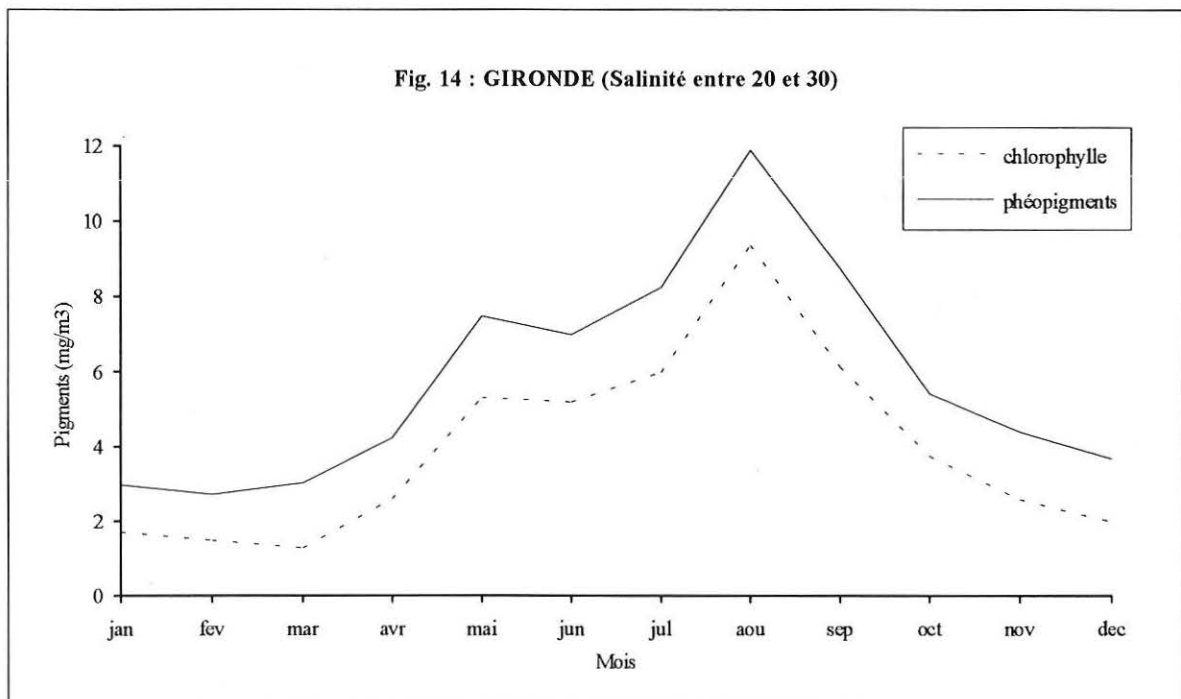
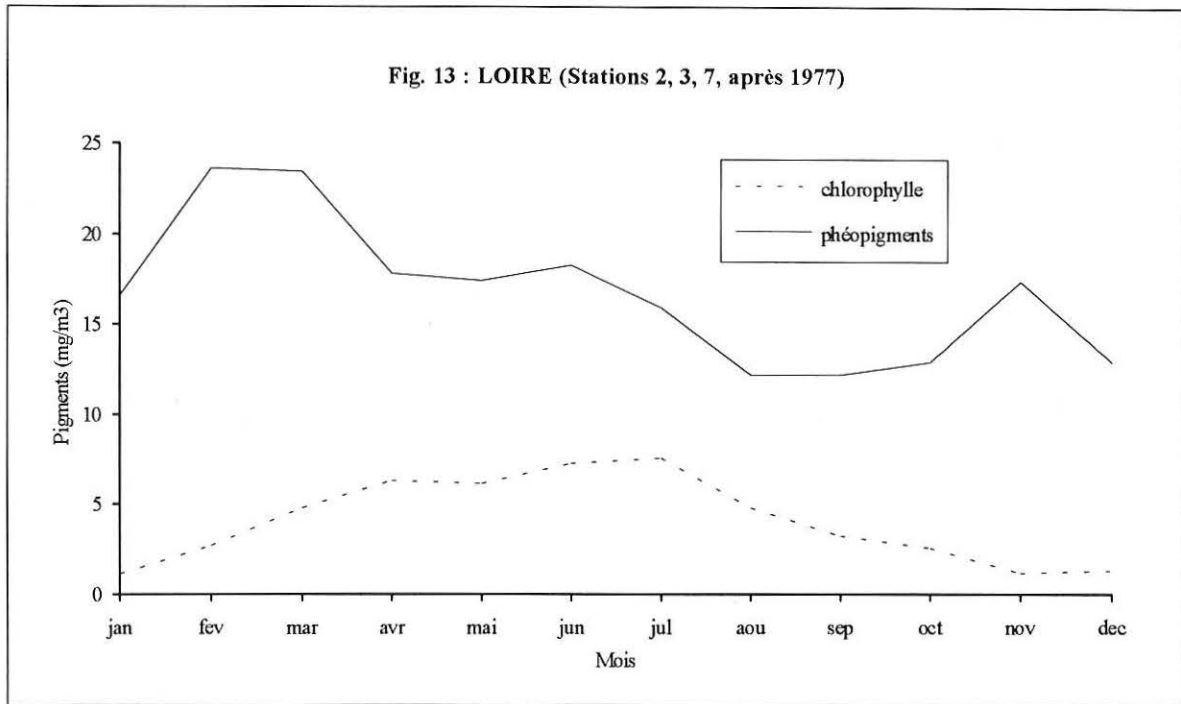


Pour le site de la rade de Brest, les données des stations 4, 5, 6 donnent la meilleure image des masses d'eaux, en incluant les trois parties nord, sud et centrale. Le cycle observé sur la figure 11 est absolument typique des eaux côtières dans cette région du littoral. Le maximum se produit en avril-mai, avec un second pic moins intense en septembre. La part des phéopigments est faible, autour de 20%. La figure 12 illustre une particularité d'une certaine partie de la rade (baie de Daoulas) où, à des salinités relativement élevées, les niveaux de chlorophylle peuvent atteindre au mois d'août des valeurs très importantes. Ce phénomène a sans doute pour origine le caractère plus calme et moins renouvelé d'eaux enrichies en sels nutritifs.

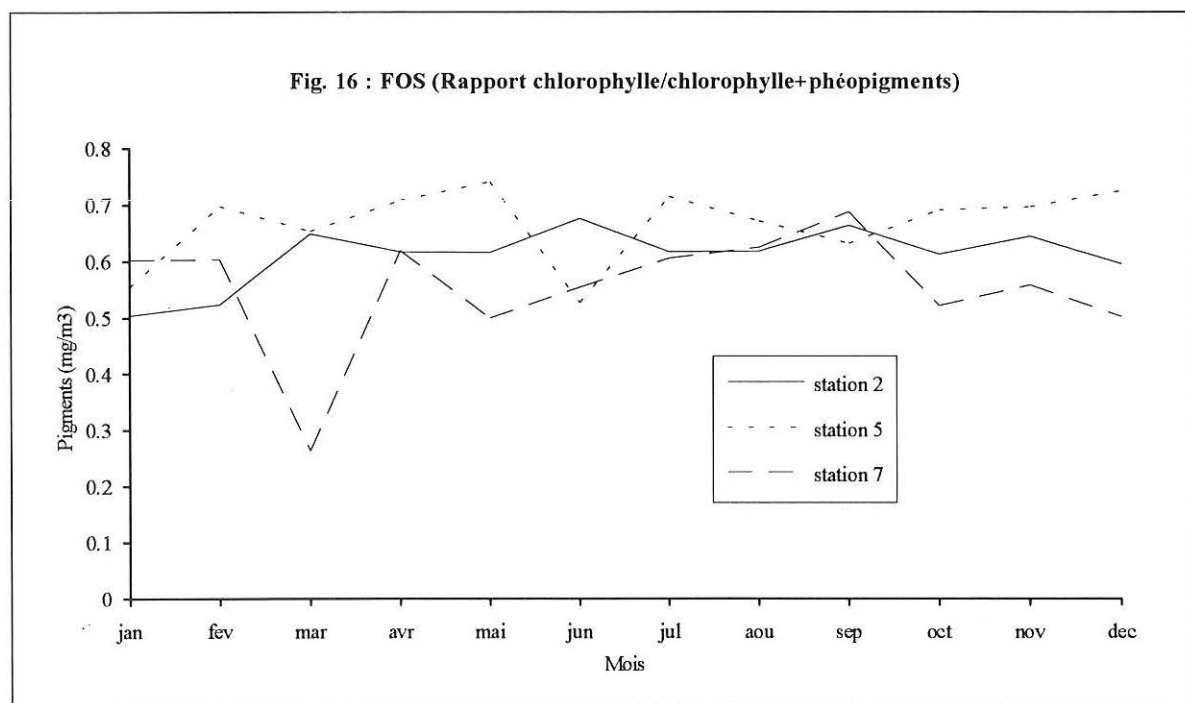
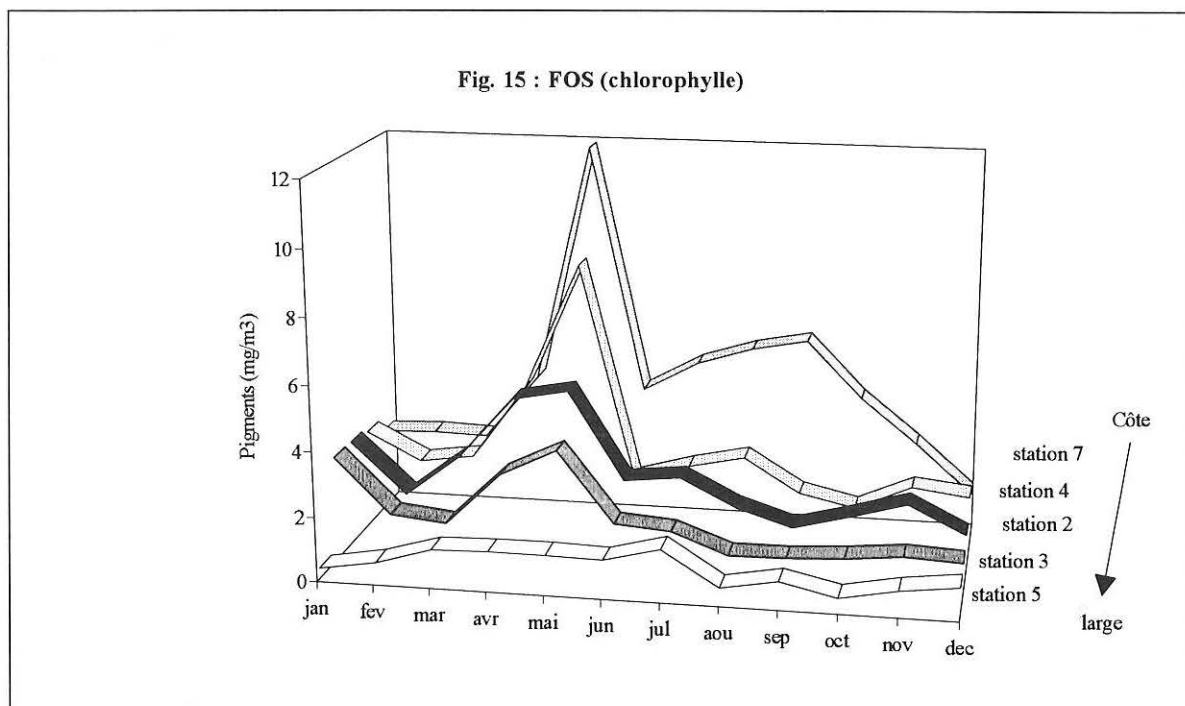


CYCLES SAISONNIERS ESTUAIRE DE LOIRE ET ESTUAIRE DE GIRONDE

L'estuaire de la Loire et celui de la Gironde ont des morphologies très différentes. La zone de mélange des eaux est beaucoup plus étendue géographiquement en Gironde. Les modes de regroupement de résultats choisis ici (station pour Loire et salinité pour Gironde) sont sensiblement équivalents pour ces deux estuaires. Mais le comportement des pigments chlorophylliens diffère notablement de l'un à l'autre (fig. 13 et 14). Si les cycles de la chlorophylle sont comparables à un décalage près dans le temps, l'estuaire de Loire présente des teneurs en phéopigments nettement plus élevés. Il est à noter que les données sur l'estuaire de la Loire antérieures à 1977 ont été éliminées du fait de leur grande incohérence.



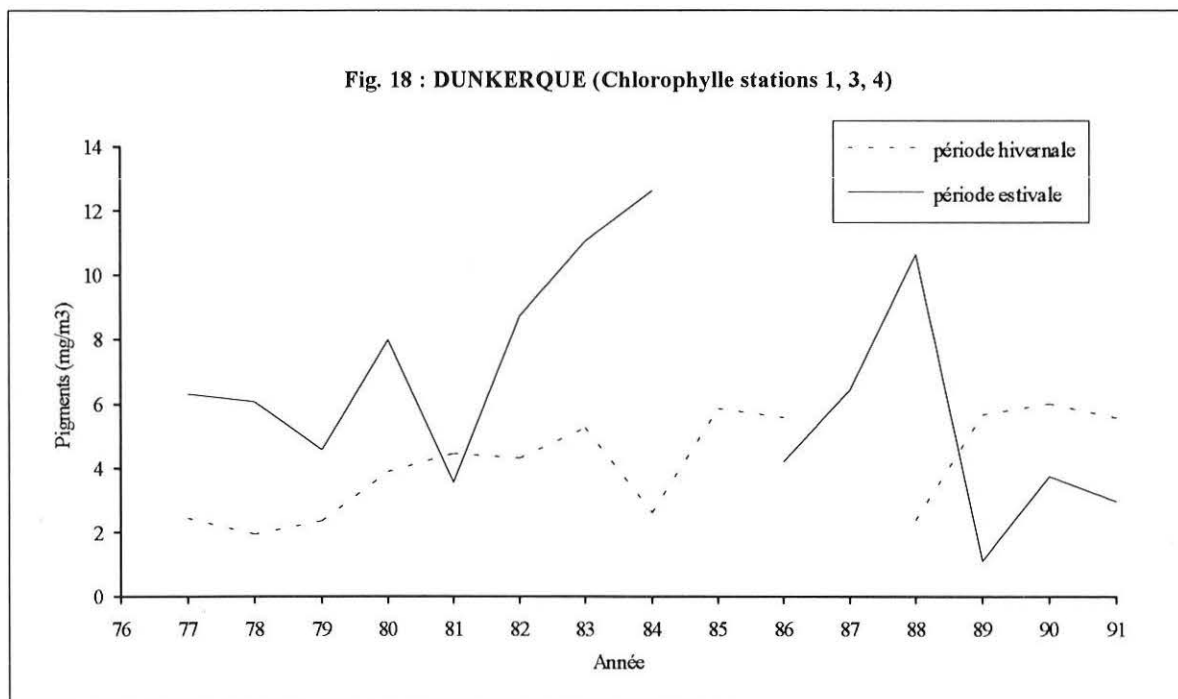
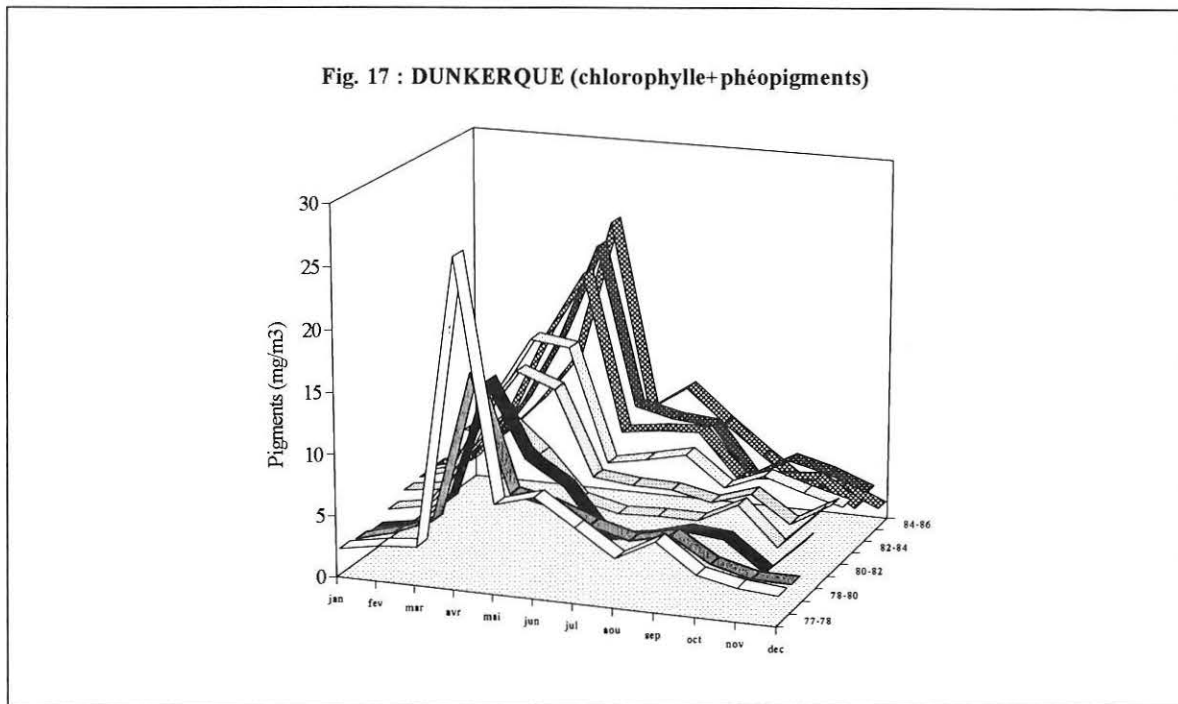
Le cas du golfe de Fos est bien entendu assez différent des estuaires de Manche-Atlantique étudiés ci-dessus. Le fort gradient des niveaux de pigments chlorophylliens entre les stations de surveillance rend intéressant la présentation individuelle des résultats (fig. 15). Compte tenu de la très faible valeur de la chlorophylle dans les eaux méditerranéennes, le cycle saisonnier est à peine perceptible. Celui des eaux du Rhône, qui présente deux maxima similaires à ceux de la Gironde, se voit progressivement modifié pour les stations plus éloignées. La figure 16 donne une indication sur le pourcentage de chlorophylle dans les pigment totaux. Ce rapport évolue autour de 0,6 au long de l'année, avec peu de différences entre les stations.



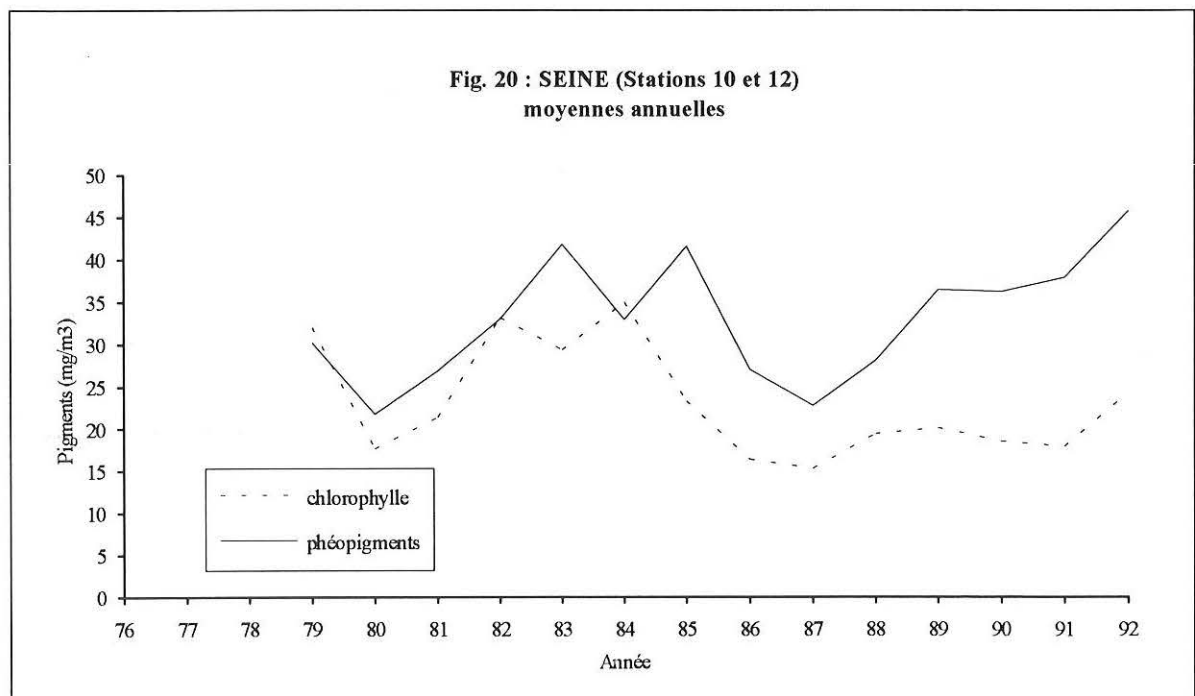
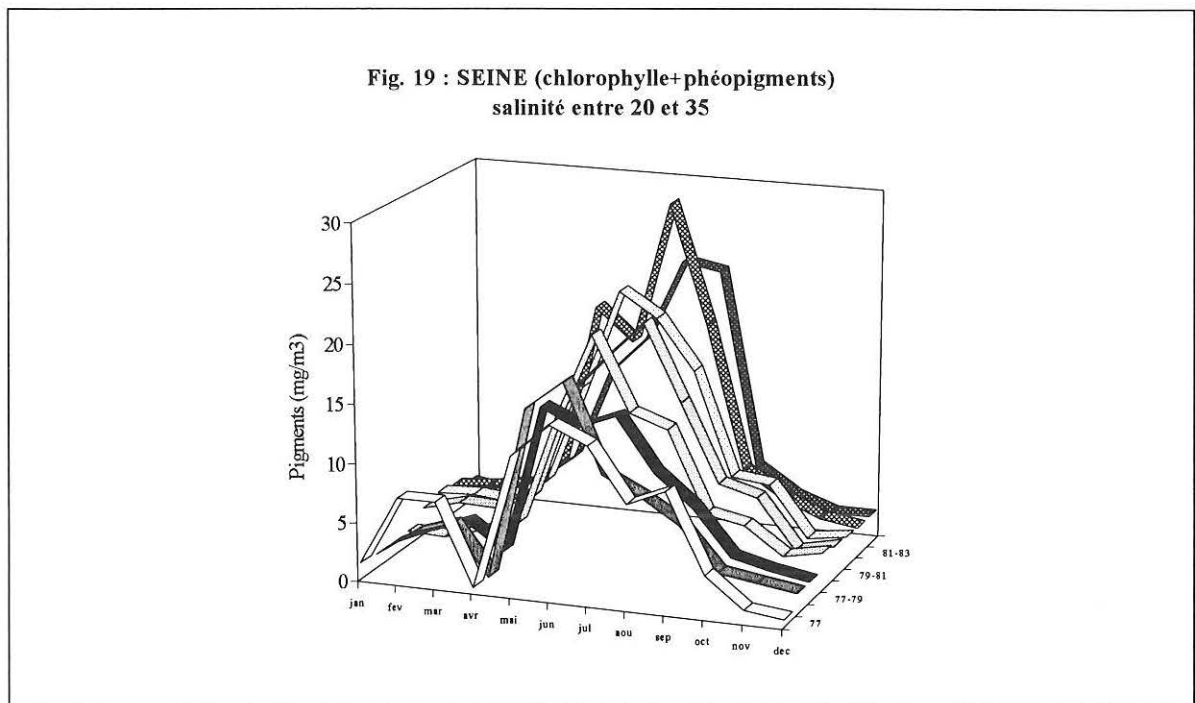
4.3. Tendances chronologiques

TENDANCES CHRONOLOGIQUES DUNKERQUE

Le traitement des résultats a mis en évidence un phénomène particulier sur le site de Dunkerque, illustré sur la figure 17 (voir explications site Seine) : le cycle saisonnier a vu son maximum printannier se déplacer progressivement du mois d'avril au mois de mai. Dans le même temps ce maximum a diminué puis augmenté. Le traitement des résultats par périodes (voir explications site Brest) présentés figure 18 ne montre pas d'augmentation remarquable.

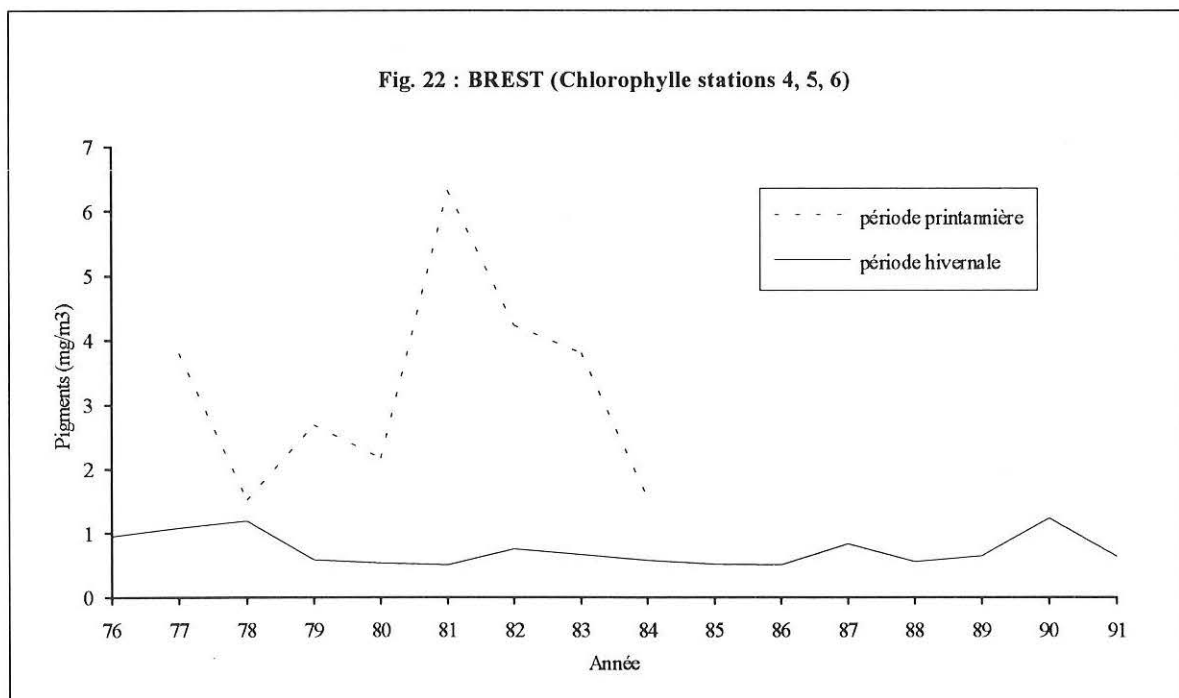
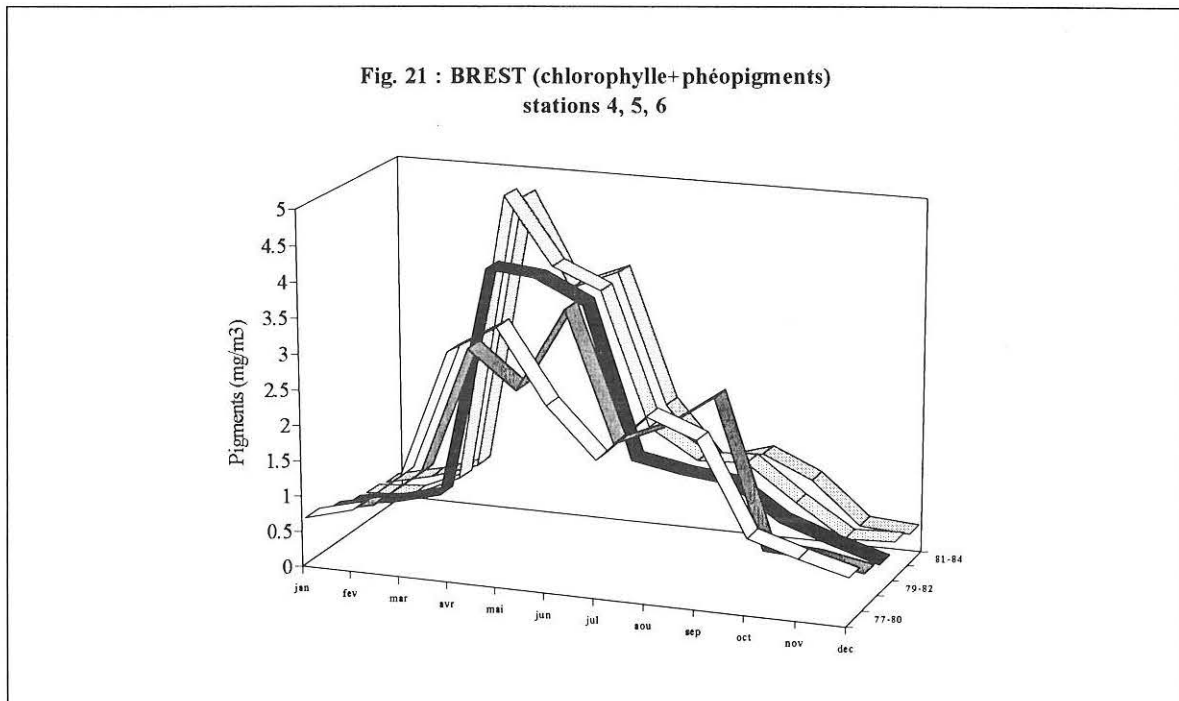


Pour visualiser une éventuelle tendance pendant la période de surveillance précédant le changement de stratégie de prélèvement (1985), les moyennes mensuelles ont été calculées par périodes glissantes de deux ans pour Dunkerque, trois ans pour Seine, quatre ans pour Brest, pour utiliser au maximum la durée des séries chronologiques. Ces résultats font l'objet des figures 17, 19 et 21. Pour ce qui concerne la baie de Seine, cette présentation laisse deviner de façon atténuée le même phénomène qu'à Dunkerque (décalage du maximum). Dans l'estuaire (fig. 20) une tendance à l'augmentation des pigments chlorophylliens, surtout phéopigments, semble se dessiner pour les années récentes.



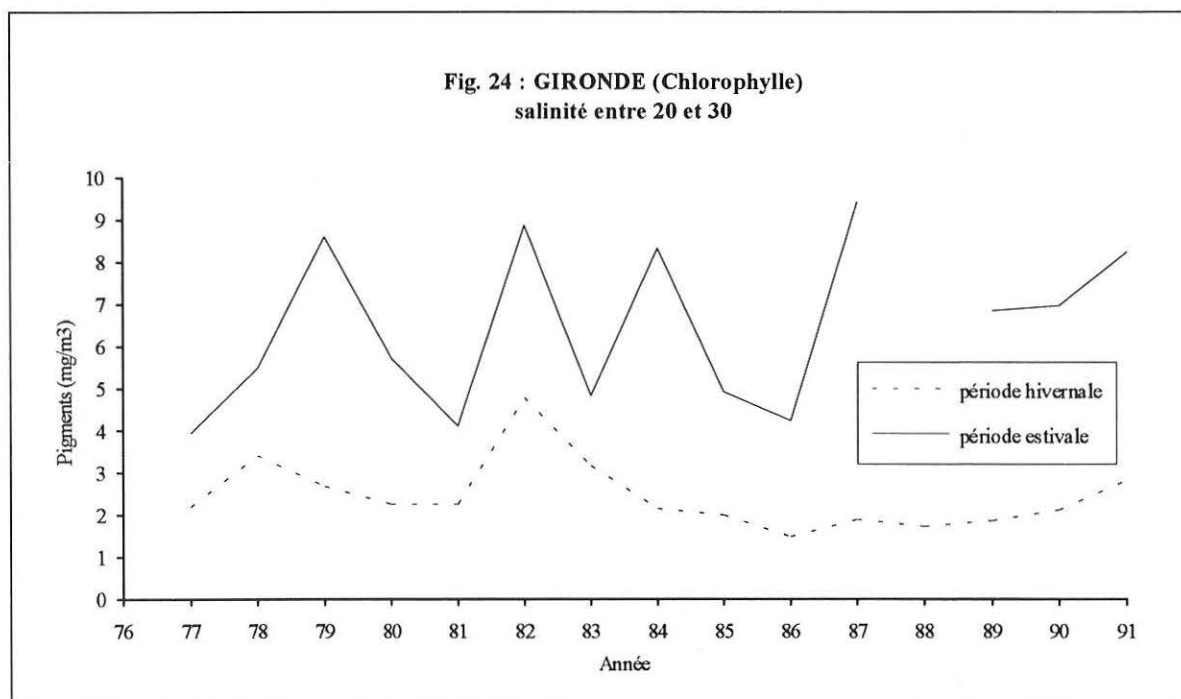
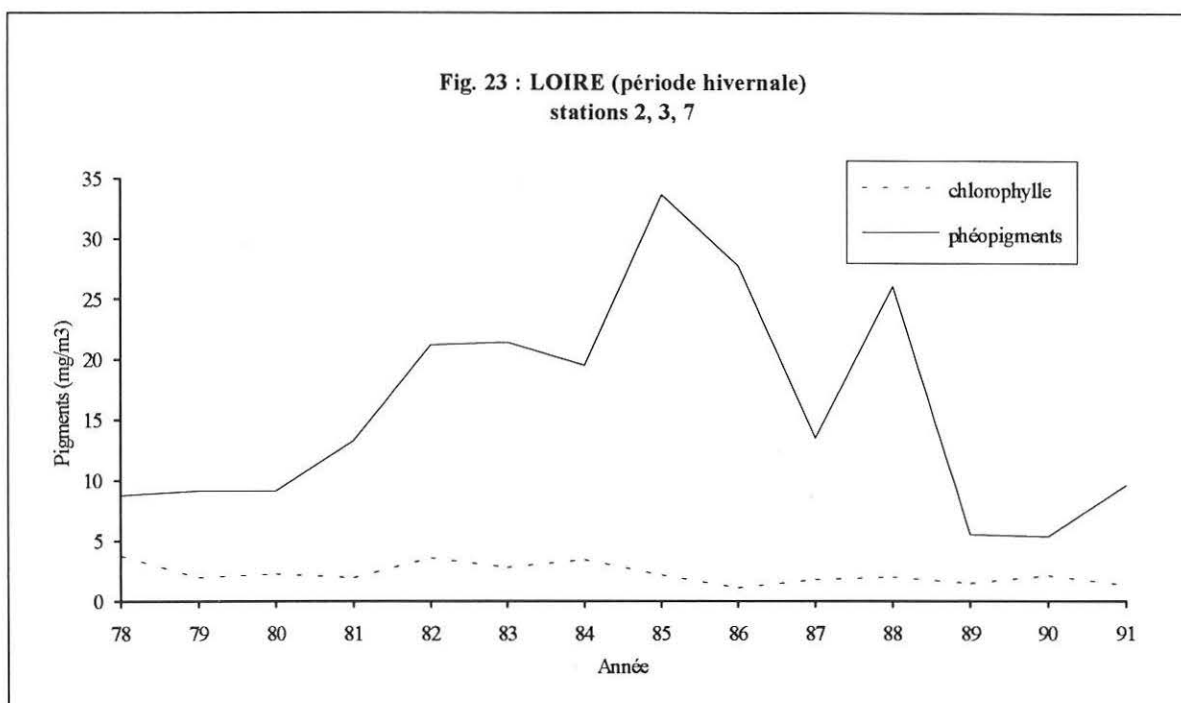
TENDANCES CHRONOLOGIQUES RADE DE BREST

A partir de 1985, la stratégie de prélèvement RNO a surtout visé le suivi des sels nutritifs, et les campagnes ont alors eu lieu en dehors des périodes de poussée phytoplanctonique intense (printemps et automne). Le traitement des résultats dans une optique de tendance à long terme ne peut donc s'opérer que sur les périodes de l'année toujours échantillonnées. Tel est le cas pour les figures 18, 22, 23 et 24. Les dénominations "périodes hivernales" et "périodes estivales" se rapportent en général respectivement à décembre, janvier, février (voire mars) et juillet et août (voire juin et septembre), selon le type de cycle saisonnier. Pour ce qui concerne Brest, ni l'évolution du cycle saisonnier (fig. 22), ni la tendance linéaire à plus long terme (fig 23) ne font apparaître de tendance remarquable.



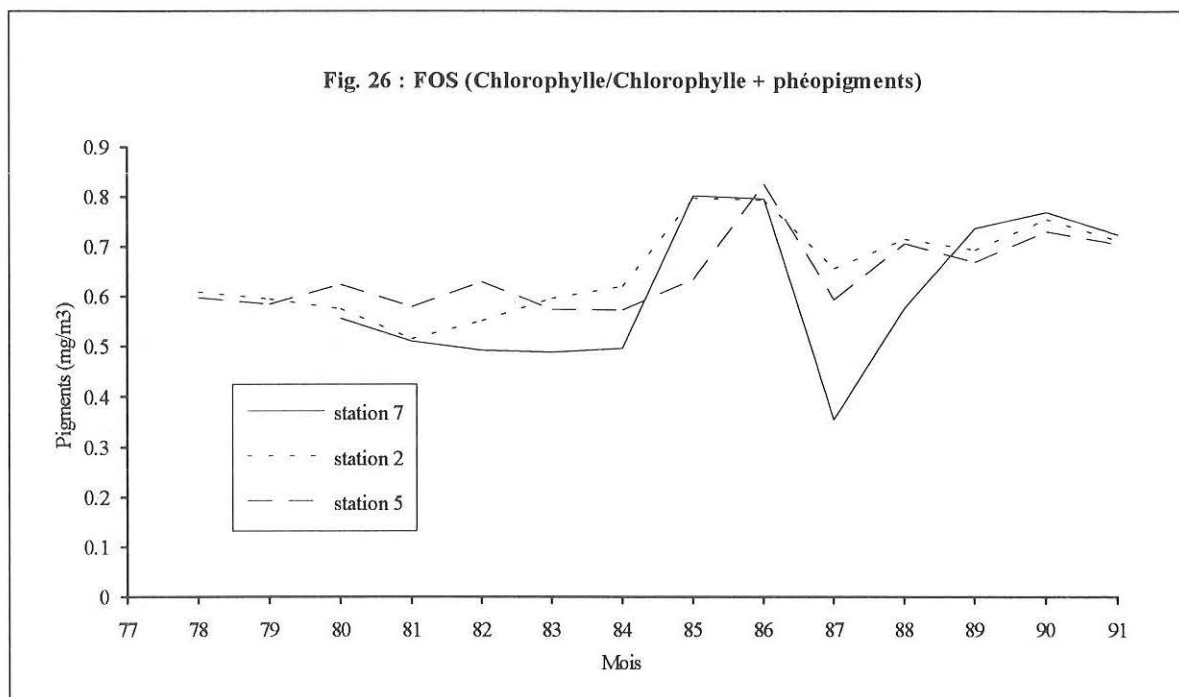
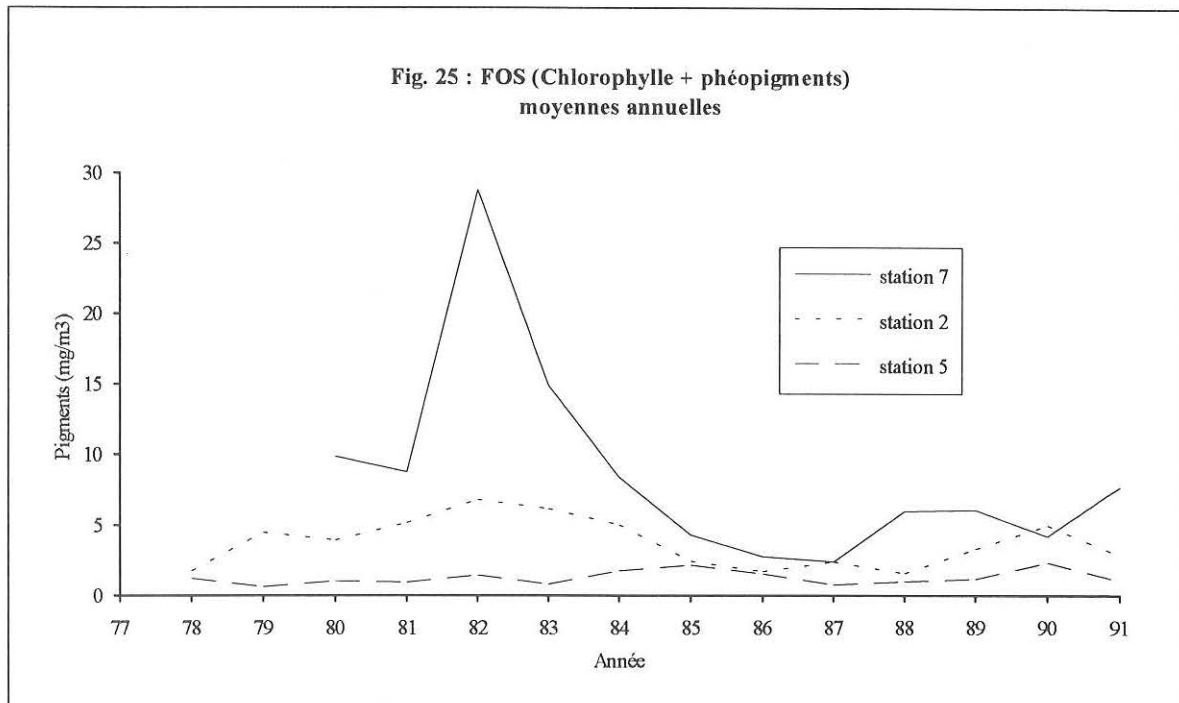
TENDANCES CHRONOLOGIQUES ESTUAIRE DE LOIRE ET ESTUAIRE DE GIRONDE

Sur les sites de l'estuaire de la Loire et de l'estuaire de la Gironde, le traitement des résultats a été fait comme indiqué pour le site Brest. Sur l'estuaire de la Loire, l'aspect prédominant des tendances illustré par la figure 23, est une fluctuation très importante des niveaux de phéopigments au cours du temps. Le caractère majoritairement détritique du matériel particulaire, déjà indiqué par des niveaux élevés de phéopigments par rapport à la chlorophylle s'y retrouve ainsi : les niveaux de phéopigments subissent l'influence du régime hydrologique du fleuve. Dans le même temps, la chlorophylle reste pratiquement stable, aussi bien en Loire qu'en estuaire de Gironde (fig. 24). Pour ce dernier, ni la période estivale ni la période hivernale ne traduisent de tendance sur la période considérée.



TENDANCES CHRONOLOGIQUES GOLFE DE FOS

Pour le site du golfe de Fos, et plus généralement pour les sites méditerranéens, le changement de stratégie de 1985 n'a entraîné qu'un allègement modéré du programme. L'échantillonnage mensuel quasi-systématique autorise le traitement des résultats par moyennes annuelles pour une appréciation globale des tendances à long terme (fig. 25). En dehors des années 1982 et 1983 pendant lesquelles une augmentation des teneurs peut être observée, les niveaux de pigments chlorophylliens ne montrent pas de tendance remarquable. Pour ces deux années, l'augmentation particulièrement notable à la station du Rhône provient de plusieurs valeurs deux à trois fois plus élevées que la normale, sans anomalie du pourcentage de chlorophylle (fig. 26). Elles sont toutefois probablement significatives, puisque une élévation s'est aussi produite de façon durable aux stations marines. Pour cette raison, ces valeurs ont été conservées, mais la cause précise de cette augmentation reste à établir.



5. CONCLUSIONS : PROGRAMMATION DES PARAMETRES DE QUALITE GENERALE

Que faut-il donc conclure de cette présentation simplifiée mais dans une certaine mesure exhaustive ? Le tableau ainsi brossé des niveaux et des tendances des concentrations des pigments chlorophylliens sur les sites du littoral français surveillés par le RNO permet-il de tirer des enseignements sur la validité de la surveillance exercée sur la qualité générale du milieu marin littoral par le RNO ? Permet-il de définir une stratégie mieux adaptée aux objectifs du RNO ?

Tout d'abord, sur le strict plan des résultats acquis, le bilan est relativement satisfaisant en ce qui concerne les niveaux rencontrés sur le littoral. Malgré l'incertitude qui pèse sur la qualité objective des résultats (absence de données d'assurance de qualité), le lot de données recueillies sur la période 1975-1984 constitue un ensemble relativement cohérent. Son exploitation pourrait être approfondie, notamment en termes de relation avec les paramètres climatiques et hydrobiologiques. Certaines de ces données ont d'ailleurs déjà été utilisées dans le cadre de la mise au point de modèles biologiques. Réciproquement, la mise en oeuvre de ces modèles pourrait permettre de faciliter la validation et l'exploitation des données acquises.

Par contre, en ce qui concerne l'évaluation des tendances, les résultats de cette surveillance RNO sont beaucoup moins probants. En effet, malgré la mise en évidence d'une augmentation quasi-généralisée des niveaux de nitrate apportés au milieu côtier sur la période 1975-1991, les résultats ne montrent pas une augmentation corrélative des teneurs en chlorophylle comme il pouvait l'être suspecté sur cette même période. En tout état de cause, la stratégie utilisée à partir de 1985 n'avait pas pour but de suivre les effets de l'augmentation des apports, mais de vérifier l'existence de cette augmentation dans le milieu littoral. Deux raisons pour l'absence de tendance croissante sont à examiner : soit l'augmentation de nitrate n'est pas telle qu'elle puisse se traduire par une augmentation mesurable des pigments chlorophylliens, soit la stratégie utilisée ne permet pas de mettre en évidence cette augmentation.

Très probablement, la réalité pourrait être une combinaison de ces deux arguments, l'augmentation étant effective mais masquée à la fois par la variabilité propre de la mesure et par une stratégie qui ne place pas les prélèvements au bon endroit dans l'espace ou dans le processus biologique ou avec une fréquence inadaptée. La seule possibilité effective pour améliorer cet état de fait réside dans l'utilisation des résultats des modèles biologiques. Grâce à leur capacité de simulation, ils devraient pouvoir proposer pour la surveillance le plan d'échantillonnage le mieux à même de détecter un effet de l'augmentation des apports d'éléments nutritifs au milieu marin sur les niveaux de chlorophylle.

Mais une question plus fondamentale se trouve posée à l'occasion de cet examen des résultats RNO des paramètres de qualité générale du milieu marin littoral : la surveillance actuellement menée dans ce domaine répond-t-elle au mieux aux objectifs qui lui sont assignés ? Au-delà de l'objectif niveaux et tendances, le RNO doit poursuivre celui des effets sur la vie marine. En l'occurrence, les effets de l'eutrophisation constitue le problème environnemental identifié qui sous-tend cette surveillance de la qualité générale du milieu marin littoral. Le suivi des sels nutritifs et des pigments chlorophylliens satisfait-il cet objectif ? A vrai dire, il s'agit d'une question ouverte, à l'heure actuelle, au plan international. Il semble nécessaire que le RNO mène à terme sa propre démarche sur ce problème.

TROISIEME PARTIE

QUALITE DU MILIEU MARIN LITTORAL : UNE SYNTHESE

L'IFREMER exerce de longue date des tâches de surveillance de la qualité du milieu marin et de ses ressources. Certaines de ces tâches le sont de façon très organisée et systématique, couvrant en réseau l'ensemble du littoral français. Cependant les résultats obtenus par ces réseaux étaient jusqu'ici publiés ou disponibles séparément. Les efforts menés depuis quelque temps pour harmoniser et optimiser la surveillance ont mis en évidence un besoin de synthèse des données déjà acquises.

Pour la première fois, les résultats de trois de ces réseaux ont donc été rassemblés en un seul ouvrage synthétique en vue de dresser un bilan de la qualité actuelle des eaux littorales. Ces trois réseaux sont : le Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin (RNO), le réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY) et le réseau de surveillance microbiologique (REMI). Ces deux derniers ont fait l'objet d'une présentation dans la livraison 1991 de ce bulletin.

Cette synthèse constitue un ouvrage de 240 pages^(*) en quadrichromie, présentant sous forme de graphiques ou de tableaux les résultats obtenus sur la plupart des paramètres mesurés par ces trois réseaux, soit au total une vingtaine, définissant plusieurs types de qualité environnementale :

- qualité générale des masses d'eaux par la température, la salinité, les sels nutritifs, la chlorophylle,

- contamination du milieu par des métaux (mercure, cadmium, plomb, cuivre, zinc) et des composés organiques toxiques (PCB, DDT, DDD, DDE, α HCH, Lindane, hydrocarbures aromatiques), mesurés dans certains organismes sentinelles (moule, huître...),

- fréquence d'apparition dans les masses d'eaux d'espèces phytoplanctoniques toxiques représentées par *Dinophysis* et *Alexandrium*, et risque de toxicité effective des coquillages,

- contamination du milieu par des bactéries d'origine terrestre, représentées par les coliformes fécaux mesurés dans les moules et les huîtres.

(*) Qualité du Milieu Marin Littoral. IFREMER - 1993. Document préparé sous la responsabilité de Michel JOANNY, par Catherine BELIN, Didier CLAISSE, Laurence MIOSSEC, Jean-Paul BERTHOME, Anne GROUHEL, Bernard RAFFIN.
Les Editions de l'IFREMER, BP 70, 29280 PLOUZANE.

Une grande partie des données est présentée sous forme de graphiques en fonction du temps, couvrant les périodes 1974-1991 pour les paramètres généraux, 1979-1991 pour les contaminants, 1987-1991 pour le phytoplancton et 1989-1991 pour la microbiologie. Chaque fois que possible, des valeurs repères sont indiquées pour apprécier les niveaux des résultats. Pour une approche simplifiée, une grille de lecture colorée par site déduite de ces résultats permet une appréciation globale de la qualité du milieu. Par ailleurs, une disquette contenant les données ayant servi à l'élaboration des graphiques peut être acquise en même temps que l'ouvrage. Une traduction anglaise des textes est également disponible sur simple demande.

En complément aux données provenant des trois réseaux cités ci-dessus, un certain nombre d'éléments destinés à décrire le poids des activités économiques et de l'occupation du littoral ont été réunis. Il s'agit de données sur la population, l'assainissement, le trafic maritime, la conchyliculture, l'agriculture et l'industrie. Cette information aide à mieux cerner les caractéristiques environnementales d'une région ou d'un site.

L'architecture globale de l'ouvrage repose sur un découpage géographique du littoral en trois niveaux: un niveau national, un niveau régional (9 régions), un niveau "site" (43 sites). La cartographie respecte ce découpage et permet de localiser chaque point de prélèvement de façon précise.

Synthèse nationale

Au niveau national sont présentées les données terrestres propres à chaque région, sous une forme graphique permettant de les comparer entre elles. Les paramètres de qualité générale font également l'objet d'une présentation graphique comparative entre sites. Les contaminants, le phytoplancton et la microbiologie, sont synthétisés sous forme de tableaux et de texte faisant ressortir les aspects dominants de ces différents volets.

Synthèses régionales

Au niveau régional se trouve une grille de lecture globale compilant les résultats obtenus pour chaque groupe de paramètres sur chaque site. Une série de graphiques présente ensuite pour chaque site de la région considérée les données phytoplanctoniques sous forme de moyennes saisonnières, les éléments nutritifs sous forme de séries temporelles et les contaminants sous forme de niveaux moyens. L'ensemble est complété par des tableaux regroupant les données terrestres.

Résultats par sites

Au niveau "site" la cartographie permet d'identifier les points de prélèvements de chaque réseau et de visualiser ceux dont les résultats ont pu être agrégés du fait de l'homogénéité de la zone où ils se trouvent. Deux tableaux présentent ensuite les données terrestres. Plusieurs pages de graphiques permettent de visualiser :

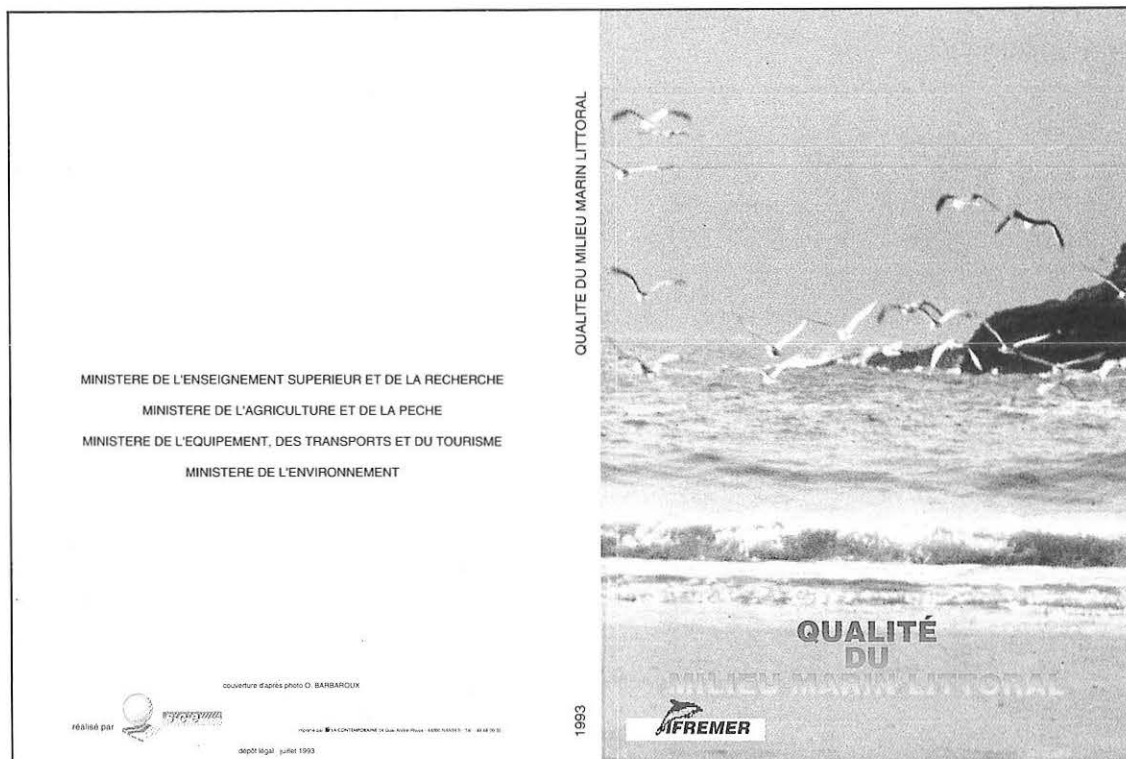
- L'évolution temporelle des concentrations dans l'eau des espèces phytoplanctoniques toxiques, ainsi que des toxicités DSP et PSP éventuellement mesurées,
- L'évolution comparée des grands groupes de phytoplancton,
- Les espèces dominantes saisonnières de phytoplancton,

- L'évolution dans le temps de la contamination microbiologique,
- L'évolution temporelle de la contamination chimique sous forme de moyennes trimestrielles par contaminant.

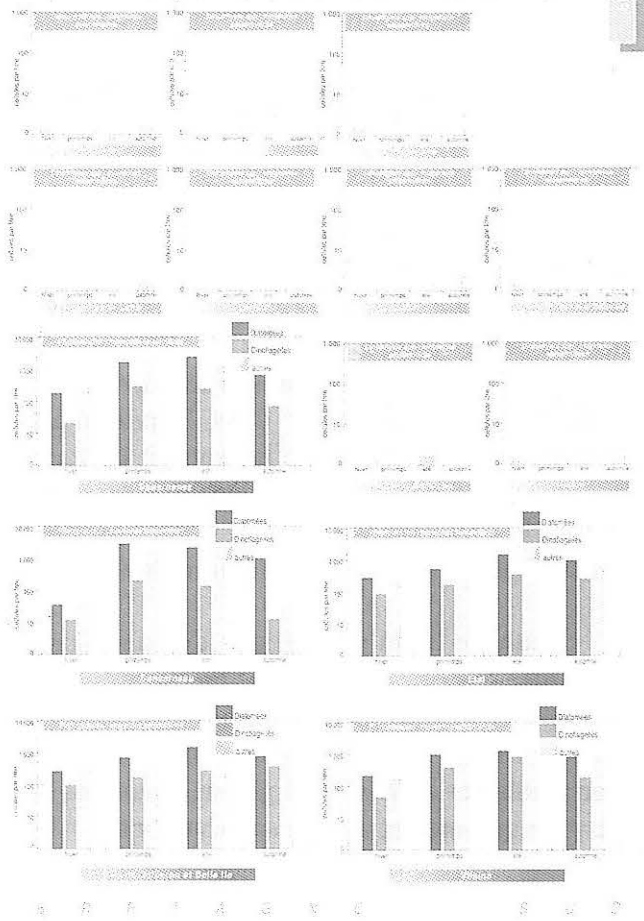
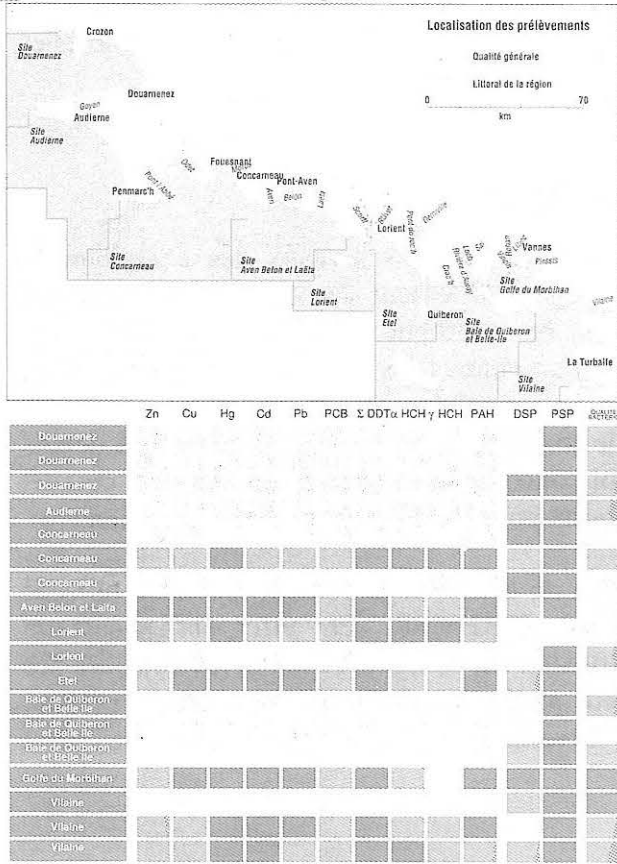
Principales conclusions

Très globalement, on observe une tendance à la diminution des niveaux des contaminants métalliques et organiques. Le cas du DDT illustre à cet égard la lenteur des évolutions observées, puisqu'il a fallu attendre plus d'une dizaine d'années après son interdiction pour voir une diminution significative de sa teneur dans l'environnement marin. Par contre, les niveaux des nitrates sont désormais en augmentation partout où ils sont mesurés en Manche-Atlantique et dans la zone du delta du Rhône. La fréquence d'apparition des phénomènes de toxicités algales a aussi augmenté depuis 1986, à la fois dans le temps et dans l'espace. Pour ce qui concerne la contamination bactériologique, les résultats du réseau REMI couvrent une période trop courte pour fournir une tendance significative.

Outre le bilan synthétique des résultats, la réalisation de cet ouvrage poursuit aussi un objectif d'optimisation des activités de surveillance gérées par IFREMER. En effet, la nécessaire harmonisation éditoriale s'est inscrite dans un effort de réflexion sur la signification et les objectifs des mesures faites, mais aussi des conditions pratiques de leur réalisation. Le terrain a ainsi été préparé pour améliorer en les développant toutes ces activités de surveillance du milieu littoral qui contribuent à sa connaissance et donc à sa protection.



4.4 Bretagne Sud



Deux exemples de doubles pages au niveau régional

Données sites

Gironde	81 000
Aquitain et Landes	6 350
Pays Basque	16 800

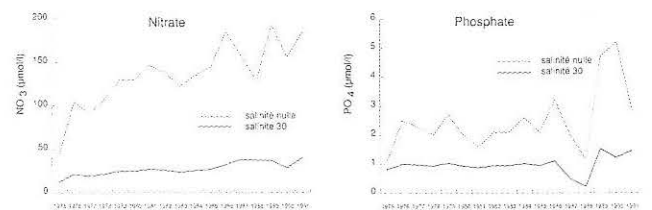
Surface du bassin versant (km ²)	Débit moyen annuel total (m ³ /s)
81 000	973
6 350	19
16 800	342
104 150	1 334

Cours d'eau principaux
Garonne et Dordogne
Eyre
Adour, Nivelle, Bidassoa

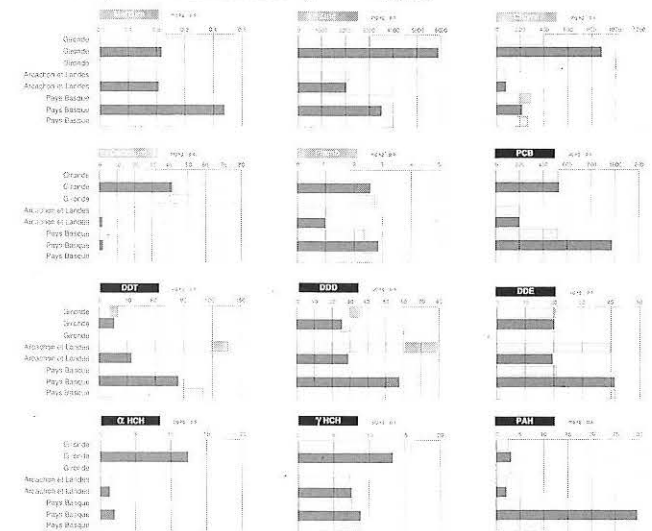
Données départements

	Gironde	Landes	Pyrénées Atlantiques	Tout le littoral
Population				
nombre d'habitants	1 213 459	311 461	378 516	1 903 436
superficie (hectares)	1 072 560	931 625	764 476	2 768 661
densité (habitants / km ²)	113	33	76	69
Espaces naturels protégés				
propriété du Conservatoire (hectares)	1 054	691	53	1 800
propriété des Départements (hectares)	28	-	124	152
forêts (hectares)	21 497	26 685,5	-	48 182,5
Agriculture et élevage				
surface agricole utilisée (hectares)	275 405	224 886	338 759	839 050
surface totale en herbe (hectares)	76 373	23 337	163 754	463 464
cheptel (nombre de têtes)				
- ovins	44 954	12 336	641 153	718 443
- caprins	4 356	1 074	6 070	11 500
- vaches	38 771	44 625	172 551	255 947
- autres bovins	34 828	34 460	138 134	207 422
- truies mères	871	3 488	24 373	38 732
- autres porcins	10 925	69 433	238 357	318 715
- volaille	697 785	7 265 167	1 786 303	8 749 255
- équidés	4 628	1 695	9 980	16 303
Activité industrielle (nombre d'entreprises industrielles)				
élevage	-	1	1	2
industrie énergétique	-	2	1	3
industrie extractrice	25	8	10	43
sidérurgie, métalurgie, constructions mécaniques	51	4	19	74
industrie du verre	18	2	6	26
industrie chimique	20	6	7	33
industrie de l'alcool et des boissons alcoolisées	76	4	3	83
industrie des boissons non alcoolisées	2	-	1	3
industries alimentaires diverses d'origine végétale	9	5	5	19
industrie de transformation d'origine animale	13	24	28	65
industrie des papiers et bois	55	43	21	120
industrie des cuir et peaux	-	-	3	3
industrie des corps gras et savons	3	-	-	3
industries diverses	82	26	39	147

Tendance des éléments nutritifs : Nitrate et Phosphate Site Gironde

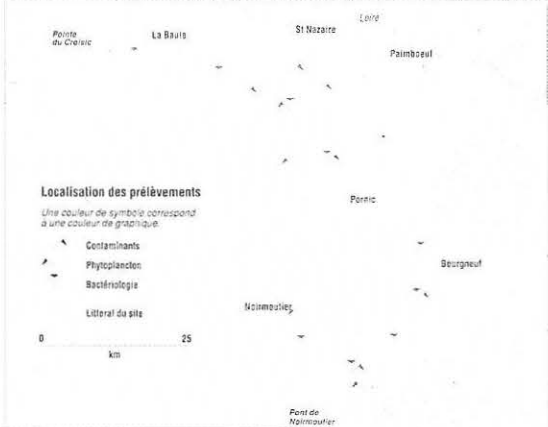


Niveaux moyens de contamination



5.28 Loire et Bourgneuf

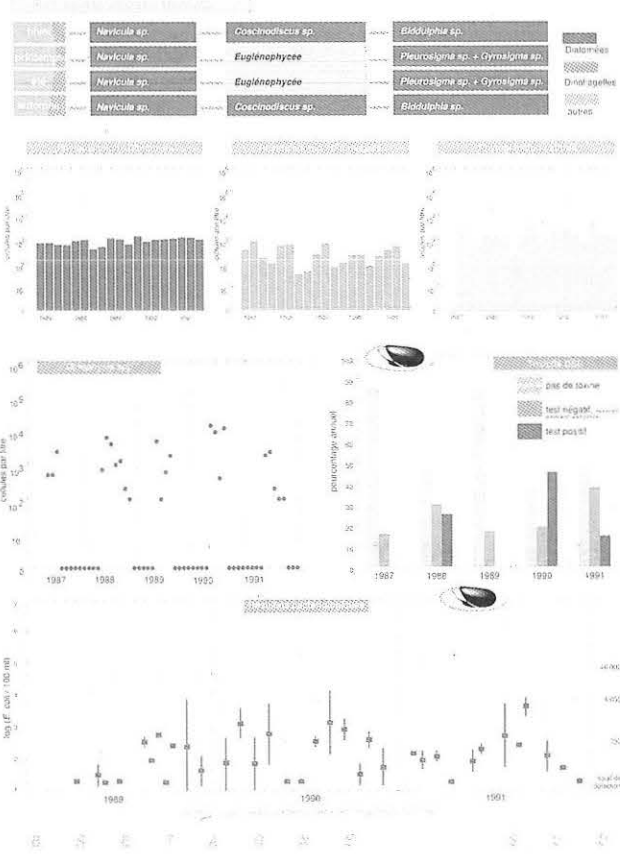
Données sites		Site	Région
Trafic maritime			
fret (tonnes)		34 127 000	34 698 300
nombre de passagers par an		-	352 800
pêche - tonnage débarqué		8 274	78 346
Plaisance			
nombre d'anneaux en ports organisés		3 950	6 000
nombre de mouillages communaux et échouages		1 671	1 746
nombre de mouillages privés		265	280
Conchyliculture et aquaculture			
Production biologique annuelle (tonnes)			
moules		1 200	1 850
huîtres		12 500	13 200
Nombres de cois commercialisés (de 5 à 10 kg)			
moules		203 000	218 000
huîtres		1 275 000	1 508 000
autres coquillages		420 000	670 000
poissons		37 000	62 000
Aquaculture (tonnes)			
		-	12



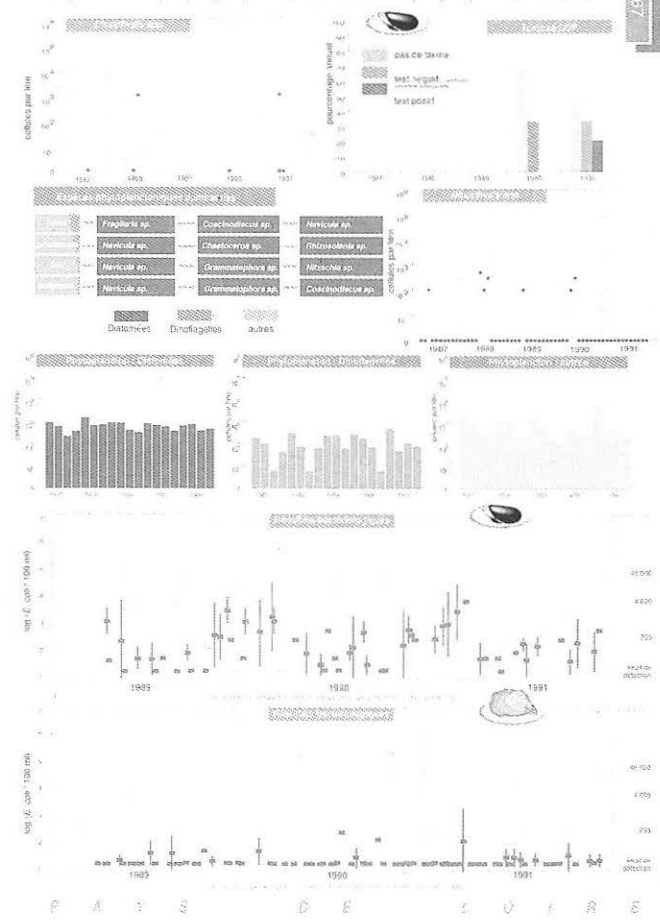
Données communes littorales		Site	Région
Population			
population résidente inabitants		142 037	218 031
capacité d'accueil totale (personnes)		356 436	708 270
nombre d'emplacements de campings		19 969	47 374
Assainissement			
capacité de traitement des communes (eq. hab.)		457 500	600 000
nombre de rejets directs à la mer (épurés ou non)		2	4
urbains		-	-
industriels		-	-

P A Y S D E L O I R E

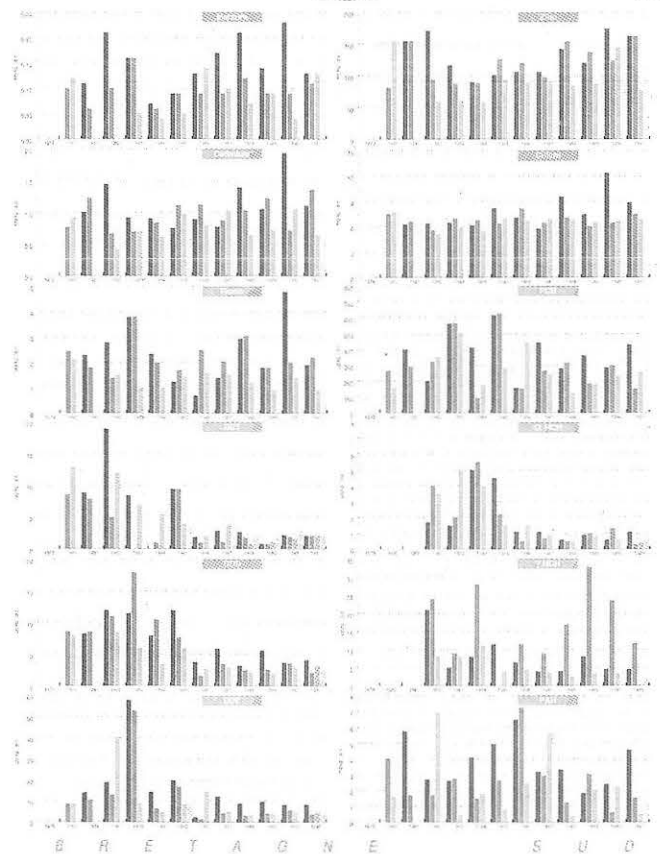
Deux exemples de doubles pages au niveau site



B O U R G N E U F



P A Y S D E L O I R E



B R E S T

Document préparé par D. CLAISSE et M. JOANNY

Impression et couverture :

INSTAPRINT - 1-2-3, levée de la Loire - LA RICHE - B.P. 5927 - 37059 TOURS cedex - Tél. 47 38 16 04

Dépôt légal 4ème trimestre 1993



Ministère de l'Environnement
Direction de l'Eau
14, bd du Général Leclerc, 92524 NEUILLY-SUR-SEINE CEDEX

IFREMER
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Centre de Nantes
Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral
BP 1049, 44037 NANTES CEDEX 01

