

SECRETARIAT D'ÉTAT
AUPRÈS DU PREMIER MINISTRE
CHARGÉ DE L'ENVIRONNEMENT

R.N.O

RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN.

DIX ANNÉES
DE SURVEILLANCE
1974-1984



DOCUMENT TECHNIQUE

Vol I : Présentation générale

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

DIX ANNÉES DE SURVEILLANCE
1974-1984

DOCUMENT TECHNIQUE

VOLUME I

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Toute référence à cet ouvrage devra être libellée de la façon suivante :

RNO, 1988.-Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Dix années de surveillance 1974-1984. Document technique, volume I, présentation générale. IFREMER et Secrétariat d'Etat auprès du Premier Ministre chargé de l'Environnement. 63 p.

RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

DIX ANNÉES DE SURVEILLANCE
1974-1984

SOMMAIRE DU DOCUMENT TECHNIQUE

VOLUME I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

INTRODUCTION

- I. Présentation générale (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)¹
- II. Gestion des résultats (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)¹
- III. Perspectives (M. JOANNY - J.Y. QUINTIN)¹

VOLUME II : PHYSICOCHIMIE, ÉLÉMENTS NUTRITIFS, MATÉRIEL PARTICULAIRE

INTRODUCTION

1^{ère} Partie - Présentation synthétique de résultats

- A. Physico-chimie et sels nutritifs (M. JOANNY, V. POROT)¹
- B. Matière organique et matériel particulaire (G. CAUWET)³

2^e Partie - Exploitation approfondie de résultats

- A. Variations hydrologiques pluri-annuelles
dans le bassin d'Arcachon (J.M. BOUCHET)⁴
- B. Une analyse de tendance sur les données de l'estuaire
et la baie de Seine (P. GALLET)⁵

3^e Partie - Assurance de qualité (M. CHAUSSEPIED, G. BODENNEC)¹

VOLUME III : POLLUANTS ORGANIQUES

INTRODUCTION

Présentation de la méthode d'interprétation

- 1^{ère} Partie - Surveillance dans l'eau (M. MARCHAND)¹
- 2^e Partie - Surveillance dans la matière vivante (M. MARCHAND)¹
- 3^e Partie - Surveillance dans le sédiment (M. MARCHAND)¹
- 4^e Partie - Conclusion générale (M. MARCHAND)¹
- 5^e Partie - Note de synthèse complémentaire pour les PCB, DDT et HPA
dans les moules et les huîtres
de 1979 à 1986 (P. MICHEL)², (M. MARCHAND)¹

VOLUME IV : MERCURE ET CADMIUM

INTRODUCTION

- 1^{ère} Partie - Surveillance dans la colonne d'eau
 - A. Le mercure (D. COSSA)²
 - B. Le cadmium (B. BOUTIER)²
- 2^e Partie - Surveillance dans la matière vivante
 - Le mercure et le cadmium (Y. THIBAUD, B. BOUTIER)²
- 3^e Partie - Surveillance dans le sédiment (B. BOUTIER, D. COSSA)²

1 IFREMER. DERO/EL. Brest.

2 IFREMER.DERO/MR. Nantes.

3 Université de Perpignan. Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie marines.

4 Institut de Biologie Marine d'Arcachon.

5 Université de Bretagne Occidentale de Brest.

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME I

INTRODUCTION

I. PRÉSENTATION GÉNÉRALE (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)

1. Objectifs de la surveillance	9
2. Historique	10
3. Organisation	11
4. Aspects internationaux	14

II. GESTION DES RÉSULTATS (M. JOANNY, M. CHAUSSEPIED)

1. Archivage informatique	25
2. Diffusion et utilisation	27
3. Assurance de qualité des mesures	29

III. PERSPECTIVES (M. JOANNY, J.Y. QUINTIN)

1. Bilan	45
2. Orientations	51

BIBLIOGRAPHIE	55
---------------------	----

ANNEXES	57
---------------	----

INTRODUCTION

— Le présent ouvrage -en quatre volumes- constitue le Document Technique de bilan réalisé à l'issue de dix années de fonctionnement du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin (RNO). Il marque une étape importante dans l'évolution des programmes de surveillance du littoral français, la troisième de ce type depuis sa mise en place en juin 1974. —

— Le premier volume fait une présentation générale des programmes du RNO et de leur mise en œuvre, avec un développement particulier sur la question de l'assurance de qualité des résultats et sur les aspects internationaux de la surveillance. Il établit ensuite une synthèse des travaux réalisés pour la constitution de ce Document Technique et dégage les orientations qui peuvent s'imaginer pour le futur des programmes de surveillance. —

Chacun des trois autres volumes concerne une classe particulière de paramètres dont les résultats ont fait l'objet d'un examen approfondi :

- physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulaire pour le volume II,
- micropolluants organiques pour le volume III,
- micropolluants minéraux pour le volume IV.

Le travail réalisé par les différents auteurs vise soit à faire un examen critique de l'ensemble des données recueillies pour l'un ou l'autre paramètre et d'en présenter une vision globale, soit d'en faire une exploitation particulière appliquée à un site choisi. On peut ainsi appréhender, quoique de façon partielle, l'utilisation des données du RNO à l'intérieur du cadre strict d'un programme de surveillance mais aussi dans leur utilisation en renfort d'une étude à caractère scientifique. Le volume II comporte en outre une partie spécialisée sur l'assurance de qualité des résultats des paramètres étudiés. Pour les volumes III et IV, l'assurance de qualité des résultats est incorporée dans le corps du texte.

I - PRÉSENTATION GÉNÉRALE

M. JOANNY et M. CHAUSSEPIED

1. OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE

Les problèmes d'environnement et de pollution ont progressivement émergé dans les préoccupations des nations industrialisées au cours des décennies récentes. Toutefois, les premiers efforts ont porté sur les aspects continentaux intéressant directement la santé de l'homme : règlement sur la circulation des produits toxiques, contrôle des rejets, épuration, études d'impact, protection des espaces naturels,...

En France, notamment, a été mis en place une politique pour l'eau par la loi du 16 décembre 1964 relative au régime des eaux et à la lutte contre leur pollution. Des Cellules d'Intervention contre les Pollutions Marines, chargées du contrôle et du suivi des rejets en mer, et communément appelées cellules anti-pollution, ont été créées en 1972 au sein des Services Maritimes des départements littoraux. Des événements à caractère catastrophique, tel l'échouage du "Torrey-Canyon" en 1967 ont fortement sensibilisé l'opinion publique à la réalité des risques encourus par le domaine marin.

La conférence de juin 1972, tenue sous l'égide de l'ONU à Stockholm a marqué une sorte de point de départ pour diverses actions internationales qui sont présentées plus en détail au paragraphe 4. Dans ce cadre international, la définition des objectifs des politiques à engager est généralement intéressante à considérer car elle correspond à l'aboutissement de réflexions menées dans des cadres divers et donc couvrent bien l'ensemble du champ d'application de ces politiques.

Ainsi, dans l'annexe 1 du huitième rapport annuel d'activité de la Commission d'Oslo, on peut trouver les définitions d'objectifs suivantes :

"Le propos du contrôle et de la surveillance continus, effectués en utilisant le poisson, les crustacés ou les mollusques en tant qu'espèces indicatrices [...], est de parvenir aux buts énumérés ci-dessous :

- (a) l'évaluation de risques possibles pour la santé humaine,
- (b) l'évaluation de la nocivité pour les ressources vivantes et la vie marine (écosystèmes),
- (c) l'évaluation du niveau de pollution marine existant,
- (d) l'évaluation de l'efficacité des mesures prises dans le cadre des conventions en vue de la diminution de la pollution marine."

Il faut remarquer que ce texte différencie le "contrôle" de la "surveillance". En effet, le contrôle doit s'exercer par rapport à des normes ou des critères précis sur des paramètres en principe bien maîtrisés. Par exemple le contrôle de la salubrité des eaux de baignade ou de la qualité des produits commercialisés fait référence à des concentrations maximales admissibles ou à des nombres guides à ne pas dépasser pour un certain pourcentage des mesures effectuées. Par contre, la notion de "surveillance" est moins restrictive, car elle ne fait pas d'aussi près référence à un usage particulier (pêche, culture marine, loisir, etc.).

Dans le contexte défini par les quatre objectifs ci-dessus, on peut considérer que la mission assignée au RNO correspond aux objectifs (c) et (d), que l'on peut élargir à l'objectif suivant : évaluation des **niveaux et tendances** des polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin. En effet, d'une part, l'objectif (a) met en œuvre des programmes de contrôles de produits consommés, d'autre part, l'objectif (b) concerne le suivi des effets biologiques pour lequel aucune méthodologie sûre n'a encore émergé des programmes de recherche lancés sur ce sujet. Mais de tels suivis devraient pouvoir faire partie des programmes du RNO.

Enfin, à propos des missions du RNO, il faut préciser que son organisation lui permet d'être un système d'alarme à moyen et long terme. En effet, l'expérience a montré qu'un tel réseau ne peut constituer un système d'alarme à court terme comme cela avait été imaginé à l'origine. Le rythme des prélèvements et des analyses est incompatible avec la mise en évidence d'anomalies dont l'échelle de temps est la semaine ou le mois. Par contre, en général, ce genre d'anomalie (pollutions accidentelles) se détecte par des phénomènes extérieurs caractéristiques (poissons morts, coloration des eaux, etc.). Divers organismes publics contribuent à la surveillance de tels phénomènes, ainsi que toutes les personnes que leurs activités mettent journellement en contact avec la mer : la Marine Nationale, la Protection Civile, le CEDRE (Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux), les cellules anti-pollution du Ministère de l'Environnement et tous les utilisateurs du milieu marin, pêcheurs, ostréiculteurs, plaisanciers.

2. HISTORIQUE

Par une lettre du 25 août 1971, le Ministre Délégué chargé de la protection de la nature et de l'environnement soumettait aux autres ministres intéressés le principe de constituer un groupe de travail interministériel qui aurait à se pencher sur l'harmonisation des actions administratives de lutte contre la pollution de la mer. Le Comité Interministériel du 2 novembre 1971 confirmait la création du Groupe Interministériel chargé des problèmes de Pollution Marine (GIPM). Sa mission était de présenter un rapport en vue de définir les éléments d'une politique nationale à mener dans ce domaine.

Les conclusions de ce rapport publié en 1972 ont conduit à la création du RNO, décidée par le Comité Interministériel d'Action pour la Nature et l'Environnement (CIANE) le 6 décembre 1972. L'organisation en a été confiée au Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) avec la collaboration de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM), deux organismes désormais fusionnés en un seul, l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER). Pour la période de démarrage, Messieurs les Professeurs PERES et VIGNEAUX apportèrent une contribution appréciée pour la programmation et l'examen des premiers résultats.

Les premiers prélèvements ont débuté en juin 1974, et jusqu'en 1978 ont essentiellement porté sur les eaux marines. Les sites choisis dans un premier temps, dénommés "Points d'appui", étaient au nombre de six : les quatre grands estuaires de Seine, Loire, Gironde et Rhône (golfe de Fos), plus deux zones de référence, la rade de Brest et le site des baies de Cannes et Villefranche. La surveillance se faisait à une fréquence hebdomadaire. A la fin de l'année 1975, la surveillance de trois sites supplémentaires était mise en place : Dunkerque, le golfe d'Ajaccio et St Jean de Luz. Deux sites de référence supplémentaires de part et d'autre du littoral méditerranéen, à Banyuls et à Monaco, vinrent compléter au printemps 1976 la couverture du littoral français, de frontière à frontière. Par la suite, entre juillet 1976 et mars 1977, cinq zones conchylicoles importantes furent ajoutées au nombre des sites suivis par le RNO : la baie de St Brieuc, le golfe du Morbihan, la baie de Marennes-Oléron, le bassin d'Arcachon et l'étang de Thau. A l'exception de ces trois derniers sites et de Monaco, et jusqu'à la fin de l'année 1977, la surveillance se déroulait à un rythme hebdomadaire. On dénombrait alors près de 1 700 journées de travail à la mer réalisées en trois ans et demi de fonctionnement du RNO.

A partir de 1978, compte tenu de l'expérience acquise et des nécessités budgétaires, la programmation du RNO s'est orientée vers une optimisation des travaux :

- réduction des analyses dans la colonne d'eau par diminution des fréquences des sorties à la mer sur l'ensemble des sites surveillés depuis plus de trois ans,
- diversification des compartiments surveillés par des prélèvements dans le sédiment et la matière vivante,
- création ou abandon de sites de surveillance ou de paramètres, à partir d'une redéfinition des missions et des moyens du RNO.

Pour ce qui concerne la surveillance de la colonne d'eau, cette optimisation a conduit notamment à l'abandon de la surveillance sur les sites de Banyuls, de St Jean de Luz et de la baie de St Briec, à la fin de 1979, ainsi que sur ceux de Marennes, Arcachon et Thau à la fin 1981. Par contre, en 1979 était établie une surveillance sur l'étang de Berre, et en 1980 sur le site de Cortiou, débouché de l'émissaire de la ville de Marseille, le plus important rejet de ce type sur la côte méditerranéenne. Plus récemment (1984), la surveillance du golfe du Morbihan a été supprimée au profit de la rade de Lorient, site soumis à de plus importants apports agricoles et industriels. Enfin, les travaux menés à partir de 1984 sur les résultats de la surveillance dans la colonne d'eau ont conduit à la mise en place dès 1985 d'un nouveau mode de travaux à la mer comportant moins de campagnes (4 à 6 par an) mais davantage de prélèvements par campagne.

Le développement des travaux dans la matière vivante et le sédiment avait entraîné une multiplication des sites de prélèvements. Aussi en 1980, une définition précise du littoral en 43 sites regroupés en 8 façades a permis d'organiser la présentation des travaux de façon plus homogène et plus facile. Enfin, l'année 1983 représente une date importante pour le RNO, qui a vu la mise en route des campagnes à la mer INTERSITE, action complémentaire de surveillance pour l'harmonisation des résultats, dont le premier volet, INTERSITE I, s'est déroulé en Manche Orientale en septembre 1983.

3. ORGANISATION

3.1. Programmation

3.1.1. Surveillance dans la colonne d'eau

Le rapide historique présenté ci-dessus donne une idée de la façon dont la programmation des travaux du RNO a été réalisée au fur et à mesure de l'évolution des connaissances, de l'interprétation des résultats et aussi des contraintes financières. Compte tenu de l'état de l'art et du caractère embryonnaire de la connaissance de certains sites, le programme mis en œuvre cherchait à couvrir au mieux l'ensemble des paramètres pouvant contribuer à donner une image correcte de la "qualité" du milieu marin. Largement tributaire des compétences en place sur chaque zone, tant pour les analyses que pour les prélèvements, il comportait un certain nombre de variantes locales, mais reposait sur un ensemble de paramètres et une stratégie de prélèvement sensiblement identiques sur tous les sites.

Les paramètres analysés dans la colonne d'eau, compartiment suivi quasi exclusivement jusqu'en 1978, étaient répertoriés en trois classes :

- Classe I : paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous), sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, silice), matière en suspension, turbidité, carbone organique, sulfates,
- Classe II : paramètres de pollution tels que détergents, hydrocarbures, organochlorés (lindane, heptachlore, aldrine, plastifiants, PCB), métaux (mercure, cadmium, plomb, zinc, cuivre, fer),
- Classe III : mesures complémentaires locales de type biologique tels que comptages bactériologiques (contamination fécale), biomasse planctonique, chlorophylle et phaeopigments.

Tous ces paramètres constituaient un ensemble relativement classique pour un suivi dans les eaux (continentales ou marines) avec certains paramètres spécifiques de l'océanographie. En outre, il était prévu à chaque sortie des relevés de type hydro-météorologique (état de la mer, débit du fleuve, etc.).

La stratégie de prélèvement mise en place prévoyait le passage systématique à fréquence hebdomadaire sur des stations fixes géographiquement au nombre de 4 à 10. L'une d'entre elles au moins était prévue au large, les autres représentant soit un gradient de salinité, soit des zones caractéristiques du site. La position précise des stations était définie en accord avec les partenaires locaux les mieux informés. Par ailleurs, chaque station faisait l'objet de prélèvements à plusieurs niveaux d'immersion (de 3 à 5). Cette stratégie se justifiait d'autant mieux qu'elle était indispensable pour réunir suffisamment d'éléments d'appréciation de la variabilité naturelle, en vue d'une surveillance à long terme.

Par contre, cette stratégie n'est pas la plus économique, et l'enveloppe financière affectée à cette opération forcément limitée. La mise en route de nouveaux sites de surveillance a donc conduit à rechercher les aménagements possibles des programmes en cours à chaque fois que nécessaire. Généralement, la fréquence de prélèvement maximale a été conservée le plus longtemps possible, au détriment du nombre de paramètres, niveaux ou stations. Il est certain que le décalage dans le temps entre les conclusions de l'examen approfondi des résultats, pratiqué à intervalles réguliers et les nécessités de la programmation annuelle a été parfois source de choix douloureux et de difficultés en retour pour l'utilisation des données (interruption de séries, séries à pas d'échantillonnage variable,...).

Une autre difficulté de programmation a concerné l'analyse des micropolluants dans l'eau. Beaucoup d'efforts méthodologiques ont été fournis par les laboratoires tant en France qu'à l'étranger pour améliorer la qualité de leurs travaux en vue d'acquiescer une certitude quant à la réalité des niveaux mesurés. Ce problème est particulièrement important en environnement lorsqu'il n'est pas possible de décider si une valeur anormalement élevée est due à une contamination du milieu ou à un défaut dans une ou plusieurs étapes de l'analyse. La programmation du RNO a cherché en même temps à améliorer la qualité analytique des travaux, et aussi à pallier avec les moyens disponibles les aléas des mesures par la multiplication de leur nombre. A posteriori, on peut considérer que sur certains paramètres, les efforts réalisés n'ont malheureusement pas abouti.

Pour tenter notamment de clarifier les questions posées par ces analyses de micropolluants dans l'eau, un programme de campagne à la mer baptisée INTERSITE a été initié en 1983. Il a pour objectif premier de faire réaliser par une seule et même équipe sur tout le littoral français l'ensemble des paramètres du programme de surveillance de routine. De plus, sur chaque site où se déroule une telle surveillance, une confrontation directe du résultat des mesures a lieu grâce à des prélèvements simultanés et des échanges d'échantillons. L'acquis de ce type de campagne est donc double :

- intercalibration in situ,
- recalage des données locales par rapport à l'ensemble de la masse d'eau littorale.

Trois campagnes de ce type se sont déroulées en 1983 (Manche), 1984 (Méditerranée), 1985 (golfe de Gascogne). On peut désormais considérer que, à terme, la surveillance des micropolluants dans la colonne d'eau pourrait être entièrement prise en charge lors de ce type de campagne avec une fréquence quinquennale, par exemple.

Enfin, dès 1985, une nouvelle stratégie de prélèvement pour la surveillance hydrobiologique dans l'eau a été mise en place, à la suite des premiers travaux de synthèse des résultats sur la période 1974-1984. Elle vise essentiellement la définition des stocks hivernaux et estivaux en éléments nutritifs. Ainsi, les campagnes se déroulent uniquement pendant ces périodes, et en moins grand nombre (2 à 5 sur l'année selon le site). D'un autre côté, le nombre de prélèvements par campagne est plus important, et ces prélèvements sont répartis de façon à couvrir l'échelle des salinités de façon plus satisfaisante que par le passé. Par ailleurs, seuls les paramètres essentiels et bien maîtrisés ont été conservés. Néanmoins ces campagnes peuvent toujours être l'occasion d'études ou de prélèvements d'échantillons particuliers (nouveaux polluants, eaux colorées,...).

3.1.2. Surveillance dans la matière vivante

La programmation de la surveillance dans la matière vivante a tout d'abord été orientée dans l'optique de l'objectif (c) des Conventions, c'est-à-dire la définition des niveaux de contamination. En effet, la présence quasi continue de coquillages le long du littoral fournit l'opportunité d'obtenir une ligne de base détaillée des teneurs en polluants.

Il a donc été établi une maille d'échantillonnage la plus serrée possible sur la ligne de côte, ce qui a représenté jusqu'à 126 stations différentes. Mais les coquillages utilisés (moules, coques, huîtres) représentent uniquement le proche littoral. Aussi des mesures dans les poissons, si possible sédentaires, et les crevettes ont été régulièrement programmées.

Si la mesure des polluants dans la matière vivante se pratique de façon notablement plus aisée que dans la colonne d'eau, ce compartiment pose des problèmes spécifiques non négligeables. Pour ce qui concerne les coquillages, il est clair que leur comportement vis-à-vis des polluants peut différer selon l'espèce et l'état physiologique de l'animal. De plus, il peut se produire un épuisement ou un déplacement du gisement. Quant aux poissons et aux crevettes, la difficulté réside dans la représentativité d'un échantillonnage vis-à-vis d'une zone en localisation et structure des populations. Depuis 1983, un ensemble de recommandations pour l'échantillonnage des coquillages et des poissons dans le cadre du programme conjoint des Conventions d'Oslo et de Paris a été proposé par le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer). Il a été décidé de l'appliquer dans la mesure du possible pour l'ensemble du programme RNO matière vivante. Si la mise en œuvre de ces recommandations ne pose pas de difficultés pour les coquillages, elle est beaucoup moins évidente pour les poissons (coût plus élevé du prélèvement, en particulier). Ce n'est qu'à partir de 1986 que l'on peut envisager de réaliser ce programme dans des conditions correctes.

3.1.3. Surveillance dans le sédiment

Le programme de surveillance dans le sédiment a été bâti dans le même esprit que pour la matière vivante. Tous les sites d'apports telluriques notables sur le littoral ont été répertoriés, et retenus ceux dont le débit moyen annuel minimum du fleuve y débouchant dépasse $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Une à trois campagnes de prélèvements de la couche de surface des sédiments ont été programmées et réalisées à intervalle de deux ou trois ans selon les sites. Là encore, les mesures réalisées étaient étroitement liées aux possibilités locales de prélèvement et d'analyse. Compte tenu du fait que la méthodologie de surveillance dans le sédiment posait de nombreuses questions, une certaine latitude était laissée aux participants d'appliquer leur propre conception.

Parallèlement, diverses actions ont eu lieu au plan international pour tenter d'harmoniser les points méthodologiques divergents (intercalibration, groupes de travail,...). En termes de programmation, les conclusions de ces actions conduisent à prévoir la mise en œuvre de carottier-boîte pour le prélèvement, de façon à avoir accès aux flux de polluants sur les dernières décennies dans les zones littorales de sédimentation. Compte tenu des contraintes de mise en œuvre des carottiers-boîtes, il est prévu de réaliser ce genre de prélèvement lors des campagnes INTERSITE. Toutefois, pour les zones de proximité littorale (ports, petits estuaires,...), le prélèvement de la couche superficielle du sédiment à l'aide d'une benne doit rester valable pour fournir une image de l'extension géographique de la contamination des fonds.

3.2. Fonctionnement

Conformément aux recommandations du GIPM, la mise en œuvre du RNO s'est appuyée sur l'infrastructure existante, déjà pourvues d'hommes, de moyens à la mer et de moyens d'analyse. Bien entendu, un renforcement de la compétence de certains laboratoires vers les analyses en milieu marin a été nécessaire. Les actions d'assurance de qualité des résultats y ont fortement contribué.

Le RNO fonctionne depuis quelques années sous un régime relativement stable, car il se rapproche de plus en plus de son état stationnaire optimum. La programmation annuelle est réalisée par le Centre IFREMER de Brest (Département Environnement Littoral - DERO/EL) en relation avec le Ministère de l'Environnement et les partenaires locaux, de façon à faciliter une adéquation éventuelle des objectifs nationaux de surveillance avec les actions ou les préoccupations régionales. C'est ainsi que certains paramètres ou stations peuvent être proposés par des instances locales telles que la Commission baie de Seine, le Secrétariat Permanent sur les Problèmes de Pollution Industrielle (SPPPI) du golfe de Fos...

La mise en œuvre des travaux de **surveillance dans la colonne d'eau** incombe quasi exclusivement aux Cellules départementales de lutte contre la pollution marine rattachées au Ministère de l'Environnement. Celles-ci, implantées dans les Services Maritimes des départements littoraux et ayant parmi leurs attributions l'exercice de la police des eaux, constituent le lieu idéal pour l'organisation matérielle des prélèvements et des analyses, mais aussi pour l'évolution de la programmation.

Les Cellules de Dunkerque, Le Havre, Rouen, Caen, Lorient, Nantes, Bordeaux, Marseille et Ajaccio ont actuellement la responsabilité de ces travaux de routine sur le domaine maritime qui relève de leur compétence. La rade de Brest et le site Villefranche-Monaco font seuls exception, où les travaux sont organisés respectivement par le Centre IFREMER de Brest et le Centre Scientifique de Monaco. Les laboratoires d'analyse qui participent toujours au prélèvement, quand ils n'en ont pas l'entière responsabilité d'exécution, sont les suivants :

- Institut Pasteur de Lille (Service des Eaux),
- Flandres Analyses à Dunkerque,
- Laboratoire Municipal de Rouen,
- Laboratoire Départemental de Caen,
- Laboratoire Municipal de Brest,
- Laboratoire d'Hygiène de Nantes,
- Laboratoire Municipal de Bordeaux,
- Faculté de Pharmacie de Marseille,
- Station Marine d'Endoume,
- Centre Scientifique de Monaco,
- Laboratoire Départemental d'Ajaccio.

Au nombre des laboratoires ayant aussi participé régulièrement aux travaux de surveillance dans la colonne d'eau, mais qui n'assurent plus d'activité de routine, il faut citer :

- a) des laboratoires universitaires :
 - Laboratoire d'Océanographie Chimique (Université de Bretagne Occidentale) à Brest,
 - Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (IGBA, Université de Bordeaux I),
 - Laboratoire de Chimie Appliquée à l'Expertise de Montpellier,
 - Laboratoire de Sédimentologie sous-marine de Perpignan,
 - Station Marine de Banyuls (Université Pierre et Marie Curie),
 - Station Marine de Villefranche-sur-Mer (Université de Paris VI),
- b) le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), laboratoire de Chimie du CEN (Centre d'Etudes Nucléaires) de Cadarache,
- c) le CERBOM (Centre d'Etudes et de Recherches de Biologie et d'Océanographie Médicale) à Nice,
- d) les laboratoires de l'ex-ISTPM de la Trinité, la Tremblade, Arcachon et Sète.

Pour ce qui concerne les travaux de **surveillance dans la matière vivante**, le fonctionnement n'a pas été le même. De 1978 à 1984, l'ensemble des prélèvements de coquillages, crevettes et poissons était confié aux laboratoires, stations et centres de l'ex-ISTPM, disposant d'une implantation répartie sur le littoral, en même temps qu'une parfaite connaissance du terrain. Après une étape de préparation des échantillons, ceux-ci étaient acheminés vers le laboratoire du Centre ISTPM de Nantes pour analyse. Depuis 1984, une partie des analyses est confiée à des laboratoires régionaux. Les échantillons collectés, préparés et expédiés comme ci-dessus par les agents locaux de l'IFREMER (Département technique Contrôle et Suivi des Ressources et de leur Utilisation ; CSRU) sont lyophilisés et broyés au Centre IFREMER de Nantes (Direction Environnement et Recherche Océanique, Département Milieu et Ressources ; DERO/MR). Ce sont des échantillons en poudre qui sont envoyés pour analyse aux laboratoires partenaires, l'Institut Pasteur à Lille, le Laboratoire Municipal de Rouen et la Faculté de Pharmacie de Marseille. Il est donc relativement aisé de prélever des portions aliquotes pour s'assurer du bon accord des résultats avec ceux du laboratoire de Nantes. Ce dernier prend aussi en charge la chaîne complète de prélèvement et d'analyse dans les poissons pour assurer le maximum de qualité à ce programme qui est encore en phase exploratoire.

Les travaux de **surveillance dans le sédiment** ont été organisés sur un schéma assez similaire aux travaux dans la colonne d'eau. Les Cellules anti-pollution de Dunkerque, Dieppe, Le Havre, St Malo, La Rochelle, Bordeaux, St Jean de Luz, Montpellier, Marseille et Ajaccio ont organisé les campagnes à la mer et les laboratoires habituels ont réalisé les analyses. Le Centre IFREMER de Brest pour la Bretagne, l'IGBA pour les Charentes et l'Aquitaine, la Station de Géodynamique de Villefranche-sur-Mer pour la côte d'Azur se sont chargés d'un ensemble de sites correspondant à une zone de compétence particulière liée à leurs propres travaux.

4. ASPECTS INTERNATIONAUX

Les **Conventions internationales** relatives à la prévention de la pollution marine diffèrent essentiellement par le domaine géographique d'application et l'origine de la pollution qu'elles entendent prévenir. Ainsi on peut distinguer des Conventions qui traitent de :

- la pollution due à des opérations ponctuelles délibérément effectuées par l'homme à partir de navires ou d'aéronefs (incinérations, immersions de déchets ou de déblais de dragages en mer),
- la pollution due aux apports telluriques, rejets directs par canalisations mais aussi apports multiples par les cours d'eau,
- la pollution relative aux transports maritimes : pollution opérationnelle et accidentelle des navires de commerce.

Nous examinerons plus spécifiquement ci-après les **conventions régionales** relatives aux deux premiers alinéas parce qu'elles concernent le milieu marin côtier et surtout parce qu'elles stipulent la nécessité de mettre sur pied des réseaux de surveillance continue.

Rappelons qu'existent par ailleurs au niveau mondial onze conventions ou accords relatifs à la pollution sous tous ses aspects (intervention en haute mer, sécurité en mer, responsabilité des dommages, indemnités). C'est l'OMI, Organisation Maritime Internationale, qui en est dépositaire. Deux d'entre elles sont particulièrement connues : la **Convention MARPOL 73/78** et ses annexes (I : Hydrocarbures, octobre 1983 ; II : Liquides nocifs en vrac, octobre 1985 ; III : Substances nuisibles en colis ; IV : Eaux usées ; V : Déchets) et la **Convention de Londres** sur les immersions du 29 décembre 1972 avec ses deux amendements (Incinération, 1978 ; Listes des substances, 1980). Mais aucune de ces conventions mondiales ne traite de la surveillance continue de la pollution marine.

4.1. Textes relatifs à la surveillance de la pollution marine

Trois Conventions internationales régionales ratifiées par la France sont relatives à la prévention de la pollution marine des eaux côtières, et mentionnent explicitement la nécessité de mettre sur pied des systèmes de surveillance continue de la pollution :

- la **Convention d'Oslo** du 15 février 1972 relative à la prévention de la pollution résultant des opérations d'immersions ou d'incinération en mer effectuées par les navires et aéronefs en Mer du Nord et dans l'Atlantique Nord-Est,
- la **Convention de Paris** du 21 février 1974 relative à la pollution d'origine tellurique en Mer du Nord et dans l'Atlantique Nord-Est,
- la **Convention de Barcelone** du 16 février 1976 pour la protection de la Méditerranée contre la pollution. Cette convention englobe quatre instruments juridiques dont deux sont entrés en vigueur en 1978 : le protocole relatif à la prévention de la pollution par les opérations d'immersion et le protocole relatif à la coopération en matière de lutte contre la pollution par hydrocarbures. Le **Protocole d'Athènes**, du 17 mai 1980, troisième instrument de la Convention de Barcelone, revêt une importance particulière pour la surveillance, car spécifique des sources de pollution tellurique.

Pour information, le quatrième protocole de Barcelone, signé début 1982, est relatif à l'extension des parcs et réserves marines.

Dans le tableau I on trouvera le libellé exact des articles des Conventions précitées traitant de la surveillance. Les dates de parution au Journal Officiel de la République Française sont indiquées.

De ces articles se dégagent un certain nombre de points communs parmi lesquels :

- la nécessité de programmes de surveillance complémentaires ou conjoints entre les différents pays signataires ("**Parties contractantes**"),
- l'évaluation des niveaux de pollution existants et l'efficacité des mesures prises à terre pour la réduction de la pollution d'origine tellurique,
- la référence aux organisations et institutions internationales compétentes.

4.2. **Polluants pris en compte pour la surveillance : listes noires, listes grises**

D'une manière générale ces Conventions internationales adoptent une approche similaire. Les substances polluantes sont définies en fonction de trois critères : **toxicité, persistance et tendance à la bioaccumulation** ; elles sont regroupées sous forme de listes annexées aux Conventions.

On distingue deux types de listes :

- Les **listes noires**. Ces substances sont interdites à l'immersion. Par ailleurs elles doivent être éliminées des apports telluriques.
- Les **listes grises**. L'immersion de ces substances est autorisée sous certaines conditions. Par ailleurs leur présence dans les rejets d'origine tellurique doit être sévèrement limitée.

Une comparaison des contenus de ces listes annexées aux Conventions a été réalisée dans les tableaux II et III. On note que certaines substances sont communes à toutes les Conventions :

- En **listes noires** : composés organohalogénés, mercure et ses composés, cadmium et ses composés, plastiques et autres matériaux persistants.
- En **listes grises** : plomb, cuivre, zinc, arsenic et leurs composés.

Certaines substances sont classées différemment selon les Conventions : par exemple, les composés organo-siliciés sont classés en liste noire (Oslo et Barcelone) ou en liste grise (Paris et Athènes).

Enfin, certaines substances ne sont retenues que dans une seule Convention. On notera à cet égard une certaine inflation du nombre des substances au fur et à mesure des dates de signature des Conventions, le record étant atteint par le Protocole d'Athènes.

Dans le cadre de ces Conventions ont été créés divers groupes techniques dont certains spécialisés dans la surveillance. Ces derniers ont eu la charge de sélectionner les paramètres et les méthodologies de surveillance en fonction des compartiments du milieu marin.

Pour les **Conventions d'Oslo et de Paris** un secrétariat permanent situé à LONDRES assure pour les Commissions d'Oslo et de Paris l'organisation des réunions techniques. Il s'appuie pour la mise en place du **Programme Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus (PCCSC)** sur un groupe technique spécifique conjoint aux deux conventions : le Groupe Conjoint pour le Contrôle et la Surveillance Continus (GCCSC). Au plan scientifique ce groupe fait appel au Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) pour étudier les problèmes liés à la surveillance : choix des méthodologies, comparaison inter-laboratoires,...

Pour la Convention de **Barcelone** et le protocole d'**Athènes**, c'est le PNUE, Programme des Nations-Unies pour l'Environnement, par le biais de son unité de coordination du Plan d'Action pour la Méditerranée, qui assure les fonctions de Secrétariat. Le volet scientifique du programme de surveillance à long terme s'intitule MED POL Phase II. L'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) est sollicitée pour organiser dans ce cadre des exercices de comparabilité inter-laboratoires.

Les résultats du RNO intéressant ces Conventions sont transmis chaque année par le Ministère de l'Environnement aux secrétariats de LONDRES et d'ATHENES pour y être évalués avec ceux des autres parties contractantes. En parallèle, des laboratoires français du RNO sont désignés pour participer aux exercices internationaux d'intercalibration.

Compte tenu de leur ancienneté et de l'imbrication des problèmes de pollution marine des pays européens riverains de la mer du Nord et de l'Atlantique Nord-Est, les Conventions d'Oslo et de Paris ont significativement perfectionné les mesures de surveillance, les échanges d'information et l'harmonisation des points de vue en particulier pour évaluer les données. Certains résultats marquants seront développés ci-après.

TABEAU I : La surveillance du milieu marin dans les conventions internationales.

<p>CONVENTION D'OSLO. Décret n° 74.494 du 17 mai 1974. J.O. du 21 mai 1974.</p> <p style="text-align: center;">Article 13</p> <p><i>Les Parties contractantes conviennent de mettre sur pied, en coopération avec les organisations et institutions internationales compétentes, des programmes complémentaires ou conjoints pour le contrôle et la surveillance continus de l'évolution et des effets des polluants dans la zone d'application de la présente Convention.</i></p>
<p>CONVENTION DE PARIS. Décret n° 78.605 du 3 mai 1978. J.O. du 24 mai 1978.</p> <p style="text-align: center;">Article 11</p> <p><i>Les Parties contractantes conviennent de mettre progressivement en place et d'exploiter dans la zone d'application de la présente Convention un réseau d'observation permanente de paramètres permettant :</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>d'apprécier le niveau existant de la pollution marine aussi rapidement que possible,</i>- <i>de vérifier l'efficacité des mesures de réduction de la pollution marine d'origine tellurique, prises en application de la Convention.</i> <p><i>- A cette fin, les Parties contractantes arrêtent les modalités pratiques des programmes de surveillance systématique et occasionnelle assurés individuellement ou en commun. Ces programmes tiendront compte de la présence dans la zone de surveillance de navires de recherche et d'autres équipements.</i></p> <p><i>Les programmes tiendront compte des programmes analogues poursuivis dans le cadre des Conventions déjà en vigueur et par les organisations et institutions internationales compétentes.</i></p>
<p>CONVENTION DE BARCELONE. Décret n° 78.1000 du 29 septembre 1978. J.O. du 10 octobre 1978.</p> <p style="text-align: center;">Article 10</p> <p style="text-align: center;"><i>Surveillance continue de la pollution</i></p> <p><i>1. Les Parties contractantes s'efforcent d'instaurer, en étroite coopération avec les organismes internationaux qu'elles considèrent comme qualifiés, des programmes complémentaires ou communs de surveillance continue de la pollution dans la zone de la mer Méditerranée, y compris, le cas échéant, des programmes bilatéraux ou multilatéraux, et s'efforcent d'instituer dans cette zone un système de surveillance continue de la pollution.</i></p> <p><i>2. A cette fin, les Parties contractantes désignent les autorités chargées d'assurer la surveillance continue de la pollution dans les zones relevant de leur juridiction nationale et participent, autant que faire se peut, à des arrangements internationaux sur la surveillance continue de la pollution dans les zones situées au-delà des limites de leur juridiction nationale.</i></p> <p><i>3. Les Parties contractantes s'engagent à coopérer pour élaborer, adopter et mettre en œuvre les annexes à la présente Convention qui peuvent être requises pour prescrire des procédures et des normes en vue de la surveillance continue de la pollution.</i></p>
<p>PROTOCOLE D'ATHÈNES. J.O. Lois et Décrets du 22 janvier 1985.</p> <p style="text-align: center;">Article 8</p> <p><i>Dans le cadre des dispositions et des programmes de surveillance continue prévus à l'article 10 de la Convention de Barcelone, et au besoin en collaboration avec les organisations internationales compétentes, les Parties entreprennent le plus tôt possible des activités de surveillance continue ayant pour objet :</i></p> <ul style="list-style-type: none">a) <i>d'évaluer systématiquement, dans toute la mesure du possible, les niveaux de pollution le long de leurs côtes, notamment en ce qui concerne les substances ou sources énumérées aux annexes I et II, et de fournir périodiquement des renseignements à ce sujet,</i>b) <i>d'évaluer les effets des mesures prises, en application du présent Protocole, pour réduire la pollution du milieu marin.</i>

TABLEAU II : Conventions internationales - Listes noires.

SUBSTANCES	OSLO (1972)	PARIS (1974)	BARCELONE (1976)	ATHÈNES (1980)
	Article 5	Article 4a	Protocole immersion Article 4	Article 5
- Composés organo-halogénés et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés	X (1)	X (1)	X (1)	X (1)
- Mercure et composés du mercure .	X (4)	X (2)	X (3)	X (4)
- Cadmium et composés du cadmium .	X (5)	X (3)	X (4)	X (5)
- Matières synthétiques persistantes qui flottent, coulent	X (6)	X (4)	X (5)	X (7)
- Composés organosiliciés et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés	X (2)	-	X (2)	-
- Substances susceptibles d'être cancérogènes (libellés différents) . .	X (3)	-	-	X (8)
- Huiles et hydrocarbures pétroliers persistants (libellés différents)	-	X (5)	X (6)	X (6)
- Déchets et autres matières radioactives définis par l'AIEA (libellés différents).	-	-	X (7)	X (9)
- Composés acides et basiques	-	-	X (8)	-
- Matières produites pour la guerre biologique et chimique	-	-	X (9)	-
- Composés organo-phosphorés et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés	-	-	-	X (2)
- Composés organo-stanniques et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés	-	-	-	X (3)

() : Numéro d'ordre existant dans la liste noire de la Convention.

TABLEAU III : Conventions internationales - Listes grises.

SUBSTANCES	OSLO (1972)	PARIS (1974)	BARCELONE (1976)	ATHÈNES (1980)
	Article 6	Article 4b	Protocole immersion Article 4	Article 6
- Arsenic, plomb, cuivre, zinc, et leurs composés	X (1 a)	X (4)	X (1 i)	X (1)
- Nickel, chrome et leurs composés .	-	X (4)	X (1 i)	X (1)
- Cyanure et fluorures	X (1 a)	-	X (1 ii)	X (5)
- Béryllium, vanadium, sélénium, antimoine et leurs composés	-	-	X (1 i)	X (1)
- Pesticides et leurs dérivés non visés dans la liste noire	X (1 a)	-	X (1 iii)	X (2)
- Substances non toxiques par nature mais pouvant gêner l'utilisation de la mer en raison des quantités rejetées .	X (1 c)	-	X (4)	X (13)
- Substances chimiques autres que celles de la liste noire ayant un effet nuisible sur le goût et l'odeur des produits de consommation . . .	-	X (5)	X (1 iv)	X (10)
- Conteneurs, ferraille et autres déchets volumineux	X (1 b)	-	X (3)	-
- Composés acides ou basiques en grandes quantités (libellés différents)	X (3)	-	X (2 i) (2 ii)	X (12)
- Composés organiques du phosphore et de l'étain et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés.	-	X (1)	-	-
- Phosphore élémentaire	-	X (2)	-	-
- Huiles et hydrocarbures pétroliers non persistants (libellés différents)	-	X (3)	-	-
- Déchets radioactifs et autres matières radioactives non comprises dans les listes noires selon les recommandations de l'AIEA	-	-	X (5)	-
- Molybdène, titane, étain, baryum, bore, uranium, cobalt, thallium, tellure, argent	-	-	-	X (1)
- Composés organo-siliciés et substances qui peuvent donner naissance à de tels composés	-	X (1)	-	X (6)
- Détergents et substances tensio- actives non biodégradables	-	-	-	X (6)
- Composés inorganiques du phosphore et phosphore élémentaire	-	-	-	X (7)
- Micro-organismes pathogènes	-	-	-	X (8)
- Rejets thermiques	-	-	-	X (9)
- Substances exerçant une influence défavorable directement ou indirectement sur la teneur en oxygène, spécialement celles qui peuvent être à l'origine de phénomènes d'eutrophisation	-	-	-	X (11)

() : Numéro d'ordre existant dans la liste grise de la Convention.

4.3. Quelques résultats du Programme Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus

Le Programme Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus (PCCSC) a été décidé pour couvrir les besoins des Conventions d'Oslo et de Paris. Il est basé sur les programmes nationaux de surveillance continue des Parties contractantes. Jusqu'à maintenant les travaux ont été limités au mercure, au cadmium et aux polychlorobiphényles (PCB) dans certains organismes marins et au mercure et au cadmium dans l'eau de mer.

Les pays signataires ont désigné en tout 64 zones assurant une large couverture des côtes de la mer du Nord et de l'Atlantique Nord-Est. Les six zones françaises désignées appartiennent au programme RNO. A chaque zone est attribué un objectif pour la surveillance :

Objectif (a) : Evaluation des risques éventuels pour la santé de l'homme,

- zone Marennes-Oléron (PCCSC n° 51),
- zone Arcachon (PCCSC n° 53).

Objectif (c) : Evaluation du niveau de pollution marine existant,

- zone rade de Brest (PCCSC n° 11),
- zone estuaire de Loire (PCCSC n° 50),
- zone estuaire de Gironde (PCCSC n° 52).

Objectif (d) : Evaluation de l'efficacité des mesures prises à terre en vue de diminuer la pollution,

- zone baie de Seine (PCCSC n° 10).

Depuis 1984, le CIEM a entrepris de compiler les résultats du PCCSC provenant des divers pays sur son ordinateur à Copenhague.

Pour les objectifs (a), (c) et (d) existent des **lignes directrices pour l'échantillonnage** et le pré-traitement des échantillons de matière vivante. Ces procédures élaborées par le CIEM ont été adoptées par les Conventions. Enfin la participation des laboratoires d'analyses à des exercices internationaux d'intercalibration a rendu plus fiable la comparaison des résultats recueillis.

On conçoit tout l'intérêt de pouvoir confronter ses propres résultats de surveillance continue à ceux obtenus dans des pays voisins, d'autant qu'il n'existe pas de norme universelle de qualité pour le milieu marin en regard des différents usages.

Ainsi les données de surveillance du PCCSC ont-elles été évaluées par rapport à des échelles de concentrations établissant des divisions : niveau faible, niveau moyen, niveau fort. Le tableau IV fournit ces niveaux en polluants (cadmium, mercure, PCB) dans certains organismes marins. Ces divisions sont établies pour des besoins purement descriptifs. Elles ne visent pas à indiquer quels niveaux sont à considérer ou non comme acceptables. Dans plusieurs cas, les niveaux dits "inférieurs" sont élevés si on les compare aux niveaux du large océanique.

Les évaluations des résultats du PCCSC réalisées grâce à cette grille mettent clairement en évidence plusieurs zones dans lesquelles les niveaux de la pollution sont relativement élevés, soit dans les organismes marins, soit dans l'eau, soit encore dans ces deux compartiments ; d'après les rapports annuels des Commissions d'Oslo et de Paris, on peut retenir :

- pollution par le mercure (estuaire du Forth, estuaire de la Mersey, Sorfjord, fjord de Hardanger, Escaut, estuaire du Tage, Aveiro et Faro),
- pollution par le cadmium (Escaut occidental, estuaire du Severn, estuaire de la Mersey, Sorfjord, fjord de Hardanger, Gironde et estuaire de la Loire),
- pollution par les PCB (Escaut occidental, Gironde, Loire, Marennes-Oléron, baie de Seine, German Bight, côte belge, Southern Bight de la Mer du Nord).

TABEAU IV : Evaluation des concentrations en polluants dans certains organismes marins. (Londres, 3-6 décembre 1984 - Oslo, 22-25 janvier 1985).

Niveaux	CRUSTACÉS (crevette grise)	MOLLUSQUES	POISSONS	
			Chair	Foie
CADMIUM				
Inférieur	< 0,02 (2)	Moule < 2 (1)		
Moyen	0,02 < - < 0,10 (2)	2 < - < 5 (1)		
Supérieur	> 0,10 (2)	> 5 (1)		
Inférieur		Huitre < 8		
Moyen		8 < - < 20		
Supérieur		> 20		
MERCURE				
Inférieur	< 0,1 (1) < 0,5 (2)	Moule < 0,6 (1) < 0,1 (2)	< 0,1 (2)	
Moyen	0,1 < - < 0,3 (1) 0,5 < - < 1,0 (2)	0,6 < - < 1 (1) 0,1 < - < 0,3 (2)	0,1 < - < 0,3 (2)	
Supérieur	> 0,3 (1) > 1,0 (2)	> 1 (1) > 0,3 (2)	> 1,0 (1) > 0,3 (2)	
PCB				
Inférieur	< 0,01 (2)	Moule < 0,02 (2)	< 0,01 (2)	Flet < 0,5 (2)
Moyen	0,01 < - < 0,05 (2)	0,02 < - < 0,10 (2)	0,01 < - < 0,05 (2)	0,5 < - < 1,0 (2)
Supérieur	> 0,05 (2)	> 0,10 (2)	> 0,05 (2)	> 1,0 (2)
Inférieur				Morue < 2 (2)
Moyen				2 < - < 5 (2)
Supérieur				> 5 (2)

(1) mg / kg de poids sec,
(2) mg / kg de poids humide.

Remarque :

Ces échelles de concentrations ont été avalisées par le Groupe Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus des Conventions d'Oslo et de Paris. Ces divisions sont établies pour des besoins purement descriptifs. Elles ne visent pas à indiquer quels niveaux sont à considérer ou non comme acceptables. Dans plusieurs cas, les niveaux dits "inférieurs" sont élevés si on les compare aux niveaux de pleine mer.

Toutefois, à l'exception des teneurs en cadmium dans le Sorfjord, du fjord d'Hardanger et de l'Escaut occidental, aucune des concentrations en polluants mesurées dans les organismes marins ne donne lieu à préoccupation sur le plan de leur impact éventuel sur la santé de l'homme, quoique dans l'un des cas (Hg dans la baie de Liverpool), les teneurs dans la chair du poisson soient proches de la norme convenue pour la qualité de l'environnement (0,3 mg / kg). Cette norme de 0,3 mg / kg de mercure dans la chair humide de poisson a été adoptée par la Commission de Paris en tant que **norme d'environnement**. Elle doit être respectée par les pays ayant opté pour une politique de réduction des apports en mercure par la démarche des OQE (Objectifs de Qualité des Eaux). Elle s'applique aux zones de la Convention où ont lieu des rejets de mercure, en particulier dus à l'industrie des chlorures alcalins.

Concernant l'évaluation des résultats de surveillance dans l'optique de la **protection de la santé humaine**, force est de reconnaître une grande hétérogénéité des valeurs utilisées dans les divers pays. Le tableau V en donne un aperçu. Toute tentative de normalisation est en l'état illusoire et n'est sans doute pas souhaitable : les régimes alimentaires varient d'un pays à l'autre et les hygiénistes doivent préalablement se prononcer sur des normes de santé publique telles que les seuils provisoires d'absorption hebdomadaire tolérable proposé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Par ailleurs, dans le cadre de ces travaux internationaux, on juge les **données d'apports** au milieu marin nécessaires pour évaluer les résultats de la surveillance continue visant les objectifs (c) et (d). On entend par apports les rejets directs par tuyaux, par immersions et surtout par les fleuves, sujet particulièrement difficile. On donne à titre indicatif dans le tableau VI les apports par quelques fleuves européens calculés par des méthodes différentes, selon les pays. Une étude pilote vient d'être lancée avec la participation des pays signataires de la Convention de Paris pour que puissent être comparées et éventuellement harmonisées les méthodes d'estimation des apports fluviaux. Ce mouvement d'acquisition des connaissances sur les flux sera suivi parallèlement en France d'une réflexion approfondie pour évaluer ce type d'information qui fait notablement défaut.

Toutes ces actions d'échanges entre pays de même niveau de développement industriel sont souvent difficiles. Mais on doit reconnaître que l'évaluation conjointe des résultats de surveillance, ou l'harmonisation des méthodologies de prélèvement, ou encore les calibrations internationales des laboratoires,... se révèlent des travaux particulièrement fructueux et indispensables à une bonne prévention des pollutions marines au sens le plus large. La France, par le biais de son Réseau National d'Observation y maintient une participation active.

TABLEAU V : Valeurs indicatives relatives aux polluants dans les produits alimentaires marins (toutes valeurs exprimées en mg / kg de poids humide).

Pays	Substance		
	CADMIUM	MERCURE	PCB
DK (1)	Foie de poisson 0,5 "Niveau d'alerte" Poisson et produits de poisson . 0,05 Crustacés et mollusques 0,5	Poisson et produits de poisson . 0,3 Flet, thon, morue 0,5 Anguille, flétan, lamie long-nez + poisson d'eau douce 1,0 "Niveau d'alerte" Crustacés et mollusques 0,3	
F		Poisson (officieux) 0,7	
D (2)	0,1	0,5	1
IRL (3)	(aucune base juridique) 0,3	Chair de poisson	
NL (4)	Mollusques 1 Poisson 0,05 Crustacés 0,3	Tous aliments d'origine marine . . 1	Normes différentes pour 7 PCB
N (5)	0,3 à 0,5	0,3 à 0,5	
S		Poisson 1	Poisson 2
GB (6)		Moyenne de l'échantillon de poisson homogénéisé 0,3	"Niveau d'alerte" Foie de poisson...5

Certaines de ces teneurs maximales "autorisées" ont pu être calculées à partir des recommandations de l'OMS sur les Seuils Provisoires d'Absorption Hebdomadaire Tolérable, à savoir : cadmium 0,4 mg / semaine, mercure 0,3 mg / semaine, mercure méthylique 0,2 mg / semaine.

Notes :

- (1) Danemark : Valeurs d'orientation jusqu'au 01/04/87, définitives après cette date. Il est interdit d'importer des produits alimentaires marins quand ces standards sont dépassés. Si les niveaux d'alerte sont atteints, les résultats sont transmis à l'Institut National de l'Alimentation (JMG 10/5/5).
- (2) République Fédérale Allemande : Valeurs indicatives pour les métaux lourds et teneurs maximales tolérées pour les PCB. Les valeurs sont encore débattues à l'heure actuelle.
- (3) Irlande : Cette valeur est une valeur guide mais non un standard de santé publique.
- (4) Pays-Bas : Pour chacun des 7 congénères de PCB, une teneur légale maximale autorisée est fixée pour les divers types de produits du poisson (JMG 10/5/4 et JMG 11/3/2) :

Produits marins	Valeurs maximales en mg / kg Congénères de PCB						
	CB 28	CB 52	CB 101	CB 118	CB 138	CB 153	CB 180
Foie de poisson	1,50	0,60	1,20	1,20	1,50	1,50	2,0
Anguille	0,50	0,20	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60
Maquereau et hareng	0,30	0,12	0,24	0,24	0,30	0,30	0,36
Autres poissons	0,10	0,04	0,08	0,08	0,10	0,10	0,12

- (5) Norvège : Ce ne sont pas là des normes adoptées, mais les teneurs en polluants à partir desquelles les autorités norvégiennes de la santé peuvent limiter la consommation.
- (6) Royaume-Uni : la valeur utilisée pour le mercure est celle agréée par la Commission de Paris et la CEE comme norme d'environnement, c'est-à-dire 0,3 mg / kg de mercure dans la chair humide de poisson. Cette valeur ne peut être formellement considérée comme standard de protection de la santé. Il n'y a pas au Royaume-Uni de limites officielles de concentrations acceptables en mercure dans les aliments. Toutefois sur les produits importés les Autorités Sanitaires Portuaires pourraient appliquer les valeurs utilisées par les pays dont les produits sont originaires. Il n'y a pas de limite officielle pour les PCB dans le poisson, mais si des niveaux d'alerte de l'ordre de 5 mg / kg dans le foie sont atteints le Département des Pêches peut en rechercher l'origine.

TABLEAU VI : Apports par quelques fleuves européens
(valeurs non publiées, à usage des groupes de travail des Conventions d'Oslo et de Paris).

Pays	Fleuves	Débit (1000 m ³ /j)		Apports par les fleuves			Référence
		Moyen	Mini Maxi	PCB kg / an	Cd t / an	Hg t / an	
D	Elbe	54 060	31 400 86 400	180	9,5	7,3	1
	Weser	31 200	12 400 102 000	730	4,4	1,1	1
	Ems	8 800	1 700 32 700	370	0,7	0,4	1
NL	Rhin (côte delta nord)	213 000	74 000 680 000	360	13,8	3,9	1
	Escaut (estuaire ouest)	13 030	3 700 37 500	60	6,9 *	0,9 *	1
B				* Les apports de la Belgique à la frontière belgo-néerlandaise de l'Escaut (5,8 t Cd et 0,77 t Hg) sont inclus ci-dessus.			2
GB	Tyne	4 400	—	0-8	1, 3-1, 7	0-1, 6	3
	Humber	25 570	—	0-47	7, 9-9, 3	1, 5-2, 2	3
	Thames	6 850	—	0-12	1, 9-2, 5	0,07-1,1	3
	Severn	11 300	—	0-20	0, 9-1, 4	0-0, 8	3
	Mersey	6 850	—	0-13	0,5-1,8	4, 6-47	3
F		Données non transmises au Secrétariat des Conventions d'Oslo et de Paris					
	Seine	37 100		235-430			4
	Loire	95 000		60-110			4
	Gironde	69 100		25-50			4

N.B. : outre ces estimations d'apports par les fleuves, certains pays fournissent également des valeurs pour les apports directs (effluents urbains, boues d'épuration, rejets industriels).

Références :

1. Document de travail JMG 11/2/1-C
2. Document de travail JMG 10/2/2-F
3. Document de travail JMG 9/2/2-F
4. Volume III du présent ouvrage.

II - GESTION DES RÉSULTATS

M. JOANNY et M. CHAUSSEPIED

1. ARCHIVAGE INFORMATIQUE

Dès la mise en route du RNO, il a été décidé qu'une gestion informatique des données était indispensable et que cette gestion serait centralisée au Bureau National des Données Océaniques (BNDO) de Brest. Ces recommandations du rapport du GIPM devaient permettre aisément une "fourniture des données élaborées aux Administrations responsables qui auront à les exploiter afin de mettre en œuvre les dispositions correspondantes".

Entre 1974 et 1983, plus de 500 000 mesures sur les paramètres principaux ont été archivées (tableau VII). Mais compte tenu des paramètres descriptifs (numéros de station, coordonnées, météorologie, etc.) et de divers paramètres particuliers, ce sont près de 3 millions d'informations élémentaires qui composent les fichiers RNO sur cette période (environ 12 000 K octets).

Le BNDO assure l'archivage de cette information, mais aussi le traitement et l'édition de données pour le compte de la coordination du RNO. Il fournit aussi, à la demande de ses partenaires ou du public, des données ou des traitements ponctuels.

Le système informatique mis en place en 1974 s'est largement inspiré de la banque de données d'océanographie qui existait déjà. Mais, au contraire de celle-ci, il devait être évolutif et permettre de s'adapter facilement aux changements qui se produiraient au fur et à mesure que les connaissances sur l'environnement littoral seraient acquises. Ce système présentait l'originalité d'être "auto-descriptif" : chaque série de mesures contenait, d'une part, la description des paramètres mesurés, ses unités, ses méthodes de mesures, etc., et d'autre part, les valeurs mesurées. Il était donc possible sans nécessiter aucune programmation, de changer d'un mois sur l'autre les paramètres mesurés ou la méthode de mesure.

Par contre, ce choix impliquait de développer toute la chaîne de traitement en aval et en amont, car aucun produit commercialisé ne pouvait répondre à la complexité du système. Plus de 90 programmes, représentant quelques 75 000 lignes de programme, ont été mis en place par le BNDO. Ce système a parfaitement rempli son rôle pendant les dix années passées.

TABLEAU VII : RNO 1974-1983, nombre total de mesures des paramètres principaux (1)
(hors paramètres descriptifs et météorologie).

Compartiment	Nb stations (Nb sites)	Nb mesures
HYDROLOGIE		
- Cycles naturels	plus de 90	372 571
- Polluants	(18)	80 128
MATIÈRE VIVANTE (1979-1983)	126 (40)	23 818
SÉDIMENT	768 (36)	26 535

(1) – pour l'hydrologie : T, S, pH, O₂, turbidité, MeS, sels nutritifs, chlorophylle, carbone organique, détergents, hydrocarbures, Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, lindane, HCH, dieldrine, DDT, DDD, DDE, PCB,

– pour la matière vivante : % matière sèche, % matière grasse, PCB, DDT, DDD, DDE, HCH, Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, hydrocarbures aromatiques totaux,

– pour le sédiment : granulométrie sommaire, matière organique, calcimétrie et polluants comme pour la matière vivante.

Aujourd'hui que les enseignements tirés de ces dix années conduisent à une redéfinition des contrôles de surveillance, il est naturel que le système de gestion soit aussi redéfini. Par ailleurs, l'informatique a évolué considérablement : puissance du matériel, développement de la télématique...

Le nouveau système, mis en place en 1985, répond à des objectifs actualisés :

- a) Utilisation d'un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) commercialisé pour la gestion des données. Désormais l'effort de programmation pourra être mis sur les produits, et non sur la mise à jour de la gestion pour répondre aux évolutions de la technique, comme cela était le cas ces dernières années.
- b) Mise en ligne des données pour permettre une plus large diffusion au sein de la communauté scientifique, en assurant :
 - la possibilité de l'interrogation à distance de la base de données en utilisant le langage d'interrogation (MISTRAL) des autres bases et banques de données de l'IFREMER.
 - la possibilité d'avoir directement au terminal des traitements de ces données avec un nouveau logiciel interactif (OCEANOCALC) mis en place par le BNDO. Ce logiciel permet, à partir d'un terminal, de réaliser des éditions, des statistiques, ou même des produits graphiques.
 - la possibilité, à moyen terme, pour les partenaires du RNO, de réaliser la saisie informatique de leurs données, et donc le traitement immédiat de l'information.

Déjà se prépare, avec la mise en place d'un système d'exploitation et de logiciels associés plus performants, une base de données améliorée qui permettra la mise en communication réelle des informations du RNO avec celles du fichier des eaux de surface, de la météo, etc. Enfin, il faut noter que l'IFREMER possède maintenant, grâce à l'expérience RNO, une avance certaine dans le domaine de la gestion et du traitement des données d'environnement littoral, déjà valorisée auprès de la communauté internationale.

2. DIFFUSION ET UTILISATION

2.1. Diffusion des données

2.1.1. Diffusion systématique

A la demande du Ministère de l'Environnement, les données acquises par le RNO ont été systématiquement mises à la disposition des administrations intéressées dans les délais les plus courts possibles. Les diverses formes d'édition de données ont été tirées à environ 450 exemplaires et routées aux destinataires suivants :

- a) Services administratifs :
 - Administration centrale : Ministère de l'Intérieur, de l'Agriculture, de la Santé, de la Défense, de la Mer, de l'Urbanisme et du Logement, des Relations Extérieures.
 - Services départementaux et régionaux : Préfecture, DDE, DDA, DDASS des 26 départements littoraux, Comités techniques de l'Eau, Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux, DRE, DII, Délégations Régionales à l'Architecture et à l'Environnement des 11 régions littorales, Agences de Bassin.
- b) Organismes techniques tels que le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'ORSTOM, l'Institut Océanographique, l'IFP, le BRGM, l'IRCHA, les Laboratoires Centraux des Ponts et Chaussées, les Centres d'Études Techniques et laboratoires régionaux de l'Équipement.
- c) Partenaires du RNO et autres organismes ou particuliers (chercheurs, bureaux d'étude).
- d) Plus de 15 destinataires étrangers.

Ces publications ont pris essentiellement trois formes :

- L'édition des résultats bruts de la surveillance dans la colonne d'eau à un rythme annuel de l'année 1974 (groupée avec 1975) jusqu'à 1983 incluse, dénommée "Recueil des Observations".
- L'édition de résultats sous forme de graphiques ou de statistiques pour la colonne d'eau, sous forme brute pour la matière vivante et le sédiment, accompagnée d'un article d'intérêt général, tels que synthèses ou résultats d'intercalibrations, et d'une revue documentaire. Ce "bulletin trimestriel" couvre la période du 1er trimestre 1976 jusqu'au 4ème trimestre 1978.
- Une édition du même type que ci-dessus, dénommée "Bulletin du RNO", mais réalisée à un rythme semestriel, sur la période du 1er septembre 1979 jusqu'au 2ème semestre 1983.

Cette édition systématique est appelée à prendre une forme un peu différente, avec les nouvelles possibilités d'accès aux données offertes par les développements informatiques. Par ailleurs, il sera possible de présenter les résultats par rapports à des valeurs repères qu'il est maintenant plus aisé de définir que par le passé.

2.1.2. Diffusions spécialisées

Les données du RNO ont déjà fait l'objet de deux présentations synthétiques, diffusées de la même façon que les publications systématiques. En septembre 1978, une "Première synthèse des travaux de surveillance 1975-1977" faisait le point sur les résultats dans la colonne d'eau par le biais de la présentation des valeurs moyennes observées, ainsi que d'après les conclusions de rapports d'interprétation locale des résultats réalisés par divers organismes compétents.

En avril 1982, une "Synthèse des travaux de surveillance 1975-1979" proposait des valeurs repères pour la qualité du milieu, les paramètres étant présentés dans le cadre d'entités géographiques appelées "Façades RNO", au nombre de huit pour le littoral français. Chaque façade faisait l'objet d'une description approfondie de ses caractères morphologiques, courantologiques et hydrologiques. Pour les polluants, une présentation simultanée des résultats pour l'eau, la matière vivante et le sédiment donnait une première image des niveaux comparés pour ces trois compartiments. Cette synthèse a été l'occasion, en mai-juin 1982, d'un vaste débat autour du RNO. Sur chacune des huit façades RNO, une réunion des partenaires du RNO et des représentants d'organismes divers intéressés par son fonctionnement a été organisée.

Ces différentes réunions ont été un lieu de rencontres et de contacts où les discussions se sont développées librement entre des partenaires qui n'ont pas toujours le loisir ou l'opportunité de le faire. Elles ont aussi constitué une étape supplémentaire dans l'évolution des programmes du RNO.

2.2. Utilisation des données

Les données du RNO ont déjà fait l'objet de nombreuses utilisations dont le relevé exhaustif n'a pas ici lieu d'être. Il est toutefois intéressant de signaler à quels types de besoins elles ont pu répondre :

- a) La **Cellule de Coordination** du RNO, à Brest ou à Nantes, fait une utilisation régulière des données archivées à l'occasion des présentations synthétiques ou de la préparation des programmes de surveillance.
- b) Le **Ministère de l'Environnement** fait appel aux données archivées principalement à deux occasions : fourniture des résultats de surveillance aux conventions internationales et publication du document annuel "État de l'Environnement".
- c) Dans le cadre d'**études à caractère scientifique** d'océanographie côtière, les données du RNO ont servi dans le domaine de la télédétection, à titre de vérité terrain, principalement avec les paramètres température, salinité, chlorophylle, et dans le domaine de la biologie pour le calage de modèles, des études sur les eaux colorées, ou la productivité des bassins conchylicoles (Marennes) avec les paramètres température, salinité, sels nutritifs...
- d) Plus généralement, des **utilisations ponctuelles** des données ont intéressé des domaines très divers comme :
 - études d'impact,
 - aquaculture, pêche,
 - comptes du patrimoine,
 - tourisme,
 - études épidémiologiques,
 - essais technologiques,
 - études à caractère local ou régional sur des problèmes de pollution marine.

Les utilisateurs formulant ces demandes peuvent être des Cellules Antipollution du Ministère de l'Environnement, des bureaux d'études, des organismes publics (BRGM, EDF), des commissions spécialisées de l'administration (baie de Seine, golfe de Fos, baie de Vilaine, région Nord-Pas de Calais), des syndicats de pêcheurs ou des particuliers.

3. ASSURANCE DE QUALITÉ DES MESURES

Pour dresser un état de pollution, comme pour suivre l'évolution de la qualité du milieu naturel, il est impératif de s'appuyer sur des résultats fiables, c'est-à-dire reproductibles et justes. Ces deux exigences complémentaires visent tout à la fois une interprétation optimale des variations temporelles et spatiales et la comparaison des résultats avec ceux obtenus dans le cadre de programmes similaires, en particulier au plan international.

3.1. Contrôles de fiabilité des résultats du RNO

Comme on le précisera ci-après, les difficultés rencontrées pour suivre et mettre en pratique les résultats des développements méthodologiques sont grandes, particulièrement pour les analyses chimiques en milieu marin : durant cette dernière décennie, des progrès immenses ont été réalisés dans tous les pays.

A titre d'exemple, la nécessité de mesurer de très faibles niveaux de concentration en toxiques dans l'eau de mer a déclenché un processus d'amélioration des méthodologies analytiques pour abaisser les seuils de détection, processus qui a lui-même révélé au fur et à mesure l'importance des étapes pré-analytiques comme sources d'erreurs importantes. Les étapes préliminaires à l'analyse telles que le prélèvement, le conditionnement, les pré-traitements, ... font depuis peu l'objet de travaux d'intercomparaison et d'harmonisation au plan international.

Comme conséquence de cette évolution rapide des connaissances, certains résultats existants dans la littérature scientifique internationale démontrent que les concentrations océaniques sont dix à cent fois inférieures aux estimations des années 1970 (COSSA, 1987). A fortiori certains résultats issus de programmes d'application comme la surveillance n'apparaissent pas garantis au plan de la justesse et ce d'autant plus qu'ils ont été acquis dans les premières années de surveillance. Dans certains cas, des différences de niveaux de concentration en métaux dans les eaux marines côtières peuvent traduire autant des différences de méthodologies et de qualité des résultats analytiques des laboratoires que des degrés de contamination différents entre zones de surveillance.

Le RNO n'a pas échappé à cet écueil de l'évolution des méthodologies et a tenté au fur et à mesure d'assurer le mieux possible la qualité des résultats recueillis.

D'une manière générale, la sûreté des mesures peut être obtenue par plusieurs types d'actions différentes mais complémentaires. On détaillera plus particulièrement les actions que le RNO a menées durant une décennie pour :

- contrôler la fiabilité des résultats en demandant aux laboratoires de participer à des exercices d'intercomparaison sur la base de matériaux de référence certifiés ou d'échantillons de calibration,
- développer des méthodes standardisées et corrélativement mettre à la disposition des laboratoires des guides pour les prélèvements et les analyses.

Ces types d'actions ne prennent pas en compte le suivi de la mise en pratique des vérifications internes et propres aux laboratoires. Ces dernières sont indispensables à la maîtrise de la reproductibilité analytique ; il s'agit de contrôler les matériaux, les réactifs, les standards utilisés, ... Ne sont pas pris en compte également dans cette présentation les conditions de certification et d'agrément des appareillages utilisés dans les laboratoires. A l'heure actuelle, aucun moyen raisonnable ne peut être envisagé pour satisfaire de telles exigences de qualité, d'autant que, pour certains paramètres délicats à mesurer, la liberté du choix du matériel et des modes d'utilisation ne peut être que de la responsabilité du laboratoire.

La fiabilité des résultats s'acquiert en maîtrisant la reproductibilité et la justesse.

- La maîtrise de la **reproductibilité** doit être un souci permanent du laboratoire qui déterminera puis réduira au maximum par des mesures internes les erreurs aléatoires liées au réactifs utilisés, aux matériels, aux opérateurs et aux conditions générales d'environnement de l'analyse.

- Le contrôle de la **justesse** s'avère beaucoup plus difficile à réaliser par les moyens propres du laboratoire, puisqu'il s'agit de certifier la valeur mesurée. Cette opération s'appuie sur les connaissances existantes à une époque donnée. Elle nécessite dans l'absolu l'emploi du plus grand nombre de méthodes, si possible de principes différents, et utilisant des instrumentations diverses et ce afin de déterminer le meilleur accord autour d'une valeur alors reconnue comme de "référence".

Le RNO s'est prioritairement intéressé au cours de cette dernière décade à la maîtrise de la justesse des résultats analytiques. Cette priorité est due au fait que les analyses de surveillance étaient réalisées par de nombreux laboratoires, laboratoires d'application à vocations multiples mais aussi laboratoires de recherches spécialisés.

Deux procédés ont été utilisés dans le cadre du RNO pour contrôler la qualité des résultats analytiques :

- le contrôle de matières de référence certifiées,
- la participation à des comparaisons inter-laboratoires.

Notons que pour les échantillons représentatifs du milieu marin (eau de mer, matière vivante, sédiment), la mise en œuvre de ces procédés n'est jamais une opération classique et routinière. La plupart des calibrations ont nécessité préalablement à leur réalisation un gros travail de conception et de préparation.

3.2. Utilisation des matières de référence

Le premier procédé consiste à faire analyser par les laboratoires un échantillon de **matière de référence certifiée**.

Le plus ou moins bon accord entre les valeurs certifiées et les valeurs fournies par les laboratoires donne dans ce cas une appréciation directe de la justesse des analyses.

Le principal écueil rencontré est l'obtention de matières de référence dont la composition qualitative et quantitative soit la plus approchée possible de celle des échantillons habituellement prélevés dans le milieu marin. Par ailleurs il faut noter que ces matières de référence ne peuvent être préparées qu'exceptionnellement par des laboratoires d'analyse classiques, ces derniers étant très rarement équipés de plus d'une méthode d'analyse par paramètre.

Ceci explique que, pour le contrôle des analyses chimiques en milieu marin, il n'existe que très peu de matières de référence strictement certifiées. On a tenté dans le tableau VIII de dresser un inventaire des matériaux de référence certifiés disponibles au plan international.

La plupart de ces échantillons ont été utilisés dans le cadre du RNO bien que certains ne soient pas strictement d'origine marine. Ainsi pour le premier contrôle inter-laboratoire de justesse des analyses de métaux dans les sédiments, on a utilisé en 1977, le seul échantillon standard connu à l'époque : SRM 120 b du National Bureau of Standard (NBS). Celui-ci consistait en une poudre de roche à très forte teneur en phosphate. Cette poudre n'avait servi qu'à une étude comparative des modes de digestion avant analyse des métaux lourds et ne pouvait de fait être considérée comme standard de référence pour les sédiments marins. Pour le second contrôle inter-laboratoire, on a distribué, en 1980, le sédiment SRM 1645 du même NBS ; il s'agit d'une vase de rivière très contaminée en métaux et ne correspondant donc pas aux concentrations habituellement rencontrées en milieu marin même côtier.

Seul le **Canada**, par son Conseil National de Recherches, a lancé à partir de 1976 un programme ambitieux intitulé **Programme de Standards de Chimie Analytique Marine** afin d'aider les aspects analytiques de la chimie marine.

Ce programme a permis de mettre au point une série d'étalons certifiés dans le but d'aider les analystes à doser le plus précisément possible les éléments traces et les produits organiques dans les échantillons marins. Trois sortes d'étalons sont disponibles : échantillons de sédiments et d'eau de mer destinés au dosage des éléments traces et échantillons de sédiments destinés au dosage des polychlorobiphényles (PCB). On pourra bientôt se procurer aussi des sédiments étalons pour le dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des tissus biologiques pour les éléments en traces et les composés organiques.

TABLEAU VIII : Matières de référence certifiées.

Organismes responsables	Type	Paramètres certifiés		
		Physico-chimiques	Métaux traces avec autres éléments inorganiques	Organochlorés et PCB
IAPSO Standard Sea Water Service GRANDE-BRETAGNE	E	Salinité Eau de Mer Normale		
SCRC Standard Chemical Solution JAPON	E	PO ₄ , SiO ₂ , NO ₃ (eau de mer artificielle) NO ₂ , KIO ₃ (solutions aqueuses)	Mercuré (eau de mer synthétique)	
NBS Standard Reference Material ÉTATS-UNIS	E S MV		SRM 1641 et SRM 1645 (mercury in water) SRM 120 b (phosphate rock) SRM 1645 (river sediment) SRM 1571 (orchard leaves) SRM 1577 (liver bovine)	
USGS	S		MAG-1 (marine mud)	
MACSP/NRC CANADA	E MV S		NASS-1 (eau de l'Atlantique nord) TORT-1 (hépatopancréas de homard) MESS-1 et BCSS-1 (golfe du St Laurent)	CS-1, HS-1 et HS-2 (3 concentrations en PCB : large de la Nouvelle Ecosse et zones portuaires)
BCR Bureau Communautaire de Référence COMMUNAUTÉ ÉCONOMIQUE EUROPÉENNE	MV			Echantillons de mollusques en préparation
NIES	MV		Mussel et Sargasso	
CNRC	E MV		CASS-1 (eau côtière) SLRS-1 (eau de fleuve) DORM-1 et DOLT-1 (muscle et foie de poisson)	

E : eau, S : sédiment, MV : matière vivante.

IAPSO : International Association for Physical Sciences of Ocean.

SCRC : Sagami Chemical Research Center.

NBS : National Bureau of Standards.

USGS : United States Geological Survey.

MACSP/NRC : Marine Analytical Chemistry Standard Program / National Research Council.

BCR : Bureau Communautaire de Référence.

NIES : National Institute for Environmental Studies, Japan Environment Agency
(Yatabemachi, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan).

CNRC : Conseil National de Recherches du Canada, Ottawa.

Pour le moment, seuls les sédiments étalons MESS-1 et BCSS-1 permettant de doser les éléments traces et les substances inorganiques sont disponibles. Des données fiables pour 13 éléments traces et 12 composants majeurs et mineurs sont fournies.

Il existe en outre trois sédiments étalons pour le dosage des PCB : le HS-1 et le HS-2 proviennent de baies différentes et le CS-1 est un sédiment littoral. La concentration des PCB dans ces échantillons est exprimée en $\mu\text{g}/\text{kg}$ d'Aroclor 1254. On a aussi déterminé les proportions de certains isomères.

Enfin, l'étalon NASS-1 est un échantillon d'eau prélevé à une profondeur de 1 300 m dans la mer des Sargasses. Il présente une salinité de 35 et possède toutes les caractéristiques de l'eau de mer qu'on trouve en plein Atlantique nord. Des concentrations fiables pour 10 éléments traces ont été déterminées.

Concernant les paramètres physico-chimiques, le **Japon** a mis en vente au niveau international des étalons de diverses concentrations de sels nutritifs en eau de mer synthétique ; l'eau de mer normale préparée en **Grande-Bretagne** est très connue par ailleurs puisqu'elle sert d'étalon de chlorinité aux mesures de salinité.

Enfin dans un **cadre européen**, le **Bureau Communautaire de Référence** met actuellement au point deux échantillons standards (moule et boue d'égouts) dont les concentrations seront certifiées.

Un inconvénient majeur de ces matières de référence est que les concentrations certifiées sont maintenant connues par les laboratoires et qu'il n'est plus possible de les utiliser "en aveugle". Ces standards permettent tout au plus la vérification de la reproductibilité intra-laboratoire, mais ne peuvent donner une référence absolue pour toutes les méthodes ; en général, les concentrations certifiées sont celles de l'élément total. Enfin leur coût reste élevé comme en témoignent les informations rassemblées dans le tableau IX.

Outre les matières de référence strictement certifiées, telles que présentées dans le tableau VIII, on doit signaler l'existence d'autres matières de référence également disponibles sur le marché. Il s'agit de matières testées lors d'exercices d'intercalibration internationaux et de ce fait "étalonnées" de manière fiable grâce à la participation de nombreux laboratoires, mais avec le handicap que toutes les conditions de certification ne sont pas strictement remplies.

L'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) propose de tels échantillons. Ils ont été largement utilisés dans le cadre du Plan d'Action pour la Méditerranée (PNUE) et précisément des programmes de surveillance MED POL. Quelques laboratoires du RNO engagés dans ces programmes ont analysé certains d'entre eux.

- MA-M-2 : moule homogénéisée
/OC = hydrocarbures chlorés, /TM = éléments traces,
- MA-A-2 : chair de poisson homogénéisée
/OC = composés chlorés, /TM = 14 métaux,
- MA-A-1 : copépodes séchés
/OC = 2 composés chlorés, /TM = 10 métaux,
- MA-M-1 : huître homogénéisée
/OC = hydrocarbures chlorés (7 composés),
- SD-N-1/2 : sédiments marins grains fins
éléments traces et radionucléides.

Dans le même ordre d'idées, le RNO a organisé en 1980 pour le compte des Conventions d'Oslo et de Paris une intercalibration internationale portant sur les métaux traces dans les sédiments marins : 27 laboratoires appartenant à 9 pays européens ont fourni 1 700 résultats de métaux. Parmi les échantillons distribués, l'échantillon MS-2, sédiment estuarien naturel vaseux, représentatif des concentrations habituellement rencontrées en milieu marin côtier a été préparé en quantité suffisante pour servir de "standard" à l'issue de la calibration. On donne, dans le tableau X, à titre indicatif, une comparaison des concentrations de l'échantillon de référence certifié canadien (MESS-1) et du standard RNO (MS-2).

TABLEAU IX : Coûts indicatifs des matières de référence.

Matières certifiées	Présentation	Quantité	Coût unitaire en \$ (année)
Japon :			
SRCC. NO ₂ ou PO ₄ ou SiO ₂ ou NO ₃	1 bouteille	50 ml	5 (1977)
SRCC. KIO ₃	1 bouteille	100 ml	10 (1977)
Etats-Unis :			
US NBS. SRM 1645	1 flacon	70 g	93 (1980)
US NBS. SRM 1577	1 flacon	50 g	116 (1984)
US NBS. SRM 120 b	1 flacon	90 g	80 (1985)
Canada :			
NRC. MESS-1	1 bouteille	65 g	80 (1981)
NRC. BCSS-1	1 bouteille	80 g	80 (1981)
NRC. CS-1, HS-1, HS-2	3 boîtes		250 (1982)
NRC. NASS-1	1 bouteille	2 l	100 (1982)
NRC. TORT-1	1 bouteille	35 g	60 (1983)

TABLEAU X : Comparaison des concentrations de deux sédiments de référence.

	MESS-1	MS-2
Hg (ppm)	1 710 ± 140	—
Cd (ppm)	0,59 ± 0,10	0,46 ± 20,1
Pb (ppm)	34,0 ± 6,1	56,1 ± 20,1
Zn (ppm)	191 ± 17	185 ± 11
Cu (ppm)	25,1 ± 3,8	39,7 ± 4,9
Mn (ppm)	513 ± 25	152 ± 8
Fe (%)	1,52 ± 0,09	2,29 ± 0,17
Cr (ppm)	71 ± 11	37 ± 10
Ni (ppm)	29,5 ± 2,7	23,0 ± 7,9
As (ppm)	10,6 ± 1,2	11,0 ± 3,7
Co (ppm)	10,8 ± 1,9	4,94 ± 0,17
SiO ₂ (%)	6,75 ± 1,9	60
Al ₂ O ₃ (%)	11,03 ± 0,38	13
CaO (%)	0,674 ± 0,064	12
MgO (%)	1,44 ± 0,09	2,3
TiO ₂ (%)	0,905 ± 0,028	0,82
PO ₅ (%)	0,146 ± 0,014	0,23
K ₂ O (%)	2,24 ± 0,04	1,7

MESS-1 : Matière de référence certifiée du Canada. Le sédiment MESS-1 provient de l'estuaire de la rivière Miramichi dans le golfe du St Laurent (Canada).

MS-2 : Standard RNO (intercalibration 1980). Le sédiment MS-2 provient de l'estuaire de la rivière Elorn dans la rade de Brest (France).

3.3. Comparaisons inter-laboratoires du RNO

3.3.1. Principe

Toute comparaison inter-laboratoire repose sur un principe unique : les laboratoires reçoivent des échantillons identiques dont ils ne connaissent pas la composition et dans lesquels ils doivent analyser des paramètres déterminés.

On peut toutefois distinguer plusieurs types d'exercices inter-laboratoires en fonction de l'organisation et de la participation.

L'**intercalibration** est le moyen utilisé classiquement par les laboratoires d'analyses pour valider leurs résultats et améliorer les techniques. Il s'agit d'envoyer des échantillons naturels ou artificiels, dopés ou non, dont l'homogénéité est rigoureusement vérifiée et dont la teneur probable pour un constituant analysé est déterminée à l'issue de l'exercice, sur la base de tests statistiques pratiqués sur les résultats recueillis. Cela suppose un **nombre important de participants** autant que possible qualifiés et une faible dispersion des résultats.

Dans ce cas, comme on le constate, c'est l'échantillon qui est apporté aux laboratoires et non, comme cela se passe dans la réalité, le personnel du laboratoire qui effectue le prélèvement, le conditionnement et l'analyse. En fait, les intercalibrations ne contrôlent que l'aptitude à effectuer l'analyse au sens strict. Or, toute analyse nécessite le prélèvement d'un échantillon dans un conditionnement approprié et sa conservation dans de bonnes conditions jusqu'au moment de l'analyse.

Les contrôles croisés sont destinés à vérifier simultanément la variabilité due aux analyses chimiques et aux phases préliminaires à l'analyse et tentent de certifier le niveau de contamination d'une zone. Pour cela un laboratoire local, en charge de la surveillance d'une zone, expédie, à **quelques laboratoires de référence**, une partie aliquote d'un échantillon naturel représentatif de la zone de surveillance, échantillon qu'il a prélevé et conditionné avec ses moyens propres (bouteilles à prélèvement, flacons,...). Cette activité de contrôles croisés s'est particulièrement développée dans le cadre des campagnes INTERSITE du RNO et a pris en quelque sorte le relai des intercalibrations lancées de plus en plus à échelle internationale. L'ensemble du littoral français est couvert sur quatre années à raison d'une campagne INTERSITE par an, ce qui permet aux laboratoires locaux engagés dans le programme de surveillance continue RNO d'être régulièrement mobilisés dans des exercices croisés.

Dix années d'actions d'assurance de qualité pour les mesures du RNO se soldent par un total impressionnant d'exercices : 75 intercalibrations et autant de contrôles croisés.

Dans le tableau XI on a visualisé les différents exercices de comparaisons inter-laboratoires auxquels ont participé les laboratoires du RNO entre 1975 et 1984. Ces exercices d'intercalibration et ces contrôles croisés sont répertoriés d'une manière détaillée dans les paragraphes suivants.

3.3.2. Exercices d'intercalibration

Les exercices d'intercalibration ont consisté à faire analyser par le plus grand nombre possible de laboratoires une partie aliquote d'un échantillon (marin ou non) de quelque provenance qu'il soit, l'essentiel ayant été d'assurer l'homogénéité des lots distribués et leur conservation. L'idéal eut été d'expédier des échantillons (eau de mer, sédiment, matériel biologique) de concentration connue. Quelques standards commerciaux existants tels que décrits au paragraphe 3.2.1. ont pu être utilisés. Dans d'autres cas, assez rares, la parfaite maîtrise analytique a permis de certifier les concentrations d'échantillons naturels ou reconstitués avant expédition aux laboratoires. Mais, le plus souvent, on a dû avoir recours au traitement statistique pour conclure à une valeur probable de la teneur de l'échantillon inconnu. La validité de ces statistiques exige la participation de très nombreux laboratoires. En conséquence, un tiers des exercices auxquels ont pris part les laboratoires français s'est déroulé au plan international.

Dans le tableau XII, on propose un répertoire des intercalibrations nationales et internationales avec participation des laboratoires français. Un numéro d'ordre (de 1 à 75) est attribué à chaque exercice qui est identifié par ailleurs par un code.

TABEAU XI : Bilan des comparaisons inter-laboratoires réalisées entre 1975 et 1984.

Paramètres	Codes	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
PHYSICOCHIMIE											
- Salinité	SAL			o						X2	X4
- Oxygène dissous	OX			o			o			X2	X4
- Fluorures	F				o		o				
ÉLÉMENTS NUTRITIFS DISSOUS											
- Nitrite	NIT		o	o	o	o	o			X2	X4
- Nitrate	NAT		o	o	o	o	o			X2	X4
- Phosphate	PHO		o	o	o	o	o			X2	X4
- Silicate	SIL		o	o		o	o			X2	X4
- Carbone organique dissous	COD									o	
MATÉRIEL PARTICULAIRE											
- Turbidité	TUR			o						X2	X4
- Matières en suspension	MES									X2	X4
- Chlorophylle a et phaeopigments	CHLO					o				X2	X4
- Carbone organique particulaire	COP				o						
POLLUANTS MINÉRAUX : métaux (MX), mercure (HG), cadmium (CD)											
- Solutions standards	ST		oo								
- Eau de mer	EAU		ooo	o	o X6	ooo X1	o X3	X10	o	o X2	X4
- Sédiments	SED			o			o			o	
- Matériel biologique	BIO	oo		o		o	o			o	o X3
POLLUANTS ORGANIQUES : organochlorés (OC), polychlorobiphényles (PCB), hydrocarbures (HYD)											
- Solutions standards	ST			o			oo	o			
- Eau de mer	EAU			o X1	X2	X5	oo	o		X2	X4
- Sédiments	SED	o					oo	o			o
- Matériel biologique	BIO	o	o		o	o	oo	o	o	o	o X2

o : exercice d'intercalibration (national ou international),

Xn : contrôles croisés,

n : nombre de zones testées.

TABEAU XII : Répertoire des intercalibrations nationales et internationales avec participation française.

Numéro d'ordre	Identification		NL	NR
	RNO	Internationale (1)		
1	75 / MX / BIO. CIEM	3 / TM / BT-ICES	1	24
2	75 / MX / BIO. AIEA		10	100
3	75 / OC / EAU. AIEA		8	24
4	75 / OC / SED. AIEA		7	30
5	75 / OC / BIO. AIEA		7	60
6	76 / NIT / ST. RNO		13	52
7	76 / NAT / ST. RNO		13	52
8	76 / PHO / ST. RNO		13	52
9	76 / SIL / ST. RNO		10	40
10	76 / MX / ST. CIEM	1 / TM / SW-ICES	11	94
11	76 / HG / ST. RNO		9	28
12	76 / HG / EAU. CIEM	2 / TM / SW-ICES	1	4
13	76 / MX / EAU. RNO		13	126
14	76 / HG / EAU. RNO		9	13
15	76 / OC / BIO. OCDE	OCDE / ICES	8	125
16	77 / SA / EAU. RNO		17	34
17	77 / OX / ST. RNO		16	16
18	77 / NIT / ST. RNO		17	50
19	77 / NAT / ST. RNO		17	51
20	77 / PHO / ST. RNO		17	51
21	77 / SIL / ST. RNO		17	48
22	77 / TUR / ST. RNO		11	33
23	77 / MX / EAU. CIEM	3 / TM / SW-ICES	13	162
24	77 / MX / SED. RNO		8	113
25	77 / MX / BIO. CIEM	4 / TM / BT-ICES	1	6
26	77 / OC / ST. RNO		15	268
27	77 / OC / EAU. RNO		12	75
28	78 / F / EAU. RNO		4	24
29	78 / NIT / EAU. RNO		13	21
30	78 / NAT / EAU. RNO		13	21
31	78 / PHO / EAU. RNO		13	21
32	78 / COP / EAU. RNO		8	100
33	78 / MX / EAU. CIEM	4 / TM / SW-ICES	12	998
34	78 / OC / BIO. CIEM	3 / OC / BT-ICES	3	16
35	79 / NIT / EAU. RNO		17	34
36	79 / NAT / EAU. RNO		17	34
37	79 / PHO / EAU. RNO		16	32
38	79 / SIL / EAU. RNO		13	26
39	79 / CHLO / EAU. CCE		4	72
40	79 / HG / EAU. PCCSC	JMG / ICES	5	80
41	79 / CD / EAU. PCCSC	JMG / ICES	13	280
42	79 / MX / EAU. RNO		13	297
43	79 / MX / BIO. CIEM	5 / TM / BT-ICES	3	92
44	79 / OC / BIO. AIEA	UNEP / MED POL. I	4	40

NL : Nombre de laboratoires français.

NR : Nombre de résultats fournis par ces laboratoires.

TABLEAU XII (suite)

Numéro d'ordre	Identification		NL	NR
	RNO	Internationale (1)		
45	80/NIT/EAU. RNO		16	32
46	80/NAT/EAU. RNO		16	32
47	80/PHO/EAU. RNO		16	32
48	80/SIL/EAU. RNO		12	24
49	80/OX/EAU. RNO		21	21
50	80/F/EAU. RNO		6	24
51	80/HG/EAU. RNO		17	166
52	80/MX/SED. RNO	MS/JMG	10	712
53	80/MX/BIO. CIEM.	6/TM/BT-ICES	2	24
54	80/HYD/SED. CIEM	1/HC/MS-ICES	4	43
55	80/HYD/BIO. CIEM	1/HC/BT-ICES	4	29
56	80/PCB/EAU. CCE	CCE/JMG	2	4
57	80/OC/ST. RNO		13	200
58	80/OC/EAU. RNO		13	53
59	80/OC/SED. RNO		13	56
60	80/PCB/BIO. CIEM	4/OC/BT-ICES	1	16
61	81/HYD/EAU. RNO		25	67
62	81/HYD/SED. RNO		22	128
63	81/HYD/BIO. RNO		9	44
64	81/PCB/BIO. CANADA	IPII/ICES	1	25
65	82/MX/EAU. CIEM	5/TM/SW-ICES	11	267
66	82/PCB/BIO. CIEM	5/OC/BT.ICES	2	24
67	83/COD/EAU. CIEM		10	200
68	83/HG/EAU. CIEM	5/TM/SW-ICES	2	14
69	83/MX/SED. RNO	MS/JMG	4	276
70	83/MX/BIO. CIEM	7/TM/BT-ICES	1	99
71	83/HYD/BIO. CIEM	2/HC/BT-ICES	6	54
72	84/MX/BIO. AIEA	UNEP/MED POL. II		
73	84/OC/SED. AIEA	UNEP/MED POL. II		
74	84/OC/BIO. AIEA	UNEP/MED POL. II		
TOTAL ANALYSES			6 585	

(1) ICES : International Council for the Exploration of the Sea (CIEM), JMG : Joint Monitoring Groupe (PCCSC), UNEP : United Nations Environment Programme (PNUE), TM : Trace metals, OC : Organochlorine, HC : hydrocarbons, SW : sea water, MS : marine sediment, BT : biological tissue, IPII : Informal PCB Isomer Intercalibration.

Le code d'identification d'une intercalibration comprend quatre termes : **A- / B- / C- . D-**

A- : année de lancement
B- : paramètre intercalibré
C- : compartiment analysé
D- : patronage

Exemple (intercalibration n° 33) :

78 / MX / EAU.CIEM : intercalibration lancée en 1978, portant sur les métaux, dans l'eau de mer sous l'égide du CIEM.

avec :

a) Codes des paramètres (**B-**)

SA : salinité, **PH** : ph, **OX** : oxygène dissous, **CHLO** : chlorophylle a et phaéopigments, **AM** : ammonium, **NIT** : nitrite, **NAT** : nitrate, **PHO** : phosphate, **SIL** : silicium, **TUR** : turbidité, **MES** : matières en suspension, **HG** : mercure, **CD** : cadmium, **MX** : métaux autres que Hg ou Cd, **DET** : détergent, **HYD** : hydrocarbures, **OC** : organochlorés, **PCB** : polychlorobiphényles.

b) Codes des compartiments analysés (**C-**)

ST : solution standard, **EAU** : eau de mer, **SED** : sédiment, **BIO** : matériel biologique.

c) Sigles des organismes patronant les actions (**D-**)

AIEA : Agence Internationale pour l'Energie Atomique, **CIEM** : Conseil International pour l'Exploration de la Mer, **CCE** : Commission des Communautés Européennes, **OCDE** : Organisation pour la Coopération et le Développement Économique, **PCCSC** : Programme Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus des Conventions d'Oslo et de Paris, **RNO** : Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin.

Dans le cas des **intercalibrations internationales** on a signalé en regard du numéro d'ordre, le code d'identification internationale utilisé par les organisations patronant ces exercices. Une liste des sigles distinctifs attribués aux noms de pays ayant participé à ces exercices est donnée en annexe I.

A ce sujet il faut reconnaître que les exercices d'intercalibration du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) constituent les meilleures références ; y participent au côté des meilleurs laboratoires européens quelques laboratoires américains et canadiens. Le domaine des micropolluants organiques et métalliques dans le matériel biologique a été particulièrement bien couvert (10 exercices) de même que celui des métaux traces dans l'eau de mer (5 exercices).

D'autres exercices internationaux ont été organisés à la demande du PCCSC (Programme Conjoint de Contrôle et de Surveillance Continus des Conventions d'Oslo et de Paris) :

- mercure dans l'eau de mer (MRI, Reykjavik),
- cadmium dans l'eau de mer (IFREMER, Nantes),
- PCB dans l'eau de mer (IFREMER, Nantes),
- métaux dans les sédiments (IFREMER, Brest).

Enfin, l'AIEA (Agence Internationale pour l'Énergie Atomique) a proposé des échantillons de calibration qui ont été utilisés dès 1975 par les laboratoires du RNO. Par la suite, seuls les laboratoires engagés dans les programmes méditerranéens ont donné suite aux intercalibrations de l'AIEA.

A côté des intercalibrations internationales qui se sont intéressées en priorité aux micropolluants dans l'eau de mer et dans les échantillons de matériel biologique, le RNO a été amené à organiser de telles intercalibrations, **sur un plan national**.

On donne en annexe II une liste des laboratoires français qui ont été associés au moins une fois à un exercice d'intercalibration organisé par le RNO.

Par exemple dans le cas précis des **éléments nutritifs**, l'excellente maîtrise des méthodes de prélèvement et d'analyse pratiquées à l'IFREMER a permis de certifier les gammes probables de concentrations des échantillons expédiés aux participants : on a pu garantir l'homogénéité, l'absence de contamination des récipients, les opérations de transvasement, la conservation et la stabilité dans le temps,... autant d'exigences très contraignantes qui font de ces travaux de calibrations des opérations très coûteuses.

A noter par ailleurs que des laboratoires de pays voisins tels que l'Italie, l'Espagne, le Portugal, ont participé à ces exercices sur les éléments nutritifs.

En fait, sans être une règle générale, à plusieurs reprises les exercices d'intercalibration organisés sous le patronage du RNO ont associé quelques laboratoires étrangers connus pour leur compétence analytique sur le paramètre intercalibré. C'est le cas des exercices lancés sur le carbone organique par le Laboratoire de Sédimentologie sous-marine de Perpignan ou encore sur le mercure minéral dissous organisé par le Laboratoire de Physique et Chimie Marine de Villefranche-sur-Mer. Concernant ce dernier exercice, les trois échantillons d'eau de mer dopée ont été non seulement certifiés par le laboratoire organisateur mais aussi par deux laboratoires de référence au plan international : au Japon, le Sagami Chemical Research Center et au Canada le laboratoire des Pêches et Océans de la région Québec.

Dans le tableau XII on indique pour chaque exercice d'intercalibration un numéro d'ordre chronologique. Ce numéro d'ordre renvoie à une fiche descriptive analysant les principaux résultats acquis par l'exercice. Ces fiches sont regroupées entre elles par type de paramètres dans le volume II (physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulaire) : 28 fiches synthétisent les exercices d'intercalibration portant sur 11 paramètres (salinité, oxygène dissous, fluorures, turbidité, nitrite, nitrate, phosphate, silicium, carbone organique dissous, carbone organique particulaire, chlorophylle). Pour le volume III (polluants organiques) et le volume IV (mercure et cadmium), l'assurance de qualité des résultats est incorporées dans le corps du texte.

3.3.3. Contrôles croisés

Les **contrôles croisés** reposent sur un principe semblable à celui des intercalibrations, tout en visant un objectif complémentaire : on tente de certifier le niveau d'un paramètre dans une zone. Le laboratoire local a la charge de préparer et d'expédier des échantillons aliquotes d'un prélèvement de routine, effectué sur sa zone, à plusieurs laboratoires extérieurs. Lors de ces travaux sont pris en compte, non seulement les problèmes de l'analyse proprement dite, mais aussi ceux de la variabilité due aux modes de prélèvement et de prétraitement des échantillons. Depuis 1983, ces contrôles sont devenus systématiques avec les campagnes INTERSITE du RNO : les résultats acquis par les laboratoires locaux sont confrontés à ceux des laboratoires des Centres IFREMER de Brest et de Nantes. Enfin, les analyses dans le matériel biologique de certaines zones sont depuis peu sous-traitées à des laboratoires locaux et soumises à ces contrôles croisés réguliers.

Dans le tableau XIII on propose un répertoire des contrôles croisés au fur et à mesure des années. Le code d'identification de ces exercices diffère quelque peu de celui des intercalibrations ; il comprend quatre termes : **B-** / **A-** / **E-** / **(NL)**.

B- : paramètre contrôlé
A- : année d'exécution
E- : zone faisant l'objet du contrôle
NL : nombre de laboratoires impliqués

Exemple :

MX/80/30 (5) : exercice croisé portant sur les métaux, lancé en 1980 sur la zone estuaire de Loire avec cinq laboratoires.

avec :

a) Codes des paramètres (**B-**)

SA : salinité, **PH** : pH, **OX** : oxygène dissous, **CHLO** : chlorophylle a et phaeopigments, **AM** : ammonium, **NIT** : nitrite, **NAT** : nitrate, **PHO** : phosphate, **SIL** : silicium, **TUR** : turbidité, **MES** : matières en suspension, **HG** : mercure, **CD** : cadmium, **MX** : métaux autres que Hg ou Cd, **DET** : détergent, **HYD** : hydrocarbures, **OC** : organochlorés, **PCB** : polychlorobiphényles.

b) Codes des compartiments analysés (**C-**)

ST : solution standard, **EAU** : eau de mer, **SED** : sédiment, **BIO** : matériel biologique.

c) Codes des zones (**E-**)

10 : baie de Seine, **30** : estuaire de Loire, **40** : Gironde, **50** : golfe de Fos, **60** : baies de Cannes et de Villefranche-sur-Mer, **70** : Corse, **80** : Banyuls, **100** : golfe du Morbihan, **120** : Dunkerque, **160** : Arcachon, **170** : étang de Thau, **180** : Cortiou.

Le tout **premier contrôle croisé** était de grande ampleur ; il avait pour but d'élucider l'origine des teneurs totalement anormales en mercure mesurées en 1976, dans les eaux du golfe de Fos. Un rapport RNO très détaillé (RNO, 1977) fournit tous les résultats des analyses circulaires confiées à cinq laboratoires qui ont analysé régulièrement des prélèvements faits avec les moyens du laboratoire en charge de la surveillance de la zone incriminée.

TABLEAU XIII : Répertoire des contrôles croisés

Année	Identification	NR
1977	OC/77/10 (4)	30
1978	OC/78/50 (5), OC/78/80 (2)	58
	MX/78/10.A (5), MX/78/10.B (3), MX/78/40 (2), MX/78/50 (5), MX/78/70 (5), MX/78/90 (4)	173
1979	DT/79/60 (5)	8
	MX/79/80 (5)	40
	OC/79/10 (5), OC/79/40 (5), OC/79/50 (5), OC/79/80 (5), OC/79/120(5)	184
1980	MX/80/10 (5), MX/80/30 (5), MX/80/160 (6)	108
1981	MX/81/10 (2), MX/81/30 (2), MX/81/40 (2), MX/81/50: (2), MX/81/60 (2), MX/81/70.A (2), MX/81/70.B (2), MX/81/70.C (2), MX/81/70.D (2), MX/81/100 (2), MX/81/120 (2), MX/81/170 (2), MX/81/180 (2)	271
1983	Campagne INTERSITE I - OCTOBRE 1983	
	SA/83/10 (2), SA/83/120 (2)	20
	PH/83/10 (2), PH/83/120 (2)	20
	OX/83/10 (2), OX/83/120 (2)	20
	CHLO/83/10 (2), CHLO/83/120 (2)	40
	AM/83/120 (2),	10
	NIT/83/10 (2), NIT/83/120 (2)	20
	NAT/83/10 (2), NAT/83/120 (2)	20
	PHO/83/10 (2), PHO/83/120 (2)	20
	SIL/83/10 (2), SIL/83/120 (2)	20
	TU/83/10 (2), TU/83/120 (2)	19
	MES/83/10 (2), MES/83/120 (2),	19
	MX/83/10 (2), MX/83/120 (2)	153
	OC/83/10 (2), OC/83/120 (2)	114
	HYD/83/120 (2)	6
1984	Campagne INTERSITE II - SEPTEMBRE 1984	
	Même liste de paramètres que pour INTERSITE I	
	SA, PH, OX, CHLO, AM, NIT, NAT, PHO, SIL, TU, MES, MX, OC.	
	Quatre zones contrôlées : 50, 60, 70, 180	800
	MX/84/10 (2)-BIO, MX/84/50 (2)-BIO, MX/84/120 (2)-BIO	310
	OC/84/10 (2)-BIO, OC/84/120 (2)-BIO	252
	HYD/84/10 (2)-BIO, HYD/84/120 (2)-BIO	44
	TOTAL	2 779

NR : Nombre de résultats d'analyse.

Rappelons que cette enquête a conclu formellement à un mauvais nettoyage des flacons et en particulier à la contamination, par certains types de bouchons souillés au chlorure mercurique, des cols des flacons destinés aux échantillons d'eau de mer. Cette histoire navrante en elle-même a eu le mérite d'alerter la coordination du RNO sur les problèmes de prélèvement et de conditionnement et a donné l'idée de généraliser ce type de contrôle croisés pour certifier, autant que possible, les niveaux de pollution d'une zone RNO dont on pouvait suspecter a priori la qualité des résultats.

Avant l'organisation des campagnes INTERSITE, les contrôles croisés ont surtout porté sur les polluants dans l'eau de mer, paramètres qui présentaient de grandes variations d'une zone à une autre, sans explication apparente sinon l'existence possible de problèmes de méthodologies.

En 1979, un gros effort a porté sur les **organochlorés**, en application des décisions prises sur l'abaissement des seuils de détection à la réunion des analystes en avril 1978. On a pu conclure que le lindane était le composé le mieux dosé et qu'il permettait de quantifier les décalages systématiques entre les laboratoires. Ainsi on s'est rendu compte que, quelle que soit la zone surveillée, chaque laboratoire donnait toujours de même résultat à 30 ou 40 % près. Les trois niveaux différents pour le lindane étant : 2 ng/l, 6 ng/l, 12 ng/l. Un décalage analogue se distinguait pour les PCB avec trois niveaux différents : 10 ng/l, 40 ng/l, 100-200 ng/l.

On a ainsi pu confirmer que les résultats fournis par des laboratoires disposant de méthodes et de matériels trop différents et donc de seuils de détection non cohérents entre eux étaient très difficilement comparables.

En 1981, l'effort a porté sur **les métaux** : des prélèvements réalisés lors de sorties de routine sur dix zones du RNO ont été envoyés à un laboratoire de référence. Les principales conclusions ont porté sur la concordance des résultats obtenus sur les zones avec ceux du laboratoire de référence. La concordance était généralement bonne pour Cd, Pb, Zn et Cu. Par contre Hg ne présentait aucun accord caractéristique. Certains résultats de quelques zones restaient médiocres et dispersés, confirmant, si besoin est, l'importance du soin à mettre dans la préparation des récipients.

D'autres contrôles croisés ont tenté d'expliquer les anomalies de concentration en métaux traces fournis par quelques laboratoires locaux, par exemple des inversions de niveaux de concentrations entre l'eau de mer brute et l'eau de mer filtrée, entre l'eau de mer prélevée à la côte et celle prélevée au large. Mais il s'est avéré quasiment impossible de dissocier les causes aléatoires et d'identifier clairement des difficultés méthodologiques particulières telles que la filtration, le conditionnement,... En fait, si le laboratoire local incriminé ne procède pas lui-même à des investigations internes poussées, ses analyses de microtraces dans l'eau de mer resteront médiocres, et ce d'autant plus qu'au voisinage d'un seuil de détection analytique mal maîtrisé et mal adapté à l'analyse, la variabilité du résultat demeure considérable.

Un progrès décisif a été fait dans cette voie avec l'organisation de la campagne INTERSITE I (7-20 octobre 1983).

Les contrôles croisés effectués lors de cette campagne sont multi-paramètres, et portent sur des échantillons naturels ; ils se sont révélés très profitables car des actions concrètes ont pu être proposées aux laboratoires locaux. Les résultats sont détaillés dans le rapport de campagne à la mer.

Les laboratoires locaux ont analysé des eaux de mer qu'ils connaissaient bien tout en pouvant comparer leurs résultats avec ceux de l'IFREMER. Ainsi, grâce aux discussions des résultats entre les analystes participants, on a pu conclure sur les causes probables de la plupart des anomalies (problèmes de certains métaux mis à part). Pour un paramètre donné, on a souvent une bonne concordance entre les résultats de l'IFREMER et ceux d'au moins un des laboratoires locaux. Par ailleurs, les variations propres au milieu ont fait que certains échantillons dans chaque série ont donné des valeurs très différentes, ce qui a permis d'élargir la gamme de concentrations testées particulièrement pour la salinité, les sels nutritifs, les matières en suspension et certains polluants.

Pour **les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques**, les méthodes d'analyse sont quasiment standardisées et on constate en général une concordance satisfaisante entre les résultats du laboratoire local et ceux de l'IFREMER. Cependant on note parfois certains décalages. La cause de ces décalages, quand ils sont systématiques, est à rechercher au niveau de l'étalonnage : nitrate d'argent (salinité), thiosulfate (oxygène), vieillissement des étalons (turbidité) ; mais ces décalages pourraient également provenir de mauvaises corrections de blanc (nitrite) ou de protocole pré-analytique comme l'absence de pré-filtration ou de centrifugation entraînant des valeurs en excès (phosphate), ou encore du choix du protocole (méthode trichromatique pour la chlorophylle à remplacer par la méthode de Lorenzen).

Concernant la **catégorie des paramètres de pollution**, il est connu que pour un même paramètre certaines méthodes reposent sur des principes analytiques différents et ne dosent pas exactement les mêmes produits ; de même les multiples modifications possibles dans l'application des protocoles rendent la standardisation encore très aléatoire.

Néanmoins, force est de constater que les résultats de l'exercice INTERSITE I sont, d'une manière générale, très encourageants, compte tenu des niveaux de concentrations mesurées et corrélativement des coefficients de variation inter-laboratoires très élevés habituellement constatés à l'issue de ce genre d'exercices.

On peut être satisfait du bon accord général obtenu sur les paramètres suivants : mercure (eau brute), zinc (eau brute et eau filtrée), détergents, α HCH, γ HCH (lindane), autres organochlorés (aldrine, dieldrine, DDT, DDD, DDE).

On notera que certaines difficultés subsistent sur les éléments suivants : Cu, Cd, Pb et surtout PCB et hydrocarbures aromatiques, paramètres pour lesquels se posent des problèmes d'étalonnage.

Ces contrôles croisés se sont poursuivis en 1984 et 1985 lors des campagnes INTERSITE II (Méditerranée) et INTERSITE III (golfe de Gascogne).

Enfin, le RNO a tenté d'étendre au niveau international le principe de ces contrôles croisés. Des travaux bilatéraux ont été coordonnés pour comparer les méthodologies de surveillance.

Des contrôles croisés franco-anglais se sont déroulés en 1979. Plusieurs échanges d'échantillons d'eau de mer prélevée par le réseau de surveillance britannique dans le Solent et par le RNO dans la baie de Seine ont permis de comparer les analyses de métaux sur eau brute et filtrée et les éléments nutritifs.

Des contrôles croisés franco-belges se sont déroulés en 1981 et 1982. Des campagnes conjointes à la frontière ont tenté de relier les réseaux belge et français. Le bateau du point d'appui RNO de Dunkerque et le bateau belge chargé de la surveillance de l'embouchure de l'Escaut ont travaillé côte à côte pour prélever et échanger des échantillons préparés par des techniques différentes.

Ces actions de prélèvement et d'échange d'échantillons ont été suivies de réunions techniques pour discuter des résultats. Il n'a certes pas toujours été possible d'expliquer les divergences observées, mais il a été pris la mesure des difficultés méthodologiques rencontrées par les équipes scientifiques étrangères en charge des programmes de surveillance.

3.4. Harmonisation des méthodes de prélèvement et d'analyse

Durant ces dix années, la coordination du RNO a conduit de multiples actions d'assurance de qualité des mesures et en conséquence, a dû, tout à la fois, aider les laboratoires peu expérimentés, suivre les développements méthodologiques internationaux et combler les lacunes existantes en matière de guides de procédures analytiques.

L'aide apportée aux laboratoires peu expérimentés concernait d'abord les analyses classiques de l'eau de mer. La préparation et la diffusion en 1977 d'un premier guide de méthodes a été particulièrement utile pour une bonne maîtrise des analyses des paramètres physico-chimiques et des éléments nutritifs réalisées par un très grand nombre de laboratoires.

Plusieurs réunions plénières ont regroupé les analystes des laboratoires du RNO afin de confronter les expériences et tenter d'harmoniser les méthodologies. Les plus significatives ont abouti à fixer des valeurs pour unifier les seuils de détection analytique :

- 21 janvier 1976 sur les questions de prélèvement et de pré-traitement des échantillons,
- 25 avril 1978 sur les analyses des composés organochlorés,
- 14 décembre 1978 sur les analyses de métaux à l'état de traces,
- 3 juin 1980, en liaison avec l'Institut Français du Pétrole, sur les analyses des hydrocarbures.

Ce lent processus d'harmonisation des méthodes de prélèvement et d'analyse n'a pas toujours été couronné de succès, compte tenu des difficultés de certains laboratoires à suivre les développements méthodologiques. Ainsi, quelques laboratoires n'ont jamais atteint le seuil de détectabilité requis et ont pu prétexter que les coûts d'analyses étaient trop bas pour leur permettre d'investir dans des recherches et mises au point analytiques.

Le suivi des développements méthodologiques s'est révélé toutefois indispensable compte tenu des immenses progrès réalisés simultanément dans tous les pays durant cette décade. Les intercalibrations internationales ont démontré, au fur et à mesure, l'importance des étapes pré-analytiques, souvent sources d'erreurs (prélèvement, conditionnement, pré-traitement).

Un très gros effort a été demandé aux laboratoires français ; la plupart n'avaient pas vocation de laboratoire de recherche. Plusieurs ont pu suivre le mouvement général d'avancement des connaissances et se sont hissés au niveau des meilleurs laboratoires internationaux. D'autres ont décroché de ce mouvement et sont les témoins manifestes de la difficulté de développer un programme analytique d'application lorsque les méthodologies n'ont pas été préalablement unifiées sur le plan scientifique. Le cas de l'analyse des micro-traces de polluants dans l'eau de mer est typique : elle réclame beaucoup de moyens, un travail intense et coûteux, pour des résultats toujours entachés d'une grande variabilité.

Enfin, il s'est agi de **pallier l'absence de guides méthodologiques**. L'événement marquant a été la publication en octobre 1983 du premier livre en langue française d'analyses chimiques en milieu marin. Ce manuel a été rédigé par les scientifiques engagés dans les travaux de surveillance du RNO selon un plan unique ; il laisse une large place aux phases préliminaires à l'analyse : prélèvement, conditionnement, pré-traitement des échantillons.

L'originalité de ce guide est, par ailleurs, de regrouper en un seul volume la plupart des paramètres nécessaires aux études sur la qualité de l'environnement marin : mesures physico-chimiques et hydrobiologiques dans l'eau de mer, dosages des polluants chimiques dans l'eau, les sédiments et les organismes marins.

Ce manuel constitue une étape dans l'harmonisation des méthodes d'analyses chimiques en milieu marin. En effet, on distingue couramment deux catégories de substances à analyser : les espèces chimiques naturellement présentes dans le milieu et les critères de la pollution rejetée dans l'environnement.

Pour la **première catégorie** de substances : caractéristiques physico-chimiques, éléments nutritifs, matériel particulaire, les méthodes d'analyse sont, en général, **bien maîtrisées et quasiment standardisées**. Il existe néanmoins plusieurs versions des modes opératoires classiques ; les différences résident surtout dans des détails tels que volumes et concentrations des réactifs, mais également dans les conditions de pré-traitement ou de conservation des échantillons, par exemple. Les modes opératoires, rédigés dans le manuel tout en s'appuyant sur les publications originelles, prennent en compte toutes les modifications pratiques apportées récemment.

Dans la **seconde catégorie** : polluants minéraux et polluants organiques, on se trouve en face de multiples méthodes et modalités d'application, tellement diversifiées qu'il serait vain de vouloir les trier et les synthétiser de manière exhaustive. A titre d'exemple, des méthodes reposant sur des principes analytiques différents peuvent être en concurrence : ou bien elles ne permettent pas de doser exactement la même famille de composés chimiques, ou bien elles offrent des seuils de détection très différents. Les difficultés pour sélectionner des méthodes praticables quelques années sans modifications sont grandes, d'autant que la diversité et la complexité des appareillages augmentent. Actuellement on ne peut donc **pas recommander une uniformisation stricte des analyses de polluants chimiques**. Pour l'analyse des hydrocarbures, par exemple, le manuel édité présente des méthodes différentes qui offrent à l'analyste une large gamme de détection, laissant ainsi à l'utilisateur le soin d'orienter son choix vers une méthode plutôt qu'une autre, selon le milieu à analyser et les buts poursuivis par la surveillance.

3.5 Conclusion

En conclusion des paragraphes précédents, on peut dire que grâce aux diverses actions d'assurance de qualité des mesures, étalées sur dix ans, on dispose désormais au plan national d'un bon réseau de laboratoires pour produire des analyses de bonne qualité pour les paramètres classiques de l'eau de mer, et de quelques laboratoires très compétents sur le plan des micropolluants et reconnus au plan international.

En fait, ces actions d'assurance de qualité des mesures ont été réalisées uniquement dans le cadre du RNO et avec des moyens nécessairement limités. Elles sont pourtant essentielles à tout programme nécessitant la collecte de résultats de mesures et de données en provenance de sources différentes.

Les programmes d'environnement marin, particulièrement ceux relatifs à la pollution marine, ne doivent pas y échapper. A telle enseigne que se développent actuellement aux Etats-Unis des actions d'envergure pour renforcer les travaux d'assurance de qualité des mesures dans le cadre même des programmes d'environnement. Le coût de ces actions d'assurance de qualité peut être substantiel puisqu'on a estimé qu'il pourrait atteindre 40 à 50 % du coût total du programme dans la mesure où une justesse et une excellence absolues seraient recherchées et qu'il pourrait rester au niveau de 4 à 5 % du coût total du programme dans le cas où seulement des contrôles minimaux d'assurance de qualité seraient suffisants (source : NOAA-NMPPPO).

L'expérience d'assurance de qualité des mesures acquises durant dix ans dans le strict cadre du RNO devrait être poursuivie et élargie, en particulier avec les laboratoires extérieurs à l'IFREMER (CNRS, Universités) en vue de bâtir un véritable programme national sur ce thème. Il faut pouvoir utiliser dans le futur les multiples résultats collectés, à l'heure actuelle, dans divers cadres et acquis par des organismes différents. Par exemple, la préparation, par les laboratoires les plus compétents au plan national, d'échantillons de concentrations certifiées, à des niveaux les plus voisins possibles des niveaux rencontrés dans l'environnement marin pourrait constituer une priorité. De plus, ce pourrait être un gage d'objectivité pour toute action à caractère administratif visant une procédure d'agrément des laboratoires.

III - PERSPECTIVES

M. JOANNY et J.Y. QUINTIN

1. BILAN

1.1. Paramètres physico-chimiques, éléments nutritifs, matériel particulaire

1.1.1. Paramètres physico-chimiques

La température, la salinité, le pH et l'oxygène dissous examinés dans le présent ouvrage appartiennent à cette catégorie des paramètres physico-chimiques. La température et la salinité, paramètres fondamentaux du milieu marin pour la définition des masses d'eaux sont suivis dans le cadre du RNO en tant que paramètres explicatifs des mesures hydrobiologiques dans la colonne d'eau. Le pH et l'oxygène dissous sont étroitement liés aux processus biologiques des milieux aquatiques et ont été introduits dans les programmes de surveillance du RNO à ce titre.

Température et salinité : Les résultats RNO de salinité et de température ont été traités sous deux formes : d'une part en présentation synthétique (volume II, 1re partie, A.I), d'autre part en exploitation approfondie sur un site particulier (volume II, 2e partie, A). Par ailleurs, ces paramètres sont utilisés tout au long du présent ouvrage à chaque interprétation des résultats de mesure dans la colonne d'eau (éléments nutritifs et polluants).

La température n'a pas fait l'objet d'intercalibration spécifique, car ce paramètre ne s'y prête pas. Un chapitre du Manuel des Méthodes permet de réaliser cette mesure dans les meilleures conditions. Pour la salinité, une seule intercalibration a été organisée, dont les résultats se sont avérés corrects pour dix laboratoires sur dix-sept (volume II, fiche 16, p. 180 et 181).

La présentation synthétique des résultats de température et de salinité prolonge celle réalisée lors de la synthèse des résultats 1975-1977 du RNO (RNO, 1978). Elle fournit une classification globale des sites du RNO par rapport aux masses d'eaux océaniques auxquelles elles se rattachent (diagramme TS) et présente les plages de variations de ces paramètres pour l'ensemble des sites du RNO.

Une exploitation approfondie des résultats de température et de salinité a été réalisée sur le bassin d'Arcachon. Combinées avec d'autres données de l'Institut de Biologie Marine d'Arcachon, les données du RNO ont permis une description détaillée dans l'espace et le temps des masses d'eau de ce bassin. En particulier, les lois de déplacement et de stratification, ainsi que certains processus exceptionnels sont définis, principalement sous forme de blocs-diagrammes et de graphiques. L'essentiel des observations semble démontrer que les eaux sorties du bassin tendent à rester en surface et que les eaux qui pénètrent dans le bassin, quel que soit le coefficient, sont encore des eaux superficielles. Finalement, la surveillance RNO sur le bassin d'Arcachon, qui a duré de 1977 à 1981, a apporté un complément notable de données pour la compréhension de la dynamique de ses masses d'eau.

pH et oxygène dissous : Une présentation synthétique des résultats RNO de pH et d'oxygène dissous figure dans le volume II, première partie, A du présent ouvrage. En plus, l'oxygène dissous a fait l'objet d'un examen détaillé dans le cadre de l'analyse de tendance sur les données de l'estuaire et la baie de Seine (volume II, deuxième partie, B).

Le pH n'a pas fait l'objet d'intercalibration spécifique, car ce paramètre s'y prête mal. Un chapitre du Manuel des Méthodes permet de réaliser cette mesure dans les meilleures conditions. Pour l'oxygène dissous, deux exercices ont été organisés. Le premier, réalisé sur une solution étalon d'iodate de potassium, était satisfaisant (dispersion de l'ordre de 1 %). Le deuxième, sur un échantillon d'eau de mer, a mis en évidence une dispersion de l'ordre de 2,6 %, résultat aussi satisfaisant mais qui pourrait être encore meilleur, compte tenu de la nature du dosage. Par ailleurs, lors de la campagne INTERSITE I, il a été procédé à des échanges d'échantillons avec les deux laboratoires locaux impliqués dans la campagne (Rouen et Dunkerque) pour ces deux paramètres, qui ont conduit à des améliorations de la mesure. Globalement donc, les résultats sur le pH et l'oxygène dissous doivent être de qualité convenable.

La présentation synthétique des résultats de pH et d'oxygène dissous donne une vue globale des niveaux mesurés pour ces paramètres sur l'ensemble du littoral, de façon analogue à la température et à la salinité. L'examen de ces résultats ne met pas en évidence d'anomalie flagrante. Il semble en particulier que le suivi du pH, hormis sur l'étang de Berre, soit d'un intérêt limité. Pour ce qui concerne l'oxygène dissous, la plupart des sites surveillés présentent des conditions hydrodynamiques telles que les phénomènes d'anoxie sont très peu probables.

Cette conclusion sur l'oxygène dissous est conforté par l'étude fine des tendances réalisée sur les résultats de l'estuaire et de la baie de Seine (volume II, 2e partie, B). S'il est possible de mettre en évidence des tendances sur les stations dans l'estuaire interne, la diversité des conditions hydrodynamiques lors de chaque campagne rend illusoire toute tentative de perception de schéma d'évolution pluriannuelle.

1.1.2. Eléments nutritifs

Dans le présent ouvrage l'appellation "éléments nutritifs" fait référence 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 (toutes les formes d'orthophosphate présentes, essentiellement HPO_4^{2-} et PO_4^{3-}) et silicate (essentiellement les formes $\text{Si}(\text{OH})_4$ et $\text{Si}(\text{OH})_3$). Tous ces paramètres ont fait l'objet de nombreuses actions d'assurance de qualité, essentiellement par le biais d'intercalibrations. Dans la suite du texte et dans le chapitre correspondant du volume II, le terme nitrate correspond en fait à "nitrate + nitrite" (volume II, p.20). Les principaux enseignements tirés de ces exercices sont décrits plus loin.

Sur ces paramètres, il a été tenté de mettre au point une méthodologie de traitement des résultats acquis qui puisse permettre d'abord de comparer le niveau de concentration d'un site à l'autre, malgré la haute variabilité saisonnière observée sur ce type de paramètre. Par le regroupement des résultats selon les classes de salinité correspondantes, il est possible de mettre en évidence les cycles saisonniers moyens et de définir des schémas de dilution en périodes hivernale et estivale propres à permettre la comparaison recherchée. A titre d'exemple de résultat obtenu, les figures 1 et 2 présentent les schémas de dilution du nitrate et du phosphate sur les sites de Manche-Atlantique en période hivernale. Par ailleurs, le même mode de traitement peut donner une première indication sur les tendances d'évolution.

Les résultats principaux dégagés lors de ce travail portent essentiellement sur l'évaluation des niveaux de concentration et sont rassemblés ci-dessous.

Nitrate : Les niveaux les plus élevés s'observent en baie de Seine et en rade de Brest, et les plus faibles en Méditerranée. L'estuaire de la Gironde constitue un site de référence pour la zone Manche-Atlantique, mais les concentrations s'y trouvent trois fois plus élevées que sur Fos-Berre, site aux niveaux les plus élevés de Méditerranée.

Ammonium : En Manche-Atlantique, seuls les sites de Dunkerque et de la Seine s'individualisent avec des niveaux forts, niveaux qui se retrouvent sur Fos-Berre. Les différents niveaux définis semblent bien refléter l'état de minéralisation de la charge en matière organique au moment de son arrivée dans la zone surveillée, avec un degré variable selon le site. Les concentrations en ammonium sont d'autant plus élevées que la matière organique dégradable a passé moins de temps dans le milieu, comme lorsqu'un effluent urbain ou son équivalent est rejeté directement dans la zone (cas de Cortiou et Dunkerque).

Phosphate : Les niveaux les plus élevés se situent en baie de Seine et à Dunkerque. L'origine pour une bonne part industrielle de l'excès considérable de phosphate en baie de Seine est maintenant bien connu. Il est vraisemblable que le niveau à Dunkerque traduise l'influence de la baie de Seine, bien que les teneurs puissent être importantes dans les petits fleuves côtiers de la région de Dunkerque.

Ailleurs, les niveaux en phosphate ne montrent pas d'anomalie en restant très comparables d'un site à l'autre. Les sites de la Loire et de l'étang de Thau seulement présentent des teneurs légèrement supérieures aux autres.

Silicate : Les schémas de dilution établis pour ce paramètre sont remarquablement similaires sur l'ensemble des sites. Ils confirment ainsi son caractère "naturel" par opposition aux paramètres précédents dont une partie provient d'apports anthropiques. Ainsi, la constance de ses niveaux et l'apparente absence d'anomalie sur les sites surveillés font préconiser son abandon dans les mesures de routine du RNO. Toutefois, il peut être utile de le conserver en baie de Seine à titre éventuel de paramètre explicatif supplémentaire dans les problèmes de dystrophie.

Pour tous ces éléments nutritifs, les tendances d'évolution sont difficiles à mettre en évidence. D'une part, la variabilité hydrologique a beaucoup d'effet sur la salinité des stations littorales d'une année sur l'autre. En conséquence, pour une classe de salinité donnée, le nombre d'observations peut être insuffisant certaines années pour fournir un résultat moyen annuel fiable. D'autre part, l'absence de surveillance de type RNO dans les années 1960 ne permet pas de mettre en évidence l'évolution qui a vraisemblablement eu lieu depuis cette période. Dans tous les cas, les tendances observées apparaissent toujours très peu marquées voire inexistantes.

1.1.3 Matière organique et matériel particulaire

Une étude critique des résultats RNO concernant la matière organique et le matériel particulaire figure dans le volume II, 1ère partie, B du présent ouvrage. Elle concerne les paramètres matière en suspension, carbone organique particulaire, carbone organique total, chlorophylle a et phaeopigments, et azote particulaire. Après un examen paramètre par paramètre, une analyse des résultats site par site a permis de dégager des enseignements sur le choix des paramètres, les prélèvements et les analyses.

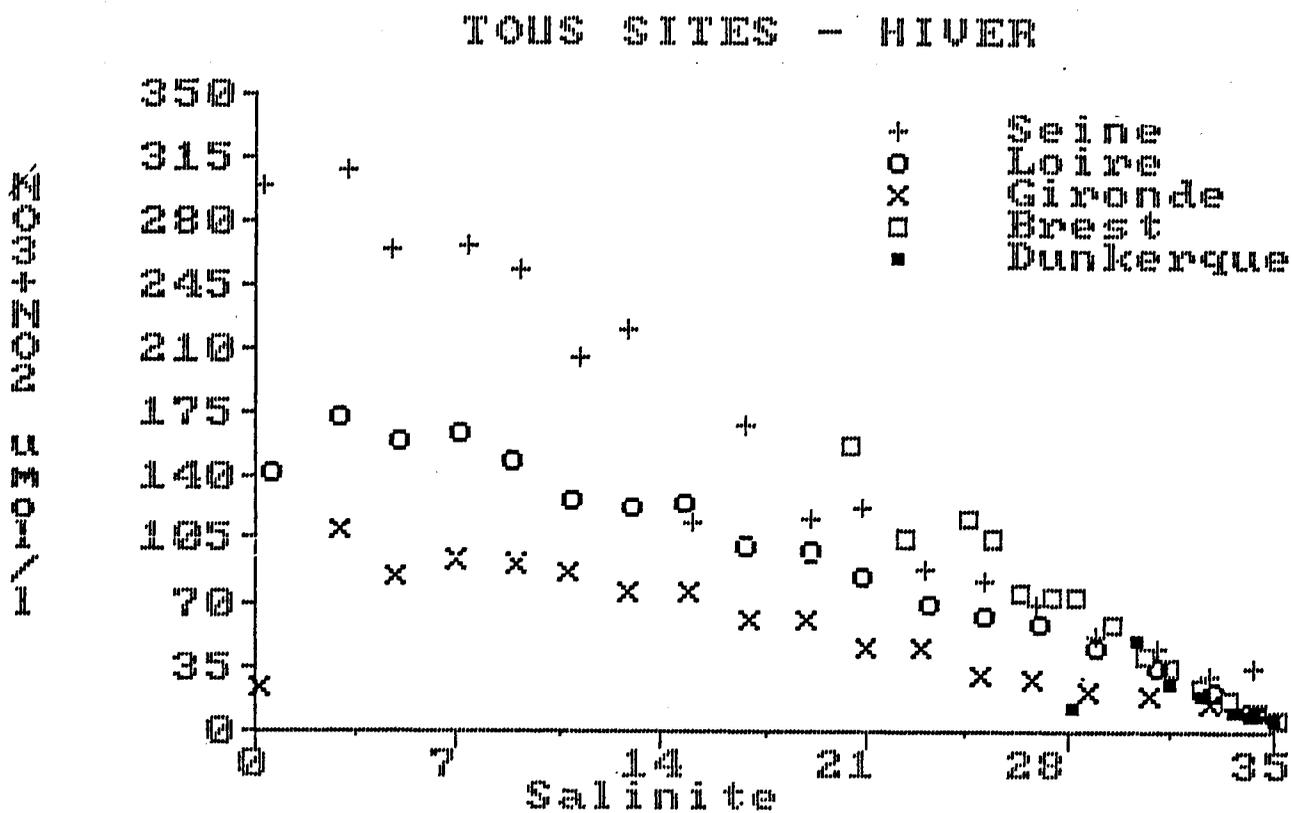


FIGURE 1 - Schéma de dilution du nitrate sur les sites de Manche-Atlantique en période hivernale.

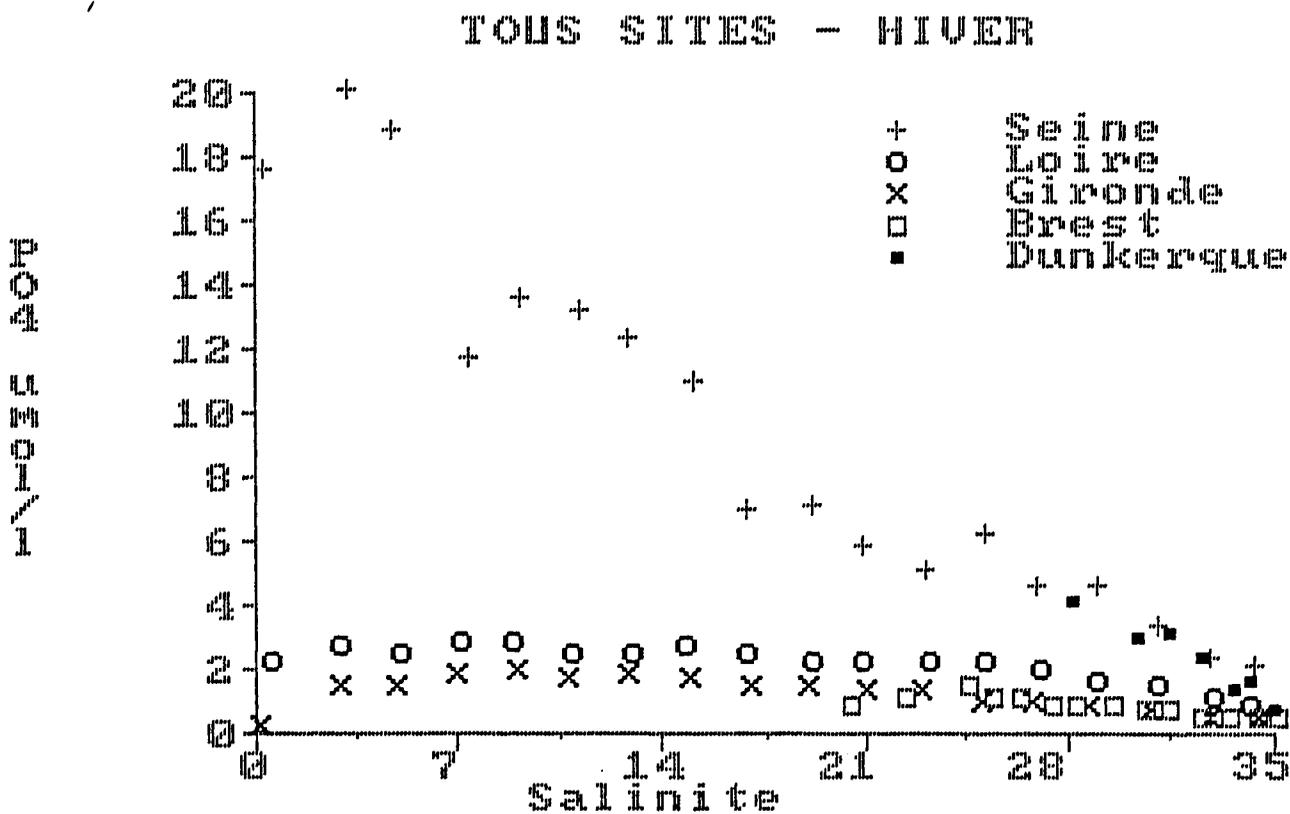


FIGURE 2 - Schéma de dilution du phosphate sur les sites de Manche-Atlantique en période hivernale.

1.2. Polluants organiques

1.2.1. Surveillance dans l'eau

La surveillance dans l'eau (volume III, 1ère partie) a été réalisée sur quinze sites du littoral français : Dunkerque, baie de Seine, rade de Brest, golfe du Morbihan, estuaire de la Loire, baie de Marennes-Oleron, estuaire de la Gironde, bassin d'Arcachon, étang de Thau, golfe de Fos, étang de Berre, Cortiou, baies de Cannes à Villefranche, baies de Beaulieu à Menton, Corse.

Elle a été présentée sous la forme d'une interprétation globale de données du RNO de 1975 à 1979, puis d'une interprétation spatiale détaillée pour l'année 1981 et enfin d'une interprétation temporelle détaillée de 1974 à 1982. Les polychlorobiphényles (PCB), le lindane, les hydrocarbures et les détergents ont été étudiés.

Il s'est avéré très difficile de définir des niveaux de contamination du milieu. Les eaux côtières où le niveau en PCB ou lindane a été inférieur à 5 ng/l et celui d'hydrocarbures (méthode de détection infra-rouge) ou de détergents a été inférieur à 10 µg/l ont été considérées comme faiblement contaminées.

Globalement, aucune variation saisonnière significative n'est apparue. Dans le cas de pollution chronique, une importante variabilité temporelle à court terme a été constatée (baie de Seine, Cortiou). Aucune tendance à long terme n'a pu être discernée, excepté pour les détergents.

1.2.2. Surveillance dans la matière vivante

La surveillance des organochlorés et des hydrocarbures dans les moules et les huîtres a été réalisée selon la méthode de la "moule témoin" ("mussel watch" des anglo-saxons). Une interprétation détaillée des données dans l'espace suivie d'une interprétation détaillée dans le temps (1979 -1982) ont été menées pour trente-huit sites du littoral (volume III, tableau I, p. 69). Quelques résultats sur les coques, les crevettes et les poissons ont également été fournis. Une relation entre la contamination des mollusques et celle de l'eau de mer par les PCB a été mise en évidence. La relation entre la pollution par les PCB et la démographie de trois sites estuariens (estuaire de la Gironde, estuaire de la Loire, estuaire de la Seine) ont permis d'évaluer approximativement l'apport en PCB sur le littoral de 3 à 6 tonnes par an pour 55 millions d'habitants.

Les principales conclusions sur cette surveillance dans la matière vivante sont les suivantes :

- La capacité de bioaccumulation des bivalves a permis d'identifier des zones de contamination par les composés du DDT, non décelables par les analyses classiques dans l'eau.
- Les mollusques lamellibranches semblent constituer des indicateurs biologiques fiables de l'état de pollution du milieu aquatique et ont permis de dégager quelques tendances.
- Les apports d'hydrocarbures polyaromatiques (HPA) et de polychlorobiphényles semblent caractériser les pollutions chroniques d'origines industrielles et urbaines à l'exception des pollutions accidentelles de l' "Amoco Cadiz" et du "Tanio".
- Les apports prédominants sont les PCB pour les fleuves et les hydrocarbures dans les ports.
- La contamination par les PCB, DDT et HPA est assez comparable à celle des autres pays industrialisés.

1.2.3. Surveillance dans le sédiment.

La surveillance dans le sédiment n'a fait l'objet que d'une interprétation spatiale détaillée sur la période 1979 - 1981. Pour envisager une interprétation temporelle, une période d'au moins 10 ans est nécessaire.

Le sédiment constitue un indicateur d'intégration de la pollution chimique à long terme. Il permet de déceler les zones d'apports de la pollution et restitue les taches de dispersion dans l'environnement marin côtier, témoignant ainsi de l'état de contamination des fonds marins, source de perturbation des écosystèmes benthiques. (volume III, 3e partie).

1.2.4. Conclusions

La quatrième partie du volume III est consacrée à un bilan de la surveillance des polluants organiques : évaluation de sa conception, état de contamination du milieu, valorisation par les campagnes INTERSITE.

Le document s'achève par une note de synthèse complémentaire pour les PCB, DDT et HPA dans les moules et les huîtres de 1977 à 1986 (volume III, 5e partie).

Dans le cadre de l'assurance qualité, quatre intercalibrations ont été réalisées (voir le chapitre "assurance qualité" plus loin).

Les conclusions à retenir de l'interprétation des résultats de la surveillance RNO des polluants organiques dans la matière vivante et les sédiments sont les suivantes :

- Le sédiment est un bon substrat pour l'étude des polluants organiques absorbables sur les matières en suspension, celles-ci ayant tendance à sédimenter. Il l'est moins pour les substances hydrosolubles telles que le lindane qu'il est préférable de mesurer dans l'eau.
- Du fait de son hétérogénéité, le sédiment souffre de l'absence de normalisation (voir plus loin).
- Les variations interspécifiques entre moules et huîtres sont suffisamment faibles pour ne pas en tenir compte dans l'étude de répartition géographique, d'où une meilleure couverture nationale et une comparaison possible des résultats avec ceux des autres pays pour les deux genres concernés.
- Malgré l'existence de variations aléatoires et de fortes amplitudes à court terme, il a été possible d'envisager des évaluations de tendance à long terme pour les mesures dans la matière vivante.

1.3. Mercure et Cadmium

Le volume IV est une étude critique des résultats de mercure et de cadmium mesurés dans l'eau, la matière vivante et le sédiment. Les exercices d'intercalibration qui l'accompagnent permettent d'appuyer les conclusions qui en sont tirés et les recommandations qui s'en suivent. Le document se compose de trois parties : eau, matière vivante, sédiment.

Dans l'eau, l'amélioration du niveau de contamination du mercure dans les eaux océaniques constatée depuis 1934 est davantage liée à l'amélioration des méthodes analytiques qu'à une amélioration de la situation environnementale. Les niveaux sont en fait le plus souvent très faibles et la mesure du mercure dans l'eau est à déconseiller, pour l'instant, dans un réseau de surveillance. La mesure du cadmium n'échappe pas à la règle des difficultés analytiques liées à l'étude des métaux traces. Cependant, deux zones où les niveaux de contamination sont importants et comparables à ceux d'autres estuaires européens tels que l'Elbe et le Rhin ont été mis en évidence ; il s'agit de la baie de Seine et de l'estuaire de la Gironde.

Dans la matière vivante, les travaux du RNO ont permis de cerner les niveaux de concentration du mercure et du cadmium et les tendances temporelles significatives. De plus, grâce à la densité de la grille des stations et à la fréquence d'échantillonnage, des différences régionales ont été distinguées. St Jean de Luz et l'estuaire de la Gironde sont des sites manifestement contaminés, le premier par le mercure, le second par le cadmium ; mais globalement, l'ensemble des sites présentent des niveaux voisins de ceux des autres pays. Cette approche dite de "moule témoin" est à maintenir à l'avenir.

Dans le sédiment, pour évaluer les niveaux de contamination, de nombreux paramètres explicatifs sont indispensables (ex : granulométrie, teneur en eau, matière organique) ainsi que des paramètres normalisateurs (ex : aluminium) pour comparer les niveaux de contamination des différents sites. Il existe un niveau de fond géochimique au-dessus duquel on peut considérer que les sédiments sont très probablement contaminés : le choix s'est porté sur 1 mg/kg en poids sec dans le cas du cadmium et 0,5 mg/kg en poids sec dans le cas du mercure. Pour obtenir une évaluation valable, il est fortement conseillé d'échantillonner dans des secteurs à biodéposition positive.

1.4. Assurance qualité

1.4.1. Physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulaire.

Les exercices d'intercalibration réalisés pour les éléments nutritifs (volume II, 3e partie) ont montré que la majorité des laboratoires maîtrisent bien le dosage du nitrate. Certains sous-estiment les valeurs dans le cas du nitrite et du silicate, ou montrent des difficultés à évaluer les teneurs au voisinage de la détection analytique pour le nitrite et le phosphate. D'autres paramètres ont également fait l'objet d'intercalibration (oxygène, fluorure, turbidité, salinité, chlorophylle a, carbone organique, particulaire et dissous). L'ensemble des résultats de ces intercalibrations sont rassemblées sous la forme de vingt-huit fiches techniques détaillées (volume II, 3e partie, II).

1.4.2. Polluants organiques

Les exercices d'intercalibration menées depuis 1977 ont permis d'améliorer l'analyse des polluants organiques dans l'eau (volume III, 1ère partie), mais des problèmes méthodologiques subsistent tels que le seuil de détectabilité ou la reproductibilité analytique dans le cas des PCB, le choix des techniques de mesure en infra-rouge ou en ultra-violet dans le cas des hydrocarbures, et nécessitent de les poursuivre.

Dans le cas du compartiment matière vivante, le principe du laboratoire unique chargé du contrôle a assuré la reproductibilité analytique et a permis de déceler des tendances évolutives sur une décennie. Mais la qualité des mesures est alors essentielle et passe par l'utilisation systématique d'échantillons certifiés (volume I, chapitre II.3).

Les campagnes INTERSITE assurent une valorisation des résultats. Le choix du protocole analytique adopté doit alors correspondre aux recommandations de la communauté scientifique internationale formulées en général par les groupes de travail ad'hoc des organismes internationaux.

Dans le cas du sédiment (volume III, 3e partie, chapitre II) les résultats de quatre exercices d'intercalibration ont été présentés ; l'un a porté sur les hydrocarbures totaux, les trois autres sur les organochlorés.

1.4.3. Mercure et cadmium

Les exercices d'intercalibration menés sur les micropolluants minéraux ont été reportés dans le volume IV.

Trois exercices organisés par le CIEM ont montré la difficulté d'analyser le mercure dans l'eau de mer pour des raisons probablement méthodologiques. Les campagnes INTERSITE peuvent apporter des éléments de compréhension sur la biogéochimie du mercure en milieu estuarien et côtier (volume IV, 1ère partie).

Les exercices d'intercalibration ont mis en évidence les difficultés analytiques, dans la mesure du cadmium et du mercure dans le sédiment, au niveau des fonds géochimiques. Afin d'améliorer le prélèvement et l'analyse des sédiments en vue d'étudier leur contamination, il est nécessaire de se référer aux recommandations du comité d'avis sur la pollution marine du CIEM.

2. ORIENTATIONS

2.1. Remarques générales

Devant la multiplicité des auteurs ayant participé à la synthèse "dix années de surveillance 1974-1984", il est apparu nécessaire que ceux-ci se réunissent, pour clarifier et synthétiser les recommandations devant figurer en conclusion de cette publication. Les recommandations qui suivent sont le fruit de cette réflexion commune.

L'étude des résultats acquis par le RNO a montré la complémentarité des données sur les trois compartiments et la nécessité de poursuivre la surveillance sur l'eau, le sédiment et les organismes.

Il est nécessaire de doter le RNO d'un processus d'assurance de qualité adapté, basé sur l'adoption d'un manuel de bonnes pratiques de laboratoire et d'un protocole de validation systématique des données (annexe 3).

Il serait souhaitable que l'étude approfondie des problèmes de contaminations locales, mis en évidence par le RNO, soit prise en charge par les régions dans le cadre de la loi de décentralisation.

2.2. Compartiment eau

2.2.1. Physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulière.

Les paramètres de qualité du milieu marin, globalement à conserver, sont :

- la température et la salinité, en tant qu'indicateurs de masses d'eaux,
- les sels nutritifs, compte tenu de leur importance au niveau de la production primaire et secondaire.

Cependant la conservation de certains paramètres ne se justifie pas systématiquement en tout site de surveillance et pourrait ne l'être que dans des cas précis :

- Le pH dans le cas d'eau dessalée (étang de Berre).
- L'oxygène dissous dans les cas de risque d'anoxie (Seine, Loire, Berre).
- Les silicates du fait de la constance de ses niveaux et de l'apparente absence d'anomalie sur les sites surveillés. Ils peuvent être conservés dans le cas de la baie de Seine comme paramètres explicatifs supplémentaires dans les problèmes de dystrophie.

En ce qui concerne la matière organique et le matériel particulaire, les recommandations les plus intéressantes concernent le choix des paramètres :

- La mesure de la chlorophylle doit être conservée, mais l'utilité de celle des phaeopigments reste à démontrer.
- Pour l'estimation du stock particulaire, les deux paramètres carbone organique particulaire et matière en suspension doivent être couplés.
- Il semble préférable d'abandonner la mesure du carbone organique total.
- Le carbone organique dissous pourrait être ajouté à la liste des paramètres mesurés.
- L'azote organique particulaire et dissous pourraient être introduits utilement à titre d'indicateur de la nature de la matière organique, mais peuvent présenter des difficultés analytiques.

2.2.2. Polluants organiques

Hormis la difficulté analytique inhérente au contrôle dans l'eau, certaines recommandations peuvent être faites en fonction du problème posé :

- Hétérogénéité des techniques de mesure pour les hydrocarbures : utiliser la spectrométrie UV avec un étalon de référence unique pour l'ensemble des laboratoires prestataires.
- Variabilité des seuils de détectabilité pour une technique de mesure unique (cas des PCB) : choisir ses partenaires en fonction de ses compétences pour le paramètre étudié.
- Absence de comparaison inter-laboratoires pour une méthode analytique standardisée (cas des détergents) : assurer une rigueur analytique par le biais de l'assurance qualité des mesures lors d'exercices d'intercalibrations à développer ou à poursuivre.
- Seul le lindane, insecticide chloré soluble dans l'eau peut être mesuré de préférence dans l'eau plutôt que dans la matière vivante ou le sédiment.

2.2.3. Polluants métalliques

Au vu des résultats obtenus depuis 1974 il conviendrait d'interrompre le type de prélèvement RNO pour la mesure des métaux dans l'eau en attendant :

- de s'assurer de la qualité des prélèvements, du stockage et des analyses,
- de mettre sur pied une grille de stations dont les résultats seront interprétables dans une optique de contrôle de la pollution.

2.2.4. Autres recommandations

En situant le RNO dans un contexte international, il serait souhaitable de développer des campagnes océanographiques internationales côtières pluridisciplinaires permettant une interprétation des résultats en termes géographique et biogéochimique ; une telle interprétation devrait déboucher sur un positionnement de stations de référence basé sur la connaissance du milieu et le comportement du contaminant à contrôler.

En situant le RNO dans un contexte de prévention de pollution, l'estuaire devrait être considéré comme un système dont on surveillerait les entrées (flux bruts) et les sorties (flux nets). La surveillance d'un milieu estuarien pourrait alors s'exercer sur deux régions.

- En amont : surveillance des apports fluviaux en formes dissoute et particulaire en une station située en amont de la limite de marée dynamique, donc uniquement représentative des apports fluviaux bruts (lignes directrices GCCSC).
- En aval : surveillance des niveaux dans le milieu côtier et évaluation des transferts aux zones marines adjacentes ; on se référera aux stratégies de mesures développées par le groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine (GESAMP, 1987).

2.3. Compartiment matière vivante.

Dans le cadre de la sous-traitance, en 1984-1985-1986 deux tiers des analyses RNO "matière vivante" ont été effectuées par des laboratoires extérieurs à IFREMER. En 1986 un bilan de cette expérience a fait apparaître les points suivants :

- La sous-traitance soulève le délicat problème du contrôle de la qualité des analyses réalisées par des laboratoires prestataires sans support de recherche et non directement concernés par l'interprétation des données.
- On constate que, pour un résultat globalement négatif, les actions d'assurance de qualité ont représenté un surcroît de travail important atteignant 16% des analyses réalisées en sous-traitance.

Il est donc recommandé que, pour une meilleure homogénéité des données, la totalité des analyses RNO "matière vivante" soient réalisées dans un laboratoire unique IFREMER. Le laboratoire étant impliqué dans la recherche méthodologique au niveau international (MED POL, CIEM) ainsi que dans l'exploitation des résultats, la cohérence analytique serait ainsi sauvegardée.

Dans l'optique d'une évaluation des niveaux et tendances des contaminants métalliques, la matière vivante sera un support privilégié pour des études à court (3 ans) ou moyen terme (10 ans) ; Le sédiment ne permettra de discerner que des évolutions à long terme mais sera un bon indicateur d'état du milieu. Cette remarque est également valable dans le cas des polluants organiques (paragraphe 2.2. précédent).

La qualité dans l'interprétation tient notamment à la densité des stations et à la fréquence de l'échantillonnage. De telles conditions doivent être maintenues pour consolider le système de surveillance de la contamination de notre littoral qui est constitué par le RNO.

Un des mérites du procédé est par ailleurs, tout en localisant des régions à niveaux élevés, de susciter des recherches plus approfondies, comme celles qui ont été déjà entreprises en Gironde dans le cas du cadmium. Le bassin de Marennes-Oléron, une région importante de production conchylicole nous semble aussi dans cette optique, une zone type où des études sont nécessaires pour élucider la cause des niveaux relativement élevés, en mercure et en cadmium, qui ont été observés.

Compte tenu de leur disponibilité régionale régulière, il a été nécessaire d'utiliser cinq espèces de mollusques pour assurer une surveillance convenable du littoral français. *Mytilus edulis* a été utilisée dans 37 stations, *Mytilus galloprovincialis* dans 23 stations et *Crassostrea gigas* dans 38 stations. *Ostrea edulis* est peu représentée : 4 stations seulement, de même que *Cardium edule*.

L'hypothèse d'une distorsion géographique introduite par la différence de facteur de bioconcentration de chacune de ces espèces a été examinée. Cette différence est bien mise en évidence dans le cas de certains métaux lourds. Elle est très importante plus spécialement dans le cas du cadmium et du zinc où elle peut atteindre des facteurs de 3 à 10 (BOUTIER, 1981). Pour les polluants organiques, tels que hydrocarbures, PCB, DDT, on ne constate pas de telles variations.

Il conviendrait de supprimer les prélèvements de coques (*Cardium edule*) et d'huîtres plates (*Ostrea edulis*) que leur petit nombre et la difficulté de comparer ces espèces aux trois autres rend inexploitable. Le remplacement de ces deux espèces par l'une des trois autres sera recherché.

En raison de leur importance en tant que contaminants prioritaires et de leur toxicité vis-à-vis de l'homme, le méthylmercure, l'arsenic et l'étain pourrait être des paramètres supplémentaires à mesurer.

Pour les polluants organiques, il conviendrait dans un premier temps d'inclure la quantification individuelle des congénères de PCB identifiés comme le conseillent les instances internationales. De plus, afin de tenir compte de l'évolution d'usage des pesticides ou herbicides sous la pression économique ou réglementaire, il conviendrait de développer la surveillance de produits phytosanitaires actuels dont on ignore tout en milieu marin.

En ce qui concerne les obligations internationales de surveillance dans le cadre du PCCSC et de la convention de Barcelone, l'échantillonnage du RNO ne répond pas encore aux protocoles imposés dans le cas des prélèvements de poissons plats et de crevettes. Il conviendrait donc de réaliser l'échantillonnage permettant de satisfaire aux engagements pris par la France, et ce, dans le cadre des objectifs déclarés pour chaque zone concernée, à savoir :

Objectif a : Evaluation des risques possibles pour la santé humaine,

- Marennes-Oléron,
- Arcachon.

Objectif c : Evaluation des niveaux existants de pollution marine,

- estuaire de la Loire,
- estuaire de la Gironde,
- rade de Brest.

Objectif d : Evaluation de l'efficacité des mesures prises dans le cadre des conventions en vue de diminuer la pollution marine,

- baie de Seine.

2.4. Compartiment sédiments

La stratégie d'échantillonnage pourrait être aménagée selon le niveau d'information désiré.

- a) Un premier niveau d'interprétation de contamination pourrait être atteint en appliquant certains principes simples :
 - Prélèvements superficiels à l'aide d'un dispositif respectant (autant que possible) la structure du sédiment.
 - Analyse du sédiment total, par une méthode de dissolution complète (HF,...).
 - Obtention simultanée de paramètres permettant de caractériser le sédiment et de situer les valeurs en contaminants observées par rapport au contexte naturel (carbone organique, Al, Sc, Fe, Li...).
- b) Un second niveau d'interprétation plus poussé, qui viserait par exemple à établir des tendances temporelles, nécessiterait des études plus complexes, basées sur l'exploitation de carottes de sédiments :
 - Il conviendrait d'abord de sélectionner dans la mesure du possible des zones de sédimentation régulière et de distinguer le type de dépôt auquel on a à faire au moins par un tracé de l'échosonde du navire. Une meilleure approche consiste à utiliser des profils sismiques. Ceci permettrait l'identification et l'épaisseur des dépôts.
 - Ensuite, une description des principales caractéristiques des carottes prélevées est extrêmement utile: couleur, morphologie, aspect général, présence d'organismes et radiographie X.
 - La teneur en eau, la distribution en taille des grains sédimentaires, la teneur en matière organique, sont des paramètres indispensables à connaître. Il en est de même des concentrations en aluminium, fer et manganèse qui permettent de mieux caractériser le sédiment.
 - Enfin la datation au plomb 210 en excès est une information extrêmement utile qui dans le meilleur des cas permet de connaître l'âge des dépôts récents.

On se référera avec beaucoup de profit aux recommandations émises par le Comité d'avis sur la pollution marine du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (ACMP, ICES, 1984) qui a produit un protocole pour prélever et analyser les sédiments en vue d'en étudier la contamination.

BIBLIOGRAPHIE

ACMP, ICES, 1984. - Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution, 1984. Cooperative Research Report n° 132. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark : 135 p.

BOUTIER (B.), 1981. - Synthèse des résultats de la surveillance des micropolluants dans la matière vivante. Bulletin du RNO n° 17. Ministère de l'Environnement : pp. 115-174.

COSSA (D.), 1987. - Les éléments en trace dans l'eau de mer : leurs niveaux de concentrations et leurs mesures (revue bibliographique). Rapport IFREMER. DERO. 87-04. MR : 12 p.

GESAMP, 1987. - Land/Sea boundary flux of contaminants : contributions from rivers. Rep. Stud. GESAMP [Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution] n° 32 : 172 p.

RNO, 1977. - Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Résultat de l'enquête effectuée en 1976 sur les teneurs anormales en mercure relevées dans le golfe de Fos. Ministère de la Culture et de l'Environnement et Centre National pour l'Exploitation des Océans. Document COB/RNO / 119 / 77, 106 p. (épuisé).

RNO, 1978. - Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Première synthèse des travaux de surveillance 1975-1976-1977. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie et Centre National pour l'Exploitation des Océans. Document RNO / MC / MCR / 111 / 78, 51 p. (épuisé).

ANNEXES

ANNEXE 1 : Sigles distinctifs attribués aux noms de pays.

ANNEXE 2 : Liste des codes des laboratoires du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin.

ANNEXE 3 : Protocole de validation des données du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin "compartiment matière vivante".

ANNEXE 1

SIGLES DISTINCTIFS ATTRIBUÉS AUX NOMS DE PAYS

B	Belgique
CDN	Canada
D	Allemagne (République Fédérale)
DDR	Allemagne (République Démocratique)
DK	Danemark
E	Espagne
GB	Grande-Bretagne et Irlande du Nord
I	Italie
IRL	Irlande (Eire)
IS	Islande
J	Japon
MC	Monaco
N	Norvège
NL	Pays-Bas
P	Portugal
PL	Pologne
S	Suède
SF	Finlande
SU	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
USA	Etats-Unis d'Amérique

ANNEXE 2

LISTE DES CODES DES LABORATOIRES DU RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

- 1 Laboratoire Départemental d'Ajaccio. 18 boulevard Lantivy. 20000 AJACCIO.
- 2 Centre Scientifique de Monaco. 16 boulevard de Suisse. Monte-Carlo. Principauté de Monaco.
- 3 Station Marine. Université de Paris VI. 06230 VILLEFRANCE SUR MER.
- 4 Laboratoire d'Hygiène. Section Hydrologie-Nuisances. 8 rue de L'Hôtel des Postes. 06000 NICE.
- 5 Laboratoire de Chimie Appliquée. Commissariat à l'Énergie Atomique.
BP 1. 13115 ST PAUL LES DURANCE.
- 6 Laboratoire de Chimie Appliquée à l'Expertise. Faculté de Pharmacie. 34000 MONTPELLIER.
- 7 Laboratoire Arago. Université de Paris VI. 66650 BANYULS SUR MER.
- 8 Centre de Recherches de Sédimentologie Marine. Université de Perpignan.
Avenue de Villeneuve. 66025 PERPIGNAN.
- 9 Laboratoire Municipal. Rue du Professeur Vèzes. 33300 BORDEAUX.
- 10 IFREMER. Centre de Nantes. Rue de l'Île d'Yeu. BP 1049. 44037 NANTES CEDEX.
- 11 IFREMER. Centre de Brest. BP 337. 29273 BREST CEDEX.
- 12 Laboratoire d'Océanographie Chimique. Université de Bretagne Occidentale.
6 avenue Le Gorgeu. 29283 BREST CEDEX.
- 13 Laboratoire Municipal. 29 rue Bourg l'Abbé. 76000 ROUEN.
- 14 Flandres Analyses. BP 3158. 59377 DUNKERQUE CEDEX 1.
- 15 Centre d'Études et de Recherches de Biologie et d'Océanographie Médicale.
Parc de la Côte. 1 avenue Jean-Lorrain. 06300 NICE.
- 16 Laboratoire Départemental d'Hygiène. Rue Fred Scamaroni. 14000 CAEN.
- 17 Institut de Biologie Maritime et Régional. 28 avenue Foch. BP 41. 62930 WIMEREUX.
- 18 Laboratoire d'Hydrobiologie Marine. Université de Marseille Luminy.
70 rue Léon-Lachamp. 13288 MARSEILLE CEDEX 2.
- 19 Laboratoire d'Hydrologie. Faculté de Pharmacie.
27 boulevard Jean-Moulin. 13385 MARSEILLE CEDEX 4.
- 20 Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine. Université de Bordeaux I.
351 cours de la Libération. 33405 TALENCE.
- 21 Guigues S.A. Société d'Études et Conseils. 1 allée Bastide des Cyprès. 13100 AIX EN PROVENCE.
- 22 Centre d'Études Techniques de l'Équipement. ZI des Milles. BP 39. 13290 AIX EN PROVENCE.
- 23 Laboratoire Municipal. 5 rue Raymond-Guénot. 76000 LE HAVRE.
- 24 Institut National de Recherche Chimique Appliquée. Centre de Recherche. BP 1. 91710 VERT LE PETIT.
- 25 CEN Grenoble. Service de Chimie Appliquée. BP 85. 38041 GRENOBLE CEDEX.
- 26 Laboratoire d'Hygiène de la ville de Paris. 1 bis rue des Hospitalières Saint-Gervais. 75004 PARIS.
- 27 Laboratoire de Contrôle des Eaux de la ville de Paris.
144 et 146 rue Paul Vaillant Couturier. 75014 PARIS.
- 28 Laboratoire d'Océanographie. Université de Marseille Luminy.
70 rue Léon-Lachamp. 13288 MARSEILLE CEDEX 2.
- 30 Institut Pasteur. Service des Eaux. 15 rue Camille-Guérin. BP 245. 59019 LILLE CEDEX.
- 33 Laboratoire du Port Autonome de Rouen. 34 boulevard de Boisguilbert. 76037 ROUEN CEDEX.
- 34 Laboratoire National de la Santé. Section des Études Hydrologiques et Thermales.
1 rue Lacretelle. 75015 PARIS.
- 35 École Normale Supérieure. Laboratoire de Géologie. 46 rue d'Ulm. 75230 PARIS CEDEX 05.
- 36 IFREMER. Centre de Brest. Environnement Littoral. Équipe Écologie. BP 337. 29273 BREST CEDEX.
- 37 IFREMER. Station de la Trinité-sur-Mer. 12 rue des Résistants. 56670 LA TRINITÉ-SUR-MER.
- 38 IFREMER. Station de la Tremblade. Mus du Loup. 17390 LA TREMBLADE.
- 39 IFREMER. Station d'Archachon. 63 boulevard Deganne. 33120 ARCACHON.
- 40 IFREMER. Station de Sète. 1 rue Jean-Vilar. 34200 SÈTE.
- 41 Laboratoire Central d'Hygiène Alimentaire. 43 rue de Dantzig. 75015 PARIS.
- 42 Laboratoire Départemental d'Hygiène de Loire-Atlantique. 26 boulevard Victor-Hugo. 44200 NANTES.
- 43 IFREMER. Centre de Brest. Qualification et Essais. BP 337. 29273 BREST CEDEX.
- 51 Laboratoire de Toxicologie. UER des Sciences Pharmaceutiques.
1 rue Gaston-Veil. 44035 NANTES CEDEX.
- 52 Agence Internationale de l'Énergie Atomique. Laboratoire International de Radioactivité Marine.
Musée Océanographique. Principauté de MONACO.
- 54 CEA. DRA / SEA / SCAPE. BP. Cenfar. 92260 FONTENAY AUX ROSES.

ANNEXE 3

PROCOLE DE VALIDATION DES DONNÉES DU RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN "COMPARTIMENT MATIÈRE VIVANTE"

Tout programme de surveillance doit s'accompagner d'une politique de validation des données. Cette validation est la seule manière d'obtenir des données fiables pouvant être exploitées directement. Elle est nécessaire même lorsque les méthodologies ou les laboratoires ne sont pas a priori suspects. Il était recommandé que cette validation soit effectivement appliquée à la base de données RNO.

Dans ce but une réflexion s'appuyant sur les dernières publications relatives à la validation des données fit ressortir les principes suivants comme étant à recommander dans le cadre du RNO.

- Le mot valide signifie "utilisable dans un but déterminé".
- Les données valides sont celles qui résultent de mesures valides appliquées à des échantillons valides, sélectionnés selon un plan d'échantillonnage valide.
- La calibration est une étape décisive.
- L'utilisation d'échantillons de référence est une excellente façon d'évaluer la qualité d'une mesure.
- La découverte de causes objectives qui étayent la suspicion de mauvais résultats est à elle seule une raison qui justifie le rejet de certaines données. En l'absence de causes attribuables, des tests statistiques sont nécessaires. Un seuil de confiance à 95 % est recommandé.
- Pour permettre une validation, il est indispensable que toutes les données soumises soient accompagnées des informations nécessaires à l'évaluation de leur qualité. L'absence de tels renseignements est une raison suffisante de rejet.
- Lorsque 5 % des données s'avèrent devoir être rejetées, le processus de mesure doit être remis en cause.
- La revue par les pairs doit être une pratique courante.

Le processus de validation des données RNO matière vivante se décompose en cinq étapes :

- Chaque spécialiste de chaque paramètre ou famille de paramètres étudiera les données brutes. Ceci conduira éventuellement à l'élimination de certaines séries de résultats sur des raisons objectives incontestables. Ce sera entre autre le cas pour des séries objectivement erronées au vu des intercalibrations ayant eu lieu à l'époque considérée.
- Le but du RNO étant la connaissance des niveaux et des tendances, l'espèce prélevée doit être toujours la même pour une station donnée. Il conviendra donc d'éliminer également les quelques séries portant sur d'autres espèces que celle associée au point de mesure considéré.
- Une fois ces données supprimées, la distribution des valeurs restantes sera testée par point de mesure et par paramètre (Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV).
- En cas de distribution normale ou lognormale, il sera procédé sur ces populations à l'élimination des valeurs aberrantes sur la base de tests statistiques (en particulier le test de DIXON).
- Les valeurs rejetées par ces tests seront, après étude au cas par cas, éliminées définitivement de la base de données RNO.

L'application au RNO de ce processus de validation sur l'ensemble des résultats de la matière vivante 1979-1986 conduit à rejeter certaines données dans les proportions suivantes :

- Ensemble des résultats

Métaux	2,9 %
Micropolluants organiques	7,6 %

- Résultats sous-traités seulement

Métaux	4,4 %
Organiques	25,2 %

- Résultats obtenus par le laboratoire IFREMER de Nantes seulement

Métaux	2,6 %
Organiques	3,6 %