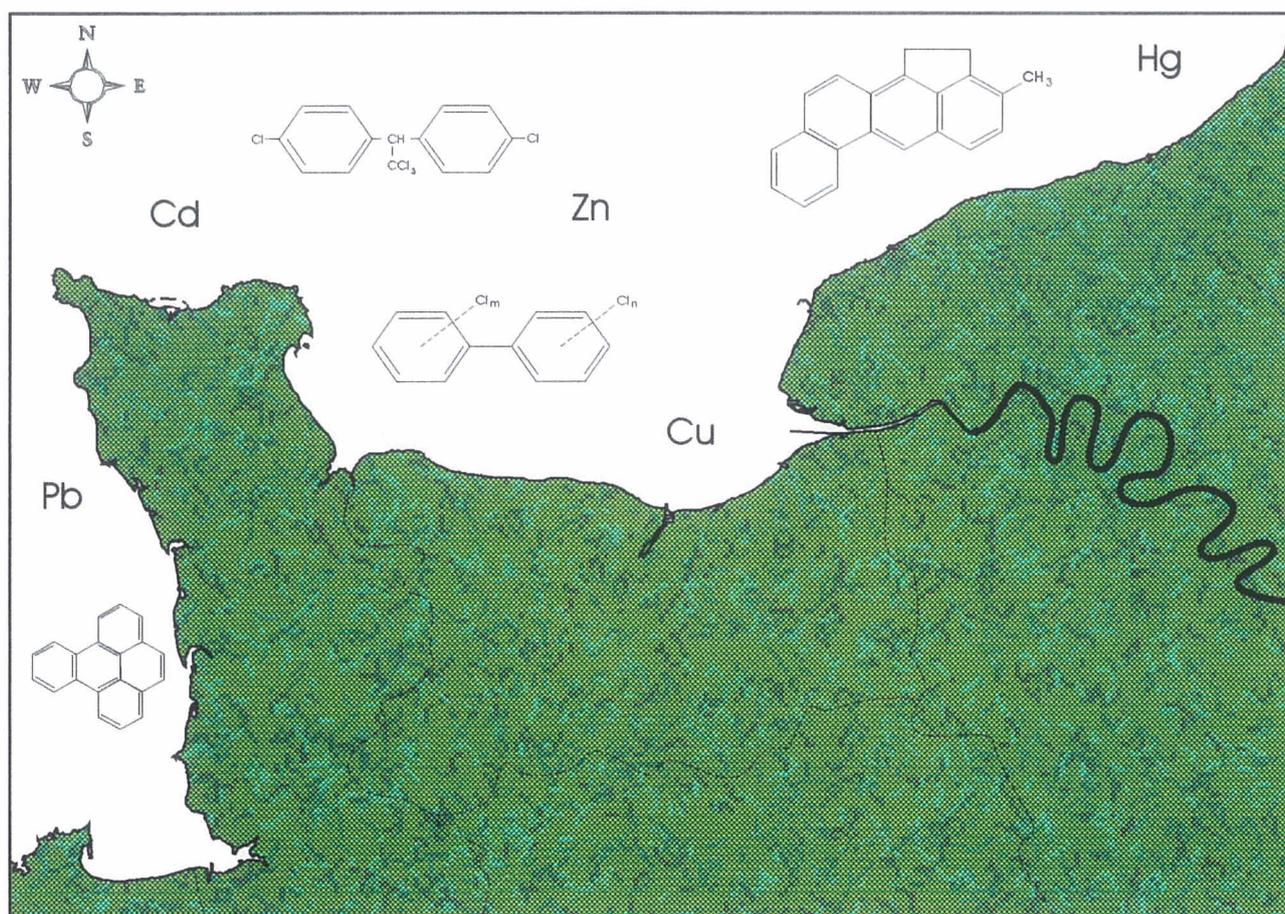


DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET
DE L'AMENAGEMENT LITTORAL

**Bilan du Réseau National d'Observation
de la qualité du milieu marin (RNO)
en Normandie (1983-1992)**

Par Nathalie DIETLIN



DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET
DE L'AMENAGEMENT LITTORAL

**Bilan du Réseau National d'Observation
de la qualité du milieu marin (RNO)
en Normandie (1983-1992)**

Par Nathalie DIETLIN

Sous la direction d'Hélène JEANNERET

Collaboration technique pour
la cartographie : Claude ETOURNEAU
la mise en page : Corinne FLOCH

Adresse :
 IFREMER
 Station de Port en Bessin
 Ave du Général de Gaulle
 14520 PORT EN BESSIN

AUTEUR(S) Nathalie DIETLIN	CODE N° : R.INT.DEL/94.17-PORT EN BESSIN
TITRE Bilan du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) en Normandie (1983-1992)	date : décembre 1994 tirage nb : 150 Nb pages : 64 Nb figures : 38 Nb photos : 0
CONTRAT (intitulé) N° _____	DIFFUSION libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME

L'objectif principal du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) est l'appréciation des niveaux et tendances de certains contaminants, organiques et métalliques, dans le milieu marin.

Ce rapport dresse le bilan de 10 ans de surveillance par le RNO, de tout le littoral normand. Les paramètres retenus pour cette étude sont : le cuivre, le plomb, le zinc, le cadmium, pour les métaux, les PCB, les HAP, les α HCH et γ HCH, le DDT et ses métabolites, pour les composés organiques.

L'étude de l'évolution des teneurs montre que les métaux ont tous une tendance à la hausse, tandis que les composés organiques sont tous en baisse. On constate également que l'estuaire et la baie de Seine constituent l'ensemble côtier français le plus contaminé par les PCB. Mais il faut tout de même remarquer que toutes les zones conchylicoles normandes sont de bonne qualité pour ce qui concerne les concentrations des composés cités.

mots clé : métaux, organochlorés, réseau de surveillance, Normandie

key words :

Avant-propos

Je remercie Monsieur Dominique GODEFROY, de Port-en-Bessin, correspondant RNO en Normandie, pour son soutien tout au long de cette étude.

Je remercie également Monsieur Didier CLAISSE, de l'IFREMER de Nantes, coordonnateur du RNO au niveau national, pour son aide précieuse.

Merci à Monsieur Serge SIMON, animateur scientifique de la Commission Baie de Seine, pour sa sympathique collaboration.

Je tiens enfin à remercier Monsieur Benoît BELIAEFF, statisticien, pour ses conseils avisés.

SOMMAIRE

	INTRODUCTION	p.1
	LE RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION (RNO)	p.3
	1. Généralités	p.5
	2. Prélèvements sur le littoral normand	p.7
	3. Exploitations antérieures des données	p.11
	CARACTERISTIQUES ET ORIGINES DES DIFFERENTS CONTAMINANTS	p.13
	1. Les composés organochlorés	p.15
	2. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques : HAP	p.17
	3. Les métaux	p.18
	4. Origines de la contamination	p.21
	METHODES D'EXPLOITATION DES DONNEES	p.25
	1. Moyennes sur 2 ans	p.27
	2. Moyennes sur 10 ans	p.28
	3. Intervalles de confiance	p.28
	4. Comparaison des moyennes	p.29
	5. Tendances sur 10 ans	p.29
	COMPARAISON DES SITES ET EVOLUTION DES TENEURS	p.31
	1. Les métaux	p.33
	2. Les composés organochlorés	p.41
	3. Comparaison de l'estuaire de la Seine avec l'estuaire de la Loire	p.49
	4. Discussion	p.54
	CONCLUSION	p.63
	ANNEXES	
	BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION

Le Littoral est une zone vulnérable, extrêmement productive et en constante évolution. Théâtre d'une forte activité humaine, il reçoit les eaux chargées en contaminants (rejets urbains, industriels et agricoles) et véhiculées par les rivières, les fleuves, les ruissellements, l'atmosphère et les rejets directs. La protection et l'aménagement du littoral représentent aujourd'hui en France et en Europe un enjeu très important.

Les polluants sont par définition des substances dont la présence dans la mer, et l'influence sur la vie marine, se traduisent par la perte ou l'altération d'une quelconque ressource océanique et empêchent sa pleine utilisation. Il est évidemment impossible d'interrompre complètement l'arrivée des polluants dans la mer. Un des problèmes actuels est en fait de définir le niveau de contamination que le milieu marin peut accepter, étant bien entendu qu'une surveillance des niveaux de pollution n'exclut en aucun cas le risque de détérioration des ressources marines.

Afin de suivre cette pollution, l'IFREMER a mis en oeuvre trois réseaux d'observation du milieu marin littoral. Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) surveille les paramètres généraux de la qualité des masses d'eau et mesure les niveaux de contamination et les effets biologiques de certains contaminants métalliques et organiques ; le Réseau de surveillance Microbiologique (REMI) suit la qualité microbiologique du milieu marin au travers des coquillages ; le Réseau de surveillance PHYtoplanctonique (REPHY) collecte des données sur les populations phytoplanctoniques et dépiste les espèces toxiques. Ces réseaux permettent de disposer de longues séries de données utiles pour suivre les niveaux de pollution et en connaître l'évolution dans le temps.

Ce rapport dresse le bilan de 10 ans de surveillance par le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin en Normandie : il fait le point sur les niveaux de présence de certains contaminants et sur leur évolution, et tente de dégager les secteurs critiques en fonction des différents usages du littoral.



LE RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION (RNO)

1. GENERALITES

- 1.1. La surveillance dans la masse d'eau
- 1.2. La surveillance dans la matière vivante
- 1.3. La surveillance dans le sédiment
- 1.4. La surveillance des effets biologiques

2. PRELEVEMENTS SUR LE LITTORAL NORMAND

- 2.1. Dans la masse d'eau
- 2.2. Dans la matière vivante
- 2.3. Dans le sédiment
- 2.4. Les effet biologiques

3. EXPLOITATIONS ANTERIEURES DES DONNEES

LE RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION (RNO)

Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO), mis en place par le Ministère de l'Environnement en 1974, a pour premier objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin. L'ensemble des activités du RNO est coordonné par l'IFREMER. Le suivi est effectué sur trois compartiments :

- ↳ l'eau
- ↳ la matière vivante (moules, huîtres)
- ↳ le sédiment

1. GENERALITES

1.1. La surveillance dans la masse d'eau

Les paramètres physico-chimiques étudiés dans la masse d'eau sont : température, salinité, pH, oxygène dissous, sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, silice), chlorophylle, phéopigments, matières en suspension, turbidité, carbone organique et sulfates.

Les prélèvements sont effectués à différentes profondeurs dans la masse d'eau, selon les sites (surface, -1 m, -4 m, fond).

1.2. La surveillance dans la matière vivante

Les organismes marins ont la propriété d'accumuler certains contaminants présents dans l'eau. Il est commode d'utiliser cette faculté pour surveiller le niveau de contamination du milieu car les concentrations mesurées dans les coquillages sont plus élevées que celles observées directement dans l'eau et plus représentatives de l'état chronique de la zone.

La matière vivante permet la surveillance de nombreux contaminants tels que hydrocarbures, organochlorés (lindane, heptachlore, aldrine, polychlorobiphényles), métaux (mercure, cadmium, plomb, zinc, cuivre), etc.

Dans ce rapport, les concentrations sont exprimées en fonction du poids sec des échantillons (chair lyophilisée).

1.3. La surveillance dans le sédiment

Le sédiment constitue aussi un indicateur d'intégration de la contamination chimique à long terme. Il permet de déceler les zones d'apport 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.

Le suivi effectué sur le sédiment est basé sur la granulométrie, la matière organique, la calcimétrie et les contaminants déjà cités pour la matière vivante.

1.4. La surveillance des effets biologiques

Un dernier type de surveillance est actuellement en cours de développement, sous forme de suivi des effets biologiques. Dans ce but, sont effectuées des mesures biochimiques de l'EROD* pour la détection d'effets de certains polluants organiques.

L'EROD située principalement dans les cellules du foie est une enzyme détoxifiante dont l'activité est induite par les PCB* et les HAP*. Elle est facile à doser en fluorimétrie par une méthode rapide sur microplaque. Il y a une relation directe entre le niveau de contamination, et l'activité de l'EROD, mais il faut bien noter que cette relation, à l'heure actuelle, est uniquement qualitative. Une telle enzyme, présente dans le foie des poissons, constitue seulement un indice d'exposition (GALGANI et al.,1992), qui doit être interprété par rapport à des zones témoins exemptes de contamination.

**Ethoxy-
résorufine-o-
dééthylase*

**Polychloro-
biphényles*

**Hydrocar-
bures
aromatiques
polycycliques*

2. PRELEVEMENTS SUR LE LITTORAL NORMAND

2.1. Dans la masse d'eau

Les mesures sont effectuées, pour le littoral normand, au niveau de l'embouchure de la Seine et de l'embouchure de l'Orne. Le plan d'échantillonnage s'attache à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau par des prélèvements répartis sur toute la gamme de salinité (0 à 35‰). La fréquence de ces prélèvements est plus ou moins grande, pouvant aller jusqu'à une fréquence mensuelle selon les points de suivi (Fig.1).

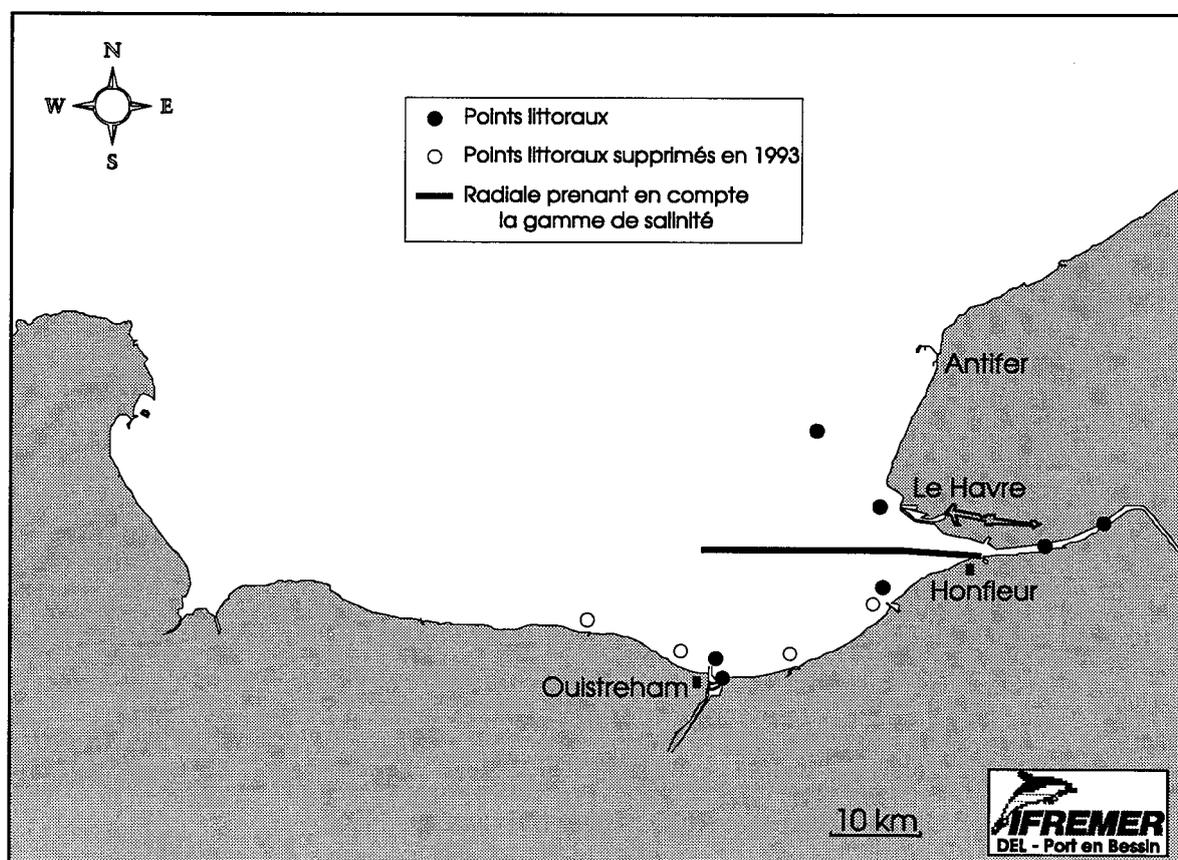


Figure 1 : RNO Hydrologie depuis 1985

2.2. Dans la matière vivante

Les paramètres suivis au niveau du littoral normand sont : mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu), polychlorobiphényles (PCB), dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et ses métabolites (DDE, DDD), hexachlorocyclohexane (α HCH, γ HCH ou lindane), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Sur la côte normande (Fig. 2), la moule est le coquillage retenu pour le suivi, car présent sur tout le littoral (élevage ou gisement naturel).

A l'exception du Moulard (suivi depuis fin 1989), de Vaucottes et de Veulettes (suivis depuis début 1989) et d'Antifer (suivi depuis début 1986), tous les points sont échantillonnés au moins depuis 1983.

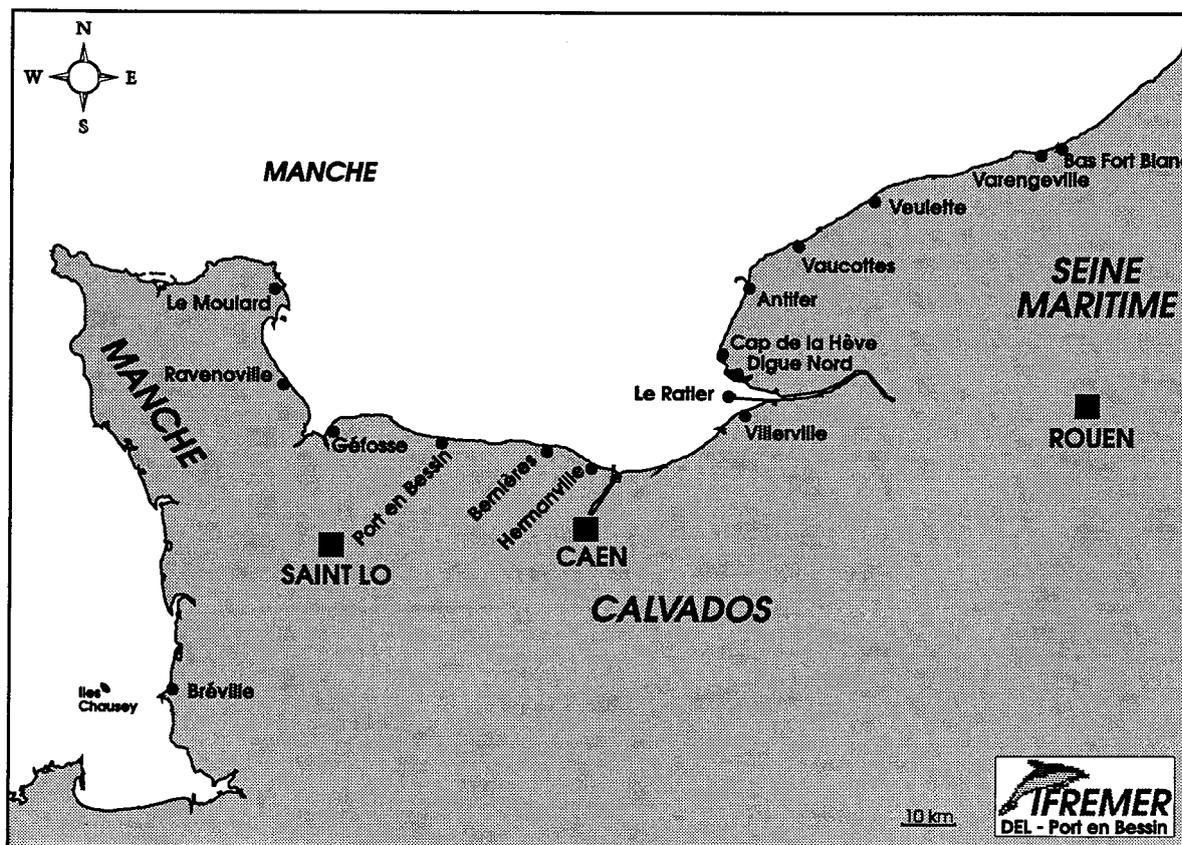


Figure 2 : RNO Matière Vivante en 1992

2.3. Dans le sédiment

Plusieurs campagnes de prélèvement de la couche de surface des sédiments ont été effectuées, réalisées à intervalle de cinq à dix ans selon les sites (Fig.3).

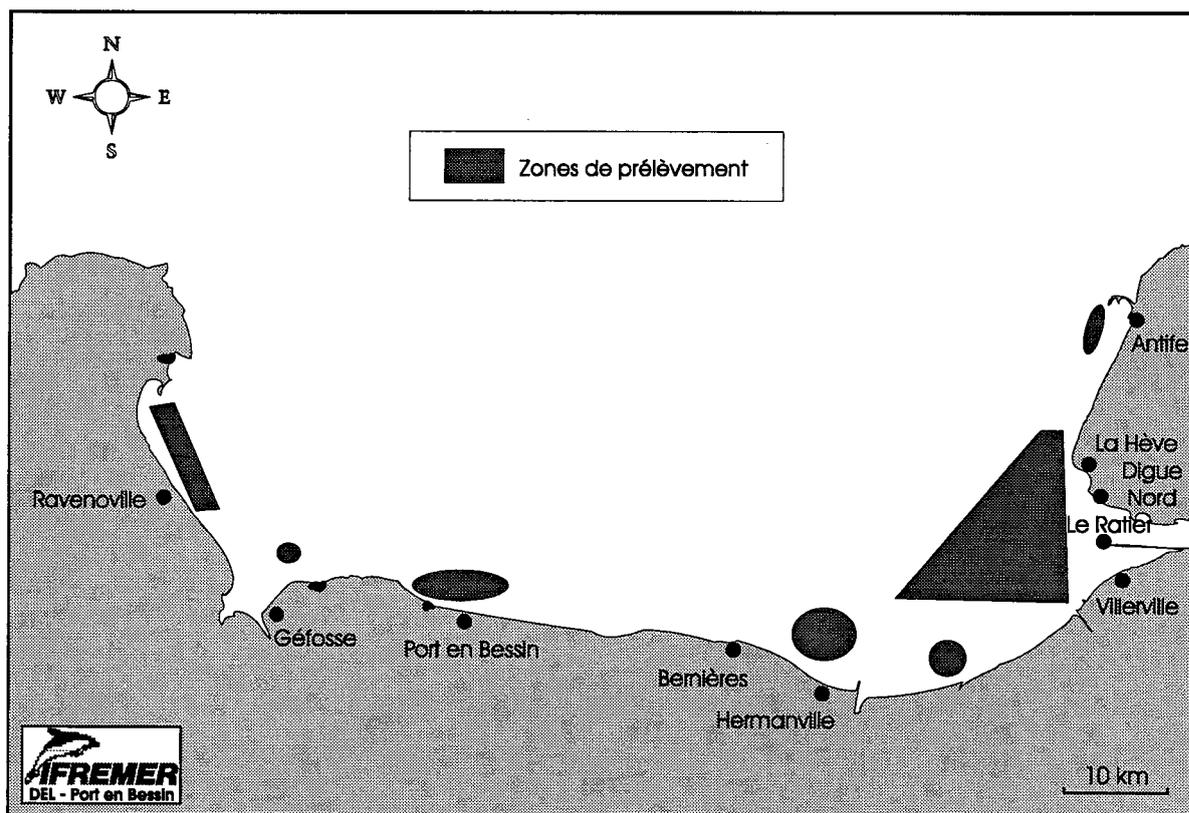


Figure 3 : RNO Sédiment en 1993

2.4. Effets biologiques

En Manche, les espèces prélevées sont le callionyme (*Callionymus lyra*) et la limande (*Limanda limanda*).

Les prélèvements sont effectués lors de deux campagnes par an, au début du printemps et au début de l'automne (Fig.4).

Les données recueillies depuis 1989, date de mise en oeuvre de ce type de suivi, ne seront pas étudiées dans ce rapport, car le peu de recul rend impossible la mise en évidence de tendances dans l'évolution des polluants concernés. En effet, ce genre de surveillance n'est pas encore passé au stade de la routine, et demande à être encore affiné et complété (BURGEOT, 1994).

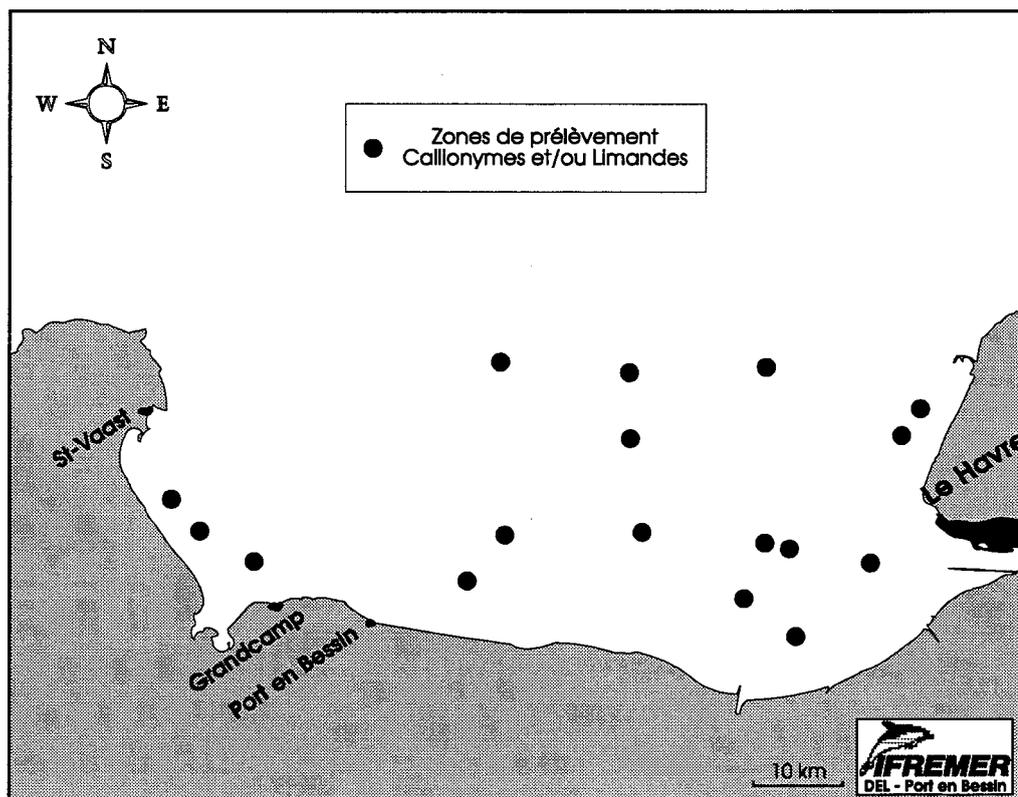


Figure 4 : RNO Effets Biologiques 1993

3. EXPLOITATIONS ANTERIEURES DES DONNEES

L'ensemble du littoral français fait régulièrement l'objet de rapports RNO. En Normandie, quelques synthèses supplémentaires ont été réalisées.

A la demande de la Commission Baie de Seine, l'AESN* a mis en place en 1977 le réseau complémentaire du RNO, avec pour objectif l'évaluation de l'influence des apports de la Seine sur les côtes du Calvados. Dans ce but, une exploitation des données hydrologiques recueillies entre 1977 et 1991 a été réalisée par l'IFREMER (JOANNY et QUINTIN, 1992).

* Agence de
l'Eau Seine-
Normandie

D'autre part, des travaux ont été menés par S. SIMON, animateur scientifique de la Commission Baie de Seine, ainsi que D. CLAISSE, coordonateur du RNO (IFREMER Nantes) sur les données RNO Matière Vivante. Ils ont tout d'abord étudié les relations entre les résultats du RNO et les concentrations des contaminants dans l'eau, de 1979 à 1989, au niveau de l'estuaire de la Seine (CLAISSE, SIMON, 1991). Puis, ils ont mené une étude sur les données obtenues entre Port-en-Bessin et Dieppe, sur la période 1985-1990 (Commission Baie de Seine, octobre 1992). S. SIMON a également présenté, à la 110ème réunion de la Commission Baie de Seine en avril 1993, ses travaux sur la surveillance des paramètres généraux de la qualité des eaux dans l'estuaire de la Seine. Mais jusqu'à maintenant, aucune synthèse globale n'a été réalisée sur les côtes normandes (du Tréport au Mont Saint-Michel), et les données recueillies depuis 1991 sur la matière vivante n'ont pas encore été traitées à l'échelon régional.

Compte tenu de la diversité des usages sur cette partie du littoral français (pêche, conchyliculture, baignade, pêche à pied, nautisme, ...), il est intéressant de faire le point des résultats RNO Matière Vivante sur dix ans (1983 à 1992). L'intervalle de temps a été choisi assez long pour que l'analyse des séries de données soit fiable, et pour pouvoir dégager, si possible, des tendances.

Cette synthèse a pour optique de visualiser l'évolution de la contamination sur le littoral normand, de situer le niveau actuel de contamination de cette côte, et d'identifier les zones nécessitant une attention particulière dans l'avenir.



CARACTERISTIQUES ET ORIGINES DES DIFFERENTS CONTAMINANTS

1. LES COMPOSES ORGANOCHLORES

1.1. PCB : Polychlorobiphényles

1.2. HCH : Hexachlorocyclohexane

1.3. DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane et ses métabolites
(DDE et DDT)

2. LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES : HAP

3. LES METAUX

3.1. Les métaux "non biologiques"

3.1.1. *Mercur*e (Hg)

3.1.2. *Cadmium* (Cd)

3.1.3. *Plomb* (Pb)

3.2. Les oligoéléments

3.2.1. *Zinc* (Zn)

3.2.2. *Cuivre* (Cu)

4. ORIGINES DE LA CONTAMINATION

CARACTERISTIQUES ET ORIGINES DES DIFFERENTS CONTAMINANTS

Les composés toxiques, organiques et minéraux, constituent des facteurs potentiels de risque pour la santé humaine par le biais de la consommation des espèces exploitées.

En effet, ils ont tendance à s'accumuler dans les tissus des organismes filtreurs, comme les moules, les huîtres et les coques, qui tiennent une grande place dans l'économie de la Normandie. En effet, la production de moules de bouchot est de 10 à 12000 tonnes/an, la moule de pêche représente environ 30000 tonnes/an, la production d'huîtres correspond à 35000 tonnes/an (données IFREMER Port en Bessin) et la production de coques est estimée à environ 1500 à 2500 tonnes/an.

Il paraît très important de suivre l'évolution dans le temps des composés toxiques sur le littoral normand, car l'estuaire et la baie de Seine reçoivent directement les apports contaminants du fleuve, dont le bassin versant représente 78 000 km² (soit 1/7^{ème} du territoire national) et draine 20% des surfaces cultivées, 30% de la population et 40% de l'activité économique de la France.

1. LES COMPOSES ORGANOCHLORES

1.1. PCB : Polychlorobiphényles

Les polychlorobiphényles sont des substances organiques de synthèse situées au premier rang des polluants chimiques en ce qui concerne la surveillance (MARCHAND et al. 1990). La contamination de l'environnement et les cas d'intoxication de l'homme et des animaux survenus par ingestion d'aliments accidentellement contaminés par les PCB ont motivé l'étude du comportement et des effets de ces composés dans l'environnement. C'est depuis l'épidémie toxique survenue au Japon en 1968 dans l'île de Kyushu (maladie du "Yusho") que la symptomologie toxique de ces produits a été décrite (atteintes cutanées, signes oculaires) (JAYET, 1992).

Ce sont des produits ininflammables, inertes vis-à-vis des acides, des bases et autres produits chimiques corrosifs, et il faut une température supérieure à 1000° C pour permettre leur dégradation complète. Cette grande stabilité chimique explique leur très large utilisation industrielle, comme agents diélectriques, fluides hydrauliques, fluides caloporteurs, adjuvants dans les lubrifiants, peintures, encres. Leur production en France a débuté en 1945.

Depuis les années 70, on a vu s'établir une limitation de l'exploitation commerciale des PCB, et une réglementation visant à limiter la quantité de résidus de ces substances dans les produits alimentaires consommés par l'homme.

A l'heure actuelle, et depuis février 1987, la législation française interdit l'usage des PCB dans les nouveaux appareils mis en service (transformateurs et condensateurs électriques, par exemple). Mais les risques de contamination persistent car tout le monde ne respecte pas la loi, la mise aux normes coûtant trop cher. Par ailleurs les produits déjà mis sur le marché constitueront une source de pollution tant qu'ils ne seront pas détruits.

Mais il faut noter qu'un arrêt total des rejets de PCB dans le milieu n'entraînerait pas une disparition rapide de la pollution. En effet la grande stabilité chimique de ces composés dans l'environnement est à l'origine de leur forte rémanence.

1.2. HCH : Hexachlorocyclohexane

L' α HCH et le γ HCH sont deux des isomères de l'hexachlorocyclohexane, composé chloré de synthèse.

Parmi les isomères de l'HCH, seul l'isomère γ possède une activité insecticide. Le nom de lindane est réservé au produit qui contient au moins 99% de cet isomère.

L'isomère α n'a pas d'activité insecticide, mais constitue la part la plus importante des isomères formés lors de la synthèse de l'HCH.

Depuis les années 50, le γ HCH est utilisé comme insecticide dans le secteur agricole et pour le traitement des sols et des bois de construction (contre les termites). Les produits chimiques issus de la chloration du cyclohexane contiennent environ 15% de γ HCH et 70% de α HCH. Afin de réduire la contamination par les autres isomères de l'HCH, l'O.M.S.* recommande l'usage du lindane commercial (déjà prêt) au lieu des produits techniques cités précédemment (RNO, 1991).

Mais il est important de remarquer que sur le littoral français, cet insecticide se trouve en concentration assez faible dans la matière vivante, car il s'y accumule peu.

1.3. DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane et ses métabolites (DDE, DDT)

Le prototype des insecticides est le DDT. A l'heure actuelle, il est interdit dans de nombreux pays, et notamment en France depuis 1972. Cependant les premières baisses des concentrations enregistrées dans le cadre du RNO sur le littoral français datent de 1982 (RNO, 1991).

* Organisation
Mondiale de la
Santé

L'importance de la contamination de la biosphère par le DDT (et ses métabolites), tient à sa grande stabilité chimique et par voie de conséquence à sa faible biodégradabilité.

La rémanence d'un tel composé dans les sols favorise son incorporation dans les êtres vivants car il demeure pendant très longtemps dans les biotopes contaminés sans subir de transformations notables.

Certains animaux aquatiques possèdent une capacité d'accumulation surprenante de ce type de composé; en particulier les mollusques bivalves, à régime microphage, qui présentent parfois des coefficients de concentration considérables, ce qui peut représenter un danger pour le consommateur. En effet, ce composé liposoluble, concentré dans les réserves lipidiques, est susceptible de causer des accidents y compris chez l'homme lors d'un amaigrissement rapide (régime, maladie) qui mobilise ces réserves en très peu de temps.

2. LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES : HAP

La principale source de pollution atmosphérique par les HAP (Naphtalène, Acénaphtalène, Phénanthrène) provient de l'usage du charbon comme combustible, des combustions incomplètes dans les moteurs (en particulier dans les diesels, qui constituent une importante source de contamination de l'air, surtout en milieu urbain), ainsi que des incendies de forêts (RAMADE, 1992).

L'extraction et le raffinage du pétrole représentent une cause majeure de pollution de l'hydrosphère, les installations pétrochimiques rejetant, à l'échelle du globe, plus de 200.000 tonnes d'hydrocarbures par an dans les eaux continentales et marines, surtout en zone littorale où elles sont implantées de façon prépondérante.

Les HAP sont donc produits par des sources à la fois naturelles et anthropogéniques. Bien qu'ils ne possèdent pas une toxicité aiguë pour les homéothermes, ils constituent une classe de polluants dangereux car beaucoup d'entre eux sont de puissants cancérogènes.

3. LES METAUX

Dans ce paragraphe, on distinguera deux grands types de métaux : les "métaux non biologiques" qui n'entrent pas dans la constitution des organismes vivants, et les "oligoéléments" ou métaux nécessaires à la vie des organismes, car indispensables à leur métabolisme (CLAISSE D., in LESNE J., 1992).

3.1. Les métaux "non biologiques"

3.1.1. Mercure (Hg)

Le mercure est utilisé dans divers secteurs industriels. Depuis les années 70, la production de batteries et d'accumulateurs est la principale activité consommatrice de mercure des pays industrialisés, suivie des applications électrotechniques, l'instrumentation, la dentisterie, la catalyse, les peintures, la fabrication de fongicides. Le mercure métallique est utilisé dans les baromètres, les thermomètres, les manomètres et certaines électrodes (COSSA et al., 1990).

En France, l'utilisation principale du mercure était constituée en 1972 par l'électrolyse des chlorures alcalins (48%), principal procédé d'obtention du chlore et de la soude. En 1979, l'industrie du chlore ne représentait plus que 24% de la consommation totale de mercure.

Il existe, en effet, deux techniques industrielles pour cette transformation, dont une utilise le mercure ; on tend de plus en plus à privilégier l'autre méthode, qui ne requiert pas la présence de ce métal.

On peut ainsi noter que par les arrêtés préfectoraux pris en application de la loi 76-663 et suite à la Directive européenne 82/176/CEE, la consommation totale de mercure en France par ce secteur industriel a été réduite de 65 % en 7 ans (75,4 tonnes en 1974 et 26,6 tonnes en 1981).

Il faut noter que l'ANRED* (le 1er janvier 1992, création de l'ADEME* par fusion de l'AFME*, de l'ANRED et de l'AQA*), a mis en place un plan de récupération des piles boutons qui, avec 1g de mercure par pile, constituent une part importante de la consommation française de mercure.

La propriété chimique la plus importante du mercure du point de vue de l'environnement est sa faculté à former des liaisons covalentes stables avec le carbone, et à donner en particulier des composés alkylés dont le très toxique méthylmercure, très stable.

* Agence Nationale pour la Récupération des Déchets

* Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

* Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie

* Agence pour la Qualité de l'Air

Si on se réfère à l'accident de Minamata, au Japon en 1953, qui a entraîné la mort de 50 personnes, suite à l'ingestion de poissons et de coquillages contaminés par des quantités importantes de mercure méthylé, on comprend l'intérêt d'un suivi attentif du taux de mercure dans les organismes marins consommés. Mais il faut noter que les teneurs rencontrées alors, comprises entre 50 et 125 mg/kg de poids sec, étaient sans commune mesure avec celles mesurées en Normandie (inférieures à 0,6 mg/kg de poids sec).

3.1.2. Cadmium (Cd)

Le cadmium et le zinc sont géochimiquement liés dans les minéraux, dans un rapport qui se situe entre 1/100 et 1/1000. Tout le cadmium mis sur le marché mondial est un sous-produit de l'extraction du zinc et accessoirement du plomb (COSSA et LASSUS, 1989).

Avant la Première Guerre Mondiale, le cadmium a été utilisé principalement comme pigment dans les peintures. Son utilisation dans les traitements de surface et la mise au point de nouveaux alliages sont responsables de la forte augmentation de la production observée entre 1920 et 1940. A l'heure actuelle, le cadmium est utilisé dans l'industrie automobile, l'aéronautique, l'industrie du PVC, l'industrie nucléaire; il sert également à la fabrication d'accumulateurs, de matière plastique, céramique, textile, peinture, verre, émaux, encres...

Il faut noter que moins de 5% du cadmium consommé est recyclé. Par conséquent, la quasi-totalité du cadmium est disséminée dans l'environnement. Les estuaires des régions industrialisées sont donc, à l'évidence, contaminés par ce métal.

Il semble que le cadmium ne soit pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme. De plus, il a été impliqué dans de nombreux cas de mortalité humaine. Certains produits de la mer, comme l'huître et la moule, contenant des concentrations en cadmium notoirement plus élevées que les autres aliments composant le régime moyen d'un individu, il paraît nécessaire de contrôler régulièrement la teneur en cadmium des espèces exploitées sur le littoral.

Chez les humains, on sait qu'un tiers du contenu total en cadmium du corps est concentré dans les reins. Le premier signe d'intoxication humaine consiste en un dysfonctionnement rénal se traduisant par une diminution de l'absorption tubulaire des protéines. En témoignent les observations faites sur les victimes de la maladie de Itai-Itai. Ces japonais, vivant le long d'un fleuve fortement pollué par le cadmium, avaient développé des insuffisances rénales et des maladies osseuses avec fractures spontanées. De plus, il semblerait que l'intoxication favorise l'apparition de certains cancers : le cadmium est classé "cancérogène probable" pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer.

3.1.3. Plomb (Pb)

Le plomb est un élément très réactif dans l'environnement. La consommation française représente 4% de la consommation mondiale. La production d'accumulateurs constitue 60% de cette consommation et la synthèse d'additifs pour l'essence 17%. C'est l'addition de plomb aux essences qui est majoritairement responsable de sa dissémination dans l'environnement, mais il faut remarquer que l'utilisation de ces additifs tend à diminuer (COSSA et al., 1993).

Il est intéressant de noter qu'en France, la récupération du plomb couvre environ 40% de la consommation.

Le plomb est un élément qui ne semble pas être essentiel à la croissance des plantes ni à celle des animaux. Il n'intervient apparemment dans aucun mécanisme biologique. Sa toxicité à haute dose est bien connue (saturnisme). Sa nocivité se manifeste dans les cas les plus graves par des polynévrites périphériques et encéphaliques. Des études tendent à démontrer l'action néfaste du plomb sur le développement intellectuel des enfants d'âge scolaire (Needleman, 1984, in COSSA et al., 1993, et Davis et al., 1987).

3.2. Les oligo-éléments

3.2.1. Zinc (Zn)

Le zinc est un élément qui entre dans la composition d'une bonne dizaine d'enzymes parmi lesquels surtout des déshydrogénases (enzymes intervenant dans divers processus biologiques en oxydant des molécules organiques par départ de l'hydrogène). Il est donc normalement présent dans les tissus vivants mais un excès de zinc dans le milieu peut néanmoins être nocif (SOUDAN, 1977-78). Ce métal est considéré comme un cancérigène lent mais très puissant. Il est concentré par les animaux marins, mais le facteur de concentration paraît faible.

Les principaux secteurs d'activité susceptibles de rejeter du zinc sont les suivants: papeterie, engrais, raffinage, galvanoplastie, imprimerie, teintures, insecticides, peintures antisalissures, fibres artificielles, caoutchouc, pharmacie (BOUST, 1981).

3.2.2. Cuivre (Cu)

Le cuivre est un métal dont la toxicité est utilisée notamment contre les salissures des coques de navire, en particulier depuis l'interdiction du tributylétain, suite au décret n° 85-233 du 12 février 1985. Mais il est connu pour être indispensable à la vie marine, en particulier pour les invertébrés chez lesquels il constitue l'élément actif du pigment respiratoire (SOUDAN, 1977-78).

Cependant, l'accumulation d'une trop grande quantité de ce métal par les espèces marines exploitées, peut être dangereuse pour le consommateur.

Le cuivre rejeté dans l'environnement provient de divers secteurs d'activité : papeterie, engrais, raffinage, métallurgie, tannerie, photographie, traitement de surface, céramique (BOUST, 1981).

4. ORIGINES DE LA CONTAMINATION

Les origines de ces contaminants sont diverses, mais trois secteurs principaux en sont la source :

- ↳ les rejets urbains
- ↳ le secteur agricole
- ↳ les industries

Si on considère les quatre départements normands riverains de la Manche (Seine-Maritime, Eure, Calvados, Manche), on recensait 2 752 714 habitants en 1990, soit 115 habitants/km². Une observation plus attentive de la zone littorale fait apparaître des zones de faible densité (moins de 40 hab./km²) comme la côte est du Cotentin, et des zones fortement peuplées (plus de 550 hab./km²) comme Cherbourg, le nord de Caen, le Havre, le Tréport. Les efforts d'installation de stations d'épuration sont réalisés au niveau de ces zones, mais il est évident que tout le littoral n'est pas couvert par ce type de structure. Par conséquent, certains rejets urbains atteignent le milieu marin plus ou moins directement, d'autant plus que, malgré la présence de stations d'épuration, la collecte des eaux usées est souvent insuffisante.

En ce qui concerne l'agriculture, le littoral le plus concerné est celui de la Manche. Les rejets occasionnés par ce type d'activité contiennent des pesticides et des engrais. Et il faut souligner que les engrais phosphatés contiennent des quantités importantes de cadmium.

Enfin le secteur industriel très développé le long de la Seine est à l'origine de nombreux polluants. Il est donc intéressant de réaliser un inventaire des industries dont les rejets contiennent les contaminants intéressant cette étude. Le tableau 1 (p.23), non exhaustif, regroupe les usines situées aux abords de la Seine, en 1991, en aval de Poses (situé en amont de Rouen), ainsi que la nature des rejets qu'elles peuvent susciter (SPPPI, 1991). Les rejets les plus importants sont signalés par une double croix (XX).

Après avoir détaillé les différentes méthodes d'approche visant à mettre en évidence des tendances et niveaux de pollution, les dix composés décrits plus haut seront étudiés successivement afin de décrire au mieux l'état de contamination chimique du littoral normand.

		HYDRO-CARBURES	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	ORGANO-CHLORES
LE HAVRE	C.I.M.	*						
	THANN et MULHOUSE		*	*	*	*	**	*
	SEREP	*						
	CHEVRON CHEMICAL	*						
	SOGESTROL	*						
	ATOCHEM	*					*	
	TOTAL RAFFINAGE	**						
	TOTAL SOLVANTS	*						
	HYDRO AZOTE		**	**	*	**	*	
	LUBRIZOL	*						
	GOOD YEAR	*						
PORT JEROME	SOCABU	*						
	ESSO SAF	*						
	EXXON CHEMICAL	*						
	MOBIL OIL	*						
	C.B.L.	*						
ROUEN	LUBRIZOL	*						
	S.C.G.P.		*	*	**	*	*	*
	SHELL	**						
	I.C.I. FRANCOLOR			*	*		*	*
	QUINOLEINE			*				
	VALLOUREC	*						
	LABRUNYE							*
	VAN LEER						*	
BAROCLEM					*			
ELBEUF	RHONE POULENC	*						
ANDELLE	ALICEL							**

Tableau 1 : Principaux rejets industriels le long de la Seine, en 1991, en aval de Poses

METHODES D'EXPLOITATION DES DONNEES

1. MOYENNES SUR 2 ANS
2. MOYENNES SUR 10 ANS
3. INTERVALLES DE CONFIANCE
4. COMPARAISON DES MOYENNES
5. TENDANCES SUR 10 ANS

METHODES D'EXPLOITATION DES DONNEES

Toutes les données utilisées dans le présent rapport proviennent des mesures effectuées sur la matière vivante de 1983 à 1992. Cependant certains sites n'ont pas été suivis sur toute cette période de dix ans. Le Ratier a été suivi de façon assez irrégulière de 1985 à fin 1990, Antifer-digue est suivi depuis début 1986, Vaucottes et Veulettes depuis début 1989, et Le Moulard depuis fin 1989, mais pour ce dernier site, les mesures ne sont prises en compte qu'à partir de début 1990.

Les valeurs sont exprimées en fonction du poids sec des échantillons, en mg/kg pour les métaux et hydrocarbures, et en µg/kg pour les composés organochlorés.

Les courbes, tableaux de valeurs et études statistiques ont été exécutés à l'aide du logiciel EXCEL Version 4.0, sous WINDOWS.

Différents types de graphiques ont été réalisés selon les caractéristiques à mettre en évidence (histogrammes avec ou sans intervalles de confiance, courbes, droites de régression). Les données ont été analysées, soit directement, sans aucun calcul préalable, soit sous forme de moyennes sur un certain nombre d'années, ou sur un certain nombre de sites.

1. MOYENNES REALISEES SUR 2 ANS (1991-1992)

Ces données sont présentées sous forme d'histogrammes, dont chaque barre correspond à la moyenne sur 2 ans pour un site.

La moyenne sur les deux dernières années permet de faire un point sur le niveau de pollution et la répartition spatiale à l'heure actuelle, tout en évitant de souligner des pics de concentration dus à un évènement accidentel survenu au cours d'une année. Ces phénomènes ponctuels seront mis en évidence sur des graphiques basés sur les moyennes de 1992.

En principe, quatre mesures sont effectuées chaque année (printemps, été, automne, hiver). Mais il arrive qu'un trimestre, ou plus, manque pour une année, en raison de problèmes de prélèvement, ou d'analyse. Dans ce cas, l'année concernée doit être éliminée entièrement de la moyenne. En effet, pour une grande partie des polluants, on observe une variation saisonnière des teneurs, et l'absence d'un ou plusieurs trimestres dans une année fausserait la moyenne réalisée sur deux ans. Pour cette série de graphiques, Le Ratier n'apparaît pas. En effet ce site a été éliminé en fin d'année 1990, car difficile d'accès.

2. MOYENNES REALISEES SUR 10 ANS (1983 A 1992)

Ces données sont aussi présentées sous forme d'histogrammes, dont chaque barre correspond à la moyenne sur 10 ans pour un site.

Ces graphiques ont également pour but de mettre en évidence une répartition spatiale de la pollution sur le littoral normand. Ils sont intéressants à réaliser car pour certains contaminants, les intervalles de confiance obtenus pour les moyennes sur deux ans sont trop grands pour permettre une interprétation correcte.

Contrairement à la moyenne réalisée sur deux ans, toutes les valeurs sont prises en compte, quel que soit le nombre de mesures effectuées par an. En effet, le nombre d'années considérées est suffisamment représentatif pour que l'absence de quelques trimestres n'altère pas les moyennes de façon significative. Pour chaque saison, il y a toujours entre 7 et 10 données, sauf pour Le Ratier, Le Moulard, Vaucottes, Veulettes, et Antifer. Même si le nombre de données par trimestre est moins élevé pour les quatre derniers sites, il est le même pour chaque saison. Pour Le Ratier le nombre de mesures réalisées étant faible, il convient d'être prudent dans l'exploitation des résultats liés à ce site.

Quand les intervalles de confiance ne sont pas trop importants, la série de graphiques basée uniquement sur 1991 et 1992 permet de situer plus finement l'état actuel du niveau de contamination sur le littoral normand.

3. INTERVALLES DE CONFIANCE

Pour les deux types de graphiques cités précédemment, il est nécessaire de faire apparaître les intervalles de confiance, car les variations de teneurs en polluants sont dans certains cas importantes. En effet, les niveaux de certains polluants, dans les organismes, peuvent varier cycliquement de façon très importante selon les saisons, le facteur principal de ces variations étant l'effet de la reproduction (modification du métabolisme des coquillages). Un intervalle de confiance est tel qu'on peut y situer une teneur inconnue "avec confiance", le risque étant connu : 5 % dans le cas présent.

Quand le nombre d'observations est supérieur à 30, la formule utilisée pour calculer l'intervalle de confiance est :

$$m \pm \frac{1,96 \times \text{écart - type}}{\sqrt{n}}$$

avec m la moyenne, et n le nombre d'observations.

Si n est inférieur à 30, on utilise la formule suivante :

$$m \pm t_{0,05} \times \frac{\text{écart-type}}{\sqrt{n}}$$

avec $t_{0,05}$ le t de Student (cf. table de Student).

4. COMPARAISON DES MOYENNES

La comparaison statistique de deux moyennes m_A et m_B observées sur deux échantillons de n_A et n_B cas, avec respectivement pour écart-type σ_A et σ_B , est basée sur la valeur de

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}} \sqrt{\frac{(n_A - 1)\sigma_A^2 + (n_B - 1)\sigma_B^2}{n_A + n_B - 2}}}$$

Si $|t|$ est inférieur à la valeur lue dans la table de t (cf. table de Student) pour le degré de liberté ($n_A + n_B - 2$) et le risque 5%, la différence n'est pas significative ; dans le cas contraire, elle est significative et le risque indiqué par la table pour la valeur de $|t|$ trouvée, fixe le degré de signification.

5. TENDANCES SUR 10 ANS (1983 A 1992)

Ces données sont présentées sous forme de courbes, dont chaque point correspond à une mesure à une date donnée. Pour définir une évolution dans le temps d'une série de données, on peut réaliser une régression linéaire. Cette fonction calcule la droite qui est ajustée aux valeurs obtenues par mesure dans les échantillons (méthode des moindres carrés). La droite de corrélation entre les niveaux observés et le temps donne une image, certes réductrice, mais très parlante d'une tendance.

Cependant la droite obtenue n'est pas obligatoirement significative. Pour s'en assurer, on peut réaliser un test statistique.

En calculant DROITEREG (fonction du logiciel permettant de tracer une droite de régression), à partir des données du fichier, on obtient la statistique F ainsi que les degrés de liberté. Grâce à ces deux valeurs, il est possible de déterminer une valeur critique de F , en se référant à une table statistique (probabilité d'erreur de 5%). Si la statistique F est supérieure à cette valeur critique, la tendance est considérée comme significative (SCHWARTZ, 1963).

Une pente positive indique une tendance à la hausse, et lorsqu'elle est négative, la tendance est à la baisse. Une évolution statistiquement significative (Fig. 5) n'est pas obligatoirement de forte amplitude, mais elle indique que cette évolution est hautement probable.

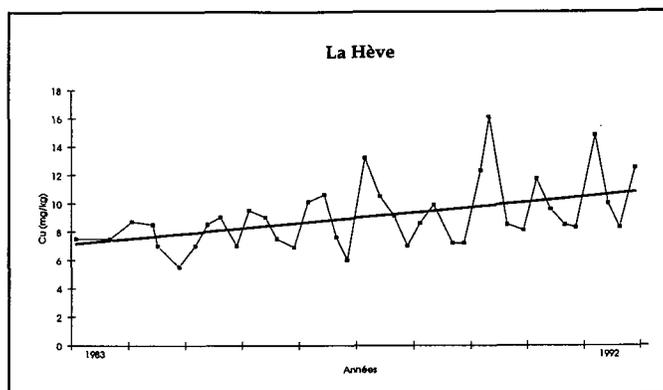


Figure 5 : Tendance significative du cuivre sur 10 ans

En revanche, une évolution non significative (Fig. 6) indique que les valeurs fluctuent beaucoup trop au cours du temps pour dégager une réelle tendance, mais permet cependant de donner une indication sur le sens éventuel de progression des teneurs.

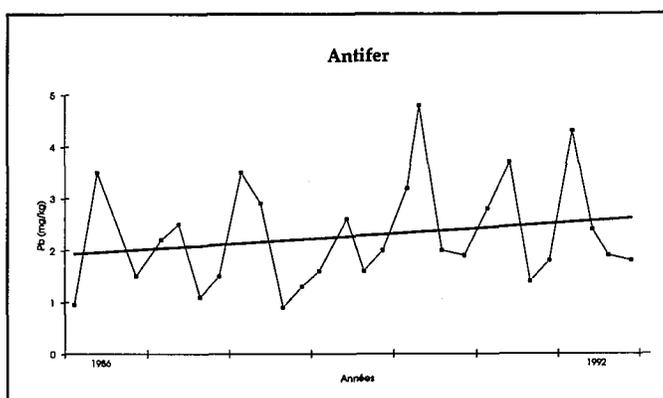


Figure 6 : Tendance non significative du plomb sur 10 ans

Il faut noter que le logiciel EXCEL ne permet pas de tracer des courbes lorsqu'il manque des valeurs dans une série de données (exemple : quand il y a une date en abscisse et pas de valeur correspondante en ordonnée). D'autre part, il ne trace pas de droite de régression si les abscisses sont en format date (jour/mois/année). Les dates en jour/mois/année ont donc été transformées en nombre de jours par rapport à une date d'origine fixée arbitrairement. Le 1er janvier 1983 est fixé au chiffre 0, et chaque date de prélèvement porte le nombre de jours qui le sépare de cette date.

Pour cette série de graphiques, le Ratier n'a pas été pris en compte car les mesures sur ce site ont été réalisées de façon trop irrégulière. Les tendances n'ont pas été étudiées non plus pour le Moulard, par manque de recul dans le suivi.

88888

COMPARAISON DES SITES ET EVOLUTION DES TENEURS

1. LES METAUX

- 1.1. Le zinc
- 1.2. Le cuivre
- 1.3. Le mercure
- 1.4. Le cadmium
- 1.5. Le plomb

2. LES COMPOSES ORGANOCHLORES

- 2.1. Les PCB
- 2.2. Les HCH
- 2.3. Les HAP
- 2.4. Le DDT et ses métabolites (SDDT)

3. COMPARAISON DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE AVEC L'ESTUAIRE DE LA LOIRE

4. DISCUSSION

COMPARAISON DES SITES ET EVOLUTION DES TENEURS

A l'aide des courbes et des histogrammes décrits précédemment, il est intéressant de mettre en évidence l'évolution des teneurs en contaminants pour chaque site, ainsi qu'une répartition spatiale de la contamination tout le long du littoral normand.

Ce chapitre fait référence à certaines "normes" ou recommandations afin de tenter de situer ce littoral par rapport aux exigences de qualité des produits de consommation. Il faut noter qu'en l'absence de norme réglementaire explicite (texte officiel), il est d'usage en France de se référer aux recommandations des instances concernées (OMS*, CSHPF*, ...).

* Organisation Mondiale de la Santé

* Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

1. LES METAUX

1.1. Le zinc

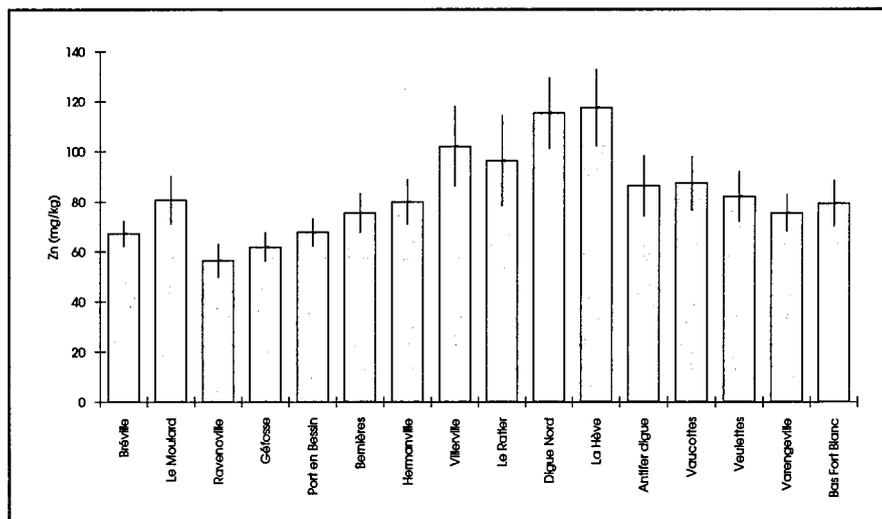


Figure 7 : Moyennes du zinc sur 10 ans

La figure 7 montre que les valeurs moyennes, sur dix ans, les plus élevées sont trouvées aux stations de l'estuaire de la Seine (Villerville, Le Ratier, Digue Nord et La Hève). Plus on s'éloigne de cette zone, plus les valeurs diminuent, mais il faut noter une nette augmentation à l'extrémité ouest, et particulièrement au Moulard. Si on compare de façon statistique les moyennes de chaque station de l'estuaire avec toutes les autres, on constate que la différence est toujours significative pour Digue Nord et La Hève. Il n'en est pas de même pour Le Ratier et Villerville. Pour ces deux stations, la différence n'est pas significative lorsque l'on compare avec Le Moulard, Antifer Digue, Vaucottes et Veulettes. Et pour Le Ratier, on peut même inclure à cette liste Bas Fort Blanc et Hermanville.

Les teneurs semblent être en hausse partout sauf pour les points situés à l'ouest de Port-en-Bessin (Géfosse, Ravenoville et Bréville). Mais seulement 4 tendances à la hausse sont significatives (Bas-Fort-Blanc, Varengenville, Vaucottes et La Hève (Fig. 8)).

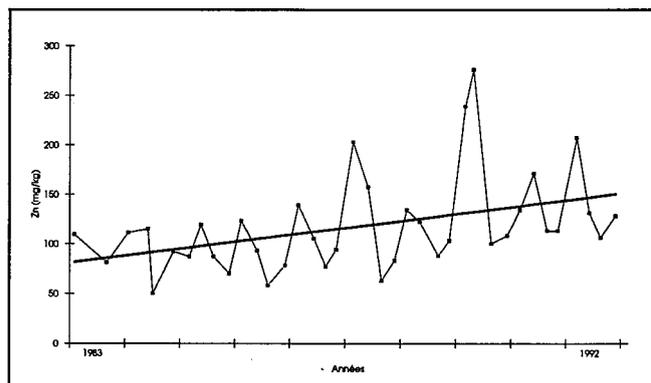


Figure 8 : Tendence du zinc à La Hève sur 10 ans

Les moyennes sur les deux dernières années, illustrées par la figure 9, sont très peu différentes de celles des dix dernières années. On observe toujours la prédominance des sites de l'estuaire, ainsi que la légère augmentation au niveau du site du Moulard.

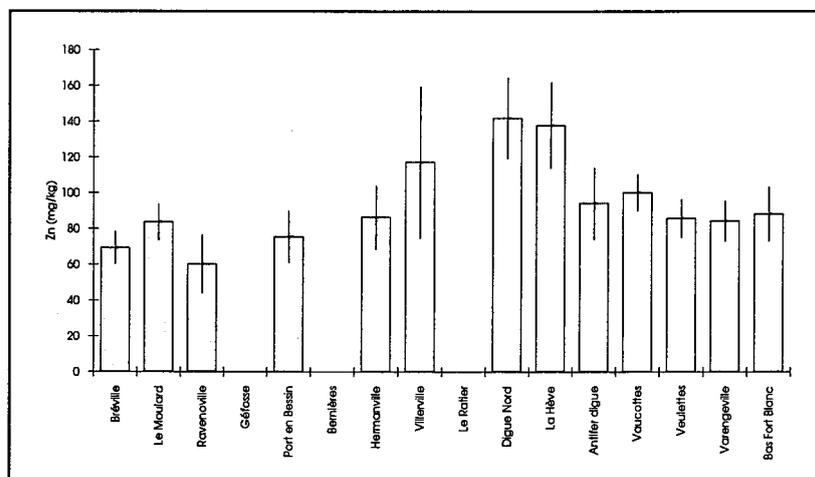


Figure 9 : Moyennes du zinc 1991/92

D'après la directive anglaise (Ministry of Food, 1953), la teneur en zinc à ne pas dépasser pour la consommation est de 50 mg/kg de poids humide, soit environ 250 mg/kg de poids sec pour les moules. Cette valeur est loin d'être atteinte, quel que soit le site considéré. Mais il faut se demander si cette directive datant de 1953 est encore valable.

Les valeurs des concentrations limites autorisées dans différents pays varient de 40 à 100 mg/kg de poids humide (MELZIAN, 1989), soit 200 à 500 mg/kg de poids sec. Les moules de la côte normande ne présentent par conséquent aucun danger en ce qui concerne le zinc.

A titre comparatif, les teneurs moyennes les plus élevées du littoral normand, sont nettement inférieures à celles mesurées à Lorient sur la période 1986-1991, et à Saint-Tropez de 1980 à 1991. Le rapport est au moins de 2.

1.2. Le cuivre

Sur la figure 10, on observe peu de différences entre les stations avec cependant des teneurs moyennes moindres vers l'ouest. Comme pour le zinc, il faut noter la légère remontée des valeurs au niveau du Moulard et de Bréville.

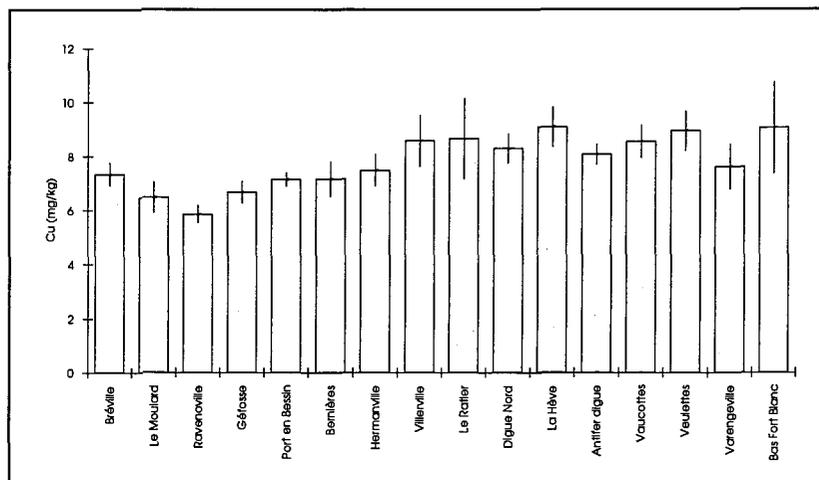


Figure 10 : Moyennes du cuivre sur 10 ans

Seules les stations des extrémités Est et Ouest voient leur teneur en cuivre diminuer dans le temps, mais les tendances ne sont pas significatives. Au milieu de ces zones (de Vaucottes à Géfosse) la tendance est à la hausse, mais de façon significative uniquement à La Hève et à Hermanville.

Le fait que ces évolutions ne soient pas significatives illustre bien la difficulté à mettre en évidence une tendance pour le cuivre du fait de la régulation de ce métal par les moules.

Le retour à l'usage de peintures antisalissures à base de cuivre, suite à l'interdiction du tributylétain pour les bateaux de moins de vingt mètres pourrait expliquer la hausse constatée sur certains sites (CLAISSE et ALZIEU, 1993).

La figure 11 montre que les moyennes sur deux ans sont très peu différentes de celles effectuées sur les dix dernières années, mais l'influence de l'estuaire de la Seine s'observe plus nettement. La remontée des valeurs au niveau du Moulard et de Bréville est toujours observée.

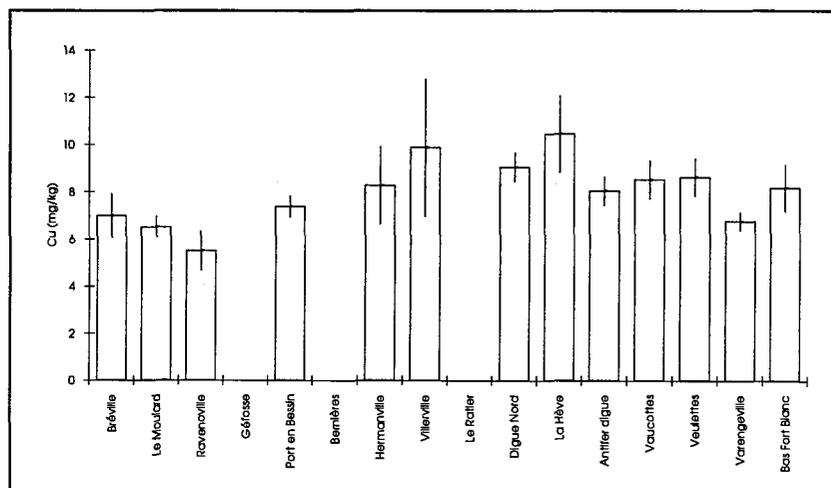


Figure 11 : Moyennes du cuivre 1991/92

D'après une directive anglaise (MAFF*, 1956), la teneur à ne pas dépasser est de 20 mg/kg de poids humide, soit environ 100 mg/kg de poids sec pour les moules. Cette limite est encore très loin d'être atteinte pour les sites normands considérés. Comme pour le zinc, la France n'a pas encore donné de recommandation.

* Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (Grande-Bretagne)

1.3. Le mercure

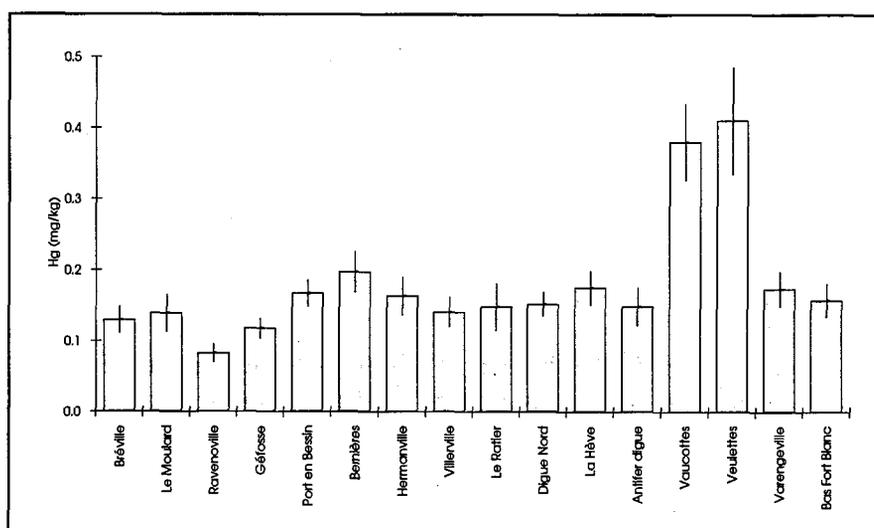


Figure 12 : Moyennes du mercure sur 10 ans

D'après la figure 12, il apparaît que pour ce métal, l'influence de la Seine ne semble pas prépondérante. Des valeurs moyennes nettement plus élevées sont observées aux stations de Vaucottes et Veulettes. Ceci indique qu'il existe des apports de mercure non négligeables dans ce secteur. De plus, on trouve encore au Moulard et à Bréville des valeurs plus élevées que le site de l'est du Cotentin le plus proche (Ravenoville).

Une hausse significative des teneurs est observée pour Vaucottes, Antifer et La Hève. Les autres stations ne présentent pas de tendance temporelle significative.

Comme l'indique la figure 13, les moyennes sur deux ans sont proches de celles observées sur dix ans, et on constate toujours des apports de mercure non négligeables au niveau des stations de Vaucottes et Veulettes. Il faut encore noter les teneurs en mercure au Moulard et à Bréville presque doubles de celle rencontrée à Ravenoville.

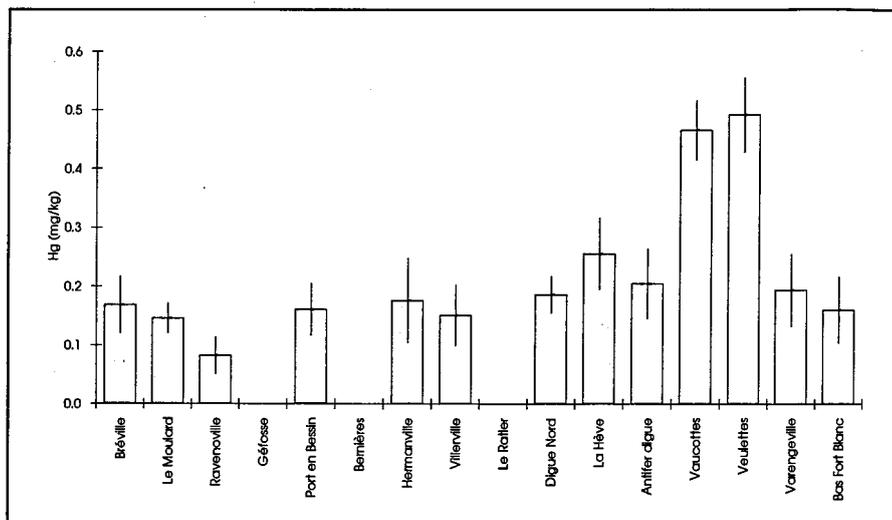


Figure 13 : Moyennes du mercure 1991/92

La teneur élevée en mercure au niveau de Vaucottes et Veulettes suscite une vive attention, mais ce phénomène reste pour le moment inexpliqué. Cette région étant très calcaire, et donc poreuse, les eaux de ruissellement traversent la roche et forment des sources qui s'écoulent au pied de la falaise, dans ce secteur. Puisque les sites proches (Antifer et Varengeville) ne sont pas concernés, le mercure provient peut-être de ces sources. La cause de cette pollution locale se trouverait donc sur le parcours souterrain de cette eau douce.

Pour le mercure, l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) en date du 9 mai 1972 et les circulaires ministérielles du 24 mai 1972 et du 14 février 1973 proposaient une norme provisoire de tolérance de 0,5 mg/kg de poids humide, soit environ 2,5 mg/kg de poids sec, pour les produits de la pêche (COSSA et al., 1990). Cette valeur-limite est toujours d'actualité.

D'après la Convention d'Oslo (1974) et de Paris (1976), la teneur à ne pas dépasser est de 1 mg/kg de poids sec pour les mollusques.

Tous les sites du littoral normand se situant en deçà de 0,5 mg/kg de poids sec, la situation est correcte dans les deux cas.

A titre comparatif, la Grande-Bretagne suggère 0,3 mg/kg de poids frais (recommandation la plus sévère), et le Japon 1 mg/kg de poids frais (la moins sévère).

1.4. Le cadmium

La figure 14 laisse apparaître que les teneurs les plus élevées se rencontrent de Villerville à Veulettes, avec une nette prédominance des quatre stations de l'estuaire. Plus on s'éloigne de cette zone, vers l'Est ou l'Ouest, moins les teneurs sont importantes. L'influence de la Seine se fait plus sentir vers l'Est. Il faut noter la valeur légèrement plus élevée au Moulard.

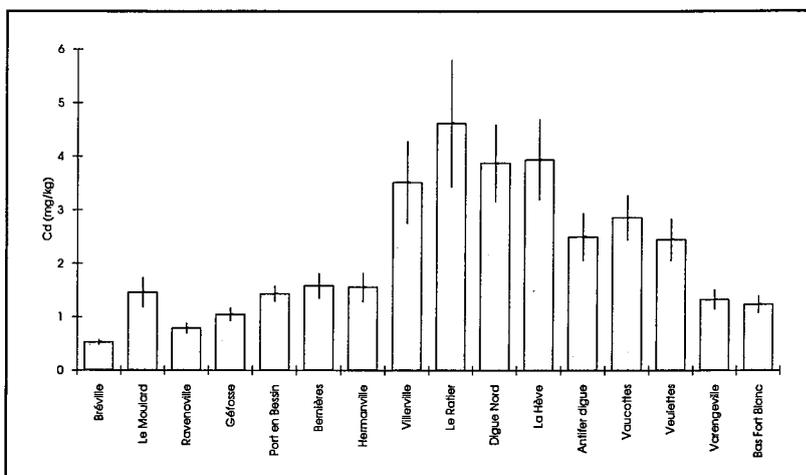


Figure 14 : Moyennes du cadmium sur 10 ans

Toutes les teneurs sont en hausse, sauf pour Ravenoville et Bréville, avec 7 tendances significatives sur 12. La figure 15 présente trois exemples de tendances en hausse significative.

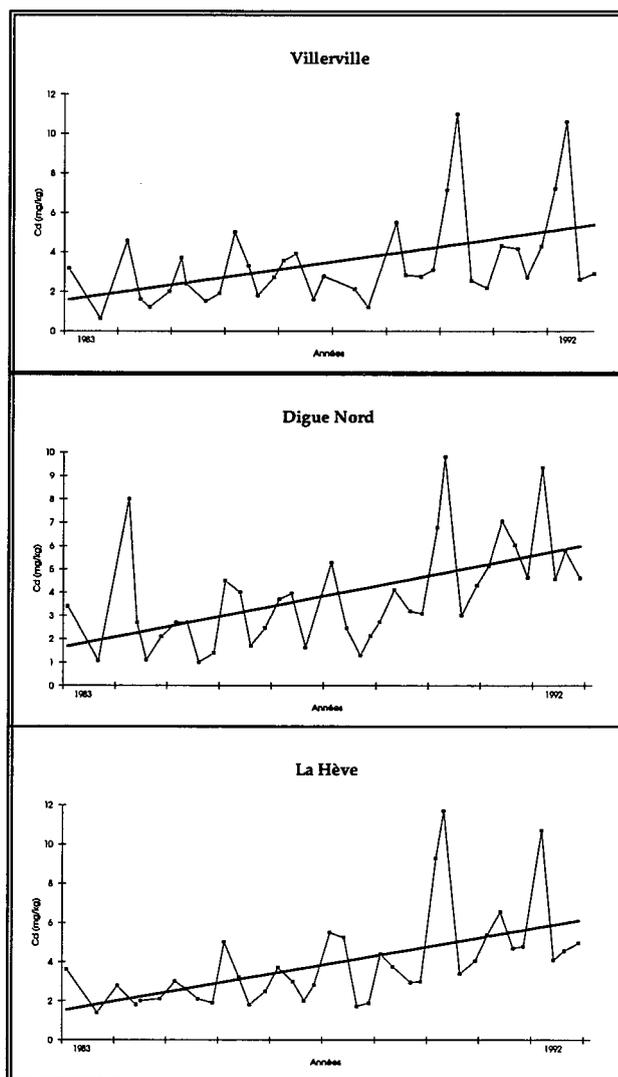


Figure 15 : Tendances du cadmium sur 10 ans, pour 3 sites

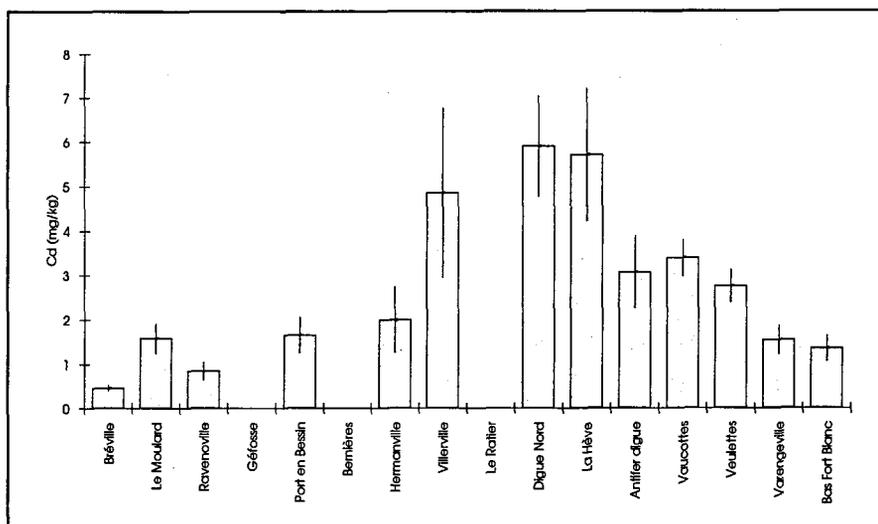


Figure 16 : Moyennes du cadmium 1991/92

En effectuant les moyennes sur deux ans, la prédominance de l'estuaire est encore plus marquée, ainsi que son influence sur les sites voisins. En effet, comme l'indique la figure 16, les moyennes sur deux ans sont proches de celles des dix dernières années, sauf pour les stations de l'estuaire, où les valeurs sont nettement plus élevées. Ceci confirme bien l'augmentation significative de la teneur en cadmium au niveau de l'estuaire. La valeur du Moulard est toujours à remarquer.

Une recommandation du CSHPF datant de 1990 fixe la teneur maximale admissible à 2 mg/kg de poids frais, soit 10 mg/kg de poids sec dans les moules. D'après la Convention d'Oslo (1974) et de Paris (1976), la teneur à ne pas dépasser serait plutôt de 5 mg/kg de poids sec pour les moules.

Les moyennes 91-92 de Digue Nord et La Hève sont passées au dessus de la limite conseillée par la Convention d'Oslo et de Paris, mais restent encore inférieures à la valeur recommandée par le CSHPF. En France, un projet de norme de concentration maximale en cadmium dans tous les produits de la pêche de 0,5 mg/kg de tissu frais a été avancé. Ceci correspond pour les moules et en poids sec à 2,5-3 mg/kg (selon l'état physiologique de l'animal, la période de pêche,...). Dans ce cas, une grande partie du littoral haut-normand serait hors norme (JAYET, 1992). Mais pour le moment, la valeur-limite à respecter est celle recommandée par le CSHPF.

A titre comparatif, les teneurs moyennes mesurées au large de Montpellier sont d'environ 0,6 mg/kg de poids sec sur la période 1986-1991. Le rapport est environ de 10 entre ce site méditerranéen et l'estuaire de la Seine.

Compte tenu du fait qu'il n'existe pas de population dont la base quotidienne de nourriture soit constituée de moules estuariennes, il n'y a pas actuellement de risque important pour la santé humaine relatif à ce micropolluant.

Mais il faut tout de même rester vigilant et suivre attentivement la progression du cadmium dans les moules, et particulièrement de Vaucottes à Hermanville, ainsi qu'à Varengeville, où les tendances sont en hausse significative.

Les apports de cadmium sont liés essentiellement aux rejets de phosphogypse dans l'estuaire (liés à la fabrication des engrais phosphatés), mais les sédiments du lit de la Seine en contiennent également, ce qui constitue un apport amont non négligeable.

1.5. Le plomb

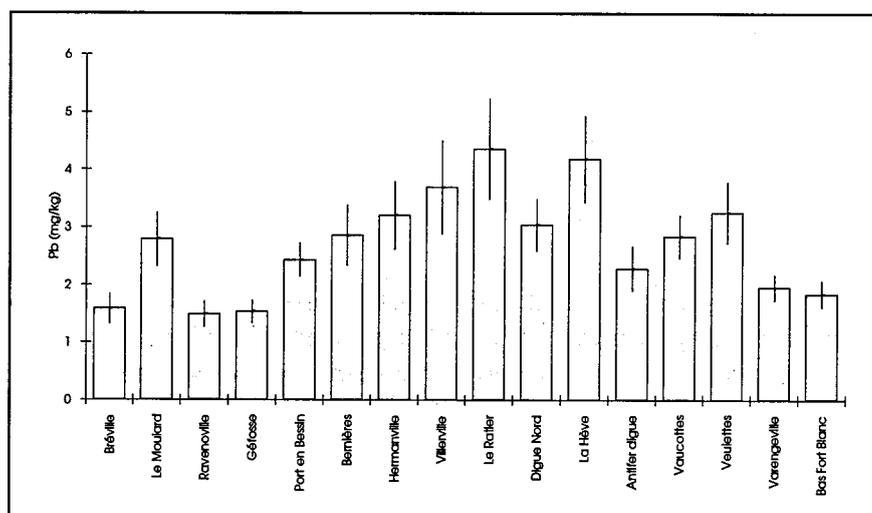


Figure 17 : Moyennes du plomb sur 10 ans

D'après la figure 17, plus on s'éloigne de l'estuaire, plus les teneurs sont basses, sauf pour Vaucottes et Veulettes, ainsi qu'au niveau du Moulard.

Les seules tendances significatives sont observées à Bréville et à La Hève (Figure 18), avec une hausse de la teneur en plomb.

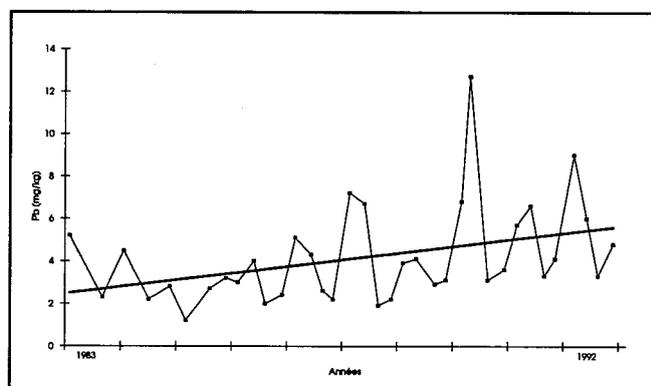


Figure 18 : Tendence du plomb à La Hève sur 10 ans

La figure 19 réalisée avec les moyennes sur deux ans montre quasiment le même profil, avec peut-être une légère augmentation des valeurs pour les sites proches de l'estuaire. Mais les intervalles de confiance sont trop grands pour que ce soit significatif. Il faut noter également la teneur en plomb au niveau du Moulard, supérieure à celle de Ravenoville.

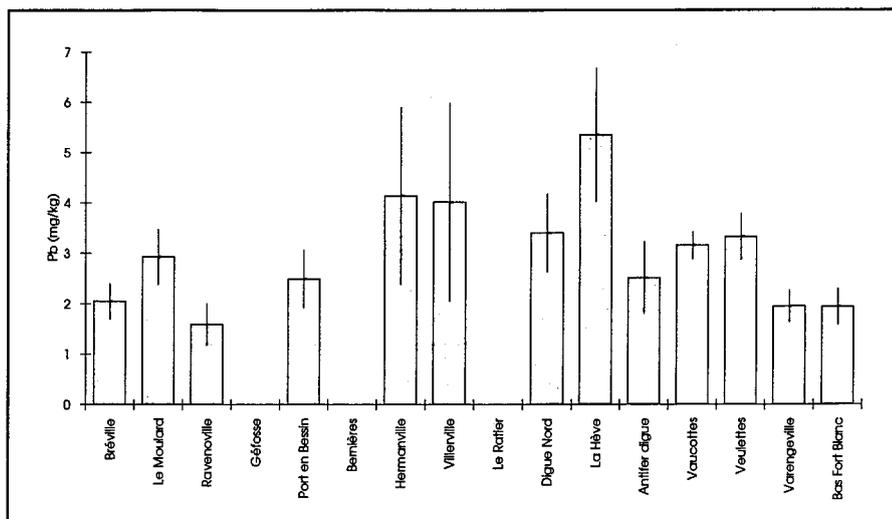


Figure 19 : Moyennes du plomb 1991/92

Pour le plomb, il n'existe pas de valeur limite officielle concernant les produits de la mer. Des propositions de "valeurs-guides" ont toutefois été faites par les experts auprès du CSHPF. La valeur retenue pour les mollusques est de 2 mg/kg de chair humide, c'est-à-dire environ 10 mg/kg de poids sec (COSSA et al., 1993).

Les sites suivis en Normandie ont tous une valeur nettement inférieure à cette limite.

A titre de comparaison, les valeurs moyennes les plus élevées du littoral normand sont inférieures d'un facteur 2 à celles mesurées à Toulon sur la période 1980-1991.

2. LES COMPOSES ORGANOCHLORES

2.1. Les PCB

Comme le souligne la figure 20, les teneurs moyennes les plus élevées sont trouvées aux quatre stations de l'estuaire (Villerville, Le Ratier, Digue Nord et La Hève), ainsi qu'à Antifer. Plus on s'éloigne de l'embouchure, plus les valeurs sont faibles. L'influence des apports de la Seine est ici très nette.

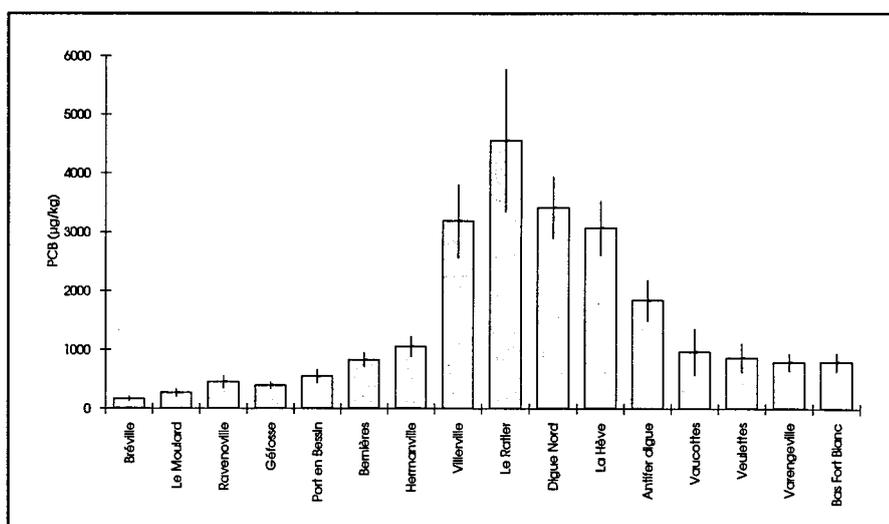


Fig 20 : Moyennes des PCB sur 10 ans

Toutes les teneurs en PCB sont en baisse, sur la période considérée. Les tendances sont significatives d'Antifer à Bernières, ainsi qu'à Géfosse et Ravenoville (Fig. 21).

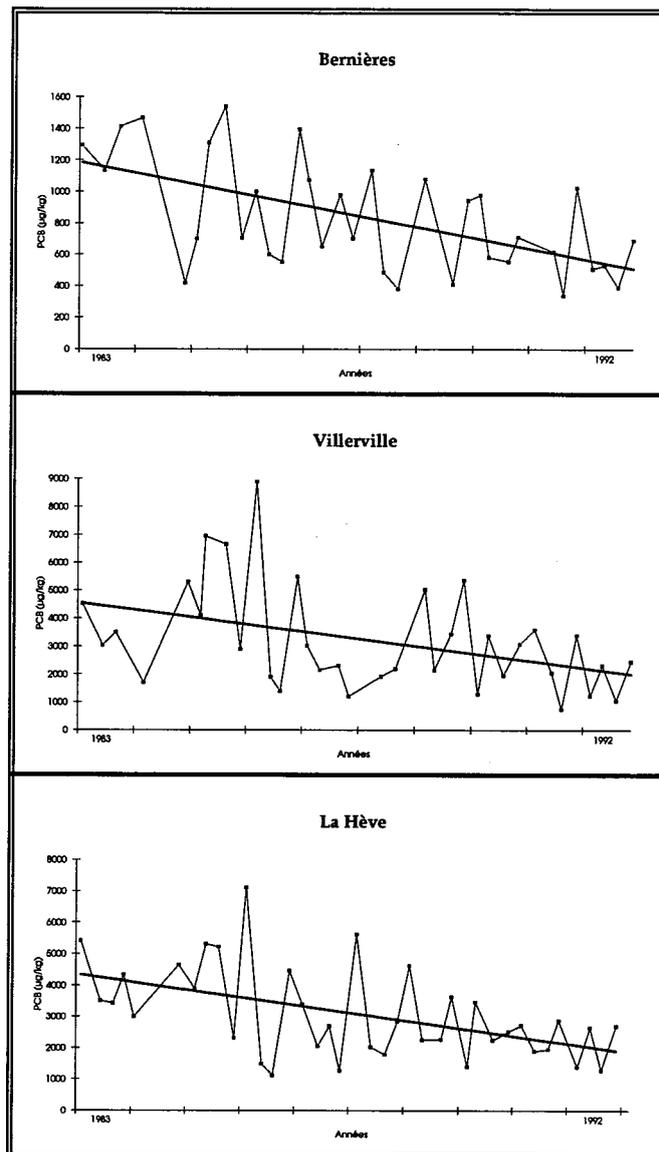


Figure 21 : Tendances des PCB sur 10 ans, pour 3 sites

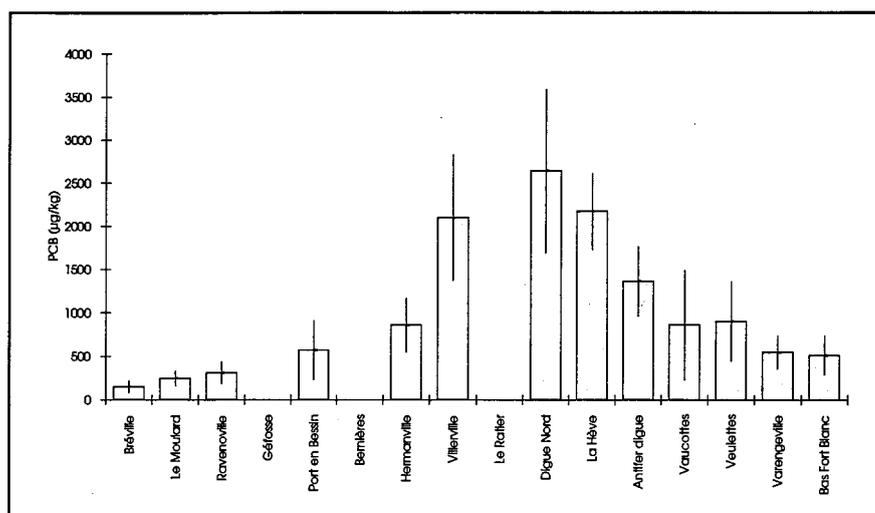


Figure 22 : Moyennes des PCB 1991/92

D'après la figure 22, les teneurs moyennes les plus élevées, sur deux ans, se trouvent toujours au niveau des stations de l'estuaire, mais sont nettement plus basses que les moyennes sur 10 ans. Ceci confirme bien la tendance à la baisse des teneurs en PCB.

Pour ce composé, diverses normes ont été établies dans de nombreux pays. Elles sont variables selon la nature des produits alimentaires envisagés, et elles ne sont pas définitives. Ainsi à l'heure actuelle en France, la concentration maximale admissible de PCB dans les mollusques est de 2000 µg/kg de poids humide, soit environ 10000 µg/kg de poids sec (MARCHAND et al., 1990).

Les moules des sites normands considérés ont des teneurs en PCB nettement inférieures à cette concentration maximale, mais nettement supérieures à celles enregistrées ailleurs en France. Au niveau de l'étang de Leucate, entre Perpignan et Sigean, la teneur moyenne en PCB sur la période 1981-1991 est environ de 150 µg/kg de poids sec ; et dans la partie sud de l'étang de Thau, la teneur moyenne sur la période 1979-1991 est environ de 225 µg/kg de poids sec.

A titre comparatif, le Japon suggère 500 µg/kg de poids frais, et la Suisse 1000 µg/kg de poids frais.

En revanche, si on se base sur la Convention d'Oslo (1974) et de Paris (1976), la valeur à ne pas dépasser serait de 100 µg/kg de poids humide, soit environ 500 µg/kg de poids sec pour les mollusques. Dans ces conditions, aux abords immédiats de l'estuaire, les moules étudiées sont impropres à la consommation et même dangereuses.

2.2. Les HCH

α HCH

La répartition, illustrée par la figure 23, montre des problèmes locaux à Hermanville et Varengueville. Mais les intervalles de confiance sont grands ce qui rend cette particularité non significative.

Toutes les tendances sont en baisse, sauf pour Veulettes, où la hausse n'est pas significative. Toutes les baisses sont significatives, sauf à Varengueville, Vaucottes et Hermanville.

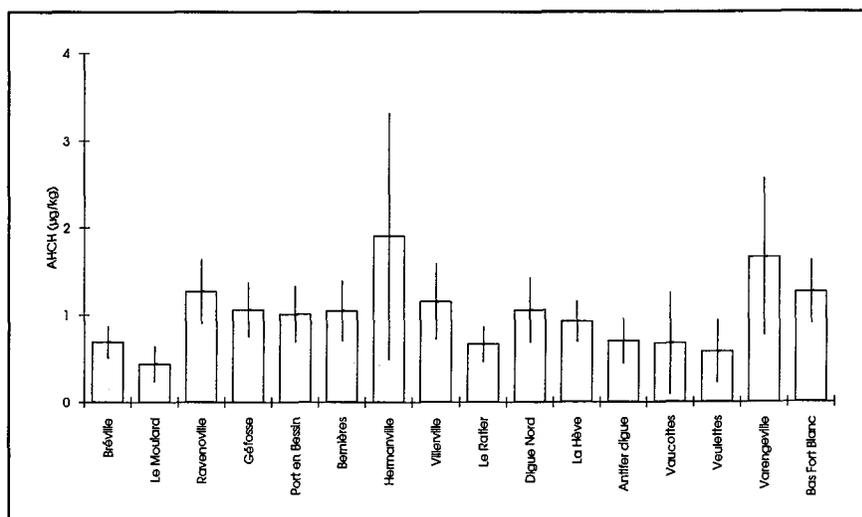


Figure 23 : Moyennes des α HCH sur 10 ans

Les intervalles de confiance des moyennes réalisées sur deux ans sont trop grands pour pouvoir faire une interprétation valable.

La figure 24 présente deux exemples de tendances en baisse significative.

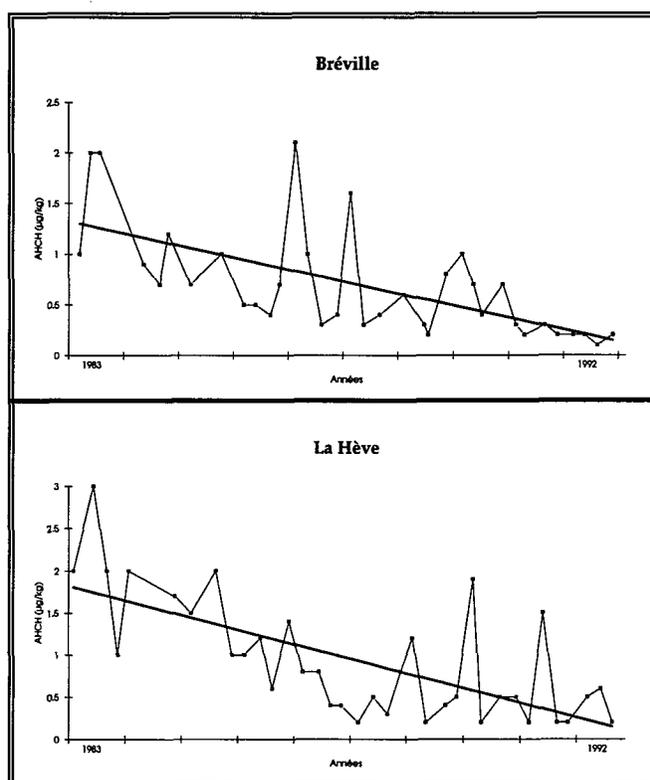


Figure 24 : Tendances de l' α HCH sur 10 ans, pour 2 sites

γ HCH

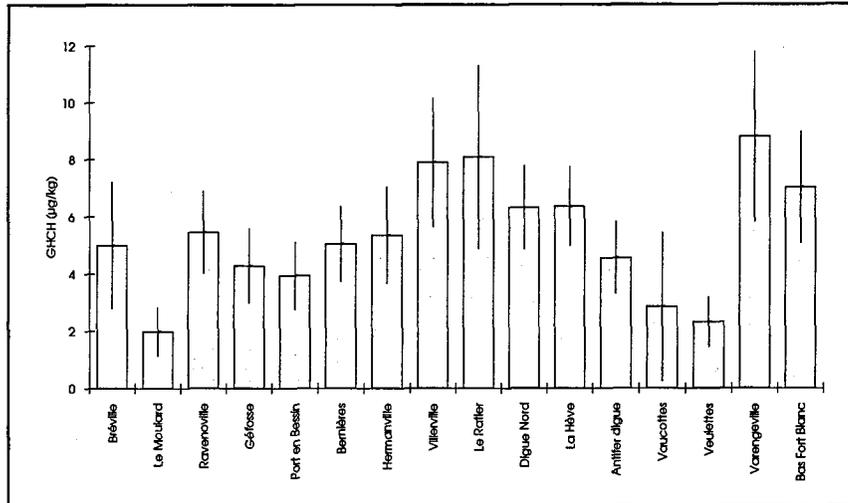


Figure 25 : Moyennes des γ HCH sur 10 ans

A côté des pics de Varengeville et Bas-Fort-Blanc, on constate, sur la figure 25, l'influence de la Seine sur les secteurs périphériques. Il faut noter la teneur moyenne mesurée à Bréville nettement supérieure à celle du site le plus proche (Le Moulard). Le secteur agricole fortement représenté dans cette zone pourrait être à l'origine de ce phénomène.

Toutes les tendances sont à la baisse, mais ne sont significatives que d'Antifer à Bréville (Fig. 26).

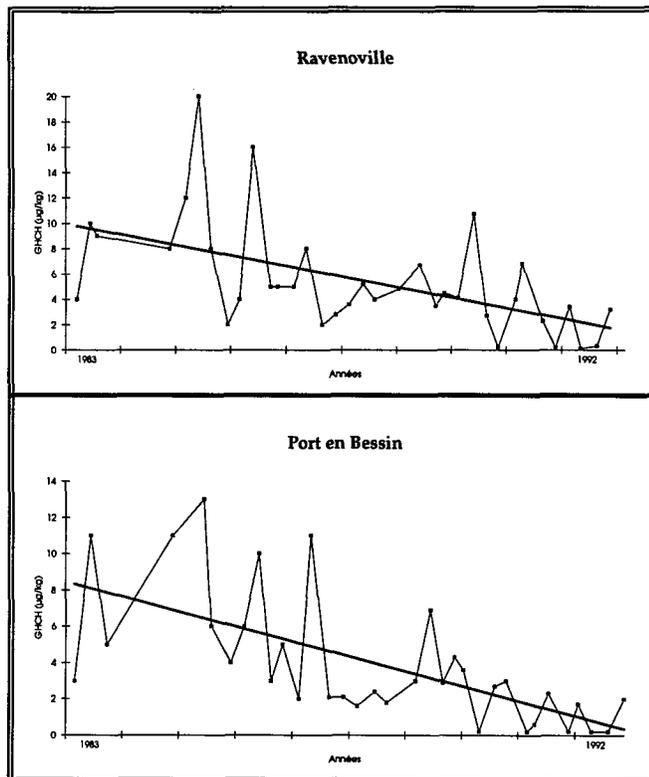


Figure 26 : Tendances du γ HCH sur 10 ans, pour 2 sites

Les moyennes réalisées sur les deux dernières années présentant des intervalles de confiance trop importants, aucune interprétation n'est possible sur ce type d'histogramme.

Cette évolution à la baisse du HCH pourrait confirmer l'abandon progressif de l'utilisation des mélanges techniques au profit du lindane commercial. Cette situation est la plus courante sur le littoral français, avec une baisse très nette des teneurs en α HCH accompagnée d'une diminution moins évidente des concentrations en γ HCH, voire d'une stabilité de ces dernières.

Pour ce type de pesticide, il n'existe une valeur limite que pour le foie de poisson, qui n'est pas applicable aux mollusques.

2.3. Les HAP

D'après la figure 27, les quatre stations de l'estuaire présentent les teneurs les plus élevées, suivies de la station d'Antifer. De part et d'autre de ce secteur, les teneurs sont nettement plus faibles. Il faut toutefois noter la valeur rencontrée à Port-en-Bessin, qui approche celle d'Antifer.

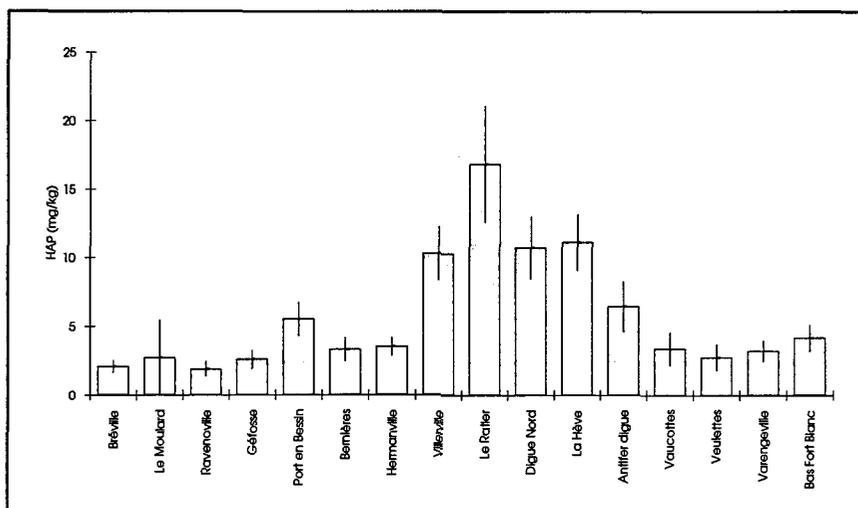


Figure 27 : Moyennes des HAP sur 10 ans

De La Hève à Hermanville, les tendances sont à la baisse de façon significative (Fig. 28).

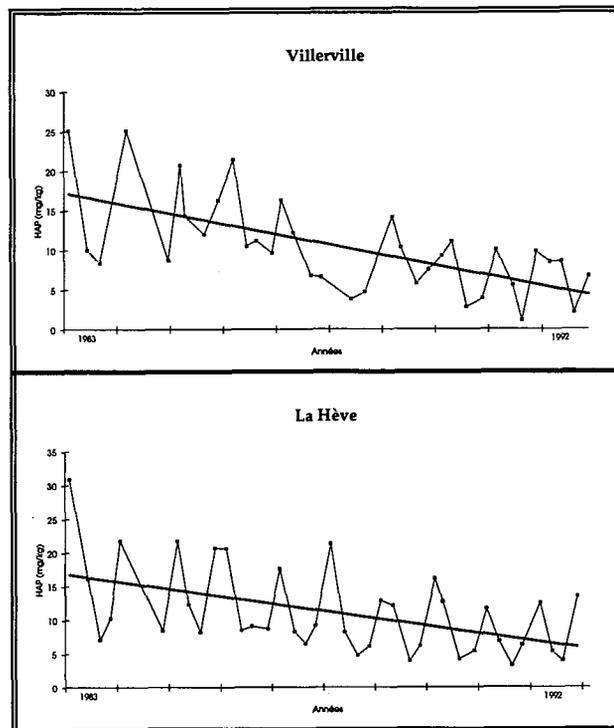


Figure 28 : Tendances des HAP sur 10 ans, pour 2 sites

Comme précédemment, en effectuant les moyennes sur deux ans, l'interprétation est rendue impossible par des intervalles de confiance trop importants. Pour les hydrocarbures, aucune "norme" ou "valeur guide" n'a été émise à l'heure actuelle.

2.4. Le DDT et ses métabolites (SDDT)

La répartition, illustrée par la figure 30, montre bien la prédominance de l'estuaire de la Seine, dont les stations présentent les teneurs les plus élevées. Plus on s'éloigne de cette zone plus les valeurs sont faibles.

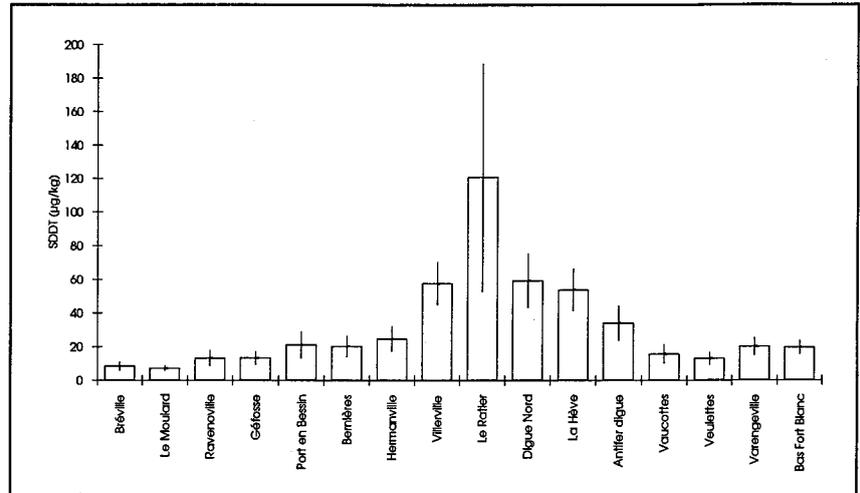


Figure 30 : Moyennes des SDDT sur 10 ans

Toutes les tendances sont à la baisse. Elles sont significatives de La Hève à Géfosse, ainsi qu'à Bréville (Fig. 31).

L'histogramme réalisé à partir des moyennes sur deux ans n'est pas intéressant car les intervalles de confiance sont beaucoup trop grands.

Aucune norme n'est en vigueur en France pour ce type de composé.

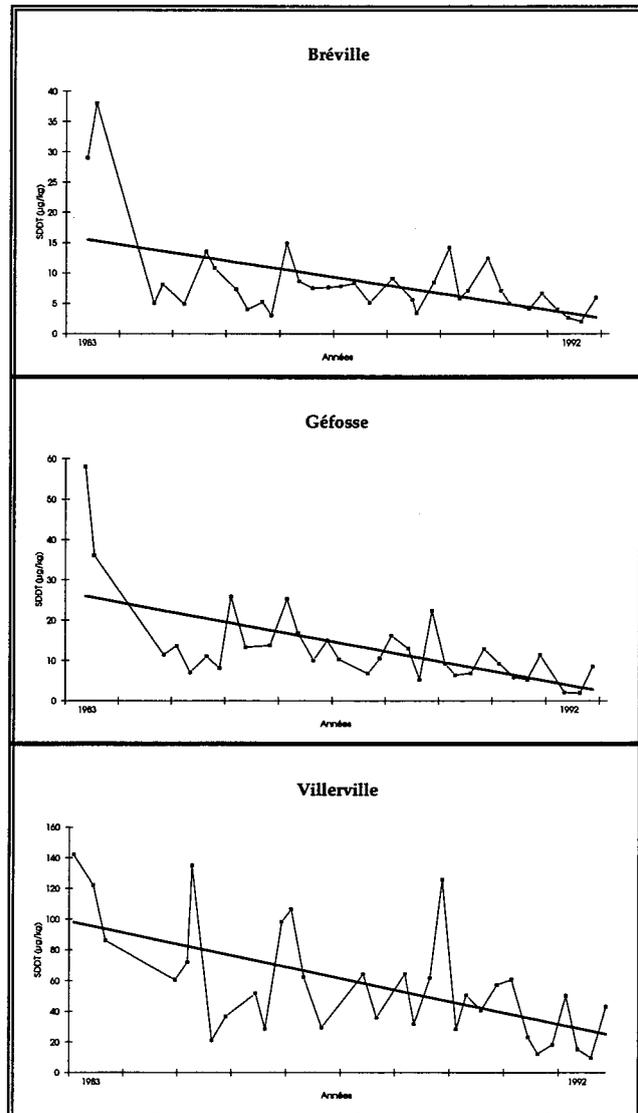


Figure 31 : Tendances des SDDT sur 10 ans, pour 3 sites

3. COMPARAISON DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE AVEC L'ESTUAIRE DE LA LOIRE

La France possède trois estuaires de grande taille qui sont, par ordre décroissant de leur superficie, la Gironde, la Seine et la Loire.

L'ampleur et les caractéristiques propres à chaque estuaire dépendent de différents facteurs parmi lesquels, l'importance de son bassin versant, la zone géologique de son implantation, les aménagements effectués, pour la navigation.

Tous les estuaires français sont confrontés à des problèmes de gestion d'autant que les bassins versants et l'estuaire lui même sont soumis à des rejets d'origine agricole, urbaine et/ou industrielle.

A l'interface continent-océan, le milieu estuarien constitue donc l'aboutissement des déchets de la plupart des activités anthropiques.

Il apparaît intéressant de comparer l'estuaire de la Seine (60 km²) avec celui de la Loire (50 km²) car ces deux ensembles ont à peu près la même importance, tant du point de vue de leur économie que de leur surface. En effet tous deux drainent un bassin versant très développé, ce qui a conduit à aménager ces zones afin de faciliter les communications (Fig.32).



La Loire constitue le plus long fleuve français (1012 km). Son bassin versant couvre 1/5ème du territoire, soit environ 100000 km², s'étend sur l'est du Massif central, le sud du Bassin parisien et le sud-est du Massif armoricain. La Seine, second fleuve par sa longueur (776 km), et le plus important économiquement, draine une surface de 78000 km², correspondant à la majeure partie du Bassin parisien.

La Seine circule dans des zones fortement industrialisées, comme Rouen et Le Havre, et fortement peuplées, comme la région parisienne. La Loire subit les apports de la région nantaise, ainsi que de Saint-Nazaire. Son estuaire est attaché, avant tout, à une vocation nautique et portuaire, mais les secteurs agricoles et industriels sont aussi très représentés. La construction navale et la métallurgie y tiennent un rôle de premier plan. Les industries chimiques sont également présentes (engrais, savonnerie, matière plastique), ainsi que les activités liées au textile, aux industries du bois et du cuir.

L'estuaire de la Loire, comme l'estuaire de la Seine, est suivi attentivement par le Réseau National d'Observation. Les teneurs en contaminants dans la matière vivante sont surveillées au niveau de quatre points situés à l'embouchure. Le suivi est également réalisé de part et d'autre de l'estuaire, au Croisic, plus au nord, et dans le baie de Bourgneuf, vers le sud.

Il faut souligner que la comparaison est possible car les mesures de polluants sont effectuées sur le même matériel biologique : la moule. En revanche, la comparaison avec l'estuaire de la Gironde est rendue plus difficile par le fait que les analyses dans cette zone sont réalisées sur des huîtres. Il n'est cependant pas impossible de comparer la qualité des estuaires, les rapports de bioaccumulation entre les deux espèces étant connus pour certains contaminants, mais cette étude ne sera pas abordée dans ce rapport.

La comparaison des moyennes annuelles est basée sur la période allant de 1985 à 1992. Les années 1983 et 1984 ont été éliminées en raison du trop grand nombre de données manquantes.

Au niveau de l'estuaire de la Loire, les teneurs en contaminants prises en compte dans les moyennes, sont relatives aux quatre points suivants : Villes-Martin (A), Chemoulin (B), Le Pointeau (C) et Tharon (D). Pour l'estuaire de la Seine, les moyennes sont basées sur les valeurs mesurées aux trois points suivants : La Hève (A), Digue Nord du Havre (B) et Villerville (C) (Fig.32).

Après avoir examiné les teneurs des différents contaminants au niveau des deux zones, quatre composés ont été retenus pour cette comparaison : les PCB, les HAP, le DDT et ses métabolites, et le cadmium, car ces contaminants présentent un niveau et une évolution bien distincts selon le site.

Pour les autres contaminants, la différence de niveau entre les deux estuaires est trop peu marquée pour permettre une conclusion intéressante (Annexe 1).

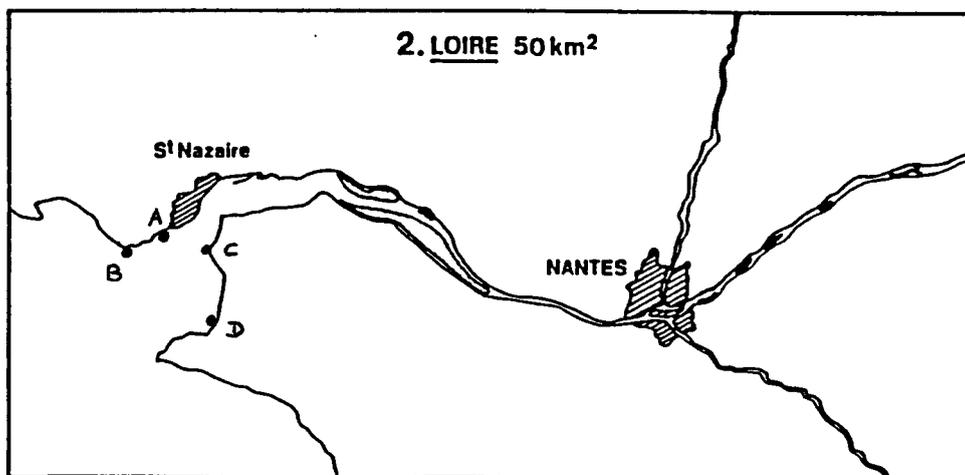
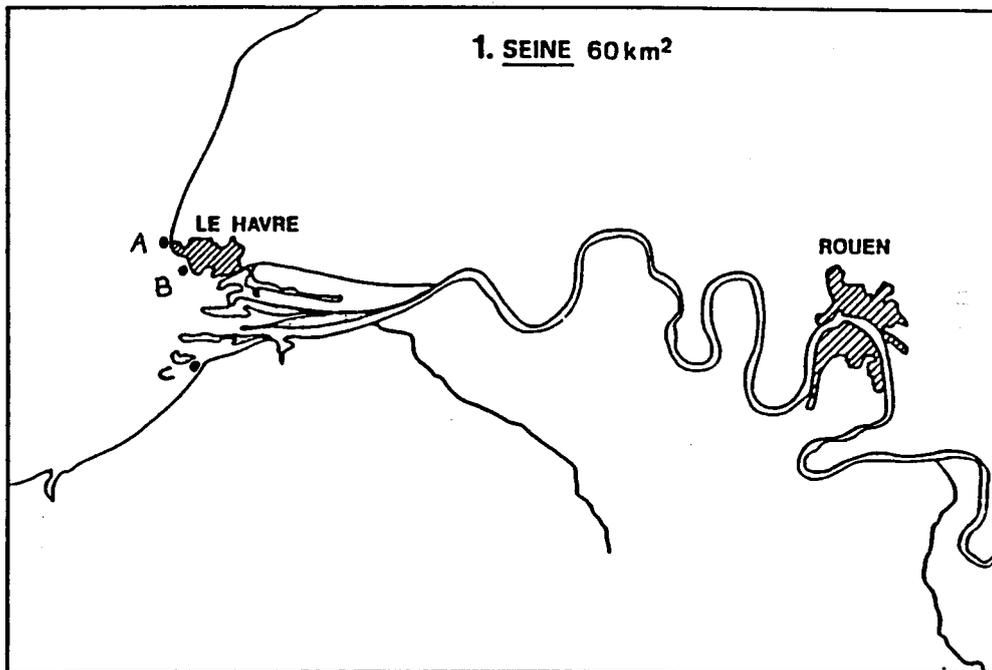
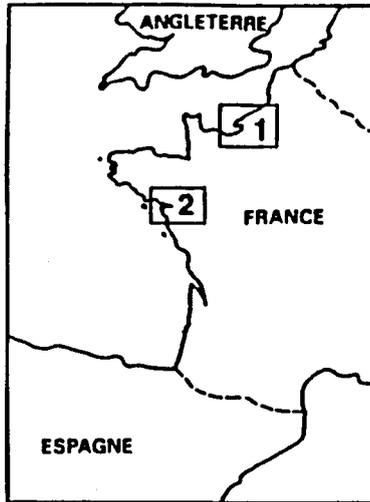


Figure 32 : Détail de l'estuaire de la Seine et de l'estuaire de la Loire
(A B C D : points de suivi RNO Matière Vivante)

On constate pour les quatre composés choisis que l'estuaire de la Seine est plus pollué que l'estuaire de la Loire. Ce phénomène est nettement plus marqué pour les PCB (Fig. 33), dont les teneurs sont, en moyenne, 4 fois plus élevées par rapport à la Loire.

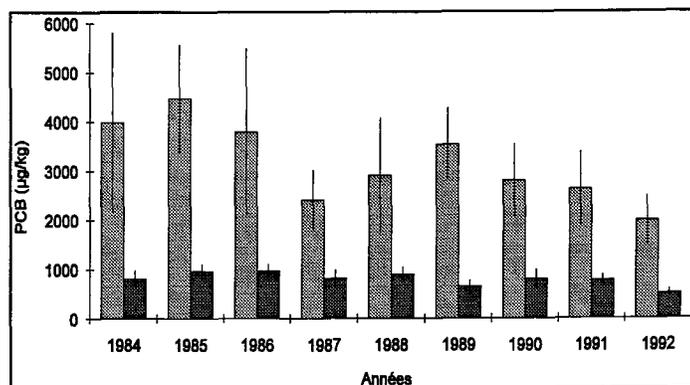
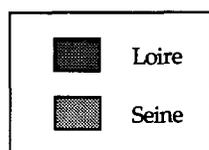


Figure 33 : Comparaison des teneurs en PCB

En ce qui concerne les teneurs en HAP (Fig. 34), elles sont en moyenne 2,5 fois plus élevées dans l'estuaire de la Seine. Ce rapport reste à peu près constant au cours des années car la teneur diminue de façon quasiment identique dans les deux estuaires.

Seule la différence des moyennes de l'année 1991 n'est pas significative.

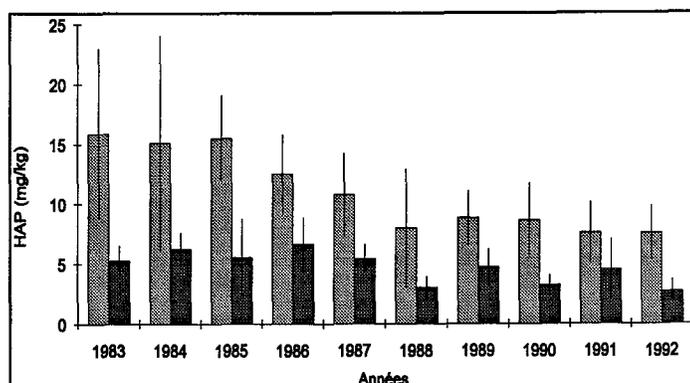


Figure 34 : Comparaison des teneurs en HAP

La différence de teneur en SDDT (Fig. 35) est moins marquée.

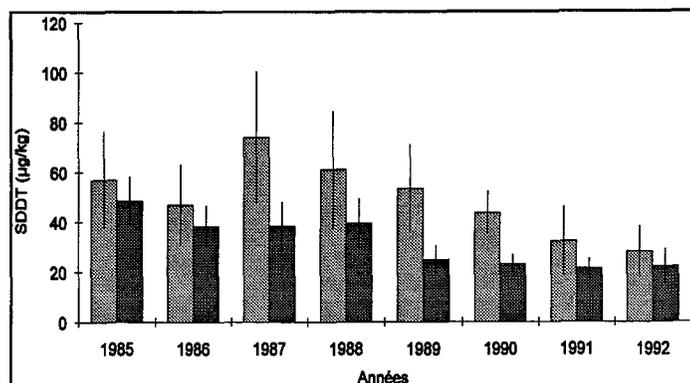


Figure 35 : Comparaison des teneurs en SDDT

Les deux premières années, les valeurs moyennes sont assez proches, mais en 1987, on constate que les teneurs de SDDT dans l'estuaire de la Seine augmentent fortement alors que celles de l'estuaire de la Loire ne varient pas. De 1987 à 1990, la concentration en ce composé est 2 fois plus importante dans la Seine que dans la Loire. Ce sont d'ailleurs les seules années dont la différence des moyennes est significative. A partir de 1991, cet écart diminue car la baisse des teneurs est plus rapide dans l'estuaire normand.

En ce qui concerne le cadmium (Fig. 36), l'écart entre les deux estuaires s'est creusé depuis 1985. En effet, comme on l'a vu précédemment, la teneur en cadmium est en augmentation au niveau de la Seine, alors que ce métal garde une valeur stable au niveau de la Loire. La différence entre les moyennes est significative sur les 9 années considérées.

Pour les trois dernières années, le rapport moyen entre les deux zones est d'environ 3,5.

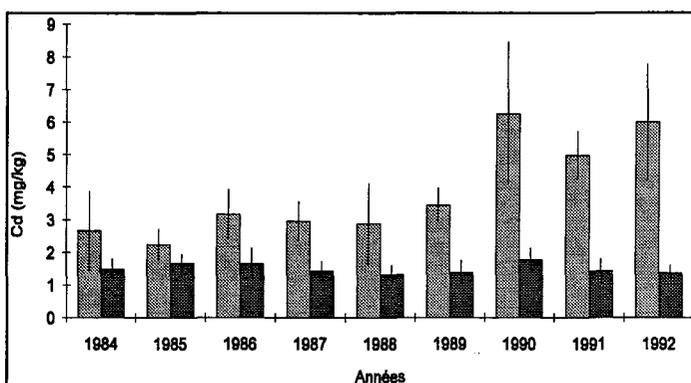
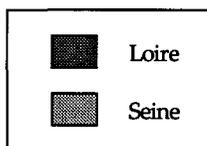


Figure 36 : Comparaison des teneurs en cadmium

Cette étude montre que l'estuaire de la Loire ne présente pas de contamination alarmante en ce qui concerne les composés choisis. A l'heure actuelle les risques d'intoxication par les produits de la mer sont donc très limités. L'estuaire de la Seine est quant à lui plus préoccupant.

Pour connaître l'origine des composés trouvés dans les coquillages, ainsi que les événements expliquant l'évolution des divers polluants, une étude plus complète devrait être menée, mais ceci ne constitue pas le but de ce rapport de synthèse.

Il serait intéressant de réaliser cette comparaison à l'aide d'un logiciel plus performant afin de pouvoir faire apparaître les intervalles de confiance nécessaires à une approche plus rigoureuse (étude en cours).

4. DISCUSSION

D'une façon générale, ce sont les métaux qui montrent le plus de tendances à l'augmentation (il n'y a pas de tendance à la baisse significative parmi les métaux), alors que les contaminants organiques présentent essentiellement des tendances à la baisse (Tab. 2, p. 57).

La Seine joue un rôle prépondérant dans la distribution des polluants dans la baie. L'activité économique et l'urbanisation concentrées sur son bassin versant sont à l'origine d'importants rejets s'ajoutant aux apports naturels. La contribution anthropique dans les apports de la Seine est notamment de l'ordre de 95 % pour le mercure, le cuivre, le cadmium et le zinc, et de 85 % pour le plomb (AVOINE, 1986). Ceci prouve bien l'influence de l'activité humaine dans une région où les teneurs naturelles restent faibles par rapport aux moyennes mondiales, du fait de la nature géologique essentiellement sédimentaire du bassin versant.

Afin de comparer les stations entre elles, et de les situer par rapport au littoral français, il est intéressant d'utiliser la grille de classement proposée dans le rapport "Qualité du milieu marin littoral" réalisé par l'IFREMER en 1993. Les limites de classes ont été établies en fonction des teneurs en polluants habituellement rencontrées dans les moules sur le littoral français.

Ainsi, en se basant sur les moyennes de l'année 1992, on peut identifier les sites nécessitant actuellement une attention particulière suite aux teneurs élevées en certains composés (Tab. 3, p. 58).

Sauf problèmes locaux (voir plus loin), on constate que pour les PCB, les DDT, les HAP, le zinc, le cadmium et le plomb, les concentrations maximales sont mesurées dans la zone estuarienne et à un degré moindre dans les panaches d'eau turbide s'écoulant vers le nord contre le Pays de Caux et l'ouest le long de la côte du Calvados (ABARNOU, 1986).

En ce qui concerne les PCB, la qualité des coquillages de l'estuaire est mauvaise, et celle d'Antifer médiocre. Pour les autres sites normands, la qualité est bonne, et même très bonne pour Bréville et Le Moulard.

L'augmentation des teneurs en cadmium est particulièrement préoccupante. En sortie de l'estuaire de la Seine, les teneurs en cadmium dans les moules ont été multipliées par 3,5 environ, en 10 ans. Si aucune mesure n'est prise, on peut penser qu'en 1997 cette concentration aura atteint la valeur limite fixée par le CSHPF de 10 mg/kg de poids sec. Et malgré l'arrêt récent des rejets de phosphogypses dans l'estuaire (fermeture de l'atelier d'acide phosphorique de l'usine HYDRO-AZOTE en septembre 1992), il convient de rester vigilant sur ce problème car les sédiments de la Seine contiennent encore d'importantes quantités de cadmium, aussi bien dans l'estuaire que plus en amont (SPPPI, 1993).

Pour certains polluants organiques, comme les DDT, α HCH, γ HCH et HAP, tous les sites présentent une bonne (HAP) à très bonne qualité, et les tendances significatives sont toutes à la baisse. L'évolution des concentrations de ces composés paraît donc rassurante.

Tous les coquillages des sites normands sont de bonne qualité en regard de la contamination en **cuivre**, sauf Villerville et La Hève où la qualité est médiocre. Mais il faut noter que pour les moules, les teneurs mesurées ne sont pas représentatives de l'état de contamination du milieu car cette espèce régule son contenu en cuivre (RNO, 1990). Il serait donc intéressant de s'interroger sur la pertinence du suivi des teneurs en cuivre par le réseau de surveillance. Ce paramètre pourrait donc être abandonné pour cette espèce, s'il se trouve une solution de remplacement.

Pour le **plomb**, le littoral présente dans son ensemble une qualité très bonne à bonne, sauf au niveau de Villerville, La Hève et Hermanville où la qualité est médiocre.

Tous les sites présentent une très bonne qualité pour le **zinc**, sauf au niveau de l'estuaire où la qualité va de bonne (Villerville et La Hève) à médiocre (Digue Nord).

En ce qui concerne le **mercure**, la qualité du littoral normand est très bonne à bonne, sauf à Vaucottes et Veulettes où elle est localement mauvaise. Il serait d'ailleurs intéressant de se pencher sur ce phénomène très localisé, car la teneur en mercure dans cette zone est en augmentation.

En réalisant une série d'histogrammes par site et pour chaque polluant, basés sur les moyennes de l'année 1992, il est possible d'observer des "anomalies" au niveau de certains sites, c'est-à-dire des teneurs en certains métaux a priori inattendues (Annexe 2). Ces graphiques confirment bien les résultats obtenus dans le chapitre précédent.

↓ **Bréville**, par exemple, semblait être le site du littoral normand le moins touché par la contamination, car ne subissant pas les apports de la Seine. Cela se vérifie pour des contaminants tels que le cadmium, les PCB, les HCH et les DDT. Mais ces graphiques montrent que des apports doivent avoir lieu au niveau de ce site puisque les teneurs en cuivre, mercure, plomb et zinc sont légèrement plus élevées qu'à Ravenoville, situé dans la baie de Seine.

↓ **Le Moulard** présente les mêmes caractéristiques en ce qui concerne ces quatre contaminants métalliques, mais doit subir également des apports de cadmium.

D'autre part, on constate que la teneur en HAP est élevée au niveau de **Port en Bessin**, et proche de celle de la zone estuarienne.

Au niveau du site de **Bernières**, la teneur en α HCH en 1992 est la plus élevée du littoral normand.

En ce qui concerne le γ HCH, la teneur la plus forte est mesurée à **Varengeville**.

Certains sites sont par conséquent à suivre attentivement, et en particulier dans la zone estuarienne, et sur les sites proches qui subissent l'influence de la Seine.

Il est important de signaler que malgré des teneurs élevées mesurées pour certains polluants, les concentrations maximales admissibles ne sont, en règle générale, pas atteintes. Mais il faut s'interroger sur la fiabilité de ces limites. En effet, les concentrations en cadmium et mercure provoquant des transformations physiologiques chez l'homme, et à partir desquelles les modifications biochimiques peuvent être détectées, sont inférieures à celles actuellement considérées comme relativement inoffensives pour la santé humaine par l'OMS (NICHOLSON 1983, in ROMEO 1991). La difficulté à établir des limites explique peut-être pourquoi la France est si pauvre en normes en ce qui concerne les coquillages.

D'après cette étude, on remarque que certaines zones sont bien surveillées, mais que d'autres en revanche manquent de points de suivi.

Il faut noter que depuis 1993, deux points de suivi ont été rajoutés : **Pirou** à l'ouest du Cotentin, au premier trimestre, et **Ouistreham** sur la côte du Calvados, au deuxième trimestre. En revanche, **Le Ratier** a été éliminé en fin d'année 1990 car souvent inaccessible. La figure 37, page 59, représente les points de suivi RNO depuis 1993.

Il serait peut-être intéressant de mieux répartir l'effort tout le long de la côte normande. **Bas-Fort-Blanc** et **Varengeville** pourraient donc être regroupés car ces deux sites sont très proches géographiquement et qualitativement, et évoluent de façon synchrone. Le même raisonnement peut être tenu pour **Vaucottes** et **Veulettes**.

Ceci permettrait d'intensifier le suivi sur la côte du Cotentin, entre Pirou et Le Moulard. Mais il y a très peu de zones conchylicoles et de gisements coquilliers dans ce secteur, et ce manque de coquillage provoque une difficulté d'échantillonnage. Il serait intéressant de trouver une autre espèce de mollusque, présente dans cette zone littorale, susceptible de nous donner les mêmes renseignements. En effet, une pollution de cette zone, alliée aux courants côtiers, pourrait avoir une influence néfaste sur les coquillages voisins, d'autant que la pratique d'une agriculture intensive dans ce secteur est à l'origine, entre autres, de rejets de pesticides.

SITES	POINTS	COMPOSES ORGANIQUES					COMPOSES METALLIQUES				
		PCB	α HCH	γ HCH	SDDT	PAH	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu
DIEPPE	Bas-Fort-Blanc	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↘
	Varengewille	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↘
	Veulettes	↘	↗	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘
	Vaucottes	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗
ESTUAIRE	Antifer	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗
	La Hève	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗
	Digue Nord	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗
	Villerville	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗
CALVADOS	Hermanville	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗
	Bernières	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↗
	Port-en-Bessin	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↗
BAIE DES VEYS	Géfosse	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↘	↗
	Ravenoville	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
OUEST COTENTIN	Bréville	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↘	↘

Tableau 2 : Récapitulatif des tendances sur 10 ans


 Tendance significative

 Tendance non significative

	Très bonne qualité	Bonne qualité	Qualité médiocre	Mauvaise qualité
Zn (mg/kg p.s.)	< 100	100-150	150-200	> 200
Cu (mg/kg p.s.)	< 5	5-10	10-15	> 15
Hg (mg/kg p.s.)	< 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	> 0,4
Cd (mg/kg p.s.)	< 1	1-2	2-4	> 4
Pb (mg/kg p.s.)	< 2	2-4	4-6	> 6
PCB (µg/kg p.s.)	< 250	250-800	800-1350	> 1350
SDDT (µg/kg p.s.)	< 50	50-125	125-200	> 200
αHCH (µg/kg p.s.)	< 2	2-4	4-6	> 6
γHCH (µg/kg p.s.)	< 5	5-10	10-15	> 15
HAP (mg/kg p.s.)	< 4	4-12	12-20	> 20

	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	PCB µg/kg
Bréville	74.5	6.93	0.21	0.49	2.30	69
Le Moulard	83.3	6.63	0.14	1.74	3.15	199
Ravenoville	52.3	5.35	0.06	0.80	1.45	320
Géfosse						
P.-en-Bessin	70.0	7.20	0.14	1.54	2.25	719
Bernières	93.8	7.95	0.20	2.06	3.43	530
Hermanville	92.0	9.10	0.23	2.43	5.03	663
Villerville	135.0	11.15	0.16	5.83	5.13	1761
Digue Nord	150.5	9.45	0.18	6.08	3.58	2213
La Hève	143.0	11.40	0.28	6.07	5.78	2000
Antifer digue	94.8	8.55	0.18	3.21	2.60	1260
Vaucottes	99.0	8.95	0.47	3.79	3.23	450
Veulettes	83.5	8.33	0.50	2.93	3.40	610
Varengenville	86.8	6.85	0.17	1.57	2.00	374
Bas-Fort-B.	82.3	7.58	0.13	1.24	1.85	388

	SDDT µg/kg	αHCH µg/kg	γHCH µg/kg	HAP mg/kg
Bréville	3.63	0.18	1.03	1.60
Le Moulard	5.33	0.28	1.13	1.37
Ravenoville	5.75	0.48	1.75	1.00
Géfosse	4.13			
P.-en-Bessin	8.83	0.35	1.03	6.34
Bernières	7.08	0.90	1.78	2.19
Hermanville	12.38	0.70	1.53	2.23
Villerville	29.50	0.53	2.75	6.45
Digue Nord	29.63	0.45	3.70	7.38
La Hève	25.25		3.58	8.84
Antifer digue	16.73	0.53	2.28	4.64
Vaucottes	10.13	0.40	1.38	3.21
Veulettes	7.13	0.78	2.40	2.48
Varengenville	8.70	0.78	4.00	1.96
Bas-Fort-B.	9.88	0.83	2.43	2.04

Tableau 3 : Récapitulatif de la qualité du milieu marin en 1992

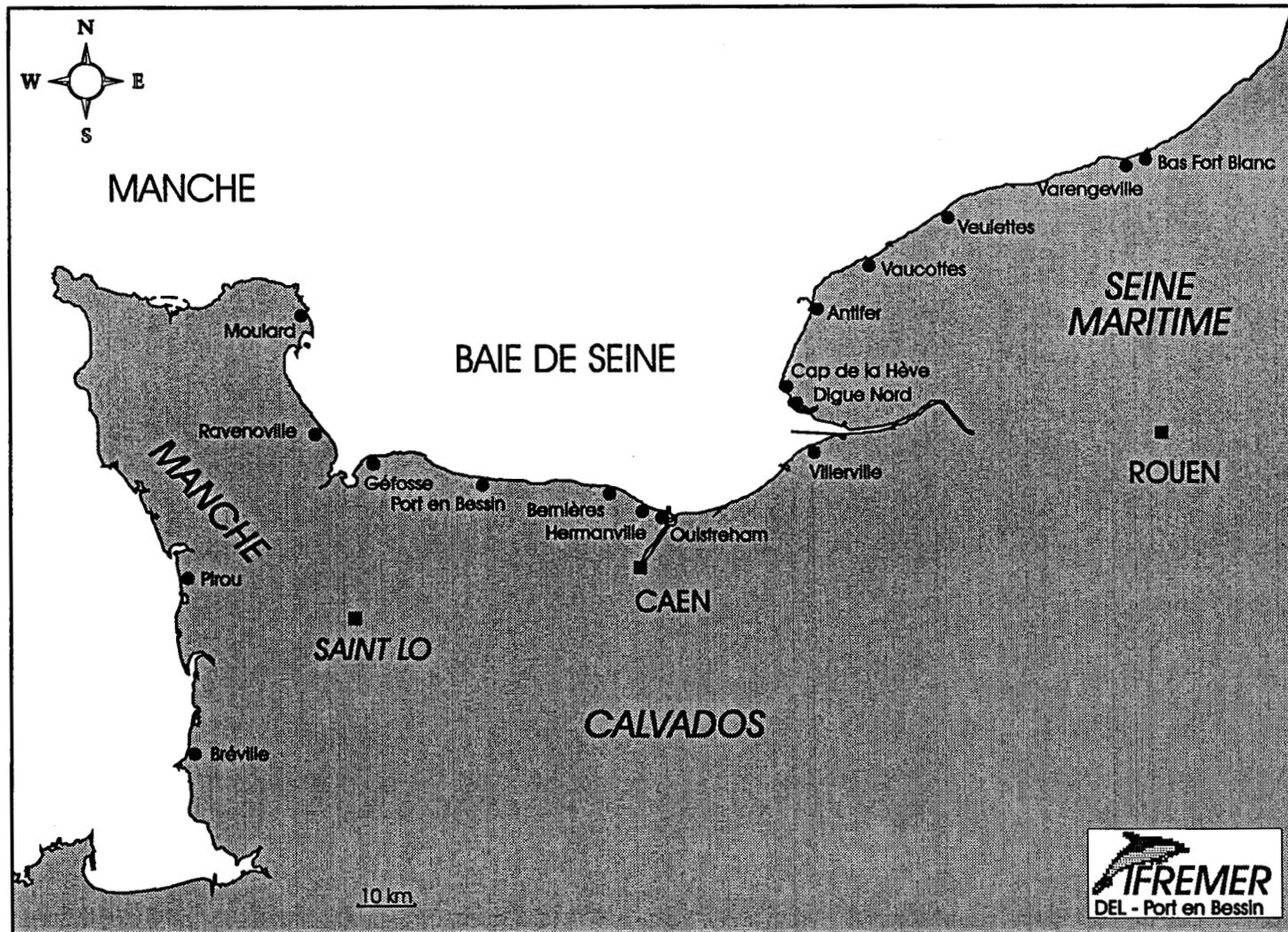


Figure 37 : Le Réseau National d'Observation sur les coquillages normands en 1993

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude a permis de faire un bilan de la situation du littoral normand, en ce qui concerne la contamination chimique dans la matière vivante. La carte ci-après (Fig.38) résume la qualité en 1992 des différents points suivis par le réseau de surveillance, et met bien en évidence l'influence de l'estuaire de la Seine sur l'état de contamination de la baie.

Il est tout d'abord important de noter que toutes les zones conchylicoles du littoral normand, ainsi que les gisements coquilliers, présentent des teneurs inférieures aux normes ou recommandations émises pour la consommation, vis à vis des polluants chimiques étudiés. Cependant, il faut savoir que peu de recommandations sont en vigueur en France à l'heure actuelle pour les composés organiques. Il est donc nécessaire de poursuivre les efforts sur cet épineux problème.

En revanche, si l'on se réfère à la grille de classement de qualité du milieu, proposée par l'IFREMER, on constate que les zones conchylicoles normandes sont de bonne à très bonne qualité, alors que certains gisements coquilliers (Hermanville à Veulettes) présentent une qualité médiocre à mauvaise en regard de certains composés (PCB, cadmium, mercure).

Il faut également remarquer que l'estuaire et la baie de Seine constituent l'ensemble côtier français le plus fortement contaminé par les PCB. Cette zone littorale devrait être retenue prioritairement pour une étude pilote du devenir et des effets des PCB en milieu marin. Les campagnes SUBIO, ou surveillance des effets biologiques, en constituent la première étape.

L'étude de l'évolution de la contamination a permis de montrer que les métaux (plomb, zinc, cadmium, cuivre et mercure) ont tous une tendance à l'augmentation, tandis que les composés organiques (PCB, HAP, DDT, α HCH et γ HCH) sont tous en diminution. On pourrait envisager dorénavant de porter davantage nos efforts sur la surveillance des composés métalliques, en se penchant surtout sur le problème du cadmium dont la concentration augmente de façon préoccupante.

Il faudrait d'autre part mener des études approfondies au niveau des sites à "anomalies" afin de connaître plus précisément l'origine de ces phénomènes localisés. Une collaboration avec la DDASS Seine-Maritime est envisagée pour tenter d'élucider le problème des teneurs en mercure à Vaucottes et Veulettes.

Pour le moment, toutes les études du Réseau National d'Observation sont basées sur les coquillages du littoral. Cette stratégie permet d'établir les niveaux de pollution ainsi que l'évolution dans le temps des différents polluants. Mais il est intéressant, en complément, d'élargir le champ d'investigation en développant de nouveaux bio-indicateurs (EROD, ACHE*,...) afin de mieux comprendre les relations entre la qualité du milieu marin et les ressources.

* *Acétylcholinestérase*

Quoi qu'il en soit, il ne faut pas se limiter aux études menées par ce réseau de surveillance pour définir la qualité d'une zone. En effet, il est indispensable de tenir compte de la contamination chimique, mais également de la contamination bactérienne (REMI) et phytoplanctonique (REPHY) afin de déterminer si un secteur présente une bonne ou mauvaise qualité du milieu marin. Cette étude constitue donc un préalable à une synthèse ultérieure des données RNO, REMI et REPHY, qui, couplée à une approche géographique et socio-économique, doit permettre d'améliorer la stratégie de surveillance, et de dégager les points d'action prioritaires afin de garantir la pérennité des usages sur le littoral.

❧❧❧

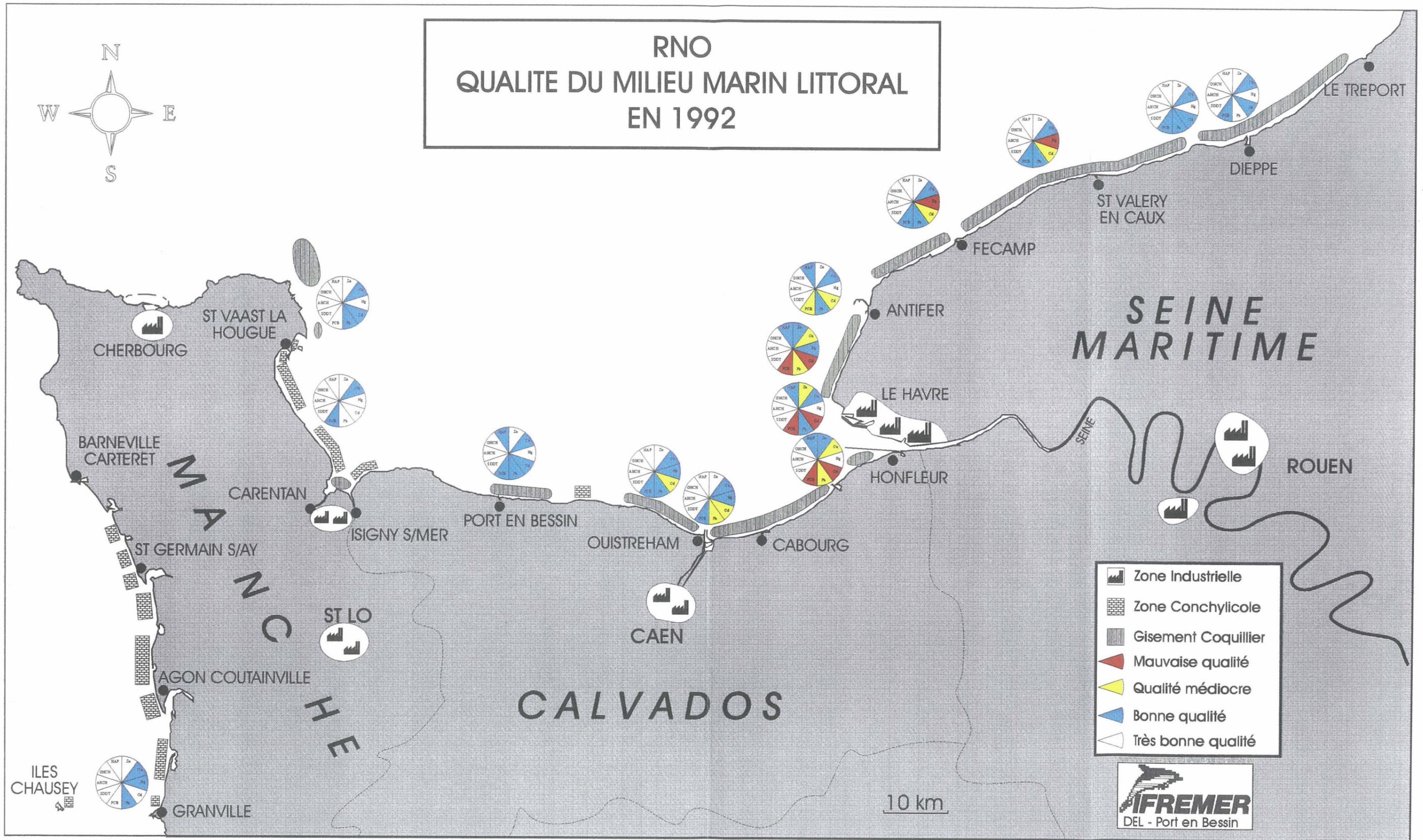


Figure 38 : Récapitulatif de la qualité des coquillages normands en 1992

BIBLIOGRAPHIE

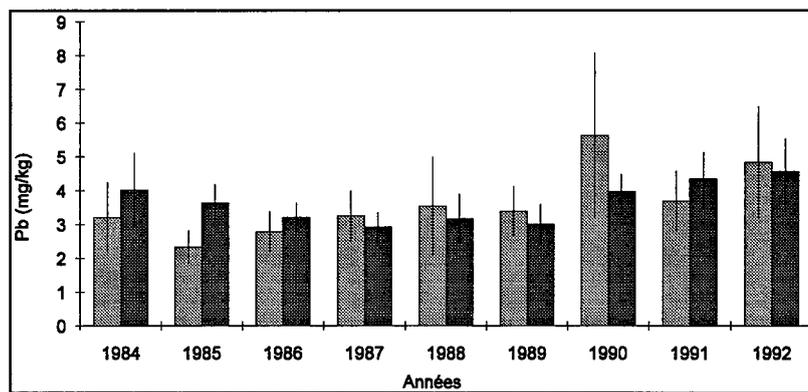
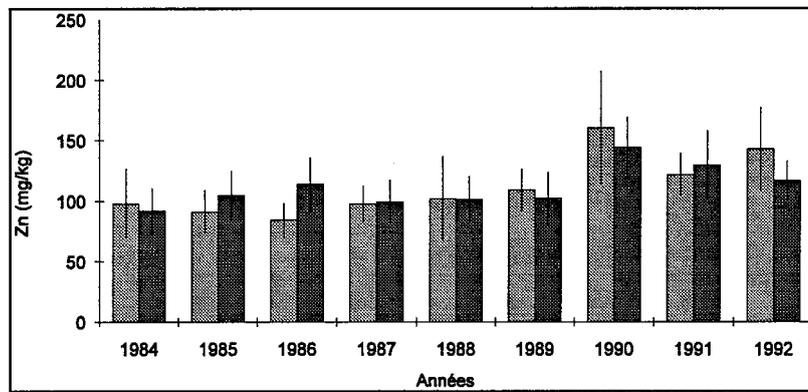
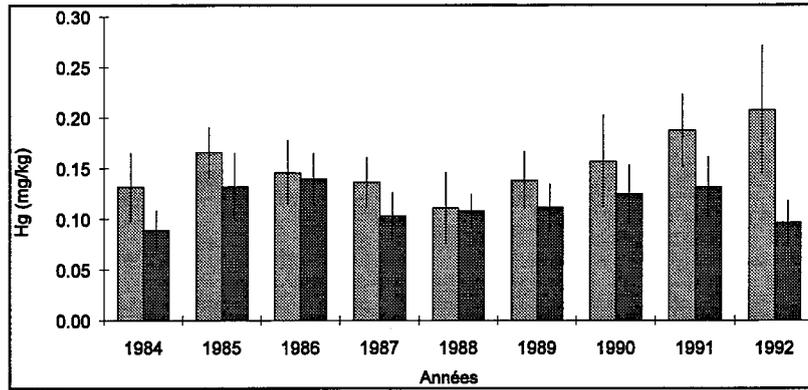
- ABARNOU A., SIMON S., 1986. Contamination de l'estuaire et de la baie de Seine par les PCB. Bilan des études. La baie de Seine (GRECO MANCHE). IFREMER. Actes de colloques n°4, pp. 471-476.
- AVOINE J., 1986. Evaluation des apports fluviaux dans l'estuaire de la Seine. La baie de Seine (GRECO MANCHE). IFREMER. Actes de colloques n°4, pp. 117-124.
- BOUST D., 1981. Les métaux traces dans l'estuaire de la Seine et ses abords. Thèse de troisième cycle, mention Géologie. Université de Caen, 207 p.
- BURGEOT T., 1994. Surveillance biologique. Equinoxe n°47-48, pp. 25-28.
- CLAISSE D., SIMON S., 1991. Le "Mussel-Watch" français : résultats acquis sur les moules et les huîtres du littoral de la France. Exploitation de ces résultats dans le cas particulier de l'estuaire de la Seine. Offprint from "Estuaries and coasts : Spatial and temporal intercomparisons", ECSA 19 Symposium, pp.341-347.
- CLAISSE D., ALZIEU C., 1993. Copper contamination as a result of antifouling paint regulations ? Marine Pollution Bull., Vol.29, n°7, pp.395-397.
- COSSA D., LASSUS P., 1989. Le cadmium en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport Scientifique et Technique IFREMER, n°16, 111 p.
- COSSA D., THIBAUD Y., ROMEO M., GNASSIA-BARELLI M., 1990. Le mercure en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport Scientifique et Technique IFREMER, n°19, 130 p.
- COSSA D., ELBAZ-POULICHET F., GNASSIA-BARELLI M., ROMEO M., 1993. Le plomb en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport Scientifique et Technique IFREMER, n°3, 76 p.
- DAVIS J.M. et al., 1987. Lead and child development. Nature, Vol.392, pp.297-300.
- GALGANI F., BOCQUENE G., TRUQUET P., BURGEOT T., CHIFFOLEAU J.F., CLAISSE D., 1992. Monitoring of pollutant biochemical effects on marine organisms of the French coasts. Oceanologica Acta, vol.15, n°4, pp. 355-364.
- IFREMER, 1993. Qualité du milieu marin littoral, 241 p.
- JAYET B., 1992. Approche de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires associés à la consommation de moules récoltées par la pêche à pied en Seine-Maritime. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, 60 p.
- JOANNY M., QUINTIN J.Y., 1992. Interprétation des résultats du réseau national d'observation de la qualité du milieu marin. Site du Calvados. IFREMER, DEL/QM/Brest, 43 p.
- LESNE J., 1992. Coquillages et santé publique, du risque à la prévention. Ed. Ecole Nationale de la Santé Publique, 343 p.

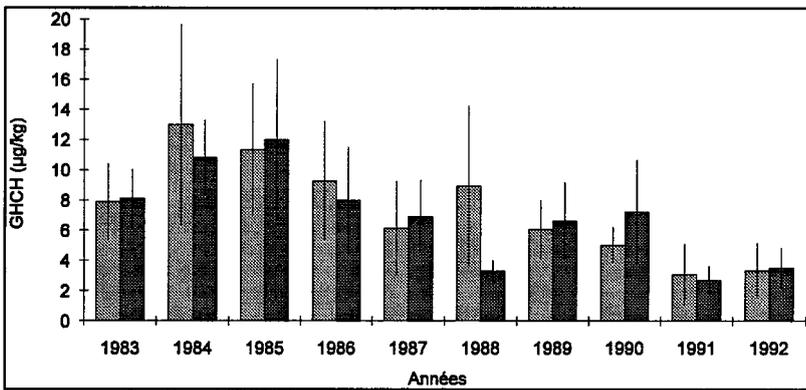
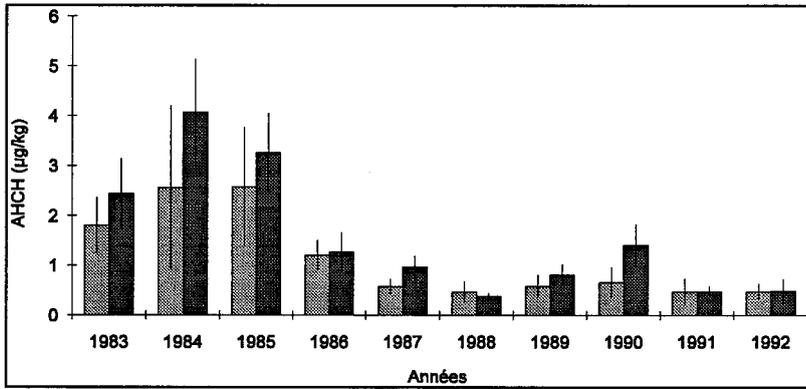
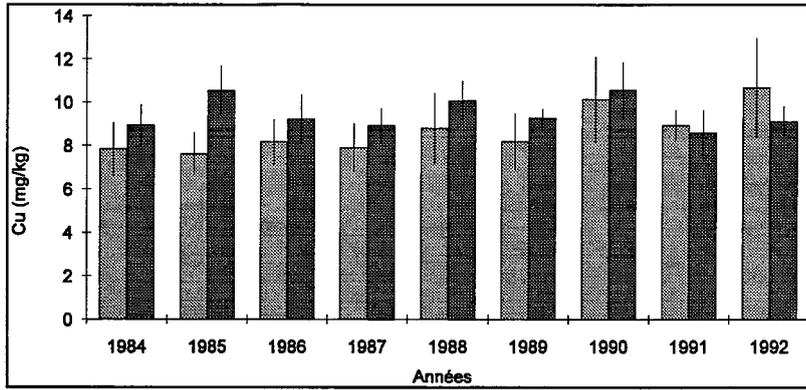
- MARCHAND M., ABARNOU A., MARCAILLOU-LE BAUT C., 1990. Les polychlorobiphényles en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport Scientifique et Technique IFREMER, n°18, 162 p.
- MELZIAN B.D., 1989. Toxicity assessment of dredged materials : acute and chronic toxicity as determined by bioassays and bioaccumulation tests. Actes du séminaire international sur les aspects environnementaux liés aux activités de dragage. Nantes 27 nov.-1 déc. 1989, pp. 49-64.
- RAMADE F., 1992. Précis d'écotoxicologie. Collection d'écologie n°22, Masson, 300 p.
- RNO, 1990. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 1989-90. IFREMER et Ministère de l'Environnement, 32 p.
- RNO, 1991. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 1991. IFREMER et Ministère de l'Environnement, 32 p.
- ROMEO M., 1991. Toxicologie des métaux traces dans l'environnement marin. Océanis, Vol.17, Fasc.4, pp. 383-402.
- SCHWARTZ D., 1963. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion, Méd. Sc., Paris, 318 p.
- SIMON S., CLAISSE D., 1992. Evolution récente des micropolluants dans la matière vivante, entre Port en Bessin et Dieppe. Compte rendu de la 108ème Commission Baie de Seine, pp. 10-14.
- SIMON S., 1993. Surveillance des paramètres généraux de qualité des eaux de l'estuaire de la Seine. Compte rendu de la 110ème Commission Baie de Seine, pp.9-11
- SOUDAN F., 1977-78. Action des polluants sur les organismes et les peuplements marins. ISTPM NANTES, 52 p.
- S.P.P.I. en Basse Seine, 1991. Huitième conseil d'orientation, Rouen, 229 p.
- S.P.P.I. en Basse Seine, 1993. Neuvième conseil d'orientation, Rouen, 257 p.

ANNEXES

ANNEXE 1

COMPARAISON DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE AVEC L'ESTUAIRE DE LA LOIRE





ANNEXE 2

TENEURS MOYENNES DE 1992 POUR CHAQUE SITE ET CHAQUE POLLUANT

Numéros des sites

- 1 Bréville
- 2 Le Moulard
- 3 Ravenoville
- 4 Géfosse
- 5 Port-en-Bessin
- 6 Bernières
- 7 Hermanville
- 8 Villerville
- 9 Digue Nord
- 10 La Hève
- 11 Antifer Digue
- 12 Vaucottes
- 13 Veulettes
- 14 Varengeville
- 15 Bas-Fort-Blanc

