



Surveillance du Milieu Marin

Travaux du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin

Edition 1995



*INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
POUR L'EXPLOITATION DE LA MER*



SOMMAIRES DES EDITIONS PRECEDENTES

EDITION 1988 (épuisée)

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
NIVEAUX ET TENDANCES DES PARAMETRES PRIORITAIRES
GROS PLAN SUR LES NITRATES EN RADE DE BREST

EDITION 1989-1990

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
NIVEAUX ET TENDANCES DES PARAMETRES PRIORITAIRES (suite)
GROS PLAN SUR LA SURVEILLANCE DES EFFETS BIOLOGIQUES

EDITION 1991

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
TENDANCES DES POLLUANTS DANS LA MATIERE VIVANTE
GROS PLAN SUR LA SURVEILLANCE MICROBIOLOGIQUE ET PHYTOPLANCTONIQUE

EDITION 1992-1993

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
SURVEILLANCE DES ELEMENTS NUTRITIFS ET DE LA CHLOROPHYLLE
QUALITE DU MILIEU MARIN LITTORAL : UNE SYNTHESE




EDITION 1994

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
SURVEILLANCE DES EFFETS BIOLOGIQUES PAR LA MESURE DE L'ACTIVITE ENZYMATIQUE EROD
L'ARSENIC ET LE CHROME DANS LES COQUILLAGES

Surveillance du milieu marin

TRAVAUX DU RNO

Edition 1995

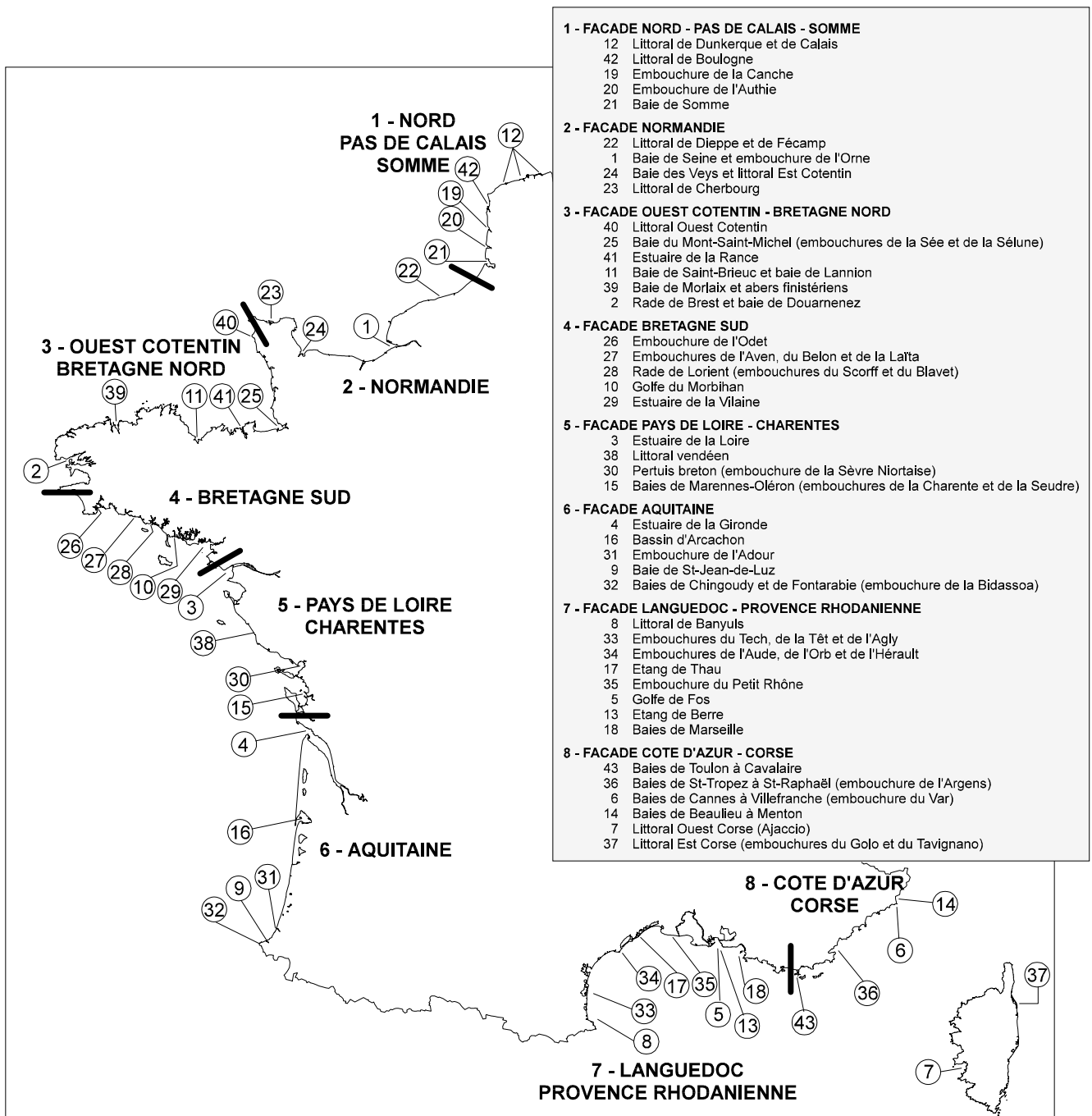
-  LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
-  LES CONTAMINANTS DANS LA MATIÈRE VIVANTE
-  LES MÉTAUX LOURDS DANS LES SÉDIMENTS
DE LA BAIE DE SEINE (CAMPAGNE 1993)



RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION
DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN

RÉSEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

DISPOSITION DES SITES DE SURVEILLANCE



PREMIÈRE PARTIE

LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS

1. CADRE GÉNÉRAL

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

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

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

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

2. PROGRAMMES EN COURS ET TRAVAUX MENÉS EN 1994

2.1. Surveillance des paramètres généraux de qualité

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

Ce type de surveillance est pratiqué sur douze sites : Calais-Dunkerque, baie de Seine, baie des Veys, rade de Brest, rade de Lorient, estuaire de la Loire, Gironde, golfe de Fos, étang de Berre, Cortiou, Villefranche sur Mer-Menton et golfe d'Ajaccio. En Manche-Atlantique, cette surveillance comporte en général deux à cinq campagnes par an, uniquement en périodes hivernale et estivale, et le plan d'échantillonnage s'attache à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau par des prélèvements répartis sur toute la gamme de salinité. En Méditerranée, des campagnes un peu plus nombreuses (six à douze par an) portent sur un nombre limité de stations fixes. Sur la quasi totalité des sites, les Cellules Qualité des Eaux Littorales du Ministère de l'Environnement, avec l'appui des Ports

Autonomes, se chargent de l'organisation des campagnes dont les analyses sont confiées aux laboratoires municipaux ou départementaux correspondants.

Le programme de surveillance en baie des Veys (site Est Cotentin) a débuté en 1993. Les deux premières années sont à considérer comme expérimentales. Au vu des premiers résultats et des difficultés pratiques liées à l'hydrographie du site, le programme a été légèrement modifié en 1995.

Le tableau 1 exprime le volume des travaux menés pour la surveillance de routine dans l'eau en 1994.

N° de façade et site	Nombre de campagnes		Nombre de points visités par campagne	Nombre d'échantillons pour l'année
	Hiver	Eté		
1. Dunkerque	2	1	20	60
2. Seine (baie)	3	2	10	150
Seine (estuaire)	6 dans l'année		2	12
Est Cotentin	2	2	5	20
3. Brest	3	1	30	120
4. Lorient	2	2	15	60
5. Loire	3	2	7	125
6. Gironde	2	2	10	120
7. Fos (golfe)	10 dans l'année		5	90
Fos (Rhône)	12 dans l'année		1	12
Berre	10 dans l'année		2	70
Cortiou	6 dans l'année		4	84
8. Ajaccio	2	1	10	42
Nice - Menton	8 dans l'année		5	80
TOTAL	84		126	1 045

Tableau 1 : Surveillance 1994 (hydrologie). En Loire, le nombre d'échantillons annuel est passé de 150 à 125. Cette optimisation est le fruit d'une meilleure organisation des campagnes, qui permet, avec moins d'échantillons, de mieux décrire la gamme de salinité.

2.2. Surveillance des polluants

Compte tenu des difficultés et du coût des analyses à très faible concentration dans l'eau, cette surveillance porte en priorité sur la matière vivante, essentiellement moules et huîtres utilisées comme indicateurs de contamination. Les polluants suivants sont systématiquement recherchés : mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu), polychlorobiphényles (PCBs), DDT, DDD, DDE, lindane (γ HCH), α HCH, hydrocarbures polyaromatiques (PAH). Une centaine de points de prélèvements sur 43 sites du littoral sont échantillonnés quatre fois par an par les agents IFREMER. Les analyses sont effectuées au Centre IFREMER de Nantes pour les métaux et de Brest pour les polluants organiques. Une partie aliquote des échantillons est systématiquement conservée pour d'éventuels contrôles ou pour la recherche ultérieure d'autres contaminants.

En 1993, et suivant en cela les recommandations internationales, la mesure des hydrocarbures polyaromatiques (PAH) "totaux" par HPLC et détection infrarouge a été abandonnée au profit de l'analyse de certains hydrocarbures individuels ciblés.

En complément à ce programme principal, et pour satisfaire notamment aux obligations internationales de la France, la surveillance des polluants s'effectue aussi dans le poisson (baie de Seine et Marseille) ainsi que dans les sédiments. Ces derniers peuvent conserver dans leurs couches

successives toute l'histoire chimique d'une région. En fonction des vitesses de sédimentation, des remises en suspension, de la bioturbation, etc., les premiers centimètres de la couche superficielle peuvent intégrer plusieurs années de contamination. Dans ces conditions il est inutile de revenir tous les ans sur un même lieu. Une campagne annuelle portant sur des façades différentes chaque année permet de couvrir en cinq à dix ans l'ensemble du littoral français. En 1993, cette campagne a été réalisée en baie de Seine, donnant lieu au prélèvement de 40 échantillons de sédiments. Les polluants recherchés sont les mêmes que dans la matière vivante, accompagnés des paramètres descriptifs et normalisateurs propres à cette matrice, tels que granulométrie, carbone organique, carbonates, perte au feu, aluminium, fer, lithium, manganèse. Les résultats de cette campagne sont présentés dans la troisième partie de ce document. En 1994, cette surveillance a porté sur le littoral méditerranéen, du Rhône à la frontière italienne, y compris la Corse (80 échantillons). La couverture de la partie occidentale de ce littoral sera complétée lors de la campagne 1995.

Le tableau 2 exprime le volume des travaux menés pour la surveillance de routine des polluants dans la matière vivante en 1994.

Façade	Nombre de points de prélèvements	Nombre d'échantillons pour l'année	Espèce
1. Nord - Pas de Calais - Somme	6	24	Moule
2. Normandie	15	60	Moule
	1	25	Flet
3. Ouest Cotentin - Bretagne Nord	8	32	Moule
	9	36	Huître
4. Bretagne Sud	6	24	Moule
	5	20	Huître
5. Pays de la Loire - Charente	5	20	Moule
	11	44	Huître
6. Aquitaine	10	40	Huître
7. Languedoc - Provence rhodanienne	14	56	Moule
	1	1	Sardine
8. Côte d'Azur - Corse	7	28	Moule
TOTAL	98	410	

Tableau 2 : Surveillance 1994 (matière vivante). Un échantillon se compose de 50 individus de moules ou de 10 individus d'huîtres analysés ensemble, ou d'un poisson dont l'analyse porte sur le muscle et sur le foie pour les flets de Normandie. Dans le cas des poissons de Méditerranée, un seul échantillon composite (25 poissons) est utilisé.

2.3. Surveillance des effets biologiques

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

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

A partir de 1992, deux sites pilotes ont été créés pour la mesure en routine de l'activité EROD. Il s'agit des laboratoires IFREMER de Port-en-Bessin sur la baie de Seine et de Toulon sur la Méditerranée. Ces laboratoires effectuent chacun 2 campagnes par an dans leur zone respective. Chaque campagne donne lieu au prélèvement et à l'analyse d'environ 200 échantillons de poissons. Jusqu'en 1992, les analyses étaient effectuées au laboratoire Ecotoxicologie de l'IFREMER, à Nantes. En 1993 le laboratoire de Toulon a été équipé de façon à pouvoir mener cette surveillance de façon autonome. L'année 1994 a vu l'équipement de celui de Port-en-Bessin. En 1994, 900 analyses ont été réalisées dans le cadre de ce programme (4 réplicats sur 225 poissons). De plus la campagne d'automne dans le golfe de Fos s'est déroulée à la même époque que la campagne sédiments. Ceci permettra de mettre en parallèle les résultats EROD et les mesures chimiques de certains contaminants dans les sédiments de la zone.

En avril, une campagne spécifique de mesure d'activité EROD s'est déroulée sur tout le bassin nord-occidental de la Méditerranée, incluant les côtes françaises, une partie des côtes espagnoles et italiennes, les Baléares, la Sicile, la Sardaigne et la Corse. Cette campagne a permis l'analyse de plus de 300 échantillons de poissons.

Comme par le passé, le RNO a soutenu financièrement le suivi benthique des Pierres Noires réalisé par la station biologique de Roscoff (Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie). Cette action qui a débuté à l'époque de l'échouage de l'Amoco Cadiz s'intègre bien dans la programmation de la surveillance des effets biologiques.

Les séries de données acquises dans le cadre de ce suivi sont parmi les mieux documentées à l'échelon mondial. Les changements observés pendant les premières années traduisent à la fois les effets de la pollution par les hydrocarbures et les variations d'origine climatique. La période actuelle est désormais suffisamment éloignée de l'événement de l'Amoco Cadiz pour révéler les modifications des peuplements en fonction des seules variations de l'environnement : apports de nutriments et climat. Plusieurs auteurs ont mis en évidence des changements cycliques d'abondance avec des périodes variant de quelques années au siècle. Il est donc nécessaire de poursuivre ce suivi pour identifier les cycles de grande période et connaître les variations à long terme des peuplements dans des conditions environnementales normales.

2.4. Assurance de qualité

L'organisation d'intercalibrations spécifiques au RNO, l'aide aux laboratoires, le suivi des développements méthodologiques restent un thème permanent dans les programmes RNO. La participation aux exercices internationaux de calibration est systématiquement recherchée. IFREMER et de nombreux laboratoires partenaires du RNO sont impliqués dans le programme QUASIMEME (Quality Assurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe) auquel participent 84 laboratoires de 17 pays, ainsi que dans un exercice CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) portant sur l'analyse des congénères de PCB. Ces deux programmes s'étalent sur plusieurs années. Dans le cadre de QUASIMEME de nombreux exercices sont organisés, portant sur les métaux lourds et les organochlorés dans la matière vivante et le sédiment, ainsi que sur les sels nutritifs dans l'eau. En 1994, tous les laboratoires participant au volet "hydrologie" du RNO ont

été associés à l'exercice QUASIMEME sur les sels nutritifs dont l'organisation était confiée au laboratoire "Chimie et Modélisation des Cycles Naturels" de l'IFREMER. En ce qui concerne l'analyse en routine des contaminants dans la matière vivante et le sédiment, l'usage de matériel de référence, inclus dans les séries analytiques, est systématique.

2.5. Gestion des données. Publications

La mise en pratique du principe de gestion informatisée des données conduit à un système qui a fortement évolué depuis l'origine, en parallèle avec le développement de l'outil informatique lui-même, aussi bien matériel que logiciel. Le système RNO actuel se compose d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) configuré pour l'archivage du type RNO, associé à un langage d'interrogation adaptable à l'utilisateur, qui peut traiter ensuite les données extraites et transférées sur son propre matériel. L'activité de gestion des données du RNO est réalisée au Centre IFREMER de Brest. Cependant, malgré les nombreuses améliorations dont elle a bénéficié depuis 1974, la base RNO souffre de l'ancienneté de sa conception. IFREMER a donc entrepris la refonte et la fusion des bases de données des différents réseaux de surveillance dont il a la charge. Le but de l'opération est de mettre en place une base moderne, regroupant en particulier les données du RNO et des réseaux REMI et REPHY (voir édition de 1991). Ce projet est prévu sur deux ans à partir de 1994.

Le besoin d'une information régulière et synthétique sur les résultats des travaux du RNO a été jugé nécessaire et constitue le but du présent document. Les livraisons de 1988 et 1989-1990 se sont surtout attachées à fournir les niveaux des paramètres généraux de qualité et des polluants. Celle de 1991 était principalement consacrée à la présentation des tendances des polluants dans la matière vivante. Celle de 1992-1993 présentait les résultats acquis sur la chlorophylle et les éléments nutritifs dans l'eau. Celle de 1994 portait sur les mesures de l'activité EROD dans les poissons et sur les niveaux de deux contaminants dans la matière vivante, le chrome et l'arsenic. Cette présente édition est consacrée aux niveaux de présence des contaminants dans la matière vivante pour tout le littoral, et des métaux lourds dans les sédiments de la baie de Seine.

En 1994 plusieurs publications scientifiques en relation avec les techniques ou les résultats de la surveillance RNO sont parues :

BURGEOT T. *et al.*, 1994. Monitoring Biological Effects of Contamination in Marine Fish along French Coasts by Measurement of Ethoxyresorufin-O-deethylase Activity. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 29/2, 131-147.

BURGEOT T. *et al.*, 1994. Induction of EROD Activity in Red Mullet (*Mullus barbatus*) along the French Mediterranean Coasts. *The Science of the Total Environment*, 142 (213-220).

DIETLIN N., 1994. Bilan du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin (RNO) en Normandie (1983-1992). IFREMER Rapport R.INT.DEL/94.17/Port en Bessin. 64 p.

3. ASPECTS INTERNATIONAUX

Le cadre international dans lequel le RNO s'insère vient d'évoluer assez récemment. La Convention de PARIS et la Convention d'OSLO ont fusionné en 1994, pour devenir la Convention de Paris, dite convention OSPAR. Cet accord international sur la protection de la mer dans l'Atlantique du nord-est reprend les mandats des deux précédentes, mais enrichit son activité de l'expérience acquise par la North Sea Task Force, qui avait préparé un rapport d'état de santé de la Mer du Nord.

OSPAR s'intéresse donc à la surveillance et à la réduction des pollutions d'origine tellurique (ancienne Convention de Paris), et des immersions à partir de bateaux ou d'aéronefs (ancienne Convention d'Oslo). Mais elle a aussi dans son programme de travail la préparation, à l'horizon de l'an 2000, d'une évaluation de la qualité du milieu marin sur la zone de la Convention (QSR 2000). Ceci suppose de procéder d'abord à une description scientifique des influences anthropogéniques sur le milieu marin, dans les domaines physique, chimique et biologique et d'en faire ensuite une évaluation globale qui permette d'orienter les décisions politiques d'aménagement ou de restauration du milieu.

Les travaux d'OSPAR sont organisés en trois niveaux. La Commission est le niveau politique qui suit la mise en oeuvre de la Convention. En dessous, deux groupes techniques : PRAM (Programmes and measures committee) et ASMO (Environmental assesment and monitoring committee). PRAM traite des aspects plutôt réglementaires et industriels comme les permis d'immersion ou les technologies propres. ASMO prépare le rapport d'état "QSR 2000". Enfin, plusieurs groupes de travail, rattachés à PRAM ou ASMO s'occupent de domaines techniques spécialisés. Parmi ceux-ci, le groupe SIME (Concentrations, trends and effects of substances in the marine environment) est celui qui traite les données de surveillance, dont celles du RNO.

L'un des aspects les plus intéressants de la mise en place de la nouvelle Convention concerne précisément la surveillance et son insertion dans le processus de réalisation du QSR 2000. En effet, le groupe SIME a repris et complété une démarche, initiée par son prédécesseur le JMG, qui tente de redéfinir la stratégie de la surveillance en lien avec l'évaluation. Pour simplifier, on peut dire que cette démarche préconise de mettre en oeuvre un programme de surveillance uniquement pour répondre à une question bien définie, et lorsque des critères d'évaluation des résultats ont été déterminés.

Le comité ASMO a avalisé cette démarche et procédé à la constitution de la liste des problèmes d'environnement identifiés qui va permettre de définir les programmes de surveillance pour les eaux de la Convention. Ces programmes portent soit sur l'ensemble de la zone, soit sur l'une ou l'autre des sous-régions qui la compose. Le RNO se trouve impliqué dans la sous-région II (Mer du Nord et Manche) et dans la sous-région IV (Golfe de Gascogne et côtes ibériques). A partir de 1996, il pourra se trouver dans le programme du RNO des activités qui auront été définies dans ce cadre. Par exemple, des activités de surveillance conjointes sont en préparation entre l'Espagne, le Portugal et la France.

Du côté de la Méditerranée, la Convention de Barcelone, qui est le pendant méditerranéen d'OSPAR, est en cours de révision, et le programme de surveillance qui lui est lié, MED POL, entrera dans une nouvelle phase (III) qui est l'objet de travaux de préparation. Cependant, les échéances en sont plus éloignées qu'en ce qui concerne l'Atlantique et la Manche.

DEUXIÈME PARTIE

LES CONTAMINANTS DANS LA MATIÈRE VIVANTE

1. INTRODUCTION

Depuis 1979, les niveaux de présence de certains contaminants sont mesurés quatre fois par an dans les moules ou les huîtres du littoral français. En effet, ces organismes sont de bons indicateurs de l'état de contamination du milieu marin dans lequel ils vivent. Ils possèdent la propriété d'accumuler les contaminants présents dans ce milieu jusqu'à atteindre un équilibre avec lui. Ce phénomène de bioaccumulation est à l'origine d'un facteur de concentration entre milieu et organisme pouvant être très élevé. Par exemple, une concentration en cadmium dissous de 150 ng/l peut impliquer une teneur dans les moules de 10 mg/kg par rapport au poids sec. Le facteur d'accumulation est donc ici d'environ 13000. Les dosages dans les organismes seront facilités par les concentrations plus élevées que l'on y rencontre. Les risques de contaminations des échantillons lors de leur manipulation seront moindres et le coût des mesures abaissé.

De plus, ce phénomène d'accumulation est lent et nécessite plusieurs mois de présence d'un coquillage dans le milieu pour que l'équilibre soit atteint. De manière symétrique, la décontamination chimique des organismes nécessite une immersion prolongée en eau propre. Dans ces conditions, les concentrations mesurées dans les huîtres et les moules sont représentatives de l'état chronique du milieu littoral, ce qui permet de s'affranchir des fluctuations rapides de celui-ci. Ce type de surveillance est particulièrement bien adapté aux objectifs "niveaux et tendances" du RNO.

La fréquence adoptée de quatre prélèvements par an permet d'intégrer les variations saisonnières dues principalement au métabolisme des organismes (cf. édition 1991, p. 29).

Les résultats de la surveillance RNO dans la matière vivante ont fait l'objet d'une première présentation dans les éditions 1988 et 1989-90 de ce bulletin, mettant l'accent sur les niveaux moyens. Les tendances mises en évidence ont été présentées en 1991. Plusieurs facteurs rendaient nécessaire la mise à jour des deux premiers documents. Tout d'abord l'édition de 1988 est aujourd'hui épuisée, ensuite, pour certains paramètres et certaines régions, les tendances existantes ont profondément modifié les niveaux moyens durant les années écoulées depuis lors. L'objet de cette deuxième partie est donc de présenter les résultats acquis de 1979 à 1993 inclus.

2. MODE DE PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Afin de permettre les comparaisons, il a paru intéressant de réactualiser les tableaux synthétiques présentés dans les éditions 1988 et 1989-90. Le tableau 1 ci-après présente des statistiques sur les niveaux moyens de contamination, à l'échelle des grandes façades du littoral. Pour que ces statistiques soient représentatives d'un état moyen du littoral, un traitement d'élimination des valeurs

extrêmes a été nécessaire. En effet, les fortes valeurs rencontrées sur certains sites (pour le cadmium en Gironde, par exemple) peuvent fausser gravement la moyenne de la façade concernée. On a donc procédé à l'élimination itérative des valeurs extérieures à l'intervalle [moyenne \pm 3 \times écart-type]. A la différence de la présentation précédente, les nombres d'observations et les minima - maxima indiqués portent sur les populations totales de façon à donner une idée des gammes de concentration effectivement rencontrées.

		Manche - Atlantique		Méditerranée
		Huîtres	Moules	Moules
Hg (mg/kg)	Nb	1869	1793	943
	Moy	0.21	0.12	0.17
	Ecart-type	0.09	0.06	0.10
	Mini-maxi	0.01 - 1.66	0.01 - 0.83	0.02 - 1.24
Cd (mg/kg)	Nb	1923	1868	985
	Moy	2.25	1.10	0.83
	Ecart-type	1.20	0.59	0.37
	Mini-maxi	0.25 - 129.1	0.20 - 13.00	0.09 - 36.20
Pb (mg/kg)	Nb	1905	1852	994
	Moy	1.47	2.27	3.06
	Ecart-type	0.68	1.13	2.38
	Mini-maxi	0.10 - 34.70	0.15 - 13.70	0.10 - 83.20
Zn (mg/kg)	Nb	1933	1872	1000
	Moy	2206	93.4	154
	Ecart-type	1131	38.0	55.2
	Mini-maxi	385 - 11651	24.0 - 546	43.0 - 615
Cu (mg/kg)	Nb	1926	1862	1015
	Moy	138	7.2	7.1
	Ecart-type	102	1.5	2.0
	Mini-maxi	7.7 - 1962	0.9 - 33.9	2.3 - 52.2
PCB (μ g/kg)	Nb	1964	1862	1029
	Moy	298	472	412
	Ecart-type	169	338	279
	Mini-maxi	25.0 - 3292	17.0 - 10427	10.0 - 3780
γHCH (μ g/kg)	Nb	1567	1540	816
	Moy	6.5	5.3	3.5
	Ecart-type	4.7	3.6	2.7
	Mini-maxi	0.1 - 114	0.1 - 63	0.1 - 89
αHCH (μ g/kg)	Nb	1575	1562	827
	Moy	1.8	1.2	1.2
	Ecart-type	1.5	1.0	1.0
	Mini-maxi	0.1 - 144	0.1 - 44.4	0.1 - 9.6
DDT (μ g/kg)	Nb	1837	1721	934
	Moy	31.5	25.3	85.4
	Ecart-type	22.6	20.0	70.0
	Mini-maxi	1.0 - 1015	1.0 - 302	1.5 - 733
PAH (mg/kg)	Nb	1810	1685	956
	Moy	2.54	3.62	4.52
	Ecart-type	1.50	2.57	3.12
	Mini-maxi	0.02 - 71.7	0.10 - 51.7	0.19 - 303

Tableau 1 : Données statistiques sur les contaminants dans la matière vivante (1979-1993). Nb : nombre d'observations. Moy : moyenne exprimée par rapport au poids sec. Mini-maxi : concentrations minima et maxima rencontrées avant élimination des valeurs extrêmes (voir texte).

Les commentaires relatifs à chaque contaminant sont regroupés ci-après et les figures sont présentées à la suite. Ces figures appellent quelques commentaires. En premier lieu, conformément à l'usage dans cette publication, la représentation graphique correspond au développement linéaire du littoral français, depuis Dunkerque jusqu'à la frontière italienne et la Corse.

En second lieu, les points de prélèvements qui ne sont plus échantillonnés depuis plusieurs années ont été éliminés. En effet, en cas de tendances marquées, ces points ne sont plus représentatifs des niveaux actuels de contamination et risquent de fausser l'image globale de l'état du littoral.

Dans le cas particulier du DDT, polluant organochloré pour lequel la tendance à la baisse est générale et forte, les niveaux moyens représentés ici ne traduisent pas les niveaux réels rencontrés actuellement. Les teneurs élevées mesurées avant 1985 influencent fortement les moyennes, si bien que celles-ci restent très supérieures aux concentrations actuelles. Ce phénomène est illustré ci-dessous par l'exemple du point "Les Jacquets" dans le bassin d'Arcachon (figure 1). Pour cette raison, deux figures sont consacrées au DDT : la première correspond au mode de présentation habituel (moyennes 1979-1993), la seconde présente les moyennes des cinq dernières années (1989-1993).

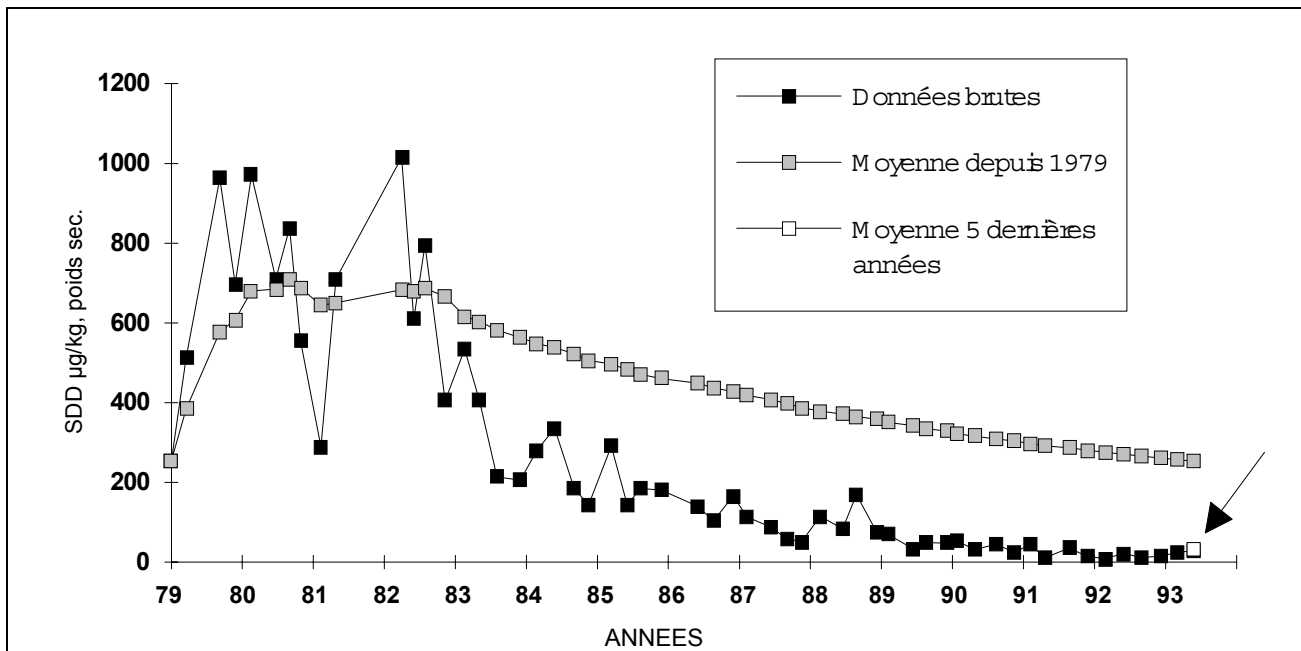


Figure 1. Evolution des teneurs en DDT+DDD+DDE (SDD) dans le bassin d'Arcachon de 1979 à 1993. On note qu'en 1993, la moyenne est toujours fortement influencée par les concentrations élevées d'avant 1985. La comparaison entre la moyenne 1979-1993 (dernier point gris) et la moyenne 1989-1993 (flèche) est éloquent.

3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS PRÉSENTÉS

3.1. Mercure

Au dessous de 0.6 mg/kg poids sec de mercure dans les moules ou les huîtres, le niveau de contamination est considéré comme faible par les conventions d'Oslo et de Paris. En France toutes les moyennes observées se situent en dessous de ce seuil. Par rapport aux moyennes calculées en 1988, celles qui figurent dans le tableau 1 ne montrent aucune évolution significative à l'échelle globale. Les concentrations plus élevées mesurées dans le Pays de Caux sont toujours inexplicables. Quand à celles du Pays Basque, elles sont vraisemblablement dues à la position même des points de prélèvements, très rapprochés des zones urbaines ou portuaires.

3.2. Cadmium

Les principales utilisations du cadmium sont les traitements de surface (cadmiage), la fabrication d'accumulateurs et la production de pigments colorés destinés surtout aux matières plastiques. Par

rapport aux moyennes calculées en 1988, aucune évolution générale n'apparaît à l'échelle des grandes façades. Les deux sites les plus contaminés restent la Gironde et l'étang de Bages près de Narbonne. Des études menées par IFREMER ont permis de préciser les causes de ces contaminations. Dans le cas de la Gironde, le cadmium provient d'une ancienne mine de zinc située à plus de 250 km en amont, sur un affluent du Lot. En ce qui concerne l'étang de Bages, la contamination provient d'une zone industrielle située en amont de Narbonne et transite par le canal de la Robine avant d'arriver dans l'étang.

Bien que représentés avec la même échelle, les concentrations en cadmium dans les huîtres et les moules ne sont pas directement comparables. Les huîtres accumulent ce métal dans un rapport environ quatre fois supérieur aux moules. On voit donc que la contamination de l'étang de Bages est tout à fait comparable à celle de la Gironde, les deux sites étant classés dans les zones fortement contaminées au vu des conventions d'Oslo et de Paris (Plus de 5 mg/kg pour les moules et 20 mg/kg pour les huîtres).

3.3. Plomb

Le plomb est un métal toxique utilisé principalement dans la fabrication des accumulateurs et comme antidétonant dans les carburants (plomb tétraéthyle). En dehors de rejets industriels bien identifiés, les apports atmosphériques diffus sont une source très importante d'introduction du plomb dans le milieu marin. Par rapport aux moyennes de 1989, seule la façade méditerranéenne semble montrer une légère tendance à la baisse (3.06 mg/kg en 1993 contre 3.41 mg/kg en 1988). Peut-être peut-on voir ici les premiers effets de la généralisation des essences sans plomb, le couloir rhodanien étant connu pour drainer une grande quantité de plomb atmosphérique vers la Méditerranée.

3.4. Zinc

Le zinc a des usages voisins de ceux du cadmium auxquels il faut ajouter les peintures antirouille et l'industrie pharmaceutique. Il est peu toxique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. Aucune évolution générale n'apparaît à la comparaison des moyennes entre 1989 et 1993. La différence de bioaccumulation du zinc entre huîtres et moules est très importante, d'où la présentation graphique avec deux échelles différentes.

3.5. Cuivre

La toxicité du cuivre est utilisée notamment dans les peintures antisalissures pour les coques de navires (antifouling); surtout depuis l'interdiction des peintures à base de tributylétain (TBT) pour les bateaux de moins de 25 mètres. Les différences de bioaccumulation entre moules et huîtres obligent également ici à présenter les résultats sur deux échelles. Il faut souligner que les moules sont de très mauvais indicateurs de la contamination par le cuivre. En effet ces coquillages régulent fortement leur contenu en cuivre entre 7 et 8 mg/kg car ce métal participe à leur métabolisme.

3.6. Polychlorobiphényles (PCB)

Les PCB sont des composés organochlorés très rémanents dont la toxicité a conduit à réglementer l'usage. Ils ne subsistent plus que comme isolants caloporteurs et diélectriques dans des transformateurs et gros condensateurs anciens. La très forte contamination de l'estuaire de la Seine est le phénomène principal mis en évidence par la représentation graphique des résultats. La comparaison des moyennes par façade de 1988 et de 1993 montre cependant une décroissance des

niveaux généralisée (-13% dans les moules et les huîtres de Manche-Atlantique et -19% en Méditerranée). L'estuaire de la Seine montre également une telle tendance décroissante.

3.7. Lindane ou γ HCH (γ hexachlorocyclohexane)

Le lindane est un insecticide organochloré largement utilisé jusqu'à ces dernières années. La comparaison des moyennes de 1989 et de 1993 montre une décroissance générale des niveaux moyens pour toutes les façades (dans l'édition 1989-90, la moyenne pour les moules de Méditerranée est erronée, il faut lire 4.60 au lieu de 2.94 $\mu\text{g}/\text{kg}$). La seule aggravation des niveaux observés se situe dans la baie de Roscanvel (Rade de Brest). Cependant, l'étude des données brutes sur ce site montre que cette augmentation fut épisodique (1986-1990). Les concentrations actuellement mesurées reviennent à des valeurs comparables à celles d'avant 1986. Bien que décroissantes, les concentrations observées en Charente Maritime restent les plus élevées du littoral. Ceci peut être dû à une activité agricole particulière ou aux traitements de sols contre les termites.

3.8. α HCH (α hexachlorocyclohexane)

L'alpha HCH est un sous-produit de la fabrication du lindane (γ HCH), sans activité insecticide. Les produits commerciaux doivent contenir au moins 99% de l'isomère γ pour avoir droit à l'appellation "lindane". La contamination par l' α HCH présente par conséquent le même profil que pour le γ HCH. La comparaison des moyennes par façade de 1989 et 1993 montre également une tendance généralisée à la diminution des niveaux de présence.

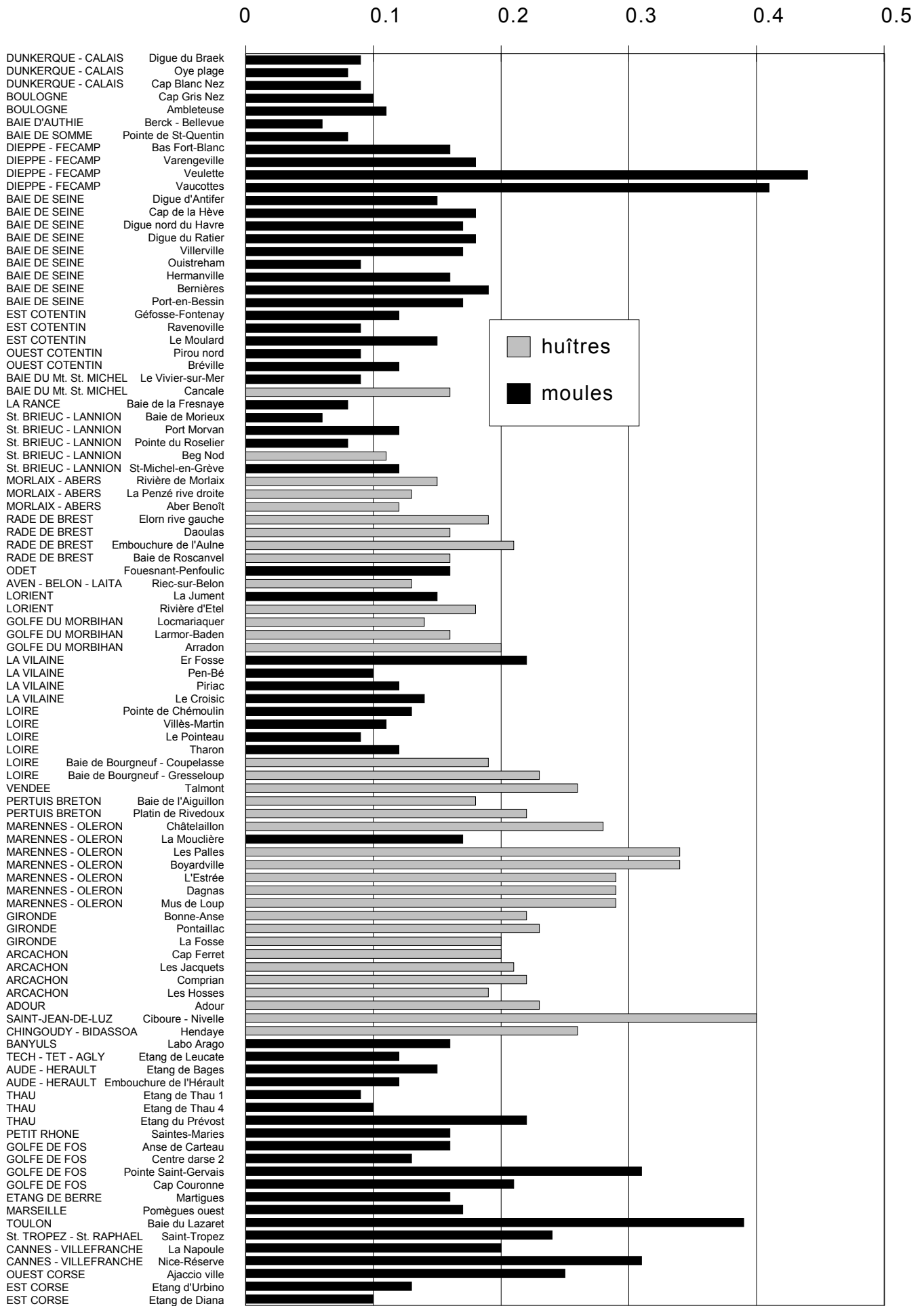
3.9. DDT (dichloro-diphényl-trichloroéthane)

Par simplification, les résultats présentés ici sous l'appellation DDT sont en fait la somme DDT+DDD+DDE, plus représentative de la contamination par le DDT et ses métabolites. La toxicité et la rémanence de cet insecticide ont conduit à une interdiction d'utilisation en 1972. Pourtant, c'est seulement vers le milieu des années 1980 qu'une forte tendance à la baisse a commencé à se dessiner, puis à se confirmer sur tout le littoral, avec des décalages dans le temps selon les sites. Certains points du bassin d'Arcachon, qui étaient parmi les plus contaminés, ont vu leurs concentrations en DDT dans les huîtres chuter de presque 900 à une vingtaine de micro-grammes par kilo en dix ans. Pour des raisons expliquées plus haut, la baisse des teneurs moyennes est moins spectaculaire mais reste la plus nette de tous les contaminants mesurés dans le cadre du RNO : de 73.1 à 31.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les huîtres de Manche-Atlantique, de 40.5 à 25.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les moules de cette même façade et de 132 à 85.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les moules de Méditerranée. La baisse des niveaux de présence étant générale, on retrouve le profil national caractéristique de ce polluant, avec des valeurs plus fortes au sud de la Loire.

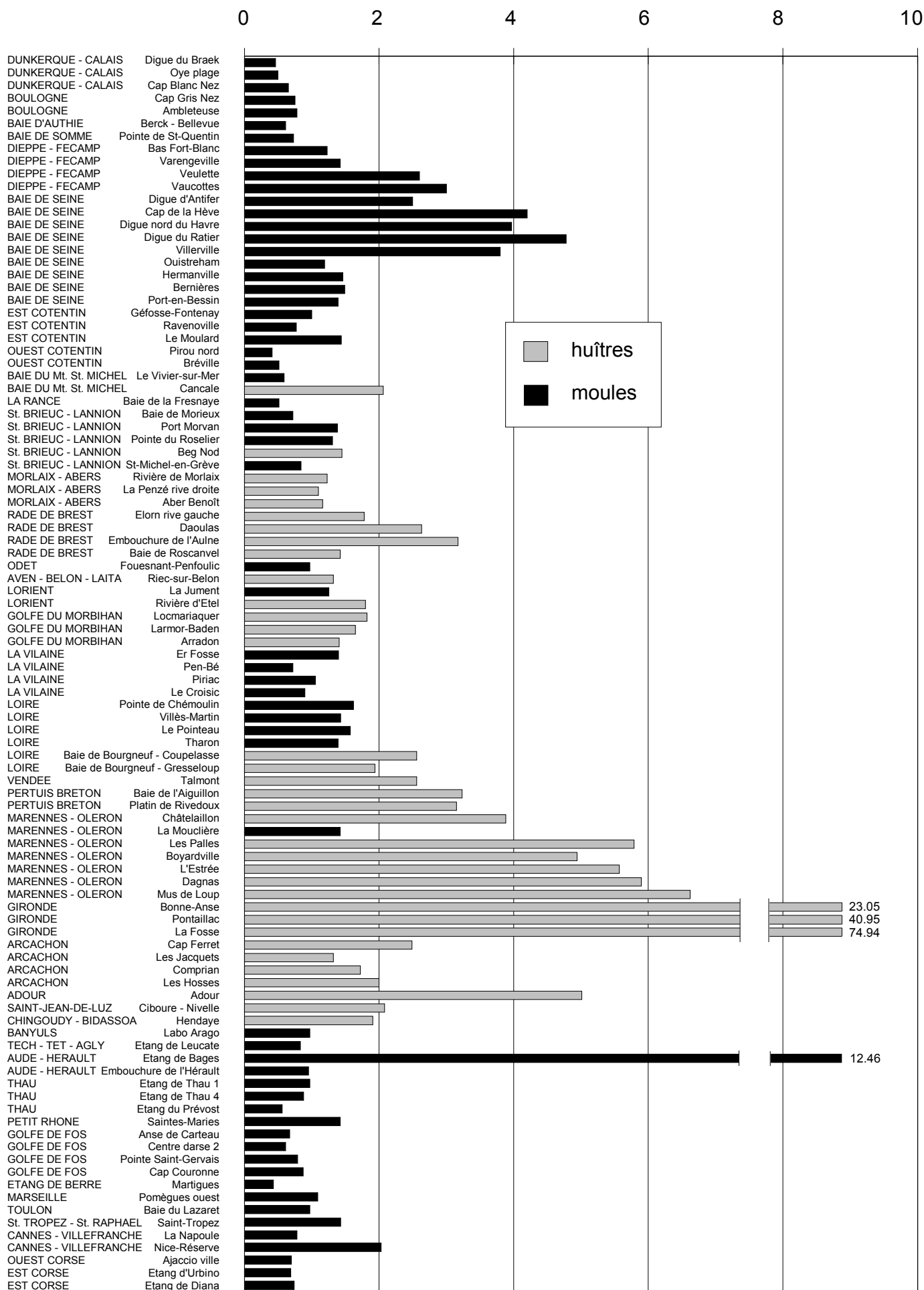
3.10. Hydrocarbures polyaromatiques (PAH)

Les PAH entrent pour 15 à 30% dans la composition des pétroles bruts. Moins biodégradables que les autres hydrocarbures, ils restent plus longtemps dans le milieu. On les trouve également dans les résidus de combustion des produits pétroliers. La comparaison des moyennes de 1988 et de 1993 montre une légère tendance généralisée à la baisse des niveaux observés. Les fortes valeurs mesurées à Nice sont sans doute dues au positionnement du point de prélèvement, situé trop près de la zone portuaire.

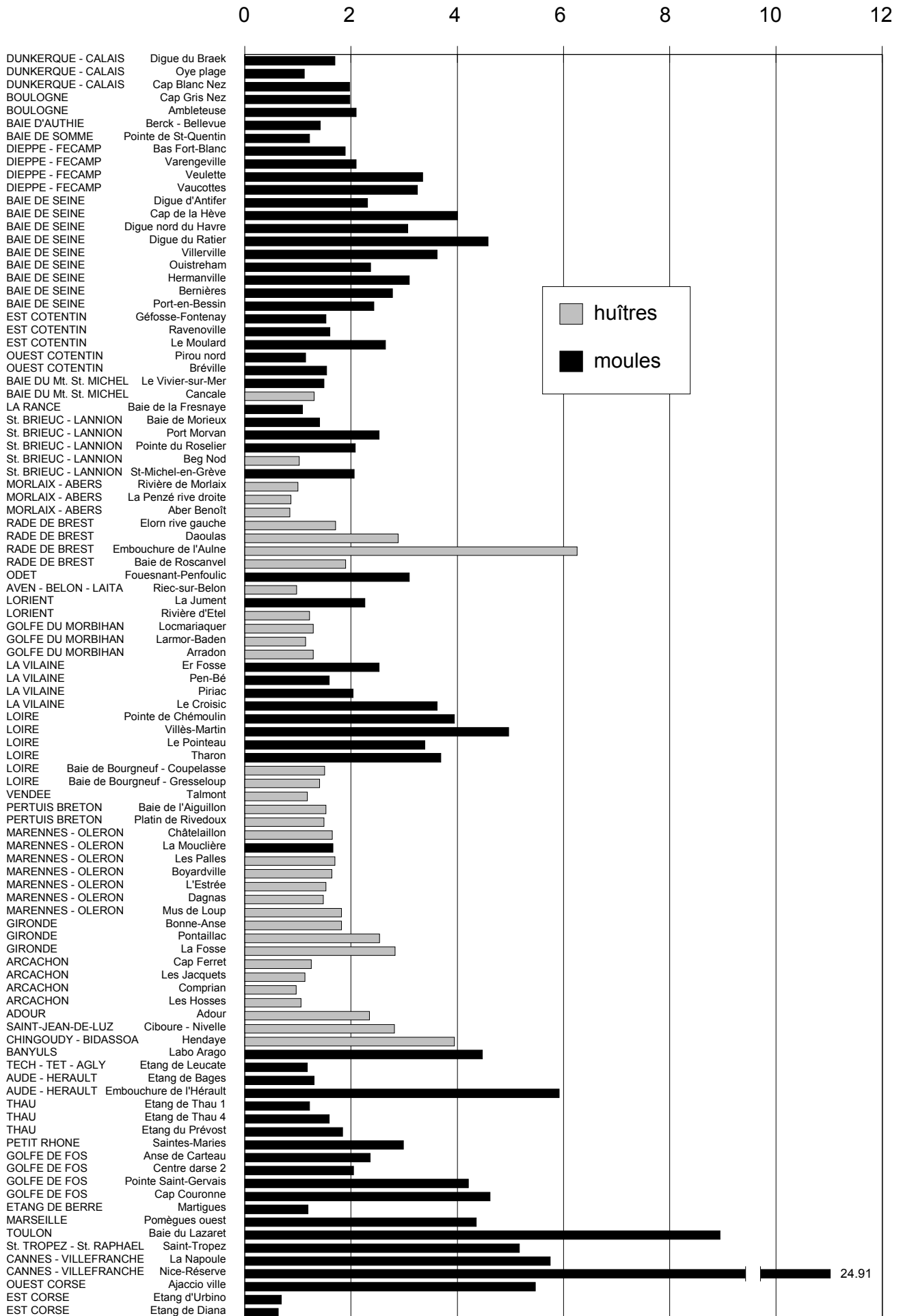
TENEURS MOYENNES EN MERCURE (1979-1993). mg/kg, poids sec.



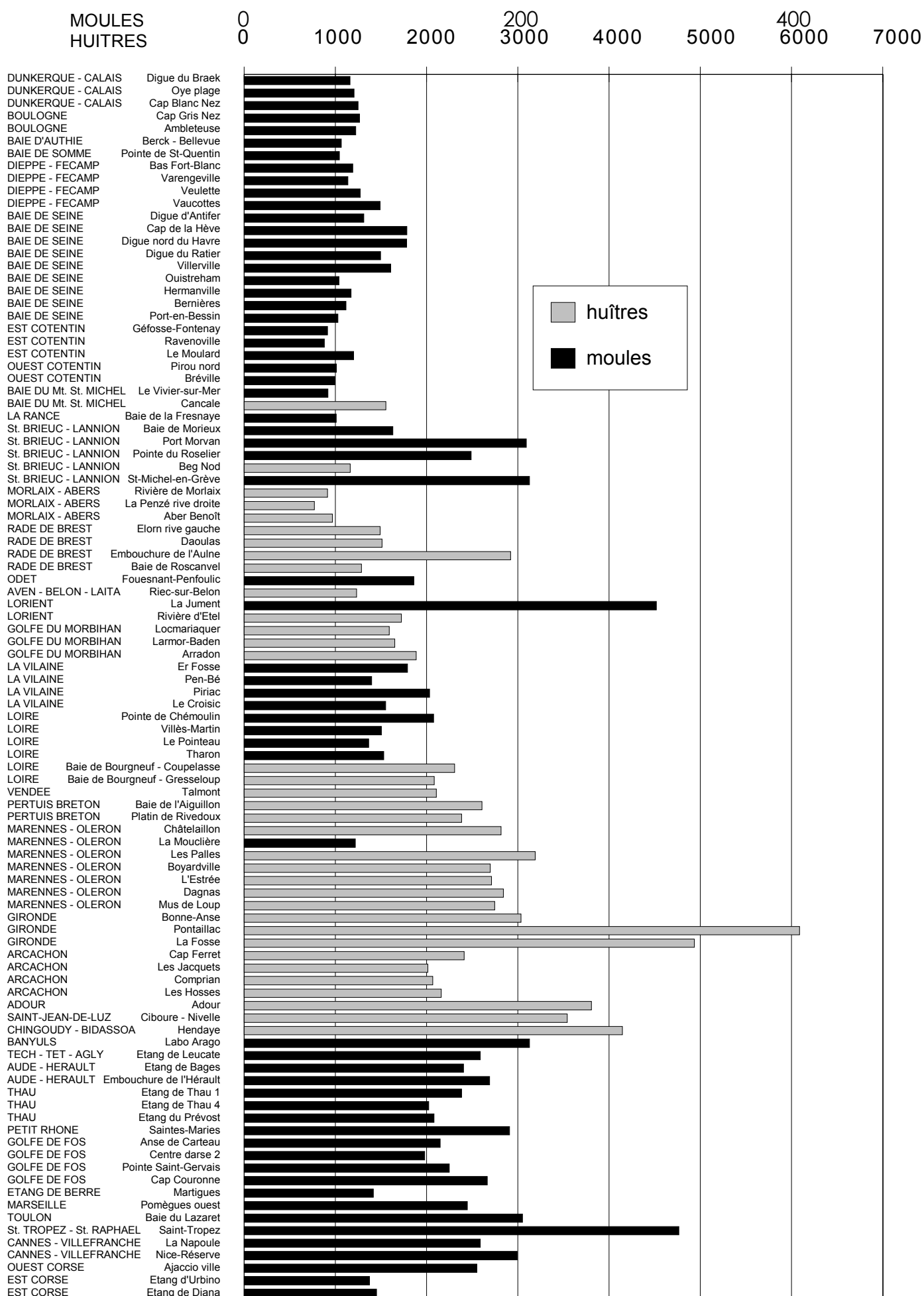
TENEURS MOYENNES EN CADMIUM (1979-1993). mg/kg, poids sec.



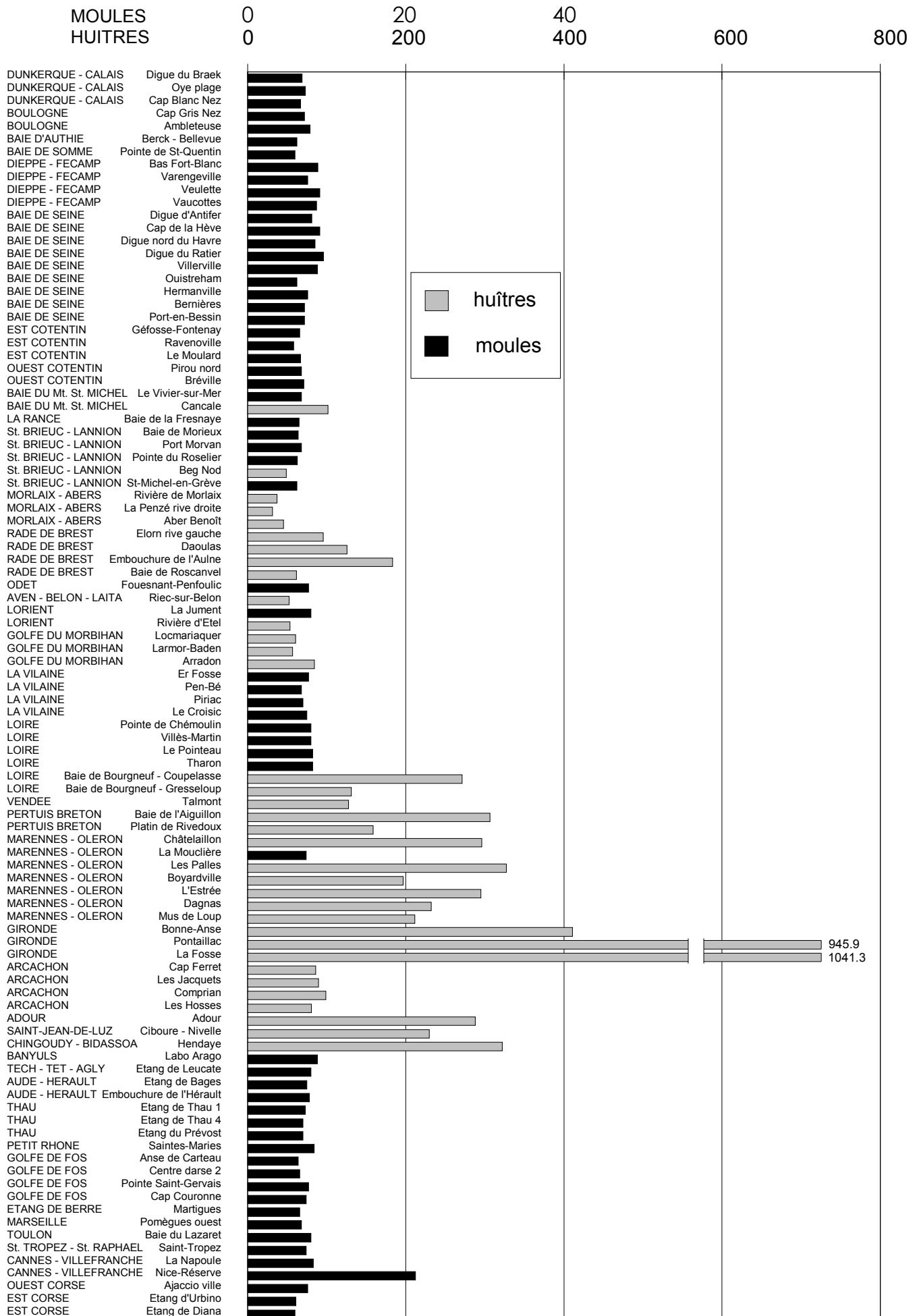
TENEURS MOYENNES EN PLOMB (1979-1993). mg/kg, poids sec.



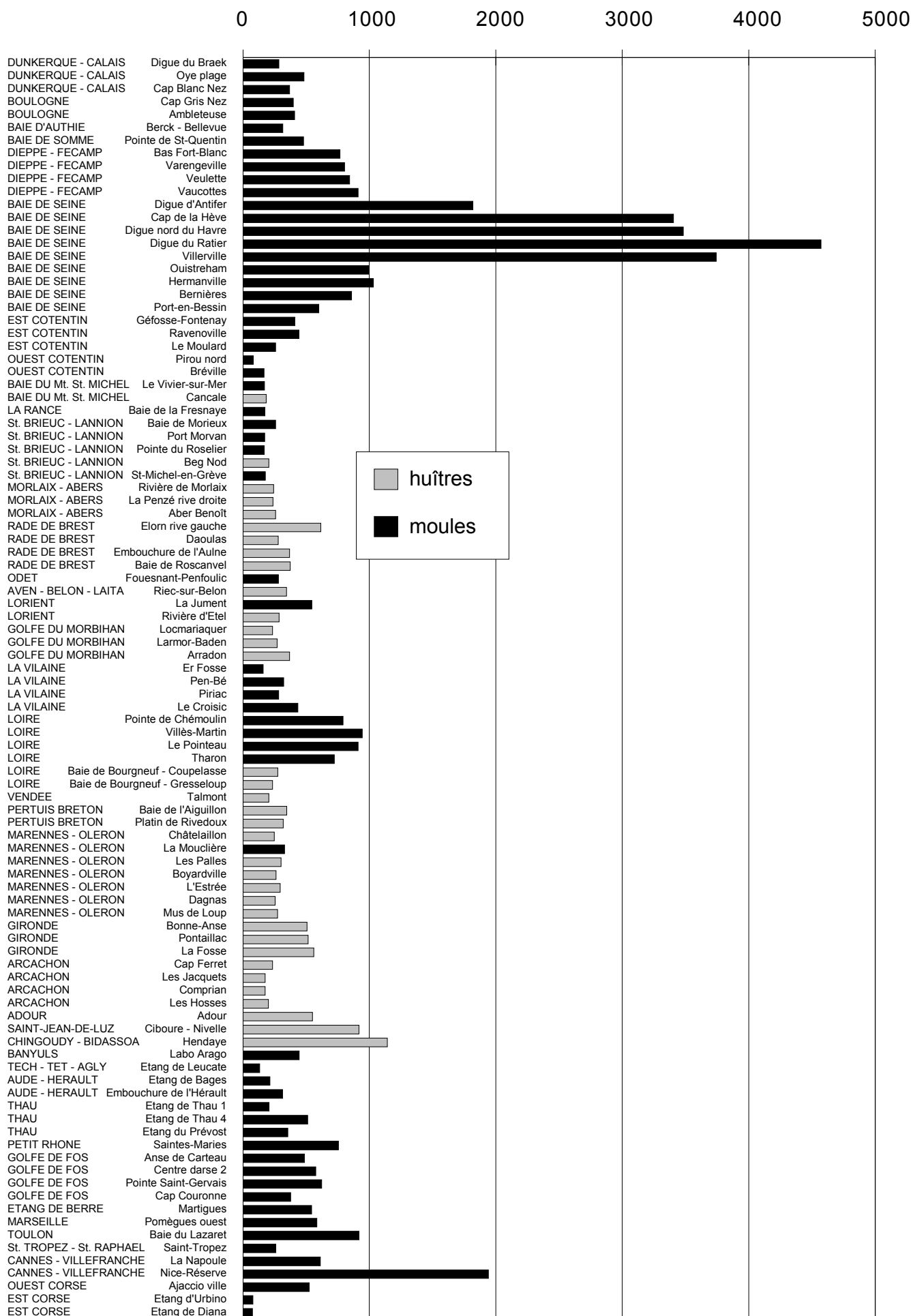
TENEURS MOYENNES EN ZINC (1979-1993). mg/kg, poids sec.



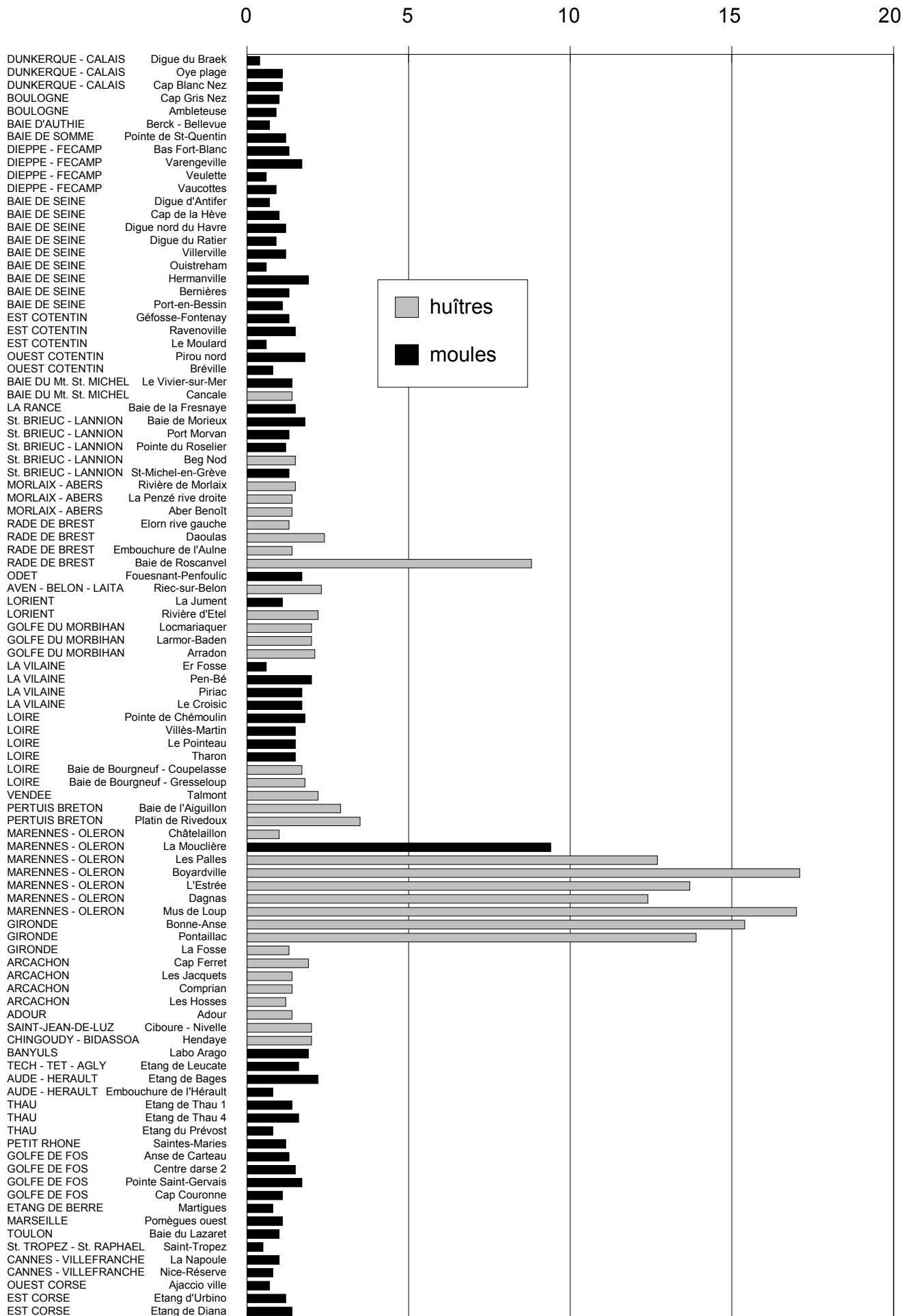
TENEURS MOYENNES EN CUIVRE (1979-1993). mg/kg, poids sec.



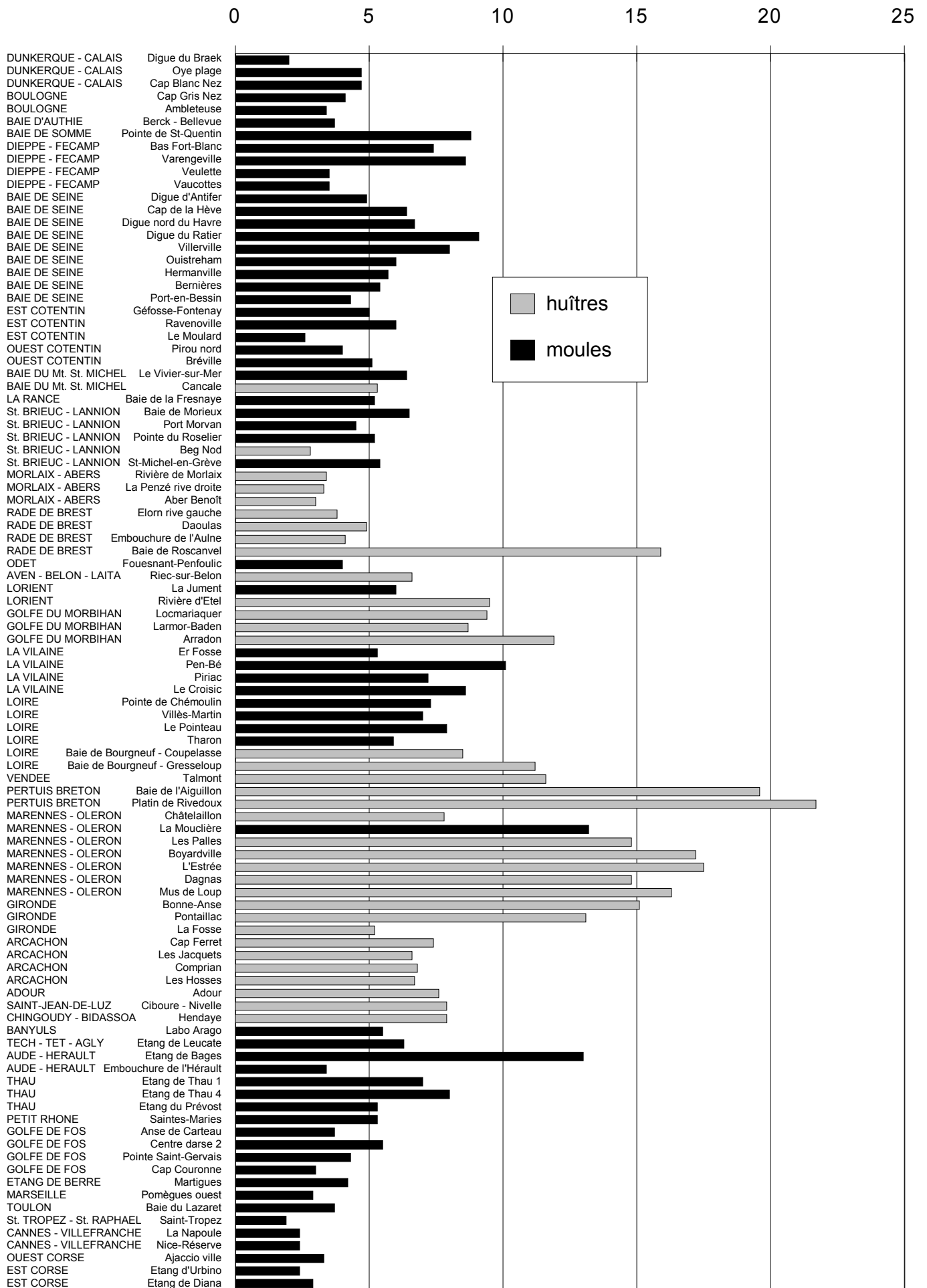
TENEURS MOYENNES EN PCB (1979-1993). µg/kg, poids sec.



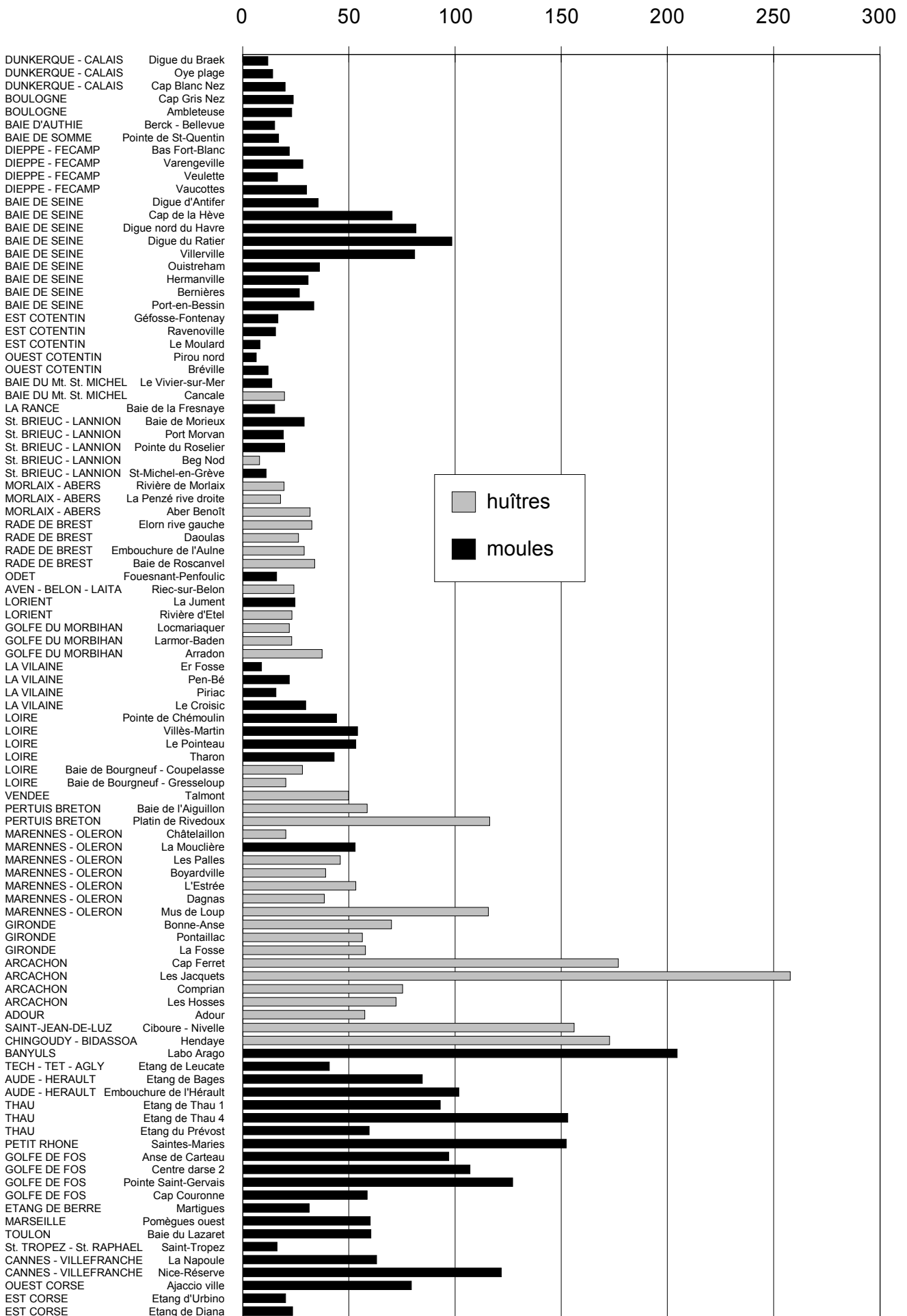
TENEURS MOYENNES (1979-1993) EN α HCH. μ g/kg, poids sec.



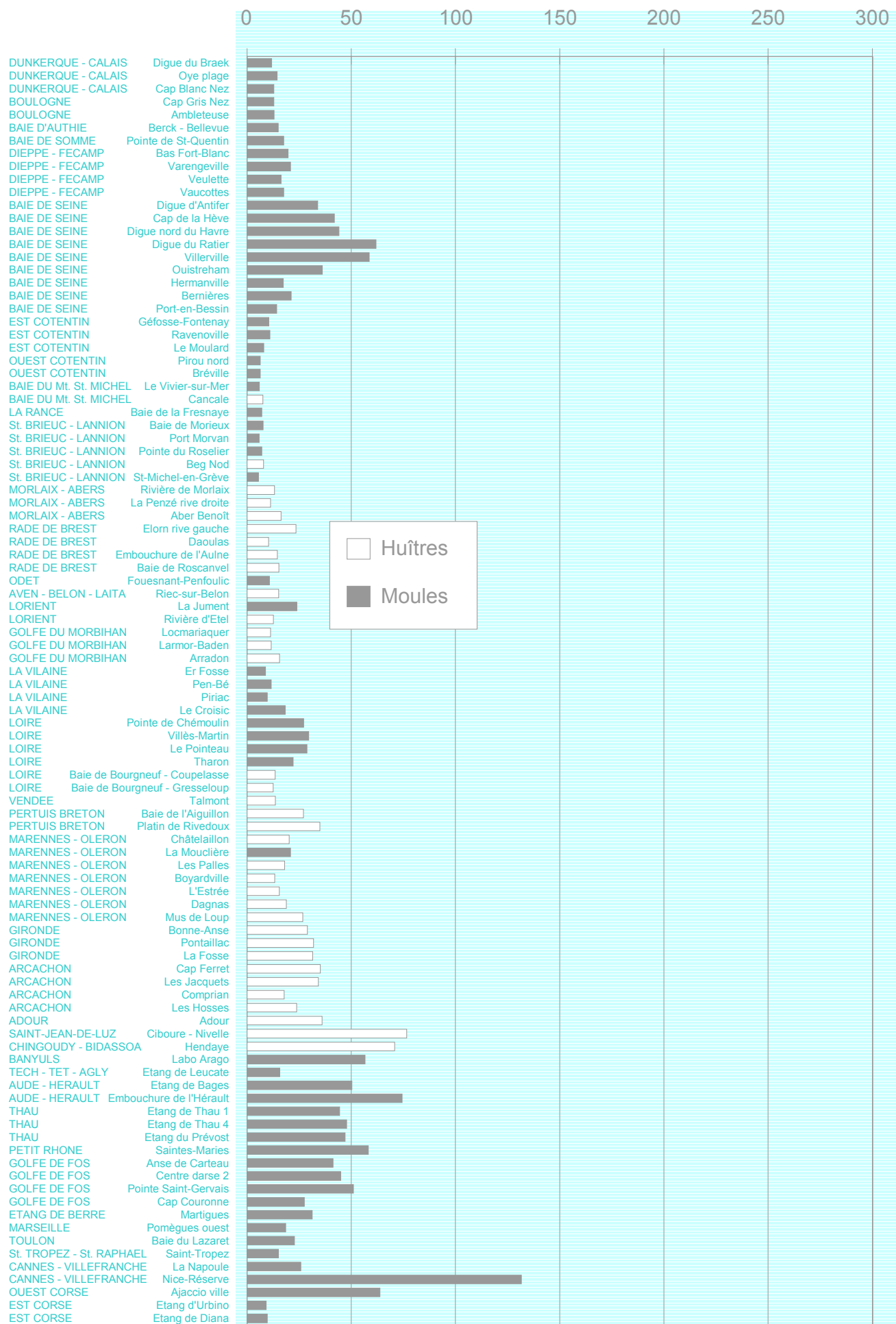
TENEURS MOYENNES (1979-1993) EN γHCH. µg/kg, poids sec.



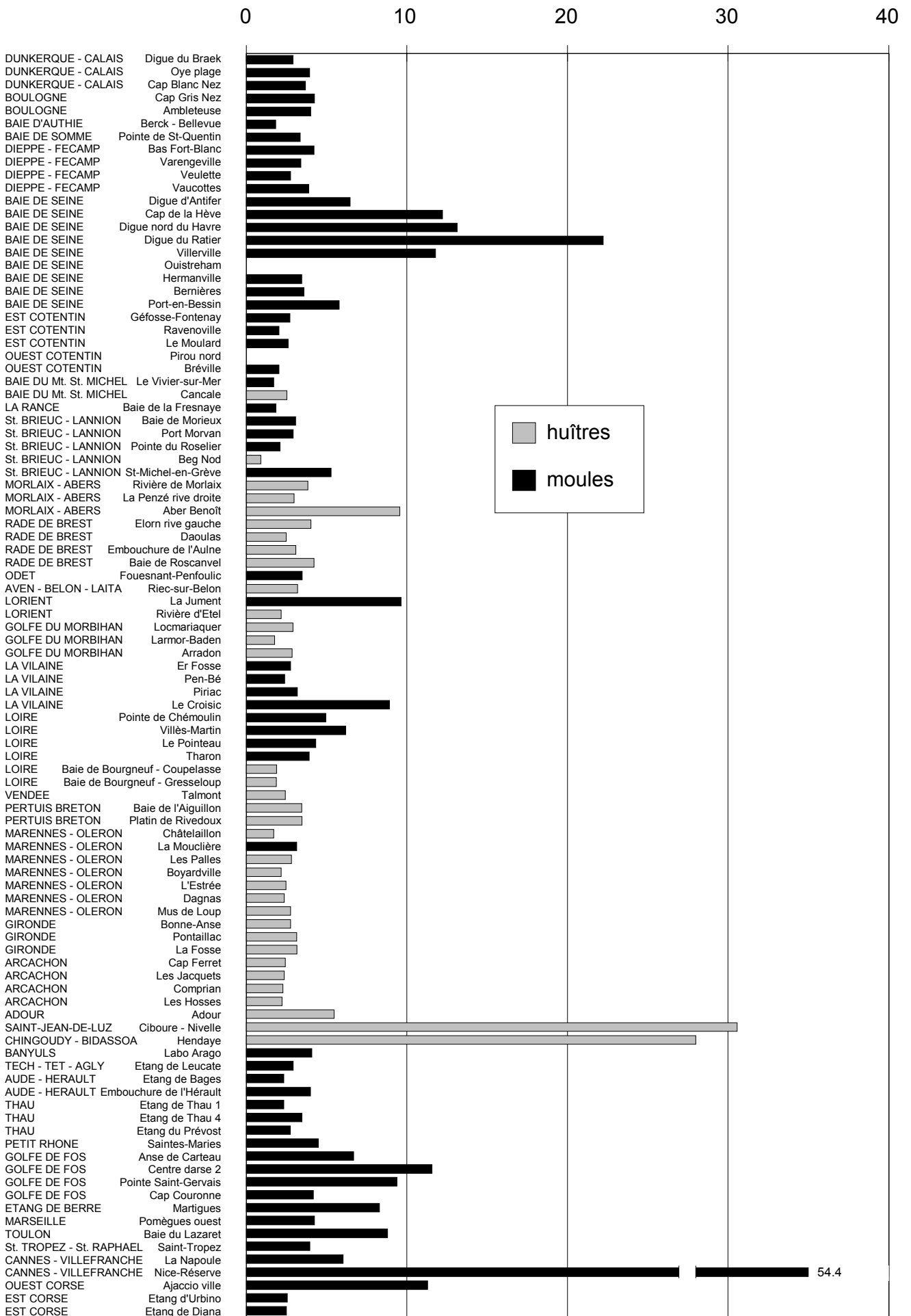
TENEURS MOYENNES EN DDT+DDD+DDE (1979-1993). µg/kg, poids sec.



TENEURS MOYENNES EN DDT+DDD+DDE (1989-1993). µg/kg, poids sec.



TENEURS MOYENNES EN PAH (1979-1993). mg/kg, poids sec.



TROISIÈME PARTIE

LES MÉTAUX LOURDS DANS LES SÉDIMENTS DE LA BAIE DE SEINE (CAMPAGNE 1993)

1. INTRODUCTION

En 1993 le volet "sédiment" du R.N.O. a donné lieu à la campagne RNOSED 93 dont les résultats concernant les métaux lourds sont présentés ici. Pendant cette campagne, 40 échantillons de sédiment superficiel ont été prélevés dans la baie de Seine, qui est sans doute à l'heure actuelle une des régions littorales les plus exposées aux apports anthropiques. Le principal objectif de cette campagne, qui s'insère dans une série devant décrire l'ensemble de nos côtes, était d'acquérir des données récentes et fiables sur les concentrations des principaux contaminants dans le sédiment afin d'établir une évaluation réaliste de la qualité du littoral.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Échantillonnage et préparation.

La zone visitée s'étend de la côte Est de la presqu'île du Cotentin au cap d'Antifer. La campagne s'est déroulée du 5 au 9 septembre 1993 sur le navire océanographique THALIA. 34 échantillons ont été prélevés à l'aide d'un carottier boîte du type "petit Reineck", qui présente par rapport à la benne l'avantage de ne pas mélanger l'échantillon. Dans la baie des Veys, 6 prélèvements ont été effectués à pied, à basse mer. La figure 1 présente la situation géographique des points de prélèvement.

Dans tous les cas, le centimètre supérieur du sédiment a été prélevé pour analyse. La partie externe des carottes, plus proche de la paroi en acier inoxydable, a été prélevée à l'aide d'une spatule en inox pour la sédimentologie. Les échantillons destinés à l'étude de la granulométrie et à la détermination des teneurs en eau ont été stockés à 4°C dans des piluliers de polystyrène. La partie centrale de l'horizon superficiel, destinée à l'analyse des métaux, a été prélevée avec une spatule en polyéthylène et stockée dans des piluliers en polystyrène préalablement rincés à l'acide. Ces échantillons ont été congelés immédiatement à bord puis lyophilisés au laboratoire. Les mesures ont été effectuées dans le sédiment tamisé à 2 mm afin d'éliminer les plus gros éléments pouvant introduire une hétérogénéité dans les résultats.

2.2. Analyses.

Carbone organique particulaire : Ce paramètre est dosé par oxydation sulfo chromique.

Mercure : La prise d'essai est soumise à l'action de l'acide nitrique. Le minéralisat est analysé par fluorescence atomique après réduction de Hg^{++} en Hg° par le chlorure stanneux.

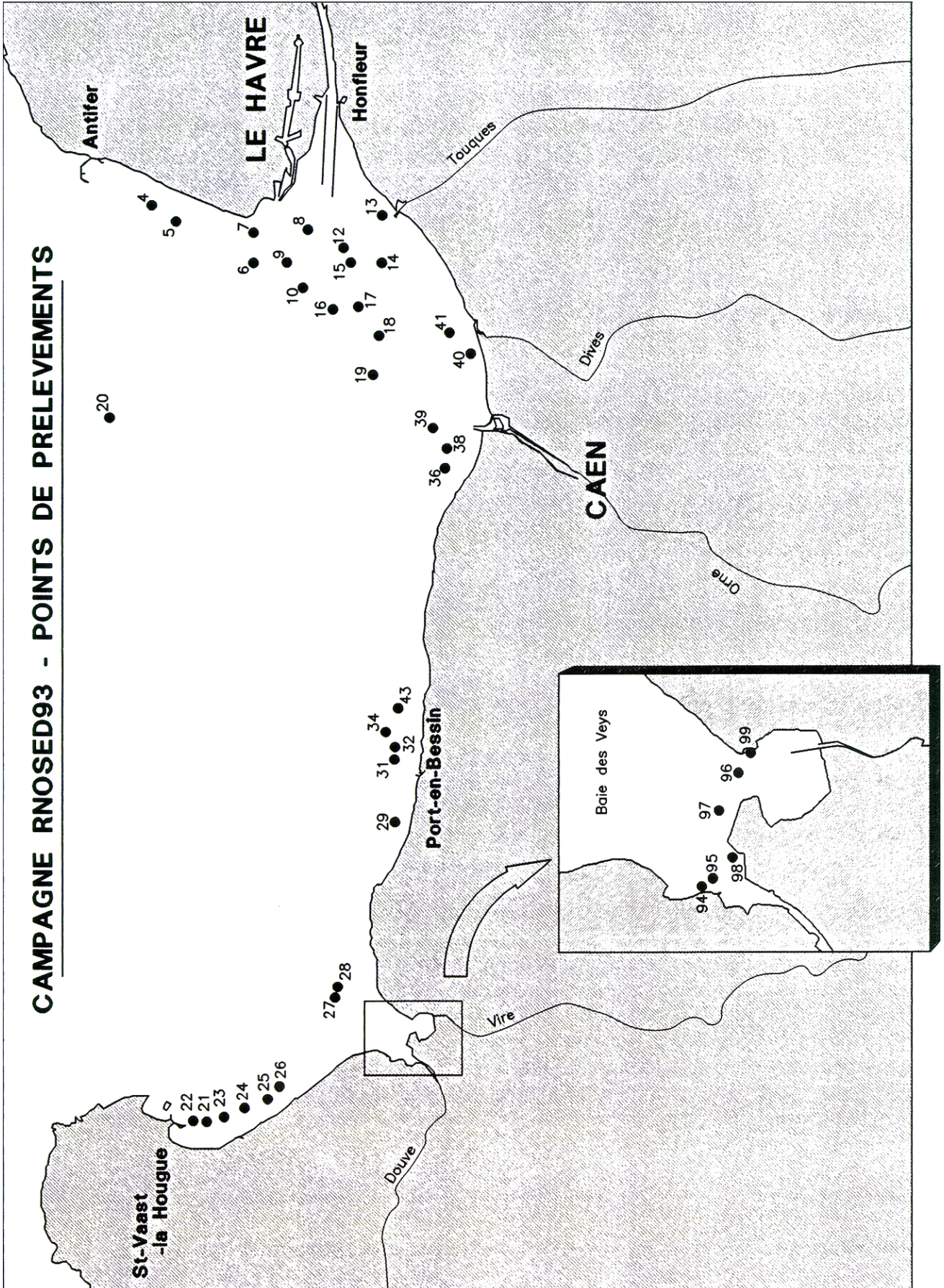


Figure 1 : Campagne RNOSED 1993. Situation des points de prélèvement.

Autres métaux : Après dissolution totale de la prise d'essai par les acides nitrique et fluorhydrique, les métaux sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe) ou avec flamme (Al).

2.3. Assurance de qualité.

Trois répliqués de matériel de référence du Conseil National de la Recherche du Canada (BEST 1 pour le mercure, BCSS 1 pour les autres métaux et le carbone organique) ont été analysés pour tester l'étape analytique de l'étude. Les résultats (tableau 1) se sont montrés satisfaisants.

Elément	COP g/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Al mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg
Valeur certifiée	21.9 ± 0.9	0.092 ± 0.009	22.7 ± 3.4	0.25 ± 0.04	119 ± 12	18.5 ± 2.7	62629 ± 2170	32900 ± 980	229 ± 15
	Moyenne 3 répliqués	24.0 ± 0.3	0.089 ± 0.002	25.3 ± 0.3	0.23 ± 0.02	106 ± 4.6	14.7 ± 0.5	60366 ± 1144	32700 ± 818

Tableau 1 : Résultats obtenus sur le matériel de référence inclus dans les séries analytiques.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractéristiques générales des sédiments analysés.

Le plan d'échantillonnage a été orienté vers les zones les plus propices au dépôt de matériel fin, plus adapté à la surveillance des concentrations en éléments traces. Cet objectif n'a été que partiellement atteint. En effet, les stations situées entre Le Havre et Antifer, près de l'estuaire, ainsi que celles de la côte Est du Cotentin recèlent principalement des sables fins plus ou moins envasés. Le mode est à 125µm pour la partie Est et 63 µm pour la partie Ouest, avec, dans ce dernier cas, 8 à 30 % de particules inférieures à 63µm. Entre ces deux secteurs, le sédiment est constitué de sables moyens à fins, peu envasés. Deux échantillons provenant de la baie des Veys (n° 98 et 99) sont constitués de sédiments fins (80 % de particules de moins de 63 microns). Les teneurs en carbonates sont comprises entre 15 et 30 % ce qui traduit l'abondance des débris coquilliers. Corrélativement, les concentrations en carbone organique sont faibles; elles ne sont supérieures à 1% que dans le fond de la baie des Veys, en domaine intertidal.

3.2. Concentrations en métaux totaux

Les valeurs obtenues (tableau 3) sont peu différentes des niveaux de référence communément admis dans les programmes de surveillance de la Mer du Nord pour des sédiments fins (tableau 2). Ceci ne permet toutefois pas de conclure, car les caractéristiques granulométriques des échantillons prélevés étaient très variées. Or, parmi les facteurs naturels susceptibles de faire varier les concentrations en métaux traces d'un sédiment, la granulométrie est sans doute le plus important. Plus la taille des grains qui composent un sédiment est faible, plus sa surface par unité de masse est grande, et donc plus sa capacité à fixer les métaux présents dans le milieu est forte. D'autres facteurs comme la composition minéralogique interviennent également dans des proportions non négligeables. Ainsi, les minéraux argileux sont plus riches en métaux qu'un sable siliceux. Ceci est dû en grande partie à l'effet de la granulométrie qui donne à l'argile une surface d'échange beaucoup plus grande que celle

du sable. La composition de la matrice cristalline, plus riche en métaux pour l'argile que pour le sable siliceux, ainsi que la capacité d'échange par unité de surface, beaucoup plus élevée pour l'argile que pour la silice, interviennent également.

SITE	Pb	Cd	Cu	Zn	Hg	Al
Humber	22	-	17	84	-	7,1
Wadden sea	37	0,5	22	103	0,067	4,8
Côte norvegienne	26	0,08	17	110	0,04	5.8
Mer du Nord	25	0,3	20	100	0,2	-
Tyne	12	-	-	38	-	4

Tableau 2 : niveaux de référence communément admis dans les programmes de surveillance de la Mer du Nord pour des sédiments fins (mg/kg).

Dans ces conditions, l'examen des concentrations brutes dans un sédiment est illusoire. L'utilisation d'un outil permettant de compenser au moins les variations de granulométrie s'avère donc nécessaire pour comparer les résultats obtenus sur des stations différentes. Plusieurs méthodes ont été développées pour atteindre cet objectif, qui devrait être limité à des sédiments ayant une origine commune. L'une des plus intéressantes consiste à étudier les variations des concentrations en métaux en fonction d'un paramètre indicateur de la granulométrie ou de toute autre propriété susceptible de les expliquer. Ainsi, la proportion de particules inférieures à une certaine classe de taille prend directement en compte les effets de la granulométrie. La concentration en aluminium et en lithium, deux métaux qui sous nos latitudes sont étroitement associés aux argiles, trace à la fois la granulométrie, puisque les argiles sont des particules très fines, et la minéralogie du sédiment. Le carbone organique ou le fer, en raison des fortes affinités qu'ils présentent pour les métaux traces sont quelquefois utilisés, bien qu'ils soient souvent d'origine anthropique. Si la relation entre le métal étudié et le paramètre explicatif est forte, on peut considérer que ce paramètre explique la plus grande partie des variations de concentration du métal sur la zone étudiée. On peut alors conclure, si l'on dispose de données de références pour une granulométrie particulière, soit à l'absence de contamination, soit à une contamination uniforme du sédiment.

Cadmium

Les points représentatifs de la relation Cd/fraction fine présentent une grande dispersion (figure 2). Un examen plus détaillé du graphique montre que les résultats les plus élevés sont observés sur des stations très proches de la Seine, de la Dives ou de la Touques, toutes situées dans la partie Est de la baie (stations 8, 13, 7, 5, 12, 41, 4, 40, 10). Les points représentatifs de ces stations constituent un nuage nettement situé dans la partie supérieure du nuage général, ce qui permet de supposer que les apports anthropiques y sont particulièrement sensibles. Partant de cette observation, l'échantillonnage a été séparé en deux classes : la partie Est de la baie (jusqu'à l'embouchure de l'Orne incluse) et la partie Ouest. L'analyse des résultats montre que sur ces deux séries la liaison entre cadmium et fraction fine est forte et que les régressions Cd/fraction fine dans chaque secteur sont hautement significatives. On constate également que les concentrations en cadmium croissent beaucoup plus vite avec la fraction fine dans la partie Est de la baie que sur les autres stations (le rapport des pentes est voisin de 4). Ce phénomène n'est pas dû à une différence de nature des fines entre les deux régions. En effet, on observe sur chaque série la même relation entre la granulométrie et l'aluminium, qui est l'élément représentatif des argiles (figure 2). L'explication la plus plausible est donc celle d'un enrichissement en cadmium des sédiments de la partie Est par rapport à ceux de la partie Ouest. On peut essayer d'estimer l'état de contamination de la partie Ouest en étudiant la relation Cd / fraction fine. La droite la mieux ajustée au nuage de points représentant ce secteur passe par les points représentatifs de la baie des Veys, où on a prélevé des sédiments fins. On peut donc considérer que ces points sont bien représentatifs de la zone Ouest de la baie. Les valeurs

N° point	% < 63µm	COP	Carbo-nates	Al %	Li mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg
4	18.4	8.6	15.2	1.29	4.1	61	5.9	0.12	0.38	28	11800	186
5	27.6	9.3	14	1.76	4.8	68	8.3	0.14	0.49	38	13900	229
6	6.1	4.1	13.7	1.03	2.9	31	3.1	0.042	0.12	23	7200	143
7	29.4	10.2	15.1	1.63	6.5	70	13	0.23	0.55	40	12000	215
8	18.6	4.1	14.9	1.48	3.2	53	6.1	0.13	0.66	26	9970	268
9	10.7	6	21.4	1.24	3	41	4.1	0.057	0.18	27	7590	270
10	2.6	2.1	16.5	1.32	2.5	35	2.1	0.035	0.28	16	9230	258
12	19.2	5.2	16.9	1.7	4	55	9.2	0.098	0.47	28	11000	329
13	19.2	7.4	17	1.51	3.6	58	8.8	0.13	0.66	31	11900	258
14	2.5	2.9	14.8	1.18	2.8	20	1.8	0.015	0.1	18	7040	191
15	8.9	4.4	14.2	1.2	2.7	27	2.7	0.023	0.12	17	7990	458
16	11.5	4.8	26.2	1.44	2.6	29	2.9	0.044	0.22	16	6500	229
17	3.5	3.2	25	1.02	2.4	17	1.7	0.016	0.1	15	5590	258
18	2.6	3.6	27	1.24	2.5	31	1.8	0.018	0.11	17	5860	215
19	2.1	4.2	25.2	1.17	2.6	28	1.9	0.019	0.14	17	7240	300
20	4.2	3.8	31.4	1.05	2.2	17	1.7	0.019	0.1	12	5240	172
21	19.2	6.7	18.7	1.82	3.2	27	2.7	0.02	0.14	16	7300	272
22	13.6	4.6	21.2	1.58	2.7	17	1.9	0.012	0.12	12	7040	286
23	25.6	8.7	18.6	2.22	3.6	39	4.1	0.03	0.19	16	10000	275
24	11.9	4.1	20	1.72	2.7	27	2.1	0.021	0.14	14	7800	269
25	13.4	4.2	20.5	1.6	2.6	24	1.9	0.011	0.11	11	6930	248
26	8.5	3.2	20.7	1.67	2.9	29	2.4	0.014	0.12	15	11900	277
27	7.4	3.2	18.8	1.35	2.4	19	1.5	0.015	0.11	11	5780	202
28	3.4	2.9	24.3	1.38	4	25	2.2	0.016	0.1	13	7160	286
29	6.8	4.4	26.2	1.15	3.8	26	2.3	0.032	0.12	13	7760	256
31	3.7	1.9	25.6	0.758	2.7	16	1.3	0.01	0.1	12	6310	284
32	1.8	2.6	28.5	0.85	3.5	15	1.5	0.011	0.1	13	7000	261
34	3.2	2.2	18.2	0.905	2.8	19	1.7	0.01	0.1	12	6030	256
36	1.6	2.5	25.7	0.95	2.7	18	1.6	0.017	0.1	15	8140	275
38	10.3	5.1	27.7	1.26	3.2	35	3.3	0.042	0.21	20	7910	256
39	3.5	2.8	41	0.969	3.2	28	2.8	0.03	0.11	18	9230	287
40	26.7	4.8	12.8	1.72	5.3	40	4.4	0.054	0.33	18	9950	313
41	13.6	5.8	20	1.6	3.7	46	3.5	0.054	0.39	20	8560	298
43	3.8	3.8	26.1	1	3.1	21	1.7	0.021	0.103	15	6210	274
94	31.7	9.8	18.4	1.97	5.6	33	6	0.035	0.215	17	9400	311
95	15.4	6.3	17.8	1.92	5.3	32	6.8	0.026	0.22	14	9500	308
96	14.4	4.9	21.5	1.64	4	23	3.5	0.022	0.19	13	8210	295
97	24.6	8.8	14.9	2.13	5.2	35	4.9	0.046	0.22	19	10900	286
98	81.7	24.2	15.5	2.79	9	69	15	0.099	0.44	33	16400	383
99	80.7	19.8	19.8	2.75	8.8	67	13	0.086	0.46	26	15500	450

Tableau 3 : Résultats obtenus sur les sédiments de la baie de Seine (campagne RNOSED 1993).

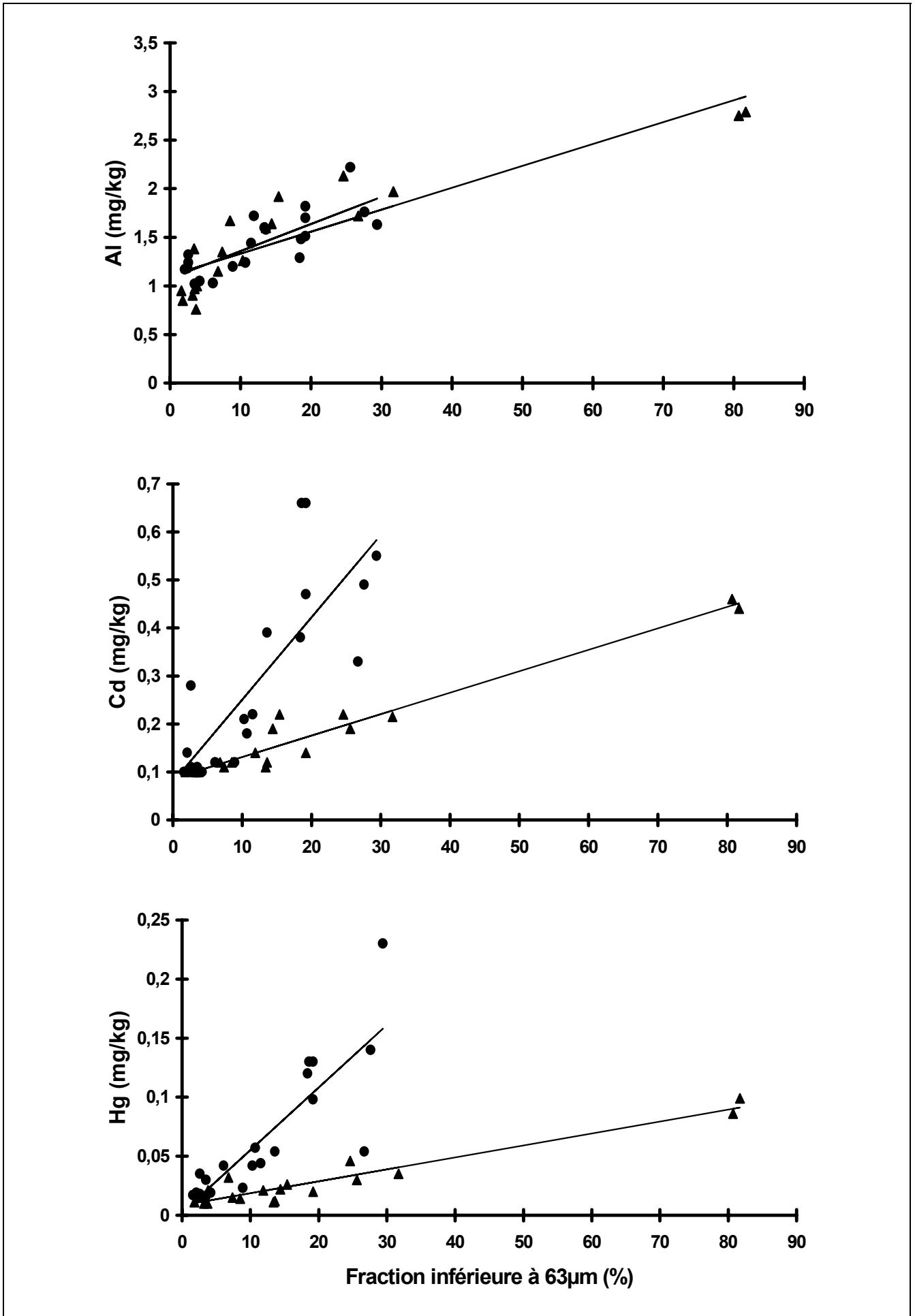


Figure 2 : Corrélation entre les teneurs en Al, Cd, Hg et la granulométrie (▲ : points Ouest; ● : points Est)

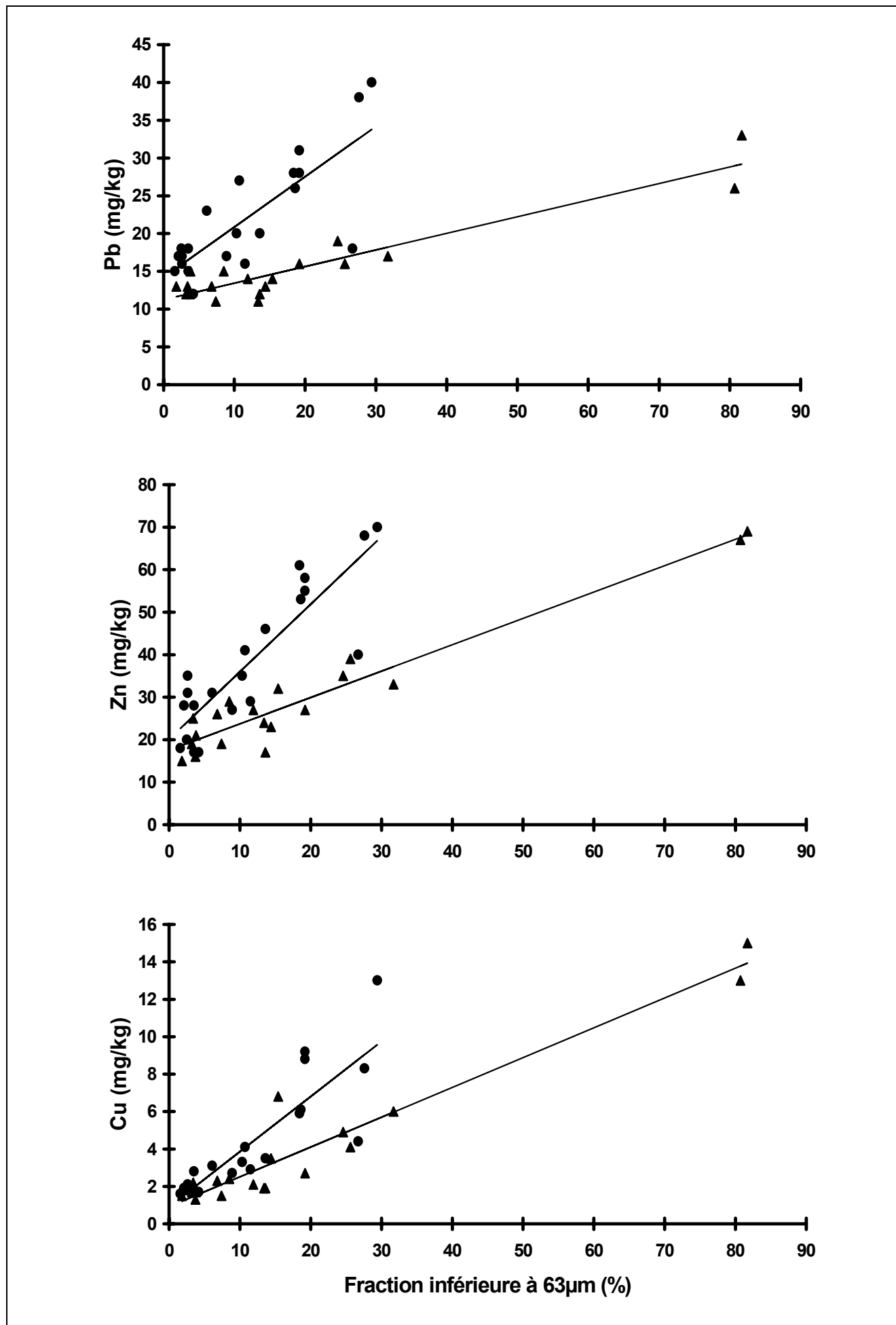


Figure 3 : Corrélation entre les teneurs en Pb, Zn, Cu et la granulométrie (\blacktriangle : points Ouest; \bullet : points Est)

obtenues sur ces stations (0,44 et 0,46 mg/kg) peuvent cette fois être comparées aux valeurs de références du tableau 2 puisqu'il s'agit de sédiment fin. Elles indiquent une légère contamination par le cadmium.

Mercure

Le simple examen visuel du graphe Hg/fraction fine (figure 2) montre qu'il existe deux nuages de points dont l'un, correspondant à la partie Est de la baie, présente des concentrations en Hg nettement plus élevées que l'autre (partie Ouest). Les relations avec la granulométrie observées sur ces deux séries expliquent respectivement 73 et 91 % de la variation des teneurs en mercure. La pente de la droite Hg/fraction fine est cinq fois plus élevée dans la partie Est de la baie que dans le secteur Ouest, indiquant un enrichissement significatif du secteur oriental. Le phénomène est particulièrement net sur les stations 7, 5, 8, 13, 4, 12. Ainsi, pour une même teneur en particules inférieures à 63 μ m (20%) et des concentrations en aluminium identiques (1,5%) les sédiments des stations 8 et 13, situées respectivement en face de la Seine et au débouché de la Touques contiennent 6 à 7 fois plus de mercure que la station 21 située dans l'ouest de la baie. Un raisonnement identique à celui que nous avons adopté pour le cadmium montre que la partie Ouest de la baie présente une contamination faible en mercure, puisque les sédiments fins de la baie des Veys présentent des concentrations comparables à celles habituellement admises comme références.

Plomb

Les relations entre le plomb et la fraction fine (figure 3) expliquent respectivement 63 et 87% de la variation des teneurs en plomb dans les sédiments des parties Est et Ouest de la baie. La pente de la droite Pb/fraction fine est trois fois plus forte dans la partie Est de la baie que dans la partie Ouest. Ceci montre que les sédiments de l'Est de la baie sont nettement enrichis en plomb par rapport à ceux de l'Ouest qui, si on leur applique la procédure déjà utilisée pour Cd et Hg, apparaissent peu ou pas contaminés par le plomb.

Zinc et cuivre

La distribution de ces éléments en fonction de la fraction inférieure à 63 μ m présente les mêmes grands traits que celle des autres éléments (figure 3). A granulométrie égale, les concentrations observées sur les stations 7, 5, 4, 13, 12, 8, 41, 9 et 40, toutes situées dans la partie Est de la baie, sont supérieures à celles que l'on peut relever sur les stations de la partie Ouest, qui paraît peu ou pas contaminée par ces éléments.

4. CONCLUSION

Les résultats de cette campagne montrent que les sédiments de la partie de la Baie de Seine située à l'Ouest de l'embouchure de l'Orne présentent une contamination légère pour certains éléments, (cadmium, mercure), quasiment nulle pour d'autres (plomb, cuivre, zinc). Par contre, la partie orientale de la baie paraît très enrichie par rapport à la partie occidentale. Le phénomène est particulièrement net pour le cadmium et le mercure, mais il est également significatif pour les autres éléments étudiés. La proximité de la Seine, qui constitue une source significative de contaminants métalliques tant par les rejets industriels que par les rejets de dragage, explique en grande partie cette situation, mais des fleuves côtiers plus modestes (Dives, Touques, Orne) semblent également apporter localement une contribution significative à la composante anthropique du stock de métaux contenu dans les sédiments. Les données acquises lors de cette campagne viennent s'ajouter aux résultats d'autres travaux réalisés sur ce site mais dont la prise en compte aurait débordé le cadre de cette publication.

Document préparé sous la responsabilité de D. CLAISSE
avec M. JOANNY pour les aspects internationaux,
B. BOUTIER pour la partie 3,
L. GIBOIRE et C. LE PAUL pour les cartes.
Photo P. MICHEL

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

Dépôt légal 3ème trimestre 1995



Direction de l'Eau
20, avenue de Ségur, 75302 PARIS 07 SP

Ifremer

Centre de Nantes
Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral
BP 21105, 44311 NANTES CEDEX 03