



AGENCE DE L'EAU
SEINE-NORMANDIE



AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE
DIRECTION DES RIVAGES NORMANDS

COLLECTE ET SYNTHÈSE DES DONNÉES SUR
LES POLLUTIONS GÉOCHIMIQUES ET
BACTÉRIOLOGIQUES DANS LES SEDIMENTS
DU LITTORAL DU CALVADOS

MARS 1997

CHRISTELLE CAPLAT
sous la direction scientifique de Hervé TEXIER

Laboratoire de Géologie Marine
ER 109 CNRS/Universités de Caen et Rouen
Section Géochimie

388
RES

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par l'Agence de l'Eau de Seine Normandie, Direction des Rivages de Honfleur.

Elle a été réalisée sous la direction scientifique de Hervé Texier, au laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Caen (Directeur : Claude Larssonneur).

Je remercie tous les organismes qui ont contribué à l'édification de ce travail de synthèse ainsi que leurs membres pour leur concours, et tout particulièrement :

Muriel Lefresne, Pascal Lainer et Bruno Cortez du Service Maritime, Pollution du Littoral de la D.D.E. de Caen, qui m'ont accueillis au sein de leur équipe
Hélène Jeanneret et Daniel Claisse, de l'IFREMER de Port en Bessin et de Nantes

Jean Paul Malas et Jean Obaton, du laboratoire départemental Frank Duncombe de Caen

Dominique Boust, du laboratoire de Radioécologie Marine I.P.S.N. d'Octeville (Cherbourg)

Mr Baumel de la D.R.E. de Caen

Arlette Hurel, technicienne au laboratoire de Géologie Marine, ainsi que les étudiants en thèse : Azzedine, Bahram, Monaïm, Axel et Sandric pour leur soutien

SOMMAIRE

INTRODUCTION	p 1
I LA BAIE DE SEINE - LES SEDIMENTS DU LARGE	p 2
1) Les résultats de Boust	p 2
2) Les résultats du R.N.O.	p 2
3) Les résultats du laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Caen	p 3
4) La baie des Veys	p 4
II LA BAIE DE SEINE - LES SEDIMENTS DANS LES PORTS DU LITTORAL CALVADOSSIEU	p 27
1) Grandcamp	p 27
2) Port en Bessin	p 34
3) Courseulles	p 42
4) Ouistreham	p 46
5) Dives sur Mer	p 57
6) Deauville	p 66
III SYNTHESE - LES METAUX EN BAIE DE SEINE	p 72
CONCLUSION	p 90
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

INTRODUCTION

Dans le milieu aquatique, les polluants métalliques, organiques et bactériens sont présents dans différents compartiments. Les sédiments déposés constituent l'un de ces réservoirs, au niveau duquel des processus de diffusion, d'érosion et de bioturbation contrôlent notamment le relargage des métaux lourds dans la colonne d'eau (Salomons *et al*, 86).

Les concentrations de ces contaminants sont d'autant plus élevées si les sédiments sont côtiers et estuariens, à cause de la proximité de nombreuses usines pétrolières ou chimiques. En étudiant des carottes sédimentaires continentales, Charles *et al.* (87) ont pu suivre l'évolution au cours du temps des teneurs en PCB (polychlorobiphényles), en HPA (hydrocarbures polycycliques aromatiques), et en métaux lourds. Les matériaux sédimentaires témoignent du début de l'utilisation des PCB en 1930, et de l'accroissement formidable de leur teneur après la deuxième guerre mondiale. Ils reconstituent de la même façon l'évolution de l'utilisation du Pb avec l'apparition de l'automobile et des essences au Plomb, et ils mettent en évidence l'augmentation des concentrations en HPA pendant la période où le charbon était une source principale d'énergie. Les sédiments marins sont les témoins de l'environnement passé. Sherer *et al.* (92) montrent quand à eux, que les germes de la contamination fécale ne sont pas en concentration assez importante pour créer une pollution alarmante dans les sédiments côtiers, car le contact avec les eaux salines ne leur laisse que quelques opportunités de survie. Les bactéries supportent mal les nouvelles conditions de rayonnement solaire ou de prédation.

La collecte et la synthèse des résultats géochimiques et bactériologiques qui fait l'objet de ce rapport, porte sur l'étude des sédiments continentaux de la baie de Seine et plus particulièrement du littoral du Calvados. A partir de ces données, nous tentons d'estimer les apports en métaux lourds des rivières en s'aidant de la méthode de normalisation des concentrations par rapport à l'aluminium (Boust, 81), et en se fixant un fond géochimique de référence (le Cotentin). Cette approche donnera une indication sur les régions les plus exposées à certains polluants, et notamment sur l'influence des rivières dans ces contaminations de sédiments.

L'examen des résultats géochimiques et bactériologiques collectés s'attache en premier à l'étude des sédiments marins situés au large des côtes de la baie de Seine.

Il est suivi par la collecte des données géochimiques et bactériologiques des sédiments prélevés au niveau de chaque port du Calvados, dans le cadre du contrôle, par la D.D.E., des rejets de dragage en mer.

Un bilan termine cette étude des sédiments de la baie de Seine, en analysant les comportements anormaux relevés chez certains polluants métalliques, organiques et microbiens.

I LA BAIE DE SEINE- LES SEDIMENTS DU LARGE

1) Les résultats de Boust

Au début des années 1980, Boust (81) a procédé à l'étude des métaux traces dans l'estuaire et l'embouchure de la Seine (Fig.1). Les résultats obtenus (Tab.1) lui permettent de dresser des cartes de répartition des éléments métalliques dans cette région (Fig.2). Les teneurs brutes correspondent à l'analyse de sédiments entiers, et ne sont pas affranchis des variations causées par la différence de granulométrie de chaque sédiment. En effet, de nombreux auteurs s'accordent à dire que les polluants métalliques se concentrent dans la fraction fine (<63µm) et argileuse (<2µm) des sédiments (De Groot et al., 74). Pour éliminer ces écarts de concentration, Boust normalise les teneurs métalliques par rapport à un élément de référence, dont la concentration varie proportionnellement à la quantité de matière fine et est indifférente aux variations physico-chimiques du milieu (pH, salinité et potentiel rédox). Il choisit l'aluminium (Boust, 80) qui est un constituant principal des argiles (Senten *et al.*, 89), et afin de vérifier l'existence des relations entre la teneur métallique, la quantité de fines et la teneur en Al de chaque sédiment, il effectue des régressions linéaires. Il estime par la suite l'enrichissement des sédiments en métaux traces, en calculant leur Facteur de Concentration (FC) par rapport aux résultats de la zone du Parfond (Fig.1), qu'il prend pour référence (Tab.2).

$$FC = \frac{\text{Me/Al (zone considérée)}}{\text{Me/Al (zone du parfond)}}$$

Boust considère que les FC supérieurs ou égales à 2 sont significatifs d'un enrichissement métallique anormale dans les sédiments, ce qui ne préfigure pas de la disponibilité de ces métaux traces dans le milieu. Il en déduit une présence anormale du Cu, Hg, Ni et Zn dans l'estuaire de la Seine, et du Cu, Ni, Cr et le Ti dans l'embouchure de l'Orne (Fig.3).

Nous tenterons d'appliquer cette méthode de normalisation des concentrations métalliques par rapport à Al sur les prochains résultats qui sont collectés dans ce rapport.

2) Les résultats du RNO 1993

Dans le cadre du contrôle régulier de la pollution du milieu marin littoral, l'IFREMER a créé en 1979 avec le ministère de l'Environnement 3 réseaux de surveillance qui sont :

- Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO), qui suit l'évolution des concentrations métalliques et organiques des masses d'eaux, des sédiments et des organismes vivants.

- Le Réseau de surveillance Microbiologique (REMI), qui examine la qualité des coquillages.

- Le Réseau de surveillance PHYtoplanctonique (REPHY), qui contrôle l'état des populations phytoplanctoniques et qui détecte la présence d'espèces toxiques.

Les campagnes de prélèvements sont périodiques et permettent d'établir des bilans réguliers sur la qualité du milieu côtier.

Dans le cadre de l'étude actuelle de la collecte et de la synthèse des résultats géochimiques, les données du RNO (IFREMER, 95) sur les sédiments sont repris de la campagne de 1993 (Fig.4). Ces mesures sont effectuées tous les 10 ans environ et concernent la recherche des polluants métalliques, organiques (PCB: polychlorobiphénils et HPA: hydrocarbures polycycliques aromatiques), et du carbone organique total (Tab.3).

En examinant les résultats de ces mesures, l'IFREMER constate que la partie orientale de la baie de Seine est plus contaminée par les métaux et les composés organiques que dans sa partie occidentale (Cotentin et Bessin), même si toutes ces valeurs restent peu différentes des références admises dans les programmes de surveillance de la Mer du Nord (Tab.4). Cette analyse des résultats ne tient pas compte des variations issues des diverses granulométries.

Afin de poursuivre l'interprétation de l'IFREMER, nous normalisons les teneurs métalliques par rapport à Al, et nous calculons les facteurs de concentration (FC) d'après la méthode de Boust (Tab.5). Nous ne prendrons pas le Parfond comme la zone de référence, car les résultats géochimiques de Boust ne sont pas assez récents. La région qui semble la plus adéquate est celle du Cotentin car elle présente de faibles teneurs en métaux traces normalisées à Al. Elle nous servira par la suite de nouvelle zone de référence dans les autres calculs de FC.

µg/kg de MS	sédiments de la Mer non pollués					séd. pollués GDR Manche dragage Octeville
	Humber	Wadden sea	côtes norvég.	Mer du Nord	Tyne	
Pb	22	37	26	25	12	82
Cd	/	0,5	0,08	0,3	/	1,6
Cu	17	22	17	20	/	43
Zn	84	103	110	100	38	198
Hg	/	0,067	0,04	0,2	/	0,8
As	7,1	4,8	5,8	/	4	14,5
Al	/	/	/	/	/	30300
Fe	/	/	/	/	/	26300

Tab.4 : Références couramment utilisées dans les programmes de surveillance de la Mer du Nord (IFREMER, 95) et teneurs dans les sédiments déposés au large d'Octeville (Greco-Manche, 85)

Cette normalisation a pu être effectuée, car l'étude des régressions entre les quantités d'Al, de fines et les concentrations en métaux traces indique de bonnes relations (Fig.5). L'examen des FC obtenus rejoint la conclusion de l'IFREMER sur une pollution des sédiments situés à l'Est de la baie de Seine. Cette pollution est à relier aux apports de la Seine mais certainement aussi à ceux des rivières côtières (Orne, Touques, Dives), en regard de l'enrichissement en Cu et Hg des sédiments de la baie des Veys (loin de la Seine), par rapport au Cotentin. Les sédiments de l'embouchure de l'Orne apparaissent enrichis en Hg et en Pb, ceux situés au large de Dives sont chargés en Hg et Cd, ceux de l'estuaire de la Seine en Cu, Zn et Pb, ceux de l'embouchure en Cu, Hg et Cd, et les sédiments au large du Pays de Caux en Cu, Zn, Hg, Pb et Cd.

Les PCB

Les plus fortes teneurs se situent au niveau du Pays de Caux et de l'embouchure de la Seine. Elles sont représentatives d'une contamination modérée, comme celle décrite par Marchand (89).

La baie des Veys est peu touchée par les différents congénères mesurés.

Les HPA

Les plus fortes concentrations se trouvent dans les sédiments du Pays de Caux et de l'embouchure de la Seine, ce qui place ces régions comme très polluées d'après les résultats du rapport Seine aval de 1996. Dans la baie des Veys, certaines teneurs en benzo(b) fluoranthène (100 µg/kg) et en benzo(a) pyrène (80,4 µg/kg) sont aussi élevées que dans l'embouchure de la Seine. Ces composés sont considérés comme de puissants cancérigènes.

3) Les résultats du laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Caen

Le laboratoire de Géologie Marine engage des chercheurs autour de 2 thématiques, qui sont l'étude hydrosédimentaire et géochimique du littoral marin, et notamment de la baie de Seine. Entre 1992 et 1996, des programmes d'études géochimiques sont effectués sur les sédiments du littoral Bas Normand. Il s'agit d'abord des régions de l'estuaire et de

l'embouchure de la Seine (Texier et al., 1994), au cours des campagnes SEDIBAIE de 1993 (Fig.6) et 1994 (Fig.7).

Les résultats bruts relevés dans l'embouchure et l'estuaire de la Seine (Tab.6 et 7) sont en moyenne plus élevés que ceux relevés par le RNO en 1993, jusqu'à un facteur 13 pour le Cu.

Les calculs des facteurs de concentration (Tab.5) à partir des valeurs normalisées à Al et de la zone de référence du Cotentin, indiquent que ces 2 régions sont fortement enrichies en Cu, Zn et Pb. Les sédiments de l'embouchure de la Seine sont également chargés en Hg et Cd. En 1980, Boust distinguait la même présence anormale en Cu, Zn et Hg, dans les sédiments de cette région.

4) La baie des Veys

La baie des Veys, située à l'extrémité Ouest de la baie de Seine, est encadrée entre la presqu'île du Cotentin à l'Ouest et le plateau du Bessin à l'Est.

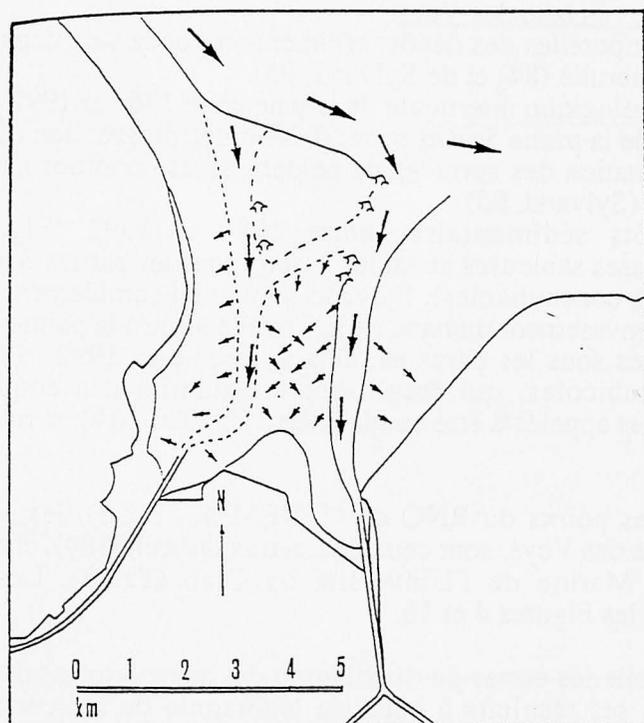


Fig. 8 : Progression du flot (flèches pleines) et du jusant (flèches contour) en baie des Veys (Sylvand, 95)

Le flot, qui est orienté E-SE, amène d'importante quantité de Matière En Suspension (MES) au fond de la baie (Fig.8). Ce qui entraîne une distribution Nord-Sud des dépôts sédimentaires (Fig. 9), avec au Nord des bancs sableux (banc de la Madeleine) et au Sud, des dépôts vaseux et la formation de polders, qui ont tendance à s'accroître (Sylvand, 95). Les houles dominantes sont du N-NE (N22°) orientées sur la région du grand Vey et provoquent une érosion du platier rocheux de Grandcamp avec un transport sédimentaire non négligeable. Ces houles sont liées aux vents dominants du NE.

La baie est une région à haute productivité biologique, grâce aux apports en substances nutritives des eaux de la Taute et de la Douve dans la partie Ouest, et des eaux de l'Aure et de la Vire dans la partie Est. C'est pourquoi, elle est propice à la culture conchylicole (parcs de Grandcamp-Maisy et Géfosse-Fontenay (Fig.10)) et aux gisements naturels de coquillages (coques et palourdes) qui attirent de

nombreux riverains et touristes (exemple du banc de la Rouelle). C'est aussi une véritable nurserie pour certains poissons (mulets, bars ...). Ces richesses naturelles expliquent la présence de nombreuses espèces d'oiseaux, qui trouvent refuge dans les polders. La baie est une réserve de chasse maritime. Toutes ces caractéristiques (intérêts faunistique, botanique, ornithologique et paysager) ont permis de classer la baie des Veys comme Espace Naturel Sensible (D.R.E., 96), et d'être suivi régulièrement au niveau de la qualité sanitaire de ses eaux, de la matière vivante et des sédiments par le réseau de surveillance RNO de l'IFREMER.

Les rivières se jettant dans la baie drainent un bassin versant de 3400 km² (Fig.11), constitué de prairies (élevages de bovins à spécialisation lait), de cultures céréalières (fourrages, blés) et de marais dans la région proche du littoral, et elles véhiculent de nombreux contaminants d'origine:

- urbaines : le traitement des eaux par les stations d'épuration (d'Isigny, de Carentan et autres) reste limité, et en particulier aux périodes des fortes pluies (systèmes de by-pass). Il peut notamment entraîner la formation de dérivés organo-chlorés pouvant être toxiques. Il faut noter la mise en route d'une nouvelle station d'épuration à Isigny, en 1995.

- industrielles : le bassin versant de la baie des Veys connaît une forte concentration en industries agro-alimentaires (Fig.12), avec les coopératives laitières et les abattoirs (Baupte, Carentan). Une station de traitement des effluents de la coopérative laitière d'Isigny est en cours de réalisation.

- agricoles : l'élevage est prépondérant et s'accompagne de cultures fourragères. Ces 2 activités contribuent à la contamination bactérienne des eaux de la baie. Un projet national de mise aux normes des bâtiments d'élevage est programmé pour 1998, mais il ne concerne que 10% des exploitations du Calvados.

En 1980, toute la partie sud de la baie des Veys jusqu'aux premières concessions conchylicoles de Géfosse-Fontenay, a été classée en zone insalubre (Fig.13). En 1990, le ramassage des coques a été interdit, après les mauvais résultats d'analyses obtenus dans le cadre d'un programme de suivi de l'IFREMER. Tous les gisements naturels de coquillages fouisseurs et filtreurs se trouvent toujours classés insalubres, en 1995 (AESN, 95). Suivant la directive européenne du 15 juillet 1991, la zone ostréicole est classée en B (annexe 1), et les gisements naturels de la pointe de Brévands en C (au Sud) et en B (au Nord). De nombreux efforts restent à fournir pour améliorer la protection de cet environnement.

a) Etude des dépôts sédimentaires en baie des Veys

Les variations spatio-temporelles des dépôts sédimentaires de la baie depuis les années 70, sont issus des travaux de Dubrulle (84) et de Sylvand (95).

L'évolution de la morphologie intertidale de la baie entre 1969 et 1992 (Fig.14), fait apparaître un net comblement de la partie Sud et laisse prévoir une progression du phénomène dans le futur avec une augmentation des surfaces de polders, si les conditions sédimentaires actuelles ne sont pas modifiées (Sylvand, 95).

L'évolution des dépôts sédimentaires entre 1980 et 1992 (Fig.15) montre l'accroissement des zones de vases sableuses et sables vaseux dans les parties Sud, Sud-Ouest et Sud-Est (au niveau des parcs conchylicoles). Sylvand prévoit un comblement du Sud de la baie pour 2020-2040, avec un envasement du banc de la Rouelle jusqu'à la pointe de Maisy. La formation d'une poche de vases sous les parcs est déjà apparente en 1992. Elle favorise le développement d'annélides tubicoles, qui fragilisent la salubrité des coquillages dont l'exploitation d'après Sylvand est appelée à être condamnée d'ici 2020-2040, si rien ne change.

b) Résultats géochimiques

En dehors des quelques points du RNO de l'IFREMER (Tab.3), les seuls résultats géochimiques retrouvés en baie des Veys, sont ceux de Laetitia Dubrulle (84), chargée d'études au laboratoire de Géologie Marine de l'Université de Caen (Tab.8). Les stations de prélèvements sont relevées sur les Figures 4 et 16.

En 1982, Dubrulle établit des cartes de distribution des métaux traces dans la baie des Veys (Fig.17). Elle compare ses résultats à ceux du laboratoire de radioécologie marine d'Octeville (près de Cherbourg), qui a procédé en 1984 à quelques analyses dans cette région. Dans les deux cas, les résultats font suite à une minéralisation du sédiment brut, et non de sa partie fine (le plus fréquemment rencontré). Entre 1982 et 1984, Dubrulle constate une baisse générale dans les sédiments du Fe, Zn et Mn, un maintien des concentrations en Cu et Cd, et une hausse des concentrations en Ni. En se référant aux résultats obtenus dans les sédiments de l'estuaire de la Seine (Boust, 81) et de l'Orne (Dubrulle, 82), elle souligne l'importance des teneurs en Ni et Cd dans la baie des Veys.

L'absence des teneurs en Al nous empêche de normaliser les concentrations métalliques par rapport à Al, et de calculer les FC.

Le calcul des FC (Tab.5) pour les résultats du RNO est décrit dans le paragraphe n°2. Il fait état d'une présence anormale du Cu et du Hg dans les sédiments de la baie des Veys, en 1993. Ces enrichissements, moins importants que dans la baie de Seine, ne correspondent pas à ceux de Dubrulle en 1984 (Ni et Cd), qui n'utilise pas la zone de référence du Cotentin, mais celle du Parfond comme Boust.

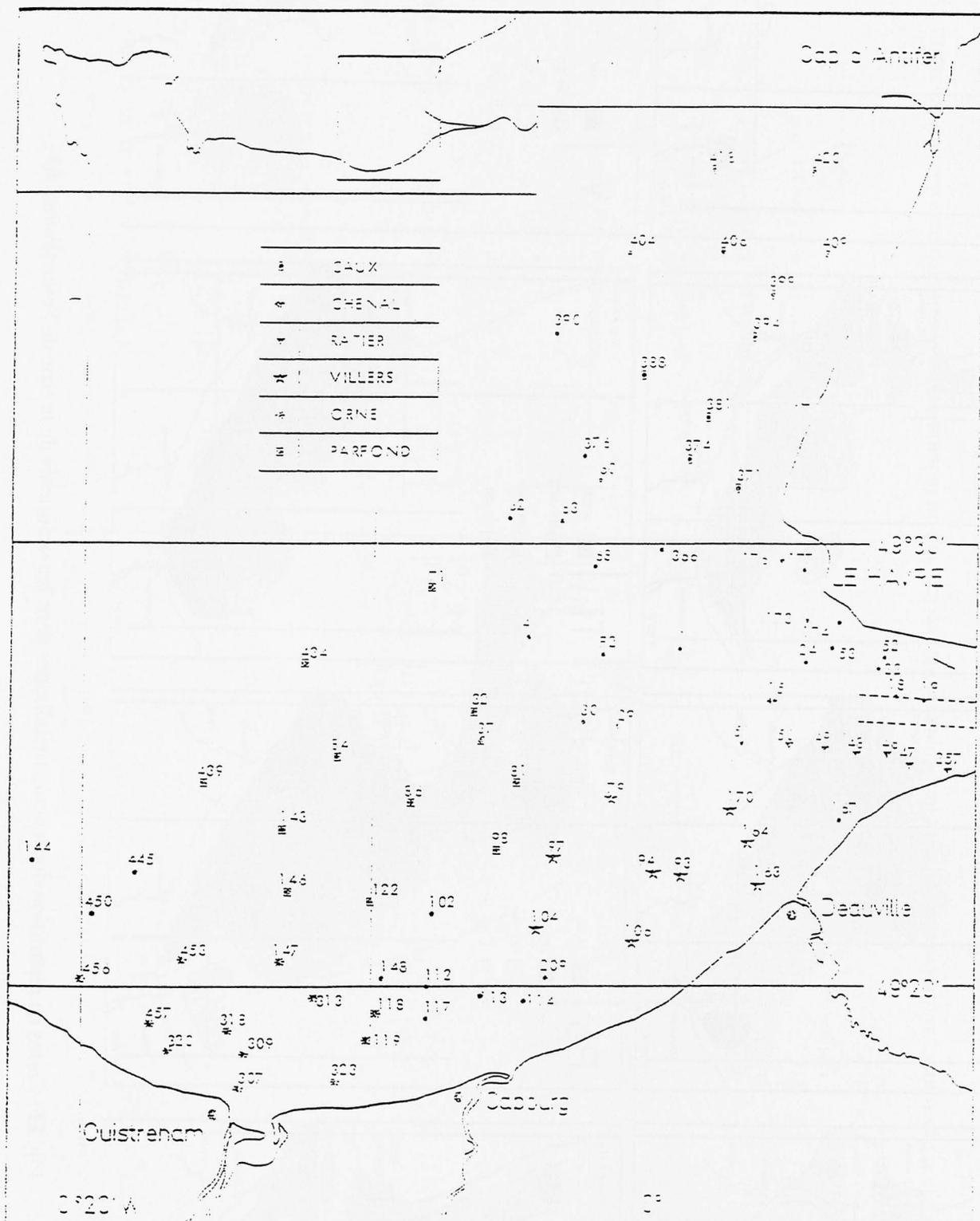


Fig. 1 : Position et référence des prélèvements en baie de Seine (Boust. 31)

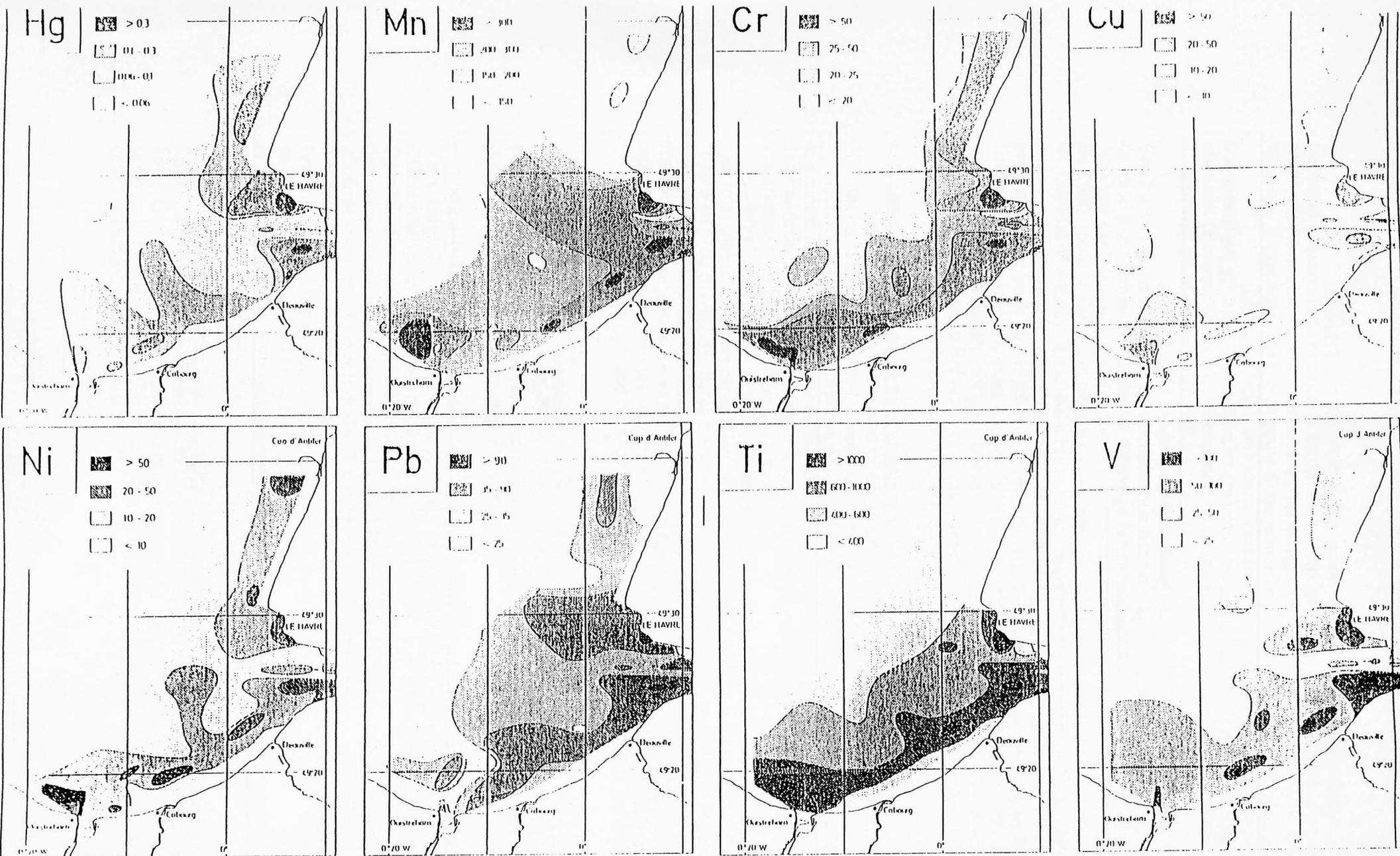


Fig. 2 : Cartes de répartition des teneurs métalliques dans les sédiments de la baie de Seine (Boust, 81)

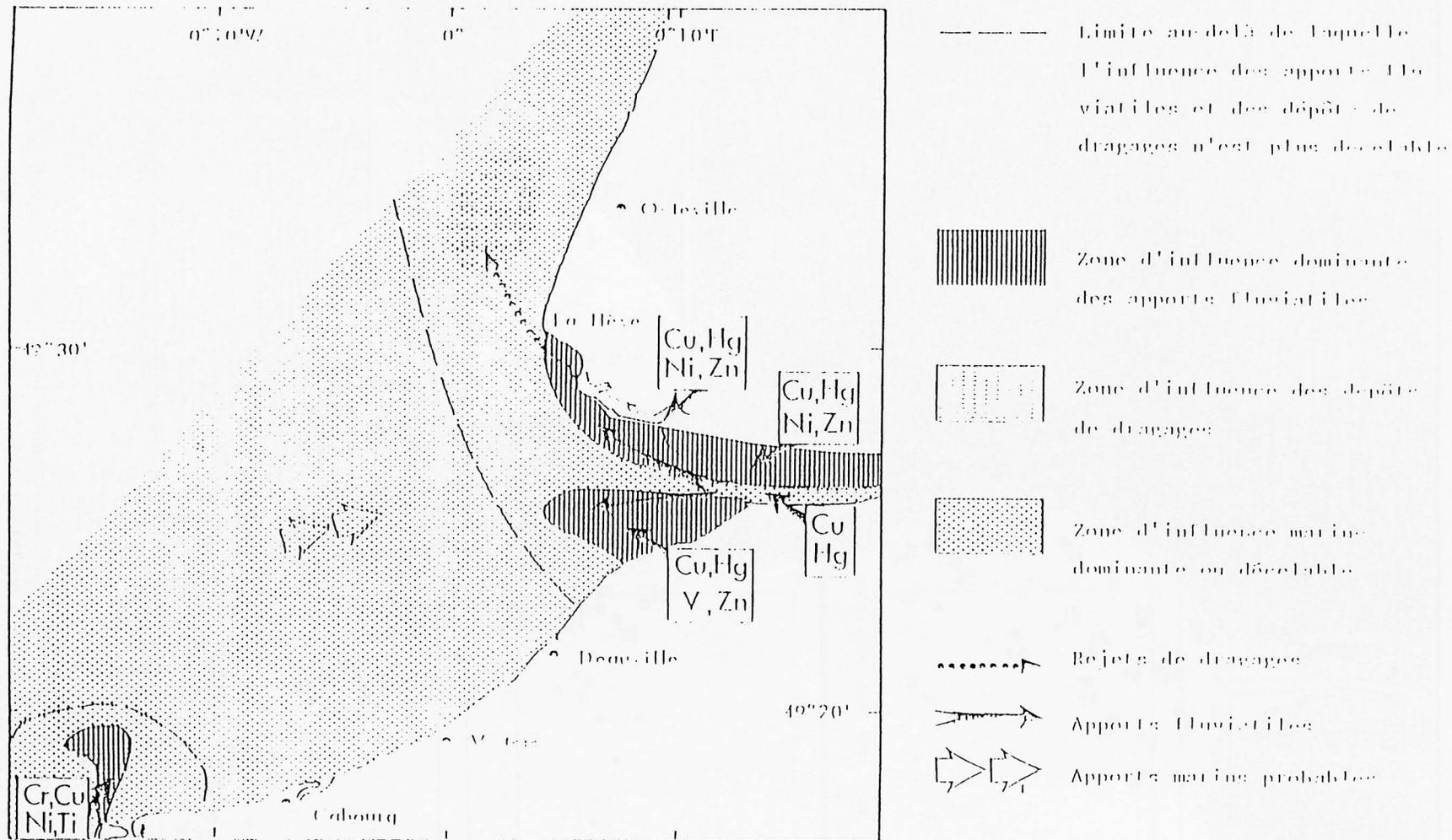


Fig. 3 : Esquisse des transits sédimentaires en baie de Seine déduite des teneurs en métaux traces normalisées à Al dans les sédiments (Boust, 81)

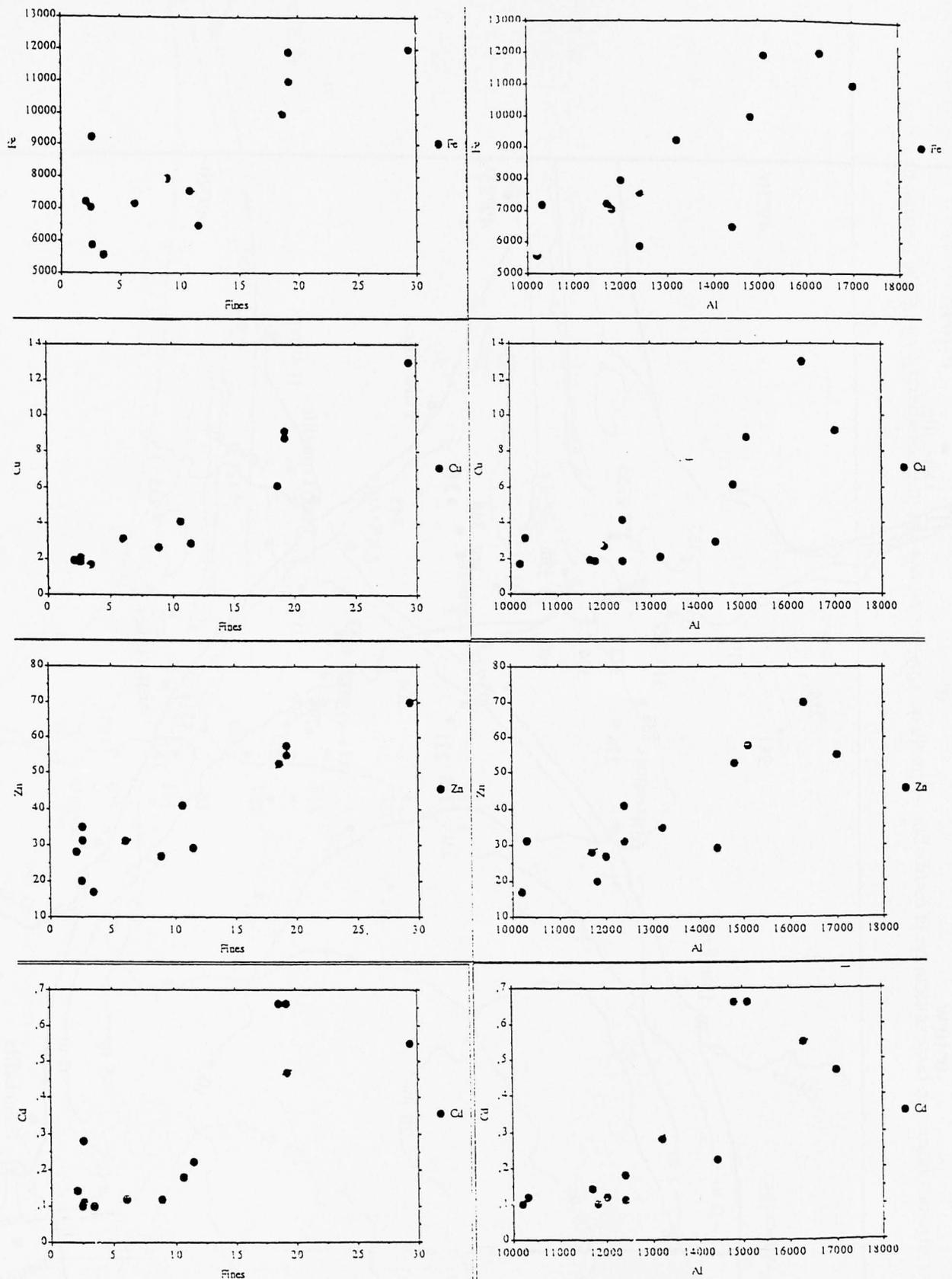


Fig.5 : Relations entre le pourcentage d'aluminium, le pourcentage de fines et les concentrations de quelques métaux traces, mesurées par le R.N.O dans l'embouchure de la Seine (IFREMER. 95)

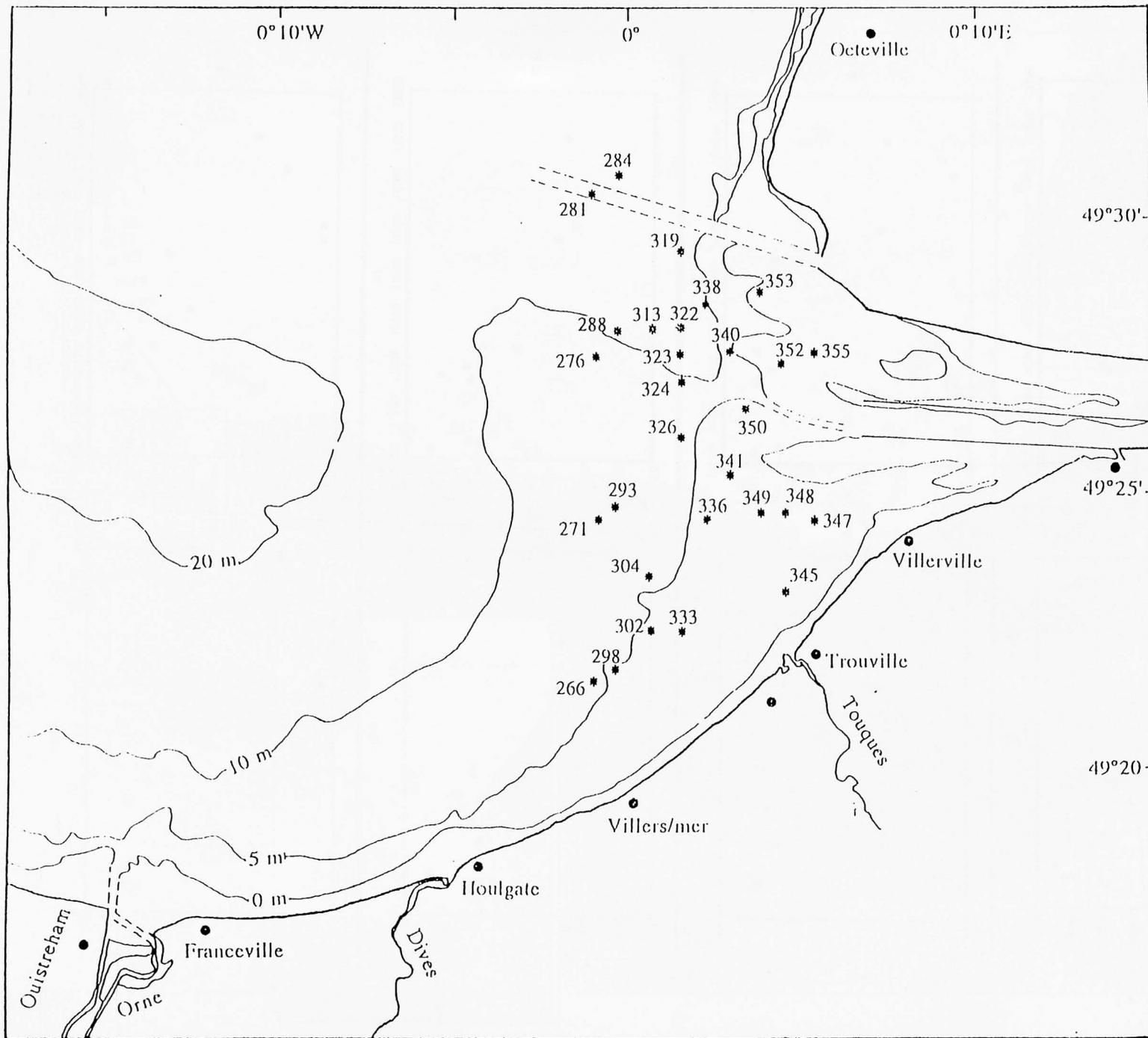


Fig. 6 : Carte des points de prélèvement de la campagne sédimentaire de 1993, effectuée par le laboratoire de Géologie Marine de Caen

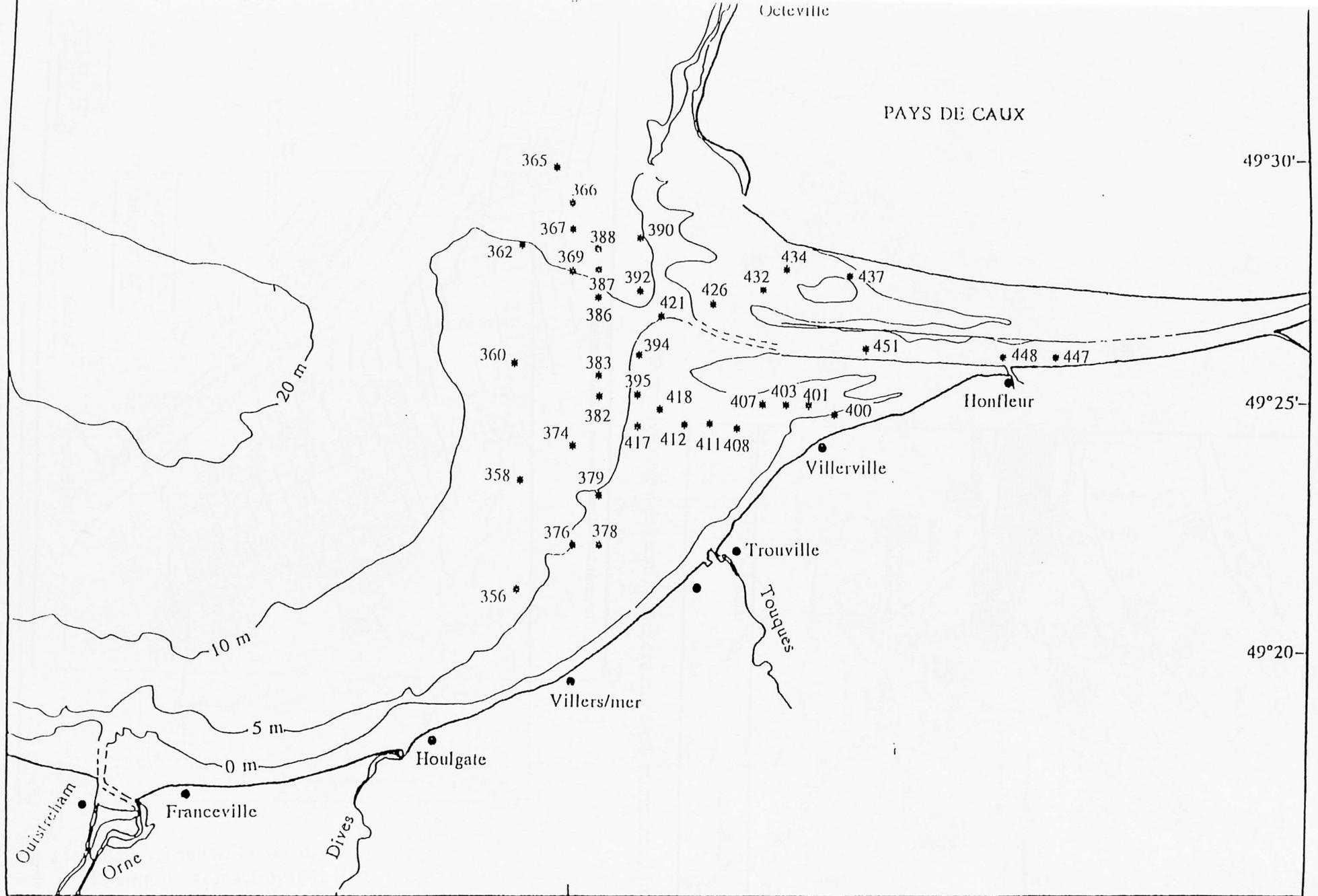


Fig. 7 : Carte des points de prélèvement de la campagne sédimentaire de 1994, effectuée par le laboratoire de Géologie Marine de Caen

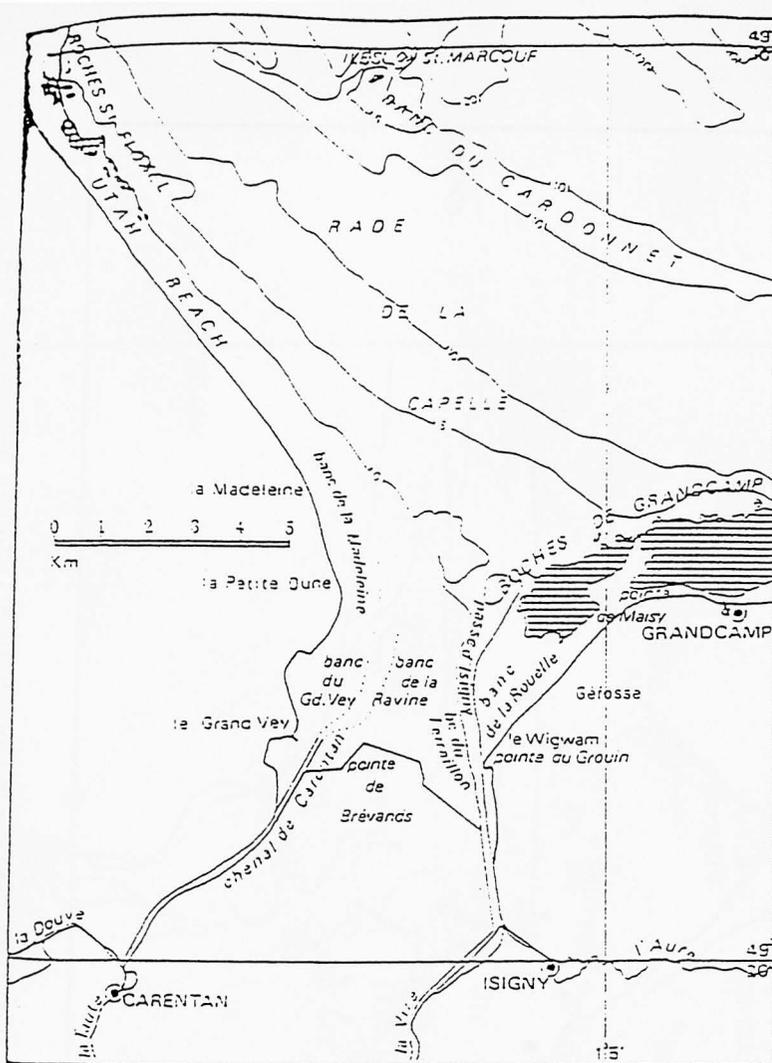


Fig. 9 : Localisation des bancs sableux en baie des Veys (Sylvand, 95)

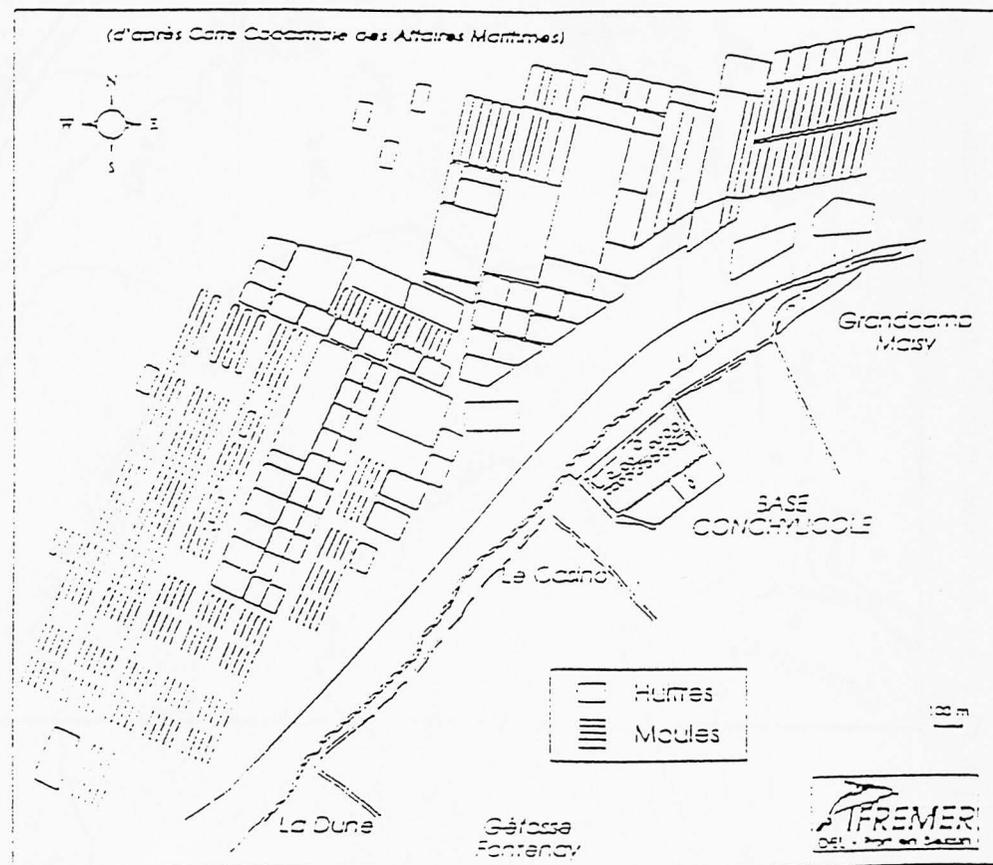


Fig. 10 : Concessions conchylicoles de la baie des Veys en 1992 (Etourneau et Godefroy, 94)

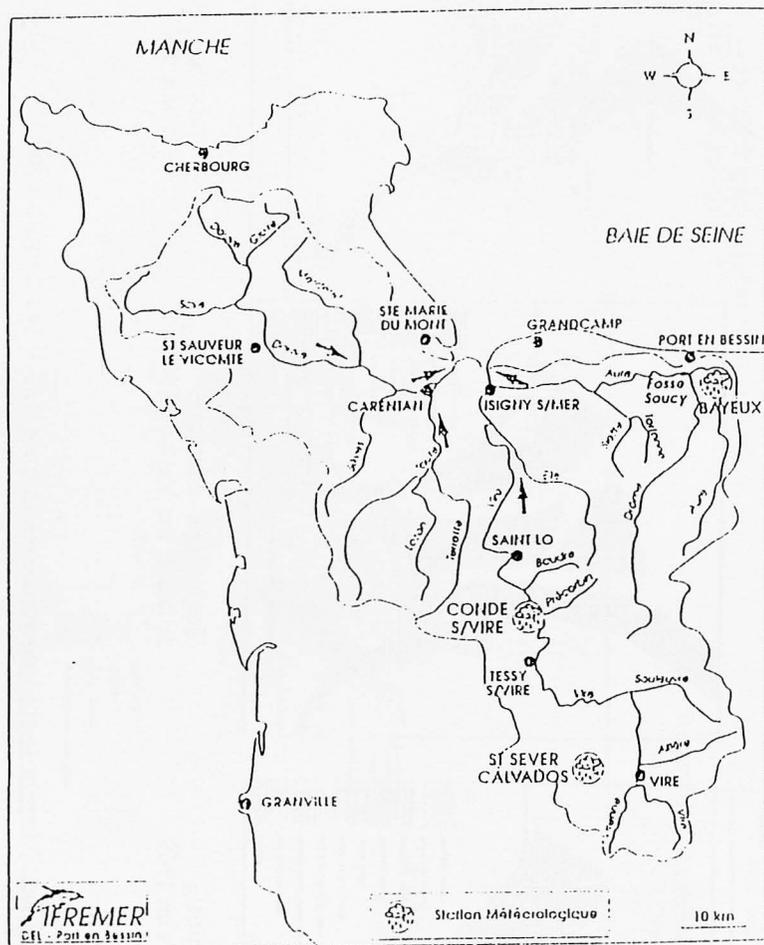


Fig. 11: Bassin versant de la baie des Veys
(Etourneau et Godefroy, 94)

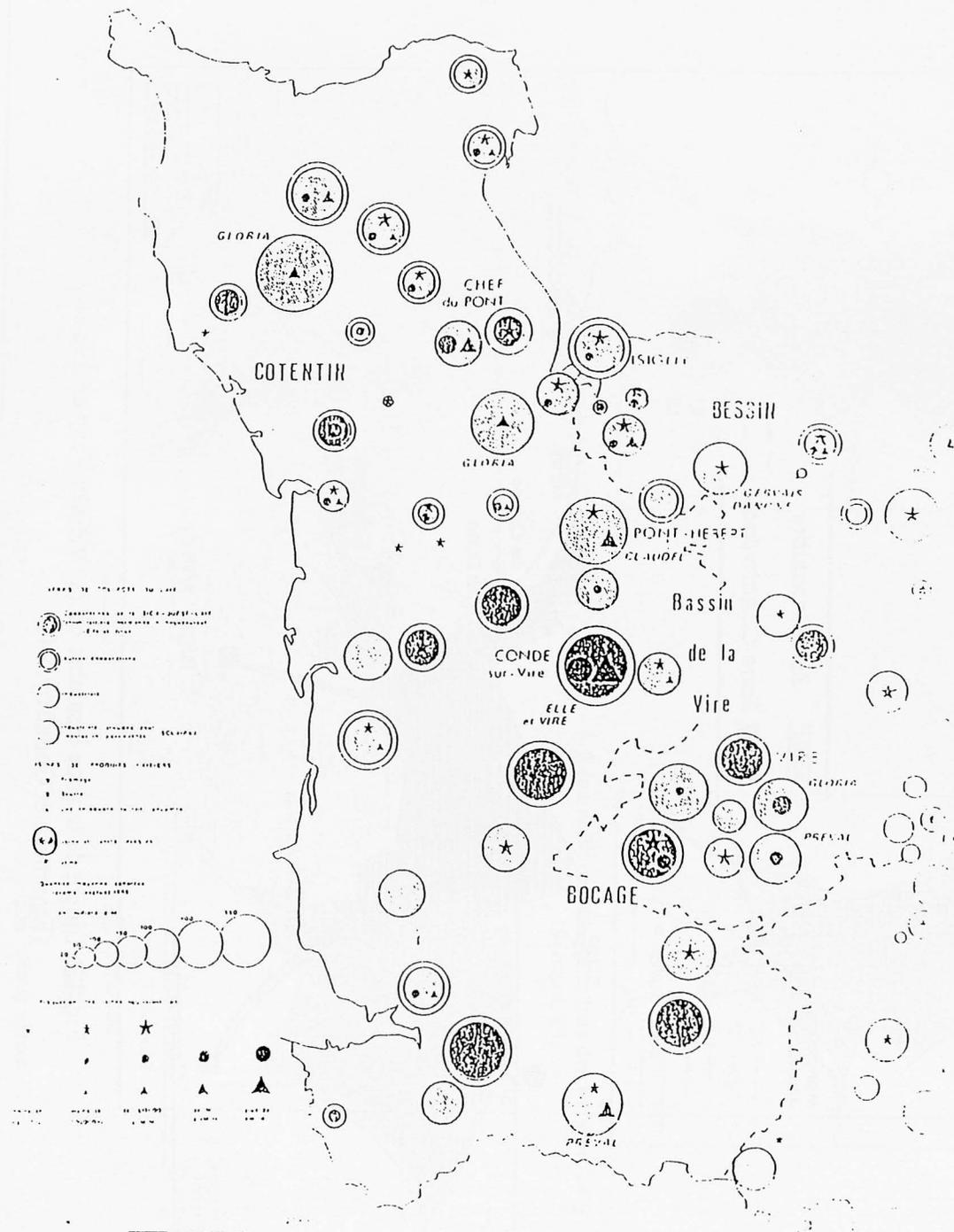


Fig. 12: Les industries laitières dans l'ouest de la Normandie

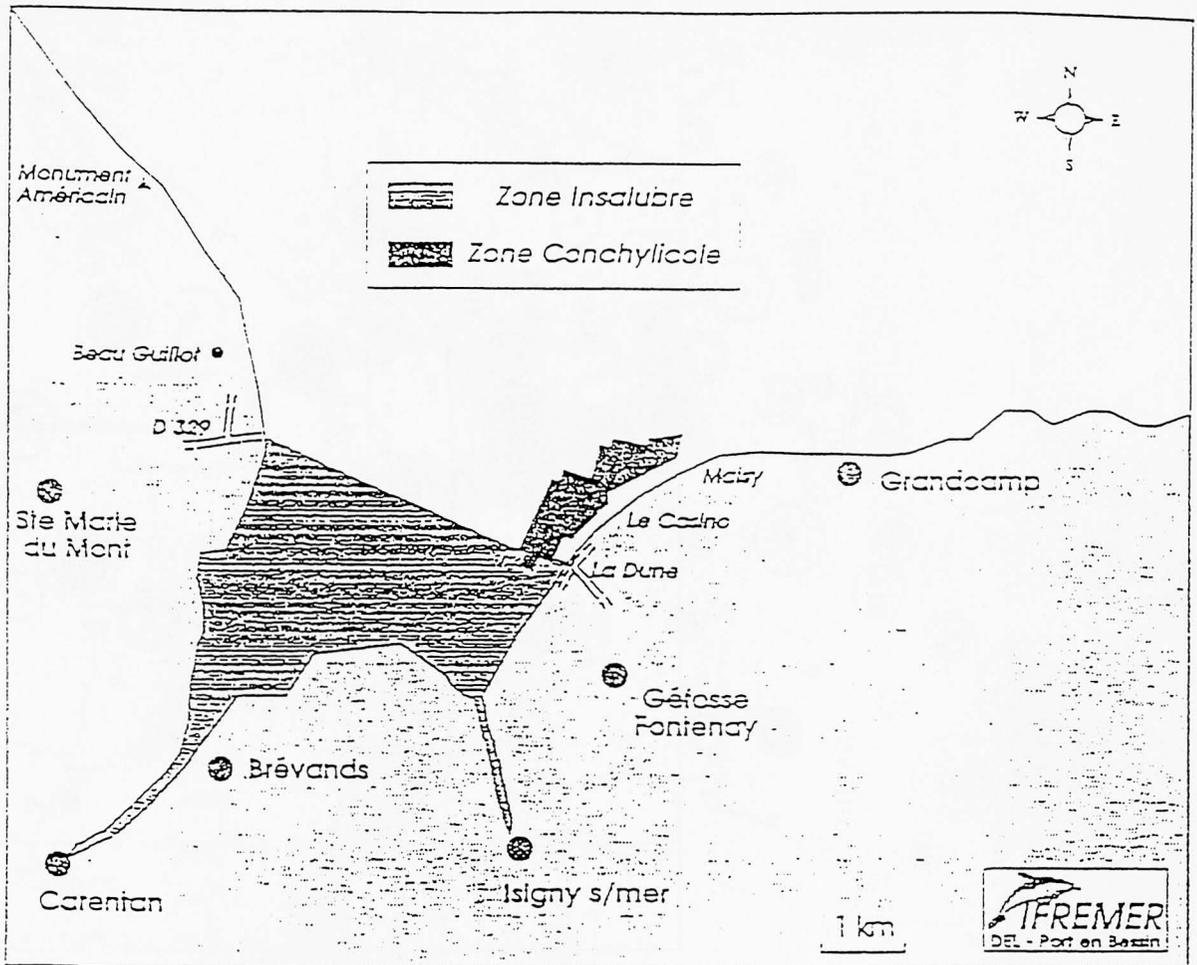
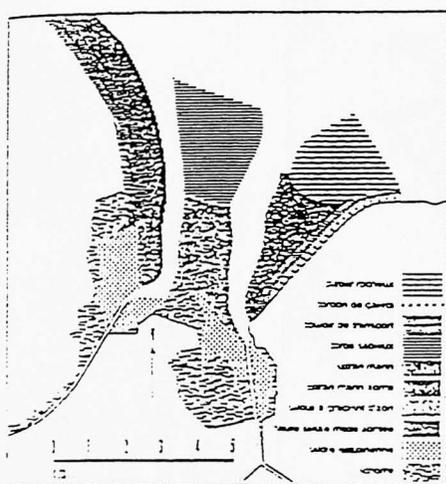
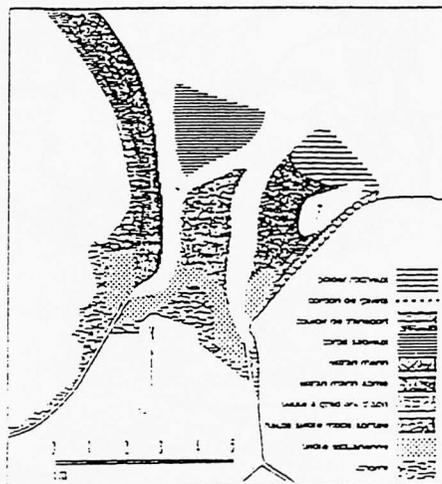


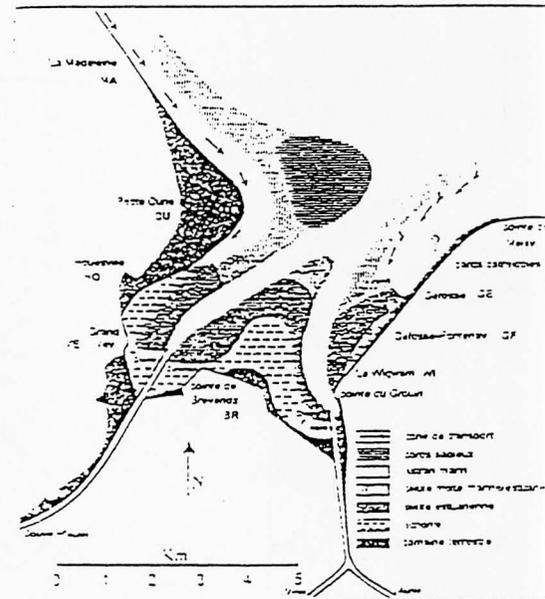
Fig.13: Limite de la zone insalubre de la baie des Veys en 1980 (Etouneau et Godefroy, 94)



Morphologie intertidale de la baie des Veys en 1969



Morphologie intertidale de la baie des Veys en 1992



Morphologie intertidale possible de la baie des Veys vers 2020-2040

Fig.14 Morphologie intertidale de la baie des Veys depuis 1969 (Sylvand, 95)

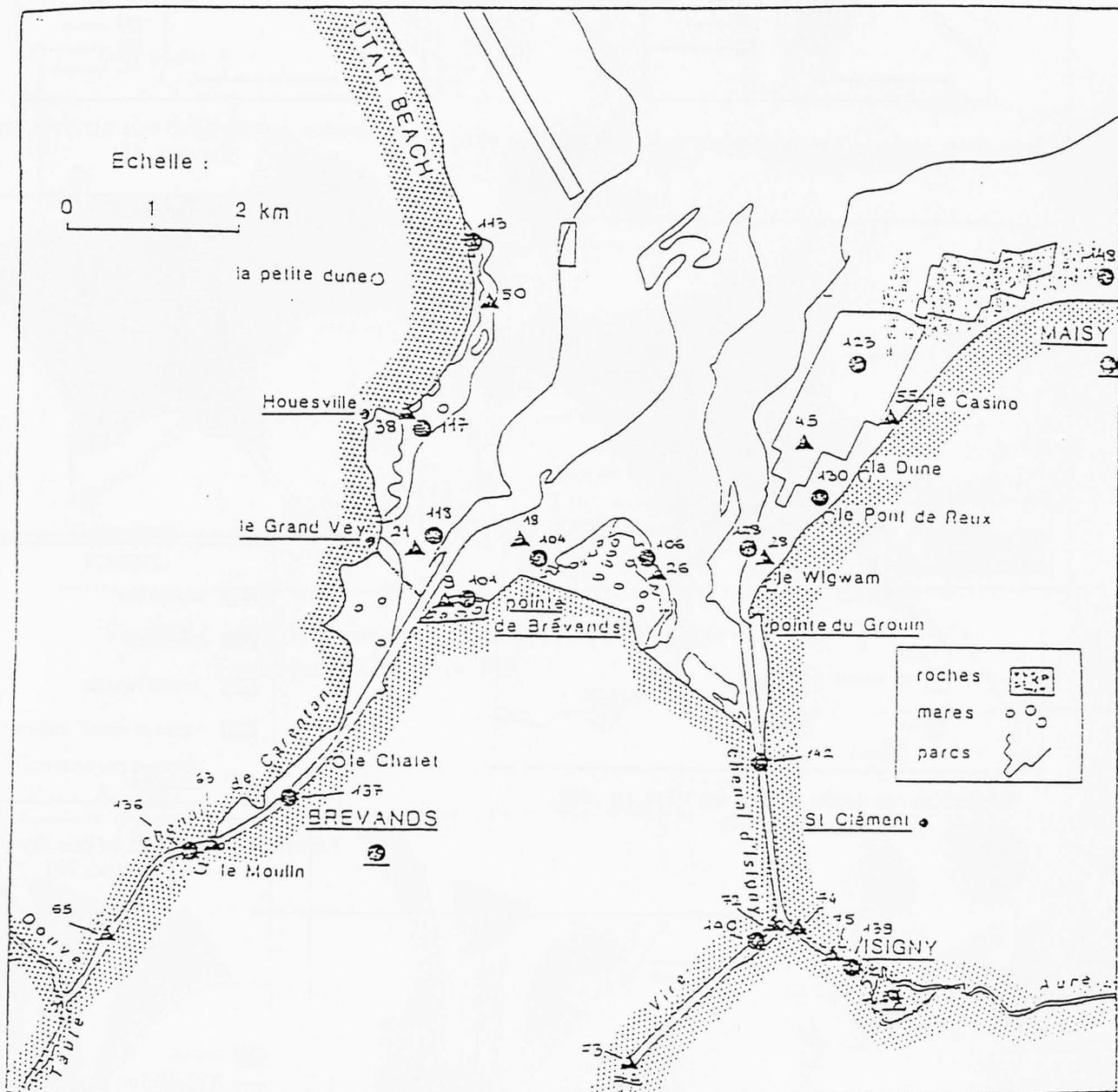


Fig.16: Carte de prélèvements des sédiments en baie des Veys (Dubrulle. 84)
 (▲ étiage 82. ● crue 83)

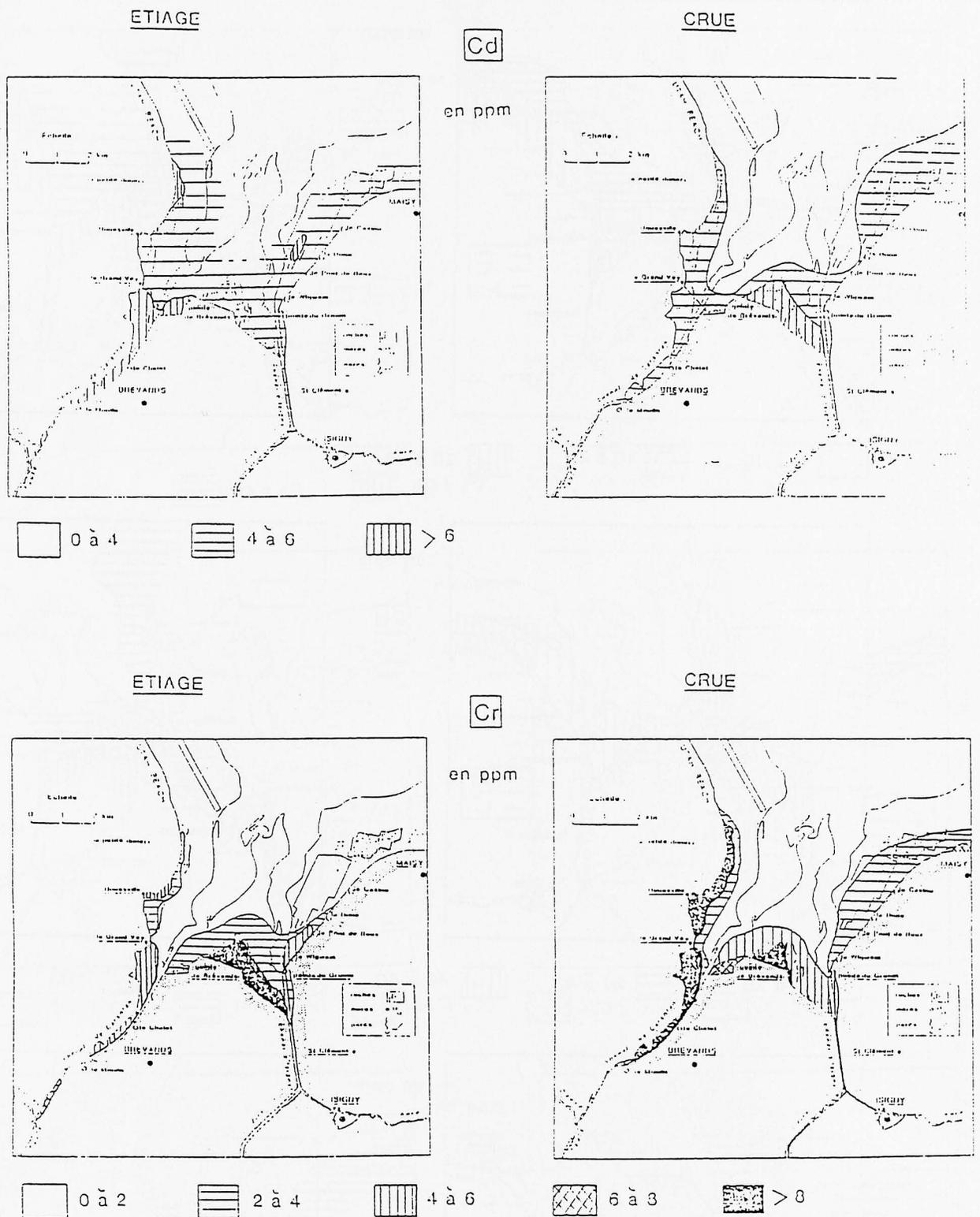


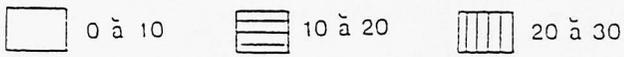
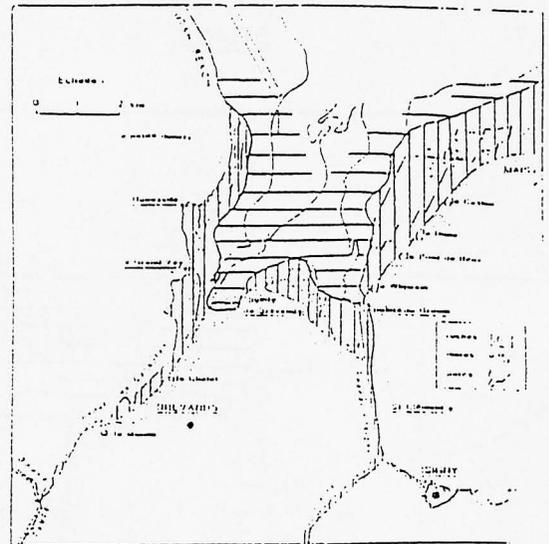
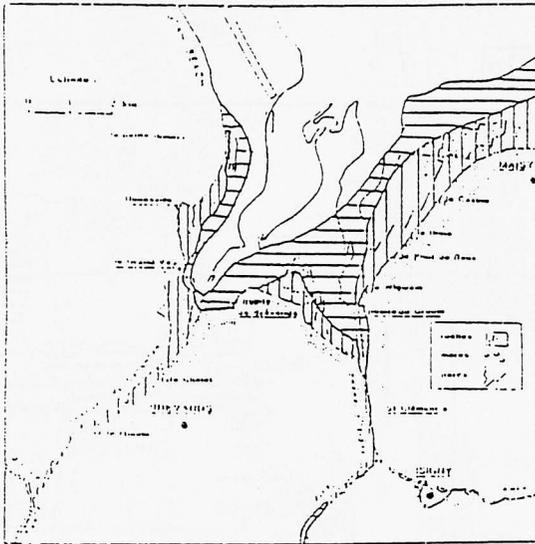
Fig.17: Cartes de répartition des teneurs métalliques dans les sédiments de la baie des Veys, en crue (1982) et en étiage (1983) (Dubrulle, 84)

ETIAGE

CRUE

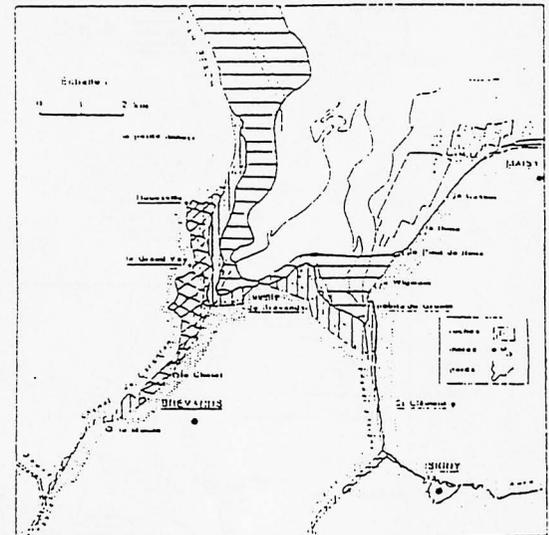
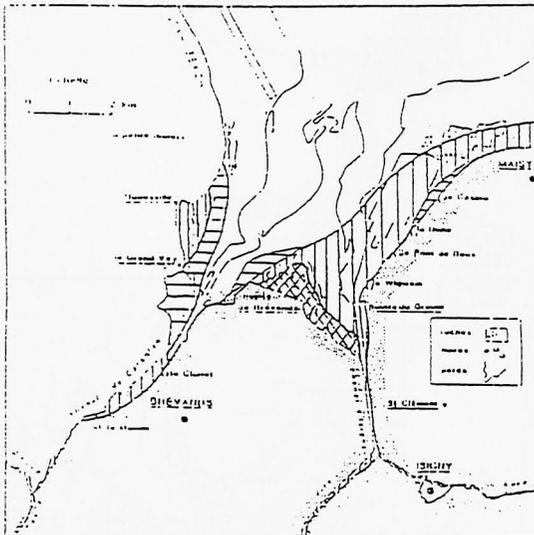
Ni

en ppm



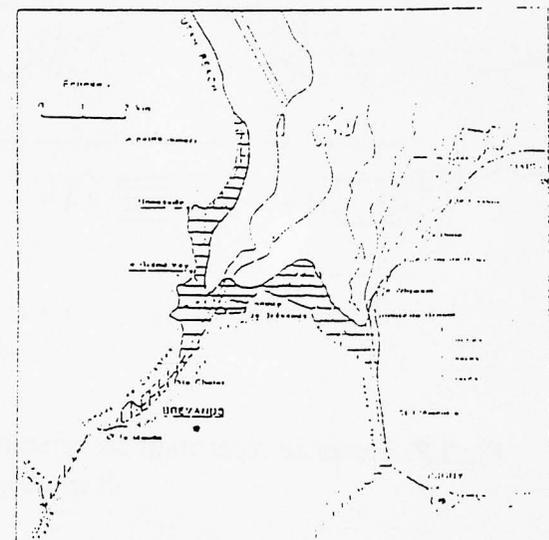
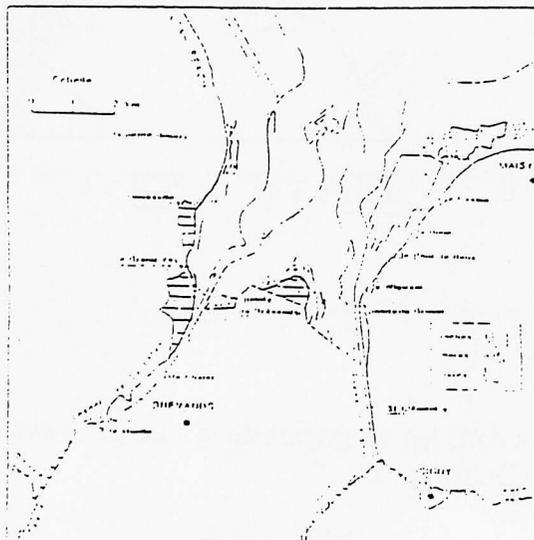
en ppm

Pb



en ppm

Cu

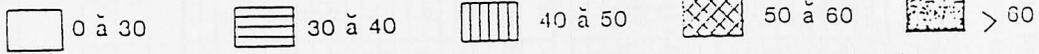
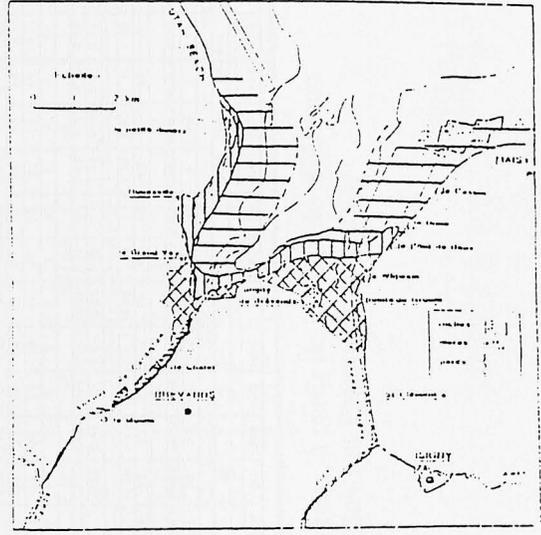
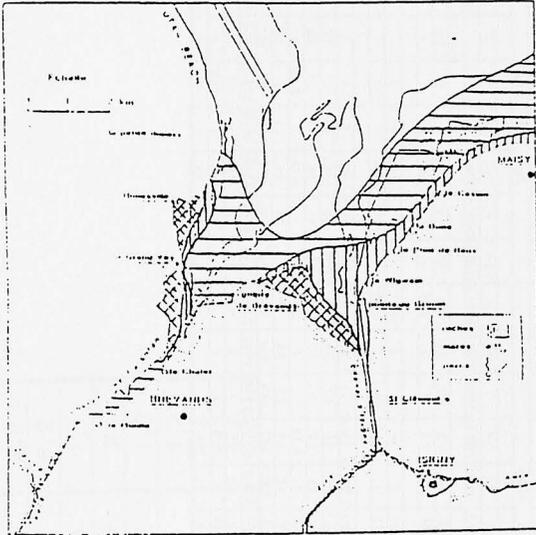


ETIAGE

CRUE

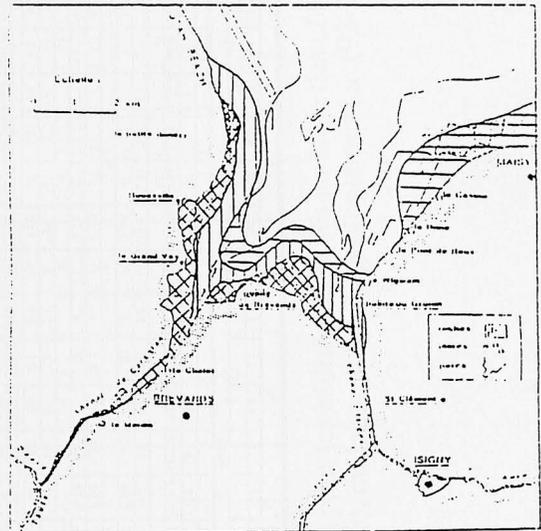
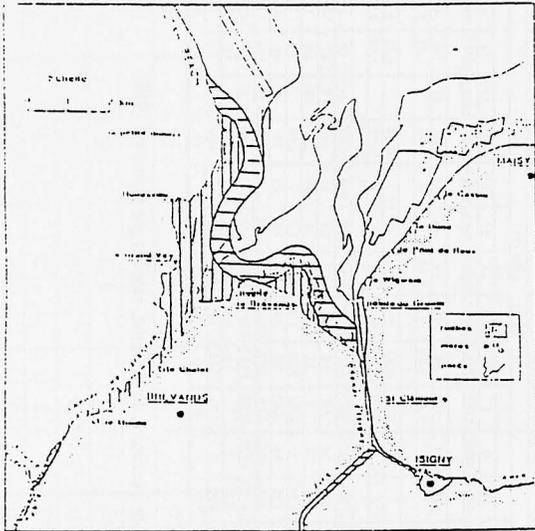
Zn

en ppm



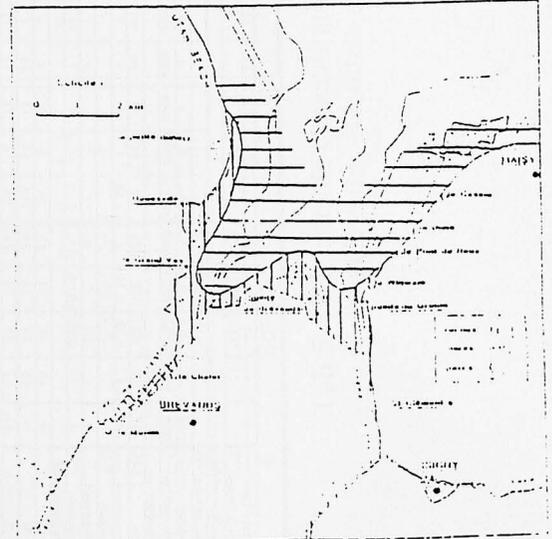
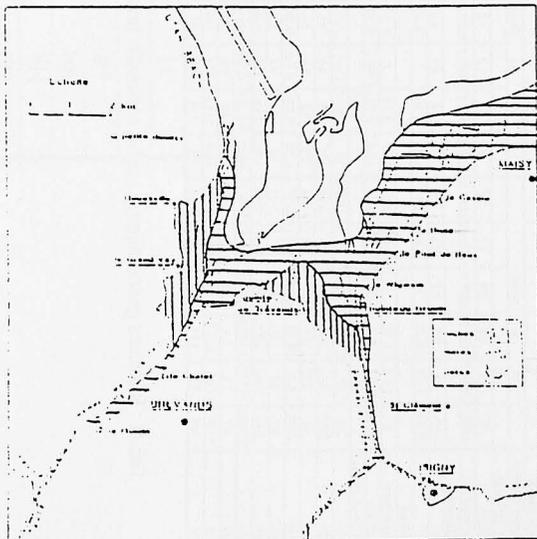
en ppm

Mn



en ppm

FE



Référence 1980	1	4	15	18	19	21	22	24	29	30	32	37	46	47	48	49	50	51	52	53	60	62	63	68	167	173	174	176	177	366	32	37	71	81	84	86	98	122	143	146	434	439							
Labo. de la Hague	Embouchure de la Seine																												Zone du parfond																				
Localisation du matériau	Embouchure de la Seine																												Zone du parfond																				
Granulo. (g/100g)	Embouchure de la Seine																												Zone du parfond																				
F<50µm	13	0	9	8	0	5	0	1	0	0	4	11	3	18	61	29	17	21	0	38	0	0	5	2	33	26	77	12	29	33	4	11	0	10	5	5	16	7	4	7	8	5							
nature du matériau	sable v.	sable	sable v.	sable v.	sable	isable v.	sable	sable	sable	sable	sable v.	sable	sable v.	vase s.	vase s.	sable v.	sable v.	sable	vase s.	sable	sable	isable v.	sable	vase s.	vase s.	vase	sable v.	vase s.	vase s.	vase s.	sable	sable v.	sable	sable v.															
Matière inorganique																																																	
% Carbonates	37	21	38	22	20	24	19	21	30	42	42	48	18	44	35	27	32	35	15	34	25	25	24	27	36	32	41	15	22	30	42	48	19	48	45	40	51	45	43	54	40	50							
% Al	/	/	1,38	1,11	/	1,57	/	/	/	/	1,18	/	2,33	1,55	2,65	/	1,61	/	/	2,24	/	/	/	/	1,77	2,32	/	/	1,36	1,44	1,18	/	0,96	1,34	/	1,18	1,42	1,16	1,09	/	1,08	/	/	/	/	/	/		
Matière organique	/	/	0,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	1,08	1,55	/	0,5	/	/	1,32	/	/	/	/	0,63	1,29	/	/	0,59	0,59	/	/	0,24	0,41	/	0,34	0,44	0,31	0,26	/	0,32	/	/	/	/	/	/		
% Carbone Organique	/	/	0,11	0,06	/	0,11	/	/	/	/	0,11	/	0,34	0,22	0,3	/	0,08	/	/	0,26	/	/	/	/	0,13	0,21	/	/	0,2	0,07	0,11	/	0,08	0,09	/	0,08	0,1	0,09	0,08	/	0,06	/	/	/	/	/			
Mtx lourds (mg/kg Ms)																																																	
Cu	6	10	10	11	65	21	6	7	6	6	6	3	28	8	49	21	12	12	6	23	4	5	5	5	10	24	26	14	12	15	6	3	4	4	6	7	4	5	4	10	9	19							
Zn	71	65	67	68	25	105	33	45	49	7	23	28	200	84	160	90	61	81	35	110	35	43	40	47	80	91	172	59	73	54	23	28	37	33	35	47	48	44	37	20	41	27							
Cr	32	13	23	35	24	54	16	16	17	19	19	21	43	33	81	79	28	48	32	71	14	16	15	18	40	53	81	25	30	21	19	21	16	24	20	18	22	23	21	18	19	19							
Hg	0,14	0,02	0,06	0,1	0,02	0,25	0,01	0,04	0,02	0,02	0,04	0,06	0,82	0,2	0,96	0,28	0,1	/	0,01	0,52	0,03	0,03	0,03	0,07	0,32	0,55	/	/	0,2	0,08	0,04	0,06	0,02	0,05	0,05	0,06	/	0,06	0,06	/	0,06	0,06	/	0,06	/	/	/	/	
Pb	66	32	45	76	38	54	29	27	27	32	30	27	92	37	120	65	37	48	37	69	30	57	19	42	42	83	93	61	48	42	30	27	33	30	27	32	35	43	30	24	24	15							
Mn	211	208	218	216	180	367	123	145	205	247	197	164	395	249	383	288	244	260	170	350	134	232	157	189	233	246	470	140	233	188	197	164	214	148	148	184	197	189	170	58	101	91							
Fe	12000	7000	11200	11500	10700	14200	9600	9200	7000	8000	5700	5200	21600	14200	17600	13000	10000	11200	16000	15800	5700	/	5500	6000	11100	12400	20000	10400	18300	7100	5700	5200	7400	5800	7000	6400	8800	7200	7000	4100	6500	5700							
Ni	18	7	14	15	6	23	6	8	11	12	9	10	32	19	34	25	15	12	8	30	7	7	5	6	16	20	36	3	25	19	9	10	6	10	8	8	8	8	8	9	5	4							
Ti	650	330	600	675	660	995	465	510	495	515	325	455	1105	700	1205	865	530	/	360	1190	230	315	15	380	895	855	/	/	710	180	325	455	295	535	370	380	/	410	410	/	420	/	/	/	/	/			
V	58	20	38	37	17	44	20	25	18	39	35	26	102	97	111	90	68	/	25	89	23	29	23	21	51	55	/	/	61	17	35	26	23	25	22	19	/	46	26	/	18	/	/	/	/	/			

Référence 1980	46	47	48	49	50	257	79	93	94	97	104	106	163	164	170	102	112	113	114	117	148	118	119	147	307	309	313	318	320	323	453	456	457	371	374	381	388	394	406	409	418	420										
Labo. de la Hague	sur le ratiel												au large de Villers						au large Cabourg						Embouchure de l'Orne												Pays de Caux															
DATE DE PRELEVEMENT	sur le ratiel												au large de Villers						au large Cabourg						Embouchure de l'Orne												Pays de Caux															
Granulo. (g/100g)	sur le ratiel												au large de Villers						au large Cabourg						Embouchure de l'Orne												Pays de Caux															
F<50µm	3	18	61	29	17	39	3	37	17	12	11	13	1	34	0	4	16	36	16	25	42	12	17	15	42	75	48	38	84	37	3	22	9	25	7	6	/	18	/	22	3	11										
nature du matériau	sable	sable v.	vase s.	vase s.	sable v.	vase s.	sable	vase s.	sable v.	sable v.	sable v.	sable v.	sable	vase s.	sable	sable	sable v.	vase s.	sable v.	vase s.	vase s.	sable v.	isable v.	sable v.	vase s.	vase	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	sable	sable v.	sable v.	vase s.	sable v.	sable v.	/	sable v.	/	sable v.	sable	sable v.										
Matière inorganique																																																				
% Carbonates	18	44	35	27	32	35	38	36	45	42	38	39	40	33	24	40	38	46	42	49	37	35	40	50	42	39	36	44	18	40	73	64	52	26	22	13	/	21	25	/	28	13										
% Al	2,34	1,55	2,65	/	1,61	3,87	1,01	2,98	/	1,49	1,46	1,47	1,32	/	/	1,16	1,64	/	1,25	/	/	1,61	1,47	1,51	1,98	3,07	/	2,64	/	2,2	/	1,28	/	/	0,95	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
Matière organique	2	1,08	1,55	/	0,5	3,44	0,21	0,89	/	0,47	0,41	0,5	0,22	/	/	0,31	0,52	/	0,33	/	/	0,38	/	0,58	1,56	1,99	/	1,51	/	1	/	/	0,41	/	/	0,65	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,52		
% Carbone Organique	0,34	0,22	0,3	/	0,08	0,37	0,08	0,15	/	0,13	0,1	0,11	0,07	/	/	0,08	0,14	/	0,1	/	/	0,09	/	0,12	0,23	0,29	/	0,21	/	0,14	/	/	0,08	/	/	0,14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,06		
Mtx lourds (mg/kg Ms)																																																				
Cu	28	8	49	21	12	32	4	9	5	9	6	7	4	6	5	5	6	11	5	13	15	6	3	15	29	26	14	15	21	14	5	9	9	16	8	13	5	6	8	15	2	19										
Zn	200	84	160	90	61	236	35	52	40	55	47	48	43	39	36	44	55	81	48	61	47	60	55	67	101	86	72	51	87	56	41	29	77	212	50	83	23	77	32	69	20	74										
Cr	43	33	81	79	28	194	22	35	24	26	24	27	23	41	26	20	32	78	23	30	49	23	28	36	51	63	38	31	59	30	9	20	64	35	31	25	10	34	10	40	13	40										
Hg	0,82	0,2	0,98	0,28	0,1	0,72	0,02	0,08	0,03	0,09	0,09	0,09	0,06	0,04	/	0,05	0,08	0,1	0,06	0,2	/	0,09	/	/	0,23	/	/	0,16	/	0,13	/	/	0,14	/	/	0,03	/	/	0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,02			
Pb	92	37	120	65	37	142	30	35	24	35	36	38	36	125	30	36	39	44	33	43	23	38	40	46	43	15	23	39	17	46	25	25	13	37	25	25	31	31	42	17	35	17										
Mn	395	249	383	288	244	604	178	268	167	186	140	270	208	318	151	175	200	175	175	220	135	186	159	175	196	225	202	136	599	182	473	224	385	99	143	131	86	165	101	116	91	176										
Fe	21600	14200	17600	13000	10000	33000	6200	16000	7700	8400	6600	7200	9800	15700	8700	8400	8400	25000	5900	10000	11500	7700	7700	9400	11500	9700	10700	8400	27500	97780	9900	9600	23000	7300	8700	8300	4500	12500	7600	12300	5300	16500										
Ni	32	19	34	25	15	65	7	26	10	11	9	12	9	22	8	7	13	43	10	18	33	10	11	15	31	30	15	20	50	25	4	6	43	21	10	19	8	17	4	17	4	21										
Ti	1105	700	1205	865	530	1365	410	1155	620	710	550	595	505	895	/	420	570	1260	565	855	/	62																														

FC au large 1980-1982	référence	Cabourg Boust 80	Villers Boust 80	Caux Boust 80	embou. de l'Orne Boust 80	de l'Orne Dubru. 82	e. Seine Boust 80
Cr	parfond 80	1	1	1,5	1,4	0,7	1,9
Cu	parfond 80	0,9	0,9	2,9	1,8	1,2	2,3
Hg	parfond 80	1,7	1,2	4	1,3	1	6,2
Mn	parfond 80	0,9	0,9	0,9	0,6	1,4	1,1
Ni	parfond 80	2	1,1	4,7	2,4	0,8	2
Pb	parfond 80	1	0,9	0,7	0,8	0,7	1,3
Ti	parfond 80	1,1	1,2	0,7	1,5	/	1,2
V	parfond 80	1,1	1,2	1,2	1,1	/	2,2
Zn	parfond 80	1	0,9	2	1,1	1,2	1,9

Tab. 2 : Facteurs de Concentration calculés pour les sédiments situés au large des côtes du Calvados, à partir de la zone de référence du parfond. Résultats de Boust (81) et de Dubrulle (82)

FC au large 1993-1996	référence	pt n°20 RNO 93	B. des Veys RNO 93	arge B. Veys RNO 93	Port en Bessin		Or ne		Div es		embou. de Seine		estu. Seine Géol. M. 94	Pays Caux RNO 93
					RNO 93	Géol.M.96	RNO 93	Géol.M.92	RNO 94	Lilles 95	RNO 93	Géol.M.93		
Cu	Cotentin 93	1,1	2,5	0,9	1,3	5,4	1,7	5,6	1,7	10	2	10,3	13	3,6
Zn	Cotentin 93	1	1,2	1,1	1,4	2,1	1,7	2,1	1,7	2	1,7	3,1	3,5	2,6
Hg	Cotentin 93	2,2	2,2	1,1	1,9	2,2	2,9	/	3,3	/	4,4	/	/	8,9
Pb	Cotentin 93	1,4	1,1	1,1	1,7	0,4	2,1	2,3	1,4	1,6	1,5	3	2,9	2,7
Mn	Cotentin 93	1	1	1,3	1,9	/	1,7	/	1,2	/	1,4	0,7	0,9	0,9
Cd	Cotentin 93	1,4	1,8	1	1,6	/	1,8	1,6	2,8	2,8	2,8	/	/	2,8
li	Cotentin 93	1,2	1,6	1,4	2	/	1,7	/	1,6	/	1,3	/	/	1,9

Tab.5 : Facteurs de Concentration calculés pour les sédiments situés au large des côtes du Calvados, à partir de la zone de référence du Cotentin. Résultats du RNO (93), du laboratoire de géologie marine (92-96), et de l'Institut Pasteur de Lille (95)

Référence 1993	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	34	36	38	39	40	41	43	94	95	96	97	98	99		
DATE DE PRELEVEMENT	Pays		Caux		Embou chure de la Seine																au large du Coten tin				large b.Veys		au large du Bessin		Emb. do l'Orne		large Dives		Bessin		dans la baie des Veys							
%<63 um	18.4	27.6	6.1	29.4	18.6	10.7	2.6	19.2	19.2	2.5	sable v.	sable v.	3.5	2.6	2.1	4.2	19.2	13.6	25.6	11.9	13.4	8.5	7.4	3.4	6.8	3.7	1.8	3.2	1.6	10.3	3.5	26.7	13.6	3.8	31.7	15.4	14.4	24.6	81.7	80.7		
nature du matériau	sable v.	vase s.	sable v.	vase s.	sable v.	sable v.	sable v.	sable v.	sable v.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	sable v.	sable v.	sable v.	sable v.	sable v.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	sable v.	sable v.	vase s.	sable v.													
COP (g/kg de MS)	8.6	9.3	4.1	10.2	4.1	6	2.1	5.2	7.4	2.9	4.4	4.8	3.2	3.6	4.2	3.8	6.7	4.6	8.7	4.1	4.2	3.2	3.2	2.9	4.4	1.9	2.6	2.2	2.5	5.1	2.8	4.8	5.8	3.8	9.8	6.3	4.9	8.8	24.2	19.8		
% H2O	74.09	67.11	74.85	61.56	75.32	72.26	74.64	70.78	72.74	74.82	76.52	74.88	75.77	72.47	73.92	76.67	71.79	74.94	70.71	74.61	72.45	76.97	75.46	76.36	79.51	79.07	77.56	78	76.48	72.88	79.76	70.78	71.3	80.06	56.66	72.64	65.44	65.05	32.32	34.25		
% Carbonates	15.2	14	13.7	15.1	14.9	21.4	16.5	16.9	17	14.8	14.2	26.2	25	27	25.2	31.4	18.7	21.2	18.6	20	20.5	20.7	18.8	24.3	26.2	25.6	28.5	18.2	25.7	27.7	41	12.8	20	26.1	18.4	17.8	21.5	14.9	15.5	19.8		
PCB (ug/kg MS)																																										
n°28	1.3	1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°31	1.2	1.5	1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°35	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°52	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
n°101	2.5	2.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°105	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°118	2.1	1.4	1	1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°138	4.2	2.2	1.6	3.7	1	1.2	1.2	3.7	3.1	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°153	2.3	3.7	1	2.7	1.2	1.3	1	2.2	2.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°156	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
n°180	2.6	1.7	1	2.4	1	1	1	1.9	2.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
alpha HCH	1	1	2.6	1	1	1	6.4	1	1.3	1.8	1.4	1	1	1	1.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
gamma HCH	1	1	1.3	1.3	1	1	1	1	1.2	1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
DDE	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DDD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DDT	1	1.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HPA (ug/kg MS)																																										
fluoranthène	320	233	10	140	78.5	42.5	334	66.8	143	10	10	14.7	42.7	10	10	16	23.7	10	43.5	10	44	18.2	15.6	10	17	34.9	71.6	34.9	11	28.1	10	26	38.5	43.1	35.6	16.4	36.5	43.2	178	157		
benzo(b) fluoranthène	142	156	28	87.2	68.2	36.4	110	36.3	98.7	10	10	11.2	10	10	10	10	12.8	10	14.1	10	10	10	10	10	13.1	10	45.6	10	10	15.6	10	24	25.8	10	28	10	26.3	31.3	100	100		
benzo(k) fluoranthène	58	60.4	10	35.4	28.2	13.3	46.3	13.6	43.6	10	10	14.3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	22.1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
benzo(a) pyrène	114	116	17	6.6	5.4	20.8	66.8	27.6	81.8	10	10	24.3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	42.4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
benzo(ghi) peryène	214	173	30	11.2	9.3	45.2	121	52.5	131	10	10	48	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	64.8	20	21.6	20	25	21.6	20	32.8	20	36	41	124	112		
indéno(1,2,3-cd) pyrène	105	90.4	20	55.4	35	21.3	67.4	20	61.2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	24.3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Mtx lourds (mg/kg Ms)																																										
Cu	5.9	8.3	3.1	13	6.1	4.1	2.1	9.2	8.8	1.8	2.7	2.9	1.7	1.8	1.9	1.7	2.7	1.9	4.1	2.1	1.9	2.4	1.5	2.2	2.3	1.3	1.5	1.7	1.6	3.3	2.8	4.4	3.5	1.7	6	6.8	3.5	4.9	15	13		
Zn	61	68	31	70	53	41	35	55	58	20	27	29	17	31	28	17	27	17	39	27	24	29	19	25	26	16	15	19	18	35	28	40	46	21	33	32	23	35	69	67		
Cd	0.38	0.49	0.12	0.55	0.66	0.18	0.29	0.47	0.66	0.1	0.12	0.22	0.1	0.11	0.14	0.1	0.14	0.12	0.19	0.17	0.24	0.12	0.11	0.1	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.21	0.11	0.33	0.39	0.103	0.215	0.22	0.19	0.22	0.44	0.46		
Pb	28	38	23	40	26	27	16	28	31	18	17	16	15	17	17	12	16	12	16	14	11	15	11	13	13	12	13	12	15	20	18	18	20	15	17	14	13	19	33	26		
Hg	0.12	0.14	0.042	0.23	0.13	0.057	0.035	0.098	0.13	0.015	0.023	0.044	0.016	0.018	0.019	0.019	0.02	0.012	0.03	0.021	0.011	0.014	0.015	0.016	0.032	0.01	0.011	0.01	0.017	0.042	0.03	0.054	0.054	0.021	0.035	0.026	0.022	0.046	0.099	0.086		
Al	12900	17600	10300	16300	14800	12400	13200	17000	15100	11800	12000	14400	10200	12400	11700	10500	18200	15800	22200	17200	16000	16700	13500	13800	11500	7580	8500	9050	9500	12600	9690	17200	16000	10000	19700	19200	16400	21300	27900	27500		
Fe	11800	13900	7200	12000	9970	7590	9230	11000	11900	7040	7990	6500	5590	5860	7240	5240	7300	7040	10000	7800	6930	11900	5780	7160	7760	6310	7000	6030	8140	7910	9230	9950	8560	6210	9400	9500	8210	10900	16400	15500		
Mn	186	229	143	215	268	270	258	329	258	191	458	229	258	215	300	172	272	286	275	269	248	277	202	286	256	284	261	256	275	256	287	313	298	274	311	308	295	286	383	450		
Li	4.1	4.8	2.9	6.5	3.2	3	2.5	4	3.6	2.8	2.7	2.6	2.4	2.5	2.6	2.2	3.2	2.7	3.6	2.7	2.6	2.9	2.4	4	3.8	2.7	3.5	2.8	2.7	3.2	3.2	5.3	3.7	3.1	5.6	5.3	4	5.2	9	8.8		

Tab.3: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments de la baie de Seine, campagne RNO 1993 (sur partie inférieure à 2mm)

Labo. d'analyse			Laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen																									
Références 1993	coordonnées		Date	Heure	prof. (m)	%lines <63µm	CaCO3 %>50m	erte Fe %<50m	Cr ppm	Zn ppm	Sr ppm	Ni ppm	Cu ppm	Pb ppm	Cd ppm	Mn ppm	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	TiO2 %	MgO %	CaO %	K2O %	Na2O %	CO %	NO %	C/N	%AlO 1.8MO
266. S.V	49° 21' 212 N	00° 01' 732 W	22/11/93	10h35	10	20.30	46	19	75	118	390	34	31	72	3	362	51	6	3	0.60	1.33	16	1.42	1.17	0.33	0.02	17	0.59
271. Sablon	49° 24' 137	00° 01' 695 W	*	11h15	12	0.80	48	21	100	174	405	52	55	116	4	536	45	7	4	0.55	1.42	17	1.49	0.80	0.21	0.01	21	0.38
276. S.F	49° 27' 070	00° 01' 805 W	*	11h55	13	1.28	28	26	140	268	445	61	64	172	4	870	36	8	5	0.59	1.81	16	1.74	1.45	0.20	0.01	20	0.36
281. S.F	49° 30' 097	00° 01' 702 W	*	12h35	20	4.35	30	22	135	224	410	63	62	141	3	539	42	10	5	0.63	1.71	14	1.91	0.97	0.28	0.02	14	0.50
284. S.F	49° 30' 438	00° 00' 641 W	*	12h52	15	5.54	25	26	135	250	470	64	59	177	4	456	37	8	5	0.57	1.72	17	1.72	1.24	0.46	0.03	15	0.83
288. V.S	49° 27' 933	00° 00' 473 W	*	14h30	19	28.45	40	20	115	177	425	47	54	101	4	336	45	7	4	0.56	1.35	17	1.43	0.94	1.07	0.10	11	1.93
293. S.F	49° 24' 806	00° 00' 575 W	*	15h22	13	2.92	27	22	130	216	440	61	70	122	5	999	43	7	4	0.65	1.52	17	1.52	1.07	0.17	0.01	17	0.31
298. S.V	49° 24' 799	00° 00' 600 W	*	16h12	12	27.08	37	21	105	163	415	48	48	95	3	388	46	7	3	0.54	1.34	17	1.45	0.72	0.87	0.06	15	1.57
302. S.V	49° 22' 189	00° 00' 053 E	23/11/93	10h20	10	12.15	/	18	65	111	450	32	32	60	3	320	52	6	2	0.60	1.19	17	1.30	0.83	0.29	0.01	29	0.52
304. Sablon	49° 23' 137	00° 00' 074 E	*	10h32	10	5.70	30	21	105	170	415	52	60	103	4	440	44	7	3	0.61	1.41	17	1.46	0.91	0.21	0.01	21	0.38
313. V.S	49° 27' 684	00° 00' 040 E	*	11h32	17	70.69	49	18	70	136	395	36	42	88	4	336	50	6	3	0.50	1.21	17	1.34	0.97	1.30	0.10	13	2.34
319. V.S	49° 29' 144	00° 00' 836 E	*	12h15	18	33.00	25	23	140	202	435	56	62	110	4	331	41	7	4	0.64	1.56	17	1.59	1.21	1.14	0.09	13	2.05
322. V.S	49° 27' 733	00° 00' 813 E	*	12h36	16	66.54	39	21	95	157	420	51	49	91	3	352	46	6	3	0.58	1.46	17	1.42	1.57	1.43	0.13	11	2.57
323. Vase	49° 27' 171	00° 00' 866 E	*	12h43	15	82.11	48	17	80	99	250	29	33	73	3	268	54	5	2	0.53	1.11	16	1.29	0.96	1.38	0.10	14	2.48
324. V.S	49° 26' 665	00° 00' 844 E	*	12h47	13	36.95	/	22	135	225	430	51	63	113	4	370	41	8	5	0.64	1.59	17	1.64	0.74	1.32	0.14	9	2.38
326. Vase	49° 25' 648	00° 00' 846 E	*	13h45	9	83.56	47	22	90	165	370	39	52	104	4	387	46	6	3	0.60	1.47	16	1.43	2.34	1.82	0.17	11	3.28
333. V.S	49° 22' 180	00° 00' 858 E	*	14h32	9	36.55	/	18	70	113	385	21	39	68	3	390	52	6	3	0.56	1.23	17	1.36	0.90	0.83	0.07	12	1.49
336. Vase	49° 24' 500	00° 01' 098 E	24/11/93	11h28	9	80.26	/	19	95	164	400	36	43	81	3	420	48	6	3	0.52	1.32	17	1.40	0.92	1.93	0.18	11	3.47
338. S.V	49° 28' 420	00° 02' 043 E	*	12h25	14	23.20	/	22	130	198	425	44	59	107	5	360	42	7	4	0.67	1.43	18	1.52	0.62	0.74	0.07	11	1.33
340. Sablon	49° 27' 492	00° 02' 721 E	*	13h15	6	5.73	26	22	120	222	405	46	81	111	4	354	44	7	4	0.64	1.38	17	1.43	0.82	0.28	0.01	28	0.50
341. V.S	49° 25' 310	00° 02' 705 E	*	13h50	6	58.73	41	17	60	133	350	35	41	82	3	294	52	5	3	0.75	1.26	16	1.31	0.93	0.75	0.05	15	1.35
345. V.S	49° 23' 026	00° 04' 034 E	25/11/93	13h05	6	31.65	/	18	75	91	360	34	33	54	3	340	49	6	3	0.52	1.26	17	1.51	0.84	0.49	0.03	16	0.88
347. V.S	49° 24' 494	00° 05' 165 E	*	13h25	6	51.97	43	15	60	91	365	30	25	56	3	310	57	5	2	0.52	1.07	15	1.25	0.95	0.68	0.03	23	1.22
348. V.S	49° 24' 613	00° 04' 286 E	*	13h32	5	50.27	31	19	110	152	390	51	48	84	4	374	49	6	3	0.65	1.33	16	1.40	0.97	0.76	0.05	15	1.37
349. V.S	49° 24' 600	00° 03' 587 E	*	13h36	6	42.75	33	22	95	144	375	45	45	86	3	412	47	6	3	0.76	1.49	15	1.37	2.75	0.79	0.07	11	1.42
350. S.V	49° 26' 550	00° 03' 703 E	*	14h13	8	27.18	38	19	100	167	375	48	55	85	3	397	50	6	3	0.64	1.32	16	1.38	0.89	1.09	0.07	16	1.96
352. S.V	49° 27' 314	00° 04' 201 E	*	14h43	5	18.01	19	21	105	177	395	45	72	98	3	366	46	6	3	0.65	1.34	16	1.40	1.04	0.34	0.02	17	0.61
353. V.S	49° 28' 621	00° 03' 587 E	*	15h00	9	40.47	/	22	120	188	425	44	57	102	4	440	42	7	4	0.65	1.47	18	1.51	0.71	1.27	0.11	12	2.29
355. S.V	49° 27' 510	00° 05' 086 E	*	15h30	6	7.47	20	24	135	225	410	57	85	124	5	363	40	7	4	0.61	1.55	17	1.51	1.38	0.15	0.01	15	0.27

Tab.6: Résultats géochimiques sur les sédiments de la baie de Seine relevés par le laboratoire de géologie marine de Caen, campagne sédibae 1993 (sur partie inférieure à 63µm)

Labo. d'analyse		Laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen																					
Référence 1994	coordonnées		lignes <63µm	CO %	NO %	C/N	SiO2 %	Al %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	K2O %	Na2O %	TiO2 %	Cr ppm	Zn ppm	Sr ppm	Ni ppm	Cu ppm	Pb ppm	Cd ppm	Mn ppm	
	latitude	longitude																					
Emb. Seine																							
HT356	VS	49° 21' 295 N	00° 01' 835 W	26,73	0,48	0,04	12	50,53	2,96	2,61	1,24	16,56	1,36	0,95	0,56	70	118	405	32	32	80	2	277
HT358	VS	49° 23' 501 N	00° 01' 663 W	39,20	0,78	0,06	13	48,66	3,36	2,84	1,36	17,88	1,33	0,74	0,62	95	134	400	39	40	62	3	370
HT362	SF	49° 28' 290 N	00° 01' 730 W	4,02	0,33	0,03	11	35,52	4,5	5,55	1,81	15,24	1,75	1,5	0,57	135	230	455	50	54	185	3	495
HT365	SV	49° 29' 857 N	00° 01' 130 W	8,70	0,46	0,03	15	39,14	4,25	4,03	1,67	19,38	1,59	0,68	0,59	115	181	440	49	53	96	3	450
HT366	SV	49° 29' 306 N	00° 00' 693 W	11,60	0,61	0,05	12	38,98	4,22	4,07	1,55	18,76	1,67	0,53	0,59	135	190	465	49	55	95	3	290
HT367	SF	49° 28' 640 N	00° 00' 090 E	2,55	0,36	0,04	9	37,16	4,41	5,06	1,67	16,24	1,63	0,94	0,56	135	220	450	45	60	180	3	490
HT369	SV	49° 27' 680 N	00° 00' 040 E	8,20	0,33	0,03	11	41,79	3,7	4,32	1,55	16,83	1,53	1,45	0,52	100	150	440	37	45	105	4	295
HT374	VS	49° 24' 180 N	00° 00' 070 E	56,40	0,67	0,04	17	54,13	2,58	2,12	1,12	16,56	1,3	0,77	0,5	55	101	385	25	33	59	3	300
HT376	VS	49° 22' 190 N	00° 00' 050 E	42,00	0,87	0,05	17	55,13	2,69	2,24	1,08	15,72	1,32	0,85	0,61	55	113	380	29	39	61	3	300
HT378	V	49° 22' 180 N	00° 00' 840 E	84,30	0,7	0,06	12	51,22	2,75	2,27	1,19	17,65	1,34	0,77	0,53	55	94	380	23	31	52	3	320
HT379	SV	49° 23' 223 N	00° 00' 837 E	25,05	0,34	0,03	11	54,28	2,83	2,28	1,17	16,31	1,36	0,87	0,53	55	105	375	25	40	47	2	370
HT382	SV	49° 25' 184 N	00° 00' 783 E	16,65	0,33	0,03	11	45,73	3,45	3,22	1,37	17,58	1,5	0,65	0,55	90	163	410	34	53	79	3	490
HT383	V	49° 25' 576 N	00° 00' 883 E	92,80	2,85	0,38	8	48,29	3,38	3,2	1,29	16,51	1,45	0,8	0,59	90	178	380	43	60	76	3	460
HT386	SV	49° 27' 192 N	00° 00' 865 E	16,30	0,6	0,1	6	40,4	4,26	4,16	1,53	17,97	1,55	0,55	0,62	125	201	420	48	58	92	4	430
HT387	V	49°27' 765 N	00° 00' 850 E	90,35	2,22	0,24	9	48,1	3,07	2,91	1,26	17,51	1,39	0,83	0,52	75	168	415	39	56	61	3	370
HT388	V	49° 28' 179 N	00° 00' 762 E	89,22	2,53	0,22	12	42,72	4,05	3,83	1,52	17,21	1,57	0,72	0,56	110	230	420	46	61	88	4	460
HT390	SV	49° 28' 415 N	00° 02' 126 E	24,45	0,99	0,13	8	43,28	3,73	3,63	1,48	17,15	1,57	1,19	0,7	115	194	425	44	54	99	4	380
HT392	VS	49° 27' 320 N	00° 02' 115 E	81,40	2,28	0,24	10	48,01	3,43	3,06	1,32	18,41	1,35	0,63	0,49	110	177	415	41	61	73	4	470
HT394	SV	49° 26' 040 N	00° 02' 022 E	40,65	0,55	0,03	18	51,86	3,16	2,76	1,26	15,75	1,33	0,77	0,69	85	181	355	40	49	64	4	380
HT395	V	49° 25' 212 N	00° 02' 060 E	94,10	2,73	0,25	11	40,45	4,14	4,17	1,58	16,79	1,58	0,93	0,6	120	247	405	52	84	95	5	540
HT408	VS	49° 24' 491 N	00° 05' 190 E	75,50	1,96	0,15	13	41,79	3,97	4,06	1,55	17,03	1,52	1,07	0,56	120	227	410	60	74	94	5	560
HT411	SV	49° 24' 600 N	00° 04' 280 E	13,50	0,2	0,01	20	60,75	2,24	1,4	0,97	14,97	1,22	0,89	0,53	55	64	320	19	19	38	2	320
HT412	VS	49° 24' 613 N	00° 03' 482 E	48,90	1,57	0,18	9	44,92	3,8	3,7	1,45	17,27	1,46	0,67	0,6	115	204	395	34	69	89	3	480
HT417	SV	49° 24' 512 N	00° 01' 990 E	29,80	0,61	0,06	10	47,55	3,21	2,99	1,33	16,53	1,45	0,73	0,59	100	168	380	35	49	72	3	380
HT418	VS	49° 24' 909 N	00° 02' 731 E	42,60	0,84	0,07	12	50,68	2,93	2,7	1,25	16,39	1,34	0,74	0,7	75	143	355	35	47	66	3	420
HT421	VS	49° 24' 821 N	00° 02' 847 E	63,30	0,97	0,14	7	55,81	2,79	2,25	1,21	16,55	1,26	0,95	0,59	80	109	405	37	33	74	5	390
HT426	VS	49° 27' 012 N	00° 04' 460 E	66,35	1,6	0,12	13	47,98	3,26	3	1,35	16,7	1,39	0,73	0,59	100	183	365	36	52	77	3	470
estuaire Seine																							
HT400	VS	49° 24' 800 N	00° 08' 361 E	52,70	1,06	0,08	13	47,92	3,64	3,29	1,34	16,67	1,43	0,69	0,62	100	161	425	39	66	75	4	480
HT401	VS	49° 24' 977 N	00° 07' 548 E	78,35	1,62	0,16	10	50,86	3,2	2,78	1,32	16,28	1,35	1,2	0,61	90	147	395	37	55	58	4	440
HT403	VS	49° 24' 965 N	00° 06' 802 E	77,50	1,39	0,1	14	54,18	2,84	2,36	1,22	15,88	1,31	0,86	0,56	60	119	355	27	39	61	4	430
HT407	SV	49° 24' 992 N	00° 05' 996 E	25,75	0,95	0,05	19	48,77	3,31	2,93	1,27	16,71	1,36	0,83	0,66	95	167	390	41	71	73	4	490
HT432	VS	49° 27' 296 N	00° 05' 998 E	43,00	1,71	0,14	12	44,96	3,56	3,4	1,43	16,71	1,47	0,85	0,62	105	200	385	45	64	77	4	420
HT434	V	49° 27' 691 N	00° 06' 795 E	95,15	2,16	0,24	9	46,25	3,37	3,26	1,37	18,48	1,4	0,71	0,57	90	162	400	39	53	85	4	490
HT437	V	49° 27' 581 N	00° 08' 843 E	93,65	3,04	0,27	11	43,32	3,7	3,57	0,95	11,02	1,57	0,91	0,64	120	200	395	42	66	89	4	430
HT447	VS	49° 25' 867 N	00° 15' 413 E	50,80	2,33	0,23	10	44,42	3,72	3,74	1,45	17,17	1,43	0,91	0,59	120	213	380	53	70	107	4	560
HT448	VS	49° 25' 879 N	00° 13' 702 E	65,80	2,47	0,15	16	40,96	4	4,41	1,48	18,16	1,47	0,49	0,53	120	303	385	51	97	112	6	720
HT451	VS	49° 26' 073 N	00° 09' 280 E	68,80	2	0,15	13	48,08	3,53	3,42	1,29	17,31	1,42	0,63	0,55	85	214	370	43	64	83	4	570

Tab. 7: Résultats géochimiques sur les sédiments de la baie et de l'estuaire de la Seine relevés par le laboratoire de géologie marine de Caen, campagne sédibaie 1994 (sur partie inférieure à 63µm)

Laboratoire de radioécologie marine de la Hague															
REFER ENCES CRUE 1983.															
	101	104	106	113	117	118	123*	128	130*	136	137	139	140	142	148
Mtx lourds (mg/kg Ms)															
Cu	7	2	8,5	7,9	8	3	4,5	4,5	5	10	10	53	8	87	4,5
Zn	51	25	56	56	47	32	37	56	35	51	63	162	53	49	40
Cd	4	2,5	5	4,5	3	4,5	4	4	4,5	3	3	4	3	4,5	4
Cr	7	5	5	10	10	2	2	2	2	7	10	11	7	10	7
Pb	55	20	40	48	60	65	15	25	20	48	65	100	40	60	30
Ni	18	20	22	26	23	26	26	22	20	18	27	22	17	23	29
Mn	226	152	198	270	228	200	149	128	136	245	228	232	218	190	140
Fe	4900	3000	5500	5900	5000	3000	3400	3700	3400	5900	6600	8900	5300	5000	3800
% Fines (<50µm)	50	31,8	67,3	70,2	78,2	20,5	15,4	54,8	51,3	66,4	79	93,4	71,4	46,9	28,2
nature du matériau	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase	sable v.	sable v.	vase s.	vase s.	vase s.	vase	vase	vase s.	vase s.	vase s.
REFER ENCES ETIAGE 1982.															
	9	18	21	26	28	38	45*	50	55*	63	65	72	73	74	75
Mtx lourds (mg/kg Ms)															
Cu	2	3	3	4,5	4	6	2	3	4,5	3,5	5	3	12	7	11
Zn	32	35	32	49	44	58	37	23	42	30	37	35	68	51	58
Cd	5	4	3	3	14	4,5	6,5	5,5	4,5	5	5	4,5	4	4,5	6,5
Cr	4	4	2	10	5	7	2	2	2	2	7	2	2	2	10
Pb	20	30	30	60	40	45	48	20	30	45	60	48	75	60	70
Ni	20	22	7	17	26	22	23	14	29	22	/	23	18	29	27
Mn	194	130	172	148	118	163	124	163	131	186	204	149	122	194	238
Fe	3400	3500	4100	4100	3500	4800	3200	1800	3800	2900	3400	3400	4600	4900	5500
% Fines (<50µm)	10,6	5,1	29,5	24,4	22,8	56,6	9,2	5,7	11,6	6,4	9,7	9,2	28,5	46,8	79,6
nature du matériau	sable v.	sable v.	vase s.	sable v.	sable v.	vase s.	sable v.	vase s.	vase s.	vase					

Tab.8: Résultats géochimiques sur les sédiments bruts de la baie des Veys, relevés par Dubrulle en 1982 et 1983

II LES SEDIMENTS DANS LES PORTS DU LITTORAL CALVADOSSIEU

1) GRANDCAMP

Le port de Grandcamp se situe dans la partie occidentale de la baie de Seine, à l'entrée Nord-Est de la baie des Veys (Fig.18).

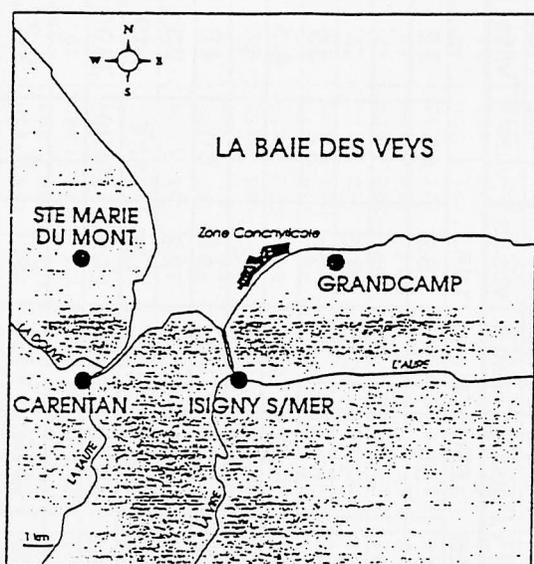


Fig.18: Le port de Grandcamp

Au large des côtes de Grandcamp, les courants marins sont parallèles au littoral, et le flot opposé et inférieur au jusant, induit un faible transit sédimentaire orienté vers l'Est. Au delà des roches-de-Grandcamp et dans la baie des Veys, le transit est orienté à l'Ouest.

Cette région connaît un développement touristique en relation avec l'exploitation des ressources marines de son estran, riche en faune et en flore (Fig.19). A l'entrée de la baie des Veys et à l'ouest de Grandcamp, se trouve la plus grande zone de production de moules (400 Tonnes/an) et d'huîtres creuses (10 000T/an) de la Normandie (Affaires Maritimes, 96). Quelques gisements naturels de moules sur les roches de Grandcamp, attirent les amateurs de la pêche à pied. Au delà du port, jusqu'à Ste Honorine des Pertes, il n'y a aucun gisement de coquillages.

Il existe un suivi régulier de la salubrité de ce milieu. Les coquillages sont placés sous la surveillance du RNO et les eaux de baignade, comme pour toutes les plages du littoral, sont surveillées par la DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales). Entre 1990 et 1994, le classement de la plage de Grandcamp était en C ou D (Affaires Maritimes, 96). La mauvaise qualité de ces eaux (annexe 2) serait liée au rejet localisé dans le chenal d'accès du port (Fig.20), qui présente une qualité sanitaire insatisfaisante.

Pour assurer la viabilité des ports du littoral, des dragages réguliers sont effectués avec l'autorisation de la DDE, qui au préalable a procédé à une étude d'impact des matériaux dragués. L'époque et le site de rejet sont choisis dans le but de limiter le retour de ces matériaux vers les plages et les coquillages. Le point de rejet est localisé à environ 2000 nautiques au NE de l'entrée du port de Grandcamp, sur l'estran (Fig.21) car les courants marins sont d'Ouest et favorisent la dispersion du nuage turbide formé.

Les métaux traces

En 1990, la Direction des Ports et de la Navigation Maritime crée le GEODE (Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement), pour contrôler à l'échelle nationale, les rejets portuaires en mer. Ce groupe de travail a établi en 1993 un premier bilan sur la qualité des sédiments de dragage, pour lesquels il a fixé des niveaux de référence provisoires en métaux lourds et en PCB (annexe 3).

Les teneurs en métaux traces des vases prélevées dans le port de Grandcamp (Fig.22) ne dépassent pas les limites (N2) imposées par le GEODE, sauf en février 96 pour le Cu avec 130 µg/kg (Tab. 9). Les concentrations de cet élément ont tendance à être plus élevées que la moyenne nationale, depuis 1988. Cette particularité pourrait s'expliquer par l'utilisation des peintures anti-salissures à base de Cu, après l'interdiction du TBT (tributylétain) en 1985 (Claisse *et al.*, 93).

Bien quelles soient proches, les différences entre les granulométries des vases portuaires entraînent quelques variations dans les teneurs métalliques mesurées. En normalisant ces teneurs à Al, de la même façon que pour les mesures du RNO (chap.1, parag.2), nous pouvons corriger ces erreurs. Le calcul des FC effectué à la suite (Tab.40), souligne l'important enrichissement en Cu des vases portuaires. Les apports en Zn, Ni, Cd et Hg ne semblent pas négligeables non plus. Le milieu portuaire est soumis à de nombreux rejets continentaux qui

sont cités précédemment, mais l'estimation des apports métalliques qui vient d'être faite reste à confirmer par des analyses plus spécifiques pour chaque métal contaminant.

Les PCB

Les teneurs en PCB (<1 à 24,1 µg/kg) restent inférieures aux normes maximales (1000 µg/kg) imposées par le GEODE. Toutefois, Marchand (89) dans son étude des PCB sur le littoral français, considère que les sédiments estuariens ayant une concentration en PCB supérieure à 0,5 ng/g sont contaminés. Pour exemple, il situe l'estuaire de la Seine avec des teneurs comprises entre 5 et 50 µg/kg, parmi les régions les plus polluées de France. Ce qui rejoint les récents résultats du programme Seine-Aval (IFREMER, 96), qui considère la baie de Seine comme l'une des régions les plus contaminées au monde (Tab.11).

Les HPA

Il n'existe pas de normes pour les teneurs en HPA dans les sédiments marins. Les origines de ces molécules sont diverses et non définies dans leur totalité. Elles seraient anthropiques (résidus de pétrole, de carburants, d'huiles, et de charbons) ou naturelle (fabrication par certaines bactéries à partir de la matière organique). En regardant les résultats obtenus dans le port de Grandcamp avec ceux de Milano (88) et du programme Seine-Aval (IFREMER, 96), les vases portuaires apparaissent aussi fortement contaminées que les sédiments de l'embouchure du Rhône, et bien plus contaminées que par les 23 molécules d'HPA quantifiées en baie de Seine. Cette contamination serait d'autant plus importante que le dernier rapport Seine-Aval (IFREMER, 96) place la baie de Seine parmi les premières régions les plus contaminées dans le monde. Il faut signaler que le benzo (b) fluoranthène et le benzo (a) pyrène sont de puissants cancérigènes. Cependant, le milieu portuaire étant confiné et riche en matière organique, il peut favoriser la fabrication naturelle d'une partie de ces molécules.

Les bactéries

Il n'existe pas de valeurs guides pour les quantités de bactéries trouvées dans les sédiments marins. Des études ont montré qu'elles disparaissent au bout de quelques jours dans les eaux de mer en raison de la forte salinité, du rayonnement solaire, de la prédation, de la faible concentration en nutriments, ou bien de la contamination du milieu par les métaux lourds (Chamberlin *et al.*, 78). Toutefois, d'autres auteurs ont pu démontrer que ces germes pouvaient survivre et parfois se développer dans les sédiments, en se fixant sur les particules sédimentaires et la matière organique (Sherer *et al.*, 92). Suivant le type de rejet utilisé en mer (drague suceuse à refoulement hydraulique ou drague preneuse à clapage), les bactéries seront plus ou moins bien éliminées. Les vases portuaires restent couramment chargées en germes contaminants, mais elles n'entraîneraient qu'une perturbation temporaire sur la vie aquatique du milieu de rejet (CREOCEAN, 90).

La matière organique

Les vases portuaires de Grandcamp sont riches en matière organique (MO) car les eaux sont calmes et favorisent la décantation des résidus organiques qui y sont rejetés. Cette MO est propice à la formation de complexes organo-métalliques. A titre d'exemple les acides humiques et fulviques sont couramment liés au Cu (Sigg *et al.*, 92). Ce qui peut expliquer les teneurs de certains métaux traces dans les vases du port. Les teneurs en azote et Phosphore sont similaires d'un port à l'autre, et ne créent pas de contamination au niveau du milieu receveur des matériaux dragués (CREOCEAN, 90).

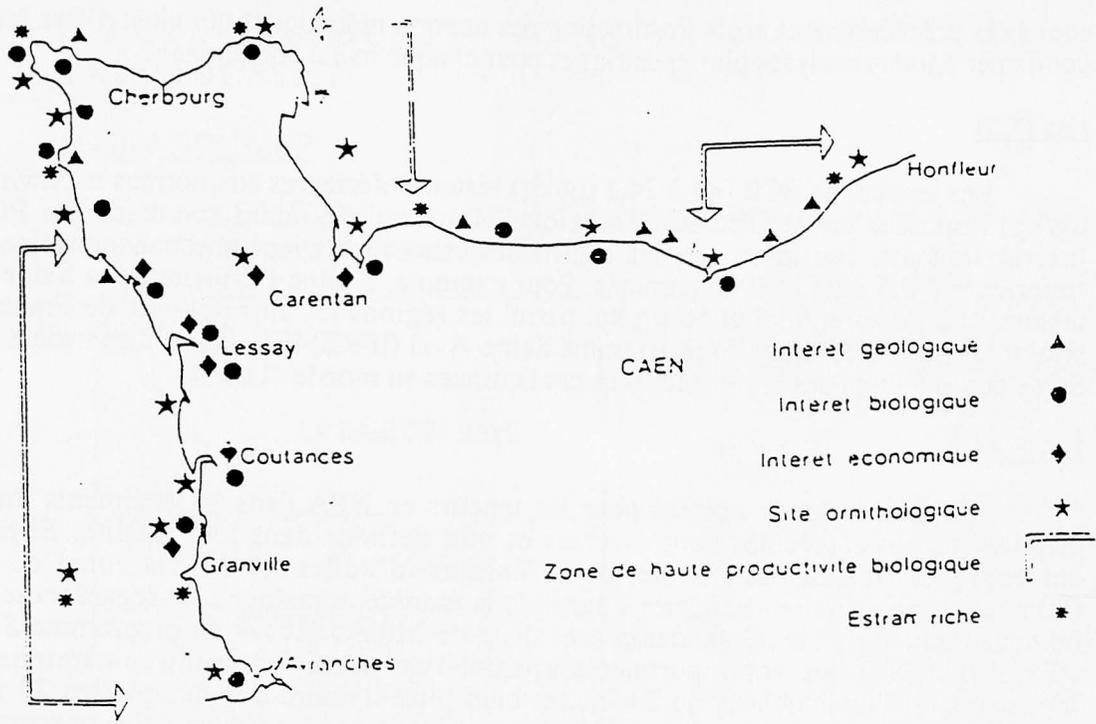


Fig. 19: L'intérêt des sites naturels sur les côtes de Basse Normandie

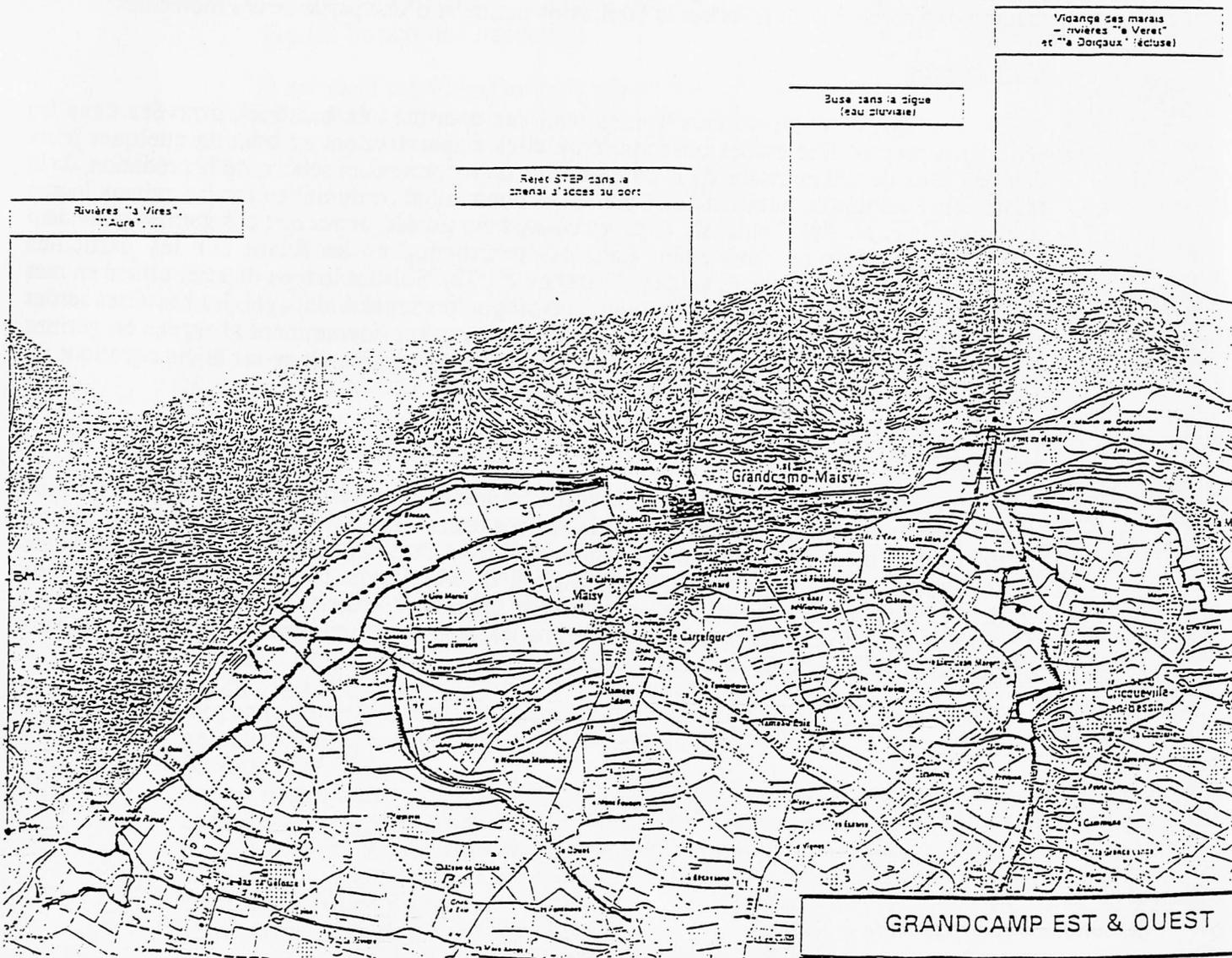


Fig. 20: Les rejets côtiers au niveau de Grandcamp (Affaires Maritimes, 96)

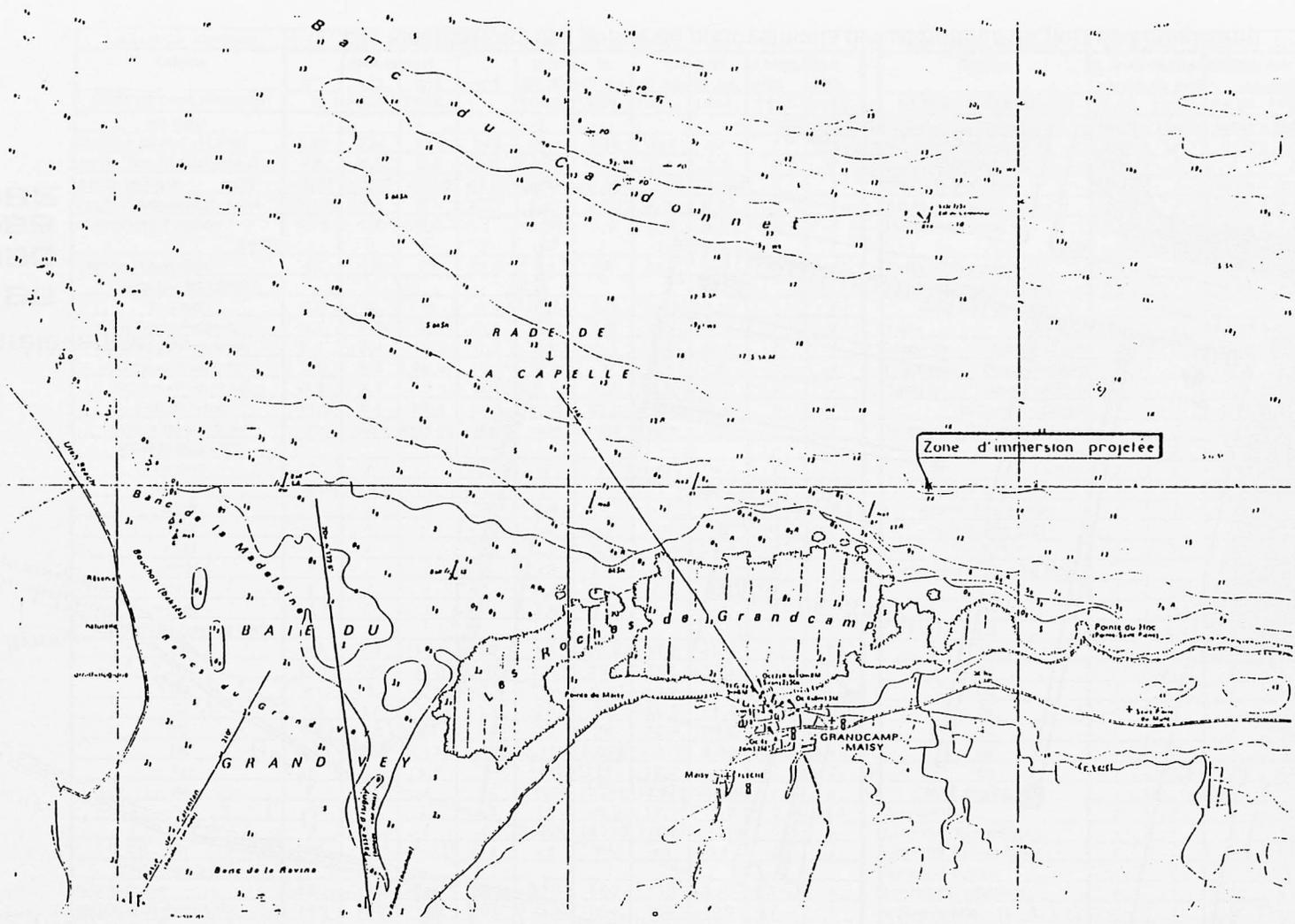


Fig.21 : localisation de la zone de rejet des dragages du port de Grandcamp

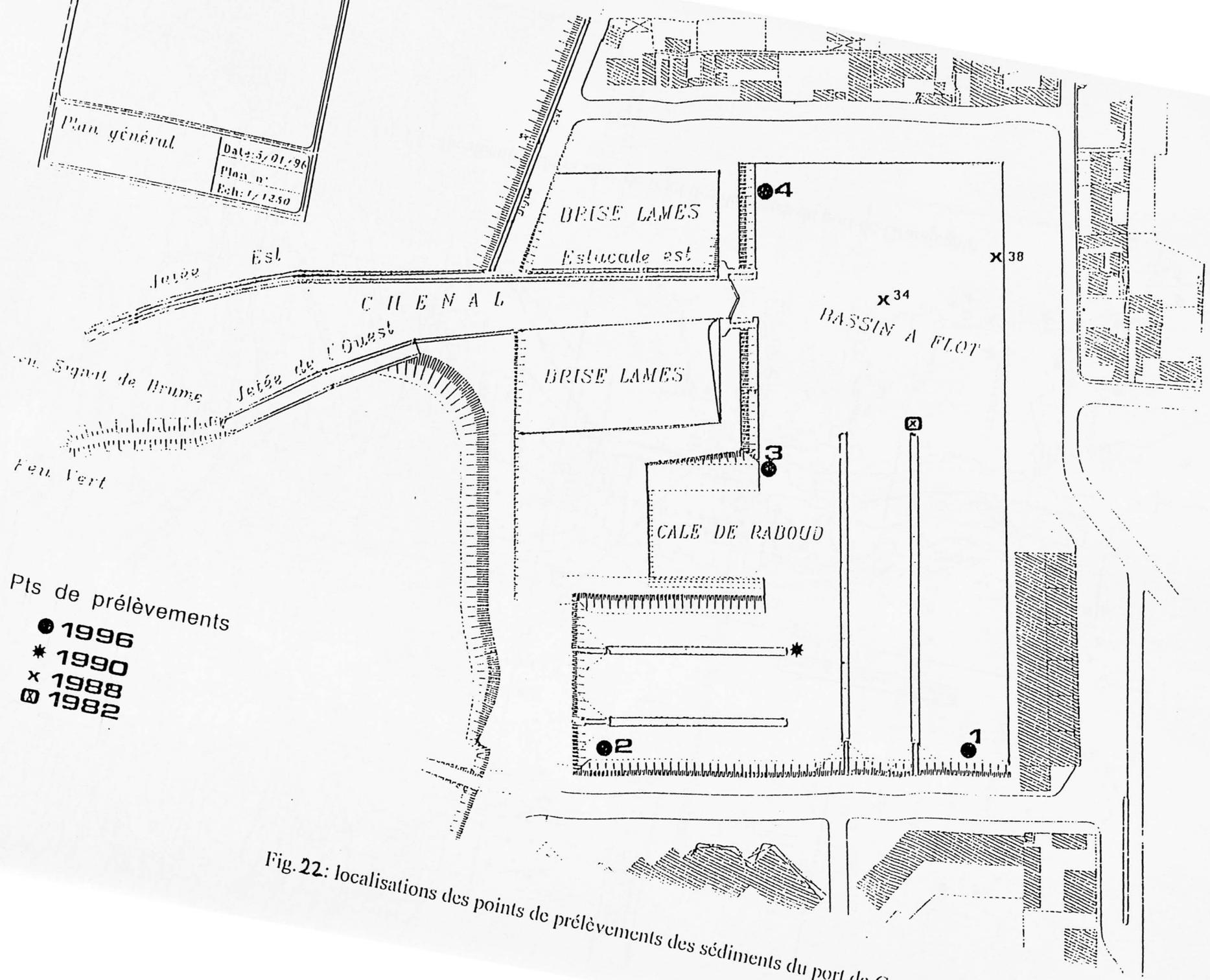


Fig. 22: localisations des points de prélèvements des sédiments du port de C.

Laboratoire d'analyse	Laboratoire départemental F. Duncombe de Caen									
Origine	dans le port n°1		dans le port n°2		dans le port n°3		dans le port n°4		(dans la drague) n°34	quai n°38
DATE DE PRELEVEMENT	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
en g/kg										
Matière Sèche (103°C)	337	334	438	376	308	303	305	303	/	/
Azote Tot. Kjeldahl en N	4,6	4,3	2,6	5,8	4,9	4,6	5,1	5,2	/	/
Azote Nitrique en N	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,004	<0,004	0,008	<0,002	/	/
Azote Ammoniacal en N	0,13	0,4	0,1	0,72	0,47	0,25	0,29	0,27	/	/
Phosphore Total en P	0,75	0,8	0,6	1	0,95	0,9	0,9	0,85	/	/
P2O5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Carbone Organique Granulo. (g/100g)	45	45	25	51,5	49	46	48,7	49	/	/
F>2mm	0,9	0	0	0,5	0,95	0,8	0,85	0,25	/	/
0,5mm<F<2mm	0,7	0,7	1,8	1,5	0,45	0,5	0,6	0,8	/	/
0,25mm<F<0,5mm	2,1	3,4	15,2	3,5	1,9	1,3	1,5	2,6	/	/
0,125mm<F<0,25mm	7,9	9,8	28,6	10,7	3,4	3	5,5	8	/	/
0,063mm<F<0,125mm	3,5	2,1	3	3,3	2,4	2,2	2,5	2,7	/	/
F<0,063mm	84,9	84	51,4	80,5	90,9	92,2	89,05	85,65	/	/
nature du matériau	vase	vase	vase sa	vase	vase	vase	vase	vase	/	/
PCB (µg/kg MS)										
en DP5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
en DP6	<1000	<1000	<1000	<1000	/	/	/	/	/	/
n°28	/	/	/	/	5,9	7	<2	<2	/	/
n°52	/	/	/	/	<2	<2	<2	<2	/	/
n°35	/	/	/	/	3,2	5,8	16,6	24,1	/	/
n°101	/	/	/	/	<2	8,2	4,3	3,5	/	/
n°153	/	/	/	/	6,4	5,3	4,1	4,9	/	/
n°180	/	/	/	/	1,8	1,3	1,1	<1	/	/
Mtx lourds (mg/kg Ms)										
Cu	44	44	130	70	64	40,2	52,9	45,2	46	70
Zn	240	200	170	280	230	194	228	170	173	373
Cd	<1	<0,7	<0,7	<0,7	1	0,9	<0,8	<0,8	0,6	0,7
Cr	18	17	15	17	28	26	16,2	11,7	39	39
Pb	38	28	32	34	32	28	28,9	23,2	10,2	9
Hg	0,36	0,38	0,199	0,125	0,105	0,098	0,072	0,09	0,088	0,151
As	5	6,5	3,5	6	<4	11	10,2	<4	/	/
Al	/	/	/	/	24930	22350	15900	15400	/	/
Ni	13	14	10	13	15	16,5	17,1	16,3	9	10
Fe	/	/	/	/	19700	18480	17000	17300	/	/
Sn	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	/	/
HPA (µg/kg MS)										
fluoranthène	280	180	280	350	210	150	410	190	/	/
benzo(b) fluoranthène	190	100	190	260	150	110	280	120	/	/
benzo(k) fluoranthène	100	50	110	140	110	75	210	160	/	/
benzo(a) pyrène	120	60	160	170	120	74	250	70	/	/
benzo(ghi) pérylène	80	30	120	170	70	49	110	60	/	/
indénopyrène	260	120	330	380	<70	<70	<70	<70	/	/
Bactéries (NPP/g)										
Coliformes fécaux	930	29	4300	93	/	930	930	210	/	/
Coliformes totaux	/	/	/	/	24	/	930	/	/	/
Streptocoques fécaux	7	93	0	9	4	2400	430	430	21000	24000
Clostridium sulfito-réduct.	/	/	/	/	/	/	/	/	300	300
E. Coli 44°C par 100 ml	/	/	/	/	/	/	/	/	43	24.e4

Laboratoire d'analyse	FTE MER		Labo. de Caen	
Origine	v. bout ponton centre du port		Echantillon 2 du port	
DATE DE PRELEVEMENT	13.05.1982		08.03.1990	
en g/kg de matière :	brute	sèche	brute	sèche
Matière Sèche (103°C)	336	/	245	/
Mat. minérales (550°C)	272,7	/	/	/
Matières Volatiles	/	/	45,9	187,4
Azote Tot. Kjeldahl en N	2,05	/	1,7	6,95
Phosphore Total en P	0,42	/	0,26	1,06
P2O5	/	/	0,6	2,45
Carbone Organique	/	/	/	/
Mat. Organique (Anne)	63,3	/	7,95	1,95
Granulo. (g/100g)				
Argile F<2 µm	/	/	41,45	10,15
Limon fin 2µm<F<20µm	/	/	44,9	11
L. grossier 20µm<F<50µm	/	/	3,2	0,78
Sable fin 50µm<F<100µm	/	/	0,9	0,22
100µm<F<200µm	/	/	0,45	0,11
S. gross. 200µm<F<500µm	/	/	0,45	0,11
500µm<F<2mm	/	/	0,7	0,17
F>2mm	/	/	7,95	77,46
soit le %<50µm	/	/	89,55	21,93
nature du matériau	/	/	vase	
PCB (µg/kg MS)				
en DP5	/	/	/	75
Mtx lourds (mg/kg Ms)				
Cu	/	30	/	/
Zn	/	155	/	290
Cd	/	1,7	/	<0,80
Cr	/	/	/	42
Pb	/	65,2	/	27
Hg	/	0,19	/	0,26
As	/	/	/	17
Al	/	/	/	27900
Ni	/	/	/	16
Sn	/	37,3	/	<17
HPA (µg/kg MS)				
fluoranthène	/	/	/	260
benzo(b) fluoranthène	/	/	/	133
benzo(k) fluoranthène	/	/	/	43,5
benzo(a) pyrène	/	/	/	73
benzo(ghi) pérylène	/	/	/	<10
indénopyrène	/	/	/	<10
Bactéries (NPP/g)				
Coliformes fécaux	600	/	/	/
Coliformes totaux	600	/	/	/
Streptocoques fécaux	250	/	/	/
Clostridium sulfito-réduct.	6000	/	/	/

Tab. 9: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port de Grandcamp, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE (sur partie inférieure à 2mm)

FC dans les ports	référence et année	GRANDCAMP 1996	PORT EN BESS. 1987 et 1996	COURSEULLES 86-89-90-93	OUIST RHAM 1990	1992	DIVES 1995	DEAUVILLE 87,88,89,91,94
Cr	parfond 80	0,6	0,7	0,9	1,6	1,4	1,3	1,6
Cu	parfond 80	5,8	8,8	1,9	1,9	1,9	2,9	6,4
	Cotentin 93	19	29	6,2	6,3	6,3	9,5	21
Hg	parfond 80	1,2	1,8	3,4	1,8	/	2,2	4,1
	Cotentin 93	5,5	7,8	15	7,8	/	10	17
Pb	parfond 80	0,5	0,4	1	0,9	0,6	0,5	1,4
	Cotentin 93	1,8	1,5	3,6	3,4	2,1	1,9	5
Zn	parfond 80	3,1	2,8	1,7	1,6	1,1	1,4	3,3
	Cotentin 93	7,2	6,5	3,8	9,7	2,7	3,1	7,5
Ni	parfond 80	2,4	2,1	3,9	2,4	5	1,7	4,4
Cd	Cotentin 93	5,7	32	31,8	6,4	14	2,8	10

Tab. 10: Facteurs de Concentration calculés pour les sédiments des ports du littoral du Calvados, à partir des zones de référence du parfond (Boust, 81) et du Cotentin (RNO, 93)

µg/kg de MS	Fluoranthène	B.(b) Fluoran.	B.(k) Fluoran.	B.(a) pyrène	somme de HPA (23 espèces)	somme des PCB (16 co.)	(24 co.)	Références
séd. non pollués								
Ile de Porquerolles	1			1				Milano <i>et al.</i> , 86
Plage de Hyères	17			6				Milano <i>et al.</i> , 86
séd. pollués								
embou. du Rhône	100-400	30-50	20-60	30-80				Milano <i>et al.</i> , 86
port de Toulon	157-2450			113-1600				Milano <i>et al.</i> , 86
port plaisance de Carqueiranne	80			130				Milano <i>et al.</i> , 86
baie de Seine					950	133		Ifremer, 96
Tancarville					3410	90		Ifremer, 96
Mer du Nord							0,1-4,4	Knickmeyer <i>et al.</i> , 86

Tab. 11: Références en PCB et HPA dans les sédiments marins des côtes françaises et de la Mer du Nord

2) PORT EN BESSIN

Port en Bessin qui se trouve encastré dans une dépression des falaises du Bessin, est le plus grand port de pêche des côtes calvadosiennes. Cette région côtière est pourvue d'un plateau calcaire couvert de limons au niveau du littoral, et subit une importante érosion.

Les vents marins y sont à dominantes Sud-Ouest et Nord-Est. Les courants de marées sont parallèles aux côtes avec un jusant supérieur au flot, et une exceptionnelle tenue du plein en morte eau (environ 3 heures) qui favorise la décantation des particules fines en suspension (LCHF, 86).

L'estran est de faible amplitude et formé de roches et de débris calcaires (débris coquilliers). Il abrite des gisements naturels de coquillages à l'Ouest (St Honorine des Pertes) et à l'Est (Tracy sur Mer) de Port en Bessin (Fig.23). Le ramassage des moules est estimé en 1995 à 160 Tonnes (Affaires Maritimes, 96). Ces gisements sont actuellement classés en zone salubre, exceptés 2 périmètres de 300 m de chaque côté des jetées Ouest et Est de Port en Bessin, du fait de la mauvaise qualité des eaux du port, qui reçoivent de nombreux rejets:

- eaux pluviales et usées
- trop-pleins des postes de refoulements
- eaux traitées par la station d'épuration de la ville, qui sont amenées par le ruisseau de la Fossette
- résurgences naturelles de l'Aure.

Le classement des eaux de baignade qui dépend aussi de la qualité des eaux du port, est mauvais (D) en 1994, et moyen (B) en 1995 (AESN, 95).

Cet état sanitaire des eaux s'explique en partie par la nature et l'exploitation du bassin versant que traversent la Fossette et l'Aure. Les sols sont formés de calcaires marneux et argileux (Atlas et géographie de la France, 70), et couverts de bocages exploités par l'élevage de bovins à spécialisation de lait, les industries agro-alimentaires (laiteries, usines de produits laitiers ...), et les cultures fourragères (Atlas agricole de Normandie, 92).

Le port est régulièrement dragué en réponse à un envasement continu (Fig.24). La zone de rejet (Fig.25) se trouve peu éloignée du littoral (environ 1 km), car la pente des fonds entre 0 et -10m, permet la propagation de l'agitation très près des côtes. Les courants de marées étant parallèles au rivage, il n'y a pas de retour possible des matériaux clappés. L'impact au niveau de l'activité biologique du site de dépôt est évalué comme faible (LCHF, 86).

Dans le port

Les métaux

Le tableau 12 regroupe les teneurs brutes mesurées depuis 1987 sur les vases du port, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE. Les points de prélèvements sont relevés sur la figure 26.

Depuis 1987, les concentrations en Zn et Al sont relativement constantes, les concentrations en Cd, Cr, Pb, Hg, Ni et Sn sont en baisse, et celles de l'As sont en hausse. Seul le Cu dépasse fortement les teneurs limites (N2) fixées par le GEODE, pouvant interdire l'immersion des matériaux en mer. Ces concentrations sont particulièrement élevées dans le deuxième bassin et pourraient s'expliquer par l'activité de carénage et l'utilisation de peintures antisalissures à base de Cu (Claisse *et al.*, 93).

Cette forte contamination en Cu des vases portuaires se retrouve dans l'analyse des facteurs de concentration que nous avons calculés (Tab. 10), et qui révèlent aussi un enrichissement des sédiments du port en Cd, Ni, Zn, et Hg.

Les PCB

Les teneurs en PCB dans les vases portuaires sont inférieures à la moyenne nationale (Md) établie par le GEODE. Elles n'en restent pas moins très élevées par rapport aux teneurs rencontrées dans les sédiments de la Mer du Nord (Knickmeyer *et al.*, 86). Elles se rapprochent de celles de la baie de Seine (Tab. 11), citées dans le programme Seine-Aval (IFREMER, 96) et qui considère la baie de Seine comme très polluée.

Les HPA

Comme nous l'avons déjà souligné, il n'existe pas de valeurs guides pour les concentrations en HPA dans le milieu marin. En 1996, les teneurs relevées dans le deuxième bassin du Port sont proches de celles trouvées en baie de Seine (Tab.11), et se détachent

nettement de celles du premier bassin et de l'avant port. L'apport de ces molécules est facilement localisable dans le deuxième bassin.

Il faut rester cependant prudent sur l'importance de la contamination des vases du port, car les HPA sont issus en partie de la dégradation de la matière organique, très importante dans le milieu portuaire.

La Matière organique

Comme dans la plupart des milieux portuaires, les quantités de matière organique sont élevées dans les sédiments du port de Port en Bessin (de 0,3 à 4,2%). Elles sont plus fortes que les concentrations relevées dans les vasières de l'estuaire de la Seine (2 à 3%) par Martin *et al* (95). Les teneurs en azote et phosphore total sont importantes et en partie liées à la dégradation de cette matière organique. Ce milieu à l'abri de l'agitation favorise la dégradation de la matière organique et la décantation des résidus formés. Son origine peut être rattachée aux rejets qui se déversent dans les bassins : eaux usées, effluents industriels rejetés en amont, notamment par les laiteries et les abattoirs, et plus directement les déchets provenant des halles de criée situées dans le deuxième bassin.

Au large du Bessin

Les résultats recueillis dans cette partie du littoral sont issus du RNO 1993 (Tab.3) pour les sédiments les plus éloignés des côtes (Fig.4), et du laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen (Tab.12) en 1996 (Texier et Caplat, 1996), pour les sédiments de la zone de rejet des dragages du port (Fig.27).

les métaux

Les concentrations brutes en Cu, Zn et Hg relevées en 96 au niveau du site de rejet des dragages, sont nettement plus fortes que celles du RNO mesurées au large du Bessin en 93 (jusqu'à 18 fois plus fortes en moyenne, pour le Cu). Elles restent cependant plus faibles que celles de l'estuaire de la Seine relevées par le RNO en 93, et plus faibles que dans les dépôts de dragages situés au large d'Octeville (Tab. 4).

En calculant les facteurs de concentrations (FC), les résultats du RNO n'indiquent pas de contamination métallique (Tab.5). Les FC que nous avons calculés pour les sédiments de la zone de dragage confirment l'enrichissement en Cu (FC=5,4) et en Zn (FC=2,1) constaté plus haut, et révèlent la présence anormale du Pb (FC=2,2).

Le Cu se trouve déjà en concentration élevée dans les vases du port, et ces résultats laissent supposer que cet élément aurait tendance à se concentrer dans les sédiments marins, et non pas à se diluer. Les concentrations mesurées par le RNO restent cependant inférieures à celles obtenues par le laboratoire de géologie marine, certainement parce que les sédiments sont prélevés plus loin des côtes et hors de la zone de rejet des matériaux dragués.

Les PCB

Les teneurs en PCB du RNO sont représentatifs d'une pollution modérée des sédiments du milieu, par rapport aux taux relevés dans les sédiments de la baie de Seine.

Pour certains congénères (DP6, n°28,35,52), les concentrations sont légèrement plus fortes dans les matériaux de la zone de rejet, que dans ceux du port déjà considérés comme contaminés. La forte capacité d'adsorption de ces molécules sur le matériel particulaire et leur grande stabilité chimique rend possible l'accumulation de celles-ci dans les sédiments du milieu côtier. Connaissant leur solubilité dans les lipides plutôt que dans l'eau, le risque majeur qui peut se produire avec ces molécules serait qu'elles se concentrent dans les graisses des organismes fouisseurs, qui seraient présents sur le site.

La Matière Organique

Les teneurs en carbone organique sont identiques dans tous les sédiments situés au large du Bessin. Les quantités d'azote et de phosphore dans les sédiments de la zone de dragage se rapprochent de celles trouvées dans le port.

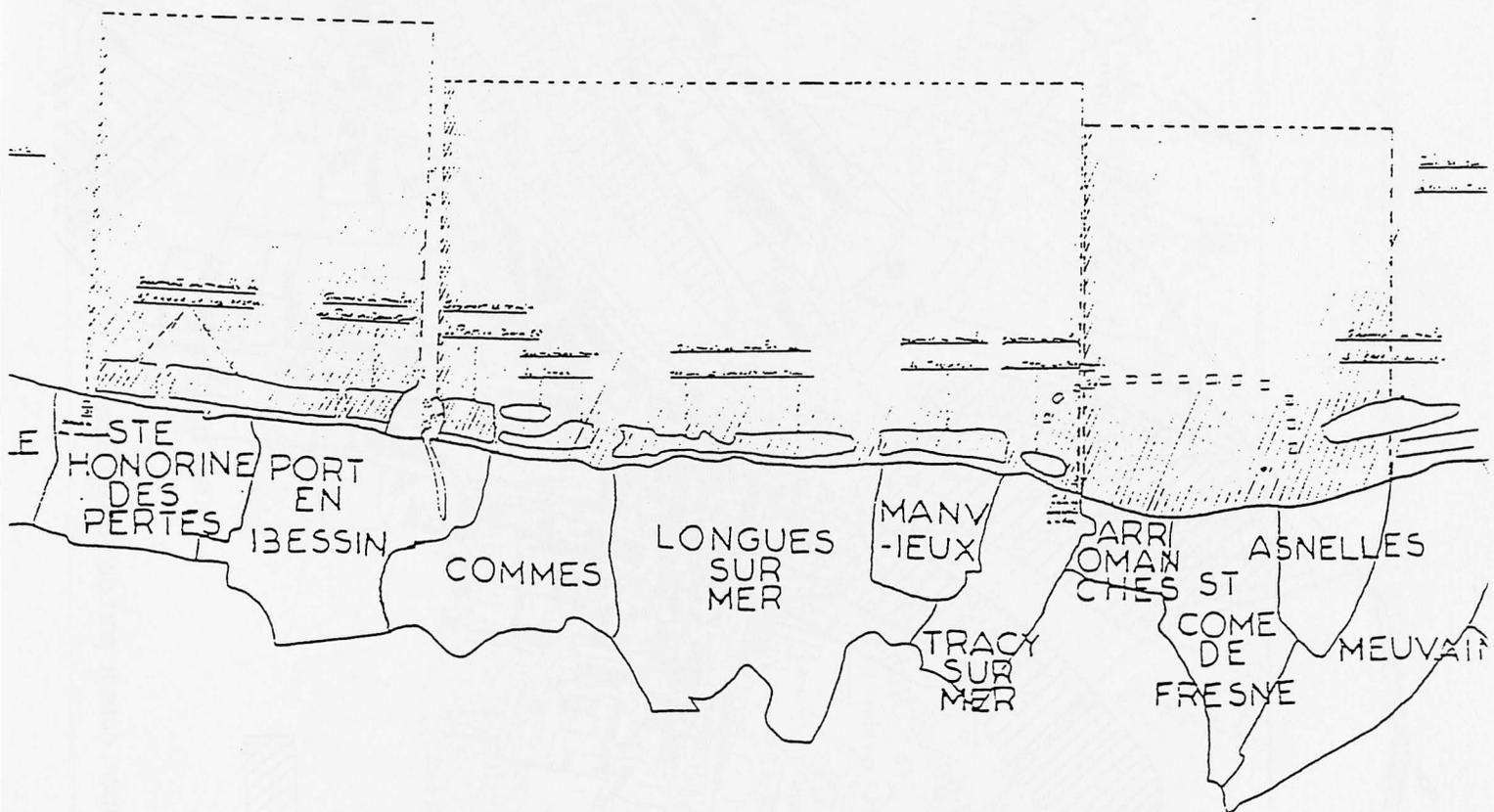


Fig. 23: Les gisements naturels côtiers aux alentours de Port en Bessin (Affaires maritimes, 96)

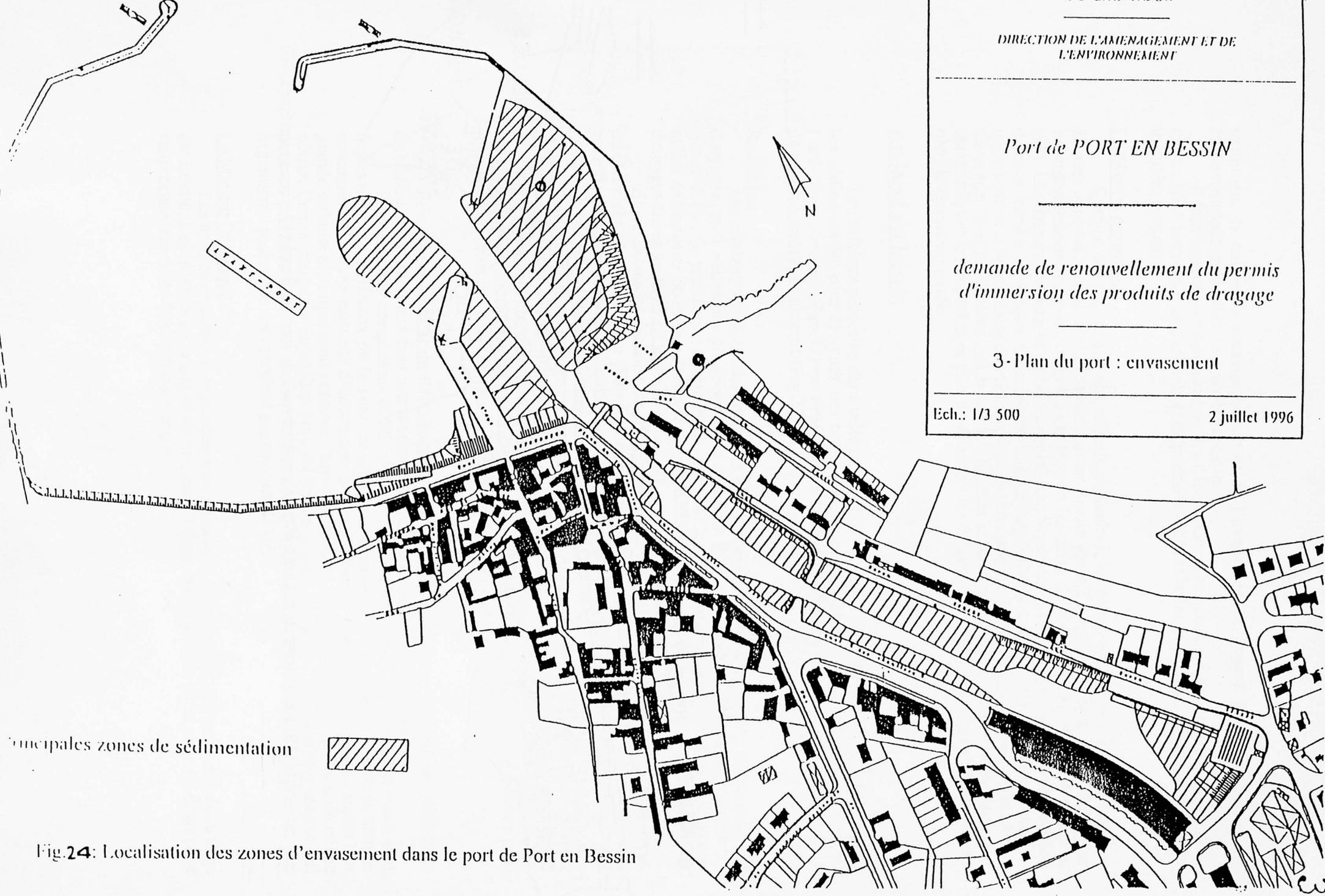
Port de PORT EN BESSIN

demande de renouvellement du permis
d'immersion des produits de dragage

3-Plan du port : envasement

Ech.: 1/3 500

2 juillet 1996



Principales zones de sédimentation

Fig. 24: Localisation des zones d'envasement dans le port de Port en Bessin

Port en Bessin

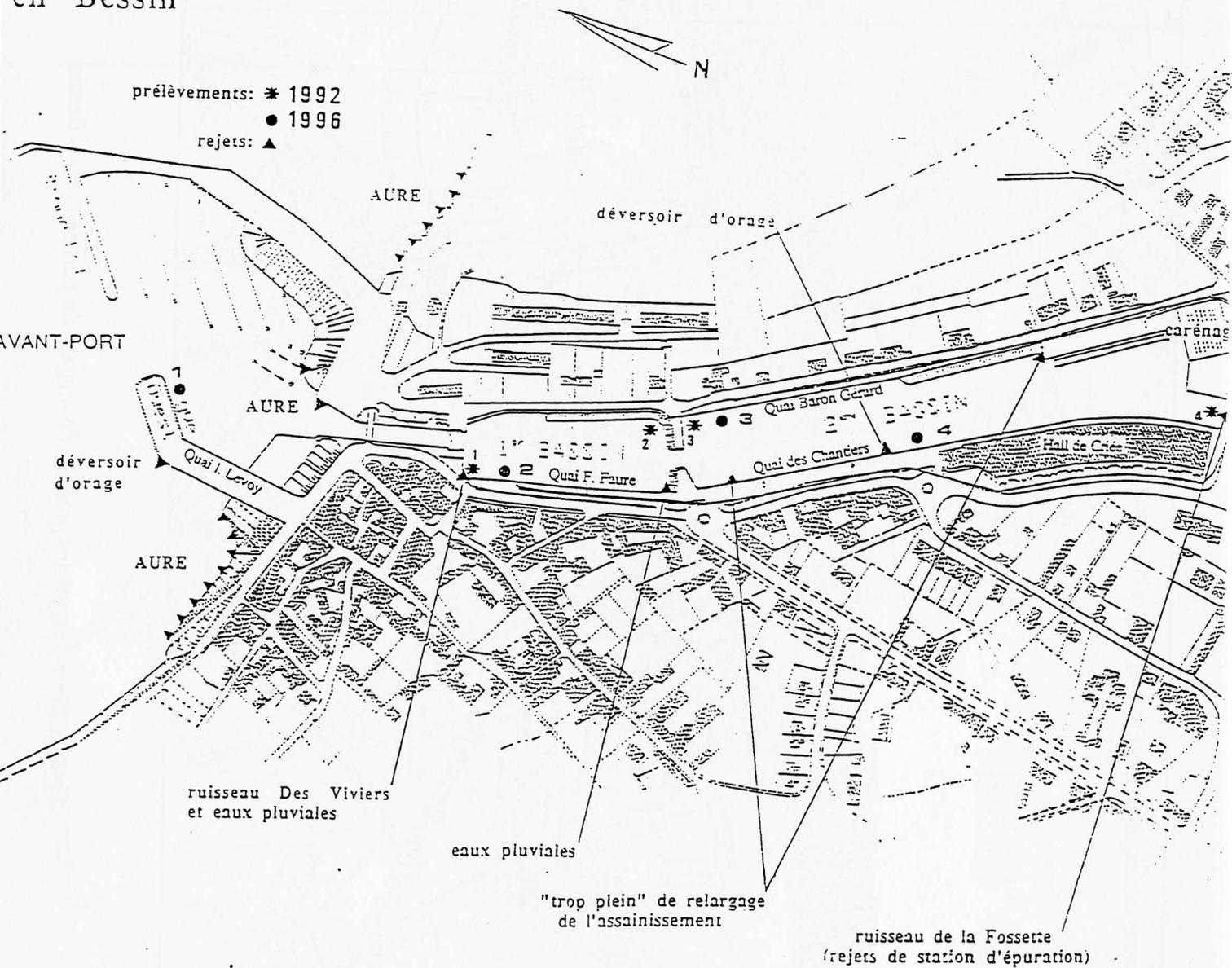


Fig 26 Localisations des points de prélèvements des sédiments du port de Port en Bessin

1996

- 2 ● 16 m
- 3 ● 16,6 m
- 1 ● 15,2 m
- 4 ● 15,8 m

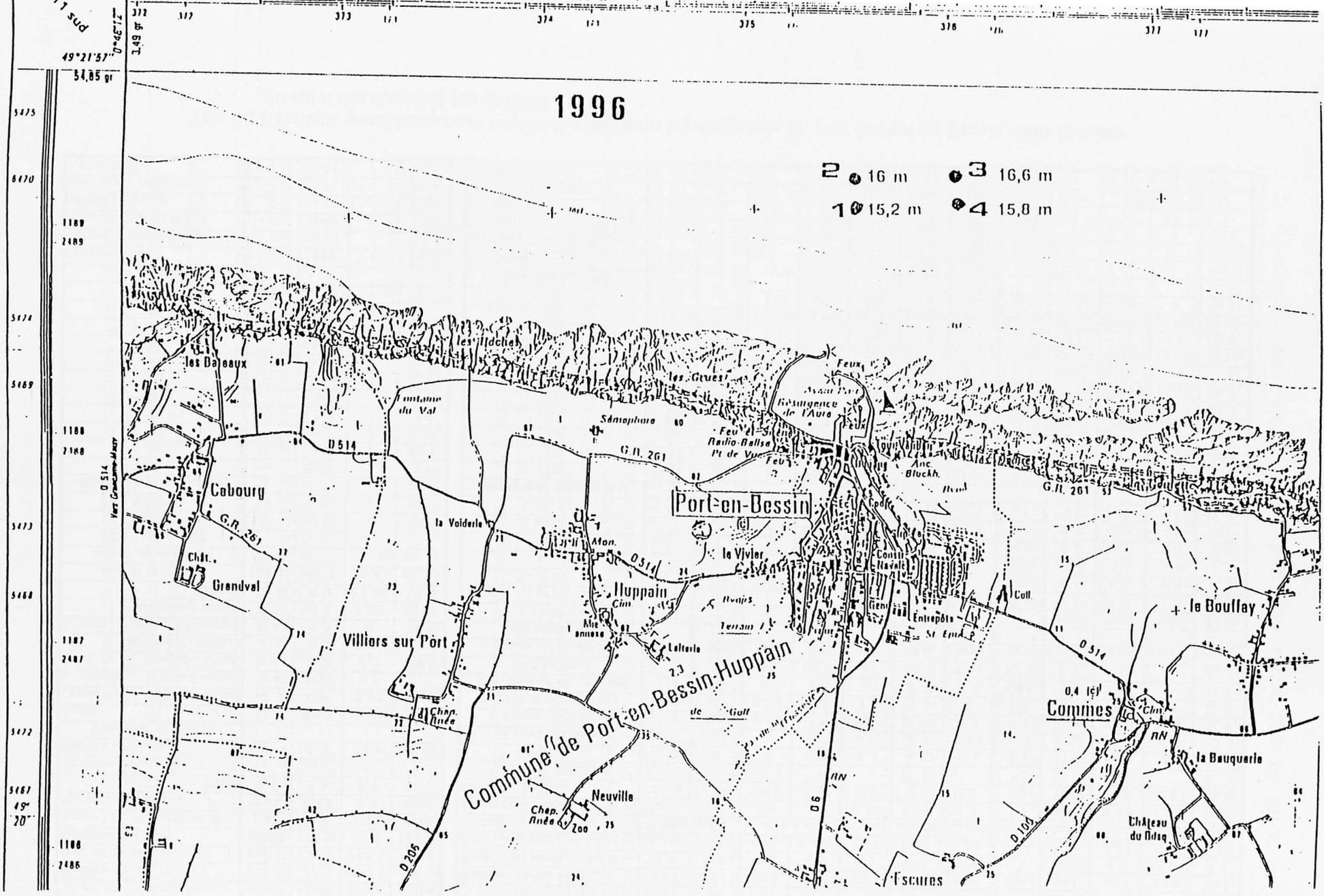


Fig.27: Localisations des points de prélèvements des sédiments de la zone de rejet des matériaux dragués dans le port de Port en Bessin

Laboratoire d'analyse				Labo. dépt. de Caen				Laboratoire d'analyse				Labo. dépt. de Rouen				Labo. dépt. de Caen				Labo. de Géol. Marine (Univ)													
Origine du matériau				produit s de drag age		vase du bassin à flois		Origine				fond 2è bassin		entrée 2è bas. bassin		fond 1è bassin		entrée 1èr bas.		avant port		1er bassin		2è bass qual Estq. ouest		1		2 au		3 large		4	
DATE DE PRELEVEMENT				03.04. 1987.		20.01. 1987.		DATE DE PRELEVEMENT				27. 02.		19. 92.						01.04. 1996.						1996.							
en g/kg de matière :				brute		sèche		en g/kg de MS																									
Matière Sèche (103°C)				372,8	/	300,6	/	317	321	325	346	504	443	405	436	841	827	819	541														
Mat. minérales (550°C)				268,2	828,4	248,5	826,7	4,6	3,6	3,3	3,5	3,1	3,2	4,3	3,8	2,9	3,7	3,5	4,2														
Matières Volatiles				55,55	171,6	52,1	173,3	0,318	0,145	0,06	0,067	0,11	0,11	0,38	0,25	0,16	0,29	0,13	0,17														
Azote Tot. Kjeldahl en N				1,45	4,5	1,25	4,15	inlé leur à 1,5 e.-4				<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002															
Phosphore Total en P				0,48	1,48	0,4	1,35	3,3	2,4	2,7	2,4	0,88	0,95	1,1	1,1	0,81	0,89	1,06	0,96														
P2O5				1,1	3,4	0,9	3	41,9	37,4	29,9	36,2	30	35	42	40	17,7	24,3	29	22,9														
Carbone Organique				/	/	/	/	Granulo. (g/100g)																									
Matière Organique				3	9,3	12,4	41,25	F>2mm				1,8	0	0	0,9	1,8	4,2	0,1	2,1	28,2	44,8	16,1	24,8										
Granulo. (g/100g)								0,5mm<F<2mm				1,9	0,1	1	2,7	0,76	0,5	0,65	0,95	22,5	20,2	20,8	23,6										
Argile F<2 µm				12,4	38,3	12,4	41,25	0,25mm<F<0,5mm				1,5	0,3	0,85	3,8	0,47	0,65	0,6	0,9	27,1	9,45	36,1	5,1										
Limon fin 2µm<F<20µm				12,3	38	9,95	33,1	0,125mm<F<0,25mm				1,6	0,7	0,85	4,3	1,6	1,8	2	1,4	16	16,4	24	2,8										
L. grossier 20µm<F<50µm				3,4	10,5	2,5	8,3	0,063mm<F<0,125mm				1,4	0,9	1,3	2,5	3,3	2,1	1,5	1,45	3,9	4,14	2	3,3										
Sable fin 50µm<F<100µm				0,4	1,2	0,2	0,65	F<0,063mm				91,8	98	96	85,8	92	90,7	95,1	93,2	2,3	5	1	37,7										
100µm<F<200µm				0,3	0,9	0,05	0,15	nature du matériau				vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	s. lin g.	sable v.	sab. fin	vase sa.										
S. gross. 200µm<F<500µm				0,4	1,2	0	0	PCB (µg/kg MS)																									
500µm<F<2mm				0,2	0,6	0,05	0,15	en DP6				/	/	/	/	/	/	/	/	540	330	990	1480										
F>2mm				70,6	9,3	74,85	16,4	n°28				/	/	/	/	<2	4,5	<2	2,2	2,5	1,6	1,8	6,2										
soil le %<50µm				28,1	86,8	24,85	82,65	n°52				/	/	/	/	<2	<2	<2	<2	9,1	5,8	9,8	1,5										
nature du matériau				va,se		va,se		n°35				/	/	/	/	<2	3,9	<2	2,5	3	6,9	2,4	4,3										
PCB (µg/kg MS)								n°105				/	/	/	/	5,4	10,3	8,9	8,8	6,5	<1	2,2	8,2										
en DP5				/	<200	/	<65	n°153				/	/	/	/	2,1	4,1	4,4	5,5	3,1	2,4	<1	7										
en DP6				/	<70	/	/	n°180				/	/	/	/	<1	<1	1,1	<1	<1	<1	<1	<1	1,4									
Mtx lourds (mg/kg Ms)								Mtx lourds (mg/kg Ms)																									
Cu				/	258	/	71	Cu				171	96	41	61	37,3	34	150	90	32	26	33	32										
Zn				/	352	/	201	Zn				473	650	193	230	110	160	380	358	125	113	140	143										
Cd				/	0,7	/	0,56	Cd				1,2	0,99	0,66	0,77	<0,8	<0,8	0,8	0,8	<1	<1	<1	<1										
Cr				/	51	/	39	Cr				91	69	66	57	22	27	31,2	37	54,5	52,5	69	78,5										
Pb				/	37	/	18	Pb				54	44	39	46	23	25	37	35	9,1	10,2	10,9	25,7										
Hg				/	0,64	/	0,41	Hg				0,23	0,16	0,15	0,13	0,062	0,169	0,095	0,103	<0,03	<0,03	<0,03	0,1										
As				/	4,85	/	/	As				13	12	11	10	7,7	8,3	7,3	8,8	<4	<4	<4	<4										
Al				/	29900	/	/	Al				20700	19200	16700	15800	20400	25140	28000	29900	37060	36800	42300	45200										
Ni				/	30	/	36	Ni				31	23	20	17	18	15	17	23	22	20	25	25										
Fe				/	/	/	/	Fe				22800	20000	18500	16400	16350	17900	19210	20040	22110	20920	24700	26170										
Sn				/	<30	/	27	Sn				8,8	5	1,9	3,8	<4	<4	<4	<4	<4	<4	4	<4										
HPA (µg/kg MS)								HPA (µg/kg MS)																									
fluoranthène				/	398	/	60,3	fluoranthène				/	/	/	/	75	189	360	330	/	/	/	/										
benzo(b) fluoranthène				/	250	/	30,2	benzo(b) fluoranthène				/	/	/	/	77	91	290	230	/	/	/	/										
benzo(k) fluoranthène				/	108	/	11,7	benzo(k) fluoranthène				/	/	/	/	54	63	200	150	/	/	/	/										
benzo(a) pyrène				/	220	/	23,4	benzo(a) pyrène				/	/	/	/	59	79	250	190	/	/	/	/										
benzo(ghi) pérylène				/	234	/	20,4	benzo(ghi) pérylène				/	/	/	/	53	39	110	80	/	/	/	/										
indénopyrène				/	141	/	15,6	indénopyrène				/	/	/	/	<70	<70	<70	<70	/	/	/	/										

Tab. 42: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port de Port en Bessin, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE

3) COURSEULLES

Courseulles sur Mer est le seul port situé sur la côte de nacre, au niveau de l'embouchure de la Seulles.

Les vents dominants sont de deux secteurs: du Sud-Ouest au Nord-Ouest et du Nord à l'Est (NE). Le flot et le jusant sont opposés et parallèles à la côte, et la résultante des transits littoraux est orientée vers l'Est. Ces caractéristiques se retrouvent sur la majeure partie du littoral du Calvados.

Le tourisme est très développé sur le littoral, avec les activités nautique, de baignade et de pêche à pied (crevettes et coques). La pêche côtière et l'exploitation conchylicole de quelques parcs à huîtres dans l'estuaire, ne sont pas négligeables.

La faible pente de ce bassin versant jusqu'à la mer induit une faible érosion marine du littoral, constitué de grandes plages de sables. Les fonds sont peu profonds jusqu'à 3 km au large des côtes (-5m) et la faible pente favorise la turbulence et la dispersion. Il n'y a donc pas de dépôts de vases sur l'estran, qui est recouvert de platiers rocheux à l'Ouest (roches de Ver) et à l'Est de Courseulles. Au large de Bernières, il abrite une réserve naturelle de coques et de moules (Fig.28).

La Seulles traverse les sols de la grande plaine de Caen, où l'agriculture générale (blé essentiellement) avec herbivores domine (Atlas et géographie de France, 70). Ces eaux sont soumises à une pollution urbaine et agricole (AESN, 96), entraînant un problème de salubrité des eaux littorales et du port. Les eaux de baignade ont été classées en A en 1995, après 2 ans d'un mauvais classement (C).

L'envasement du port de Courseulles est de l'ordre de 1m par an, et des dragages réguliers depuis 1986 ont donné lieu à une zone de rejet sur l'estran (où la dispersion est importante), au Nord du bassin de l'Île de Plaisance.

Les métaux

Les suivis de dragage du port de Courseulles par la DDE ont donné lieu aux résultats géochimiques et bactériologiques du tableau 43. Ils correspondent aux prélèvements de la figure 29. Les teneurs en As, Pb, Ni, Cu, Cr et Hg ne dépassent pas les normes imposées par le GEODE. Ce qui n'est pas le cas du Cd en 1993, dont la teneur (5 µg/kg) est supérieure à la valeur limite de 2,4 µg/kg. Entre 1986 et 1993, elles restent supérieures à la moyenne naturelle (0,2 µg/kg) connue dans les sédiments marins (Cossa et al., 89). Le Cd peut être un sous produit de l'extraction du Zn, des traitements de surface ou encore des engrais agricoles.

Nous nous affranchissons des variations granulométriques en normalisant les concentrations par rapport à Al. En calculant les FC par rapport au Cotentin, les résultats révèlent un enrichissement des vases portuaires en Cd (FC=32), mais aussi en Hg (FC=15), et dans une moindre mesure en Ni, Zn, Pb et Cu (FC=3,6 à 6,2). Le Hg est souvent associé à la papeterie, la combustion du charbon et aux résidus des industries chimiques (Martin *et al.*, 76).

Les PCB

Le peu de résultats en PCB qui sont relevés dans le port de Courseulles, n'impliquent pas de contamination de ces molécules dans les vases du port, par rapport aux niveaux de référence du GEODE.

Les HPA

Une nette augmentation apparaît dans les concentrations en HPA des vases portuaires, entre 1987 et 1989. Il n'y a pas de contamination dans le port jusqu'en 1987, puisque les teneurs sont proches de celles des sédiments marins non pollués de Porquerolles et Hyères (Tab.41). A partir de 1989, les teneurs sont similaires à celles des sédiments de l'embouchure du Rhône. Il est vraisemblable que ce changement soit d'origine anthropique.

La Matière Organique

Les teneurs en azote (2,4 à 10 g/kg) et en phosphore (0,7 à 1,3 g/kg) sont très élevées et certainement liées à l'importante et rapide décantation des matières en suspension (MES) dans ce port, où l'envasement atteint 1m par an. Ce phénomène est favorisé par la faible agitation des eaux, qui limite la dégradation de la matière organique.

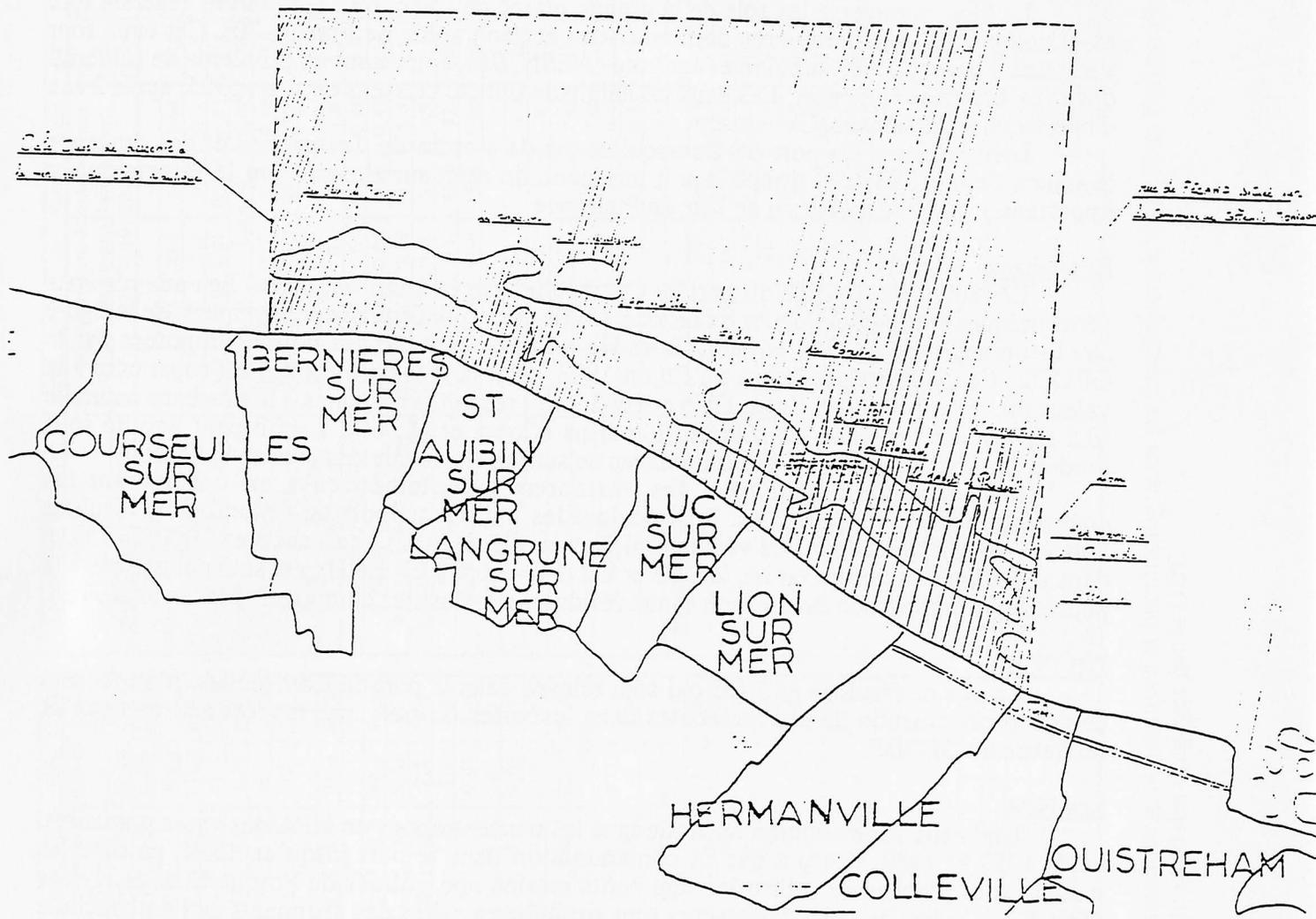


Fig.28: Les gisements naturels côtiers aux alentours de Courseulles (Affaires maritimes, 96)

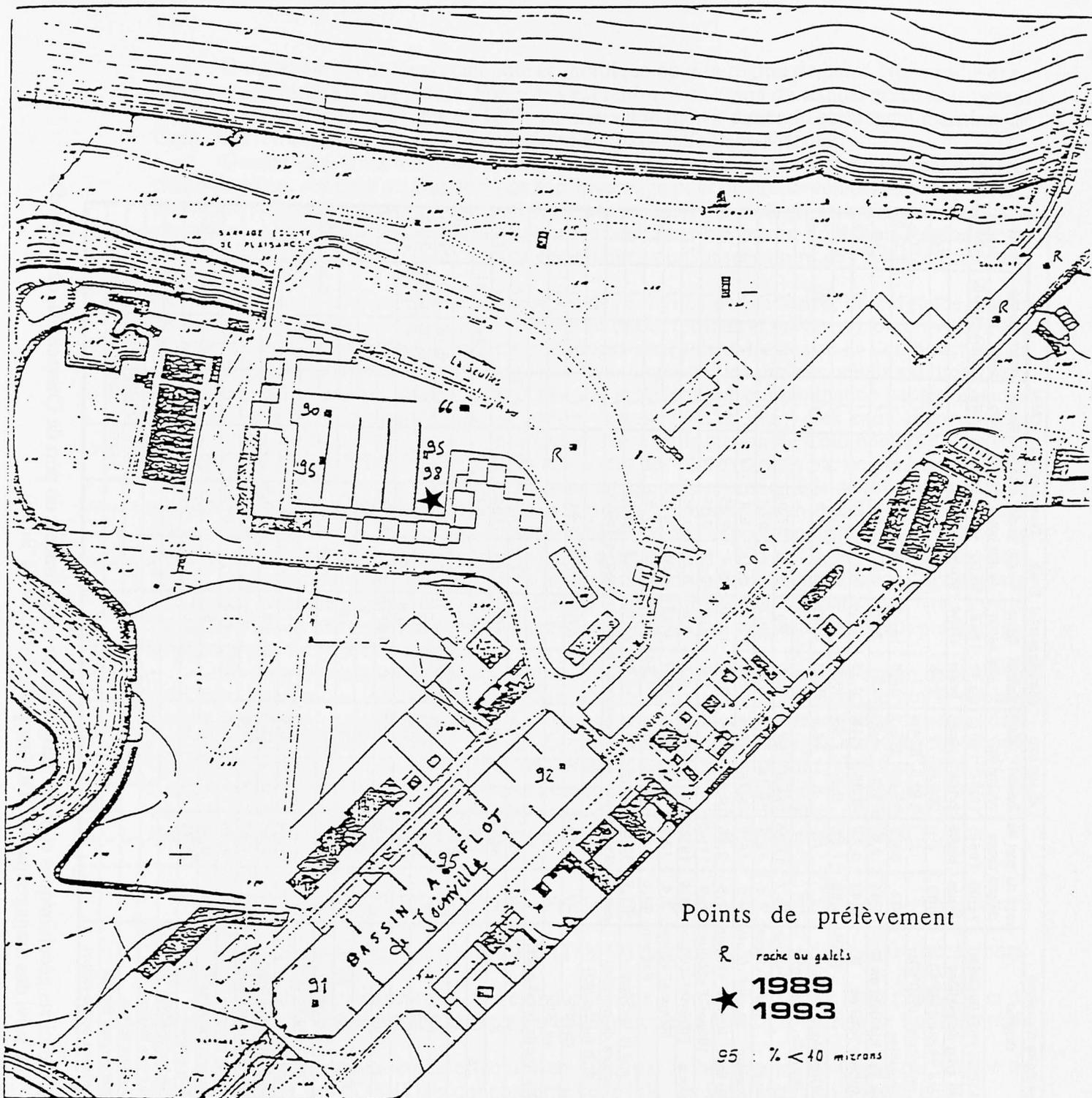


Fig.29: Localisations des points de prélèvements des sédiments du port de Courseulles en 1989 et 1993

Laboratoire d'analyse		Laboratoire départemental Frank Duncombe de CAEN											
Origine	vase du port de Courseulles		Bassin de Joinville		bassin de Courseulles		exutoire de la drague		Meuvaines	Bernières	Meuvaines	Bernières	port 25.11.
DATE DE PRELEVEMENT	11.09.1986.		19.01.1987.		20.11.1989.		13.03.1990.		15.01.1990.		28.04.1990.		1993.
en g/kg de matière :	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche					
Matière Sèche (103°C)	603	/	302,8	/	268	/	243,5	/	/	/	/	/	200
Mat. minérales (550°C)	/	/	249,8	824,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Mat. volatiles	34	56,5	53,05	175,2	39,6	147,8	37,35	153,4	/	/	/	/	233,5
Azote Tot. Kjeldahl en N	1,45	2,4	1,3	4,3	2	7,45	1,07	4,4	/	/	/	/	10
Phosphore Total en P	0,43	0,71	0,35	1,15	0,35	1,3	0,21	0,86	/	/	/	/	1,25
P2O5	0,98	1,62	0,8	2,65	0,8	3	0,48	1,97	/	/	/	/	2,85
Mat. Organique (Anne)	/	/	5	16,5	1,35	5,05	1,9	7,8	/	/	/	/	/
Granulo. (g/100g)													
Argile F<2 µm	10,7	17,75	11,3	37,3	6,7	25	9,25	37,95	/	/	/	/	/
Limon fin 2µm<F<20µm	7,4	12,3	10,15	33,5	5,55	20,7	7,8	32,1	/	/	/	/	/
L. grossier 20µm<F<50µm	9,6	15,9	3,15	10,4	7,5	27,95	2,15	8,8	/	/	/	/	/
Sable fin 50µm<F<100µm	1,6	2,65	0,45	1,4	3,64	13,55	2,4	9,85	/	/	/	/	/
100µm<F<200µm	6,9	11,45	0,1	0,3	1,2	4,5	0,57	2,35	/	/	/	/	/
S. gross. 200µm<F<500µm	11,6	19,29	0,1	0,3	0,7	2,6	0,23	0,95	/	/	/	/	/
500µm<F<2mm	7,4	12,3	0,1	0,3	0,17	0,65	0,05	0,2	/	/	/	/	/
F>2mm	44,8	8,36	74,65	16,5	74,54	5,05	77,55	7,8	/	/	/	/	/
soit le %<50µm	27,7	45,95	24,6	81,2	19,75	73,65	19,2	78,85	/	/	/	/	/
nature du matériau	vase sableuse		vase sableuse		vase sableuse		vase sableuse		/	/	/	/	/
PCB (µg/kg MS)													
en DP5	/	<40	/	<65	/	8,86	/	94	/	/	/	/	/
en DP6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Mtx lourds (mg/kg Ms)													
Cu	/	9,7	/	40	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zn	/	56,5	/	148	/	108	/	133	/	/	/	/	136
Cd	/	2,4	/	0,7	/	<0,8	/	<0,5	/	/	1,44	1,61	5
Cr	/	16,3	/	49	/	26	/	46	/	/	/	/	35,2
Pb	/	33,8	/	18	/	27,4	/	30	/	/	0,76	1,97	122
Hg	/	0,15	/	0,42	/	0,31	/	0,5	/	/	0,133	0,286	0,07
As	/	<0,3	/	/	/	<0,8	/	16	/	/	0,7	1,45	12,5
Al	/	11070	/	/	/	19770	/	21150	/	/	/	/	21800
Ni	/	22,1	/	32	/	1,1	/	16	/	/	/	/	33,3
Sn	/	/	/	37	/	<8	/	<9,5	/	/	/	/	<1,2
CN totaux	/	/	/	/	<0,1	/	<0,4	/	/	/	/	/	0,5
HPA (µg/kg MS)													
fluoranthène	/	4,34	/	6,4	/	276	/	194	/	/	/	/	/
benzo(b) fluoranthène	/	2,56	/	12,8	/	191	/	123,5	/	/	/	/	/
benzo(k) fluoranthène	/	1,07	/	4,8	/	74	/	53,5	/	/	/	/	/
benzo(a) pyrène	/	1,96	/	9,6	/	132	/	80,5	/	/	/	/	/
benzo(ghi) pérylène	/	0,96	/	6,8	/	9	/	31	/	/	/	/	/
indénopyrène	/	0,76	/	6	/	103	/	<10	/	/	/	/	/
Bactéries (NPP/g)													
Coliformes fécaux	/	/	/	/	/	/	/	/	90	264	18	126	/
Coliformes totaux	/	/	/	/	/	/	/	/	558	27600	258	2760	/
Streptocoques fécaux	/	/	/	/	/	/	/	/	1440	27600	90	6600	/
Clostridium sulfito-réduct.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tab 3: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port de Courseulles, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE (sur partie inférieure à 2mm)

4) OUISTREHAM

Ouistreham est un important pôle économique pour la région de basse Normandie et sa capitale, depuis le XII^{ème} siècle. Son rôle s'est renforcé au cours du temps, grâce notamment à l'ouverture du canal de l'Orne en 1857, permettant le transit direct du commerce maritime de Caen, et grâce à la création en 1986 de la première passerelle trans-Manche.

Ouistreham, c'est aussi les marais qui bordent l'estuaire de l'Orne d'un grand intérêt ornithologique, car c'est un lieu de repos et d'hivernage pour de nombreux oiseaux migrateurs, botanique et faunistique, car c'est une zone à forte productivité biologique, typique aux milieux estuariens. Ces marais sont classés Espace Naturel Sensible par la Direction Régionale de l'Équipement (96), et sont placés sous la surveillance du Conservatoire de l'Espace Littoral et des rivages (CEL).

Ouistreham attire les touristes venus profiter des activités de plaisance, de baignade, et des produits de la mer ramenés de la pêche côtière au chalut (étrilles et crevettes), ou provenant des gisements naturels coquilliers (moules et coques) situés dans l'estuaire et l'embouchure de l'Orne (Fig.30). Cependant, le ramassage des coquillages par les professionnels est limité dans l'estuaire par l'insalubrité des eaux de l'Orne qui subissent une contamination bactériologique par les rejets urbains et agricoles du bassin versant (AESN, 96). Ces eaux reçoivent les effluents des stations d'épuration, et notamment ceux de la station de Colombelles qui ne sont pas traités (Affaires Maritimes, 96). Elles traversent des sols exploités par de grandes cultures, ou bien l'élevage de bovins. La grande majorité de ces sols est constituée de schistes, riches en matière minérales, et de granites riches sur le plan chimique (Nasseh et al., 96). L'important transit maritime du port de Caen contribue certainement aux apports anthropiques de l'Orne. Le tonnage des marchandises a augmenté de 4,5% entre 1994 et 1995 (CCI, 96). Les entrées dans le port sont principalement constituées de bois, de produits pétroliers, de charbons et d'engrais. Les sorties véhiculent quand à elles des céréales et des produits conditionnés sous froid à partir des 20000 m³ de hangars réfrigérés, qui se trouvent sur le quai de Calix. Il ne faut pas négliger le passage des bateaux de plaisance.

Le littoral marin est formé d'une dune côtière se prolongeant par un estran de sable fin (<0,5mm), présentant localement des bancs sableux comme celui de Merville qui se déplace vers le Sud (1 km entre 1968 et 1980). Ces mouvements provoquent des apports de sables dans l'estuaire de l'Orne et le chenal d'accès du port (Fig31). Les dragages sont par conséquent importants et fréquents dans ces parties de l'estuaire. Les matériaux sont rejetés au Nord-Est de l'entrée de l'avant port, et sont constitués essentiellement de sables et de quelques vases. Ils sont rapidement dispersés par les houles et les courants marins, qui sont parallèles aux côtes. Les impacts biologiques sur la zone de rejet sont estimés faibles et localisés (BEGCH, 81).

Les résultats géochimiques et bactériologiques collectés sur la région de Ouistreham proviennent:

- des suivis de dragage par la DDE (Tab.44) de l'avant port et du chenal d'accès, entre 1982 et 1992 (Fig.32).
- des travaux de Dubrulle sur l'embouchure de l'Orne (Fig.33) en 1982 (Tab.45), et de l'étude des rejets sur la zone de clapage, par le laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen (Tab.46).
- d'une deuxième étude effectuée en 1992 par le laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen (Tab.47), et qui concerne cette fois les sédiments de l'Orne (Fig.34).

Les sédiments dans le chenal et l'avant port, entre 82 et 92

Les résultats géochimiques demandés par la DDE dans le cadre du contrôle régulier des rejets de dragage du port, ont été effectués par le laboratoire départemental de Rouen (DDE, 96) en 1990 (Tab.14). Nous les complétons avec ceux effectués par le laboratoire de géologie marine de Caen (Texier *et al.*, 97) en 1992 (Tab.16).

Jusqu'en 1990, les concentrations métalliques dans les sédiments de l'avant port et du chenal n'excèdent pas les normes maximales fixées par le GEODE, excepté dans le chenal pour

le Hg en 1980. La concentration qui s'y trouve relevée (0,822 µg/kg) est supérieure au niveau 2 (0,8 µg/kg). Les sédiments de l'avant port et du chenal affichent de fortes concentrations en Hg jusqu'en 1988, mais se placent en dessous des valeurs du bruit de fond géologique en 1990.

En 1992, le laboratoire de géologie marine relève de fortes teneurs en Cd (5 µg/kg) et en Ni (76 µg/kg) dans les sédiments de l'avant port. Les niveaux de référence du GEODE sont dépassés.

Pour s'affranchir des variations granulométriques, nous normalisons les concentrations à Al et nous calculons les FC par rapport à la zone du Cotentin (Tab.10). Ces derniers traduisent un même enrichissement de tous les sédiments en Cu, Pb, Hg, Zn, Ni et Cd. Ces métaux peuvent provenir des apports anthropiques ou naturels de l'amont à l'aval, avec les matériaux du large (banc de Merville) qui pénètrent dans l'avant port pendant l'étiage.

Les résultats en bactéries relevés en 1990, dans les sédiments du port n'indiquent pas de contamination. Ce site est ouvert au large, ce qui facilite la dispersion des germes bactériens.

Les sédiments de l'embouchure de l'Orne et de la zone de dragage

Les résultats géochimiques des sédiments de l'embouchure de l'Orne (Tab.15) sont issus des travaux de Dubrulle (82), et ceux des sédiments de la zone de dragage (Tab.16) sont fournis par le laboratoire de géologie marine de Caen (Texier *et al.*, 97).

Dans son analyse des sédiments de l'Orne, Dubrulle normalise les concentrations métalliques à Al et calcule les FC par rapport à la zone du parfond, suivant la méthode de Boust (81). En étiage, elle constate qu'il n'y a pas de transport de sédiments fins vers la baie de Seine, mais plutôt une entrée dans l'avant port, de matériaux chargés en Zn, Cu, Ni et Cd provenant des bancs de Riva Bella et de Merville, ainsi que des slikkes de la baie de Sallenelles. En crue, des matériaux riches en Fe, Cu, Mn et Zn sont repoussés vers le large, sur un rayon de 6 à 7 km des côtes. En 1980, Boust constatait déjà la présence du Cu et du Ni dans les sédiments de l'embouchure de l'Orne.

Les teneurs métalliques brutes relevées par le laboratoire de géologie marine dans les sédiments de la zone de dragage, sont très élevées et supérieures à celles trouvées en Mer du Nord (Tab.11). Les teneurs normalisées à Al demeurent importantes dans cette partie de la baie de Seine, et les FC (Tab.5) par rapport à la zone du Cotentin indiquent une forte présence du Cu, Zn, Pb et Cd dans les sédiments. Ce sont les mêmes métaux lourds qui sont trouvés dans l'avant port, mais avec des concentrations légèrement plus élevées (Tab.14 et 16). Les matériaux dragués semblent peu se disperser lors du clapage.

Les sédiments de l'Orne

Les résultats des sédiments de l'Orne sont issus de la thèse de Dubrulle (82) (Tab.15) et d'une campagne effectuée par le laboratoire de géologie marine de Caen (Texier *et al.*, 93) en 1992 (Tab.17).

En 1982, Dubrulle relève d'importantes concentrations en Hg (0,2 à 0,6 µg/kg) et Cd (0,2 à 2 µg/kg) dans les sédiments de l'Orne. En 1992, le laboratoire de géologie marine relève d'importantes teneurs en Cd. La présence de cet élément métallique semble issue d'apports continus dans les eaux de l'Orne.

ZONING

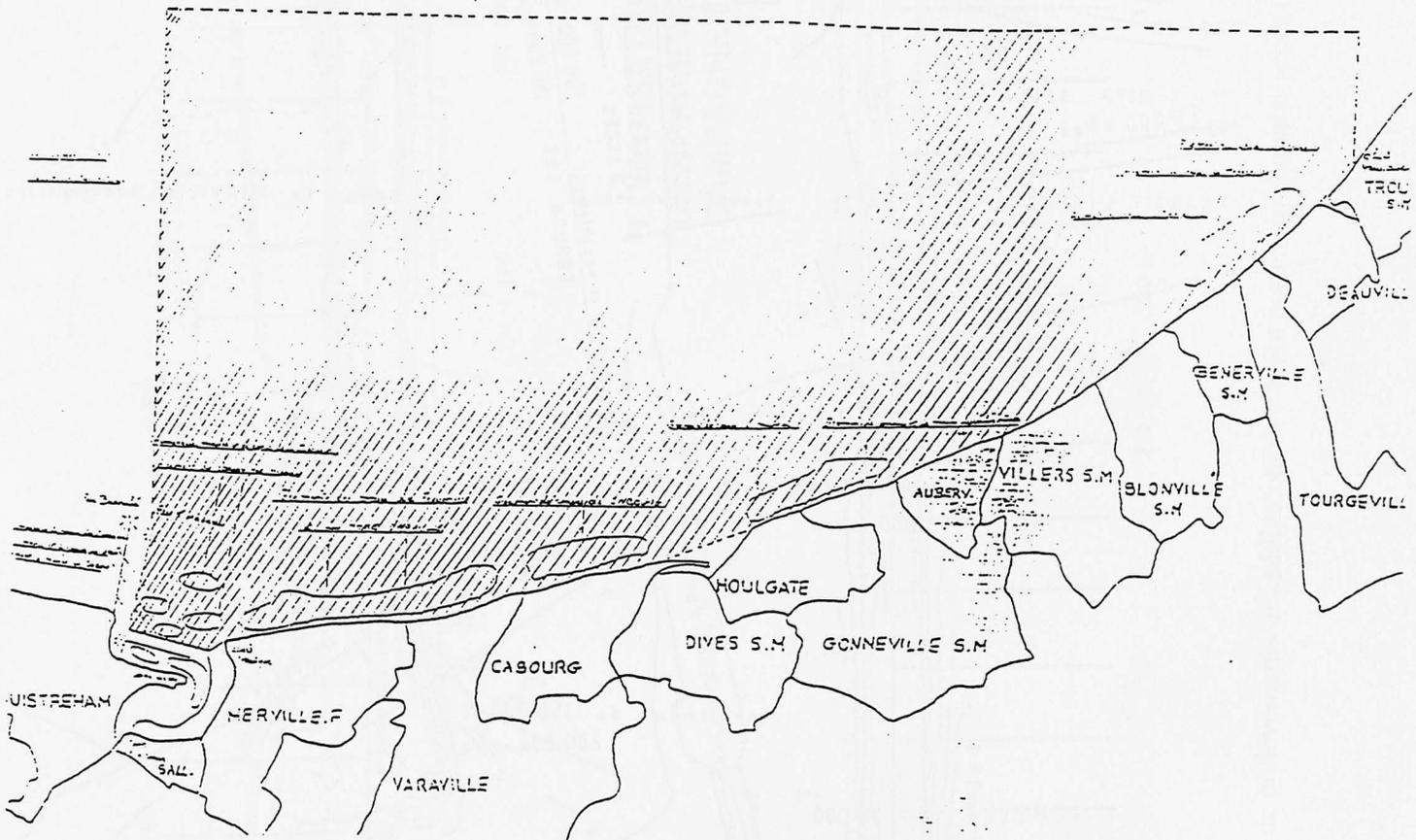


Fig 30: Les gisements naturels côtiers aux alentours de Ouistreham, sur la côte Fleurie (.Affaires maritimes. 96)

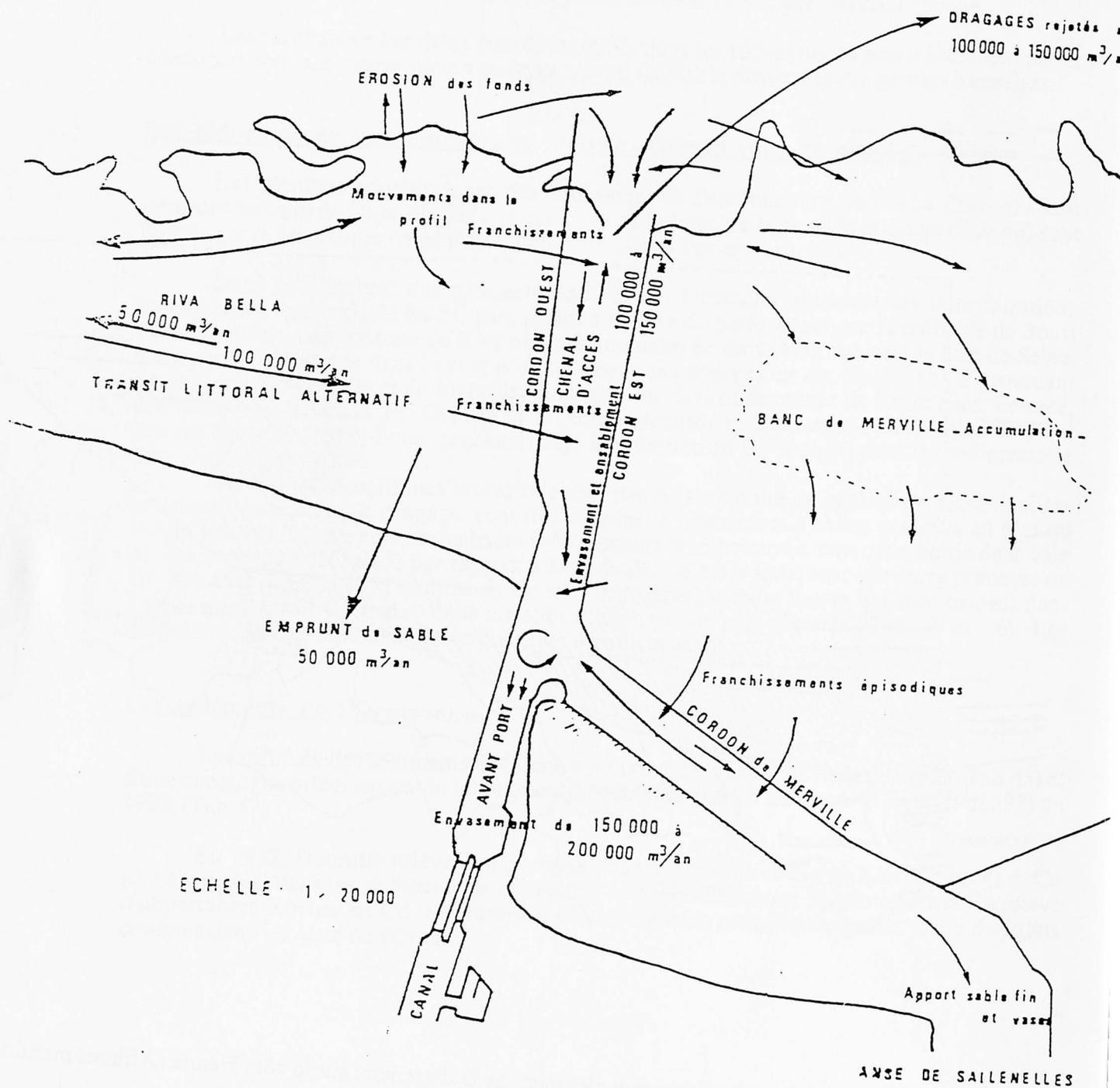
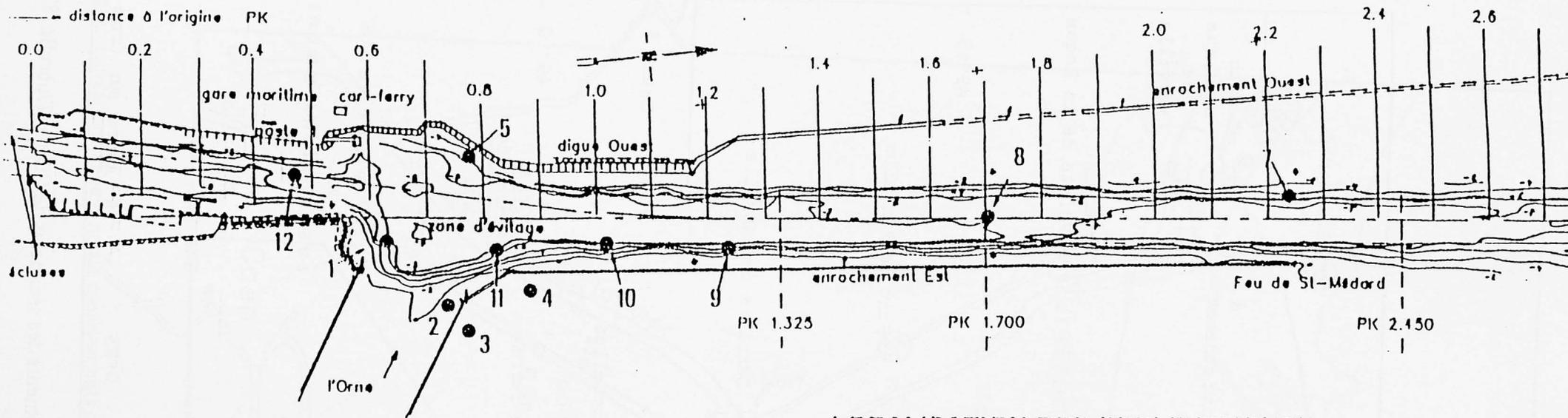


Fig. 31 : Mouvements sédimentaires près du chenal de Ouistreham (BEGCH, 81)



**LOCALISATION DES PRELEVEMENTS
DE SEDIMENTS SUPERFICIELS
CAMPAGNE DE NOV. 1990**

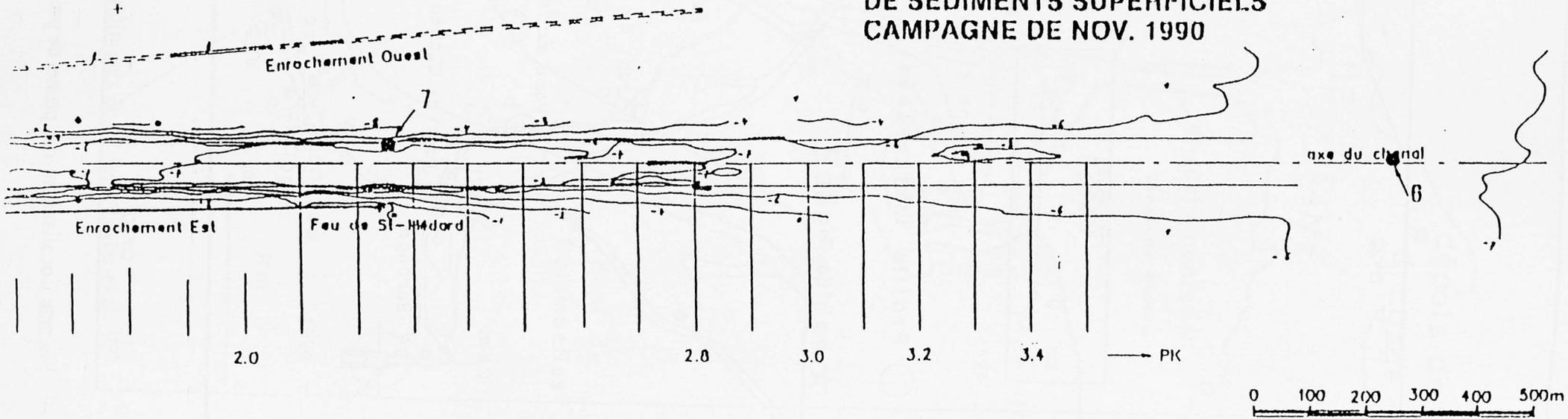


Fig.32: Localisations des points de prélèvements des sédiments de l'avant port et du chenal d'accès de Ouistreham, en 1992

Cotes en mètres rapportées
au zéro des cartes marines (CM)
d'après le SM Ouistreham

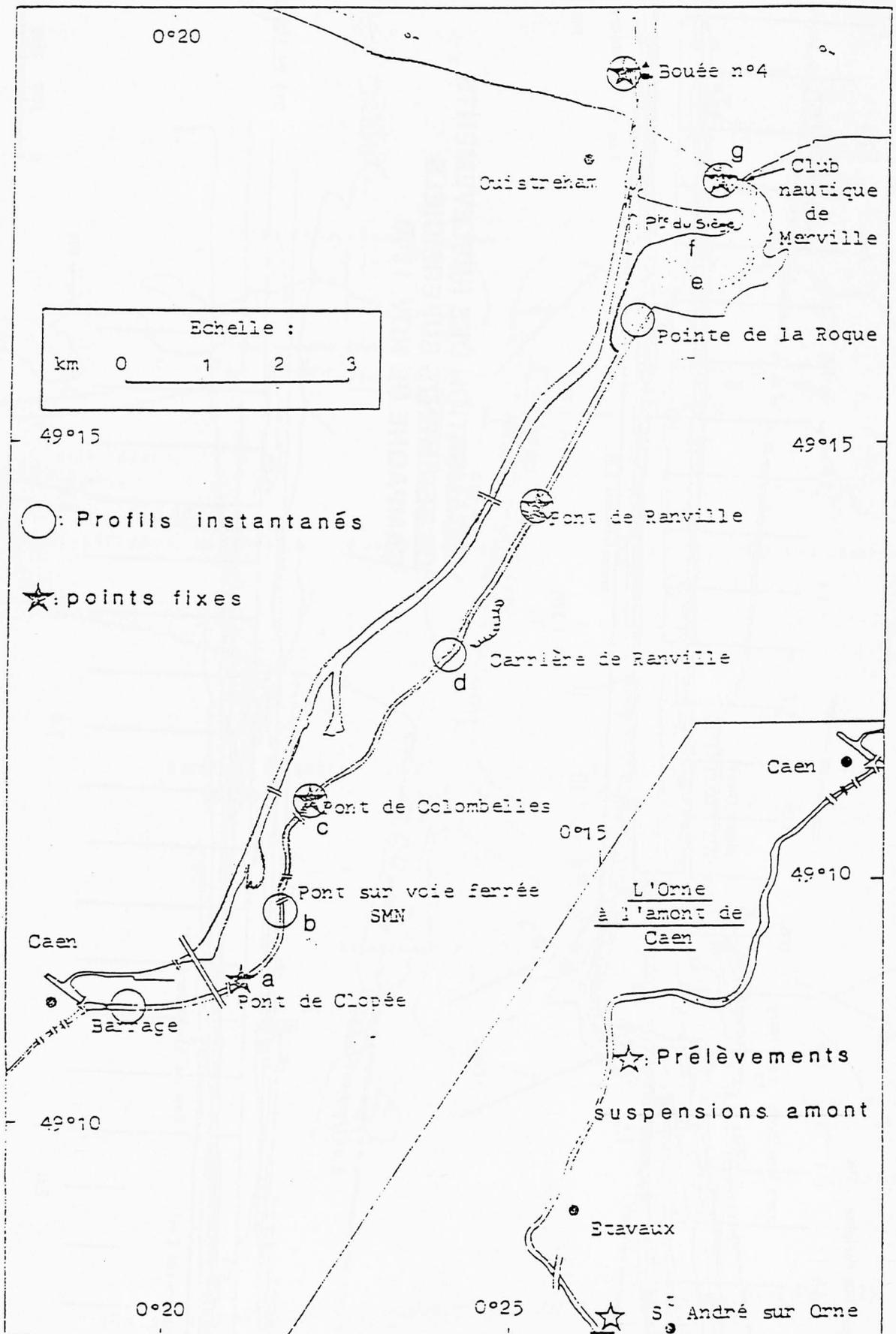


Fig. 33: Localisations des points de prélèvements des sédiments de l'Orne (Dubrulle, 82)

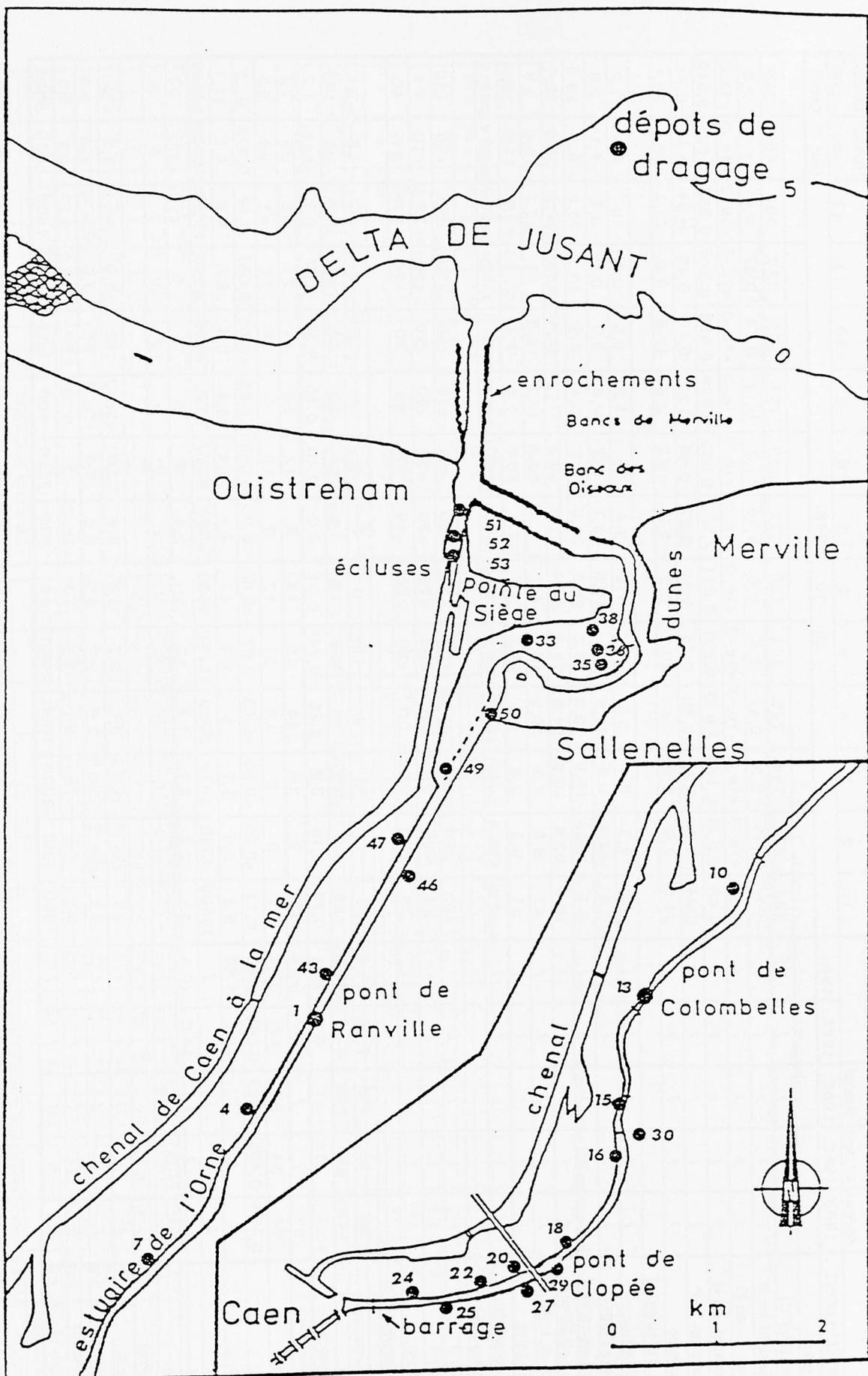


Fig.34: Localisations des points de prélèvements des sédiments de l'Orne (Texier et al., 93)

Laboratoire d'analyse	FRE MER			?		Laboratoire départemental de Rouen														Benouville	Maresquier
	a chenal	b av.port	c chenal	zone d'évitage		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
DATE DE PRELEVEMENT	1980.	1980.	1980.	1986.	1988.	25. 10. 1990.														(sur l'Orne)	
en g/kg																					
Matière Sèche (103°C)	/	/	/	/	/	464	774	749	748	441	760	771	626	751	676	719	493	480	389		
Azote Tot. Kjeldahl en N	/	/	/	/	/	2,8	0,17	0,3	0,47	2,6	0,6	0,16	1,2	0,11	0,74	0,67	2,6	1,4	2,4		
Azote Nitrique en N	/	/	/	/	/	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3	<1e.-3		
Azote Ammoniacal en N	/	/	/	/	/	0,43	3,5.-3	0,169	2,8.-3	0,297	0,011	7,1.-3	0,083	2,6.-3	0,063	0,074	0,353	0,021	0,049		
Phosphore Total en P	/	/	/	/	/	0,84	0,2	0,28	0,35	0,75	0,31	0,27	0,63	0,22	0,49	0,42	0,94	0,44	0,74		
Carbone Organique	/	/	/	/	/	24,9	2,5	2,8	3	20,1	2,3	2,7	16,2	2,8	12,5	3,8	23,7	12,6	25,1		
Granulo. (g/100g)																					
F>2mm	/	/	/	/	/	0	2,3	0,4	5,5	0	1,1	3,4	0	1,2	0,5	0,1	0	0,5	1,2		
0,5mm<F<2mm	/	/	/	/	/	0,1	13,5	8,9	10,9	0,5	15,9	13,7	0,3	2,6	2,9	0,1	0,1	1,1	2,8		
0,25mm<F<0,5mm	/	/	/	/	/	2,5	20	18,9	13,2	25,2	20,5	24,2	5,2	5,4	8,5	14,5	25,6	5,3	29,8		
0,125mm<F<0,25mm	/	/	/	/	/	19,4	62,9	60,9	54,9	28,6	54,4	52,3	54,4	76,6	64,4	68,2	37,2	60,9	25,5		
0,063mm<F<0,125mm	/	/	/	/	/	47	0,8	7,3	10,9	18,2	4,7	5,3	29,4	12,8	16,3	12	22,1	18,6	7,8		
F<0,063mm	/	/	/	/	/	31	0,5	3,6	4,6	27,5	3,4	1,1	10,7	1,4	7,4	5,1	15	13,6	32,9		
nature du matériau	/	/	/	/	/	vase sa.	sablon	sablon	sablon	vase sa.	sablon	sablon	sable v.	sablon	sable v.	sablon	sable v.	sable v.	sable v.		
PCB (µg/kg MS)																					
en DP3	/	/	/	/	/	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50		
en DP5	/	/	/	/	/	23	<20	28	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	22	<20	74		
en DP6	/	/	/	/	/	23	<20	30	50	<20	<20	<20	52	38	20	<20	67	51	63		
Mtx lourds (mg/kg Ms)																					
Cu	23	16	22	2,56	21,8	15	2	3	4	16	3	2	9	3	12	9	15	13	31		
Zn	148	117	199	14,5	96,5	108	20	22	28	102	35	14	61	13	40	43	114	88	193		
Cd	<1	<1	<1	1	<0,1	0,78	0,19	0,2	0,25	0,74	0,31	0,2	0,46	0,18	0,34	0,37	0,7	0,41	1,2		
Cr	62	/	/	8,4	36,4	52	9	16	14	48	15	8	32	12	21	21	51	35	72		
Pb	44	34	58	17	37,4	31	8	8	12	31	17	7	18	5	88	15	31	24	53		
Hg	0,553	0,406	0,822	0,043	0,45	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,058	<0,05	<0,05	0,061	0,17	0,093	0,22		
As	/	/	/	<0,5	1,59	8,4	5,4	5,7	6	8,7	11	4,4	6,4	8,4	5,4	5,6	8,8	5,8	11,1		
Al	/	/	/	/	/	18800	4380	5070	5360	18700	5030	4680	8060	6720	6980	6680	18500	10800	24600		
Ni	14	12	15	14,8	<0,5	15	2,4	3,8	4,7	16	5,1	2,4	9	5	7	5	20	11	23		
Mn	203	229	246	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Bactéries (NPP/g)																					
Coliformes fécaux	/	/	/	/	/	43	<3e.-2	3,6	3,6	9,2	3,6	3,6	3,6	<3e.-2	15	3,6	<3e.-2	9,2	<3e.-2		
Coliformes totaux	/	/	/	/	/	43	<3e.-2	3,6	3,6	9,2	3,6	3,6	3,6	<3e.-2	15	3,6	<3e.-2	9,2	3,6		
Streptocoques fécaux	/	/	/	/	/	93	23	75	93	93	23	<3e.-2	3	0,36	23	15	9,2	23	43		
Clostridium sulfito-réduct.	/	/	/	/	/	1000	30	2000	1000	2000	40	200	2000	100	900	1000	1000	5000	5000		

Tab.14: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port et du chenal de Ouistreham, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE (sur partie inférieure à 2mm)

Laboratoire d'analyse Origine du matériau	Laboratoire de Rouen													
	a		b		c		d		e		f		g	
DATE DE PRELEVEMENT	.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.	
Granulo. (g/100g)														
F<50µm	62	67	38	19	36	33	35	37	48	35	93	79	54	45
nature du matériau	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase	vase	vase s.	vase s.
Mtx lourds (mg/kg Ms)														
Cu	50	60	35	30	35	20	35	20	29	18	43	30	29	20
Zn	285	340	210	180	190	160	165	130	130	100	210	160	110	100
Cd	0,8	2	0,5	1	0,5	0,8	0,4	1	0,3	0,5	0,5	1	0,2	0,8
Cr	75	77	62	38	56	36	60	33	52	26	82	45	47	33
Pb	90	100	78	62	65	64	65	50	50	39	90	68	65	44
Hg	0,4	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	/	0,4	0,3	0,3	0,2
Ni	21	33	16	13	14	11	15	12	13	9	20	16	15	11
Fe	27000	30000	24000	16000	21500	17000	21500	16000	20000	13700	28500	19000	21000	14000

Laboratoire d'analyse Origine du matériau	Laboratoire de Rouen					
	CRUE			ETIAGE		
1980	Embouchure de l'Orne			Embouchure de l'Orne		
	minl	maxl	moy	minl	maxl	moy
Granulo. (g/100g)						
F<50µm	0,1	91	17	0,6	87	12
nature du matériau	sable	vase	/	sable	vase	/
Mtx lourds (mg/kg Ms)						
Cu	5	16	10	1,5	30	5
Zn	30	180	60	30	170	55
Cd	0,01	0,4	0,1	0	1	0,1
Cr	5	75	20	3	54	11
Pb	13	65	30	14	62	25
Hg	0,01	0,4	0,07	0,01	0,24	0,04
Ni	1	21	5	0,1	21	3
Mn	160	450	280	186	527	270
Co	/	/	/	1,5	5,5	3
Fe	6000	26000	13000	6700	15500	9600

Laboratoire d'analyse Origine du matériau	Laboratoire de Rouen													
	a		b		c		d		e		f		g	
DATE DE PRELEVEMENT	.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.		.19 80.	
Mtx normalisés à Al														
Cu/Al	14	19	/	/	/	/	16	11	11	/	11	10	/	9
Zn/Al	82	108	/	/	/	/	74	69	52	/	55	55	/	45
Cd/Al	0,2	0,6	/	/	/	/	0,2	0,6	0,1	/	0,1	0,4	/	0,4
Cr/Al	21	24	/	/	/	/	27	17	21	/	22	16	/	15
Pb/Al	26	32	/	/	/	/	29	27	20	/	24	23	/	20
Hg/Al	0,1	0,12	/	/	/	/	0,12	0,1	0,1	/	0,1	0,1	/	0,1
Ni/Al	6	11	/	/	/	/	7	6	5	/	5	6	/	5

sur l'Orne:

- a : pont de Clopée
b : passerelle voie ferrée de la métallurgie Normande
c : pont de Colombelles
d : carrière de Ranville
e : méandre central de Sallenelles
f : slikke de la pointe du Siège
g : club nautique

Origine du matériau	CRUE			ETIAGE		
	Embouchure de l'Orne			Embouchure de l'Orne		
1980	minl	maxl	moy	minl	maxl	moy
Mtx traces normalisés						
Cu/Al	4	14	8	2	9	3
Zn/Al	32	87	48	26	48	39
Cd/Al	0	0,2	0,06	0	2,2	0,1
Cr/Al	9	20	16	3	17	8
Pb/Al	12	48	24	14	22	18
Hg/Al	0,02	0,1	0,04	0,01	0,08	0,04
Ni/Al	1,6	5,8	4	0,1	6	2
Mn/Al	120	583	240	130	261	185
Co/Al	/	/	/	1,6	3,2	2
Fe/Al	0,5	2,7	1,1	0,4	1,2	0,8

Tab 15: Résultats des concentrations métalliques brutes et normalisées à Al relevés dans les sédiments de l'Orne et de son embouchure par Dubrulle, en 1980

Laboratoire d'analyse	Laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen																				
	ADM 1	ADM 2	ADM 3	ADM 4	ADM 5	ADM 6	ADM 8	ADM 9	ADM 20	ADM 22	ADM 26	ADM 33	ADM 36	ADM 40	ADM 41	ADM 42	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5
DATE DE PRELEVEMENT	27.08. 1992						11.09. 1992.										27.08. 1992				
%																					
Perte au feu (1000°C)	18,8	18,8	21,4	19,8	21,3	20,1	14,93	19,37	20,97	20,16	20,23	19,96	21,85	19,93	20,82	19,17	24,5	21,8	23,7	17,35	22,15
Humidité (105°C)	0,83	1,47	1,4	1,18	1,58	1,28	1,33	1,55	1,85	1,78	1,4	1,4	1,75	1,6	1,74	1,34	1,55	2,09	1,21	1,53	1,67
SiO ₂	49,56	47,36	44,13	47,49	45,06	45,95	52,76	44,19	41,41	42,91	43,85	44,55	40,97	44,36	42,16	46	43,75	45,17	49,63	42,83	45,57
Al ₂ O ₃	7,33	7,62	6,87	6,48	6,82	6,19	7,39	7,3	8	7,89	7,34	7,43	7,24	7,69	7,98	7,52	7,42	7,07	6,33	7,6	6,97
Fe ₂ O ₃	2,96	3,35	3,09	2,9	3,13	3	3,8	3,98	3,78	3,8	3,66	3,52	3,8	3,86	3,95	3,57	3,8	4,47	3,96	4,76	2,44
MgO	1,47	1,69	1,67	1,47	1,58	1,55	1,39	1,43	1,91	1,59	1,7	1,63	1,64	1,67	1,67	1,61	1,68	1,87	1,89	1,99	1,35
CaO	15,88	15,56	15,81	16,61	16,86	13,08	12,77	17,44	16,79	16,93	16,68	16,47	17,49	16,23	16,51	16,02	13,5	15,6	15,67	14,86	14,09
K ₂ O	1,54	1,68	1,2	1,45	1,5	1,38	1,68	1,4	1,61	1,67	1,6	1,58	1,52	1,65	1,5	1,62	1,59	1,85	1,78	1,99	1,37
Na ₂ O	1,07	1,04	2,39	1,02	1,1	1,06	0,85	0,78	1,07	0,9	1,05	0,88	1,4	0,97	0,83	0,85	2,08	0,76	1,8	1,51	2,04
TiO ₂	0,53	0,52	0,38	0,5	0,47	0,48	0,42	0,48	0,5	0,5	0,47	0,47	0,45	0,48	0,48	0,47	0,42	0,48	0,49	0,5	0,51
MnO	0,046	0,045	0,045	0,045	0,046	0,046	0,05	0,046	0,049	0,052	0,057	0,046	0,064	0,049	0,052	0,055	0,054	0,056	0,054	0,059	0,046
CO	1,62	2,68	2,18	1,67	2,4	2,09	1,93	1,93	2	1,91	1,75	1,94	2	2,07	2,3	1,83	1,57	1,42	1,87	1,72	1,92
NO	0,16	0,24	0,2	0,16	0,23	0,18	0,18	0,21	0,2	0,18	0,17	0,18	0,2	0,19	0,22	0,21	0,13	0,11	0,19	0,17	0,23
C/N	10,13	11,17	10,9	10,44	10,43	11,61	10,72	9,19	10	10,61	10,29	10,78	10	10,89	10,45	8,71	12,08	12,91	9,84	10,12	8,35
Granulo. (g/100g)																					
% Fines (<63µm)	5,45	4,6	4,5	4,98	4,59	3,9	0,38	0,82	0,74	1,34	2,13	1,77	0,35	4,55	52,75	3,59	89,26	84,91	84,82	83,14	82,36
Mtx lourds (mg/kg Ms)																					
Cu	33	21	24	25	25	24	54	32	33	31	33	32	31	33	41	32	34	36	35	40	21
Zn	100	96	113	101	112	97	124	129	149	141	131	127	129	137	168	125	154	184	153	187	74
Cd	3	3	3	3	3	2	5	5	8	7	9	4	4	4	5	5	5	5	3	3	3
Cr	70	65	75	65	75	70	60	70	70	80	70	70	70	75	75	70	90	105	95	110	65
Pb	70	79	98	76	106	110	134	87	78	68	69	64	77	62	73	62	66	66	62	77	45
Ni	61	60	59	63	53	50	54	54	53	51	54	50	51	50	51	50	66	76	69	75	46
Sr	390	380	445	415	430	465	280	420	435	425	425	415	445	420	425	400	355	385	380	395	330

ADM 1 à 6 et 33 à 42 : sédiments de la zone de dragage, après clapage

ADM 8 à 26 : sédiments de la zone de dragage, avant clapage

AP : sédiments de l'avant port (de l'écluse au ponton de plaisance)

Table 16: Résultats géochimiques sur les sédiments de la zone de dragage du port et du chenal d'accès de Ouistreham, relevés par le laboratoire de géologie marine de Caen, en 1992 (sur partie inférieure à 63µm)

(Texier et al., 97)

Laboratoire d'analyse	Laboratoire de Géologie Marine de l'université de Caen																											
Référence	1	4	7	10	13	15	16	18	20	22	24	25	27	29	30	33	35	37	38	43	46	47	49	50	51	52	53	
DATE DE PRELEVEMENT	10. 11. 1992.								12. 11. 1992.								10. 12. 1992.				16. 11. 1992.							
%																												
SiO ₂	45,79	52,2	55,76	37,28	50,44	47,25	50,54	53,4	49,36	50,17	47,14	53,13	51,25	48,92	54,74	53,25	48,52	49,92	38,2	/	/	/	/	/	39,1	51,13	44,97	
Al ₂ O ₃	7,02	5,3	4,94	9	6,16	6,46	6,64	5,5	5,85	6,39	6,18	5,18	5,55	5,8	5,87	5,75	6,84	7,38	8,62	7,87	8,85	7,12	4,89	8,13	10,76	7,51	8,17	
Fe ₂ O ₃	3,64	2,81	2,39	4,94	3,23	3,27	3,79	2,82	3,22	3,25	2,86	2,63	2,89	3,2	2,97	2,54	3,46	3,23	4,38	3,42	3,5	3,99	1,99	4,23	5,18	3,46	3,89	
MgO	1,43	1,2	1,08	1,55	1,25	1,27	1,26	1,14	1,25	1,2	1,19	1,19	1,22	1,27	1,14	1,27	1,24	1,42	1,82	1,36	1,29	1,35	1,01	1,53	1,91	1,36	1,62	
CaO	15,91	15,84	15	14,3	15,66	16,36	13,77	14,82	15,66	14,96	17,34	15,91	15,56	15,98	13,74	16,23	16,4	15,12	15,6	16,47	16,51	15,32	20,71	15,7	13,08	14,41	14,76	
K ₂ O	1,63	1,32	1,28	1,9	1,42	1,44	1,5	1,18	1,45	1,45	1,33	1,33	1,36	1,42	1,41	1,39	1,42	1,62	1,85	1,57	1,46	1,45	1,16	1,78	2,02	1,57	1,75	
Na ₂ O	0,76	0,78	0,9	0,8	0,71	0,64	0,69	0,75	0,67	0,71	0,73	0,96	0,88	0,69	0,92	0,83	0,87	1,01	1,74	0,66	0,61	0,63	0,67	0,65	1,38	0,77	1,28	
TiO ₂	0,5	0,44	0,46	0,51	0,49	0,48	0,49	0,43	0,47	0,44	0,36	0,4	0,41	0,48	0,47	0,47	0,56	0,51	0,48	0,5	0,42	0,49	0,46	0,48	0,49	0,48	0,49	
MnO	0,048	0,044	0,047	0,053	0,049	0,05	0,056	0,047	0,05	0,052	0,048	0,045	0,048	0,052	0,049	0,041	0,058	0,044	0,07	0,044	0,043	0,044	0,049	0,048	0,072	0,062	0,059	
C	2,2	1,53	1,3	3,35	1,89	2,11	2,08	1,96	2,28	2,56	2,36	1,6	2,11	2,16	2,03	1,08	1,94	1,68	3,21	/	/	/	/	/	3,71	2,52	2,46	
N	0,21	0,14	0,14	0,39	0,21	0,21	0,22	0,2	0,31	0,26	0,22	0,14	0,19	0,22	0,19	0,09	0,18	0,033	0,18	/	/	/	/	/	0,35	0,22	0,23	
C/N	10,6	10,93	9,3	8,59	9	10,05	9,45	9,8	7,35	9,85	10,73	11,43	11,1	9,82	10,68	12	10,78	5,1	17,83	/	/	/	/	/	10,6	11,45	10,69	
Granulo. (g/100g)																												
F>2mm	0	0	0	0	0,041	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0,13	0,04	0	0,02	/	/	/	/	/	0	0	0	
0,5mm<F<2mm	0,045	0,22	0,15	0,27	0,22	0,22	0,18	0,39	0,23	0,31	0,14	0,33	0,25	0,28	0,33	0,47	0,37	0,47	0,48	/	/	/	/	/	0,88	0,35	0,48	
0,25mm<F<0,5mm	0,74	0,88	0,38	0,85	0,55	0,76	0,89	0,7	0,25	0,74	1,02	0,56	0,55	0,81	1	0,16	3,1	0,23	0,14	/	/	/	/	/	0,62	0,15	0,37	
0,125mm<F<0,25mm	17,17	10,7	9,03	13,5	7,94	7,1	7,93	3,97	0,91	1,92	2,72	2,01	2,24	2,01	20	1,29	64,28	0,75	0,32	/	/	/	/	/	4,22	1,11	1,49	
0,063mm<F<0,125mm	37,46	37,4	34,4	38,64	39,77	30,24	40,33	26,93	10,47	13,19	9,8	17,34	16,13	11,9	46,34	14,48	27,09	8,43	0,79	/	/	/	/	/	26,03	18	7,79	
F<0,063mm	44,1	50,81	55,61	46,74	51,46	61,68	50,63	68	88,13	84	86,32	79,75	80,82	85	32,31	83,45	55,13	90,1	98,25	/	/	/	/	/	68,24	80,39	89,87	
nature du matériau	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase s.	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase s.	vase	vase s.	vase	vase	/	/	/	/	/	vase s.	vase	vase	
Mtx lourds (mg/kg Ms)																												
Cu	34	30	29	63	45	39	50	42	50	53	52	37	44	47	40	20	32	28	43	38	38	37	25	49	52	37	42	
Zn	166	117	92	289	158	157	225	146	172	174	152	128	152	163	154	92	185	128	194	161	175	186	63	212	320	161	176	
Cd	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	5	5	3	3	3	3	4	4	4	3	
Cr	95	70	55	105	65	70	85	60	70	75	60	105	110	70	60	40	60	70	70	70	65	70	55	90	95	65	65	
Pb	94	65	59	88	77	83	103	57	81	83	76	72	77	89	74	44	68	61	75	71	76	84	63	103	91	61	77	
Ni	48	36	33	68	45	40	47	36	43	45	45	37	41	40	47	32	44	43	60	58	62	59	41	63	71	47	52	
Sr	410	370	340	370	360	365	320	335	350	345	400	375	355	360	335	375	425	330	425	445	455	415	525	460	415	375	415	

Tab.17. Résultats géochimiques sur les sédiments de l'Orne, relevés par le laboratoire de géologie marine de Caen (Texier et al., 93) en 1992 (sur partie inférieure à 63µm)

5) DIVES SUR MER

L'estuaire de la Dives, au carrefour des villes de Cabourg, Dives/Mer et Houlgate, présente de nombreux intérêts, notamment touristique. La côte Fleurie (Fig.35) attire bon nombre de visiteurs toute l'année. Cette station balnéaire offre plusieurs activités liées à la mer comme la pêche à pied (Fig.36), la plaisance et la baignade.

L'estran sableux est large et permet une pêche au chalut de fond (crevettes), uniquement sur dérogation de septembre à décembre.

Les marais de Dives sont classés ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) de type 2*. Ils protègent une importante population de micromammifères, à la base d'un écosystème riche et varié. Cette zone est notamment déclarée zone d'intérêt communautaire pour la conservation des oiseaux (cigogne cendrée...). Les falaises des Vaches Noires, à l'Est de l'estuaire de la Dives, sont soumises à la "loi littoral" et classées ZNIEFF de type 1**. Elles appartiennent au CEL (conservatoire du littoral).

La Dives et la Vie, son principal affluent, traversent en amont des terrains calcaires couverts d'argiles et de limons, où domine l'agriculture générale avec herbivores (bovins à viande et à lait). La contamination de ces eaux est d'origine agricole, car elles reçoivent beaucoup de fertilisants (nitrates, nitrites et phosphates) lors du lessivage des sols. Elle est également d'origine urbaine, à mettre en relation avec les nombreux rejets d'eaux pluviales et usées des stations d'épuration, et en particulier les eaux du Drochon se déversant dans l'estuaire (Fig. 37) et l'égoût de la Darse en aval immédiat du port de plaisance. Ces eaux contaminées posent un problème de préservation de la salubrité des eaux littorales.

La première conséquence en est la qualité sanitaire des eaux de baignade classées en C sur les plages de Cabourg et d'Houlgate, jusqu'en 1994. Elle s'améliore en 1995 (A et B), mais les eaux restent momentanément polluées en période estivale, pendant laquelle la population augmente fortement (CREOCEAN, 95). Ce classement dépend aussi de la fréquence et de l'importance des pluies sur le bassin versant.

Une autre conséquence est la contamination fluctuante des gisements naturels coquilliers de la région. Les coques de Cabourg sont moyennement contaminées en 1995, celles de Houlgate ne sont plus exploitées ni contrôlées depuis 1993, faute de coquillages assez gros, et les gisements situés à l'entrée de l'estuaire sont de mauvaise qualité. Seuls les coquillages situés au large ont une qualité satisfaisante (CREOCEAN, 95). L'IFREMER et la DDASS déconseillent actuellement la pêche à pied aux riverains et aux touristes. Le ramassage par les professionnels reste cependant autorisé, puisque les coquillages suivent une épuration avant leur consommation.

La troisième conséquence est la contamination bactériologique des eaux de port Guillaume essentiellement liée aux eaux de la Dives et du Drochon, qui pénètrent dans le bassin avec les courants de flot (CREOCEAN, 95). Ces dernières entraînent avec elles des particules en suspension sur lesquelles sont fixées les polluants métalliques et organiques, qui décantent lors de l'étale de pleine mer (d'une durée estimée à 2 h). L'envasement du port de plaisance est de 30 cm par an, et oblige à un dragage tous les 4 à 5 ans. Les rejets (80% de vases et 20% de sables) sont déposés sur l'estran à 1,5 km de la côte, à l'Ouest du débouché en mer de la Dives (FIG.38). Il faut signaler que le port de plaisance est ouvert depuis 1991, sur l'ancien site de l'usine Tréfinmétaux.

Les résultats géochimiques et bactériologiques des sédiments de cette région sont issus de l'étude d'impact sur le milieu naturel, des dragages du port de plaisance, demandé par la DDE (Tab.18). Les matériaux étudiés sont ceux du port (Fig.39) et de l'estran (Fig.40).

Ils seront comparés aux résultats du RNO de 1993 (Tab.3) et à ceux de Boust (Tab.1), donnés dans le chapitre précédent.

**ZNIEFF de type 1 : secteur limité, caractérisé par la présence d'espèces, d'association d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristique du patrimoine naturel et régional.

*ZNIEFF de type 2 : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importants, où il convient de respecter l'équilibre écologique.

Les métaux traces

D'après les normes proposées par le GEODE, aucune contamination par les métaux lourds et par les PCB, n'est à envisager dans le milieu marin. Les concentrations sont proches des médianes.

Toutefois, le calcul des facteurs de concentration que nous avons fait par rapport à la zone du Cotentin laissent apparaître un enrichissement particulier des vases portuaires en Cu et en Hg, et dans une moindre mesure en Zn et en Cd. Le Cu, Zn et le Cd peuvent notamment être liés à l'utilisation des peintures antisalissures et des engrais sur le bassin versant, et le Hg à des résidus d'industries chimiques ou bien de papeterie (Martin *et al.*, 76). L'existence de ces éventuelles sources de pollution reste à démontrer. L'étude d'impact effectuée par CREOCEAN (95) conclue à une rapide dilution de ces contaminants métalliques lors du rejet des matériaux.

La bactériologie

Les sédiments vaseux du port Guillaume sont chargés en coliformes et streptocoques, tout particulièrement au fond du bassin où l'agitation est faible. Ces résultats sont liés à la mauvaise qualité sanitaire des eaux du port, où se déversent le Drochon et la Darse très chargés en germes fécaux. Les particules et les sédiments offrent un support de protection aux bactéries, qui peuvent survivre dans les eaux salines. L'étude d'impact demandée par la DDE au CREOCEAN (95), conclue à une dispersion de ces germes lors de leur rejet en mer. Leur survie est donc peu probable.

La matière organique

Des analyses complémentaires à celles fournies dans le tableau 18, ont été réalisées sur les sédiments du port de plaisance. Elles avancement de fortes teneurs en matière organique (10 à 13,3%), en phosphore (0,39 à 1g/kg) et en azote (0,84 à 4,2 g/kg), qui restent représentatives du milieu portuaire. Bien qu'il n'existe pas de normes définies pour ces concentrations, les taux ne sont pas assez élevés pour entraîner une contamination du milieu marin.

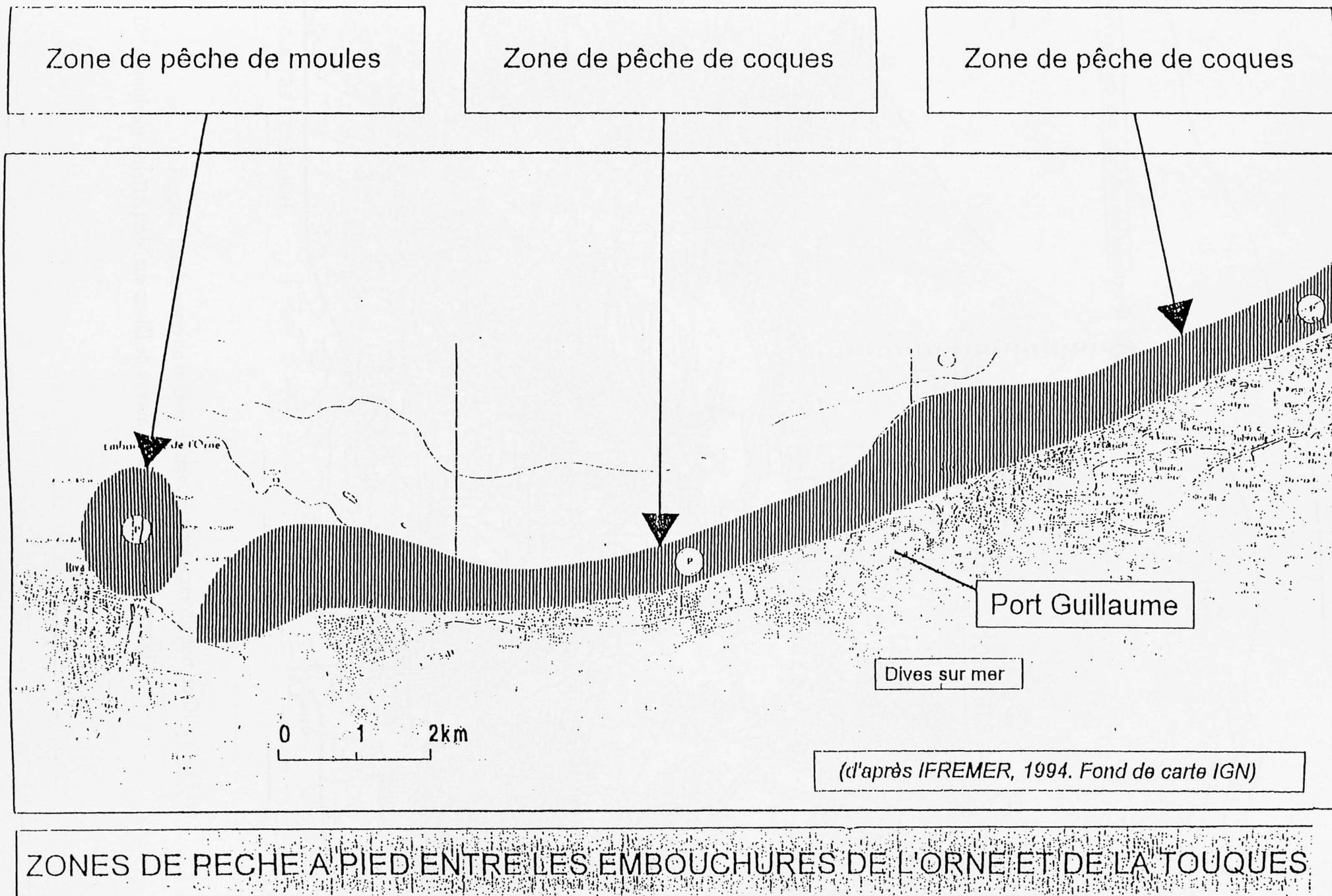


Fig.36: Les gisements naturels côtiers aux alentours de Dives sur Mer

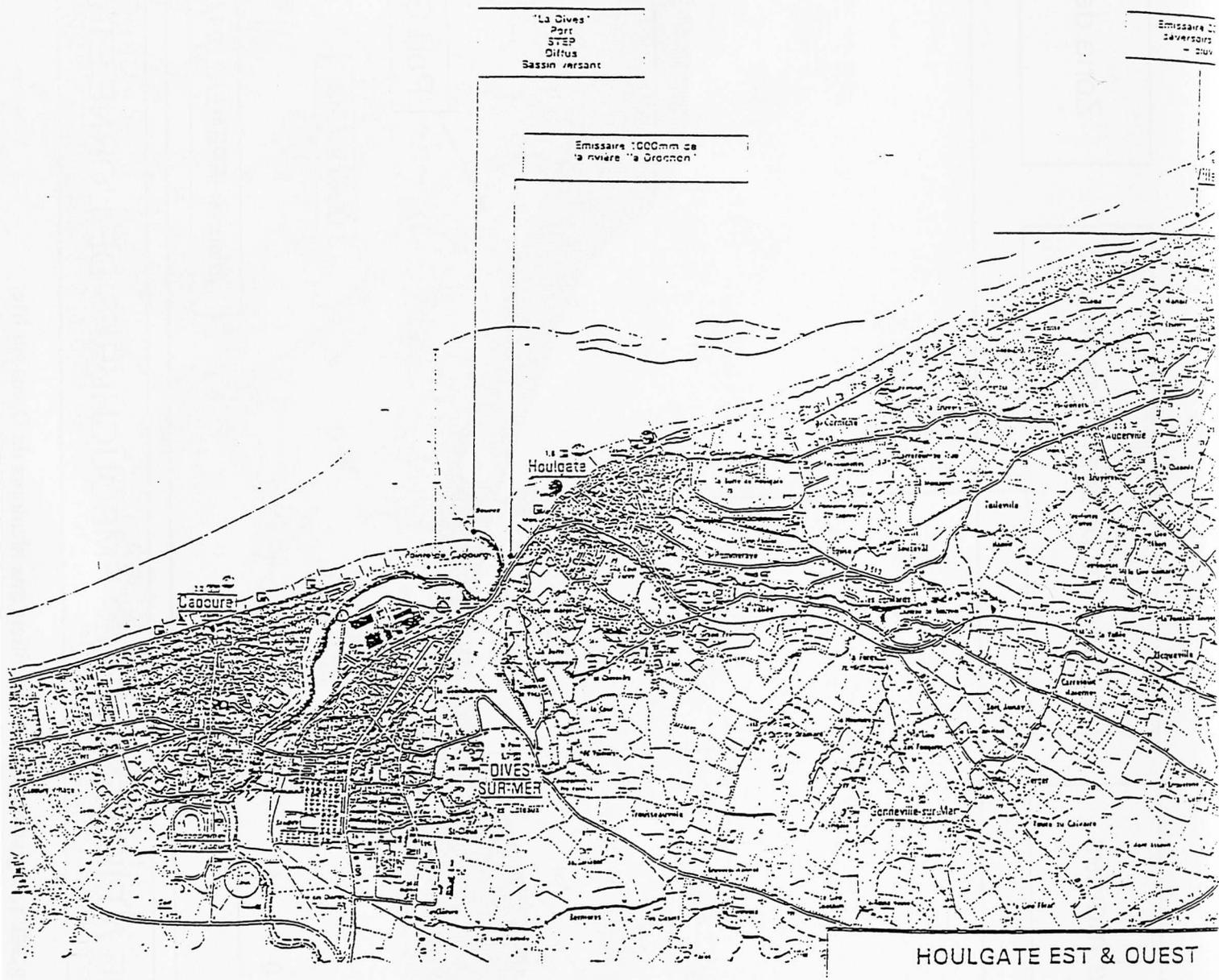


Fig.37. Les rejets côtiers au niveau de Dives sur Mer (Affaires maritimes, 96)

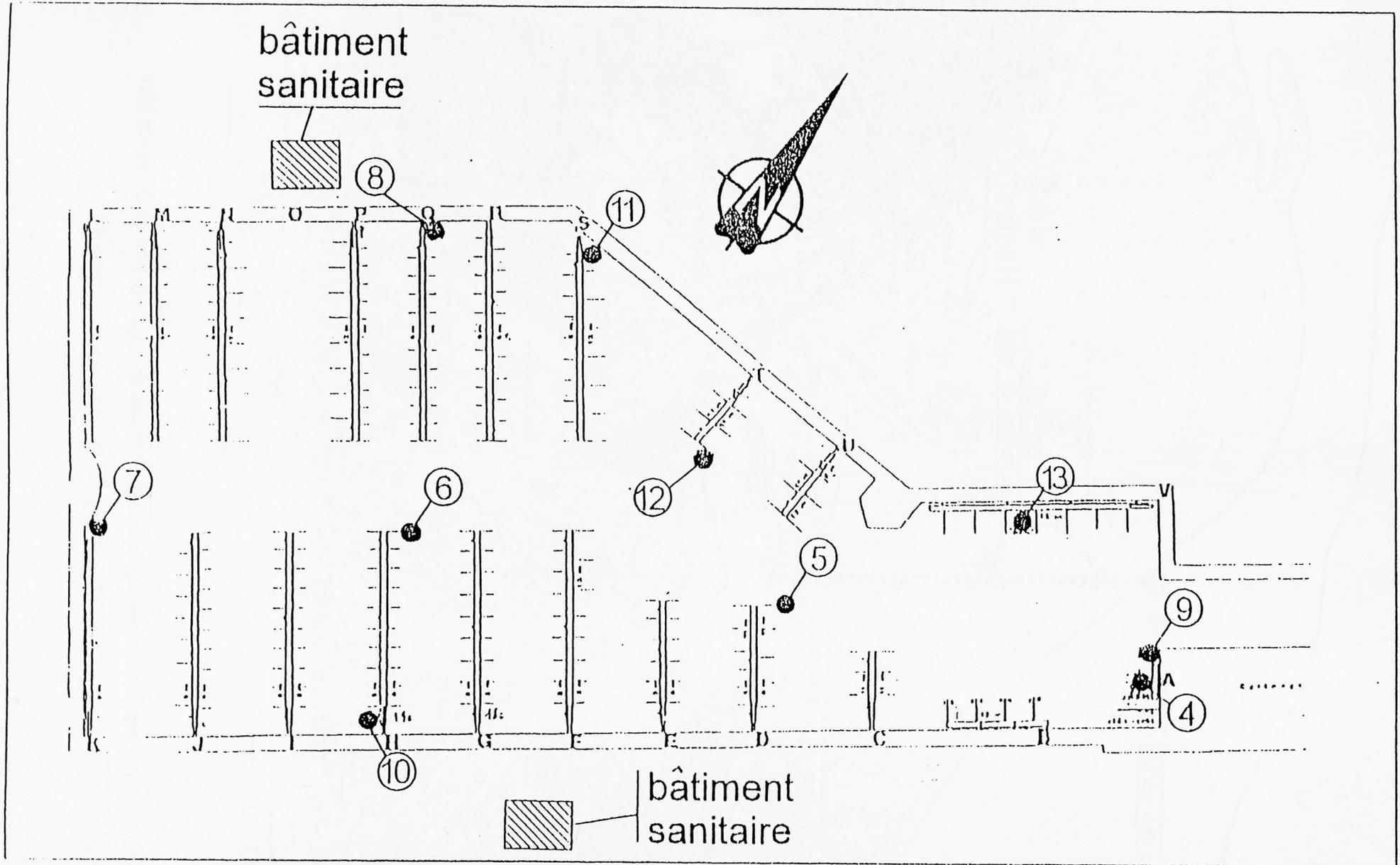


Fig. 39: Localisations des points de prélèvements des sédiments du port de Dives sur Mer (Port Guillaume), en 1995

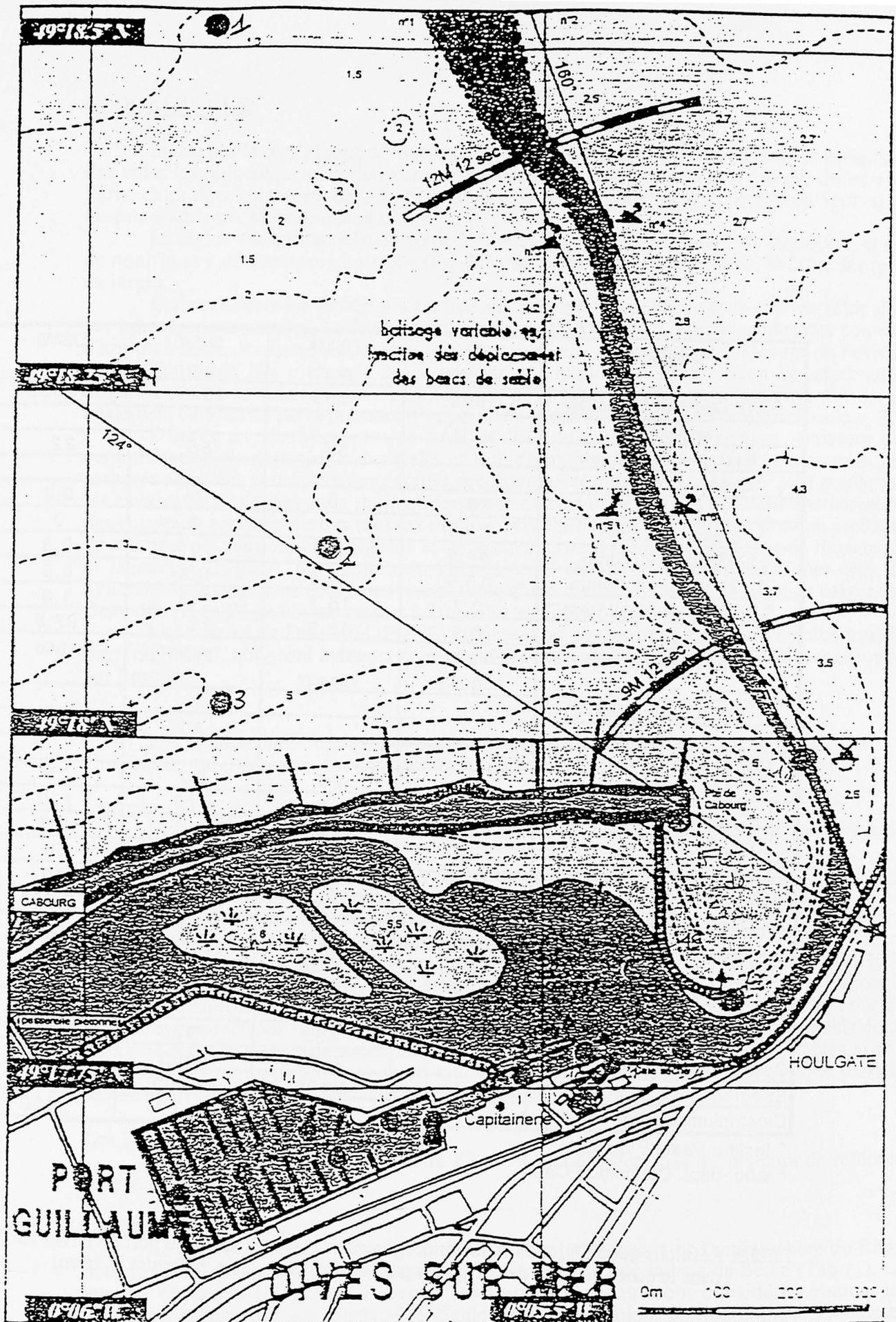


Fig40: Localisation du point de prélèvement du sédiment au large de Dives sur Mer, en 1995

Origine	DSM1 estran	DSM4 port	DSM6 port	DSM8 port
DATE DE PRELEVEMENT	1995.	1995.	1995.	1995.
en g/kg				
° Carbone Organique	7	51	38	22
*Granulo. (g/100g)				
F>2mm	16,1	0	0	0,2
0,5mm<F<2mm	21,9	0,1	0	0
0,25mm<F<0,5mm	44,9	1,5	0	0,3
0,125mm<F<0,25mm	15,9	33,9	0,3	0,5
0,063mm<F<0,125mm	0,7	16,1	1,2	1,3
F<0,063mm	0,9	48,5	98,7	97,8
nature du matériel	sable moy. coquiller	sable fin vaseux	vase	vase
°PCB (µg/kg MS)				
en DP5	/	/	10	/
Mtx lourds (mg/kg Ms)				
°Cu	7	25	30	33
°Zn	15	93	110	110
°Cd	0,1	0,4	0,5	0,5
°Cr	3	40	52	54
°Pb	6,4	24	32	43
°Hg	<0,01	0,17	0,2	0,23
°As	8,7	7,5	707	7,2
°Al	5000	25e.3	24e.3	19e.3
°Ni	<1	12	15	15
*Bactéries (NPP/g)				
Coliformes fécaux	/	430	1500	11000
Coliformes totaux	/	2400	4300	11000
Streptocoques fécaux	/	2400	43000	930
Clostridium sulfito-réduct.	/	4545	7270	8000

° Institut Pasteur de Lille

* labo. dépt. Duncombe Caen

Tab 18: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port de Dives sur Mer, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE (sur partie inférieure à 2mm)

6) DEAUVILLE

Située sur la côte Fleurie à l'embouchure de la Touques, Deauville se place comme l'une des villes les plus fréquentées du littoral calvadosien. Elle doit sa position à sa proximité avec Paris, et au développement de ses attraits touristiques : grandes plages de sables, festival du cinéma américain, hippodrome et autres.

La région côtière est riche du point de vue biologique. La biomasse est importante et sert de nourriture à de nombreux poissons (Fig.41) : soles, plies (près des côtes), et limandes (plus au large).

Cette productivité biologique est liée aux nombreuses substances nutritives véhiculées par les eaux continentales. La Touques traverse d'amont en aval, des plateaux de craie couverts d'argiles à silex, des terres recouvertes de sables argileux, et des marais. L'élevage de bovins à spécialisation de lait y est très développé, ce qui explique l'implantation de nombreuses industries laitières (Lisieux) et la prééminence des cultures de fourrage. Le pays d'Auge est également caractérisé par la présence d'importantes cidreries (Atlas agricole de Normandie, 92).

D'après un récent rapport de l'AESN (96), les eaux de la Touques subissent une contamination domestique, industrielle et une eutrophisation, qui sont en partie liées aux activités agricoles et industrielles décrites précédemment. Les rejets urbains y sont nombreux: les eaux usées et traitées de la station d'épuration de Deauville, les eaux pluviales et naturelles des ruisseaux aux alentours et les eaux du port, contaminent l'estuaire. Cela pose un problème de salubrité pour les eaux de baignade et les gisements coquilliers situés en face de Bennerville et Deauville (Fig.30), provisoirement classés en C en 1996 (Affaires Maritimes, 96). La dynamique des courants côtiers est responsable d'une meilleure qualité des eaux de baignade à Deauville (B en 94 et 95) par rapport à Trouville (en C pour la même période).

Les bassins de Deauville (Fig.42) subissent un envasement important comme tous les ports du littoral, obligeant à des dragages réguliers des vases qui sont rejetées au large du port, sur l'estran.

Les résultats géochimiques et bactériologiques des sédiments de cette région (Tab.19) émanent du suivi des dragages des bassins du port de Deauville, depuis 1985 (Fig.43 et 44).

Les métaux

Entre 1985 et 1994, les teneurs en Zn, Ni et Pb restent homogènes et de l'ordre des médianes calculées par le GEODE.

Jusqu'en 1991, les concentrations en As présentent une importante augmentation (de 1 µg/kg à 36 µg/kg), avant de revenir à des valeurs proches du bruit de fond naturel (4,4 µg/kg) en 1994. En 1985, le Cd dépasse le niveau 2 (2,4 µg/kg) fixé par le GEODE, avec 5µg/kg. Dès lors, sa présence diminue pour atteindre le bruit de fond naturel en 1994.

Quant au Cu, Cr et Hg, ils contaminent fortement les sédiments des bassins, en 1990 et 1991. Les teneurs en Hg sont les seules à dépasser le niveau limite, et à rester très importantes tout au long de ces années. Cossa *et al.* (90) proposent des valeurs entre 0,02 et 0,06 µg/kg pour des sédiments continentaux non pollués en Hg, et considèrent qu'il y a contamination au delà de 0,5 µg/kg de Hg. Cet élément possède la faculté de former des liaisons covalentes stables avec le carbone. L'importance des teneurs en matière organique et en carbone organique dans les milieux portuaires explique une telle concentration en Hg dans les vases.

Les PCB

Les concentrations relevées entre 87 et 94 ne dépassent pas les niveaux de référence proposés par le GEODE

Les HPA

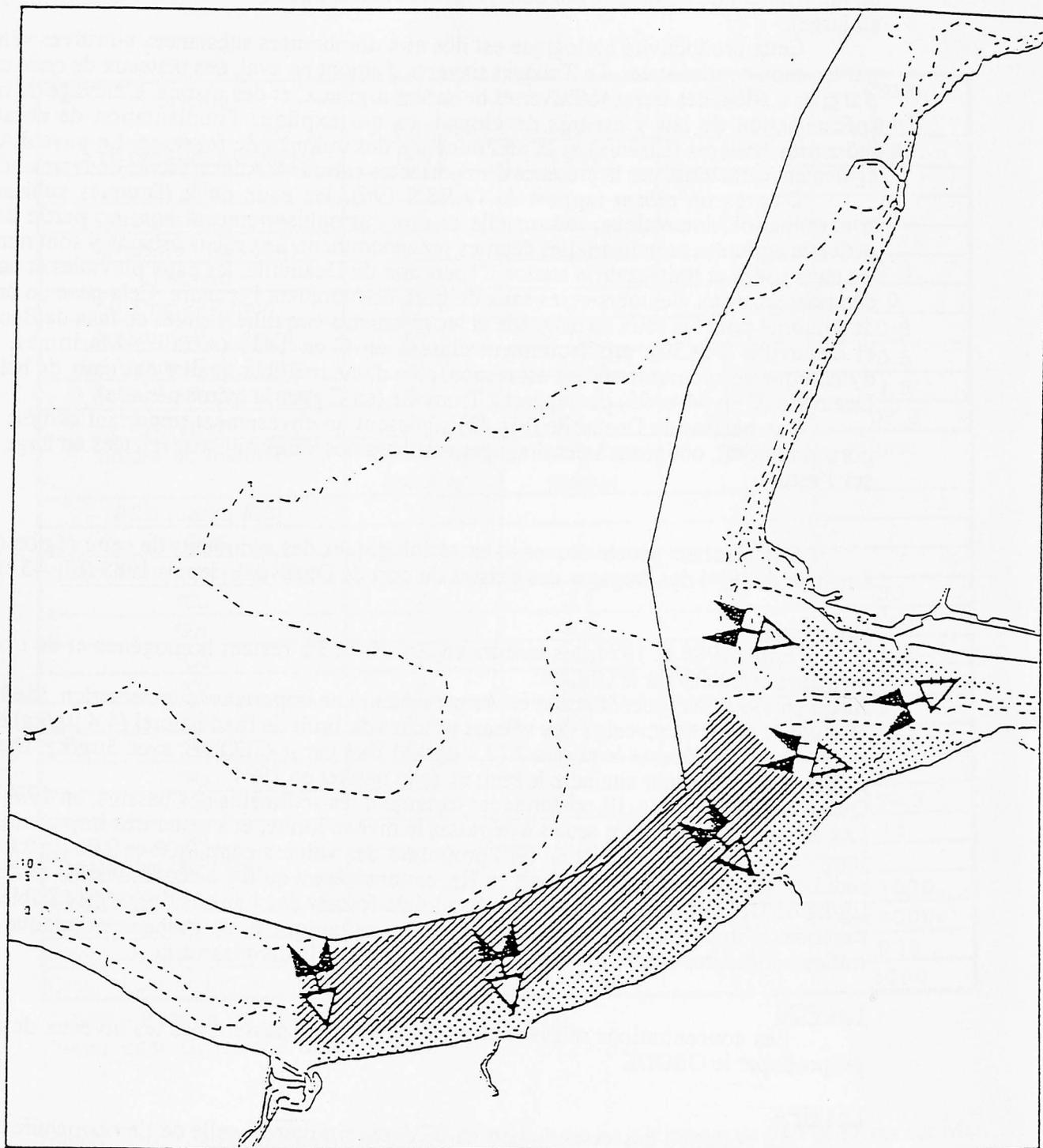
La pollution des vases du port en HPA est similaire à celle de l'embouchure du Rhône pour le fluoranthène, mais reste moins importante que celle de la baie de Seine (Tab.11). Les teneurs en benzo (a) pyrène et benzo (b) fluoranthène qui sont considérés comme des cancérigènes, ont diminué depuis 1985. Seules les concentrations en fluoranthène connaissent une augmentation durant ces années, pour se maintenir à un fort niveau en 1994. L'origine de ces molécules reste à déterminer par des mesures spécifiques.

Les bactéries

Le nombre de résultats bactériologiques est faible, mais les quantités de germes fécaux relevés dans les vases ne sont pas assez fortes pour contaminer les bassins.

La matière organique

Les importantes concentrations en sels nutritifs (azote, phosphore, nitrates et nitrites) ne sont pas négligeables, et sont de l'ordre des apports habituellement rencontrés dans les ports.



Nurseries de limandes



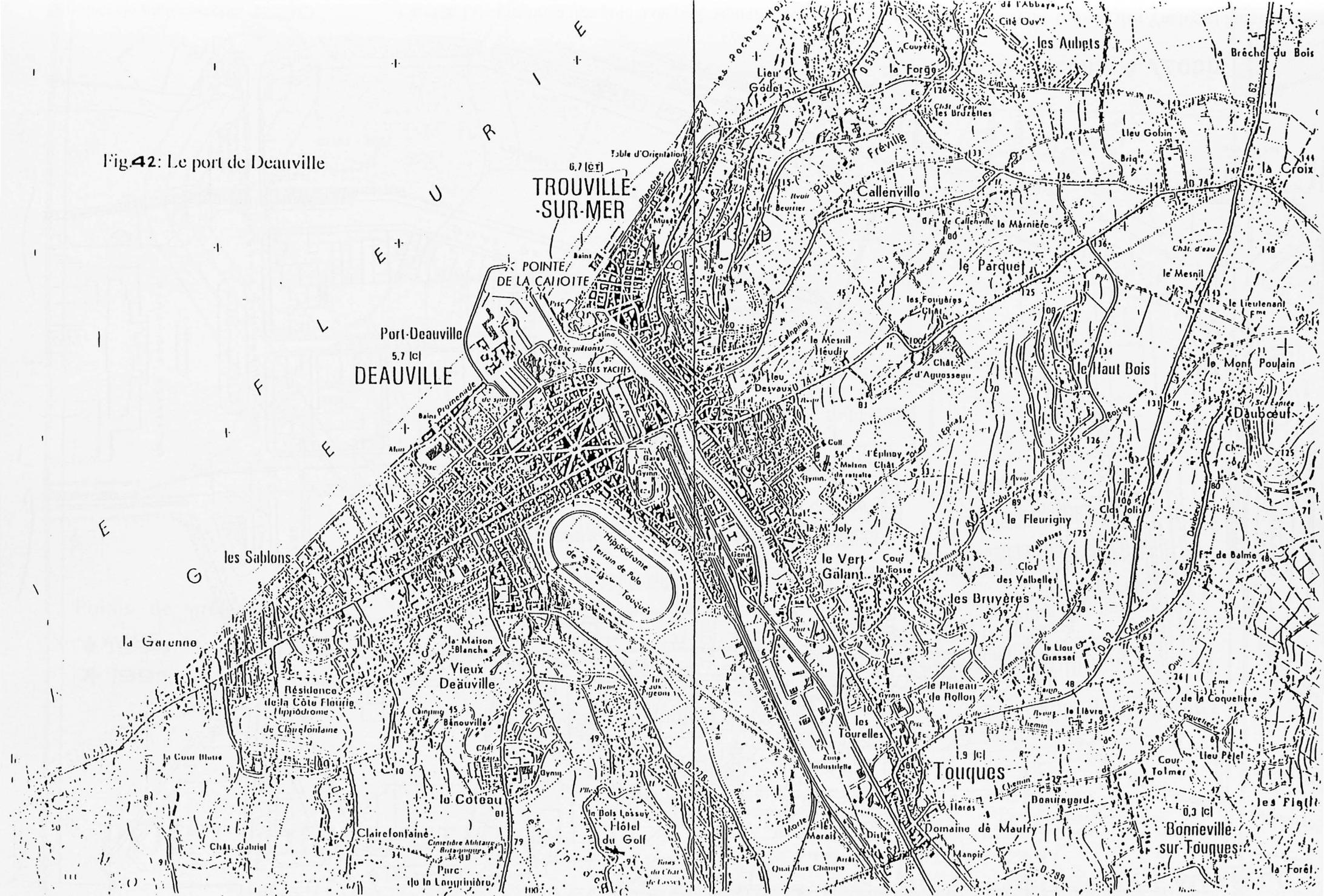
Nurseries de soles et de plies



Limite de la zone des 3 milles (chalutage interdit)

Fig.41: Localisation des nourisseries de poissons plats de l'estuaire de la Seine

Fig.42: Le port de Deauville



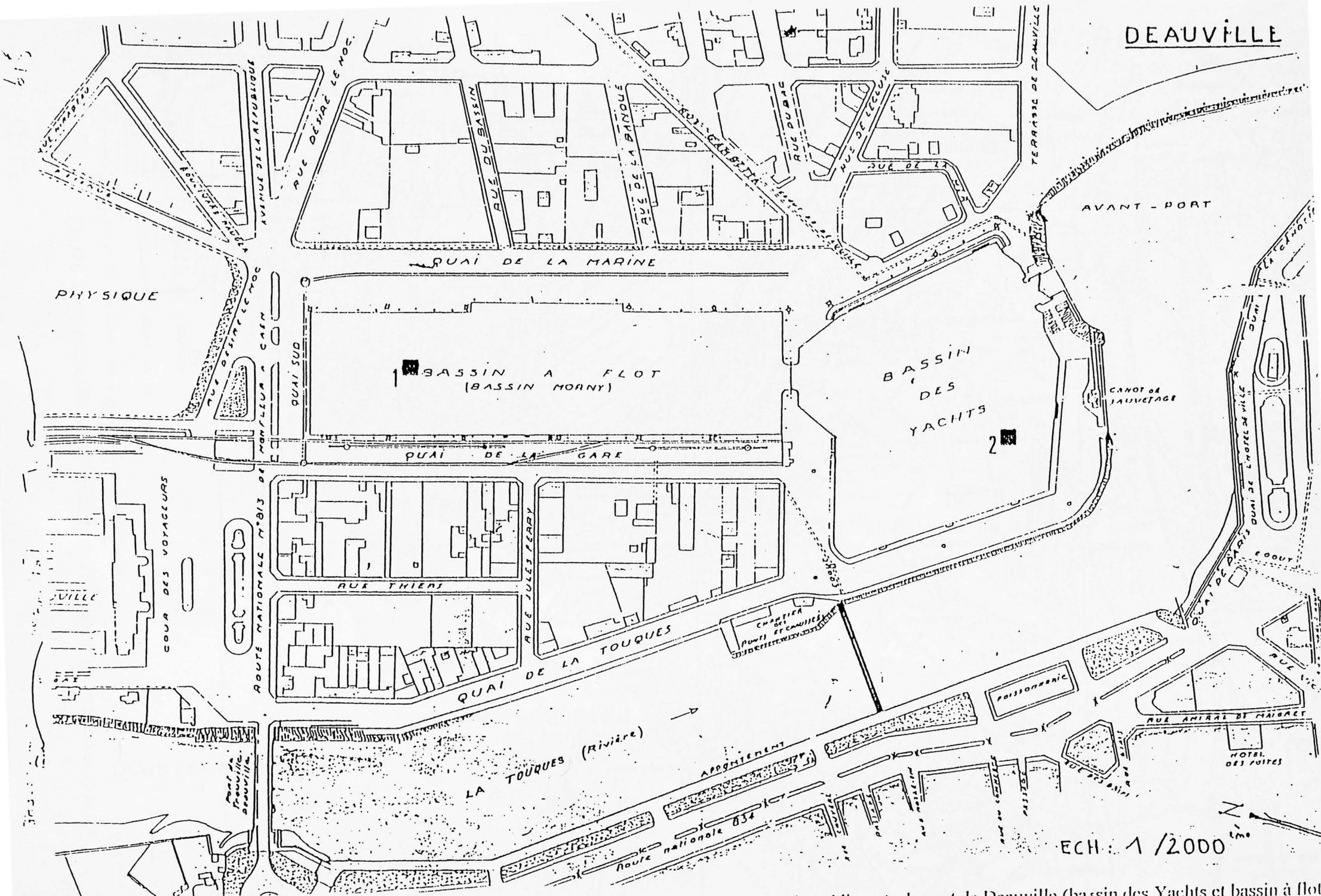


Fig.43: Localisations des points de prélèvements des sédiments du port de Deauville (bassin des Yachts et bassin à flot)

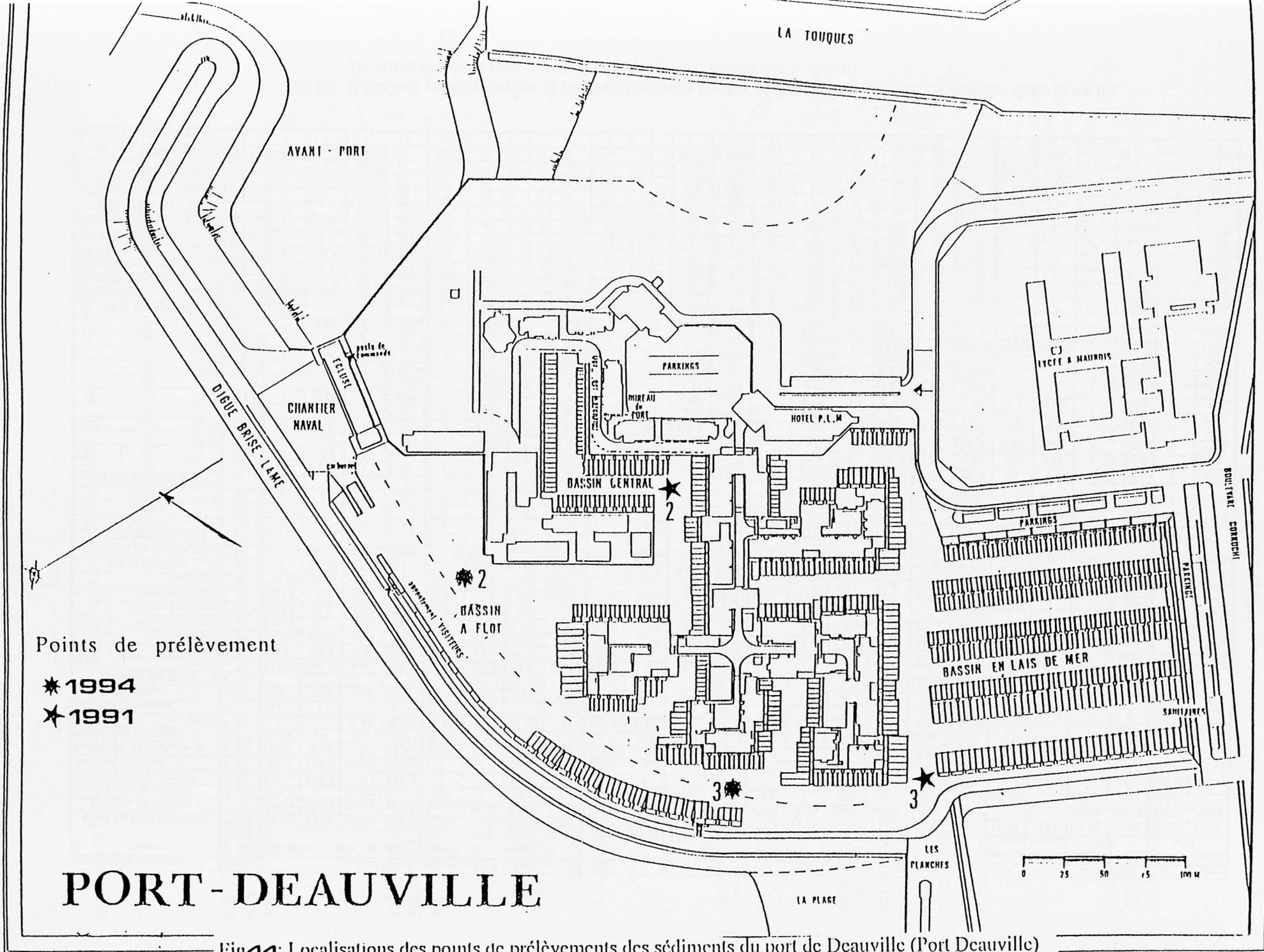


Fig44: Localisations des points de prélèvements des sédiments du port de Deauville (Port Deauville)

Laboratoire d'analyse	Havre	Laboratoire départemental F. Duncombe de Caen										Laboratoire de Caen			Laboratoire de Caen										
Origine	v. port 19.11.	estuaire de la Touques		produits de port		dragage de Deauville		port Deauville		bassin à Flots	bassin Yachts	avant port n° 1		bassin central n° 2		n° 3		bassin à Flots	bassin Yachts	bassin aval n° 2		bassin amont n° 3			
DATE DE PRELEVEMENT en g/kg de matière :	1985.	18.02. 1987.	26.03. 1987.	21.02. 1988.	29.03. 1988.	06.02. 1989.	21.08. 1990.	25.01. 1991.	25.01. 1991.	25.01. 1991.	12.12. 1991.	08.02. 1994.	08.02. 1994.												
		brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche	brute	sèche		
Matière Sèche (103°C)	/	312,2	/	443,7	/	338	/	387	/	/	/	354	380	372	/	273	/	414	/	326	/	393	/	469	
Mat. minérales (550°C)	/	246,6	847,5	407,1	910,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Matières Volatiles	/	47,6	152,5	36,05	81,25	/	/	33	85,3	47,7	114,3	/	/	/	132,8	/	184,8	/	134,5	/	/	156	/	105,4	
Azote Tot. Kjeldahl en N	/	1,05	3,35	1,25	2,8	0,70	2,07	1,2	3,1	1,115	2,75	3,225	2,87	1,2	3,2	1	3,65	0,89	2,14	3,1	2,5	/	2,4	/	1,8
Phosphore Total en P	/	0,44	1,4	0,4	0,9	0,40	1,18	0,5	1,3	0,5	1,2	1,79	1,253	/	1,02	/	0,85	/	0,93	1,8	3,1	/	0,97	/	0,68
P2O5	/	/	/	0,92	2,06	0,92	2,7	1,15	3	1,15	2,75	/	/	/	2,33	/	1,95	/	2,13	/	/	/	2,2	/	1,55
Carbone Organique	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	32,1	24,5	/	/	/	/	/	/	22,9	24,4	/	/	/	/
Matière Organique Granulo. (g/100g)	/	4	12,8	3,15	7,1	1,7	5,05	2	5,2	50	2,1	/	/	/	5,5	/	6,2	/	4	/	/	/	/	/	/
Argile F<2 µm	/	11,2	35,9	8,55	19,3	10,75	31,8	9,5	24,55	31,6	13,2	10,5	6,8	/	36	/	41,8	/	34,7	/	/	/	32,6	/	28
Limon fin 2µm<F<20µm	/	8,5	27,2	6,6	14,9	7,5	22,2	7,7	19,9	21,8	9,1	47,7	38,3	/	29,9	/	29,6	/	26,1	/	/	/	21,4	/	16,9
L. grossier 20µm<F<50µm	/	5,85	18,75	13,4	30,2	10,2	30,2	16,0	43,4	27,6	11,5	26	24,5	/	18,25	/	11,2	/	13,5	93,2	71,7	/	9,6	/	5,5
Sable fin 50µm<F<100µm	/	1,15	3,7	7,3	16,5	2	5,9	2	5,15	10,2	4,25	11,3	14,3	/	6,2	/	1,4	/	1,55	/	/	/	6,9	/	1,4
100µm<F<200µm	/	0,15	0,5	2,35	5,3	0,35	1,05	0,3	0,8	1,3	0,55	4,5	10,6	/	1,4	/	2	/	13,9	/	/	/	5,9	/	25,4
S. gross. 200µm<F<500µm	/	0,15	0,5	1,6	3,6	0,65	1,9	0,2	0,5	1,3	0,55	0	4,6	/	0,85	/	2	/	6,05	/	/	/	5,8	/	12
F>500µm	/	0,2	0,65	1,35	3,1	0,65	1,9	0,2	0,5	1,2	0,5	0	0,9	/	1,9	/	5,8	/	0,2	0	0	/	2,2	/	0,3
soil le %<50µm	/	/	81,25	/	64,4	/	84,2	/	87,85	/	33,8	84,2	69,6	/	84,1	/	82,6	/	74,3	93,2	71,7	/	63,6	/	50,4
nature du matériau	/	va se	vase sableuse	va se	vase sableuse	va se	vase sableuse	vase	vase s.	va se	vase sableuse	vase	vase s.	va se	vase sableuse	vase	vase s.	vase sableuse	vase	vase s.	vase sableuse	vase sableuse	vase sableuse	vase sableuse	vase sableuse
PCB (µg/kg MS)																									
en DP3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
en DP5	/	/	130	/	/	/	/	/	60	/	/	33	17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25,4	/	17,8
en DP6	/	/	/	/	27	/	45	/	25	/	27	/	/	/	30	/	45	/	30	200	<100	<100	/	/	/
Mix lourds (mg/kg Ms)																									
Cu	27	/	38	/	19	/	26	/	31	/	26	81,6	24,8	/	20,2	/	63,3	/	30,1	41	29	/	29,9	/	26,4
Zn	306	/	154	/	123	/	157	/	153	/	137	136	96	/	151	/	26,8	/	151	180	141	/	114	/	92
Cd	5	/	1,4	/	1	/	0,86	/	1,45	/	1,4	1,16	0,81	/	<0,9	/	<1,3	/	<0,8	0,89	0,69	/	<0,5	/	<0,5
Cr	/	/	73	/	20	/	22,5	/	35	/	39	80,1	66,7	/	31,6	/	36,7	/	32,3	97	87	/	27	/	20,2
Pb	73	/	21	/	31	/	36,4	/	56	/	44	57	38,7	/	43,9	/	67	/	49,6	63	51	/	40,6	/	33,4
Hg	0,29	/	0,46	/	0,09	/	0,51	/	0,44	/	0,2	0,954	0,804	/	0,19	/	0,38	/	0,25	1,1	0,82	/	0,12	/	0,1
As	/	/	<0,5	/	<0,5	/	<0,5	/	1	/	<1	5,12	4,36	/	36	/	35,4	/	25,6	11	10	/	2,6	/	1,6
Al	/	/	32300	/	14200	/	10111	/	20243	/	16900	32800	29100	/	22900	/	14500	/	25200	/	/	/	4053	/	3518
Ni	/	/	24	/	23	/	20	/	23	/	21	19,4	15,5	/	16,7	/	20,3	/	17,3	20	13	/	14,2	/	10,6
Fe	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	19040	/	23370	/	19020	25800	23500	/	18954	/	14303
Sn	/	/	28,5	/	<25	/	<15	/	<15	/	<10	/	/	/	22,8	/	32,9	/	16,5	/	/	/	1,4	/	<0,4
HPA (µg/kg MS)																									
fluoranthène	/	/	29,5	/	65	/	170	/	43,9	/	/	/	/	/	282	/	356	/	349	/	/	/	227	/	229
benzo(b) fluoranthène	/	/	21,6	/	28	/	120	/	30	/	/	/	/	/	<20	/	<20	/	<20	/	/	/	<10	/	<10
benzo(k) fluoranthène	/	/	8,8	/	11	/	45	/	12,1	/	/	/	/	/	<20	/	<20	/	<20	/	/	/	<10	/	<10
benzo(a) pyrène	/	/	18,8	/	24	/	86	/	17,8	/	/	/	/	/	<20	/	<20	/	<20	/	/	/	<10	/	<10
benzo(ghi) pérylène	/	/	9,9	/	17	/	64	/	20,9	/	/	/	/	/	<20	/	<20	/	<20	/	/	/	<10	/	<10
indénopyrène	/	/	10	/	11	/	39	/	19,4	/	/	/	/	/	<20	/	<20	/	<20	/	/	/	<10	/	<10
Bactéries (NPP/g)																									
Coliformes fécaux	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,9	75	/	/	/	/	/	/	43	930	/	250	/	250
Coliformes totaux	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,9	460	/	/	/	/	/	/	43	2300	/	600	/	250
Streptocoques fécaux	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	110	240	/	/	/	/	/	/	2300	9300	/	600	/	250
Clostridium sulfito-réduct.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6000	14000	/	/	/	/	/	/	10000	10e.4	/	/	/	/
E. Coli 44°C par 100 ml	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tab19: Résultats géochimiques et bactériologiques sur les sédiments du port de Deauville, dans le cadre du suivi des dragages par la DDE (sur partie inférieure à 2mm)

DISCUSSION

Tous les résultats métalliques brutes et normalisés qui sont relevés dans les sédiments du large au cours des années 80 (Tab.20 et 22) et des années 90 (Tab.21 et 23) ainsi que dans les ports (Tab.24 et 25) du Calvados, sont moyennés (pour des données issues d'un même laboratoire d'analyse).

Le Plomb

Au large (Fig.45)

Les teneurs brutes en Pb qui sont couramment rencontrées dans les sédiments continentaux, sont comprises entre 50 et 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Cossa *et al.*, 93). Les résultats obtenus dans les sédiments de la baie de Seine depuis les années 1980, se placent en général dans cette échelle de concentrations. Seules les régions de l'embouchure et de la baie de Seine dépassent les 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de Pb.

Les valeurs normalisées à Al dans les sédiments sont plus faibles que les valeurs brutes et traduisent une présence en Pb, 2 fois plus importante dans les sédiments de la partie orientale de la baie de Seine. La concentration des villes et des usines pétrolières au niveau de l'estuaire de la Seine est sans doute à l'origine de ces apports en Pb.

Dans les ports (Fig.55)

Les moyennes des teneurs brutes restent inférieures aux niveaux 2 du GEODE. La normalisation à Al situe les sédiments portuaires de Deauville comme les plus pollués des sédiments portuaires du littoral. Ce qui peut s'expliquer par la proximité des usines pétrolières situées dans l'estuaire de la Seine.

Le Mercure

Au large (Fig.46)

Les teneurs brutes dans les sédiments de la baie restent proches des niveaux de références admis en Mer du Nord (Tab.14) et inférieures à la limite (0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$) retenue par Cossa *et al.* (90), pour des sédiments côtiers contaminés.

Les teneurs normalisées à Al indiquent que les sédiments de l'embouchure de la Seine et de l'Orne sont chargés en Hg, dans les années 90. La partie orientale de la baie reste plus exposée à la contamination que les autres régions.

Dans les ports (Fig.56)

Les moyennes des teneurs brutes restent inférieures aux niveaux 2 du GEODE. La normalisation à Al situe les sédiments de Deauville comme les plus pollués des sédiments portuaires du littoral. Ce qui peut s'expliquer par la proximité des usines chimiques situées dans l'estuaire de la Seine.

L'Arsenic

Dans les ports (Fig.57)

Aucune teneur brute dans tous les sédiments des ports du Calvados, ne dépasse la limite proposée (50 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Les moyennes sont similaires exceptées celles de Deauville, pouvant être plus forte que le niveau 1 (25 $\mu\text{g}/\text{kg}$) et que les concentrations généralement rencontrées (5 à 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dans les sédiments continentaux (Michel, 93).

Le Nickel

Au large (Fig.47)

Les résultats des années 90 sont un peu plus élevés que ceux de Boust (81) et Dubrulle (82).

Dans les ports (Fig.58)

Le niveau 2 (74 $\mu\text{g}/\text{kg}$) du GEODE est dépassé par les concentrations des sédiments de l'avant port de Ouistreham, en 1992. Enrichissement naturels ou anthropogéniques (engrais, raffinage etc), les teneurs normalisées à Al les plus fortes se retrouvent dans l'avant port de Ouistreham et dans le port de Deauville.

Le Cu

Au large (Fig.48)

Les moyennes des données brutes dans les sédiments de la baie ne dépassent pas les niveaux de référence (22 $\mu\text{g}/\text{kg}$) admis en Mer du Nord (Tab.14), en dehors de l'estuaire de la Seine (1994) et des zones de rejets de dragage de Port en Bessin (1996) et de Ouistreham (en 1992).

Les valeurs normalisées sont homogènes sur toutes les régions de la baie de Seine, depuis les années 1980 et restent inférieures à 24,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Depuis l'interdiction du TBT en 1985, la présence anormale du Cu dans le milieu marin peut être associée aux peintures antisalissures des bateaux (Claisse *et al.*, 93). Compte tenu des concentrations relevées dans les sédiments des zones de rejet de dragage de Port en Bessin et de Ouistreham, le Cu serait peu dilué dans le milieu naturel.

Dans les ports (Fig.59)

Les teneurs brutes en Cu dépassent le niveau 2 (90 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dans les sédiments des ports de Grandcamp et de Port en Bessin. La même tendance s'applique aux teneurs normalisées à Al. L'activité de carénage est importante dans les ports et peut être à l'origine de ces fortes concentrations.

Le Zinc

Au large (Fig.49)

Les teneurs brutes en Zn dans les sédiments de l'estuaire et de l'embouchure de la Seine, ainsi que dans les zones de dépôts de dragage de Port en Bessin et de Ouistreham dépassent les références adoptées en Mer du Nord.

Les concentrations normalisées à Al sont beaucoup moins importantes, et semblent diminuer au cours des années 90.

Dans les ports (Fig.60)

Les moyennes des données brutes dans les sédiments de la baie ne dépassent pas le niveau de référence limite du GEODE (252 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Les vases portuaires de Grandcamp, Deauville et Port en Bessin présentent les plus fortes teneurs normalisées à Al. Claisse et Alzieu (93) associe le comportement du Zn à celui du Cu, dans les problèmes de contamination des peintures antisalissures.

Le Cd

Au large (Fig.50)

Les sédiments les plus éloignés du littoral connaissent des teneurs brutes en Cd qui sont inférieures à la teneur moyenne (0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$) relevée dans les sédiments continentaux, par Cossa *et al.* (89). Les sédiments proches des estuaires de l'Orne et de la Seine sont enrichis en Cd, allant jusqu'à 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ au niveau de la zone de dragage de Ouistreham, en 1992.

Les concentrations normalisées que nous avons calculées, restent élevées (jusqu'à 2,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) dans ces régions côtières par rapport à la teneur moyenne trouvée par Cossa.

Chiffolleau *et al.* (95) attribuent les fortes teneurs en Cd dans les eaux de l'estuaire de la Seine avant 1992 à d' importants rejets en aval de phosphogypses, très riches en Cd.

Dans les ports (Fig.)61

D'importantes concentrations brutes supérieures au niveau 2 du GEODE sont relevées dans les ports de Courseulles et de Ouistreham. Les concentrations normalisées les plus fortes

sont également mesurées dans ces ports. Le Cd peut être associé aux peintures antisalissures utilisées dans les ports, ou aux engrais répandus sur le bassin versant (Martin *et al.*, 76).

Le Cr

Au large (Fig.51)

Les concentrations normalisées qui sont calculées au cours des années 1980 et 1990 sont similaires pour chaque région de la baie de Seine. Les sédiments de l'estuaire de la Seine présentent les plus fortes concentrations.

Dans les ports (Fig.62)

Aucune teneur brute dans les sédiments des ports du littoral ne dépasse les niveaux de référence du GEODE.

Le Mn (Fig.52)

Il n'existe pas de référence pour les teneurs en Mn dans les sédiments continentaux. Depuis le début des années 1980, les concentrations normalisées à Al sont homogènes dans toutes la baie de Seine, y compris dans les sédiments de la baie des Veys et du Cotentin.

Le Vanadium et le Titane (Fig.53)

Il n'existe pas de valeurs guides pour les teneurs en V et Ti, des sédiments marins. Les concentrations relevées dans les sédiments de la baie de Seine indiquent seulement de plus fortes valeurs au niveau de l'estuaire de la Seine. Néanmoins, Martin *et al.* (95) constatent de plus faibles quantités de V dissous en amont de la Seine par rapport à l'aval, où les concentrations sont supérieures à la moyenne mondiale. Ces quantités de V seraient liées toujours d'après Martin, au rejet de l'usine Thann et Mulhouse (Havre) et la fabrication de TiO_2 .

Le Lithium (Fig.54)

Les concentrations brutes et normalisées sont similaires d'une région à l'autre de la baie de Seine. Il faut signaler que les plus importantes se situent au large de Port en Bessin.

en µg/g	COTENTIN		BAIE DES VEYS		LARGE BAIE VEYS		PORT EN BESSIN				EMBOUCHURE		L'ORNE	
	FNO 1993		FNO 1993		FNO 1993		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1996		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1992	
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n
Cu	2,5 (2-4)	6	8,2 (3,5-15)	6	1,8 (1,5-2,2)	2	1,7 (1,3-2,3)	5	31 (26-33)	4	2,6 (1,6-1,26)	3	31 (21-54)	16
Zn	27 (17-39)	6	43 (23-69)	6	22 (19-25)	2	19,4 (15-26)	5	130 (113-143)	4	27 (18-35)	3	124 (96-168)	16
Mn	271 (248-286)	6	339 (286-450)	6	244 (202-286)	2	266 (256-284)	5	/		273 (256-287)		/	
Cr	/		/		/		/		64 (52-78)	4	/	3	70 (60-80)	16
Pb	14 (11-16)	6	20 (13-33)	6	12 (11-13)	2	13 (12-15)	5	14 (9-26)	4	17,6 (15-20)	3	82 (62-134)	16
Hg	0,02 (0,01-0,03)	6	0,05 (0,02-0,1)	6	0,015(0,015-0,016)	2	0,017 (0,01-0,03)	5	0,04 (0,03-0,1)	4	0,03 (0,017-0,042)	3	/	16
Cd	0,14 (0,11-0,2)	6	0,3 (0,2-0,46)	6	0,1 (0,1-0,11)	2	0,1 (0,1-0,12)	5	<1	4	0,14 (0,1-0,21)	3	9 (2-4,5)	16
Li	3 (2,6-3,2)	6	6,3 (4-8,8)	6	3,2 (2,4-4)	2	3,2 (2,7-3,8)	5	/		3 (2,7-3,2)		/	
Ni	/		/		/		/		23 (20-25)	4	/	3	54 (50-63)	16
Fe	7000 (5000-12000)	6	11600 (8200-16400)	6	6500 (5600-7200)	2	6660 (6030-7760)	5	23475(20920-26200)	4	8400(7980-9200)	3	24500(20300-27800)	16
Al	13000(10000-17000)	6	22000(16400-28000)	6	13600(13500-13800)	2	9300 (7600-11500)	5	40340(36800-45200)	4	10600(9500-12600)	3	38700(32700-42300)	16

en µg/g	DI V ES		EMBOUCHURE DE LA SEINE		ESTUAIRE SEINE		PAYS DE CAUX		point n°20					
	FNO 1993		Inst. Pasteur Lille 1995		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1994		FNO 1993					
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n				
Cu	4 (3,5-4,4)	2	7	1	3,9 (1,7-9,2)	11	50,4 (19-84)	27	64 (39-97)	10	7,6 (3,1-13)	4	1,7	1
Zn	43 (40-46)	2	15	1	36 (17-58)	11	166 (64-247)	27	188 (119-303)	10	57 (31-70)	4	17	1
Mn	305 (298-313)	2	/		276 (191-458)	11	406 (277-560)	27	487 (420-720)	10	193 (143-229)	4	172	1
Cr	/		3	1	/		95,2 (55-135)	27	98 (60-120)	10	/		/	
Pb	19 (18-20)	2	6,4	1	21 (15-31)	11	83,7 (38-185)	27	82 (58-112)	10	32 (23-40)	4	12	1
Hg	0,05 (0,05-0,05)	2	<0,01		0,05 (0,01-0,13)	11	/		/		0,13 (0,04-0,23)	4	0,02	1
Cd	0,36 (0,33-0,39)	2	0,1	1	0,27 (0,1-0,66)	11	3,3 (2-5)	27	4,2 (4-6)	10	0,38 (0,12-0,55)	4	0,1	1
Li	4,5 (3,7-5,3)	2	/		3 (2,4-3,6)	11	/		/		4,6 (2,9-6,5)	4	2,2	1
Ni	/		/		/		38,7 (19-60)	27	42 (27-53)	10	/		/	
Fe	9200 (8600-9900)	2	/		7100 (5600-12000)	11	17400(7400-29300)	27	17400(12400-23300)	10	11200(7200-14000)	4	5200	1
Al	16600(16000-17200)	2	5000	1	13200(10200-17000)	11	34000(22400-45000)	27	38600(28500-40000)	10	143000(10300-17600)	4	10500	1

Tab. 21: Concentrations métalliques brutes dans les sédiments du littoral du Calvados, entre 1992 et 1996

en µg/g	BAIE DES VEYS		EMBOUCHURE DE L'ORNE		CABOURG		VILLERS		EMB. DE LA SEINE		PAYS DE CAUX		PARFOND	
	Dubrulle 1984		Boust 1980		Dubrulle 1982		Boust 1980		Boust 1980		Boust 1980		Boust 1980	
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n
Cu	10 (2-87)	30	10 (5-19)	9	7,5 (1,5-30)	7	9 (5-15)	6	6 (4-9)	9	14 (3-65)	30	14 (5-29)	3
Zn	48 (23-162)	30	71 (20-212)	9	57 (30-180)	7	56 (44-81)	6	44 (35-55)	9	72 (23-200)	29	65 (23-101)	3
Mn	179 (118-245)	30	123 (86-176)	9	275 (160-527)	7	180 (135-220)	6	210 (140-318)	9	235 (123-470)	30	264 (136-599)	3
Cr	5,3 (2-11)	30	26 (10-40)	9	15,5 (3-75)	7	39 (20-78)	6	28 (22-41)	9	34 (13-81)	30	38 (9-64)	3
Pb	46 (15-100)	30	29 (17-35)	9	27 (13-65)	7	36 (23-44)	6	43 (24-125)	9	51 (27-120)	30	31 (13-46)	3
Hg	/		0,14 (0,02-0,25)	3	0,05 (0,01-0,4)	7	0,1 (0,05-0,2)	5	0,06 (0,02-0,09)	8	0,18 (0,01-0,96)	27	0,13 (0,03-0,23)	5
Ti	/		314 (221-366)	3	/		734 (420-1260)	5	680 (410-1155)	8	602 (55-1205)	27	1166 (625-1800)	5
V	/		37 (24-47)	3	/		49 (24-115)	5	51 (26-110)	8	46 (18-111)	27	48 (37-65)	5
Ni	22 (7-29)	29	13 (4-21)	9	4 (0,1-21)	7	21 (7-43)	6	13 (7-26)	9	15 (3-36)	30	22 (4-50)	3
Fe	4340 (1800-8900)	30	123000(7700-30700)	12	11300(6000-28000)	7	11500(5900-25000)	6	9600 (6200-16000)	11	11300(5200-21600)	29	8300 (4500-16500)	3
Al	/		20400(12800-30700)	7	/		13500(11600-16400)	3	16200(10100-29800)	11	17300(11100-26500)	13	11700 (9500-15100)	6

Tab.20: Concentrations métalliques brutes dans les sédiments du littoral du Calvados, entre 1980 et 1984

Me en µg/g Al en %	EMBOUCHURE DE ORNE		CABOURG		VILLERS		EMB. DE LA SEINE		PAYS DE CAUX		PARFOND			
	Boust 1980		Dubrulle 1982		Boust 1980		Boust 1980		Boust 1980		Boust 1980			
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n		
Cu/Al	8,1 (4,7-14,6)	7	5,5 (2-14)	?	4 (3,6-4,3)	3	4,1 (3-5,8)	6	10,7 (4,8-18,5)	13	13,2 (12,6-13,7)	2	4,6 (3-8,3)	8
Zn/Al	37,5 (19,2-59,7)	7	43,5 (26-87)	?	36,6 (33,5-38,4)	3	31 (17,5-36,7)	6	67 (37,8-103,5)	13	68,2 (49-87,4)	2	34,4 (24,7-39,7)	8
Mn/Al	89,8 (51,3-117,1)	4	212,5 (120-583)	?	137,6 (122-151)	3	137,7 (89,8-183,7)	6	163,7 (144,2-201,6)	13	127,3(116,6-137,9)	2	150,5 (92,7-222,5)	6
Cr/Al	23,2 (11,7-49,6)	6	12 (3-20)	?	18,4 (17,2-19,5)	3	17,2 (11,8-18,4)	6	32,3 (17,4-56,4)	13	26,4 (26,3-26,5)	2	17,2 (15,2-19,8)	8
Pb/Al	22,5 (14,7-30,5)	6	21 (12-48)	?	27,1	3	23,7 (17,7-29,4)	6	37,1 (23-55)	13	18,8 (11,3-26,3)	2	27,5 (22-37,1)	8
Hg/Al	0,05 (0,02-0,08)	5	0,04 (0,01-0,1)	?	0,07 (0,04 - 0,12)	3	0,05 (0,02-0,06)	6	0,25 (0,06-0,4)	13	0,08 (0,01-0,15)	2	0,04 (0,02-0,06)	8
Ti/Al	499 (398-586)	3	/		387 (347-452)	3	405 (382-474)	6	416 (328-473)	13	234 (233-235)	2	345 (275-400)	7
V/Al	24,2 (16,6-38)	4	/		24 (20,7-26,4)	3	29,9 (19,7-54,1)	6	49 (41,8-62,4)	13	25,6 (25,3-25,8)	2	21,8 (16,1-34,4)	7
Ni/Al	8,8 (3,3-15,7)	6	3 (0,1-6)	?	7,3 (6-8)	3	3,8 (3,2-4,4)	6	7,2 (4,7-10,6)	13	17 (13,9-20)	2	3,6 (3,2-4,6)	8

Tab.22: Concentrations métalliques normalisées à Al dans les sédiments du littoral du Calvados, entre 1980 et 1984

Me en µg/g Al en %	COTENTIN		BAIE DES VEYS		LARGE BAIE VEYS		PORT EN BESSIN				EMBOUCHURE DE L'ORNE			
	FNO 1993		FNO 1993		FNO 1993		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1996		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1992	
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n
Cu/Al	1,4 (1,2-2)	6	3,5 (2,1-5,4)	6	1,3 (1,1-1,6)	2	1,8 (1,7-2)	5	7,6 (7-8,6)	4	2,4 (1,68-2,89)	3	8,1 (5,2-13,8)	16
Zn/Al	15 (11-17,6)	6	19 (14-25)	6	16 (14-18)	2	20,7 (17,6-22,6)	5	32,3 (30-34)	4	25,2 (18,9-28,9)	3	31,8 (23,8-39,8)	16
Mn/Al	156 (124-181)	6	155 (134-180)	6	204 (202-207)	2	292 (222-375)	5	/		267 (203-296)	3	/	
Cr/Al	/		/		/		/		15,6 (14-17)	4	/		18,3 (15,3-21,4)	16
Pb/Al	8 (7-9)	6	9 (7-12)	6	8,7 (8-9,4)	2	14,1 (11,3-15,8)	5	3,4 (2,4-5,7)	4	16,7 (15,8-18,6)	3	21,5 (15,2-34,3)	16
Hg/Al	0,009 (0,007-0,01)	6	0,02 (0,01-0,04)	6	0,01 (0,01-0,011)	2	0,02 (0,01-0,03)	5	0,02	1	0,026 (0,018-0,03)	3	/	
Cd/Al	0,07 (0,06-0,08)	6	0,13 (0,1-0,17)	6	0,07 (0,07-0,07)	2	0,11 (0,1-0,13)	5	/		0,13 (0,1-0,17)	3	1,16 (0,6-2,3)	16
Li/Al	1,7 (1,6-1,8)	6	2,8 (2,4-3,2)	6	2,3 (1,7-2,9)	2	3,4 (3,1-4,1)	5	/		2,89 (2,5-3,3)	3	/	
Ni/Al	/		/		/		/		5,7 (5,4-5,9)	4	/		14 (12-18,4)	16

Me en µg/g Al en %	DI V ES		EMBOUCHURE DE LA SEINE		ESTUAIRE SEINE		PAYS DE CAUX		PARFOND					
	FNO 1993		Inst. Pasteur Lille 1995		FNO 1993		Labo. Géologie Marine 1993 et 1994		FNO 1993		FNO 1993			
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n		
Cu/Al	2,4 (2,2-2,5)	2	14	1	2,8 (1,4-5,8)	11	14,5 (8,5-20,3)	27	18,3 (13,7-24,2)	10	5 (3-8)	4	1,6	1
Zn/Al	26 (23-29)	2	30	1	26 (17-38)	11	47 (28-60)	27	53,5 (42-75,7)	10	40 (30-47)	4	16	1
Mn/Al	184 (182-186)	2	/		215 (159-381)	11	119 (69-144)	27	144 (116-180)	10	136 (130-144)	4	164	1
Cr/Al	/		6	1	/		27 (19-32)	27	28 (21,1-32,4)	10	/		/	
Pb/Al	11,5 (10,5-12,5)	2	13	1	12 (11-22)	11	24 (16-41)	27	23,3 (18,2-28,8)	10	22 (21-24)	4	11	1
Hg/Al	0,03 (0,03-0,034)	2	/		0,04 (0,01-0,08)	11	/		/		0,08 (0,04-0,14)	4	0,02	1
Cd/Al	0,2 (0,19-0,24)	2	0,2	1	0,2 (0,08-0,4)	11	/		/		0,2 (0,1-0,3)	4	0,1	1
Li/Al	2,7 (2,3-3,1)	2	/		2,2 (1,8-2,4)	11	/		/		3,2 (2,7-4)	4	2	1
Ni/Al	/		/		/		11 (8,4-15)	27	11,9 (9,5-14,2)	10	/		/	

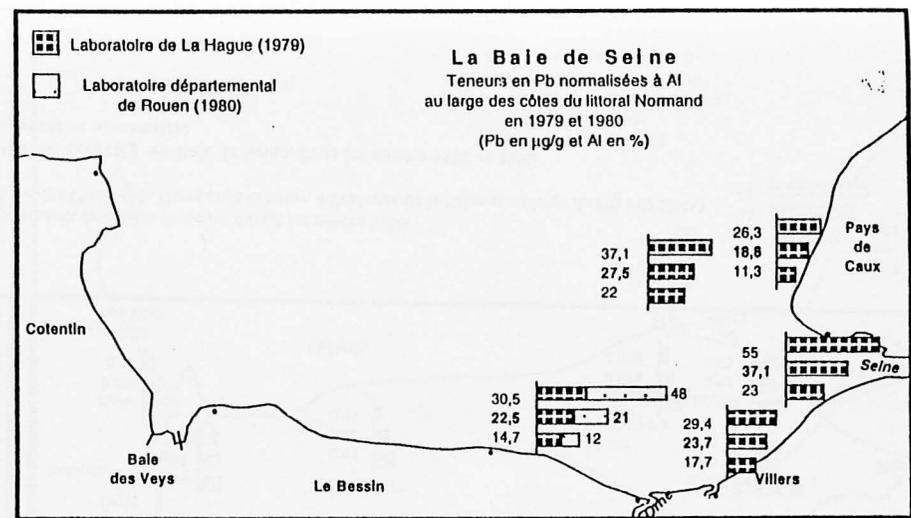
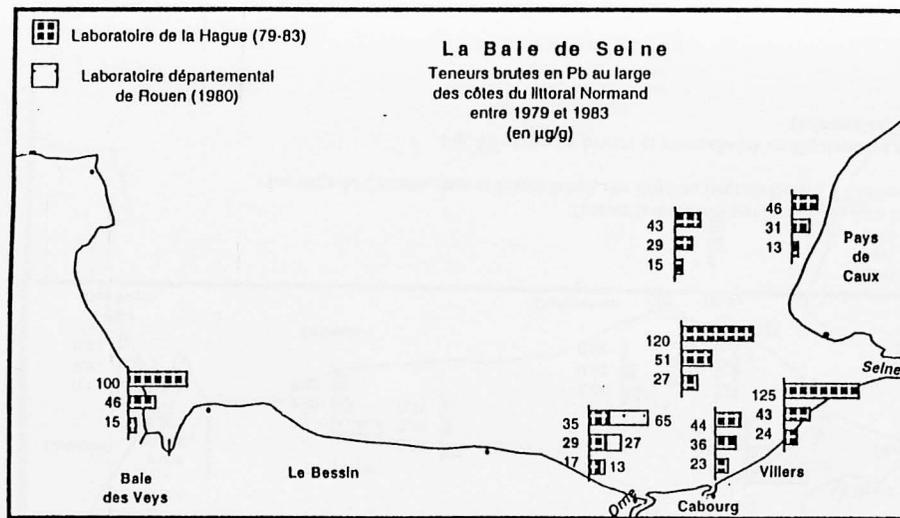
Tab.23: Concentrations métalliques normalisées à Al dans les sédiments du littoral du Calvados, entre 1992 et 1996

en µg/g	GRANDCAMP 1990 et 1996		PORT EN BESSIN 1987 et 1996		COURSEULLES 1986-87-89-90-93		OUISTRÉHAM 1990				DIVES 1995		DEAUVILLE 1987-88-89-91-94	
	Laboratoire de CAEN		Laboratoire de CAEN		Laboratoire de CAEN		Laboratoire de ROUEN		Labo. de Géologie Marine		Inst. Pasteur de Lille		Laboratoire de CAEN	
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n
Cu	61,3 (40,2-130)	8	107 (34-258)	6	24,8 (9,7-40)	2	7,7 (2-16)	12	33,2 (21-40)	5	29,3 (25-33)	3	31 (19-63)	10
Zn	222 (170-290)	9	260 (110-380)	6	116 (56-148)	5	50 (13-108)	12	150,4 (74-187)	5	104 (93-110)	3	126 (27-157)	10
Cd	0,8 (0,6-1)	4	0,7 (0,56-0,8)	5	2,2 (0,8-5)	5	0,4 (0,2-0,8)	12	3,8 (3-5)	5	0,45 (0,4-0,5)	3	1 (0,5-1,5)	7
Cr	21,2 (11,7-42)	9	34,5 (22-51)	6	34,5 (16,3-49)	5	25 (8-88)	12	93 (65-110)	5	48,6 (40-54)	3	34 (20-73)	7
Pb	30,1 (23-38)	9	29 (18-37)	6	46 (18-122)	5	23 (5-88)	12	63,2 (45-77)	5	33 (24-43)	3	42 (21-67)	7
Hg	0,18 (0,07-0,4)	9	0,25 (0,07-0,64)	6	0,3 (0,07-0,42)	5	0,08 (0,05-0,17)	12	/		0,2 (0,17-0,23)	3	0,27 (0,09-0,51)	7
As	8,4 (3,5-17)	7	6,1 (4,8-8,8)	5	7,6 (0,3-12,5)	4	7 (4,4-11)	12	/		7,4 (7,2-7,7)	3	11,5 (0,5-36)	7
Ni	14,5 (10-17)	9	23 (15-36)	6	21 (1,1-33)	5	8 (2,4-20)	12	66,4 (46-76)	5	14 (12-15)	3	19 (11-24)	7
Fe	18120(17000-19700)	4	23385(16350-20040)	4	/		/		27100(17000-33200)	5	/		18937(14303-23370)	5
Al	21296(15400-27900)	5	22223(20400-29900)	5	18447 (11070-21800)	4	9080 (4380-18800)	12	37400(33500-40200)	5	22666(19000-25000)	3	16392(3518-32300)	7

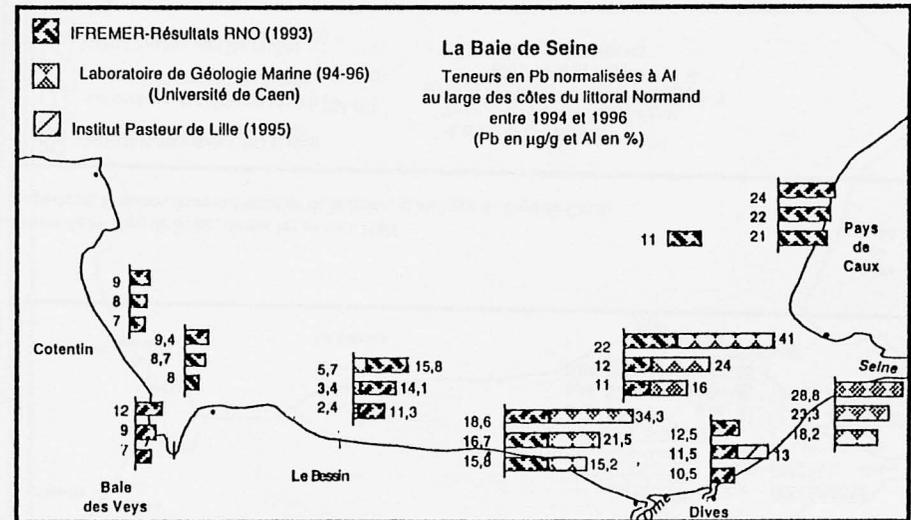
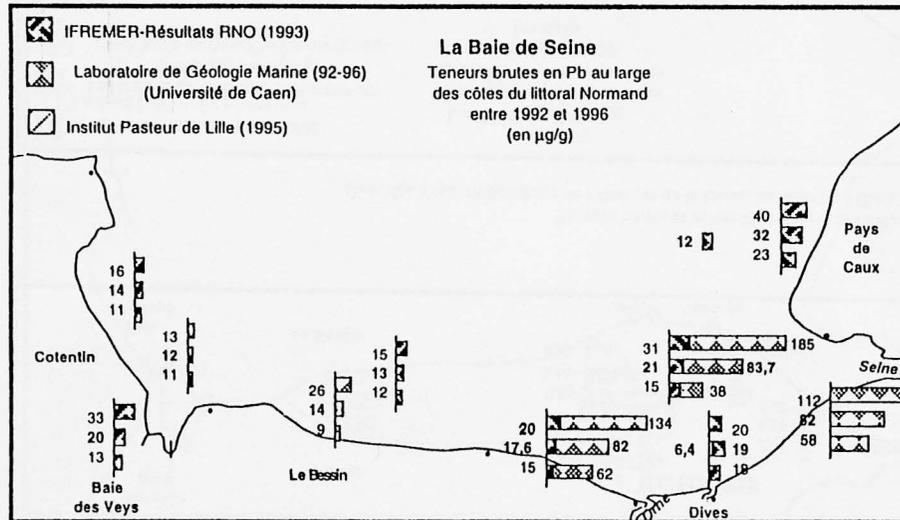
Tab.24: Concentrations métalliques brutes dans les sédiments des ports du Calvados

Me en µg/g Al en %	GRANDCAMP 1996		PORT EN BESSIN 1987 et 1996		COURSEULLES 1986-89-90-93		OUISTRÉHAM 1990				DIVES 1995		DEAUVILLE 1987-88-89-91-94	
	Laboratoire de CAEN		Laboratoire de CAEN		Laboratoire de CAEN		Laboratoire de ROUEN		Labo. de Géologie Marine		Inst. Pasteur de Lille		Laboratoire de CAEN	
	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n	Moyenne (min-max)	n
Cu/Al	26,6 (18-33,3)	4	40,4 (13,5-86,3)	5	8,76	1	8,83 (4,3-17,2)	14	8,87 (5,7-10,4)	5	13,3 (10-17,4)	3	29,5 (8,8-73,8)	10
Zn/Al	108 (87-143)	4	98 (54-136)	5	58 (51-63)	4	56,5 (19-81)	14	40,1 (20-49,2)	5	47 (37-58)	3	113 (18-281)	10
Cd/Al	0,4 (0,4-0,4)	2	0,26 (0,23-0,28)	3	2,23 (2,17-2,3)	2	0,45 (0,3-0,6)	14	1 (0,74-1,3)	5	0,2 (0,16-0,26)	3	0,7 (0,43-0,85)	5
Cr/Al	10 (7,6-11,6)	4	12,4 (10,7-17)	5	16,4 (13,1-21,7)	4	27,6 (17-40)	14	24,8 (17,6-28,3)	5	22 (16-28)	3	27,5 (13-67)	10
Pb/Al	14,6 (12,5-18)	4	12 (10-13)	5	28,6 (14-56)	4	27 (7,4-126)	14	16,8 (12,2-19,1)	5	15,2 (9,6-22,6)	3	39,8 (6,5-100,2)	10
Hg/Al	0,05 (0,04-0,06)	4	0,07 (0,03-0,21)	5	0,14 (0,03-0,24)	4	0,07 (0,04-0,09)	7	/		0,09 (0,07-0,12)	3	0,16 (0,06-0,3)	10
As/Al	5,7 (4,9-6,4)	4	2,84 (1,62-3,77)	5	6,6 (5,7-7,5)	2	9 (4,4-22)	14	/		3,3 (3-3,8)	3	10,3 (0,5-24,4)	6
Ni/Al	8,7 (6-10,7)	4	7,7 (6-10)	5	14,3 (7,5-20)	3	8,6 (5,1-11)	14	17,7 (12,4-20,6)	5	6,3 (4,8-7,9)	3	16 (7-35)	10

Tab. 25: Concentrations métalliques normalisées à Al dans les sédiments des ports du Calvados

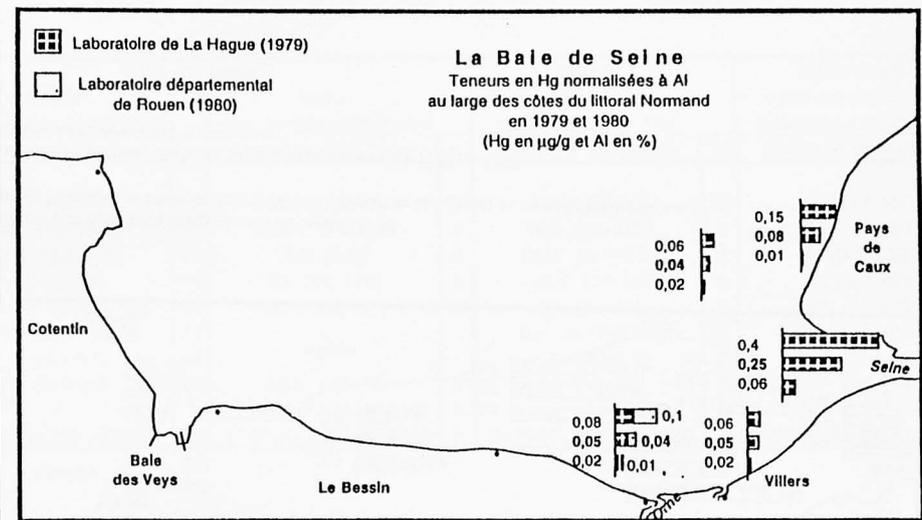
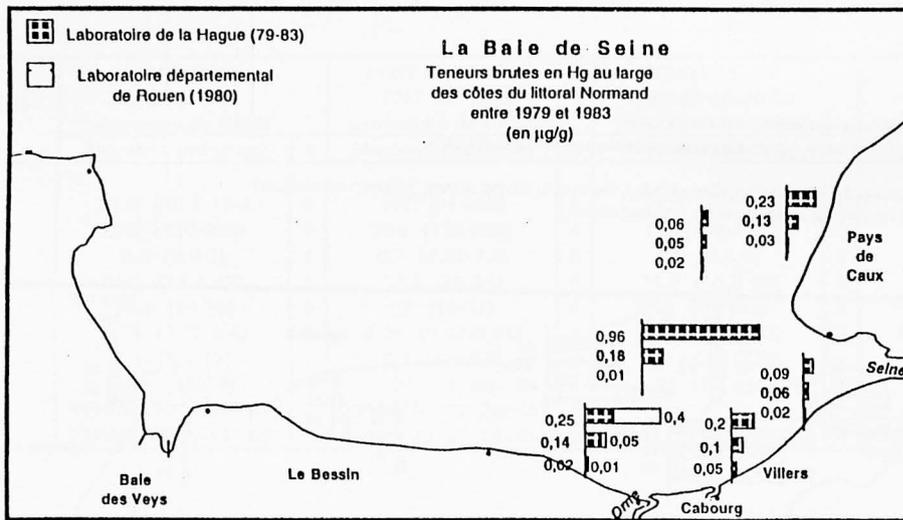


Teneurs brutes et normalisées en Pb dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

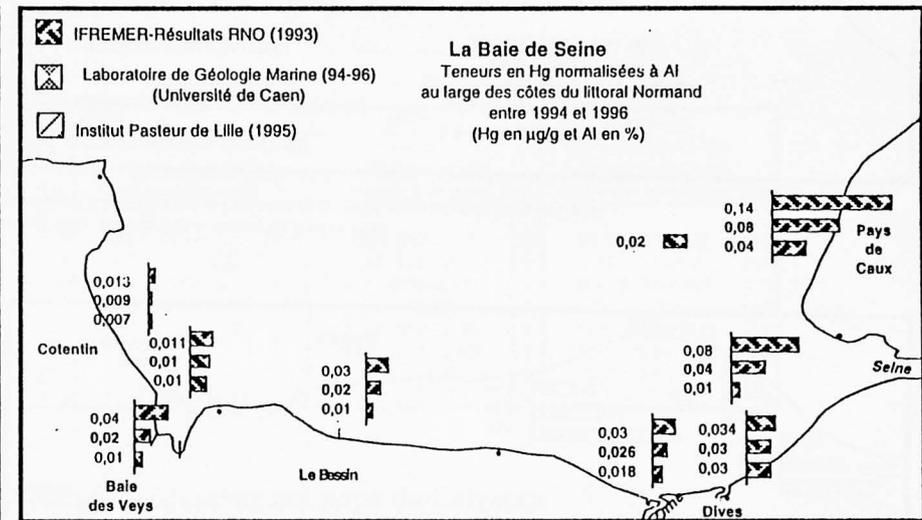
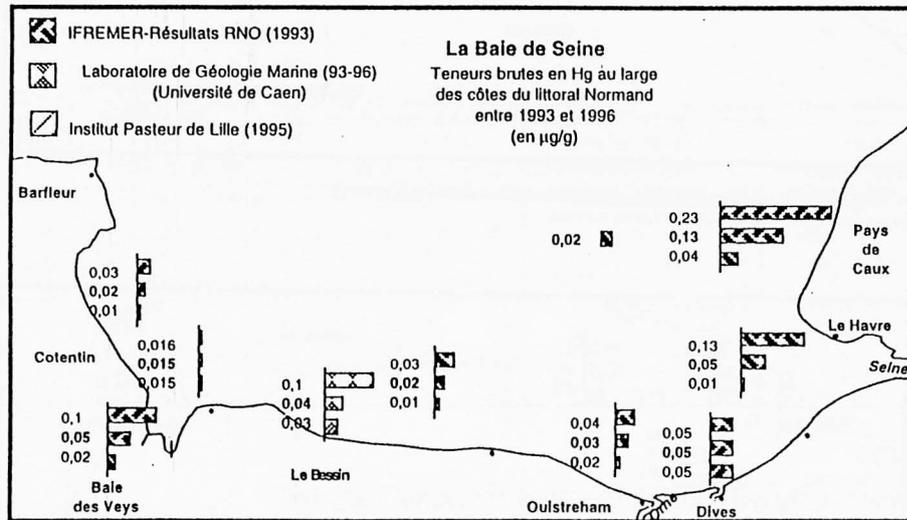


Teneurs brutes et normalisées en Pb dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 45: teneurs brutes et normalisées en Pb dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

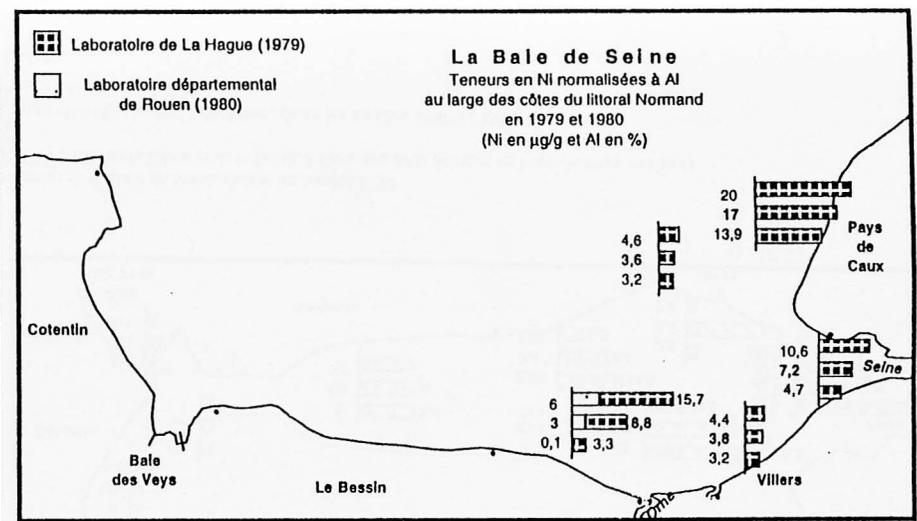
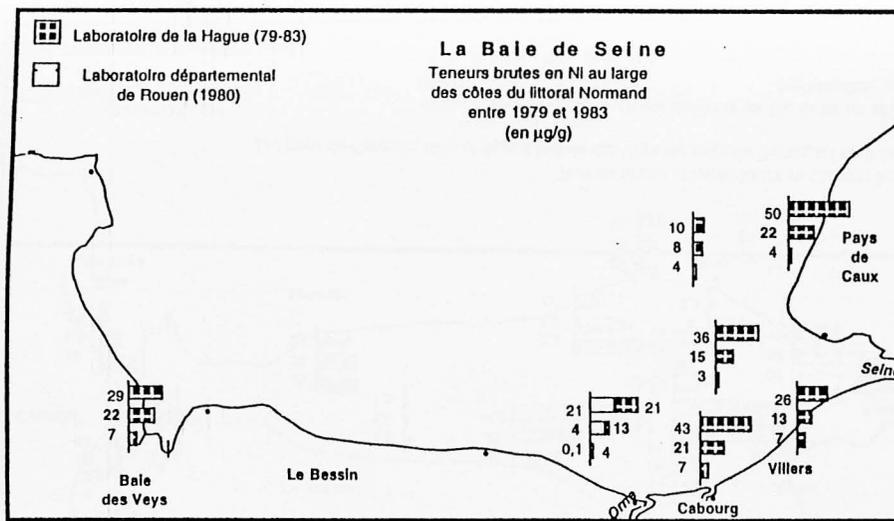


Teneurs brutes et normalisées en Hg dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

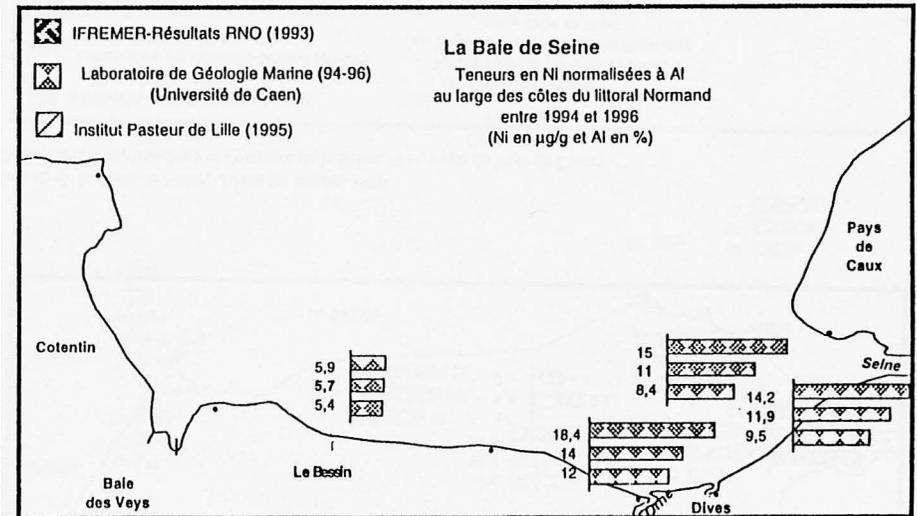
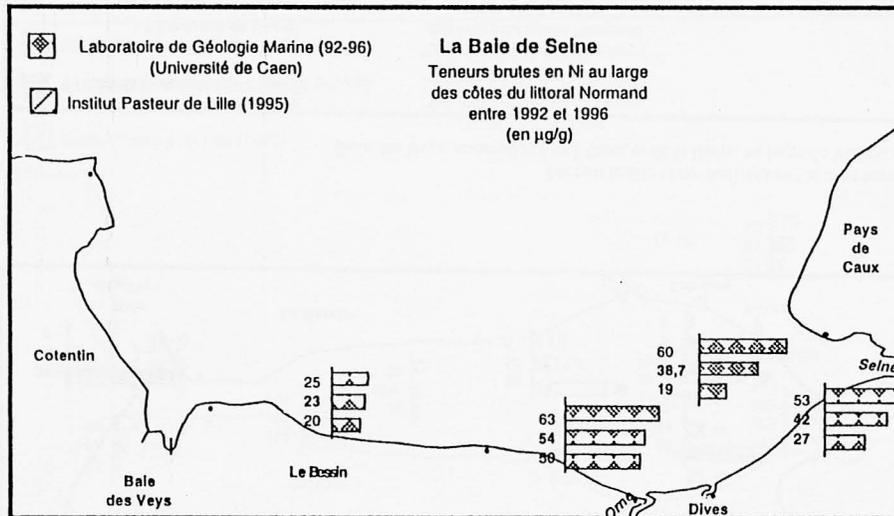


Teneurs brutes et normalisées en Hg dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bassin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 46: teneurs brutes et normalisées en Hg dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

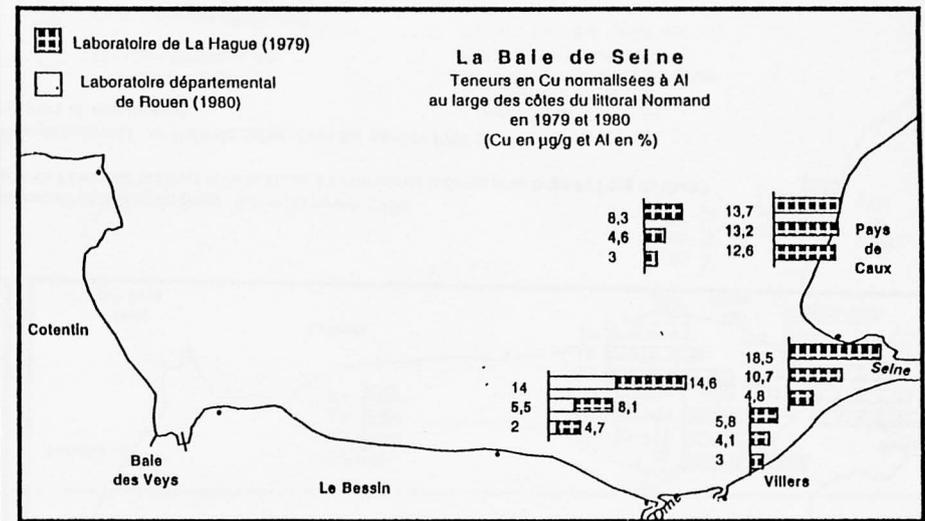
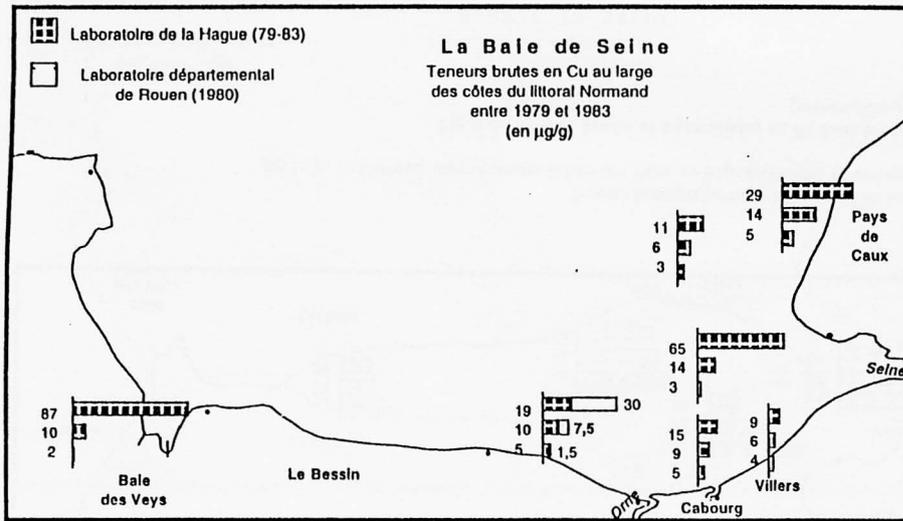


Teneurs brutes et normalisées en Ni dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villiers, sur le parfond, l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

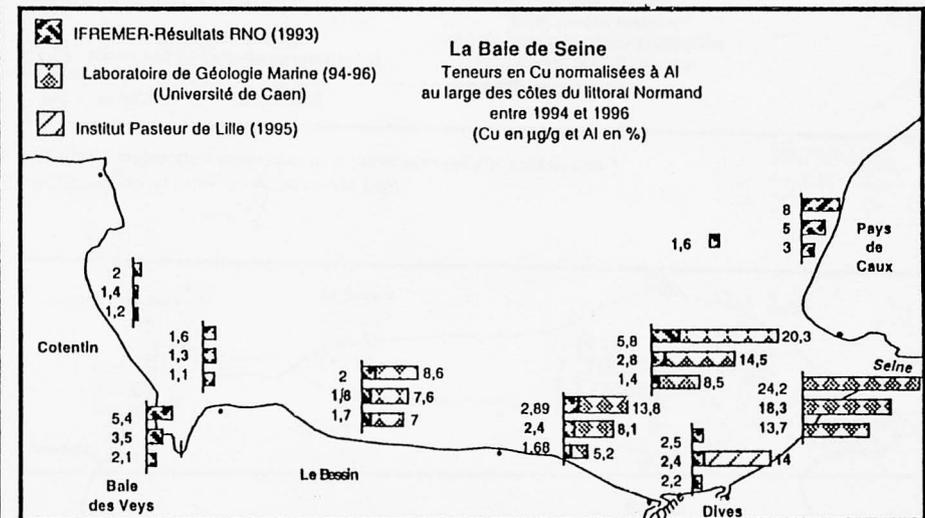
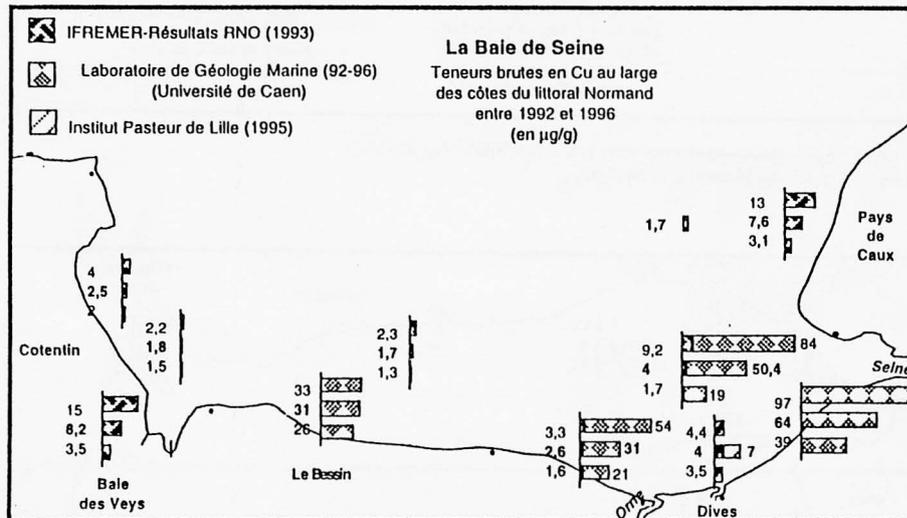


Teneurs brutes et normalisées en Ni dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 47: teneurs brutes et normalisées en Ni dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

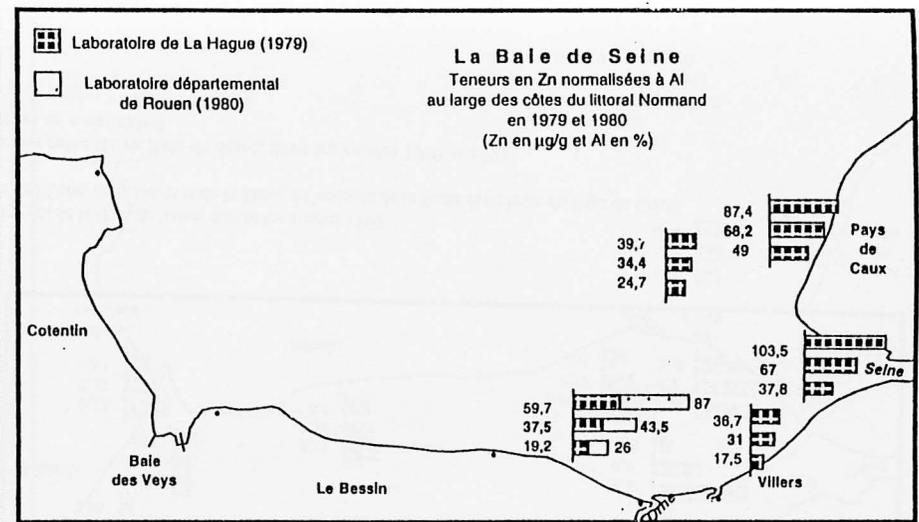
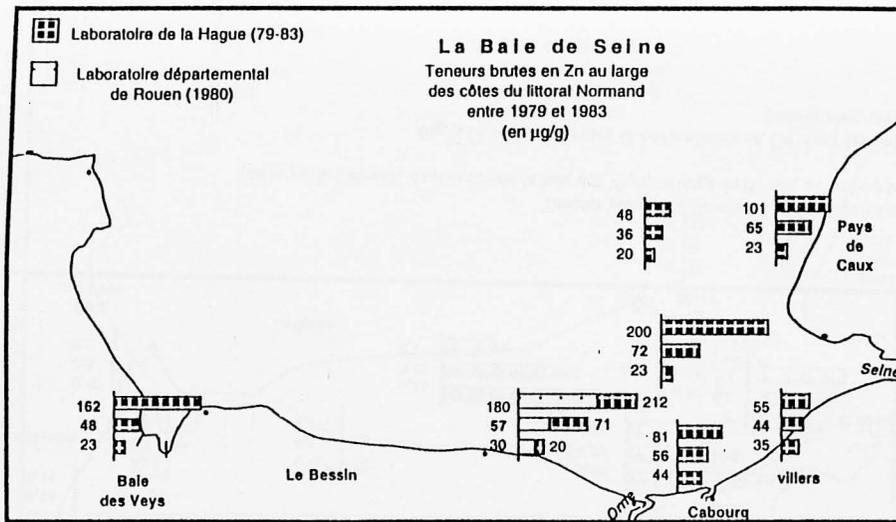


Teneurs brutes et normalisées en Cu dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villiers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

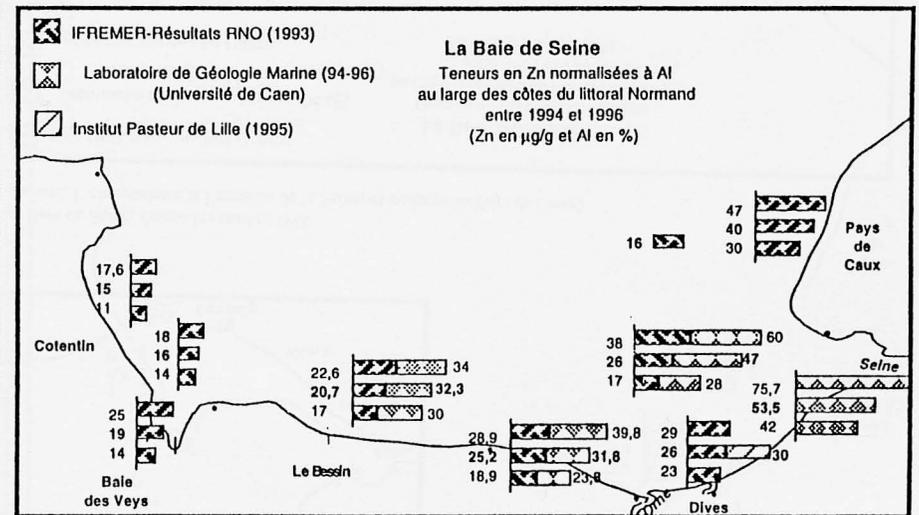
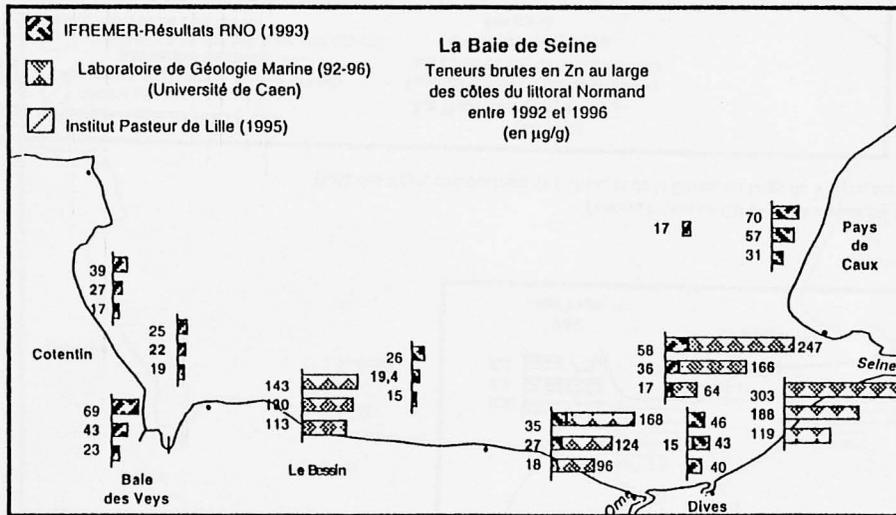


Teneurs brutes et normalisées en Cu dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 42 Teneurs brutes et normalisées en Cu dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

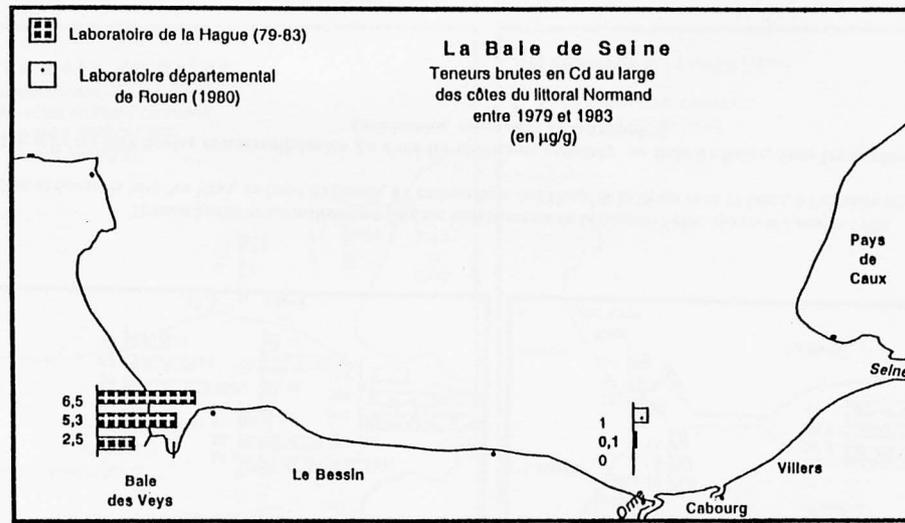


Teneurs brutes et normalisées en Zn dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villiers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

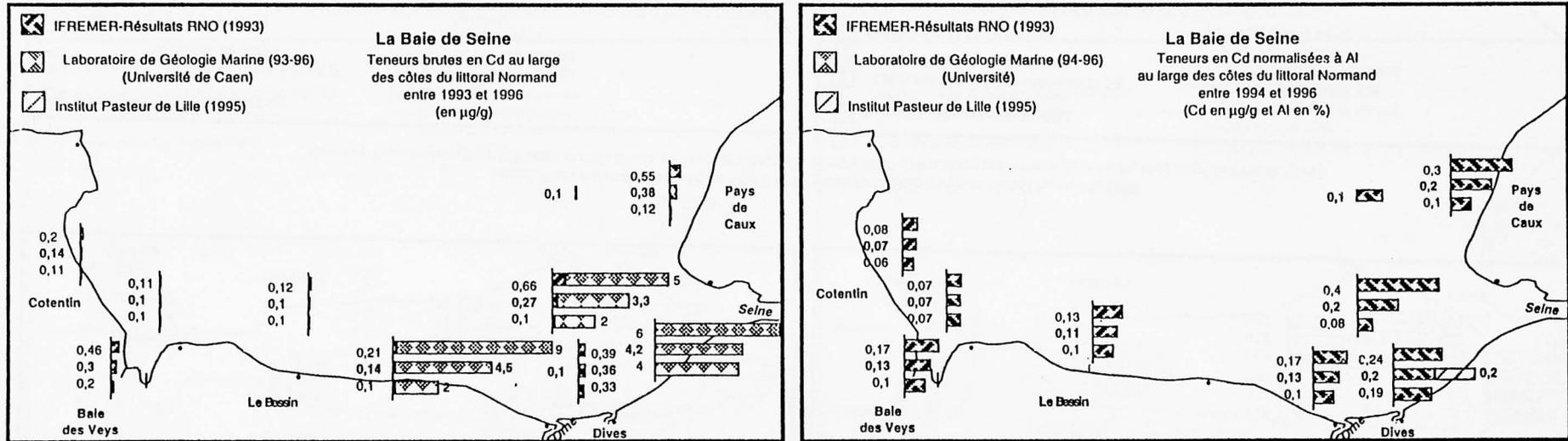


Teneurs brutes et normalisées en Zn dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig.49: teneurs brutes et normalisées en Zn dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

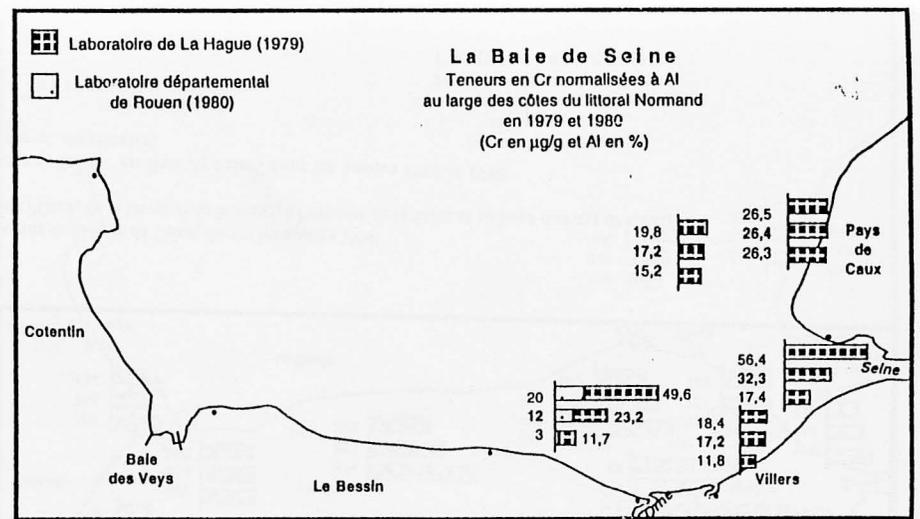
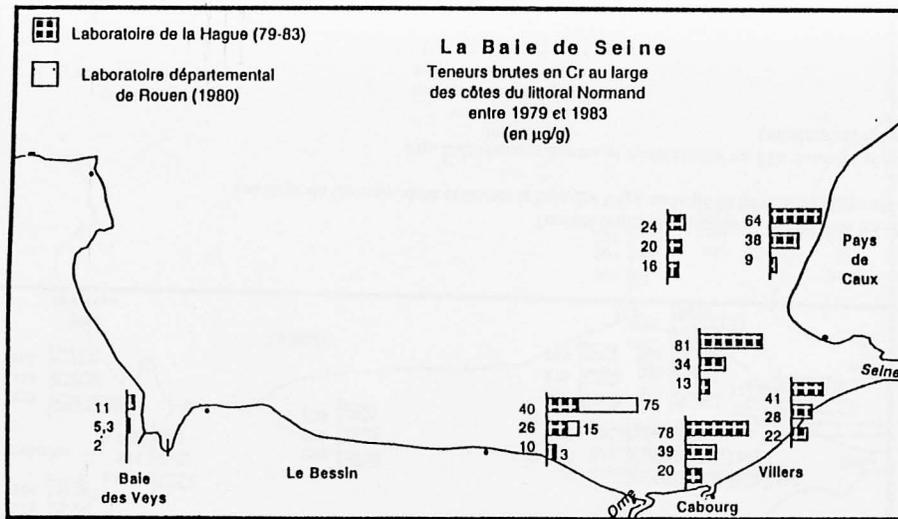


Teneurs brutes en Cd dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villiers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

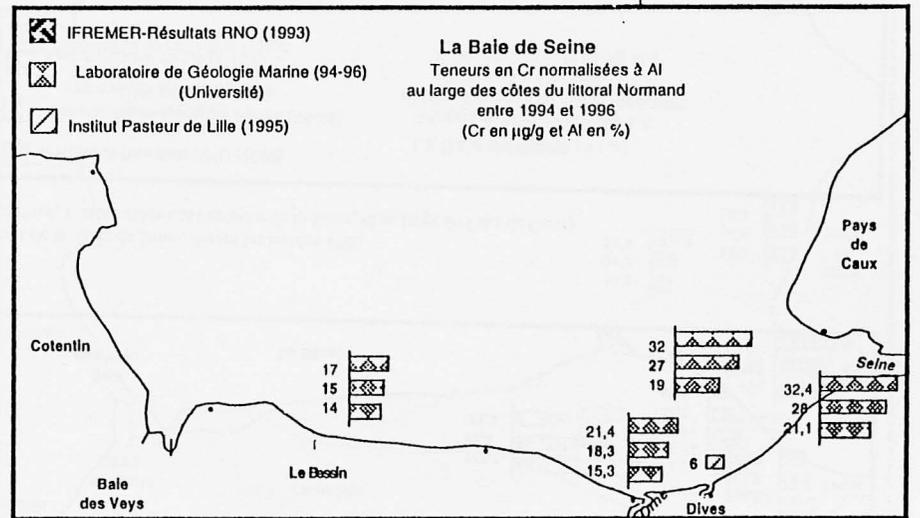
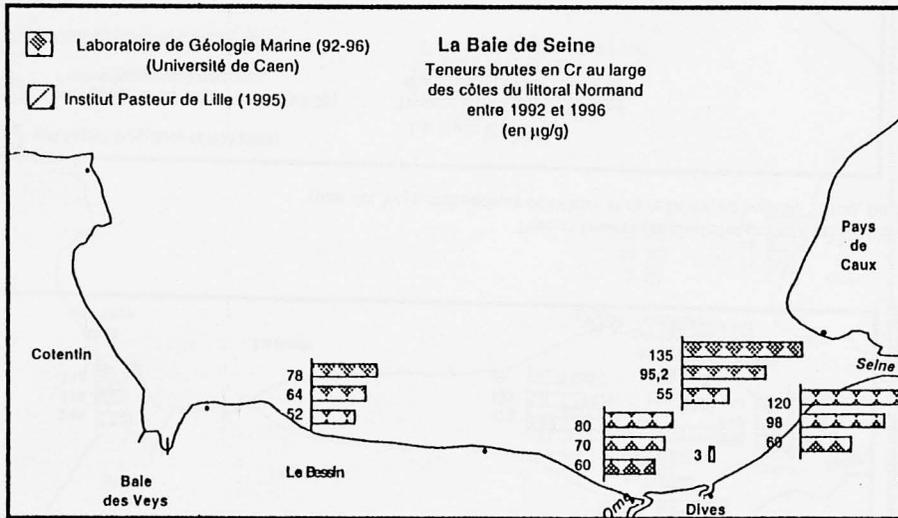


Teneurs brutes et normalisées en Cd dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig.50: teneurs brutes et normalisées en Cd dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

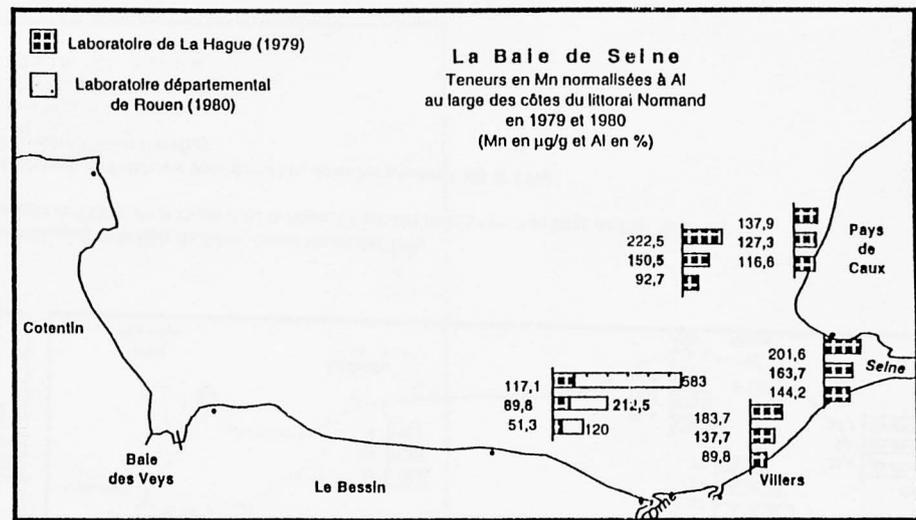
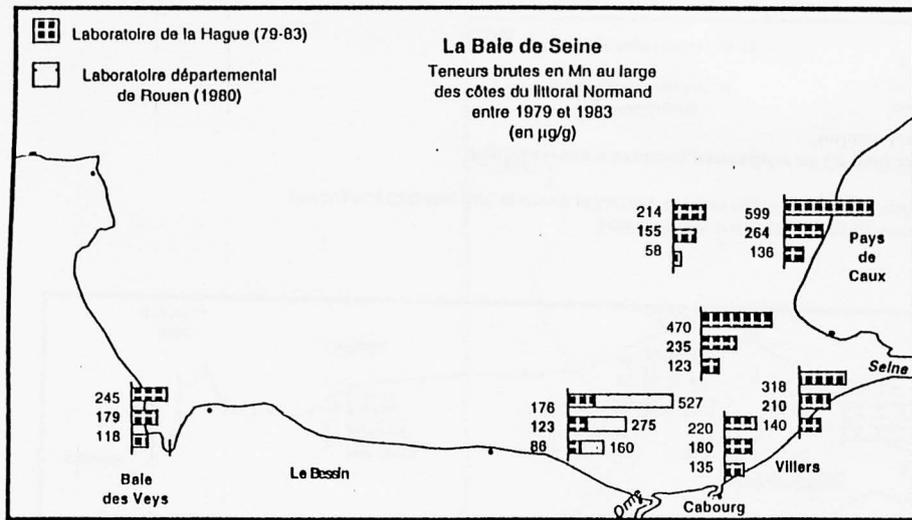


Teneurs brutes et normalisées en Cr dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villers, sur le profond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

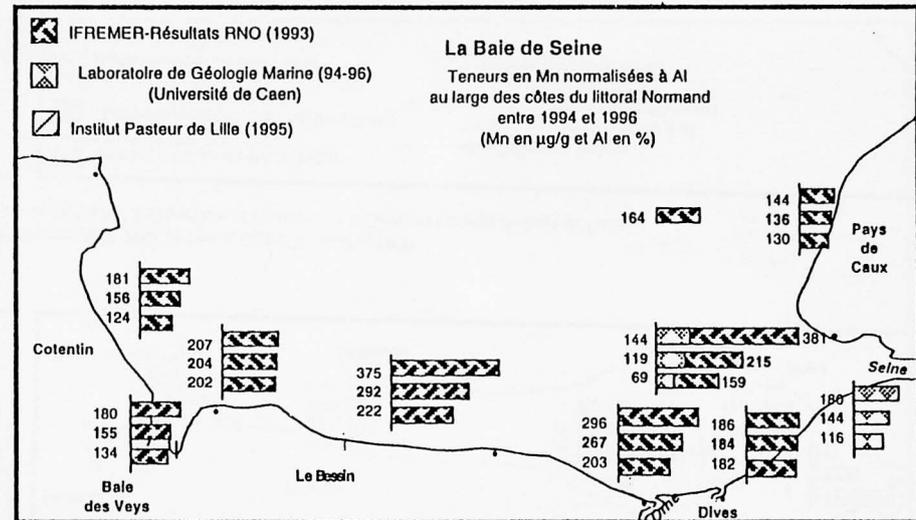
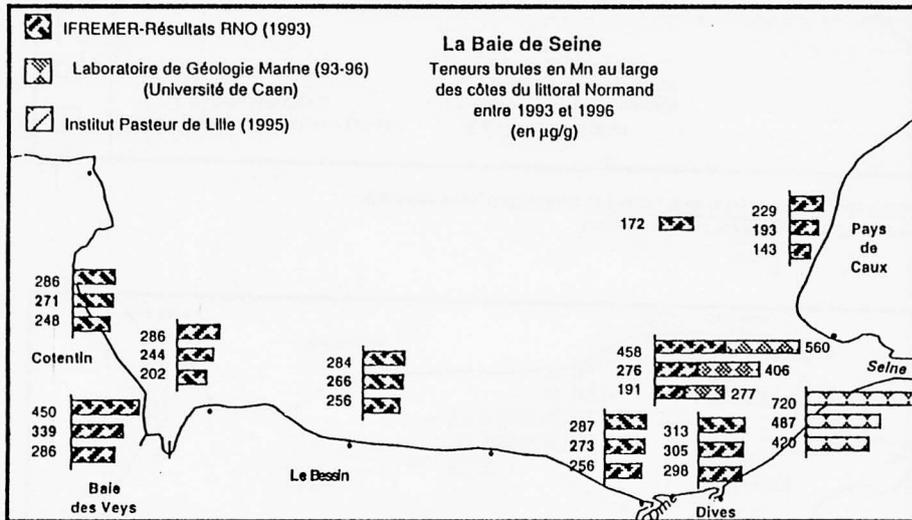


Teneurs brutes et normalisées en Cr dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 51: teneurs brutes et normalisées en Cr dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

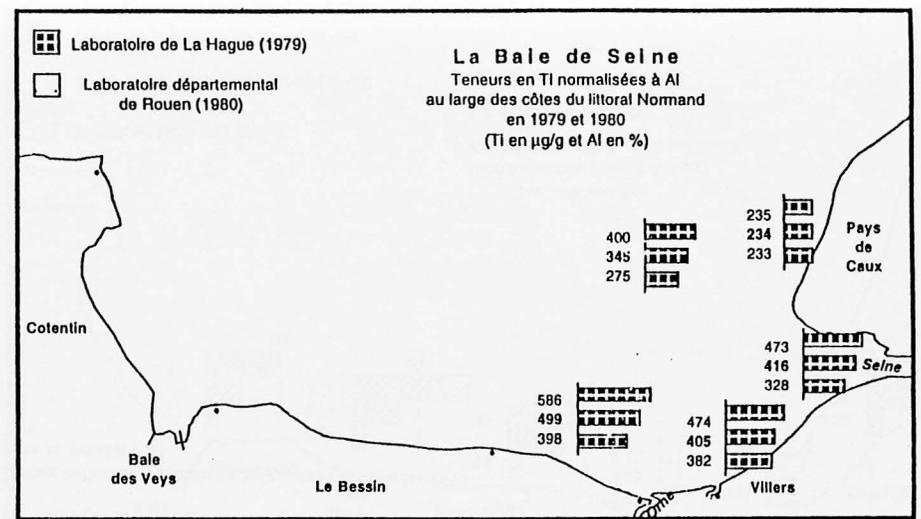
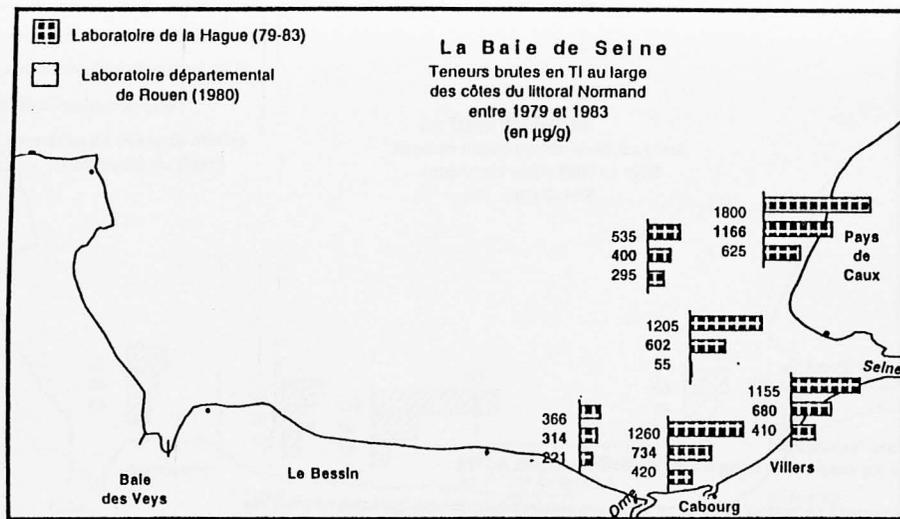


Teneurs brutes et normalisées en Mn dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villiers, sur le parfond, l'embouchure et l'estuaire de la Seine, et au large du Pays de Caux)

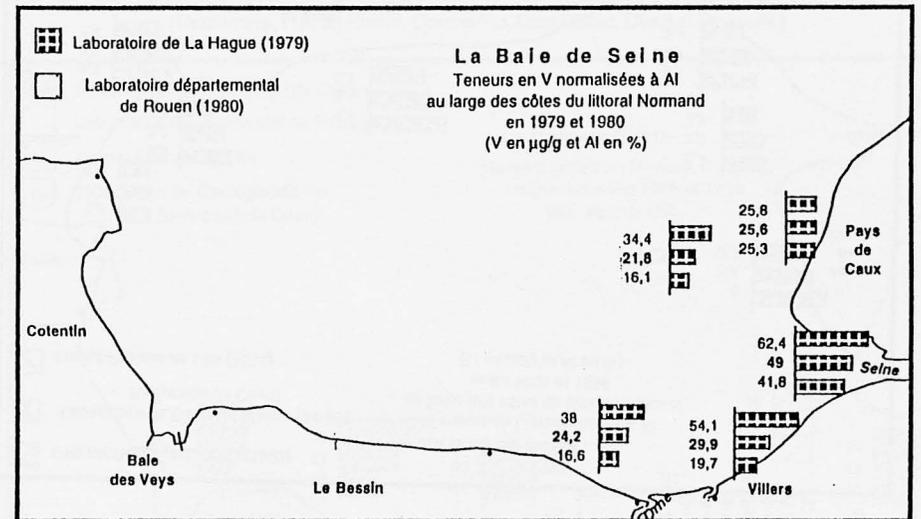
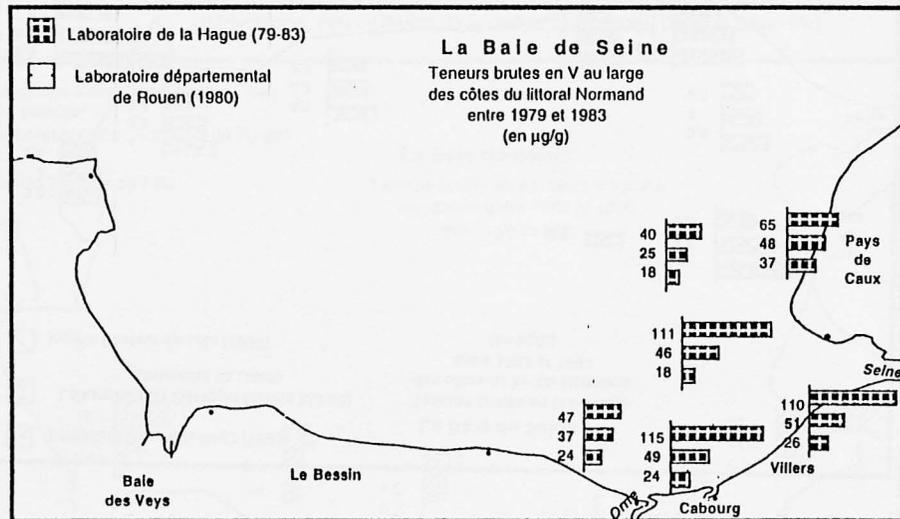


Teneurs brutes et normalisées en Mn dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig. 52: teneurs brutes et normalisées en Mn dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 et 1990 (minimales, moyennes et maximales)

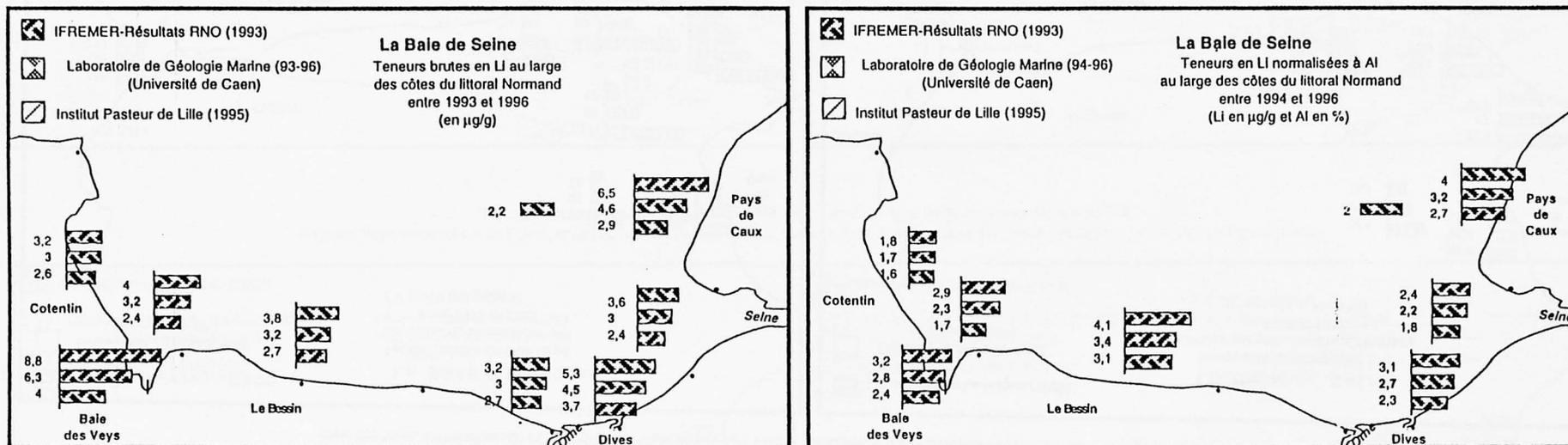


Teneurs brutes et normalisées en Ti dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villers, sur le parfond, l'embouchure et estuaire de la Seine, au large du Pays de Caux)



Teneurs brutes et normalisées en V dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1980 (baie des Veys, embouchure de l'Orne, et de la Dives, au large de Villers, sur le parfond, l'embouchure et estuaire de la Seine, au large du Pays de Caux)

Fig. 51 teneurs brutes et normalisées en Ti et V dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1980 (minimales, moyennes et maximales)



Teneurs brutes et normalisées en Li dans les sédiments de la Baie de Seine, durant les années 1990 (au large du Cotentin, dans et devant la baie des Veys, au large du Bessin, à l'embouchure de l'Orne, de la Dives et de la Seine, à l'estuaire de la Seine et au large du Pays de Caux)

Fig 54 teneurs brutes et normalisées en Li dans les sédiments collectés en Baie de Seine, dans les années 1990 (minimales, moyennes et maximales)

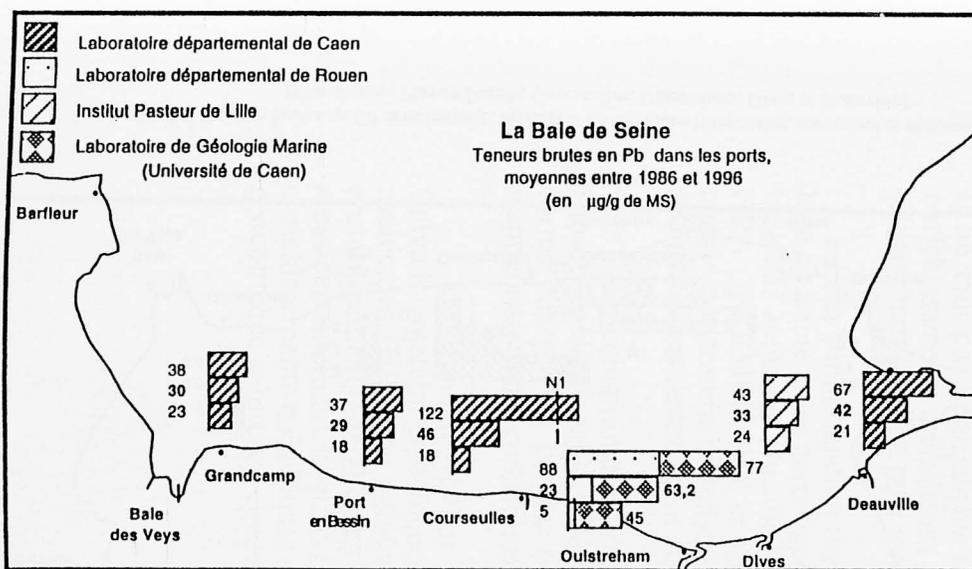


Fig.55: Teneurs brutes en Pb dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

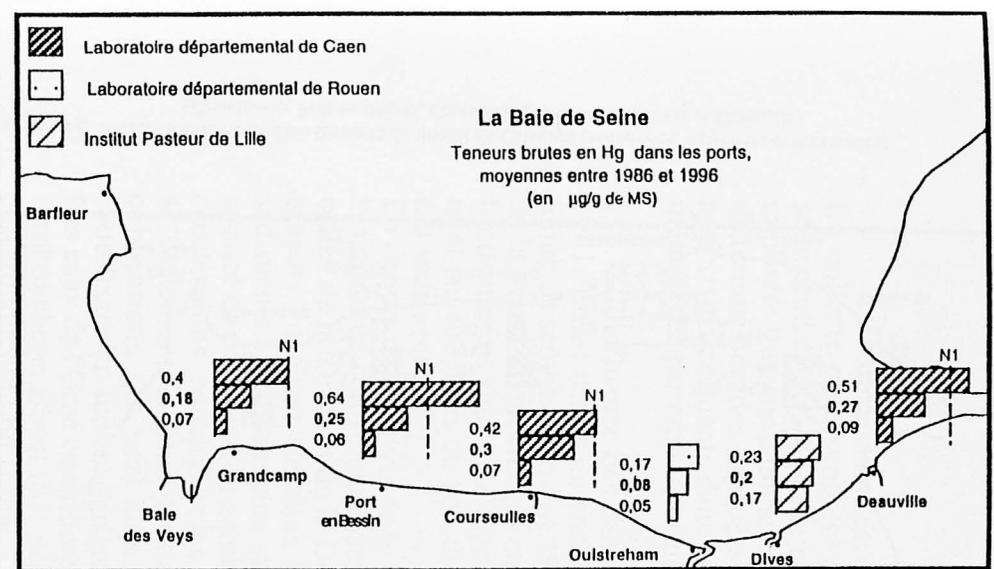


Fig.56: Teneurs brutes en Hg dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

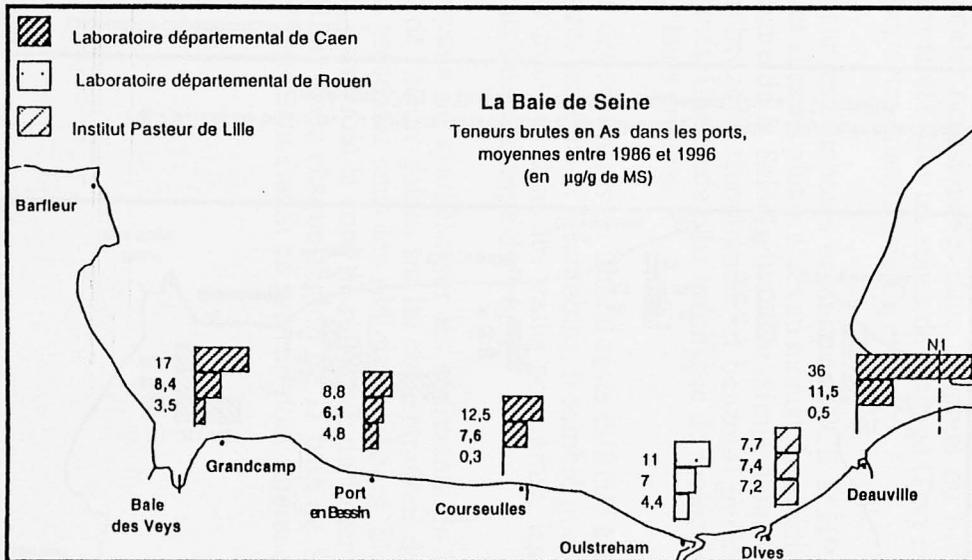


Fig.57: Teneurs brutes en As dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

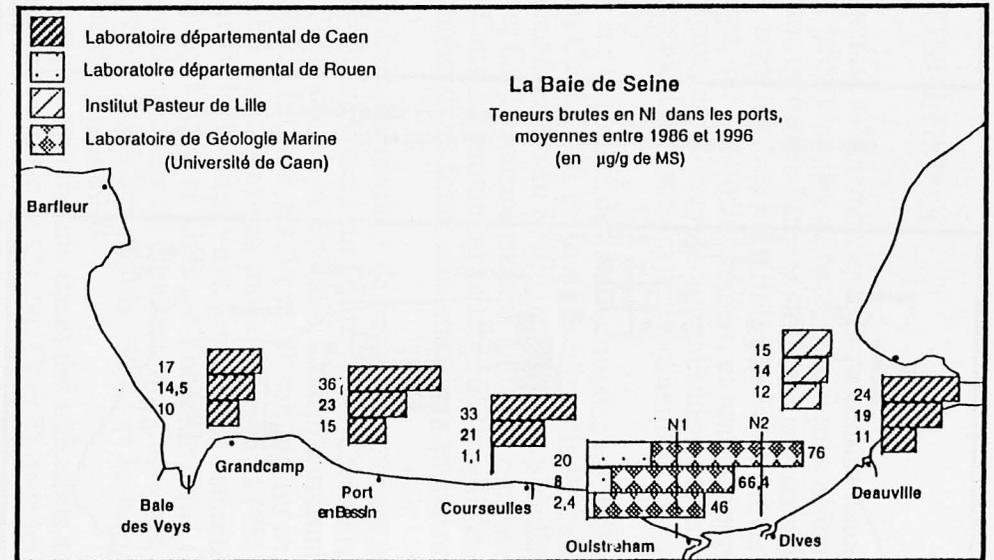


Fig.58: Teneurs brutes en Ni dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

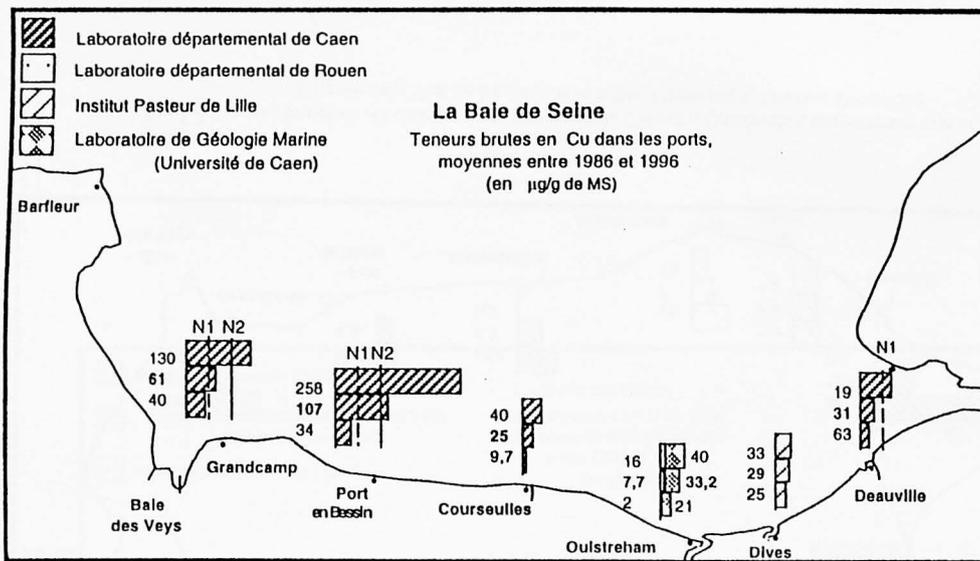


Fig. 59. Teneurs brutes en Cu dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

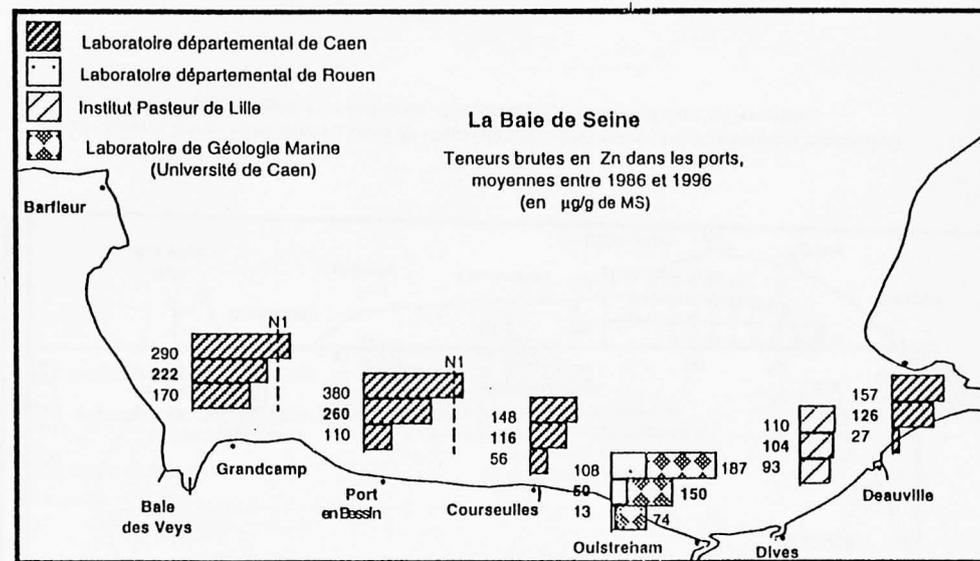


Fig. 60. Teneurs brutes en Zn dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

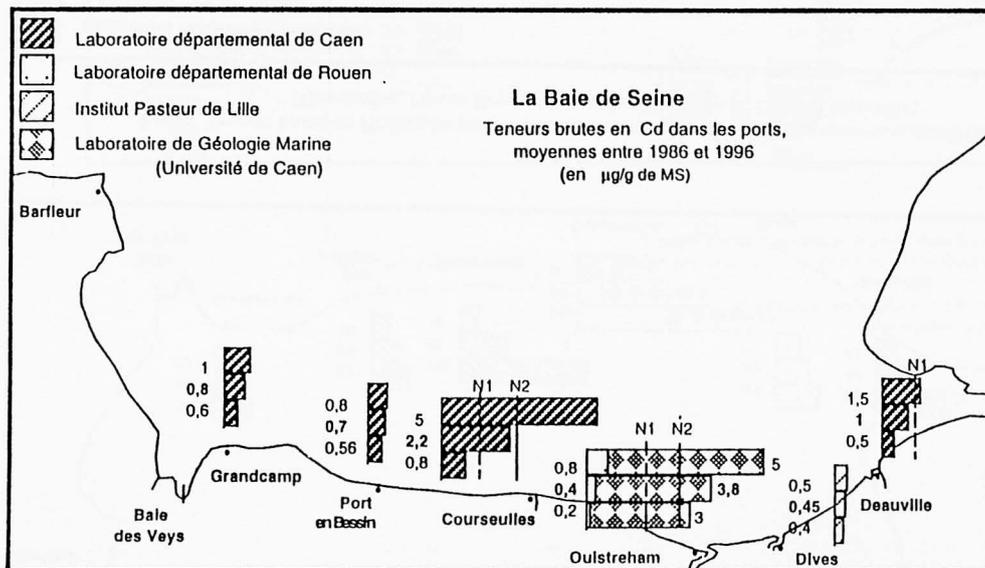


Fig. 61. Teneurs brutes en Cd dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

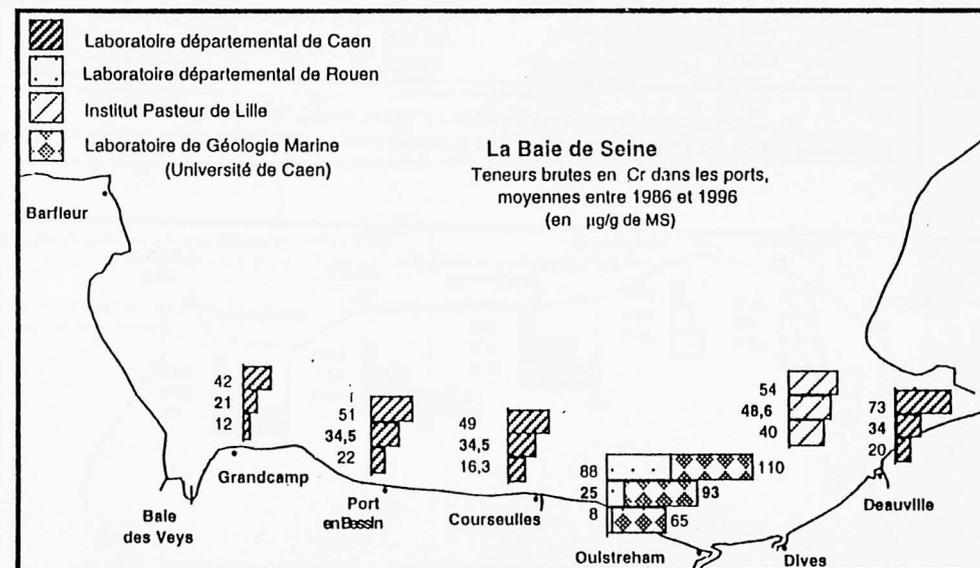


Fig. 62. Teneurs brutes en Cr dans les ports du littoral du Calvados (minimales, moyennes et maximales) (Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Oulstreham, Dives et Deauville)

CONCLUSION

La baie de Seine est une région soumise à de nombreux apports continentaux. La collecte et la synthèse des résultats géochimiques et bactériologiques effectuée sur les sédiments côtiers de cette région, a permis de mettre l'accent sur des zones continentales très exposées aux contaminants métalliques, organiques et bactériologiques. Ce travail rassemble différentes études espacées dans le temps, sur une même région, et tente d'appréhender les apports en polluants dans cette même région, en utilisant la normalisation des concentrations métalliques par rapport à l'aluminium et le calcul des facteurs de concentration.

L'influence des eaux de la Seine sur la qualité des eaux littorales est déjà connue. En 1981, Boust décrit un enrichissement en Cu, Hg, Ni et Zn des sédiments de l'estuaire de la Seine. Il semblerait qu'en 1993 (d'après les données du RNO), les sédiments de l'embouchure de la Seine soient chargés en Cu, Zn, Pb et Cd. Les mêmes métaux lourds se retrouvent dans les fonds marins situés au large du Pays de Caux. La proximité au large d'Octeville de la zone de rejet des dragages du port du Havre, expliquerait les fortes concentrations en métaux lourds de ces sédiments.

En dehors des apports de la Seine dans la baie, les résultats de ce rapport mettent en évidence l'importante contribution des eaux continentales situées sur le littoral du Calvados, telles que celles de la Taute et de la Douve dans la baie des Veys. En 1984, Dubrulle constate de fortes teneurs en Ni et Cd dans les sédiments de la baie des Veys. Il semble qu'en 1993, ces sédiments soient enrichis en Cu et Hg. En outre dans ces travaux, Sylvand (95) soulève la gravité du problème du comblement au sud de la baie des Veys, ainsi que la viabilité future des concessions conchylicoles de Grandcamp-Maisy et Géfosse-Fontenay, qui fournissent actuellement la plus grosse production de moules et d'huîtres du Calvados. Certaines concessions (au sud) sont placées en zone insalubre depuis 1980, et le ramassage des coquillages au sud est déconseillé, voir interdit depuis 1990.

Les eaux de l'Orne contribuent à un enrichissement en métaux traces des sédiments au niveau de l'embouchure. Boust (81) détecte la présence anormale de Cu, Ni, Cr et Ti dans les sédiments de l'embouchure de l'Orne.

Il ne faut pas négliger les pollutions locales occasionnées dans les ports du littoral, et les enrichissements métalliques des matériaux situés dans les zones de dragage (Port en Bessin et Ouistreham), où l'on peut retrouver d'importantes quantités de Cu et de Cd.

La contamination des sédiments par les composés organiques (PCB et HPA) situe la baie de Seine et les ports littoraux parmi les sites les plus pollués au monde. Les sédiments de la baie des Veys les plus éloignés de l'estuaire de la Seine présentent d'importantes teneurs en HPA (IFREMER, 95), et notamment en benzo(b) fluoranthène et benzo(a) pyrène qui sont considérés comme de puissants cancérigènes. Une étude plus spécifique de molécules dans les sédiments permettrait peut être d'identifier leurs origines.

La contamination bactériologique des sédiments du littoral reste difficile à évaluer, en l'absence de niveaux de référence dans ces matériaux. Néanmoins, il semble que malgré les fortes charges en germes contaminants trouvées dans les vases portuaires, les bactéries n'apparaissent pas contaminer les sédiments situés au large des côtes.

Les résultats de ces premiers travaux de synthèse sur les sédiments du littoral du Calvados mettent en évidence le manque de valeurs guides sur les concentrations de certaines molécules (HPA) ou bactéries, qui sont présentes dans les sédiments côtiers. De plus, les enrichissements métalliques sont estimés à partir de la zone de référence du Cotentin, ce qui n'est certainement la zone la mieux définie pour chaque région de la baie de Seine. Les enrichissements métalliques seraient plus justement établis en prenant pour référence, le fond géochimique naturel de chaque site.

BIBLIOGRAPHIE

Affaires Maritimes (Direction Départementale) de Caen, IFREMER de Port en Bessin, D.D.E., D.D.A.S.S. de Caen, 1996.

Dossier Technique de Classement de Salubrité des Zones de Production de Coquillages du Littoral du Département du Calvados.

A.E.S.N (Agence de l'Eau Seine Normandie-Direction des rivages) de Honfleur, IFREMER de Port en Bessin ET D.D.A.S.S., 1995.

Qualité des eaux de baignade en mer : Normandie été 95. Brochure.

A.E.S.N (Agence de l'Eau Seine Normandie-Direction des rivages) de Honfleur, 1996.

Bassin Seine Normandie. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Brochure

Atlas et Géographie de la France : la Normandie, 1970.

Atlas agricole de Normandie, 1992.

B.E.G.C.H., 1981.

Etude d'impact des matériaux de l'avant port et du chenal de Ouistreham, dans le cadre de la création de la première passerelle trans-Manche. D.D.E.

Boust D, 1980.

Les oligoéléments métalliques dans les sédiments de la baie de Seine orientale : une nouvelle méthode d'interprétation des résultats. 105^e Congrès national des Sociétés savantes, Caen, géographie, pp 155-165.

Boust, 1981.

Les métaux traces dans l'estuaire de la Seine et ses abords. Thèse de 3^{ème} Cycle, Mention Géologie, Université de Caen

C.C.I (Chambre de Commerce et d'Industrie) de Caen, 1996.

Brochure sur le port de Caen-Ouistreham

Chamberlin C.E. and Mitchell R., 1978.

A decay model for enteric bacteria in natural waters. In Mitchell R. (Ed), "Water Pollution Microbiology", vol. 2, pp 325-348

Charles M. J., Hites R.A., 1987.

Sediments as Archives of Environmental Pollution Trends. Source and Fates of Aquatic Pollutants, eds ACS, n°216, pp 365-392

Chiffolleau J.F., Michel P., Cossa D., Auger D., Averty B., Chartier E., Sanjuan J. et Truquet I., 1995.

Distribution des contaminants métalliques dans l'estuaire de la Seine en période de crue (Février 95). Programme Scientifique Seine Aval. Rapport intermédiaire de l'année 1995 : état d'avancement des travaux de programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine - Thème chimie des contaminants, pp 38-54

Claisse D. and Alzieu C., 1993.

Copper Contamination as a Result of Antifouling Paint Regulations? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 26, n°7, pp 395-397

CREOCEAN, 1990.

Campagne dans le cadre de l'étude d'impact des matériaux du port de Grandcamp sur le milieu naturel. Rapport D.D.E.

CREOCEAN, 1995.

Campagne dans le cadre de l'étude d'impact des matériaux du port de Dives sur Mer sur le milieu naturel. Rapport D.D.E.

Cossa D., Elbaz-Poulichet F., Gnassia-Barelli M. et Roméo M., 1993.

Le Pb en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER n° 3

Cossa D., Thibaud Y., Roméo M., Gnassia-Barelli M., 1990.

Le Hg en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER n° 19

Cossa D. et Lassus P., 1989.

Le Cd en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER n° 16

D.D.E. (Direction Départementale de l'Equipement) de Caen, 1996.

Résultats géochimiques et bactériologiques des suivis de dragages du port de Grandcamp, Port en Bessin, Courseulles, Ouistreham, Dives sur Mer et Deauville, collectés jusqu'en 1996.

De Groot A.J., Salomons W., Allersma E., 1974.

Processes affecting heavy metals in estuarine sediments, unpubl. Rep. Inst. Soil Fertility, Haren, Netherlands, pp 131-157

D.R.E (Direction Régionale de l'Equipement de Basse Normandie) de Caen, 1996.

Littoral de Basse Normandie : Atlas des Espaces Remarquables

Dubrulle L, 1984.

La baie des Veys : Etude hydrosédimentaire et géochimique. Rapport du Laboratoire de Géologie Marine, Université de Caen

Dubrulle L, 1982.

Etude Hydrosédimentaire de l'estuaire de l'Orne et de ses abords. Thèse de 3ème cycle, Mention Géologie, Université de Caen

Greco-Manche, 1985.

La baie de Seine. Université de Caen, 24-26 avril 1985. IFREMER, Actes de Colloques n°4, pp 465-470

Etourneau C. et Godefroy D., 1994.

Rapport IFREMER. Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral : Bilan de 12 ans de suivi sanitaire de la conchyliculture en baie des Veys (1980-1991).

IFREMER, 1995.

Surveillance du Milieu Marin : Travaux du R.N.O., campagne de 1993, pp 25-31

IFREMER, 1996.

Programme Scientifique Seine Aval. Rapport intermédiaire de l'année 1996 : état d'avancement des travaux de programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine - Thème chimie des contaminants

Knickmeyer R. and Steinhart H., 1986.

The Distribution of Cyclic Organochlorines in North Sea Sediments. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, vol. 41, n°1, pp 1-21

Le Gall J., 1970.

La baie des Veys. La sédimentation et faciès de dépôt. Thèse de 3ème cycle, Université de Caen

L.C.H.F (Laboratoire Central Hydrolitique de France), 1986.

Etude d'impact des matériaux du port de Port en Bessin sur le milieu naturel. D.D.E.

Marchand M., 1989.

Les PCB dans l'environnement marin. Aspects géochimiques d'apports et de distribution. Cas du littoral français. *Revue des Sciences de l'Eau*, 2, pp 373-403

Martin E., Ouddane B., Skiker M., Boughriet A., Fischer J.C. et Wartel M., 1995.

Le Manganèse dans l'estuaire de la Seine. Programme Scientifique Seine Aval. Rapport intermédiaire de l'année 1995 : état d'avancement des travaux de programme coordonné de recherche sur l'estuaire de la Seine - Thème chimie des contaminants, pp 81-107

Martin J.M., Meybeck M., Salvadori F. et Thomas A., 1976.

Pollution chimique des estuaires : état actuel des connaissances (juin 1974). Rapport scientifique et technique du CNEXO, Brest, 22

Michel P., 1993.

L'As en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER n° 4

Milano J.C. et Vernet J.L., 1988.

Importance des apports du Rhône en hydrocarbures polycycliques aromatiques cancérigènes. *Océanis*, vol. 14, Fasc. 1, pp 133-140

Nasseh A., Texier H., Lacroix M. et Verague J., 1996.

Variabilité saisonnière des flux géochimiques dans un petit bassin versant tempéré : l'exemple de l'Orne (Calvados, France). *Géomorphologie : Relief, processus, environnement*, n°3, pp 75-92

Salomons W., Kerdijk H., van Pagen H., Klomp R. and Schreur A., 1986.

Behaviour and Impact Assessment of Heavy Metals in Estuarine and Coastal Zones. International Symposium on Metals in Coastal Environments of Latin America. pp 157-198

Senten J.R. and Charlier R.H., 1989.

Heavy Metals Sediments Pollution in Estuarine and Coastal Waters : Corrective Measures for Existing Problems. pp 79-96

Sherer B.M., Miner J.R., Moore J.A. and Buckhouse J.C., 1992.

Indicator Bacterial Survival in Stream Sediments. *Journal of Environmental Quality* 21, pp 591-595.

Sigg L., Stumm W., Behra P., 1992.

Chimie des milieux aquatiques. eds MASSON, Paris, p 329.

Sylvand B., 1995

La baie des Veys (littoral occidental de la baie de Seine, Manche) 1972-1993. Thèse de docteur d'état : structures et évolution à long terme d'un écosystème benthique intertidal du substrat meuble sous influence estuarienne, Université de Caen, Mention écologie animale

Texier H., Avoine J., Quillard J., 1997 (accepté).

Les rejets de dragage du port de Caen-Ouistreham. Impacts hydrosédimentaires et géochimiques. *Journal de Recherche Océanographique*.

Texier H., Grandin E., Pesnel V., 1993.

Etude de la composition inorganique des vases de l'estuaire de l'Orne : de Ranville à Ouistreham. Détermination du degré de contamination. Rapport D.U.T. de Mesures Physiques à Caen.

Texier H., Avoine J., Ismaili M., 1994.

Prélèvements effectués au cours des campagnes "sedibaie" de 1993 et 1994

Texier H., Caplat C., Levoy F., 1996.

Etude préliminaire aux dépôts en mer des produits de dragage de Port en Bessin - Morphologie initiale des fonds - Qualité des sédiments du port et en mer (19 p). Rapport au Conseil Général du Calvados.

ANNEXES

ANNEXE I

La Directive européenne du 15 juillet 1991 fixe les conditions de mise en marché des coquillages et la qualité sanitaire des zones conchylicoles de production. La contamination microbienne est donnée à partir de 26 prélèvements échelonnés sur 12 mois consécutifs. Le classement des zones de production est le suivant (Etourneau et Godefroy, 94)

- ZONE A : 100 % des résultats doivent être inférieurs à 300 coliformes fécaux
les coquillages pourront être récoltés pour la consommation directe
- ZONE B : 90 % des résultats doivent être inférieurs à 6000 coliformes fécaux
les coquillages ne pourront être commercialisés qu'après purification,
associée ou non à un reparcage, ou après un reparcage suffisant
- ZONE C : plus de 10 % des résultats sont compris entre 6000 et 60000 coliformes
fécaux
les coquillages ne pourront être commercialisés qu'après une purification de
longue durée, associée ou non à une purification, ou après une purification
intensive
- ZONE C : au moins un résultat est supérieur à 60000 coliformes fécaux
aucune commercialisation ne sera possible même après purification

ANNEXE II

Classement des eaux et des plages suivant les critères suivant :

Le classement des eaux (et des plages) est réalisé selon les critères suivants :

Niveau de qualité		Nombre de germes pour 100 ml		
		Coliformes totaux (C.T.)	Coliformes fécaux (C.F.)	Streptocoques
A	Eaux de bonne qualité	95 % préél. < 1 80 % préél. < G	95 % préél. < 1 80 % préél. < G	90 % préél. < G
B	Eaux de qualité moyenne	95 % préél. < 1	95 % préél. < 1	
C	Eaux momentanément polluées	5 à 33 % préél. > 1	5 à 33 % préél. > 1	
D	Eaux polluées impropres à la baignade	plus de 33 % préél. > 1	plus de 33 % préél. > 1	

(d'après D.D.A.S.S. - Normes européennes)



Imprimerie : Agence de l'Eau Seine-Normandie . Nanterre

