

INSTITUT PASTEUR DE LILLE
SERVICE DES EAUX
1, rue du Professeur Calmette
59019 LILLE CEDEX

HYDROBIOS III

POLLUTION CHIMIQUE DU LITTORAL NORD-PAS DE CALAIS

ÉTUDE SPÉCIFIQUE DE SECTEURS CONTAMINÉS:
CALAIS-DUNKERQUE ET BOULOGNE.

CARTES ET COMMENTAIRES

CONTRAT 83 / 3047 / B

JUIN 1985

J.C. L'HOPITALT
A. PHILIPPO
P. THOMAS
E. OUDART
J.M. DELATTRE

SOMMAIRE

	Pages
- INTRODUCTION	1
- PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSES	3
- CONTAMINATION DU SECTEUR CALAIS-DUNKERQUE	6
- CONTAMINATION DU SECTEUR DE BOULOGNE	14
- CONCLUSION GENERALE	25
- BIBLIOGRAPHIE	26
- ANNEXES :	
1° Abréviations et unités	28
2° Résultats pour le secteur Calais-Dunkerque	29
3° Cartes pour le secteur Calais-Dunkerque	31
4° Résultats pour le secteur de Boulogne	38
5° Cartes des sédiments au large de Boulogne	44
6° Cartes des moules	58
7° Cartes de localisation des prélèvements d'eaux	71
8° Cartes des sédiments du port de Boulogne	73

INTRODUCTION

Les recherches antérieures sur la pollution littorale du Nord de la France, Hydrobios 80 (1) et Hydrobios II (2) pour les sédiments, Mollusques 82 (3) pour les moules et les coques, ont montré l'existence de deux zones côtières plus fortement contaminées :

- entre Calais et Dunkerque, les teneurs des sédiments en plomb, cadmium, nickel et chrome sont anormalement élevées, les origines les plus probables de cette pollution étant les dépôts de dragages des ports, et les apports continentaux liés aux activités industrielles portuaires et aux eaux de l'Aa.

- entre Boulogne et le Cap Gris-Nez, les pollutions sont plus diversifiées, avec accumulation, dans les sédiments et les moules, de métaux lourds (Hg, Pb, Cd, Ni) et de polluants organiques (pesticides organochlorés et phtalates). Les hypothèses sur les origines de cette contamination sont les mêmes que précédemment mais les apports par les eaux sont plus nombreux : rivières côtières (Liane, Wimereux, Slack, Manchue, Châtelet), émissaires d'Equihen, et du Portel.

Une autre source de polluants pourrait également être la remontée des eaux des estuaires du Sud (Canche, Authie et Somme) mais bien qu'une certaine contamination de ces eaux ait été mise en évidence (6), les études antérieures sur les sédiments et les mollusques (1, 2, 3) ne montrent pas l'existence d'une remontée notable de polluants jusqu'au secteur de Boulogne.

La présente étude a pour objectif de confirmer les résultats antérieurs en réalisant dans les deux zones contaminées (Boulogne-Gris Nez et Calais-Dunkerque) des prélèvements de sédiments selon un maillage plus serré mais en limitant les analyses aux polluants déjà mis en évidence. Des prélèvements complémentaires d'eaux, de sédiments et de mollusques ont été effectués dans la région boulonnaise afin de mieux cerner les sources de pollution.

Cette étude a été réalisée par le Service des Eaux de l'Institut Pasteur de Lille. Elle s'intègre dans le cadre des recherches sur la pollution du littoral Nord de la France, programme financé par l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) et l'Etablissement Public Régional Nord-Pas-de-Calais.

PRELEVEMENTS ET ANALYSES

I PRELEVEMENTS

1) Secteur Calais-Dunkerque

Les prélèvements des sédiments ont été effectués du 19 Novembre au 10 Décembre 1984 à l'aide d'une drague lourde (ISTPM) treuillée à partir du navire "La Mouette" du Port Autonome de Dunkerque*.

Le plan initial prévoyait une centaine de prélèvements répartis selon un maillage reprenant systématiquement les points d'échantillonnage précédemment analysés en 1980 (1), et tenant compte des apports possibles (Aa, ports, dépôts de dragage) et de la configuration des fonds.

En fait, certains points ont dû être abandonnés, après essais, à cause de la nature des fonds (plateau rocheux ou zone de galets, sans sédiment fin) ou de la présence d'épaves (drague accrochée). Ceci ramène le nombre des prélèvements à 77 (cartes en annexe 3).

Les échantillons (15 à 45 kg par point) ont été placés dans des sacs en polyéthylène épais et conservés par congélation.

2) Secteur Boulogne-Gris Nez

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés entre le 28 Juillet et le 19 Août 1983, à partir d'un Zodiac, avec une drague à main équipée d'un pot en polyéthylène.

* Nos plus vifs remerciements à Messieurs Mariette et Crepel et aux commandants Agez et Hannequin pour leur concours.

Les points de prélèvement du large correspondent à ceux de la campagne de 1980 (1) et, comme à Dunkerque, des points supplémentaires ont été ajoutés pour compléter le maillage, en tenant compte des apports possibles et des courants.

A la côte, des prélèvements ont été réalisés au nord et au sud de chaque estuaire ou rejet afin d'apprécier une éventuelle influence des apports terrestres, le point "sud" étant arrosé à marée basse par les eaux douces, le point "nord" n'étant pas, en principe, influencé.

Les polluants ont été recherchés dans les rivières côtières (Liane, Wimereux, Slack, Manchue, Ruisseau du Châtelet, Ruisseau des Anguilles), dans les rejets côtiers (émissaires d'Equihen, du Portel et de Wissant) et dans les émissaires de la rade de Boulogne. Pour chacune des deux premières campagnes de prélèvements (Juin 1983 et Décembre 1984), 23 eaux ont été analysées. Une dernière campagne (Mars 1985), plus exhaustive, a permis d'analyser 32 eaux (cartes en annexe 7)

Les moules, en tant qu'indicateurs de la pollution côtière, ont été prélevées trois fois sur les 10 sites disponibles, entre Wissant et Equihen (cartes en annexe 6).

II ANALYSES

Toutes les analyses sur les sédiments ont été réalisées sur la fraction fine ($<0,063$ mm) obtenue après tamisage par voie humide.

1) Analyse des métaux

- Minéralisation

. Sédiments : minéralisation de 1g de fraction fine sèche par HNO_3/HCl (10+4) pendant une nuit à froid, puis à chaud pendant 2H. Après évaporation à sec, reprise par HCl 1N.

. Moules : minéralisation de 1g de chair sèche par $\text{HNO}_3/\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2$ (10+3+2) pendant une nuit à froid puis 3H à chaud (65°C).

- Dosage

. Zn, Cd, Pb, Ni, Cr : absorption atomique en four (VARIAN AA6 + CRA 90) ou en flamme pour les fortes concentrations (VARIAN AA 1475).

. Hg : absorption atomique en vapeur froide après réduction par Sn C12 (VARIAN AA 175, cellule de 170 mm de trajet optique).

2) Analyse des pesticides organochlorés, des P. C. B. et des phtalates

- Extraction

. Eaux : 1 litre d'eau est extrait par 80, 50, 40 et 30 ml d'éther de pétrole. Les extraits d'eaux résiduelles doivent être purifiés avant l'analyse.

. Sédiments : 1,5g de fraction fine sont extraits par 3x20 ml de mélange acétone/éther de pétrole (50/50 puis 30/70 puis 0/100), aux ultra-sons pendant 1/4H. Après ajout d'eau salée aux extraits, la phase organique est récupérée.

. Moules : La matière grasse est extraite dans les mêmes conditions. L'extrait étheré est soumis à un partage à l'acétonitrile.

- Purification des extraits

Les extraits précédents, généralement très sales, sont purifiés par passage sur une colonne contenant de la poudre de cuivre, surmontée de Florisil et de sulfate de sodium anhydre. L'élution est réalisée par un mélange éther de pétrole/éther diéthylique (90/10).

Dosage : par chromatographie en phase gazeuse avec une colonne capillaire 25m x 0,32mm, phase OV1, température programmée de 70 à 260°C.

Les résultats des analyses figurent en annexe (2) pour le secteur Calais-Dunkerque et en annexe (4) pour le secteur Boulogne-Gris Nez.

CONTAMINATION DU SECTEUR CALAIS-DUNKERQUE

I COMPARAISON DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1984 AVEC CELLE DE 1980

Le tableau (1), lignes 1 et 3 met en parallèle les moyennes et les écarts-types des concentrations en métaux des sédiments, obtenues en 1980 et 1984, pour les mêmes points de prélèvement (33 points communs Hydrobios 80 et III).

mg/kg Fraction fine		Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Hydrobios 80	Ensemble des points communs (33)	391 ± 1124	1,44 ± 0,95	540 ± 1215	9,0 ± 5,9	17,0 ± 9,8
	Idem sans extrêmes	55 ± 21	1,10 ± 0,43	104 ± 145	9,0 ± 5,9	17,0 ± 9,8
Hydrobios III	Ensemble des points communs (33)	83 ± 38	0,29 ± 0,18	39,9 ± 27,9	18,8 ± 7,0	44,1 ± 17,2
	Ensemble des points (77)	86,3 ± 70,9	0,32 ± 0,28	37,2 ± 24,6	22,9 ± 20,4	49,4 ± 34,3

Tableau 1. : Moyennes ± écarts-types

La comparaison directe des concentrations moyennes montre des divergences entre les moyennes de 1980 et celle de 1984, en particulier pour le zinc, le cadmium et surtout le plomb. Cela provient du fait que des concentrations très élevées avaient été enregistrées, en 1980, pour le plomb (5 points à 1600-5000 mg Pb/kg) et pour le zinc (3 points à 3200-4500 mg Zn/kg). Ces valeurs, exceptionnelles, influent trop fortement sur les moyennes et les écarts-types, et leur élimination dans les calculs conduit à des moyennes qui semblent plus réalistes (ligne 2, tableau 1) et plus proches des valeurs de 1984, et à des écarts-types plus faibles.

Pour les points de 1980 très chargés en plomb, zinc et cadmium, il est difficile d'avancer une explication globale. Les points contaminés sont situés dans des zones soumises à l'influence de dépôts de vases portuaires, toujours chargées en métaux.

Le fait que ces valeurs très élevées n'aient pas toujours été retrouvées en 1984 peut s'expliquer, d'une part, par la relative imprécision du positionnement lors des prélèvements. En effet, un dixième de minute, lu au Decca, correspond à un rectangle d'incertitude d'au moins 120x160m, alors que l'expérience nous a souvent montré qu'à 20 mètres près, on prélevait des sédiments de natures assez différentes. Les différences granulométriques observées entre les échantillons de 1980 et ceux de 1984 semblent confirmer cette hypothèse.

D'autre part, il est possible qu'une diminution des apports ait contribué à l'amélioration de la qualité du milieu. En ne considérant que les vases les plus chargées en métaux, le port de Dunkerque a rejeté, en 1980, 110 500 m³ de vases contre 78 000 m³ en 1984.

Les lignes 3 et 4 au tableau (1) montrent que les moyennes, calculées, d'une part, sur les 33 points communs Hydrobios 80-Hydrobios III et d'autre part, sur l'ensemble des points de la campagne de 1984, diffèrent assez peu.

Au contraire, on note une augmentation des écarts-types, calculés sur 77 points, pour tous les métaux excepté le plomb, ce qui indique la présence de points contaminés qui seront étudiés plus loin.

II NIVEAUX DE POLLUTION DES SEDIMENTS PRELEVES EN 1984

Le tableau (2) donne les concentrations moyennes, les extrêmes et les concentrations dites "naturelles", selon le R. N. O. (4), des cinq métaux recherchés.

Concentrations (mg/kg)	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Moyennes	86,3	0,32	37,2	22,9	49,4
Minima	11,5	0,05	1,5	5	9,5
Maxima	575	2,17	150	125	273
Milieu naturel	20-150	0,1-2,0 ?	10-70	-	-
Teneurs anormales	600	10	500	-	-

Tableau (2) : Repères de la qualité du milieu

Les concentrations moyennes, en Zn, Cd et Pb, sont comprises dans les fourchettes de concentration d'un milieu "naturel", tandis que les maxima sont supérieurs à ces fourchettes. Pour le zinc, le maximum observé (575 mg/kg) est très proche des teneurs anormales (600 mg/kg).

La contamination de certains points du secteur Calais-Dunkerque est bien confirmée d'autant plus que les teneurs en milieu "naturel" citées (4), issues d'une synthèse bibliographique, sont assez élevées par rapport aux teneurs des zones considérées comme propres de la région Nord-Pas-de-Calais. En effet, l'examen statistique de la fréquence des concentrations métalliques des sédiments, par l'utilisation des courbes de Henry (5), montre l'existence de deux ou trois populations statistiques dans l'ensemble des 77 sédiments prélevés (fig 1 : exemple du plomb) :

- une population assez réduite voire inexistante, de points peu contaminés,
- une population majoritaire de points moyennement contaminés, dont les concentrations constituent un "fond de pollution" dans tout le secteur Calais-Dunkerque,
- des points à fortes concentrations en métaux.

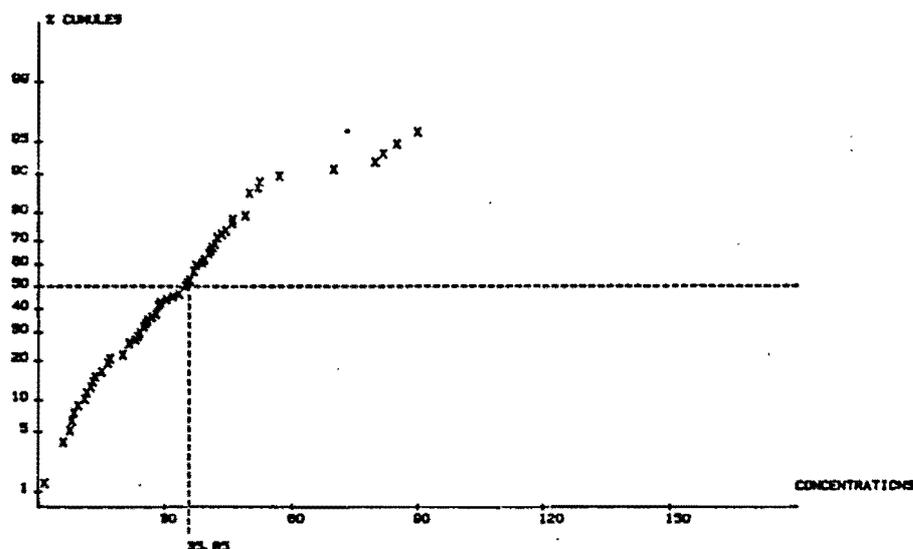


Figure 1 : Courbe de Henry (fréquence-concentration) pour le plomb

En excluant uniquement ces points très contaminés et en ne considérant que les points à pollution moyenne ou faible (ce qui est déjà optimiste), on peut avoir, avec les droites de Henry, une estimation des teneurs en métaux "normales" (ou habituelles) et "anormales" (franchement élevées) pour la zone géographique étudiée.

Le tableau (3) résume les renseignements ainsi obtenus avec, successivement, la médiane de la population "normale", les concentrations limites de normalité au-delà desquelles un sédiment peut être considéré comme pollué (avec $p=0,95$) et le nombre de sédiments de la campagne 1984 qui sont dans ce cas.

Concentrations mg/kg fraction fine	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Médiane "normale"	80	0,24	36	16	42
Limite de normalité	140	0,50 (0,55)	60	25	70
Nombre de points très contaminés	8	17 (10)	8	19	10

Tableau 3 : Concentrations "normales" et "anormales"

Les limites de normalités apparaissent proches des concentrations du milieu naturel (4) pour le zinc et le plomb, du même ordre de grandeur mais inférieures pour le cadmium, et très nettement inférieures aux teneurs précédemment considérées comme anormales (4).

Les points très contaminés par un métal, le sont le plus souvent par plusieurs métaux. Ces points remarquables ont les références suivantes : n°12, 39, 43, 71, 77, 78 et 85, et dans une moindre mesure 27, 72. Ils seront étudiés plus loin.

III REPARTITION DES POLLUTIONS METALLIQUES

1) Corrélations entre métaux

Le tableau (4) reprend les coefficients de détermination des corrélations entre métaux, calculés pour la majorité des sédiments à l'exclusion des concentrations extrêmes qui faussent les calculs. Le nombre de points utilisés pour la corrélation est indiqué entre parenthèses.

	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Zn	1				
Cd	0,79 (67)	1			
Pb	0,91 (70)	0,45 (75)	1		
Ni	-0,03 (74)	-0,17 (72)	0,41 (56)	1	
Cr	0,41 (75)	0,21 (75)	0,49 (74)	0,82 (64)	1

Tableau 4 : Corrélations entre métaux (pour (n) points)

On retrouve les corrélations assez habituelles entre Zn et Cd d'une part, Ni et Cr d'autre part, le plomb étant intermédiaire entre les deux groupes mais plutôt corrélé au zinc. (fig.2)

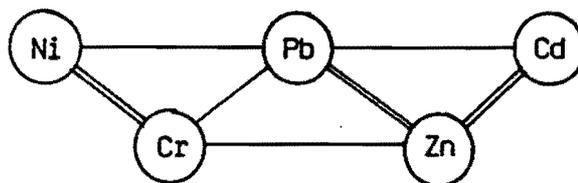


Figure 2 : Relations entre métaux

On peut donc s'attendre à retrouver un parallélisme dans la répartition de Zn, Cd et Pb, et une source unique de pollution polymétallique, pour une majorité de sédiments.

2) Répartition des pollutions métalliques (cartes en annexe 3)

De par leur situation et leur utilisation, certaines zones du secteur Calais-Dunkerque sont à noter :

- sortie du port de Calais et dépôt de dragages (points 12 et 9, 10, 11),
- dépôts de dragages de Dunkerque :
 - dépôt Ouest : points 50, 57, 58, 59, 60
 - dépôt central : points 70, 71, 73
 - dépôt Est : points 77, 78, 80
- zone côtière entre le port Est de Dunkerque et Oye-Plage (entre Gravelines et Calais).

Toutes ces zones sont particulièrement polluées par les métaux lourds et les points 12, 71, 77 et 78, ont été précédemment définis comme les plus pollués. Les teneurs les plus élevées sont trouvées dans le dépôt central de Dunkerque, suivi du dépôt Est et du dépôt de Calais.

La frange côtière, entre Dunkerque et Oye, est également assez contaminée mais, bien que la rivière Aa se déverse dans cette zone, l'origine de la pollution semble devoir être cherchée ailleurs car :

- l'Aa n'est pas spécialement chargé en métaux, les flux étant relativement bas et les moins importants des flux métalliques apportés par les principaux estuaires régionaux (6).

- l'écoulement des eaux de l'Aa n'a lieu qu'à basse mer, lorsque les courants sont orientés Est-Ouest. On devrait alors retrouver plus de polluants à l'Ouest de l'Aa qu'à l'Est ce qui n'est pas le cas. Au contraire, on observe pour l'ensemble des métaux une augmentation des concentrations vers l'Est, jusqu'au port de Dunkerque. La figure (3) représente le profil des concentrations métalliques normalisées le long de la côte (la distance entre chaque point n'est pas à l'échelle).

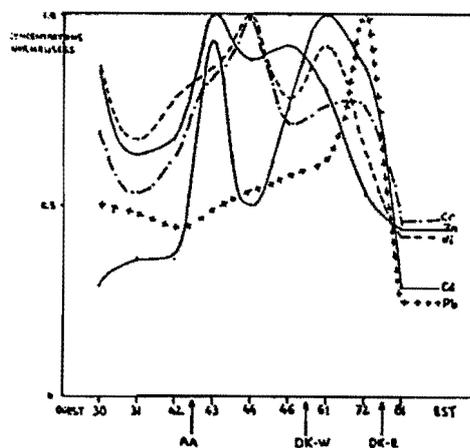


Figure 3 : Profil des concentrations

L'influence des deux ports de Dunkerque, port Ouest (DK-W) et port Est (DK-E), apparaît clairement, le plomb seul semblant provenir plus du port Est que du port Ouest. Vers l'Ouest, les concentrations remontent à l'approche de Calais.

Trois points particuliers, très contaminés, apparaissent sur les cartes :

- n° 39 et 65 : Ces points se situent aux deux extrémités d'une vallée orientée Est-Nord-Est/Ouest-Sud-Ouest (sens des courants de marée), au milieu de laquelle se situe le dépôt de dragages Ouest (points 50, 57, 58) qui apparaît plutôt moins pollué. L'orientation des courants et le fait que les rejets proviennent de dragues aspiratrices (rejets liquides de suspensions de vases non compactées) amènent à penser que ces deux points accumulent les vases rejetées au centre de la vallée et entraînées par les courants, soit à l'Est, soit à l'Ouest, selon le sens du courant au moment du rejet.

- n°85 : Les fonds sont constitués de sable sur lequel on trouve des blocs de vase noire chargée en Zn, Cd et Pb, qui sont des sédiments portuaires compactés par les dragues, rejetés en mer vraisemblablement au dépôt Est, et qui sont entraînés par les courants quand l'érosion a suffisamment réduit la taille des blocs initiaux. Ce phénomène avait déjà été constaté en 1982 (7) et plus récemment par CHAMLEY et coll. dans la région de Boulogne.

En ce qui concerne le nickel et le chrome, on observe des valeurs élevées dans les zones au large, éloignées des dépôts de dragages, et qui sont vraisemblablement dues à la nature géochimique des sédiments.

La concentration la plus forte en chrome apparaît au point 71A (272,5 mg/kg). Cette valeur est exceptionnelle même pour un site de rejet de vases portuaires dont la teneur moyenne en chrome est, à Dunkerque, de 45 mg/kg (sauf un endroit du bassin maritime (appontement minéralier) où le sédiment est pollué par du minerai perdu lors du déchargement (teneur en chrome : 295 mg/kg)). Le rejet en mer de ce sédiment pourrait expliquer les concentrations en chrome du point 71A.

IV CONCLUSION PARTIELLE POUR LE SECTEUR CALAIS-DUNKERQUE

Les prélèvements et les analyses réalisés en 1984 confirment, dans l'ensemble, les résultats déjà obtenus et les hypothèses qui avaient été émises, lors de précédentes études, sur l'origine de la pollution métallique marine de la région dunkerquoise.

L'influence des déversements de déblais portuaires semble être prédominante. Les déversements occasionnent d'une part, des contaminations importantes en zinc, cadmium, plomb et parfois en nickel et en chrome, localisées sur les quatre sites de rejet, et d'autre part, une contamination ambiante de tout le secteur étudié à cause de la dispersion des vases par les courants.

A cette pollution concernant plutôt le large (1 à 10 km des côtes), il faut ajouter une pollution côtière, qui s'étend vers l'Ouest à partir du port Est de Dunkerque, et qui semble sortir directement des ports.

CONTAMINATION DU SECTEUR DE BOULOGNE

I CONTAMINATION DES SEDIMENTS AU LARGE DE BOULOGNE

1) Niveau général de la pollution par les métaux et les pesticides

Le tableau (5) donne les concentrations métalliques moyennes et les écarts-types pour les sédiments prélevés en 1980 et 1984. En ce qui concerne les pesticides et les plastifiants, le trop faible nombre de résultats, obtenus en 1980, ne permet pas de comparaison significative avec les résultats de 1984 (tableau (6)).

Concentrations mg/kg FF.	Zn	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr
Hydrobios 80 (20 points)	67,9 ± 52,1	2,04 ± 2,45	37,6 ± 63,7	0,37 ± 0,66	9,8 ± 6,2	12,0 ± 5,3
Hydrobios III (27 points)	104 ± 56	0,41 ± 0,48	158 ± 245	0,40 ± 0,22	66,4 ± 61,3	90,8 ± 88,5
mini	32	0,05	41,5	0,11	13	28
maxi	350	2,50	1180	0,90	228	373

Tableau 5 : Moyennes pour les métaux lourds

Concentrations mg/kg FF	HCB	α - HCH	γ - HCH	ΣDDT	PCB	Phtalates
Hydrobios III (27 points)	0,77 ± 1,27	1,16 ± 0,99	2,25 ± 3,86	5,3 ± 9,0	120 ± 124	6800 ± 20130
mini	< 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 10	1070
maxi	6,7	3,6	17	33	431	106100

Tableau 6 : Concentrations moyennes et extrêmes des principaux pesticides et plastifiants recherchés.

Comme pour le secteur Calais-Dunkerque, la variance des résultats est très élevée ce qui dénote un manque d'homogénéité de la zone de Boulogne, avec des points "propres" et des points pollués. Par comparaison avec les repères du milieu "naturel" (4), les concentrations moyennes en Zn, Cd, Pb, Hg, se situent dans la fourchette de concentration d'un milieu dit naturel, tandis que les concentrations maximales sortent de cette fourchette et s'approchent des valeurs anormales (Zn, Cd, Hg) ou les dépassent (Pb).

Comme à Dunkerque, la comparaison des concentrations avec des données bibliographiques ne donne que peu d'informations. Il semble préférable de comparer les résultats avec des références régionales, comme le préconise Robbe (8), obtenues soit par analyse de carottes profondes, soit par analyse statistique de la répartition des concentrations (par les droites de Henry, pour cette étude). Il faut toutefois insister sur le fait que l'analyse statistique permet d'apprécier les concentrations "habituelles" dans une région et non le niveau "naturel", qui peut être notablement inférieur, si la région étudiée subit une pollution étendue.

Pour le secteur de Boulogne, les concentrations normales moyennes et anormales des principaux polluants et le nombre de sédiments anormaux sont repris dans le tableau (7).

	mg/kg						µg/kg				
	Zn	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr	HCB	α-HCH	γ-HCH	PCB	PHTAL.
Concentration habituelle moyenne	70	0,25	70	0,30	30	40	0,3	0,8	0,6	60	1700
Limite inf. des concentrations anormales	120	0,5	90	0,50	50	60	0,7	1,9	1,3	120	2400
Nombre de points anormaux	6	4	9	7	11	11	8	8	11	8	10

Tableau 7 : Concentrations repères dans la région de Boulogne

Les concentrations normales et limites sont comparables à celles obtenues à Dunkerque (tableau 3) pour Zn, Cd, Cr et environ deux fois élevée à Boulogne pour Pb et Ni.

N° points	Zn	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr	MCD	α-HCH	γ-HCH	PCB	PHÉAL
1						X		X			
2						X					
4						X					
5			X	X	X	X	X	X	X	X	X
6			X	X	X	X					
7	X		X	X			X	X	X	X	X
8							X	X	X	X	X
9							X				
10					X	X					
11					X						
12						X		X	X		
14	X		X	X	X	X					
15	X		X		X	X	X				
16								X	X	X	
17					X		X				X
18							X		X	X	X
20	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
21			X	X	X	X					X
22			X	X	X	X	X				X
23					X	X		X			
24		X	X	X	X			X			
25						X		X	X		
338E	X	X	X								
018E	X					X		X			X
918E		X									

Tableau 8 : Sédiments plus particulièrement contaminés (X-nature du/des polluants)

Le tableau (8) indique la nature des polluants et les références des sédiments anormaux. Leur nombre peut paraître élevé mais il faut noter que certains sédiments n'ont qu'une ou deux anomalies, et que les lieux de prélèvement ont été en partie choisis pour leur possible pollution. Celle-ci apparaît comme multiple, avec à la fois des métaux et des composés organiques.

2) Répartition de la pollution des sédiments

Les cartes de localisation des points de prélèvement, et de répartition des polluants recherchés, sont regroupées en annexe (4).

Pour la plupart des polluants, on constate une contamination des sédiments situés dans une zone d'environ 20x3km orientée Nord-Nord-Est/-Sud-Sud-Ouest, c'est-à-dire dans le sens des courants de marée. La limite Nord de cette zone est approximativement au droit d'Audresselles (point n°12), la limite Sud étant au droit d'Equihen (point n°24) et peut être plus au Sud et en dehors de notre aire de prélèvements (voir en particulier la carte établie pour le mercure). Au centre de cette zone, est situé le dépôt officiel des vases du port de Boulogne (rectangle pointillé, points n°4 et 33BE), séparé de la côte par les hauts fonds de la Bassure de Baas (profondeur -5m, points 5, 6, 14, 22).

La dispersion par les courants des vases chargées en métaux lourds notamment, du port de Boulogne, et l'incorporation de ces vases aux sédiments marins, expliquent la contamination de ces sédiments, éloignés des apports côtiers et situés derrière (Ouest) la Bassure de Baas (points 7 et 11 au Nord, 2, 18, 21, 24 au Sud).

Les flancs des hauts fonds semblent constituer des zones de relative accumulation des polluants (points 5, 6).

En fait, les cartes des concentrations révèlent une pollution à l'Est de la Bassure de Baas :

- métaux lourds aux points 15 et 14, 20, 22 (flanc Est du banc)
- découverte de blocs de vase noire (galets mous) sur des fonds sableux (en particulier par Chamley et coll.), qui ne peuvent provenir que de rejets en mer de vases portuaires compactées par les engins de dragages.

Ceci est la conséquence du déversement, occasionnel et pour raisons techniques, des déblais de dragages du port de Boulogne, à l'Est de la Bassure de Baas (aux environs du point n° 15). Les courants de marée dispersent alors ces vases au Nord (points 14, 81BE, 91BE) ou au Sud (points 16, 10, 23).

Cette dispersion des dépôts et le tonnage relativement modéré de déblais n'entraînent pas, comme à Dunkerque, une pollution massive et répétée sur un site déterminé, mais une pollution dispersée et plus ou moins ancienne. Des essais au laboratoire ayant montré une redissolution différentielle des métaux lourds particuliers, dans l'ordre Cd > Zn > Cu > Pb, on conçoit que l'ancienneté du dépôt tend à augmenter la teneur relative des sédiments en Pb (peu dissous) par rapport à la teneur en Zn ou Cd (dissous). La pollution par le plomb apparaît ainsi plus importante, ce que mettaient en évidence les analyses de 1980 (1).

II CONTAMINATION COTIERE DE LA REGION DE BOULOGNE

Afin de vérifier la réalité de la pollution des sédiments et des moules, révélée en 1981 (2, 3), des analyses ont été réalisées sur :

- des moules de taille moyenne (>35mm),
- des sédiments côtiers, de part et d'autre des estuaires,
- des sédiments du port de Boulogne,
- des eaux des rivières côtières et des émissaires.

1) Contamination des moules

Les dix principaux gisements de moules ont été visités trois fois à différentes périodes de l'année (Juin, Décembre, Mars), la concentration des métaux dans les moules subissant des fluctuations suivant, entre autres causes, l'activité sexuelle (9). Ce phénomène a été effectivement constaté, avec des concentrations métalliques plus élevées au mois de Juin qu'aux mois de Mars et Décembre. Mais comme il est difficile d'analyser statistiquement des populations de 10 échantillons, toutes les mesures (29) ont été regroupées dans le tableau (9), avec pour comparaison, les mesures effectuées, aux mêmes endroits, en 1981 (3).

	mg/kg							µg/kg				
	Zn	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr	HCB	α-HCH	γ-HCH	PCB	Phtal.	
1981	Moyenne	67	0,75	1,77	0,38	0,58	0,44	0,39	2,02	4,2	390	660
	± écart type	± 18	± 0,25	± 0,70	± 0,27	± 0,33	± 0,48	± 0,16	± 0,54	± 1,3	± 140	± 480
	Concentration normale limite	110	1,2	2,4	0,5	1,5	-	1	3,5	8	700	2000
	maximum	163	3,5	19	1,1	146	1,7	1,2	8,2	8,7	1200	2200
1984/85	Moyenne	91	0,90	2,3	0,14	1,5	2,0	0,65	1,1	8,5	250	3800
	± écart type	± 15	± 0,28	± 1,1	± 0,04	± 0,9	± 1,4	± 0,92	± 1,1	± 7,5	± 150	± 4600
	Concentration normale limite	110	1,0	2,2	0,15	2,0	2,0	0,9	1,5	6,3	200	2000
	maximum	123	1,5	5,1	0,25	4,7	6,9	3,5	6,1	25,3	571	24800

Tableau 9 : Concentrations moyennes, limites de normalité et maximales en 1981 et 1984/85.

Pour Zn, Cd, et Pb on constate globalement une augmentation, peu significative, des teneurs métalliques. L'augmentation est bien plus forte pour le nickel (x2,6) et le chrome (x4,6), tandis que les teneurs en mercure sont en baisse.

Pour les pesticides et les PCB, les écarts entre les teneurs de 1981 et celles de 1984/85 sont faibles. On a en revanche une nette augmentation des teneurs moyennes en phtalates.

Les liaisons entre polluants peuvent être résumées par le diagramme suivant (Fig.4) :

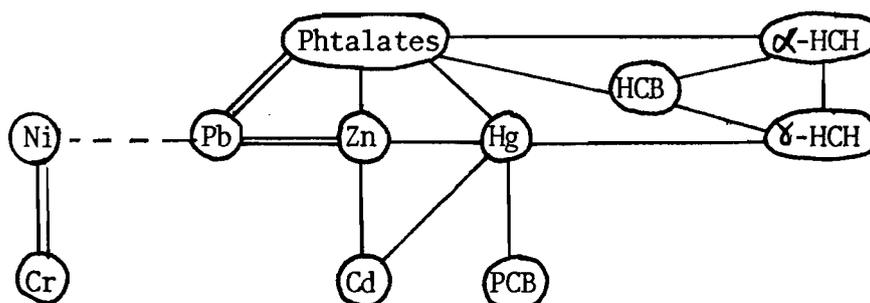


Figure 4 : Corrélations entre polluants

La contamination des moules apparaît provenir de trois sources :

- Emissaires d'Equihen (point M59; Cd, Hg, pesticides, PCB) et surtout du Portel (point M56; Zn, Pb, Hg, pesticides, PCB, phtalates). Au point M57 (Fort de l'Heurt), les moules subissent l'influence de l'émissaire du Portel et peut-être aussi celle des eaux du port de Boulogne, au jusant. Les concentrations au point M57 sont approximativement la moitié de celles du point M56,

- rivières côtières, apportant essentiellement des pesticides,

- port de Boulogne : à marée montante, les eaux de la rade semblent être refoulées à travers la brèche de la digue Nord, contaminant les moules des points M51 et, dans une moindre mesure (2x), celles du point M44, par Zn, Cd, Pb, Hg, Σ DDT et PCB. Inversement, le point M44 reçoit à marée basse, les apports de γ -HCH du Wimereux.

Plus au Nord, entre Wimereux et le Cap Gris-Nez, les moules M42, 49, 40 et 38 présentent des teneurs assez élevées en métaux et pesticides sans que l'origine en soit évidente. Ainsi, il est curieux de retrouver du plomb au point M42 alors que la Slack ne semble pas en apporter, les moules de la Slack (M49) n'étant pas spécialement chargée en plomb. De même, les moules M38 ont accumulé Cd, Pb, Cr, et γ -HCH alors que le gisement est situé à l'écart de tout apport terrestre notable.

Les moules, globalement les plus propres, se trouvent au-dessus du Cap Gris-Nez au point M35 (Tardinghen).

2) Contamination des eaux côtières (carte de localisation en annexe 7)

Le tableau (10) donne les concentrations moyennes des principaux polluants des eaux côtières.

N° Pt	Localisation	mg/l	µg/l						ng/l				
		COT	Zn	Cd	Pb	Hg	Ni	Cr	HCB	α-HCH	γ-HCH	PCB	Phtalates
33	Emissaire de Wissant	4,5	11	2	3	<0,1	<5	<5	0,7	<0,5	15	19	3300
35	Rivière Le Châtelet	17,5	14	2	3	<0,1	<5	5	0,6	0,9	19	27	2150
40	Rivière La Manchue	10,7	15	1	2	<0,1	<5	<5	0,9	0,8	13	11	2800
49	Rivière La Slack	7,6	8	1	3	<0,1	<5	<5	0,6	0,8	9	13	2350
46	Rivière Le Wimereux	7,3	8	1	3	<0,1	<5	<5	0,7	0,9	10	11	3000
46T	Emissaire de Wimereux	142	265	1	7	<0,1	<5	<5	5,5	1,6	47	36	43650
56	Emissaire du Portel	35,1	56	<1	11	<0,1	<5	8	3,0	3,9	24	138	24000
59	Emissaire d'Equihen	37	42	<1	5	<0,1	<5	<5	1,2	1,9	105	164	37450

Tableau 10 : Concentrations moyennes des eaux côtières de la région de Boulogne

Les rejets les plus chargés en COT, Zn, lindane, PCB et phtalates, sont les émissaires d'Equihen, du Portel et de Wimereux.

Les autres eaux douces apparaissent peu polluées mais ceci n'exclut pas l'existence de pollutions brèves qui auraient eu lieu entre les prélèvements. Ainsi, les eaux de la Slack doivent contenir occasionnellement du mercure que l'on retrouve dans les sédiments au sud de l'estuaire (point 49 S)

3) Pollution du port de Boulogne

Quatre zones peuvent être distinguées dans le port :

- la Liane, jusqu'à l'écluse aval,
- le Chenal, qui revoit les eaux de la Liane et des eaux provenant d'émissaires et des bassins à flot,
- la darse Sarraz-Bournet et le petit port, qui reçoivent principalement les rejets des Aciéries de Paris-Outreau (APO),
- la plage, située entre le Chenal et la digue Nord, qui reçoit huit émissaires.

a) Sédiments

Les teneurs en métaux et produits organiques des sédiments varient énormément (d'un facteur jusqu'à 60) d'un point à l'autre, en fonction des rejets, des moyennes sur les concentrations n'ont pas de signification. L'étude sera donc faite cas par cas (cartes en annexe 8).

Les pollutions les plus marquantes sont :

- pour la Liane, la présence de Ni, HCH, et d'un peu de PCB et phtalates,
- pour le Chenal : aux apports de la Liane s'ajoutent ceux des émissaires en Zn, Cd, γ -HCH, Σ DDT, PCB et surtout phtalates.
- pour la darse Sarraz-Bournet, d'importantes quantités de Zn, Cd, Pb et Hg, surtout au point 8 (appontement minéralier des APO) et dans une moindre mesure au point 7 (petit port au fond de la darse). Les métaux peuvent provenir des eaux résiduaires et également de pertes de minerais.
- pour la plage, la présence de Pb, HCB, α et γ -HCH, PCB et finalement, de tous les polluants recherchés en plus ou moins grandes quantités.

b) Eaux (localisation annexe 7, analyses en annexe 4)

- Liane : on retrouve du zinc, ($\approx 50 \mu\text{g/l}$), du plomb ($\approx 10 \mu\text{g/l}$), du γ -HCH (3 à 40 ng/l), des PCB (30-50 ng/l) et des phtalates. Ces valeurs sont habituelles dans les eaux de rivières.
- Chenal : les rejets les plus importants, points P5, 6, 6B, concernent Zn, PCB, Σ DDT, phtalates et matières organiques (COT).
- darse : les eaux des aciéries contiennent de grandes quantités de zinc et de plomb, et également du cadmium, du mercure et des PCB. Le rejet P276, dans le petit port, contient surtout du mercure ($32 \mu\text{g/l}$).
- plage : les différents émissaires rejettent Zn, Pb, HCB, α et γ -HCH, Σ DDT, PCB et surtout des phtalates (jusqu'à $413 \mu\text{g/l}$).

En résumé, les polluants retrouvés dans les sédiments sont effectivement présents dans les eaux résiduaires déversées dans le port, les apports de la Liane étant normalement assez faibles.

III CONCLUSION PARTIELLE POUR LA REGION DE BOULOGNE

La pollution des eaux de Boulogne, en métaux (Zn, Cd, Hg, Pb) et produits organiques (pesticides, polychlorobiphényles, phtalates), entraîne une pollution des sédiments portuaires et de l'environnement marin proche du port.

Le déversement en mer des déblais de dragage cause la pollution des sédiments situés au large, entre 2 et 8 km de la côte, entre Audresselles au nord et Equihen au sud. On constate une dispersion de ces sédiments et des polluants associés, à la fois sous forme particulaire et dissoute. La dissolution des métaux est sélective et plus faible pour le plomb que pour les autres métaux, ce qui expliquerait l'accumulation du plomb dans les sédiments marins.

La présence de vases portuaires et de métaux lourds près de la côte risquent d'aggraver la contamination des sédiments côtiers et des moules. Les déversements de déblais devraient se faire systématiquement plus loin de la côte, à l'Ouest de la Bassure de Baas.

La côte au Sud de Boulogne est très nettement influencée par les rejets du Portel et d'Equihen.

Au Nord de Boulogne, la pollution des sédiments et des moules est également notable. Les eaux des rivières côtières apparaissent peu contaminées, mais les sédiments gardent les traces de pollution par des pesticides (Wimereux) et des métaux lourds (mercure dans le Slack). En fait deux phénomènes semblent s'additionner :

- l'écoulement, à marée basse, des eaux estuariennes, provoque une contamination dirigée vers le Sud, par des polluants plutôt "agricoles" (pesticides).

- à marée montante, le refoulement des eaux de la rade de Boulogne, à travers la brèche de la digue Nord, entraîne une contamination dirigée vers le Nord par des polluants plutôt "industriels" (métaux lourds, plastifiants). Il est difficile de fixer une limite à cette remontée des eaux mais on peut penser que le point 42 (pointe aux Oies, entre Wimereux et Ambleteuse) est touché, la contamination des moules par les métaux lourds ne pouvant s'expliquer par les apports de la Slack.

Au Nord d'Audresselles, la pollution des sédiments et des moules par Zn, Cd, Pb, Hg et HCH est plus forte au nord (40N, M38) qu'au sud (49N, M40), ce qui ne semble pas logique puisque les derniers apports connus sont au Sud, à Audresselles.

Deux cas peuvent alors se présenter :

- la pollution vient du Sud et remonte avec le flot, ce qui implique la présence, à Audresselles, d'un émissaire capable de rejeter des polluants à marée haute, et dont nous n'avons pas connaissance lors de l'établissement des plans d'échantillonnage,

- la pollution vient du Nord et - soit redescend la côte via le cap Gris-Nez, mais la relative propreté du milieu marin à Tardinghen semble exclure cette hypothèse,

- soit est apportée par un contre-courant côtier occasionné par la perturbation hydraulique du cap Gris-Nez, qui ramènerait à la côte une partie des polluants des vases portuaires rejetées en mer. La décroissance assez régulière du Nord au Sud du zinc et du cadmium dans les sédiments peut étayer ce qui ne reste qu'une hypothèse.

CONCLUSION GENERALE

Aussi bien à Dunkerque qu'à Boulogne, la pollution des sédiments, mise en évidence en 1980, a été confirmée dans l'ensemble, sinon dans le détail. Les micropolluants retrouvés sont des métaux lourds (zinc, plomb, mercure...) et des composés organiques (polychlorobiphényles, phtalates...).

La nature, le niveau, la localisation et la dispersion de cette pollution permettent d'en attribuer l'origine aux rejets en mer des déblais de dragage des ports, dont des études (6, 7, 10) ont montré qu'ils constituent le flux de polluants le plus important dans l'environnement marin régional. Il se confirme également que cette pollution est fortement dispersée par les courants de marée, intenses aux abords du détroit du Pas-de-Calais.

Une seconde pollution provient de la côte et reste à la côte. Ce sont les apports des estuaires et surtout des émissaires (Le Portel et Equihen près de Boulogne) et des eaux provenant des ports de Dunkerque, Calais et Boulogne.

Le but de cette étude étant de mettre en évidence et de suivre une pollution, les analyses de sédiments ont été réalisées sur la fraction fine ($<63 \mu\text{m}$) dans laquelle sont concentrés les polluants. L'appréciation du niveau absolu de contamination doit être faite en tenant compte de la proportion de fraction fine dans le sédiment total. Malgré cette correction, les dépôts de dragages, chargés de vases portuaires, apparaissent toujours comme des sites fortement pollués.

Les ports, réceptacles des eaux continentales et industrielles, les unes et les autres apportant leur lot de pollution, sont une cause importante de la pollution marine de la région Nord-Pas-de-Calais. Le déblaiement des chenaux et des bassins étant indispensable pour la sécurité et la vie des ports, c'est à la source que l'on doit combattre les pollutions. Les premières actions de réflexion, et d'appréciation des flux et de la toxicité des micropolluants, qui réunissent les services officiels, les industriels et les laboratoires, devront être poursuivies et développées.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - DELATTRE J.M., et al, 1980
Hydrobios 80 : microbiologie des eaux, micropolluants des sédiments.
Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux.
- 2 - L'HOPITAULT J.C., DELATTRE J.M., 1983
Hydrobios II : micropolluants des sédiments.
Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux.
- 3 - L'HOPITAULT J.C., 1982
Mollusques 82 : pollution chimique des moules et des coques du littoral Nord de la France.
Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux.
- 4 - C. N. E. X. O., 1981
Synthèse des travaux de surveillance 1975-1979 du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. 358 p.
- 5 - MOREAU M., MATHIEU A., 1979
Statistiques appliquées à l'expérimentation.
Eyrolles ed., 190 p.
- 6 - L'HOPITAULT J.C., et al, 1983
Estuaires 82 : microbiologie - micropolluants des eaux.
Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux.
- 7 - L'HOPITAULT J.C., 1983
Influence du dragage des ports sur la pollution marine dans la région Nord-Pas-de-Calais.
Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux.
- 8 - ROBBE D., 1984
Interprétation des teneurs en éléments métalliques associés aux sédiments.
Rapport du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 149p.

- 9 - LATOUCHE Y.D., MICHAEL C.M., 1981
Seasonal Variation in Soft Tissue Weights and Trace Metal Burdens in
the Bay Mussel, Mytilus edulis.
Bull. Environm. Contam. Toxicol., 27, 821 - 828.
- 10 - WARTEL M., et al, 1982
Apports atmosphériques.
Université de Lille I - Laboratoire de chimie Analytique et Marine.

Annexe 1

Codes des paramètres et des unités utilisés

		Sédiments (fraction < 63 µm)	Eaux	Moules
Zinc	Zn	mg/kg sec	mq/l	mg/kg sec
Cadmium	Cd	"	"	"
Plomb	Pb	"	"	"
Nickel	Ni	"	"	"
Chrome	Cr	"	"	"
Mercure	Hg	"	"	"
Cuivre	Cu	"	"	"
Granulométrie				
"	> 5 mm	G5000	%	
"	5 - 1 mm	G1000	%	
"	1 - 0,5 mm	G500	%	
	0,5 - 0,25 mm	G250	%	
	0,25 - 0,10 mm	G100	%	
	0,10 - 0,063 mm	G63	%	
	< 0,063 mm	G<63	%	
Carbone organique total	COT		mq/l	
Pourcentage d'eau	P H2O			%
Taille moyenne	TAILL			mm
Poids moyen humide	PDSHU			g
Pourcentage de matière grasse/Mat.sèche	P MG			%
Hexachlorobenzène	HCB	µg/kg	ng/l	µg/kg sec
α Hexachlorocyclohexane	A-HCH	"	"	"
β "	B-HCH	"	"	"
γ "	G-HCH	"	"	"
δ "	D-HCH	"	"	"
Heptachlore	HEPTA	"	"	"
Heptachlore époxyde	HEPTE	"	"	"
Aldrine	ALDRI	"	"	"
Dieldrine	DIELD	"	"	"
pp'-Dichlorodiphényldichloréthylène	PPDDE	"	"	"
op'-Dichlorodiphényldichloréthane	OPDDD	"	"	"
pp'-	PPDDD	"	"	"
op'-Dichlorodiphényltrichloréthane	OPDDT	"	"	"
pp'-	PPDDT	"	"	"
Somme des DDT	DDX	"	"	"
Polychlorobiphényles DP5	DP5	"	"	"
" DP6	DP6	"	"	"
Somme des Polychlorobiphényles	PCBT	"	"	"
Diméthylphtalate	DMP	"	"	"
Diéthylphtalate	DEP	"	"	"
Dibutylphtalate	DBP	"	"	"
Diméthoxyéthylphtalate	DMEP	"	"	"
Di(2-éthyl hexyl)phtalate	DEHP	"	"	"
Somme des phtalates	SIG-P	"	"	"
Latitude Nord	LATI	Degré minute	Degré minute	Degré minute
Longitude Est	LONG	"	"	"

Annexe 2

Résultats des analyses de sédiments
de la zone Calais-Dunkerque

POINT	2	3	8	9	10	11	12	14	16	17	18	19	20	21	22
ZN	41	64	16	56.5	69	152.5	101.5	33	43.5	79.5	71.7	38	83	21	77
CD	0.1	0.1	0.15	2.17	0.1	0.4	0.2	0.1	0.15	0.15	0.17	0.93	0.2	0.1	0.25
PB	11	23	1.5	37	28.5	41	150	17	13	26	46.1	43.5	50	8	25.5
NI	29	26.5	5	56.5	11.5	15	27.5	10.5	29.5	21	32.8	75	20.5	9.5	21
CR	16	71	9.5	158.7	30	59.5	59	27	21.5	25.5	50.6	55.6	21.5	17.5	65
E5000	0.47	2.09	0.35	0	2.29	0	8.5	0	6.28	36.5	10.4	0.87	27.86	0	3.41
G1000	4.56	26.8	21.29	1.63	39.29	1.04	30.48	1.13	36.59	35.22	62.97	21.39	32.2	3.34	4.66
E500	8.52	46.4	31.37	0.37	17.94	0.35	14.34	3.92	6.29	8.74	18.64	17.37	11.72	5.44	2.67
G250	77.88	20.98	38.68	82.09	32.32	6.34	27.53	81.07	34.33	13.89	7.86	50.54	21.38	69.18	37.15
G100	7.67	3.38	6.89	14.7	7.82	64.25	17.86	10.21	15.71	5.59	0.11	9.19	6.12	21.77	50.82
G63	0.02	0.01	0.01	0.03	0.07	3.47	0.16	0.02	0.02	0.03	0	0.03	0.06	0.13	0.28
B63	0.68	0.33	1.4	1.18	0.27	24.55	1.12	3.64	0.77	0.02	0.01	0.6	0.65	0.13	1
LATI	50.58:9:50	59.8:51	00.8:51	00.0:50	59.3:50	59.5:50	58.8:51	00.7:51	01.3:51	03.0:51	04.7:51	05.5:51	04.2:51	01.7:51	00.5:
LONG	1 47.0	1 46.9	1 49.1	1 49.4	1 48.6	1 49.8	1 50.7	1 49.3	1 51.0	1 52.9	1 49.2	1 53.0	1 53.2	1 52.7	1 52.8

POINT	23	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40
ZN	113.5	11.5	65.3	75	88.5	118.5	87.5	116	45.5	37.5	91.5	15	58	195	122
CD	0.45	0.05	0.42	0.25	0.3	0.2	0.25	0.2	0.5	0.1	0.25	0.05	0.05	0.2	0.35
PB	39	13.5	81.9	35.5	42	42.5	40.5	46	12.5	7.5	37	6	25	95	44.5
NI	15.5	24	125	16.5	27	15.5	12	18.5	9.5	35	14	10.5	123.5	24.5	18
CR	45.5	61	52.8	41	71	45.5	35	43	23	27.5	32.5	20	108.5	83.5	48.5
E5000	2.32	0	5.56	20.81	18.39	0.12	0	17.22	13.86	1.14	22.2	0.58	21.48	0.3	7.86
G1000	6.58	4.77	29.91	28.36	22.31	0.31	0.41	14.37	22.69	11.65	17.28	2.37	18.55	4.66	42.9
E500	12.6	13.69	46.96	7.2	9.75	0.19	0.32	8.68	8.58	18.47	6.52	5.57	26.48	16.38	23.98
G250	16.1	78.01	16.1	16.05	34.09	4.81	11.27	42.6	28.4	66.56	38.35	80.12	29.49	65.07	16.28
G100	49.79	3.53	0.59	27.45	15.11	59.73	57.2	17.02	26.21	2.07	15.25	10.45	3.54	12.61	8.24
G63	1.08	0	0	0.12	0.18	5.49	5.17	0.09	0.25	0.01	0.22	0.01	0	0.01	0.14
B63	11.52	0	0.87	0	0.16	29.35	25.62	0.01	0	0.1	0.18	0.89	0.46	0.96	0.59
LATI	51 00.7:51	06.5:51	03.5:51	02.6:51	01.5:51	00.5:51	01.0:51	02.3:51	02.9:51	03.9:51	04.6:51	06.3:51	07.0:51	04.4:51	03.5:
LONG	1 55.4	1 57.1	1 57.4	1 59.5	1 58.2	1 58.8	1 02.0	1 02.7	1 02.0	1 01.2	1 00.7	1 00.0	1 03.2	1 04.3	1 04.8

POINT	42	43	44	46	46 B	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57
ZN	93.5	141	102.5	122.5	128.5	88	94	31.5	72	69	67.5	94.5	86.5	19	85.5
CD	0.25	0.65	0.35	0.55	0.45	0.15	0.45	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2	0.3	0.1	0.15
PB	37.5	41.3	46	39.5	49	35	40.5	15	50	32	28	50	35	6	28.5
NI	14	15.5	18	14	14	12.5	14	19.5	33.5	17	20.5	12.5	14.5	9	46
CR	41.5	55	65.5	51.5	41.5	38.5	40.5	41.5	87	42	65	29	27.5	18	55
E5000	0	2	0	0	0	0	6.03	0	1	5.46	0	24.22	0	0	0.22
G1000	1.98	3.02	0.51	0.67	0.41	0	45.84	0.08	1.96	28.15	0.65	21.94	0.44	2.1	2.41
E500	0.5	5.53	2.04	1.38	0.32	0.06	32.43	0.1	0.7	29.72	2.07	2.22	3.56	4.26	2.12
G250	3.2	8.12	50.49	83.67	11.27	5.66	10.69	67.66	41.26	28.14	64.85	31.69	45.65	82.98	71.32
G100	71.64	49.11	45.26	12.33	57.2	68.23	3.8	31.78	53.78	7.16	31.64	18.62	49.39	10.6	20.7
G63	0.12	6.64	0.38	0.11	5.17	3.48	0.44	0.08	0.09	0.12	0.1	0.26	0.27	0	0.21
B63	22.56	25.57	1.31	1.83	25.62	22.57	0.76	0.29	1.2	1.25	0.68	1.05	0.68	0.06	3.01
LATI	51 01.3:51	01.5:51	01.9:51	02.5:51	02.5:51	03.0:51	03.8:51	04.6:51	04.7:51	06.7:51	08.8:51	09.0:51	07.3:51	06.0:51	05.3:
LONG	2 04.0	2 05.5	2 07.4	2 09.0	2 09.0	2 07.8	2 07.4	2 06.7	2 08.3	2 07.1	2 06.6	2 12.1	2 11.8	2 08.3	2 09.9

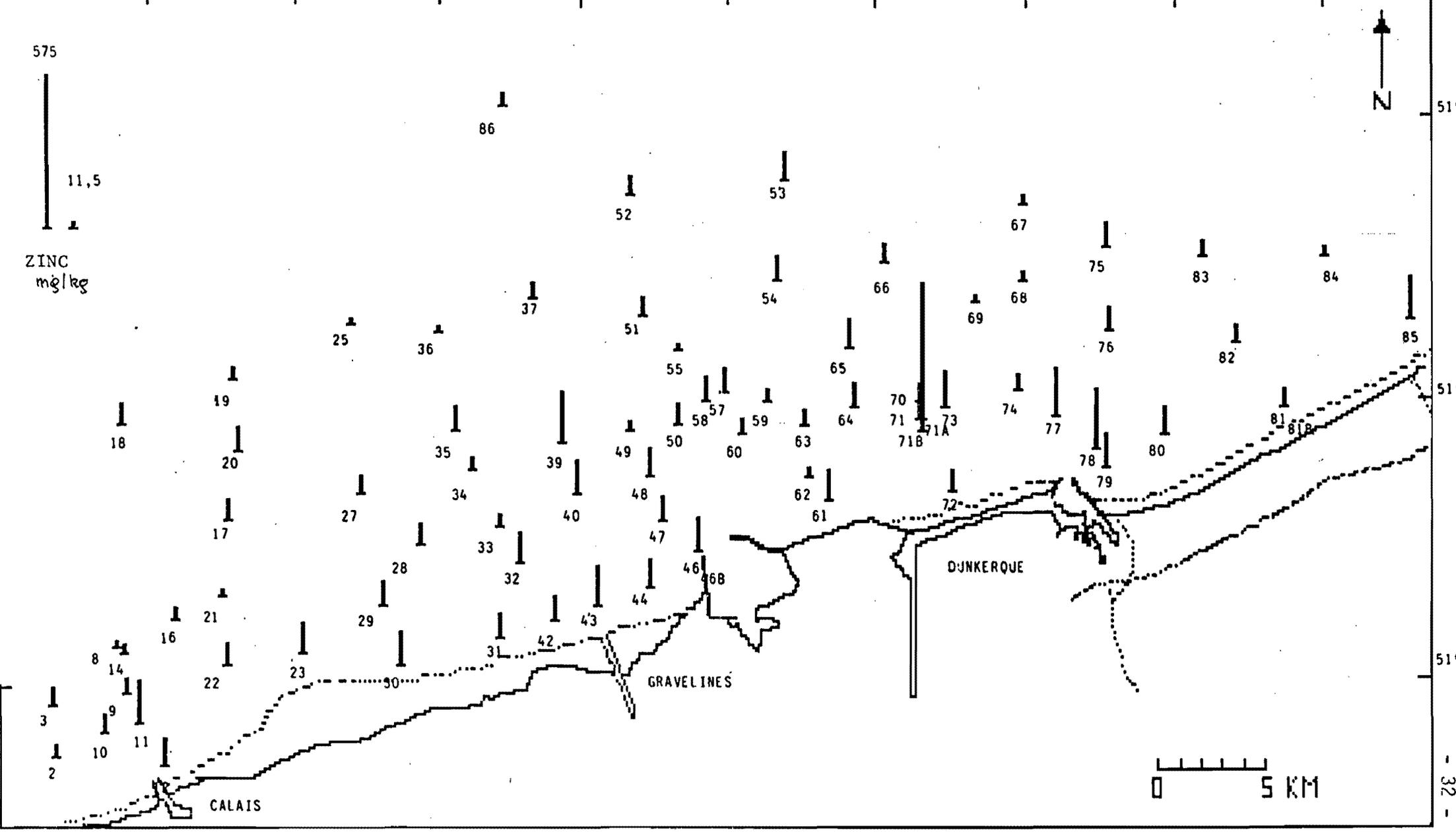
Annexe 3

CALAIS-DUNKERQUE

Cartes de localisation et de concentration
en micropolluants des sédiments

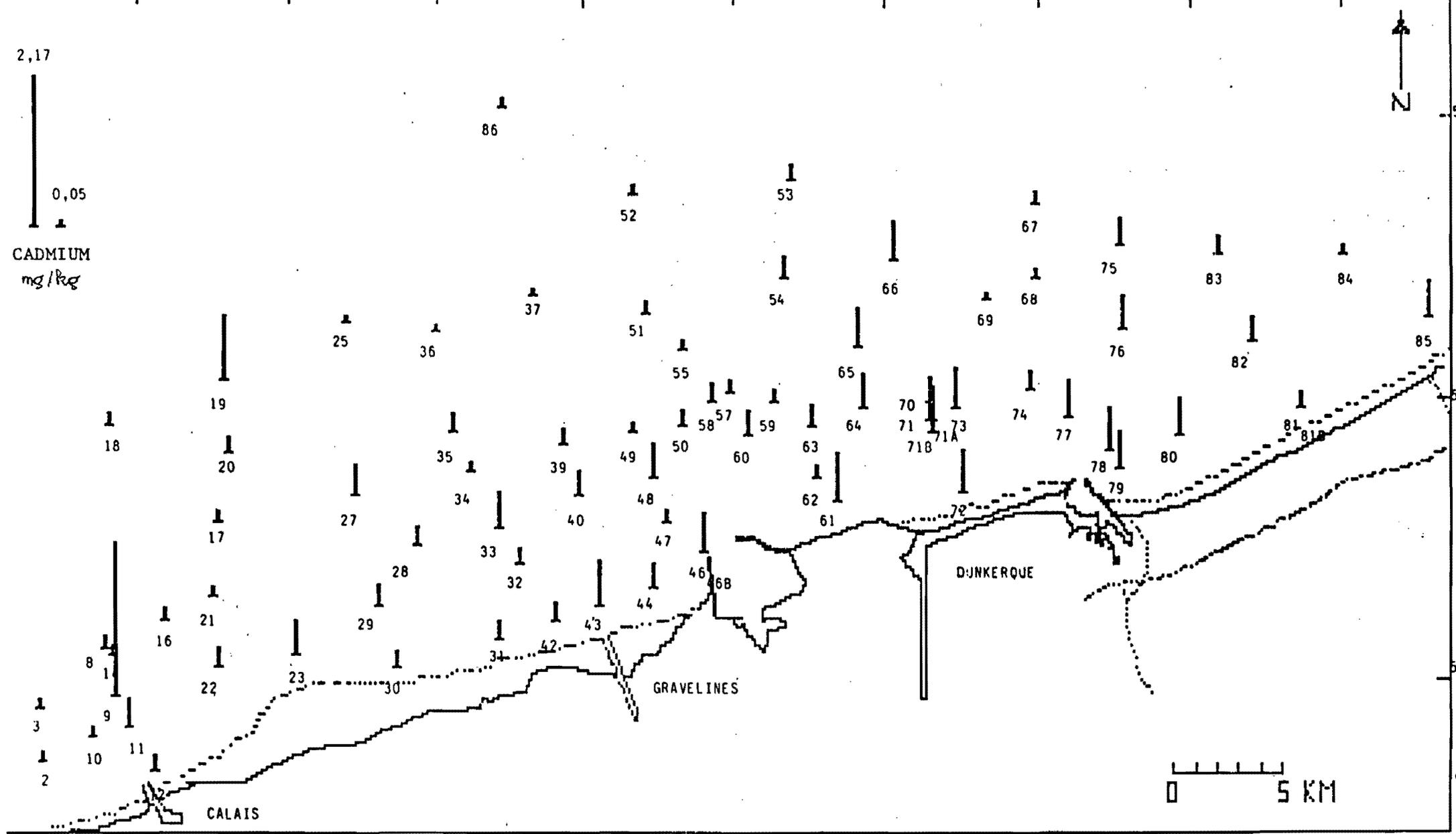
1°45 1°50 1°55 2°00 2°05 2°10 2°15 2°20 2°25 2°30 2°33.6

575
11,5
ZINC
mg/kg



045 1050 1055 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2033.6

2,17
0,05
CADMIUM
mg/kg



51°33'

1°45 1°50 1°55 2°00 2°05 2°10 2°15 2°20 2°25 2°30 2°33.6

150
1,50
PLOMB
mg / kg

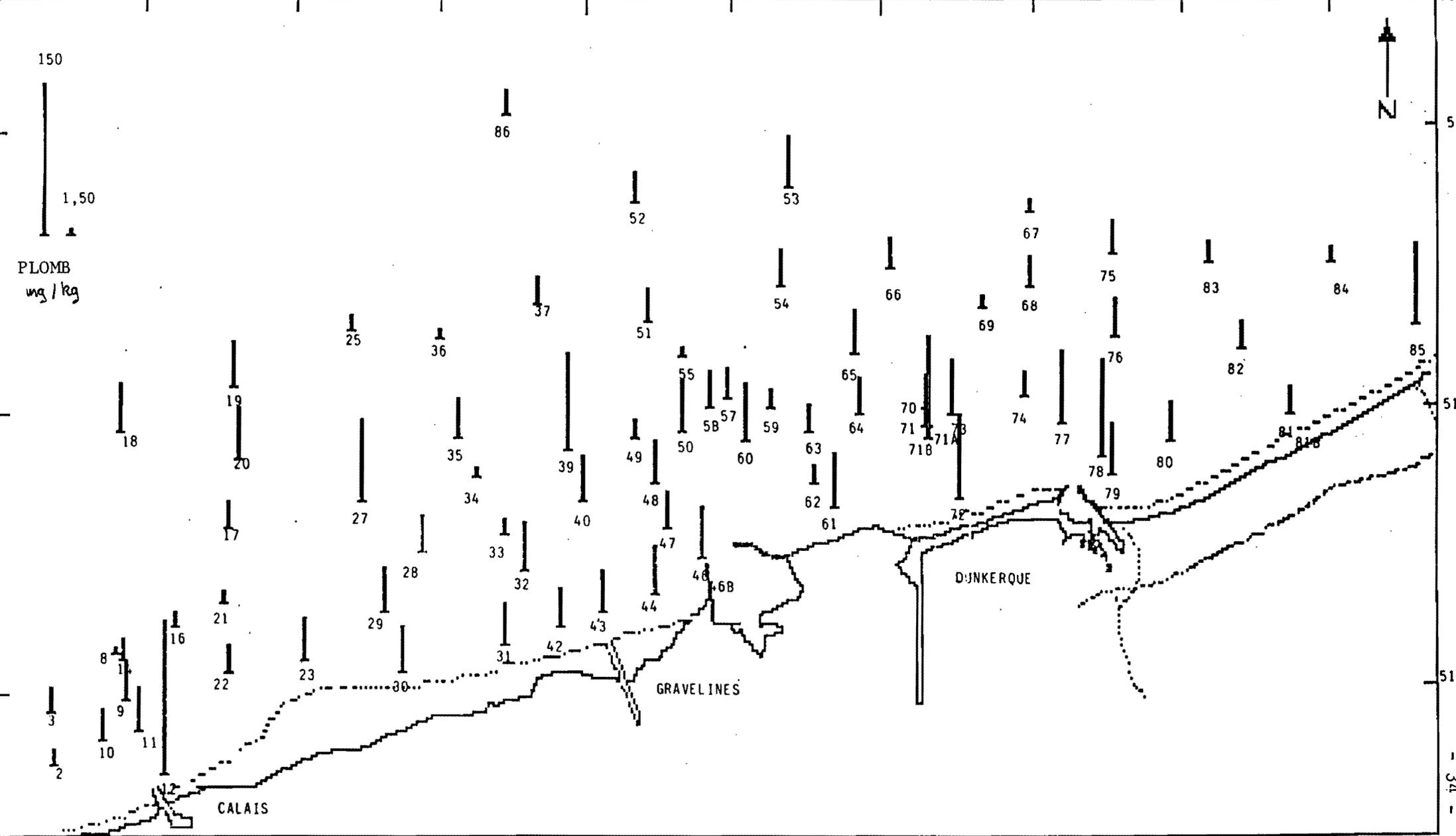


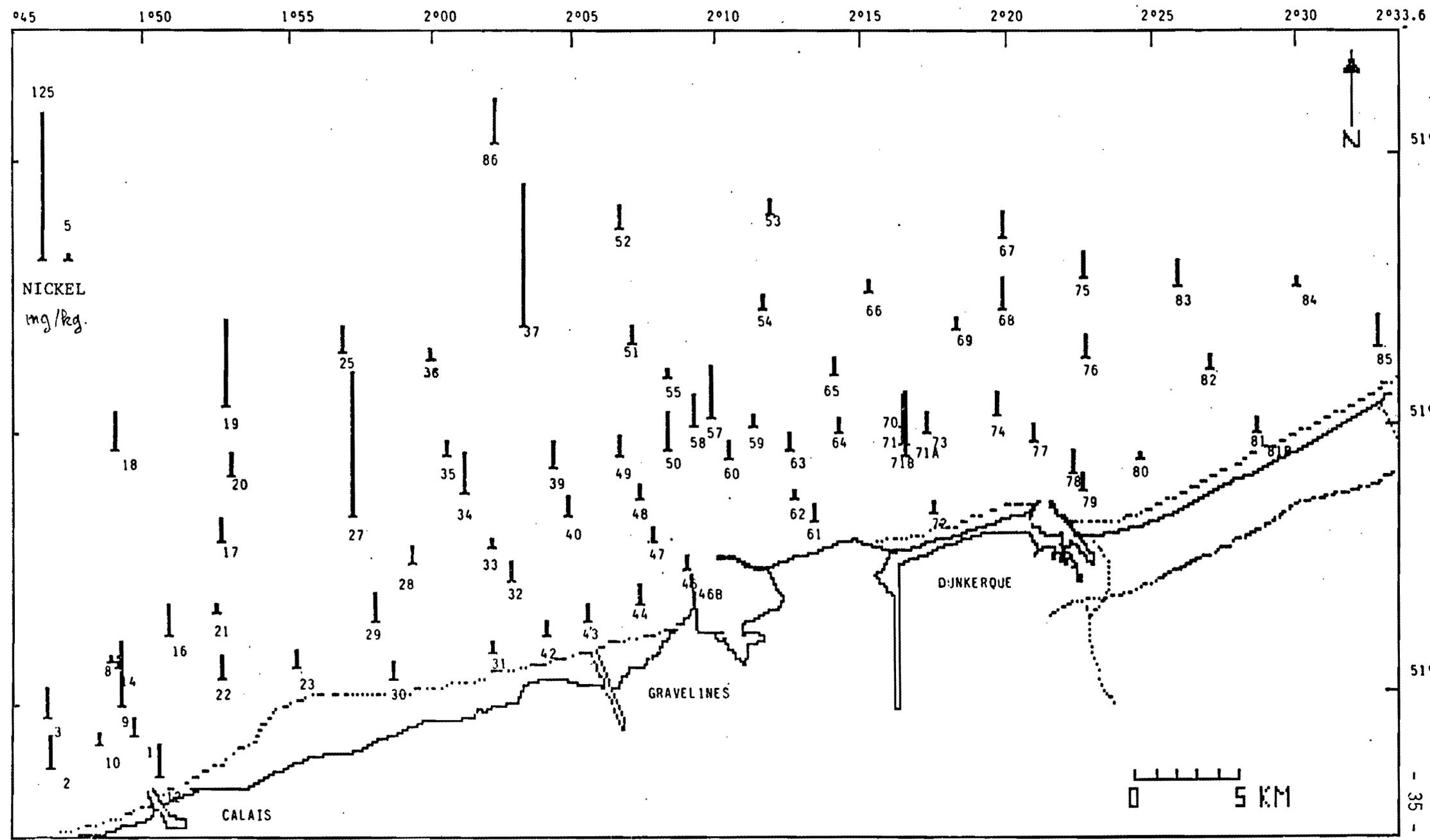
51°

51°

51°

- 34 -





125
5
NICKEL
mg/kg.



0 5 KM

CALAIS

GRAVELINES

DUNKERQUE

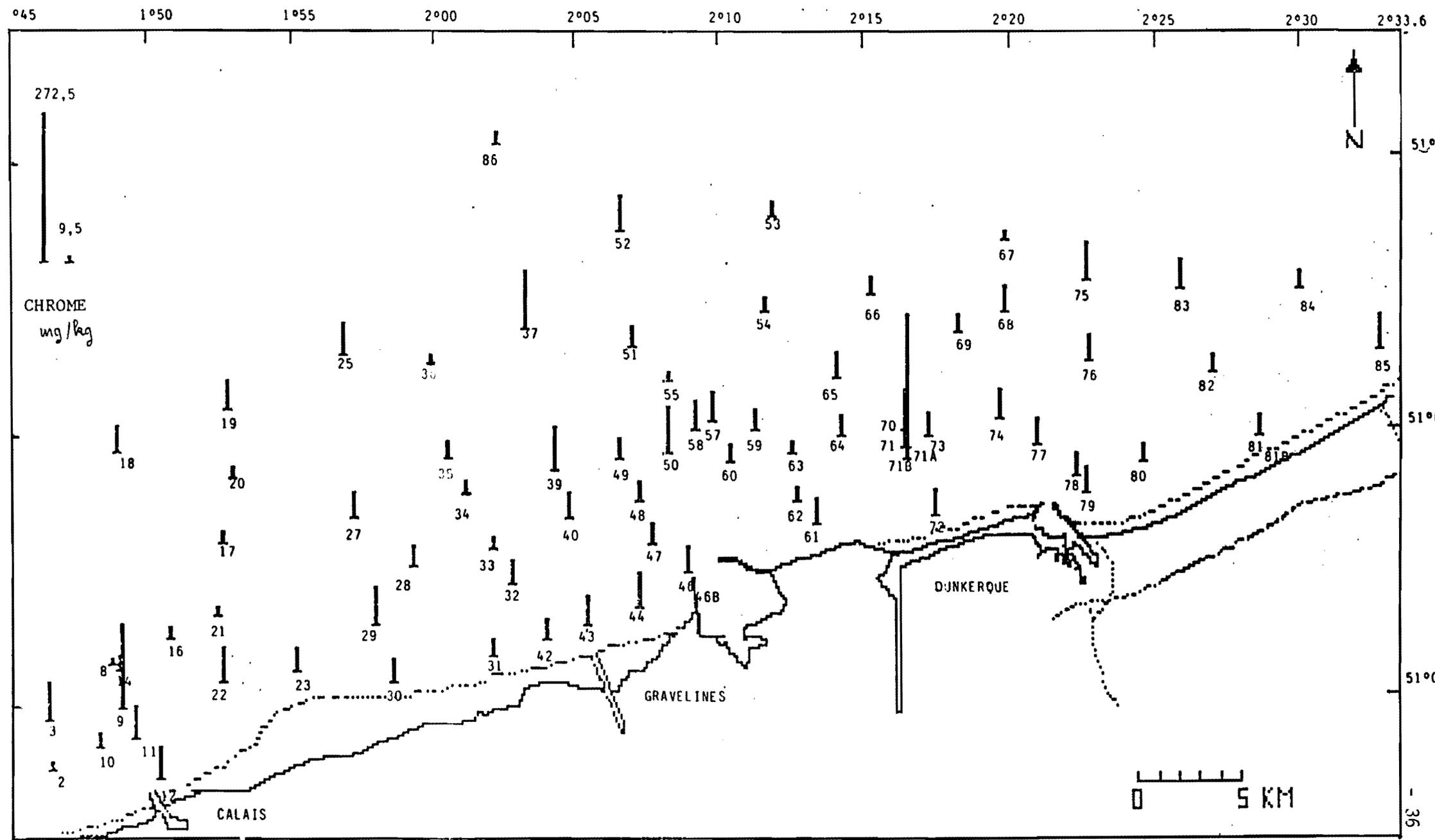
1°45 1°50 1°55 2°00 2°05 2°10 2°15 2°20 2°25 2°30 2°33.6

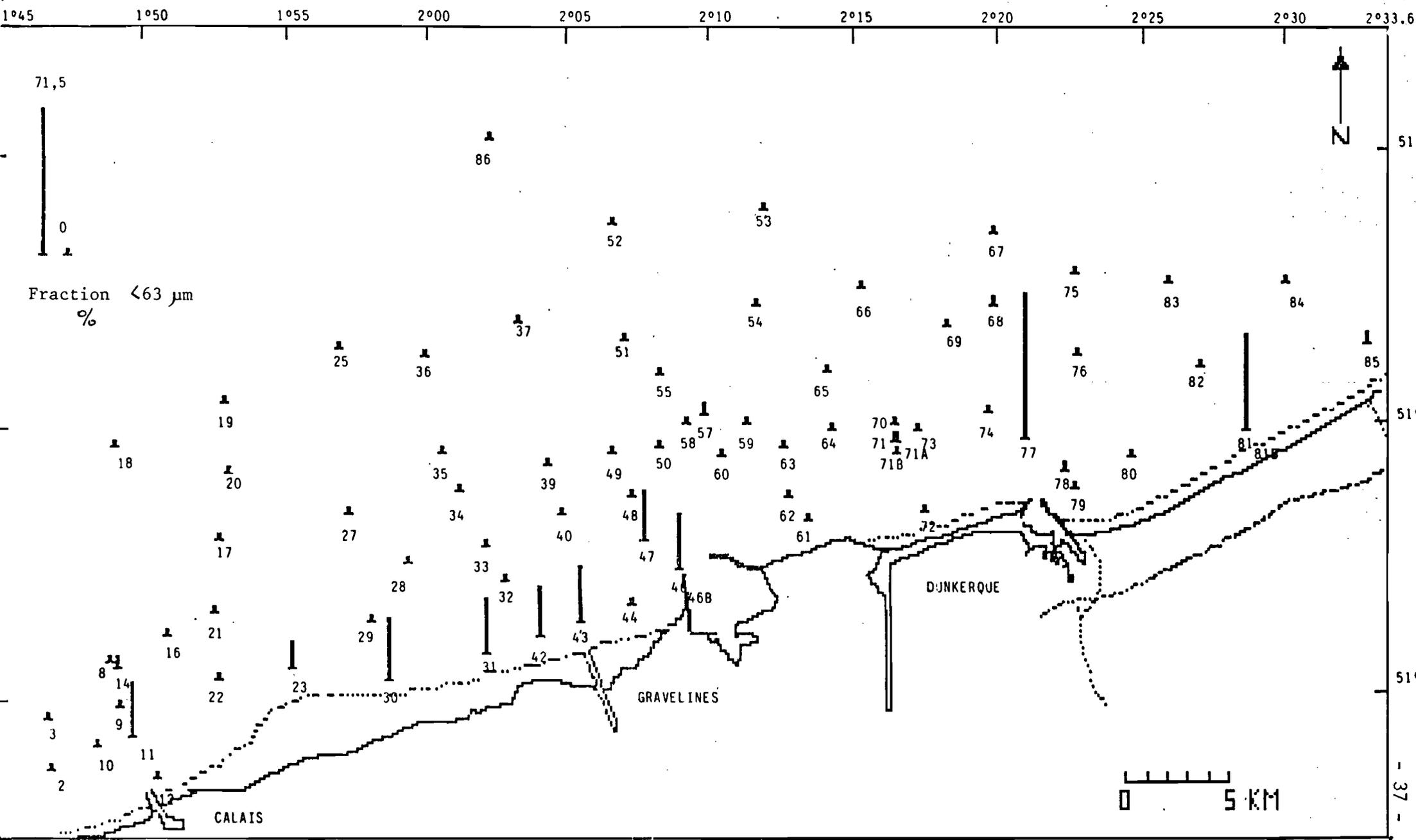
51°

51°

51°

35





Annexe 4

Résultats des analyses effectuées
dans la région de Boulogne

Sédiments

POINT	P2	EM1	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11	L1	L2	L4	L5	L6	L7
ZN	211.5	256	243	617	273	459	537	1464	169	47	101	99	94	32	145.5
CD	0.75	2.25	0.9	3.65	1.8	1.75	4.35	23.55	1.55	0.1	0.3	0.4	0.2	0.15	0.25
PB	91	280	105	430	85	78	370	1180	70.5	68.5	61	69.5	680	115	155
NI	31.5	58	22	34	19	21	20	32.5	22	42.5	21.5	13	204	134	28.3
CR	52.5	58	40.5	51.5	44	41.5	37.5	45.5	44.5	30	31	30	238	101.5	55
HG	0.21	0.77	0.33	0.73	0.41	0.4	2.5	4.2	0.51	0.22	0.4	0.35	0.53	0.77	0.7
GC63	89	1.6	86.5	85	77	82.5	16.5	47	6.2	1	2	1.6	0.7	0.2	0.8
HCB	1.4	2.5	1.3	1.3	1.2	2.0	1.2	1.3	1.3	1.6	1.1	1.1	6.7	0.5	0.4
A-HCH	0.1	1.1	1.1	0.8	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5	0.3	0.5	1.3	2.9	0.3	1.9
B-HCH	<0.2	<0.2	1.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
G-HCH	0.5	6.1	1.5	3.3	1.2	0.7	1.0	0.5	1.8	2.4	1.1	0.7	11.8	0.5	1.9
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTA	<0.1	1.1	<0.1	<0.1	0.6	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.8	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDRI	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DIELD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PPDDT	1.6	3.7	0.9	11	39	36	2.9	4.3	1.6	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDD	<0.5	10.9	4.2	30	93	71	<0.5	2.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDD	4.7	21.9	5.3	<0.7	<0.7	<0.7	25	7.1	4.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	4.5
OPDDT	<0.3	2.4	0.6	0.5	6.7	8.7	0.7	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	14
PPDDT	1.6	15.4	0.6	3.7	54	96	3.3	<0.3	2.9	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	6.1
DDX	7.9	54.3	11.6	45	193	212	32	14	9.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	25
PCBT	122	338	175	202	273	504	167	200	141	60	53	55	431	13	230
DMP	41	<20	<20	<20	<20	65	93	108	158	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	40	40	<20	<20	<20	125	70	202	1200	<20	<20
DBP	71	990	7690	676	42197	9908	847	347	302	620	381	544	53100	528	2284
DMEP	<15	<15	122	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
DEHP	740	6560	5480	2921	6927	4354	1761	1207	2560	844	728	1274	51800	1624	3341
SIB-P	850	7550	13292	3597	49160	14367	2700	1660	3020	1589	1179	2020	106100	2152	5630
LATI	50 43.4:50	44.4:50	42.8:50	43.6:50	43.7:50	43.6:50	43.1:50	43.4:50	43.9:50	45.1:50	45.2:50	46.0:50	46.4:50	47.4:50	47.2:
LONG	36.1	35.7	36.4	35.8	35.7	35.5	34.6	34.6	35.3	31.9	30.9	30.6	31.8	32.5	31.3

POINT	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22
ZN	99.5	106	48	89.5	86	89	121	139.5	95	61	113.5	113	131	69	78.5
ED	0.3	0.3	0.2	0.25	0.2	0.3	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	1	0.25	0.25	0.25
PB	52.5	64.5	57.5	85	70.5	42.5	1180	215	57	41.5	45	49	93	400	145
NI	38.5	30	82.5	74.5	22	14.5	57.5	91.5	19.5	39	30.5	20	87	182.5	228
CR	32	41.5	133	56	34.5	38	100	160	39	100	28	40.5	93.5	166.5	373
HG	0.35	0.2	0.18	0.38	0.47	0.11	0.9	0.24	0.14	0.25	0.32	0.19	0.45	0.66	0.73
GC63	1.6	1	1.2	0.2	0.2	9	0.6	1	0.4	0.8	1.2	4	1.4	1	0.8
HCB	0.3	0.2	0.5	0.6	0.9	0.6	0.1	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.5	0.2	1.9
A-HCH	2.4	2.4	0.7	0.6	0.6	0.7	1.1	2.5	1.7	2.1	3.6	0.3	1.9	0.4	0.2
B-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
G-HCH	2.4	<0.1	0.3	0.9	1.7	0.9	0.5	0.7	2.2	<0.1	<0.1	0.5	17	0.5	0.9
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTA	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDRI	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DIELD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
PPDDT	<0.4	0.7	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.7	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDD	<0.5	0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	12.8	<0.5	4.4	0.9	17	6.7	7.7
PPDDD	4.4	<0.7	<0.7	<0.7	18	<0.7	<0.7	<0.7	7.4	<0.7	4.0	1.8	16	<0.7	<0.7
OPDDT	12	0.9	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.8	<0.3
PPDDT	1.6	0.5	<0.3	<0.3	ND	<0.3	0.3	<0.3	0.6	<0.3	4.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
DDX	18	2.4	<2.2	<2.2	2.1	<2.2	0.3	<2.2	21.3	<2.2	13.6	6.8	33	7.5	7.7
PCBT	139	37	12	68	238	63	26	32	423	63	354	29	244	89	106
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	105	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	42	<20	63	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DBP	2253	580	212	355	145	958	294	583	8850	496	837	200	612	199	1716
DMEP	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
DEHP	1637	861	1968	1290	1330	826	793	1259	9790	1952	1578	867	2621	2735	4570
SIB-P	3890	1440	2180	1650	1480	1826	1087	1905	18640	2448	2415	1070	3338	2934	6290
LATI	50 47.2:50	47.4:50	48.6:50	49.2:50	49.9:50	50.6:50	46.4:50	44.7:50	44.0:50	44.0:50	44.2:50	42.7:50	42.9:50	43.2:50	42.0:
LONG	30.0	34.2	33.2	32.4	33.7	34.4	32.3	32.1	32.5	31.0	29.5	32.9	31.6	30.0	30.6

Moules

POINT	M35	M40	M42	M44	M49	M51	M56	M57	M59	M35	M38	M40	M42	M44	M49
ZN	80	86	107	98	100	123	120	94	91	84	84	73	83	83	76
CD	0.90	0.70	1.00	1.00	1.50	1.10	1.25	0.90	1.15	0.65	1.05	0.60	0.65	0.70	0.75
PB	2.30	1.70	4.00	3.10	2.35	4.50	5.10	3.00	2.15	1.15	2.75	1.85	2.70	2.45	1.20
M1	1.50	1.50	2.25	1.50	1.65	1.65	1.75	1.40	2.00	1.20	1.95	4.70	2.95	1.20	2.45
CR	1.20	1.00	2.00	1.40	0.90	1.00	1.70	1.10	1.10	1.75	4.00	6.90	4.20	1.35	4.50
HG	0.105	0.120	0.125	0.150	0.120	0.172	0.170	0.127	0.115	0.086	0.120	0.115	0.130	0.110	0.130
P H2O	84.20	78.13	84.76	82.05	82.65	78.27	81.77	80.54	81.18	79.3	81.3	79.3	78.3	77.1	78.8
TAILL	50	45	40	50	40	43	35	40	37	46.8	36.6	36.6	36.8	39.7	38.6
PDSHU	6.40	2.84	2.75	3.01	2.38	2.65	0.85	1.91	1.57	2.50	1.29	1.19	1.49	1.65	1.64
P MG	4.2	7.5	5.8	7.5	6.9	8.3	10.8	10.6	14.6	9.3	7.3	8.1	8.8	8.8	7.3
HCB	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.4	3.5	3.4	1.6	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	1.2
A-HCH	0.6	1.0	1.3	1.2	1.1	1.1	6.1	1.2	2.5	0.9	0.6	0.8	0.9	1.1	0.4
B-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3	<0.2	<0.2	0.2	<0.2
G-HCH	2.3	2.6	5.0	25.0	3.4	2.9	11.6	3.7	3.8	3.5	6.6	3.3	4.7	6.8	2.1
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTA	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	<0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	1.9	0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDR1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DIELD	1.6	3.3	3.8	3.8	3.0	2.7	4.5	<0.2	<0.2	0.7	0.5	0.3	1.2	0.5	0.3
PPDDE	2.0	3.1	4.5	4.7	3.2	7.0	12.4	2.1	2.3	5.6	5.1	6.0	9.6	8.6	3.5
DPDD	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDD	1.6	3.5	4.8	6.4	3.7	18	32.4	4.9	<0.7	9.7	6.8	11.3	16.7	21	6.6
DPDDT	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	13.6	0.7	<0.3	0.3	0.4	1.3	3.8	0.9	<0.3
PPDDT	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	6.4	2.3	0.6	<0.3	0.3	0.6	5.1	0.3	<0.3
DDI	3.6	6.6	9.3	11.1	6.9	25.0	64.8	10.0	2.9	15.6	13.3	19.2	35	30.8	10.1
PCBT	71	93	119	128	97	136	417	141	95	220	178	242	390	356	226
DHP	<20	<20	90	<20	<20	<20	<20	48	<20	<20	<20	31	77	61	92
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DBP	280	360	420	490	4550	650	11840	1260	875	414	574	394	541	439	764
DNEP	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
DEHP	830	140	280	160	1080	370	12930	1620	795	612	742	509	423	615	377
SIG-P	1110	500	790	650	5630	1020	24790	2928	1670	1030	1320	934	1040	1120	1230
LAT1	50 52.6:50	49.5:50	46.9:50	45.8:50	48.2:50	45.1:50	42.4:50	42.5:50	40.9:50	52.6:50	49.8:50	49.5:50	46.9:50	45.8:50	48.2:
LONG	36.8	35.4	36.2	36.2	36.0	35.6	34.0	33.7	33.9	36.8	35.0	35.4	36.2	36.2	36.0

POINT	M51	M56	M57	M59	M35	M38	M40	M42	M44	M49	M51	M56	M57	M59
ZN	112	98	74	64	72	90	105	112	90	80	100	100	90	84
CD	0.70	0.50	0.75	0.50	0.75	0.90	1.35	1.50	0.75	1.20	1.00	0.75	0.60	1.00
PB	3.55	3.30	1.10	1.10	1.00	2.25	1.50	2.50	1.40	0.85	3.10	1.90	2.00	0.75
M1	1.35	1.35	1.50	1.05	1.00	1.40	1.20	2.20	0.40	0.60	0.85	0.25	0.50	0.70
CR	2.40	2.00	1.75	1.40	1.80	2.30	1.70	3.10	0.60	1.30	2.10	1.10	0.65	0.65
HG	0.180	0.110	0.120	0.090	0.100	0.130	0.160	0.230	0.170	0.150	0.250	0.200	0.120	0.250
P H2O	79.7	80.7	79.4	76.6	81.9	83.6	83.7	88.3	81.0	84.2	84.1	86.4	81.7	78.9
TAILL	33.1	29.5	37.8	40.8	40	36	38	38	40	37	40	25	30	40
PDSHU	1.60	1.04	1.72	2.26	2.0	2.1	1.9	1.3	2.0	1.4	1.7	1.6	1.7	2.0
P MG	7.9	9.5	9.3	8.7	12.9	12.5	12.3	8.8	20.9	12.0	9.7	10.9	9.4	11.5
HCB	0.9	1.3	1.0	1.7	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
A-HCH	0.3	0.6	0.6	0.7	<0.1	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	1.2	0.9	1.7	1.0
B-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
G-HCH	1.7	3.3	1.3	3.5	9.2	25.3	10.9	8.4	6.9	11.0	12.0	21.8	19.0	24.6
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTA	0.2	0.2	0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDR1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	6.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
DIELD	1.9	1.1	0.7	3.0	<0.2	0.5	0.5	<0.2	0.6	0.9	2.9	<0.2	2.0	4.8
PPDDE	5.9	7.7	4.4	4.1	3.9	4.5	3.6	1.7	2.2	8.3	23.5	26.7	5.5	13.0
DPDD	3.9	9.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDD	43	22.4	8.3	10.1	1.9	<0.7	3.6	<0.7	4.1	9.4	36.3	13.8	6.8	12.2
DPDDT	0.5	3.2	1.0	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	3.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
PPDDT	0.9	<0.9	0.2	0.4	<0.3	<0.3	<0.3	4.6	4.6	7.7	7.9	24.7	2.4	4.9
DDX	54	43	13.9	14.9	5.8	4.5	7.2	6.3	9.6	28.8	67.7	65.2	14.7	30.1
PCBT	323	362	350	376	84	85	136	140	187	339	571	530	332	498
DHP	110	70	92	167	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEP	32	<20	<20	<20	150	150	78	<20	175	<20	<20	151	224	178
DBP	780	3511	570	731	800	1170	1080	880	1180	750	1330	1535	7020	2136
DNEP	<15	<15	<15	25	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
DEHP	112	689	23	208	1270	2480	1512	1610	1550	880	1790	1561	2993	2154
SIG-P	1030	4270	940	1130	2120	3800	2670	2490	2905	1630	3120	3250	10237	4468
LAT1	50 45.1:50	42.4:50	42.5:50	40.9:50	52.6:50	49.8:50	49.5:50	46.9:50	45.8:50	48.2:50	45.1:50	42.4:50	42.5:50	40.9:
LONG	35.6	34.0	33.7	33.9	36.8	35.0	35.4	36.2	36.2	36.0	35.6	34.0	33.7	33.9

POINT	P2	P3	P5	P6	P7	P8	P9	P10	S9	S6	46B	46T	49	35B	40
ZN	0.020	0.068	0.030	0.025	0.100	0.050	0.024	2.15	0.035	0.033	0.008	0.040	0.008	0.013	0.018
CD	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
PB	0.014	0.006	0.010	0.002	0.026	0.006	0.004	0.500	0.003	0.003	0.002	0.001	0.007	<0.001	<0.001
NI	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
CR	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
HG	<1E-4	<1E-4	<1E-4	<1E-4	0.0001	<1E-4	0.0001	0.0012	<1E-4						
CU	0.016	0.010	0.054	0.060	0.062	0.064	0.060	0.072	0.006	0.030	<0.005	0.013	<0.005	0.006	<0.005
COT	10.0	17.0	7.2	5.1	6.1	102	5.4	16	30.5	16.2	10.2	41	9.2	31.5	15.6
HCB	0.9	0.6	1.2	1.1	<0.5	3.6	1.3	1.0	2.0	4.2	1.1	1.4	0.6	1.2	1.6
A-HCH	0.8	<0.5	0.5	0.5	0.6	1.4	<0.5	<0.5	2.1	0.8	0.8	0.6	<0.5	1.5	0.8
B-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5
G-HCH	6.9	7.1	2.9	2.7	3.3	6.6	1.7	1.6	211	16.2	7.0	42.0	5.0	33.7	22.9
D-HCH	1.8	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	4.0	<1.0	47.2	46.7
HEPTA	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTE	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
ALDRI	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
DIELD	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDE	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
OPDDD	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
PPDDD	<1.0	<1.0	1.5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
OPDDT	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
PPDDT	<1.0	<1.0	1.1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
DDX	<4.5	<4.5	2.6	<4.5	<4.5	1.4	<4.5	1.0	<4.5	0.9	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5
DPS	11	<10	13	<10	<10	300	<10	12	191	41	12	67	<10	34	14
DP6	16	<10	<10	<10	<10	46	<10	<10	44	<10	<10	16	<10	10	<10
PCBT	27	<10	13	<10	<10	346	<10	12	235	41	12	83	<10	44	14
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	140	<20	<20	280	70	270	270
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	330	<20	<20	310	490	<20	110	45	60	90
DBP	640	1070	290	300	910	1680	430	280	80350	3700	710	20180	210	420	710
DNEP	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
DEHP	1250	830	1000	1260	1540	3160	1140	1210	5330	3560	1560	2030	640	1560	1950
SIG-P	1890	1900	1290	1560	2450	5170	1570	1490	86130	7750	2270	22600	965	2310	3020
LAT1	150 43.4150	42.8150	43.7150	43.6150	43.1150	43.4150	43.7150	43.7150	40.9150	42.4150	46.2150	46.2150	48.3150	52.4150	49.31
LONG	11 36.1	11 36.4	11 35.7	11 35.5	11 34.6	11 34.6	11 34.8	11 34.8	11 34.0	11 34.0	11 36.6	11 36.6	11 36.2	11 36.8	11 35.9

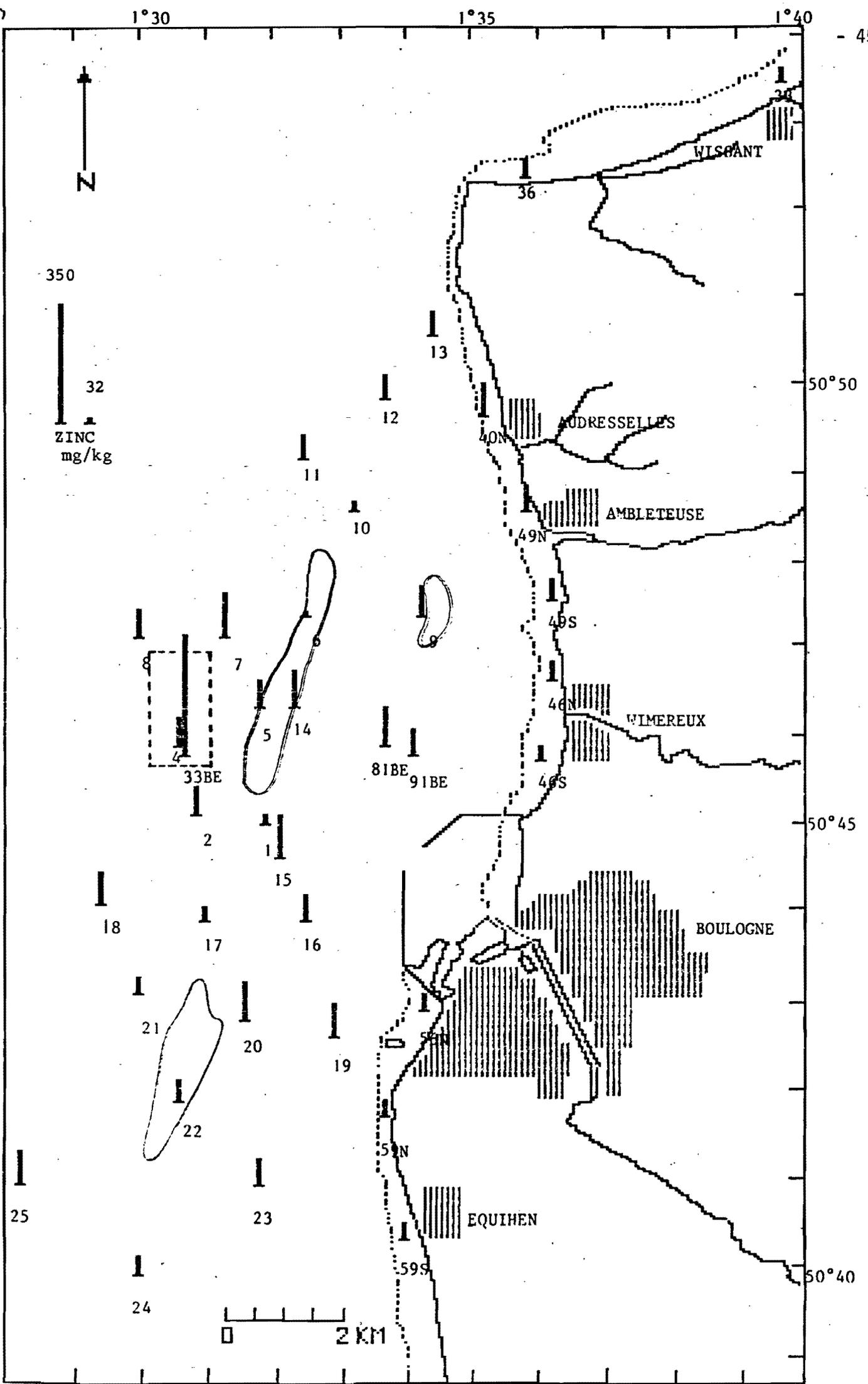
Mars 1985

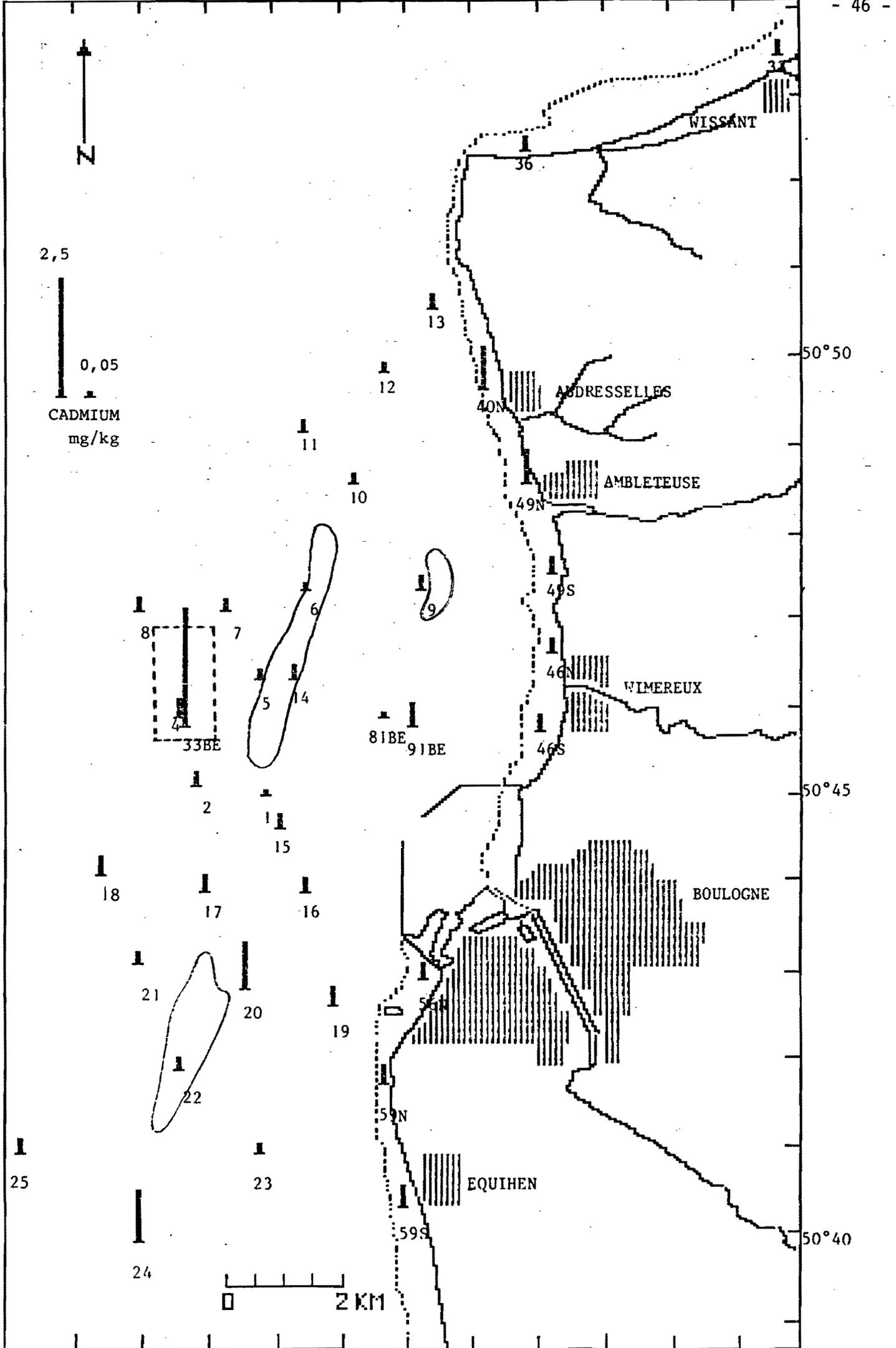
POINT	33	EM1	EM2	EM3	EM4	EM6	EM8	33	P6	40	P276	P172	49	46B	46T
ZN	0.010	0.018	0.080	0.055	0.092	0.008	0.008	0.008	0.062	0.007	0.040	0.020	0.005	0.005	0.490
CD	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.002	<0.001	0.001	0.003	<0.001	0.001	0.001	0.001
PB	<0.001	<0.001	0.026	0.012	0.010	<0.001	0.003	0.003	<0.001	0.002	0.003	<0.001	0.002	0.003	0.012
NI	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
CR	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.006	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
HG	<1E-4	<1E-4	<1E-4	<1E-4	0.0001	<1E-4	<1E-4	<1E-4	<1E-4	<1E-4	0.032	0.0003	<1E-4	<1E-4	<1E-4
CU	<0.005	0.007	0.026	0.010	0.165	0.018	<0.005	<0.005	0.045	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.035
COT	5.9	22.7	32.7	13.3	95	13.3	8.7	3.6	7.6	7.6	5.3	12.6	9.2	5.4	243
HCB	1.1	0.5	0.7	<0.5	1.8	0.5	<0.5	0.9	0.6	0.7	<0.5	<0.5	0.7	0.6	9.5
A-HCH	<0.5	<0.5	4.1	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.5
B-HCH	3.4	<0.5	<0.5	<0.5	7.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.8
G-HCH	22.8	8.5	206	1.6	375	3.0	1.0	9.3	1.6	2.7	1.0	5.5	4.3	2.8	51
D-HCH	41.5	<1.0	1.4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
HEPTA	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEPTE	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
ALDRI	<0.5	<0.5	17.6	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.8
DIELD	<0.5	0.6	0.6	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDE	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	<5.0	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
OPDDD	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
PPDDD	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	10
OPDDT	<1.0	8.5	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	6.3
PPDDT	<1.0	22	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.7	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	14
DDX	<4.5	31	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	4.8	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	<4.5	30
DPS	15														
DP6	<10														
PCBT	15	17	58	21	<100	14	<10	30	19	15	<10	<10	19	15	25
DMP	200	<20	145	85	<200	105	45	<20	<20	1715	505	<20	<20	<20	<20
DEP	<20	<20	42	<20	343	<20	<20	397	215	41	50	37	35	36	177
DBP	800	34	<20	101	<200	252	123	235	28	27	180	81	55	3560	1410
DNEP	<50	<50	<50	<50	536	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
DEHP	2820	5290	2990	1710	6830	2070	1730	2390	2960	1290	3190	4015	1990	1260	23100
SIG-P	3820	5320	3180	1900	7710	2430	1900	2630	3200	3070	3930	4130	2080	4860	64690
LAT1	150 53.3150	44.4150	44.4150	44.3150	44.3150	44.3150	44.2150	53.3150	43.6150	49.3150	43.1150	43.5150	48.2150	46.2150	46.21
LONG	11 39.7	11 35.7	11 35.7	11 35.7	11 35.7	11 35.7	11 35.7	11 39.7	11 35.5	11 35.9	11 34.5	11 36.2	11 36.0	11 36.6	11 36.6

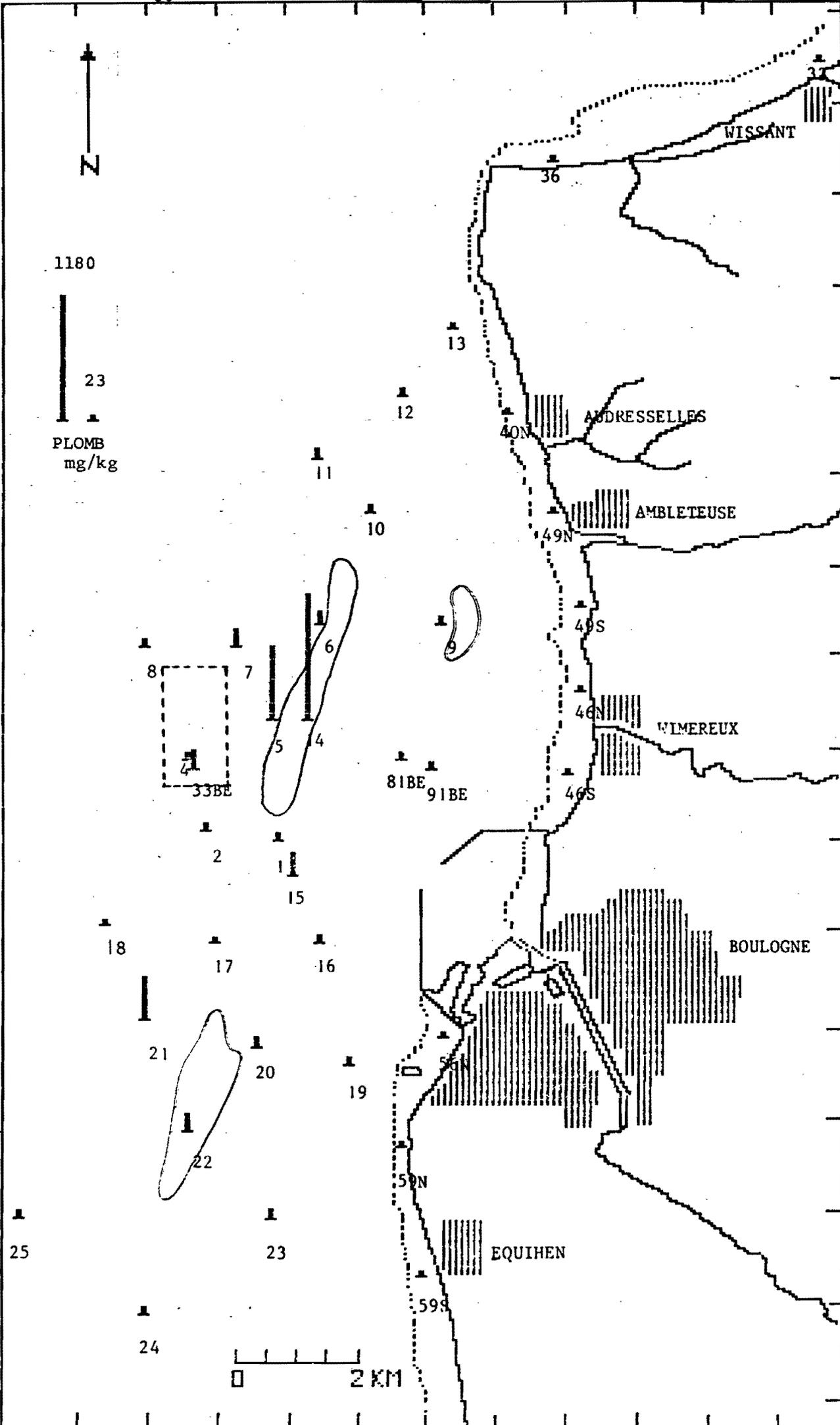
Annexe 5

REGION DE BOULOGNE

Cartes de localisation et de concentration
en micropolluants des sédiments







1180

23

PLOMB
mg/kg

WISSANT

ADRESSELLES

AMBLETEUSE

WIMEREUX

BOULOGNE

EQUIHEN

2 KM

50°50

50°45

50°40

13

12

11

10

8

7

6

5

4

9

81BE

91BE

48S

49N

40N

46N

46S

2

1

15

18

17

16

21

20

19

59N

59S

25

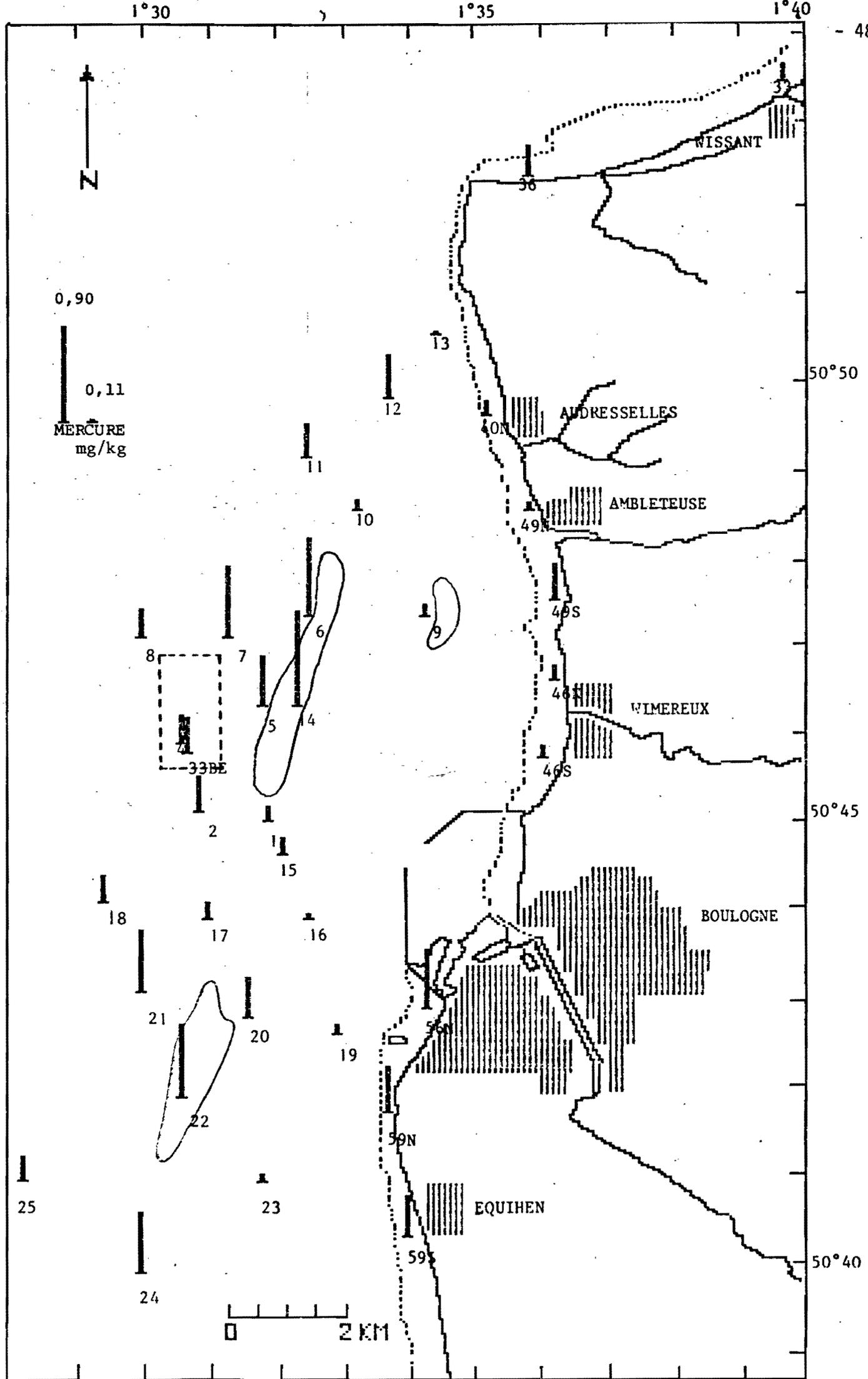
23

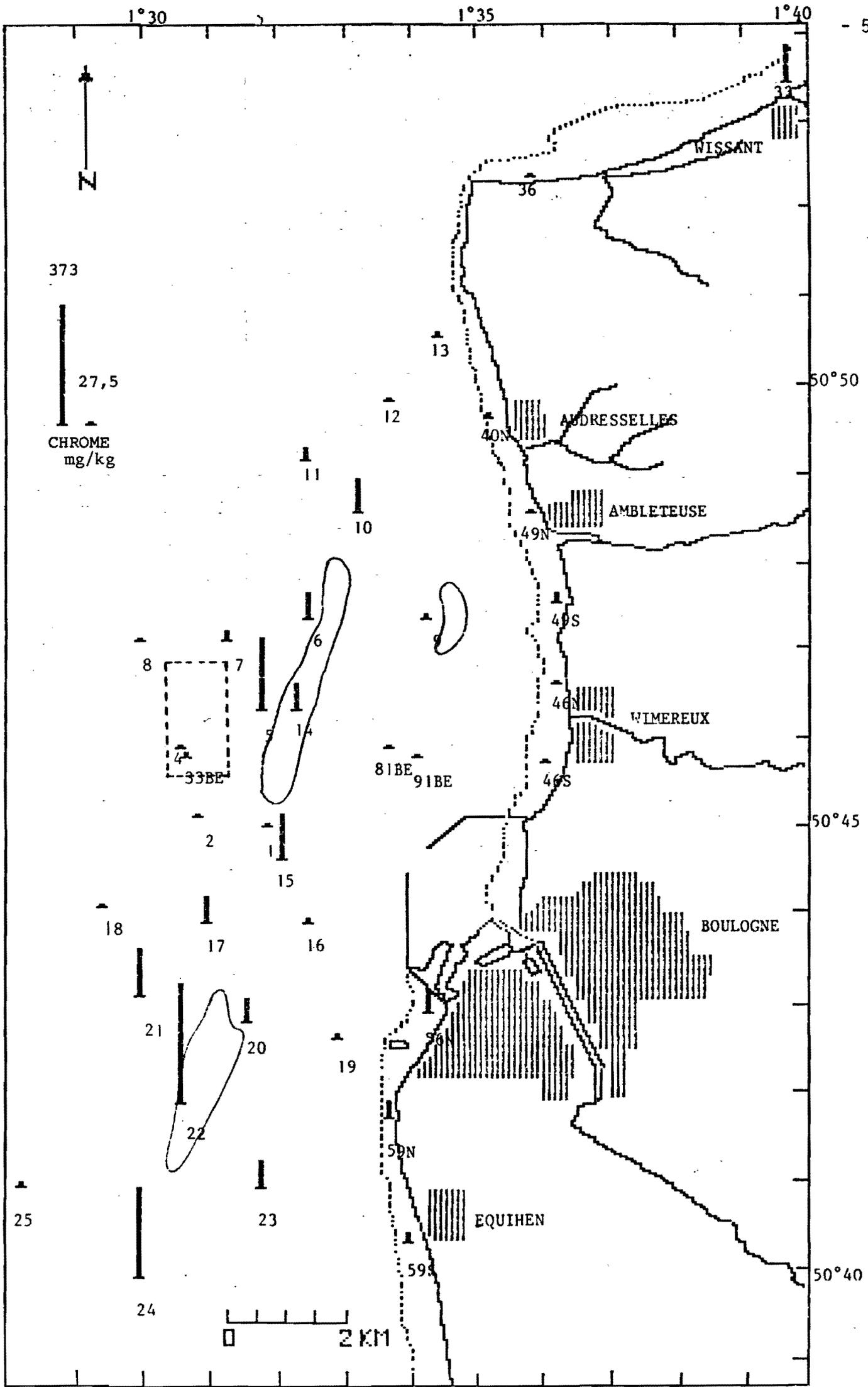
24

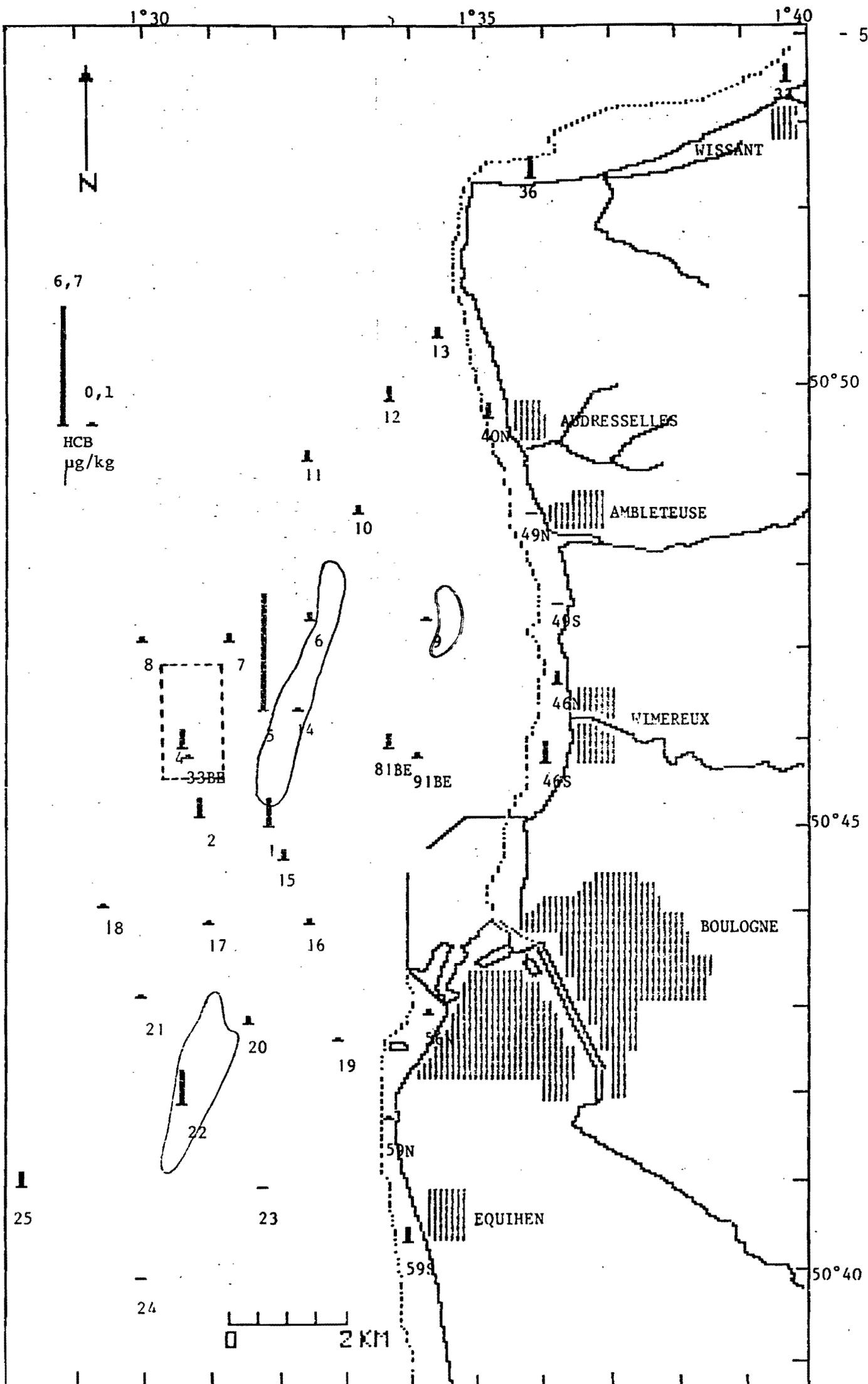
33BE

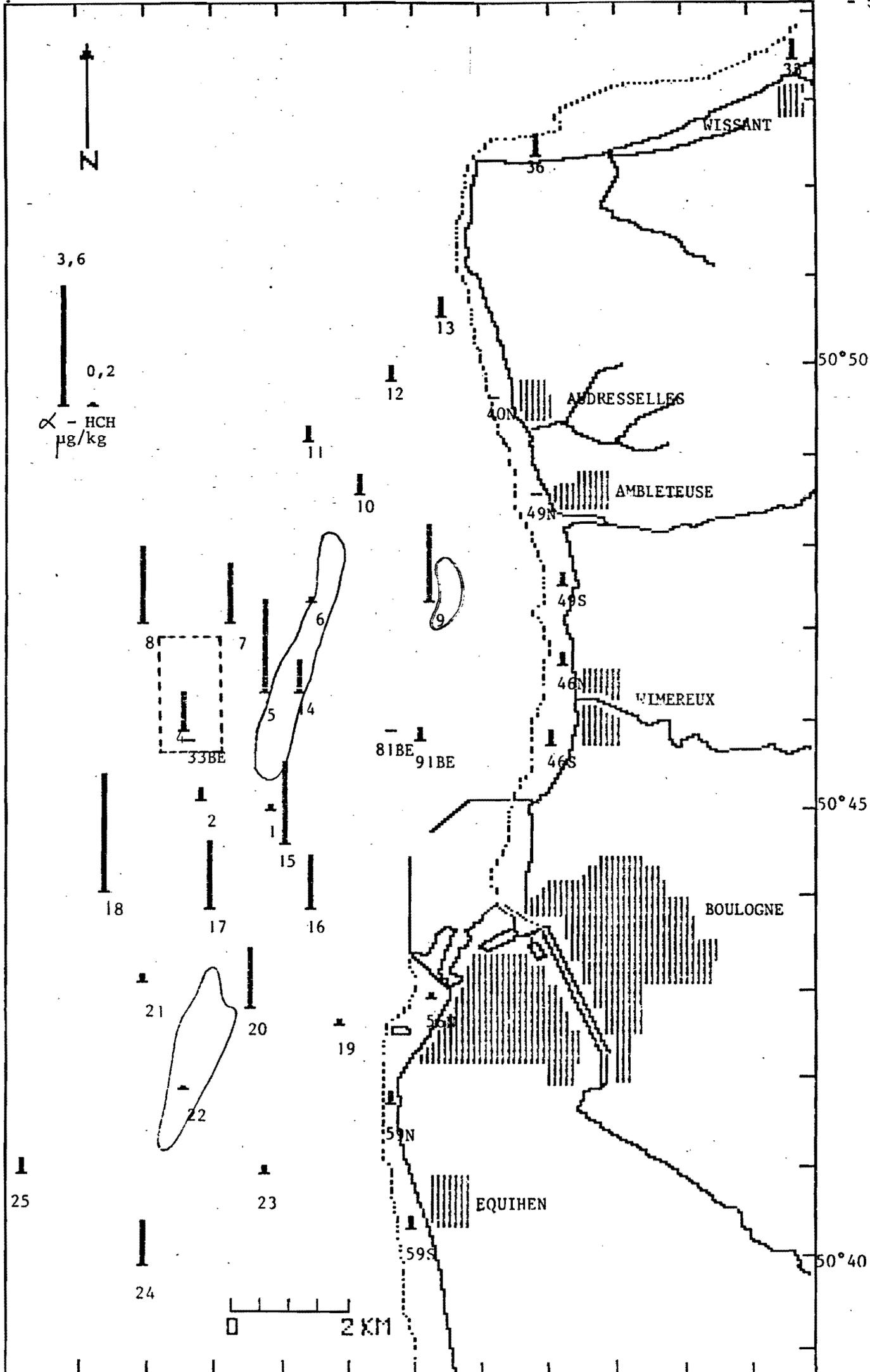
56N

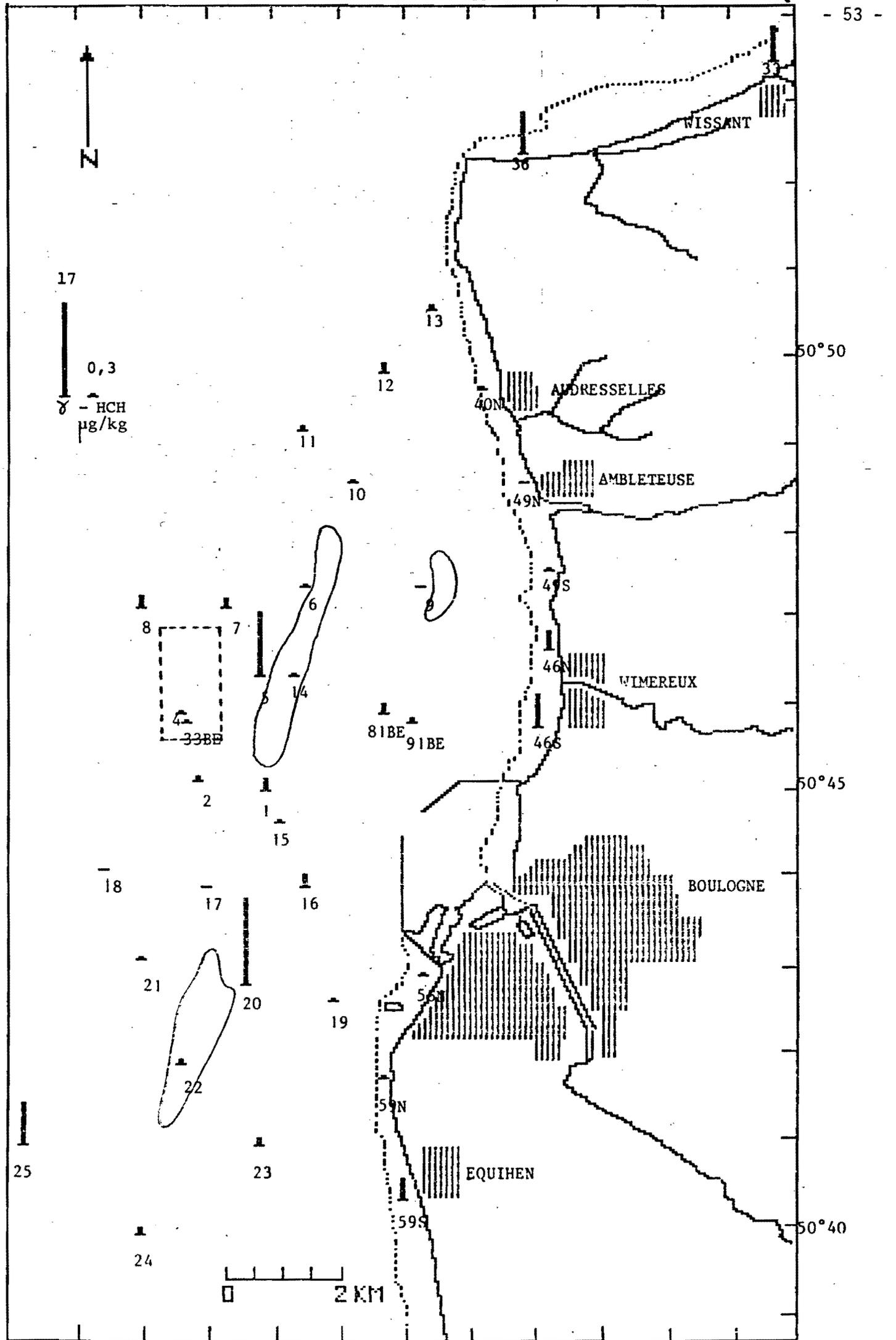
37

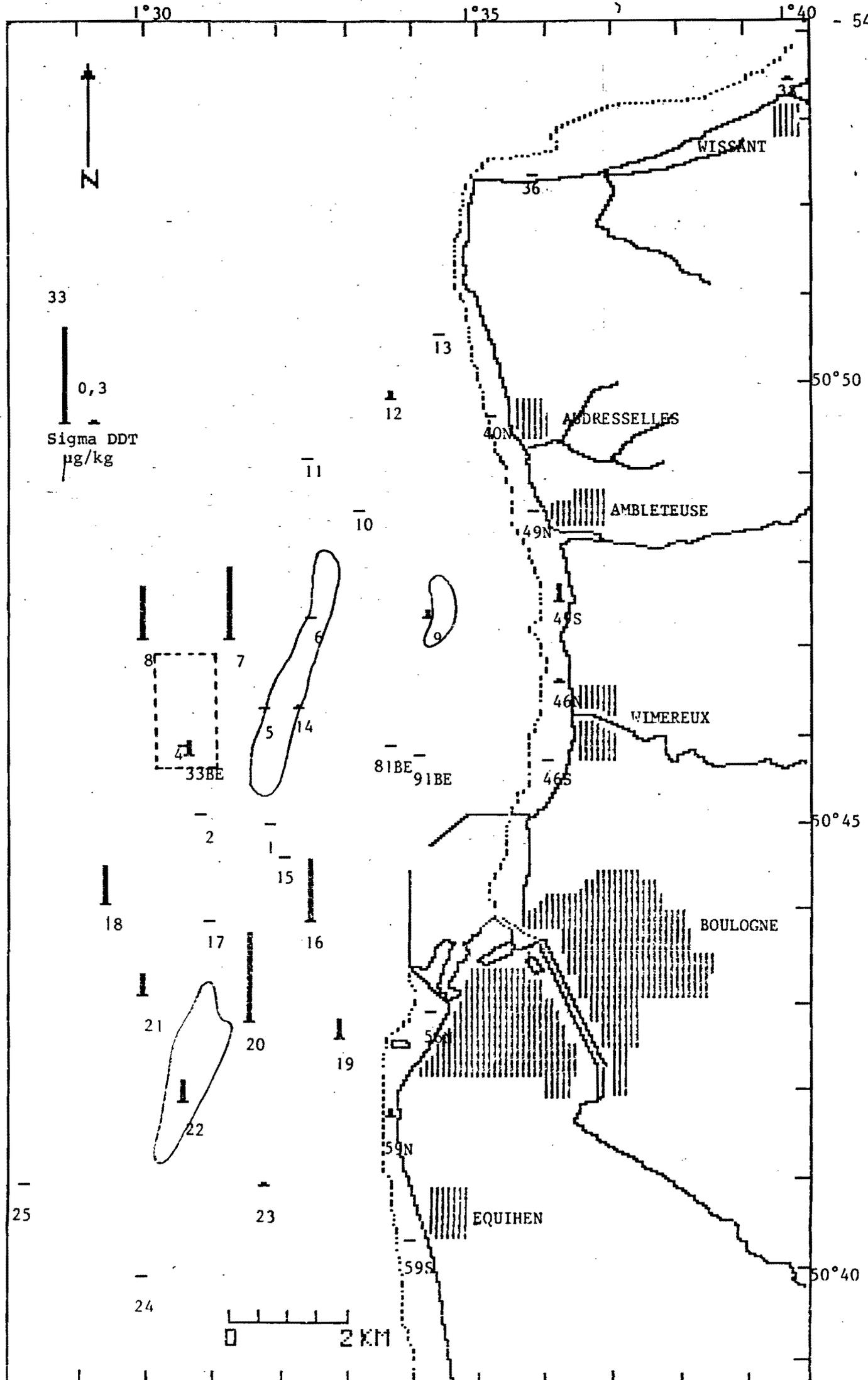


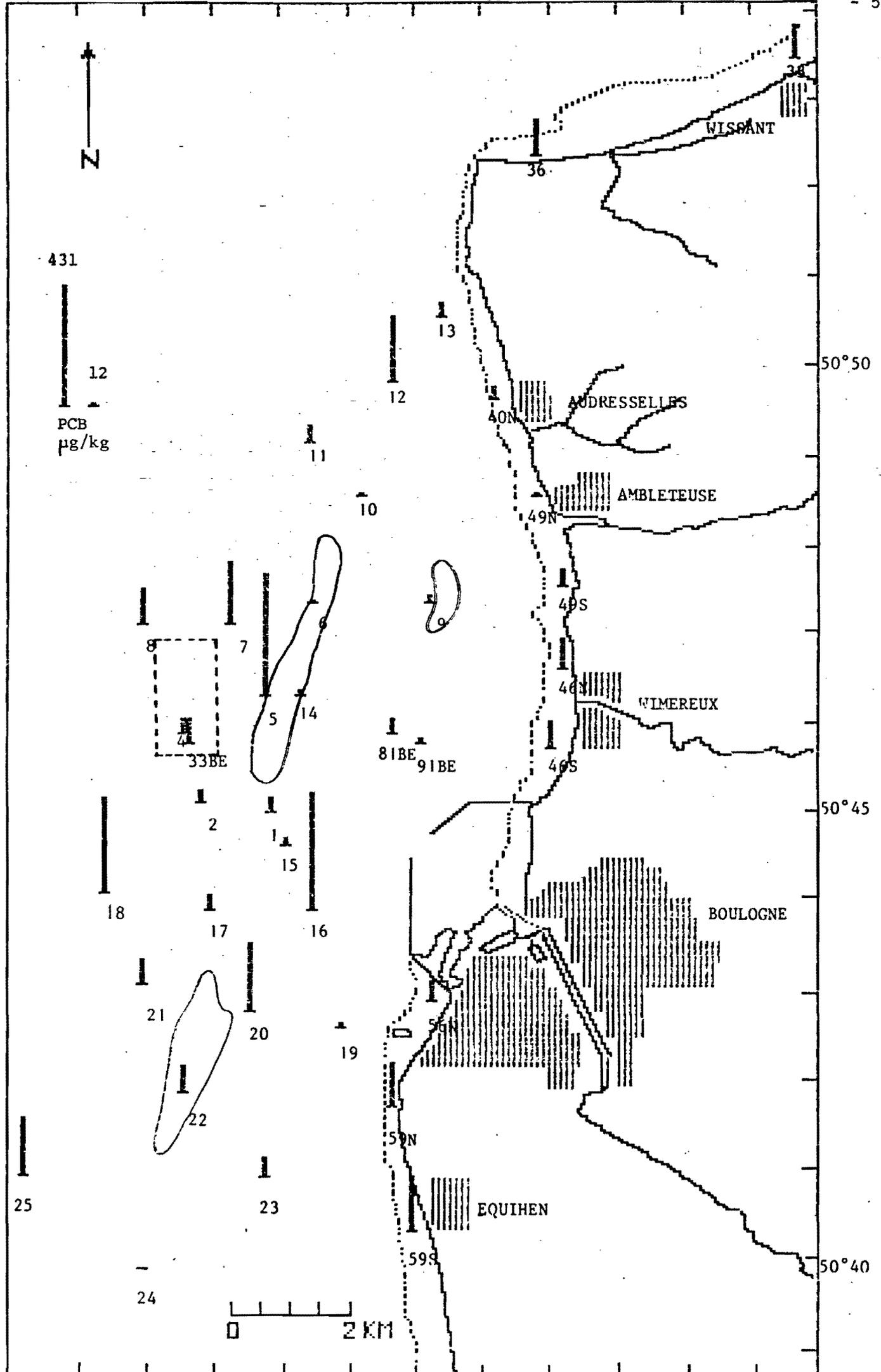


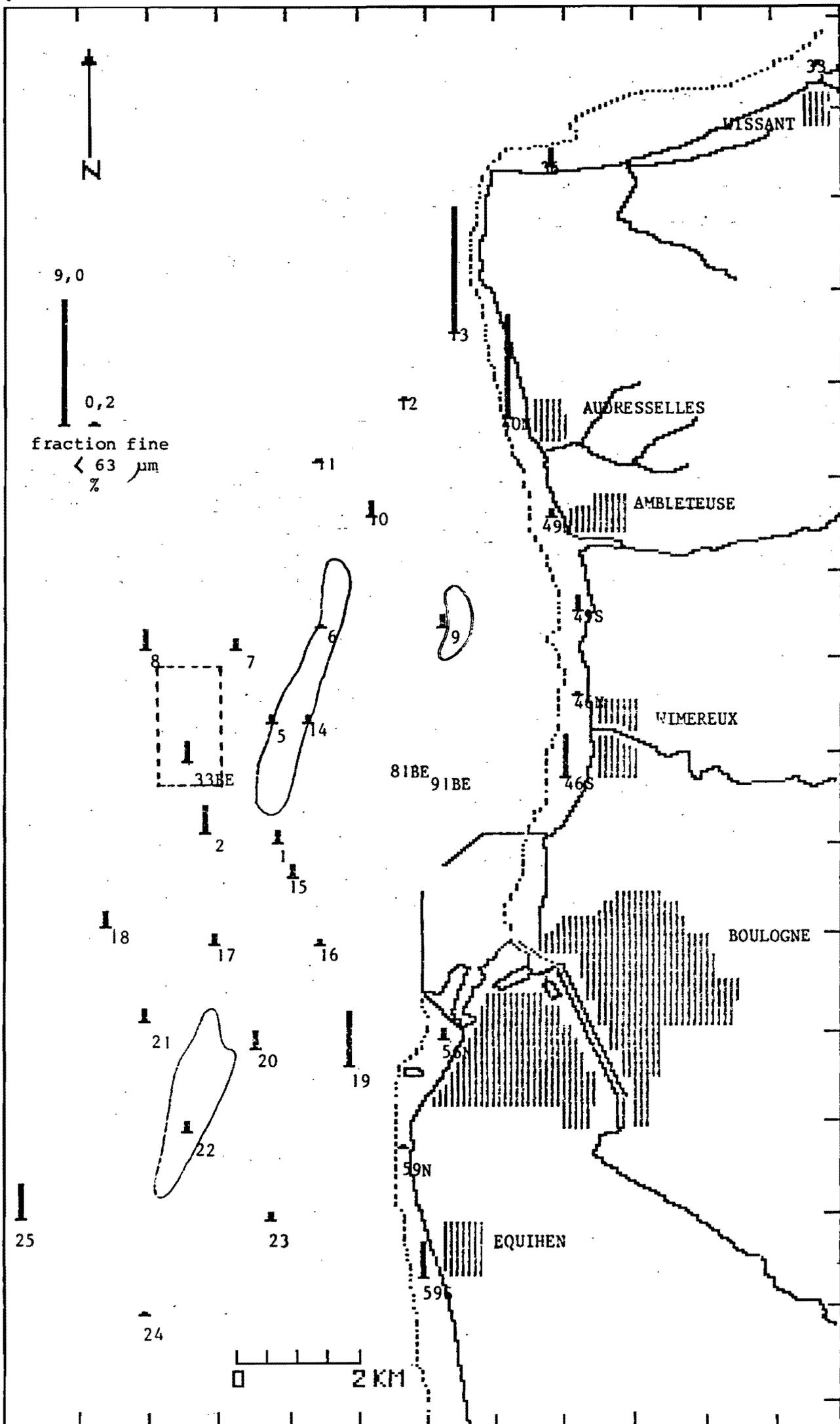












50°50

50°45

50°40

2 KM

9,0
 0,2
 fraction fine
 < 63 μm
 %

WISSANT

AUDRESSELLES

AMBLETEUSE

WIMEREUX

BOULOGNE

EQUIHEN

T2

81BE 91BE

9

71

70

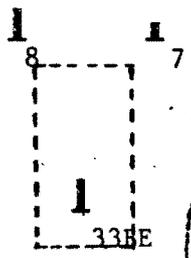
79S

76N

46S

59N

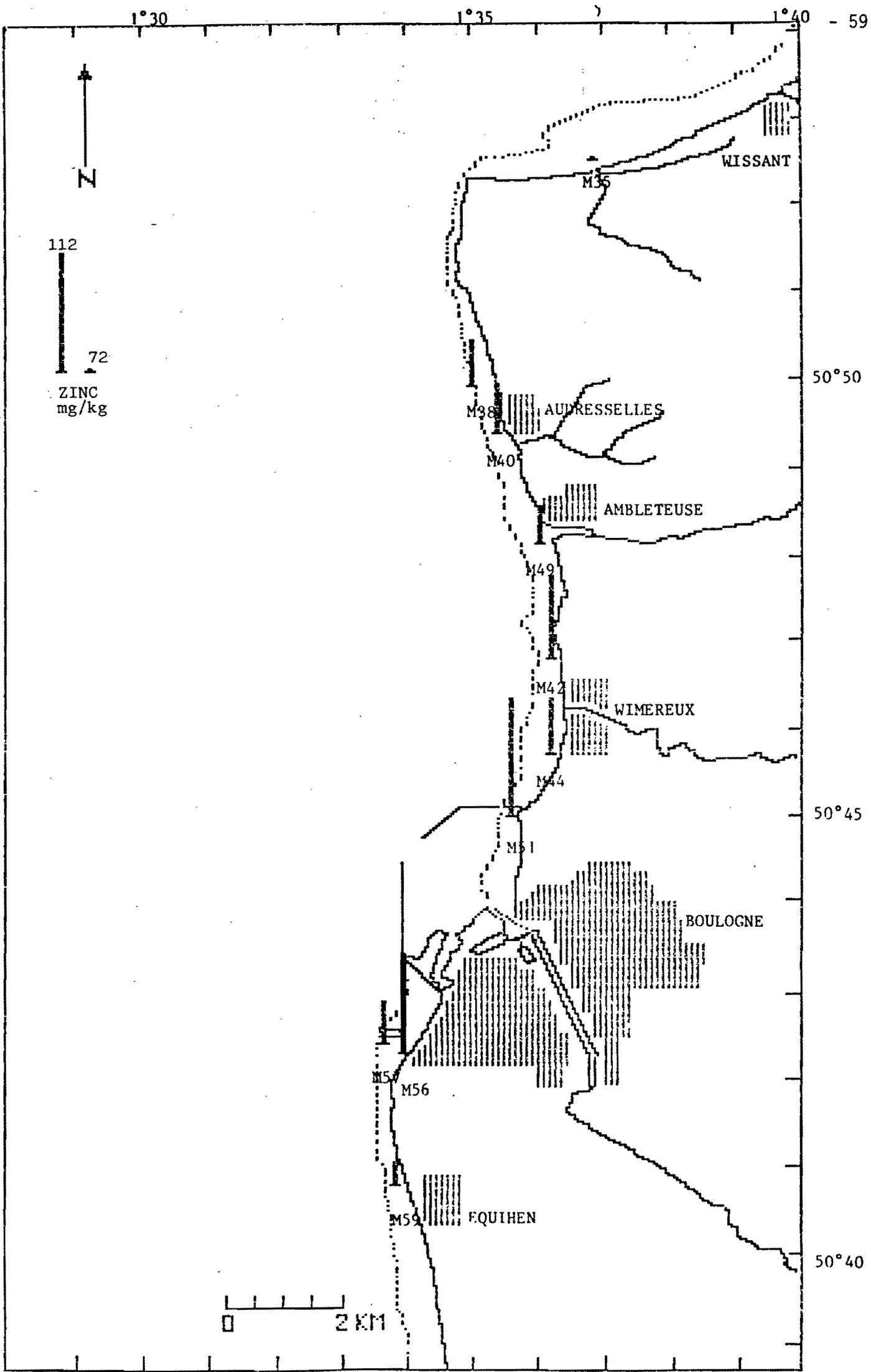
59S



Annexe 6

REGION DE BOULOGNE

Cartes de localisation et de concentration
en micropolluants des moules



1°30

1°35

1°40



1,15



0,75

CADMIUM
mg/kg

50°50

50°45

50°40

WISSANT

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M31

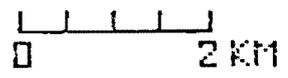
BOULOGNE

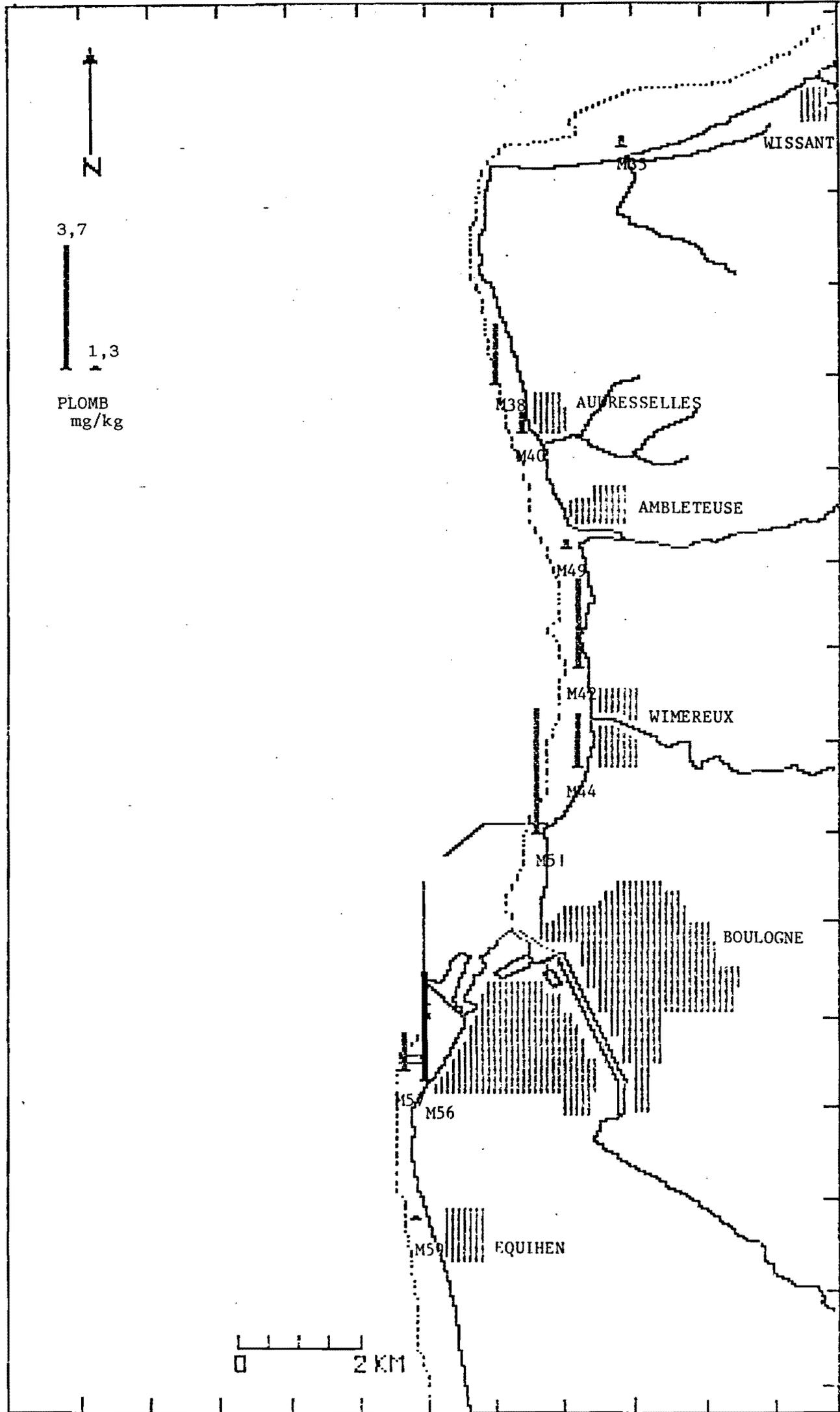
M55

M56

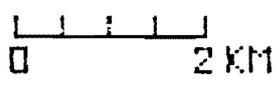
M59

EQUIHEN





PLOMB
mg/kg



1°30

1°35

1°40



0,2



0,1

MERCURE
mg/kg

M35

WISSANT

M38

AUDRESSELLES

M48

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M51

BOULOGNE

M57

M56

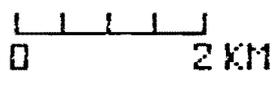
M59

FQUIHEN

50°50

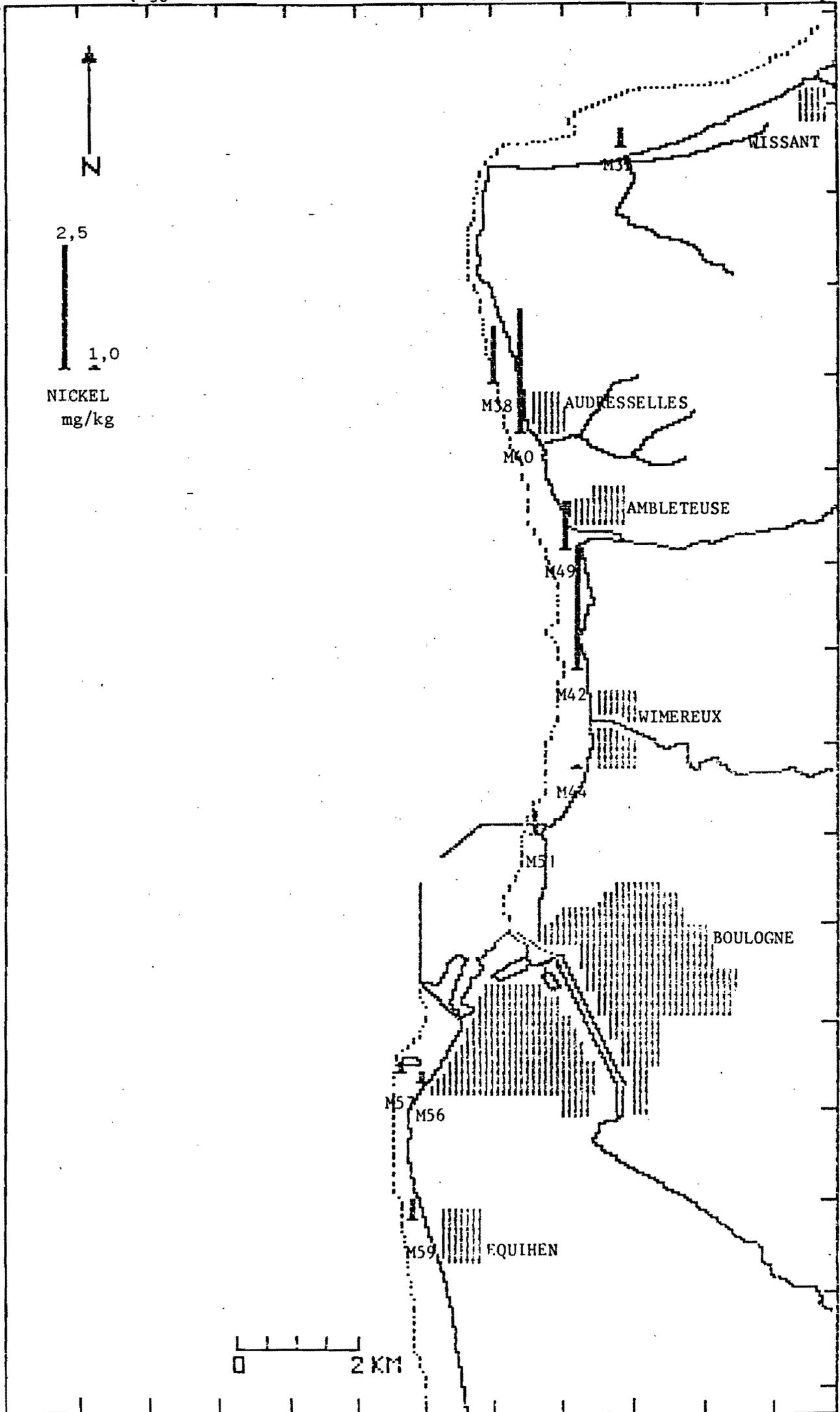
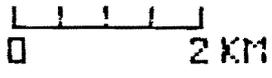
50°45

50°40



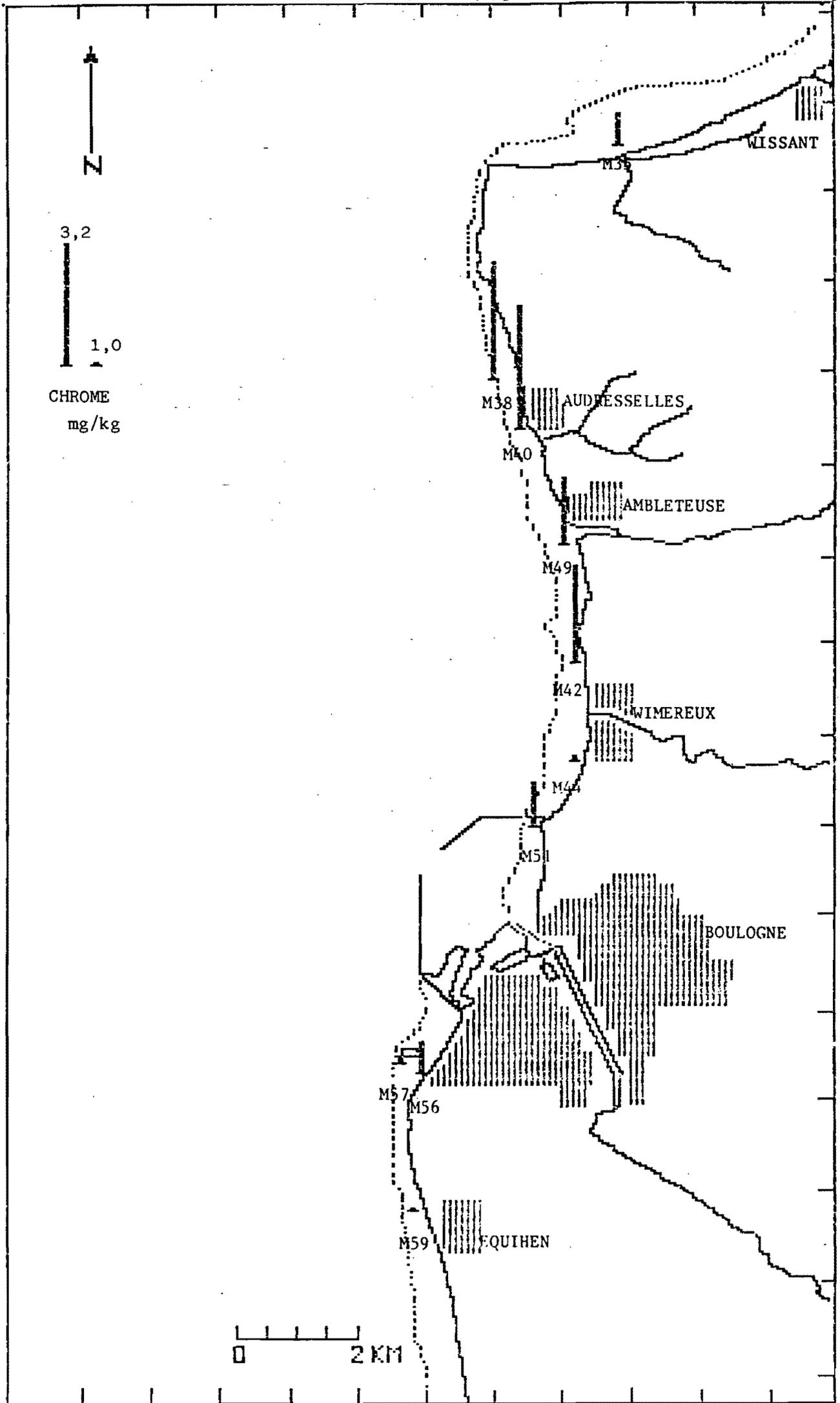
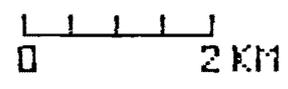


NICKEL
mg/kg





CHROME
mg/kg



50°50

50°45

50°40

WISSANT

M38 AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M51

BOULOGNE

M57

M56

M59

EQUIHEN



1,6

0,1

HCB
µg/kg

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M31

BOULOGNE

M57

M56

M59

EQUIHEN

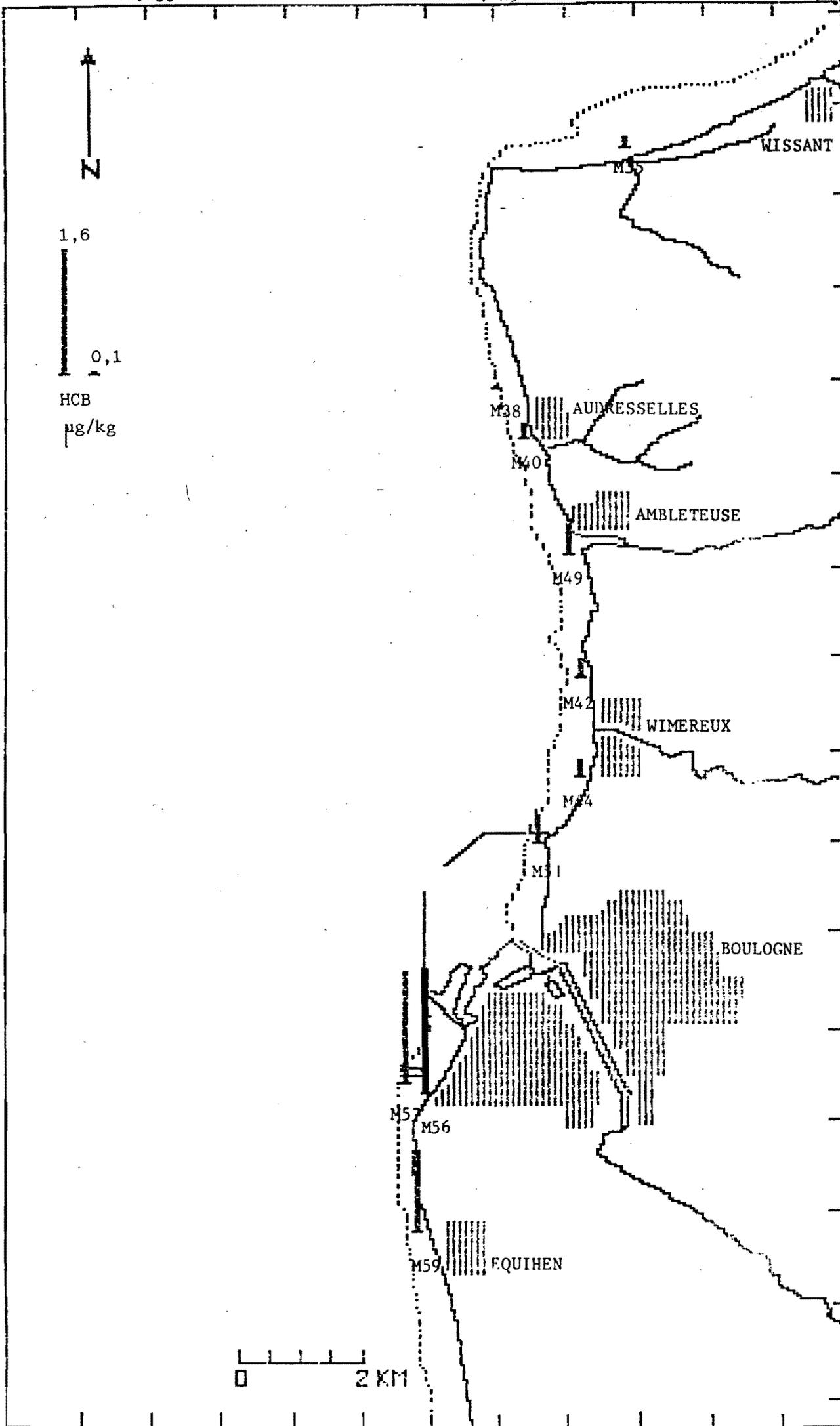
WISSANT

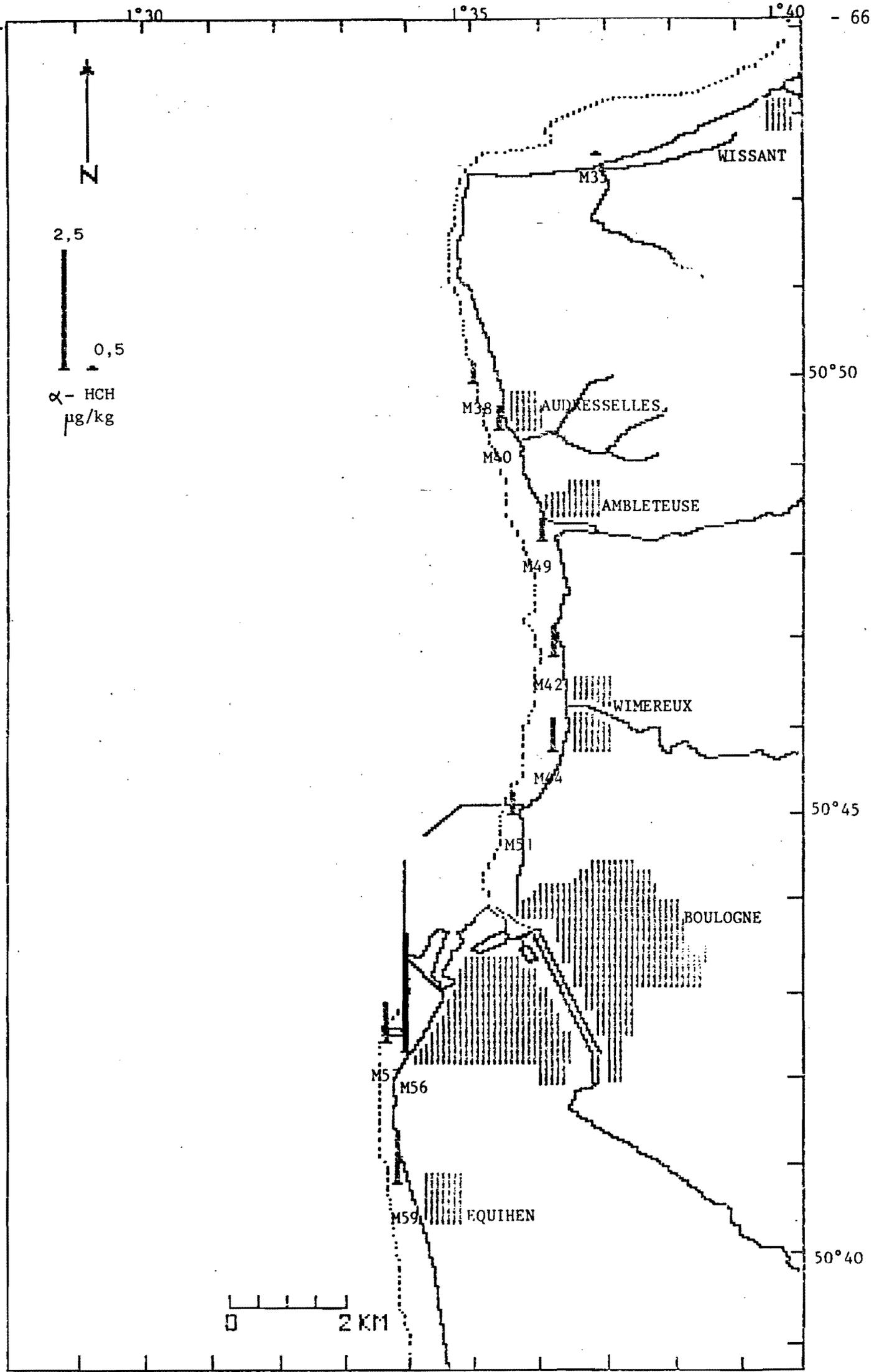
50°50

50°45

50°40

0 2 KM







16

5

γ - HCH
μg/kg

WISSANT

M3

50°50

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

50°45

M51

BOULOGNE

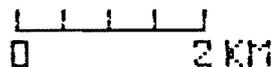
M57

M56

M59

EQUIHEN

50°40



1°30

1°35

1°40

- 68 -



57,6

8,33

SIGMA DDT
µg/kg

50°50

50°45

50°40

WISSANT

M35

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M51

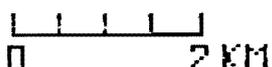
BOULOGNE

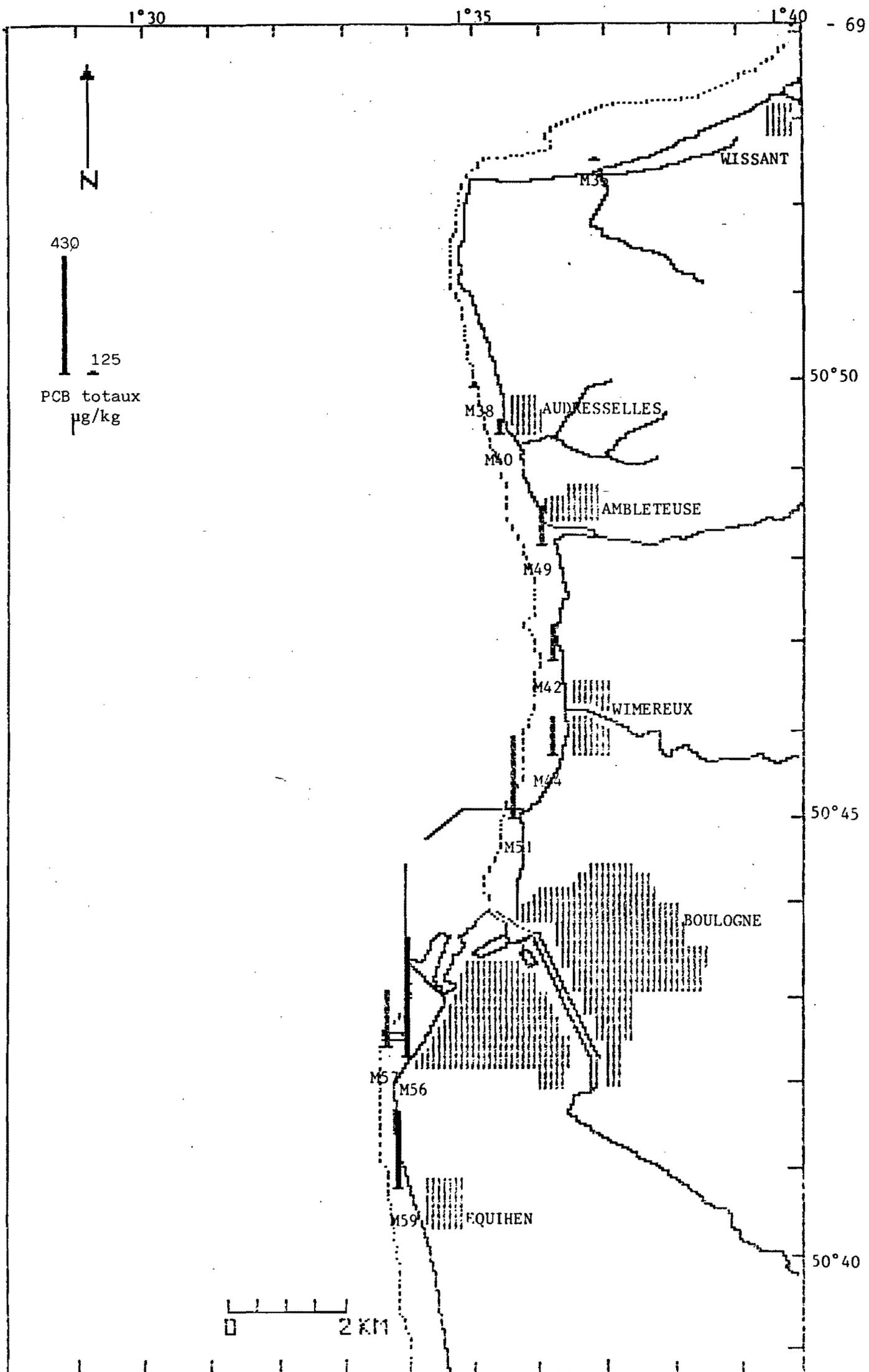
M57

M56

M59

EQUIHEN





1°30

1°35

1°40



430

125

PCB totaux
 $\mu\text{g}/\text{kg}$

WISSANT

M33

50°50

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

50°45

M51

BOULOGNE

M57

M56

M59

EQUIHEN

50°40

0 2 KM

1°30

1°35

1°40

- 70 -



10770

1370

PHTALATES TOTAUX

µg/kg

50°50

50°45

50°40

WISSANT

M35

M38

AUDRESSELLES

M40

AMBLETEUSE

M49

M42

WIMEREUX

M44

M51

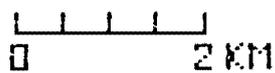
BOULOGNE

M57

M56

M59

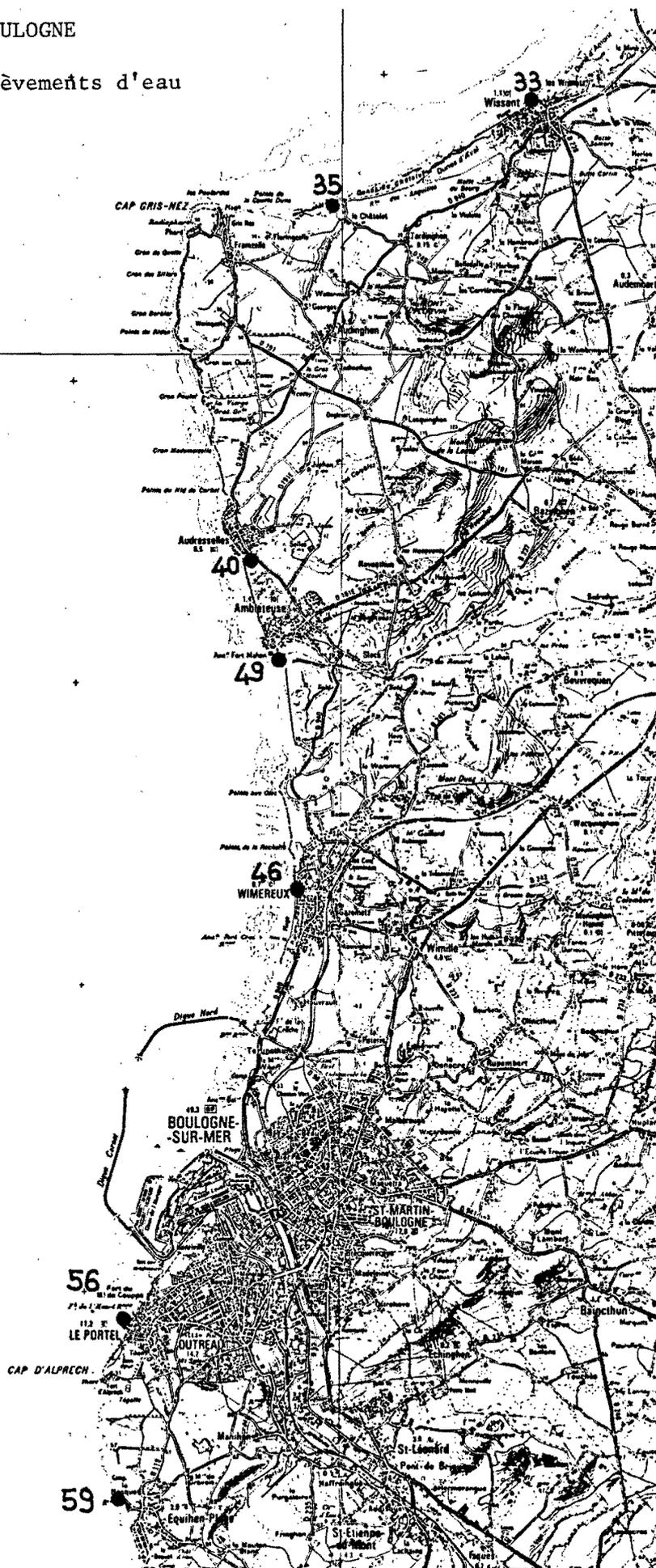
EQUIHEN



Annexe 7

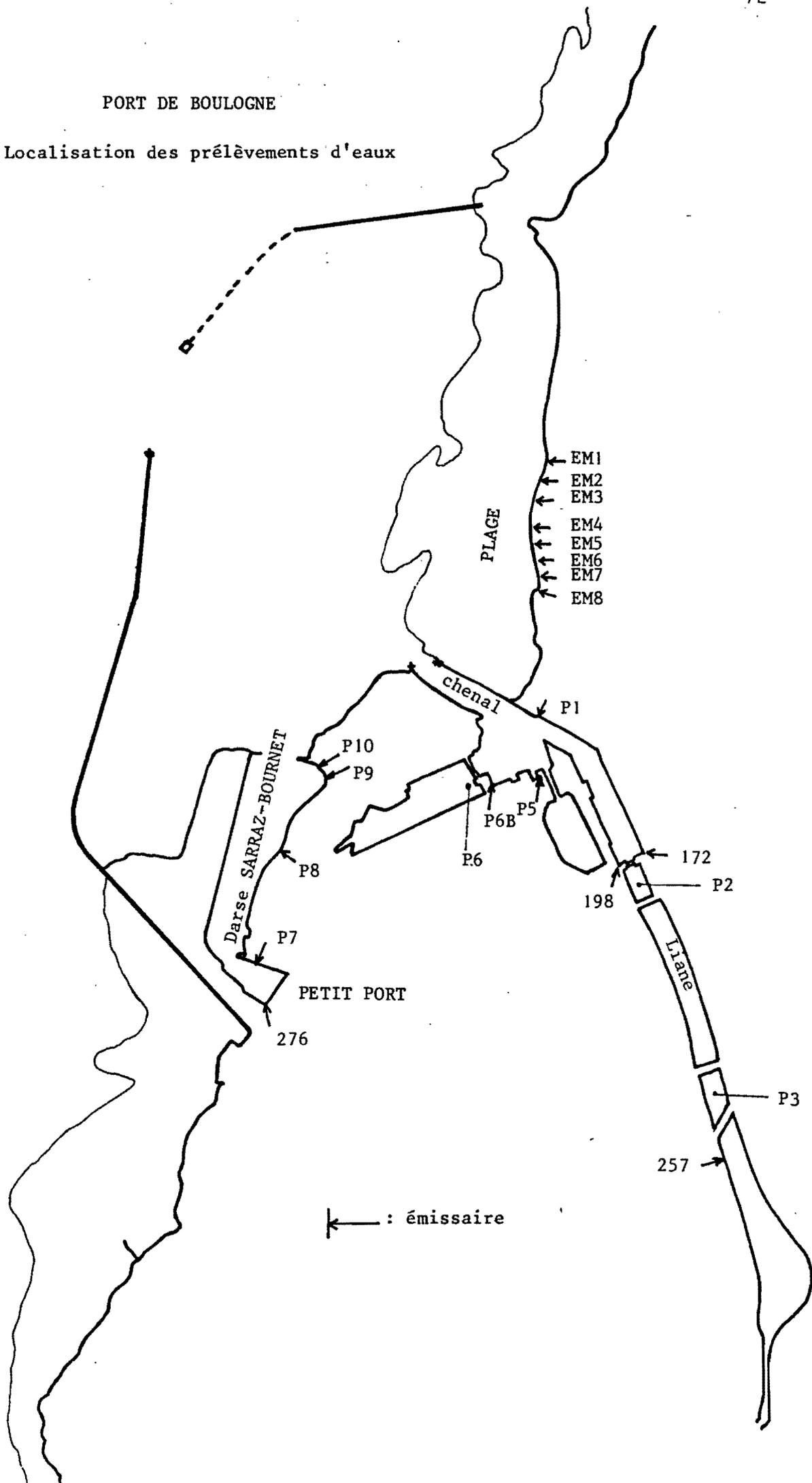
REGION DE BOULOGNE

Localisation de prélèvements d'eau



PORT DE BOULOGNE

Localisation des prélèvements d'eaux



Annexe 8

PORT DE BOULOGNE

Cartes de localisation et de concentration
en micropolluants des sédiments

