

INSTITUT PASTEUR DE LILLE

SERVICE EAUX-ENVIRONNEMENT

ETUDE DES POLLUANTS ASSOCIES AUX DEBLAIS DE DRAGAGE
DEVENIR APRES CLAPAGE EN MER

E. OUDART

J.C. L'HOPITAULT

J.M. DELATTRE

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec la collaboration du Service Maritime des Ports de Boulogne et de Calais (SMBC) et du Port Autonome de Dunkerque (PAD). Nous tenons à remercier le personnel de ces services, et en particulier Messieurs DHORME, BAZIN, BALLY, CREBIER, TARTARE (Boulogne) et Messieurs MARIETTE, FINOT, CREPEL, BYL, BROSSARD (Dunkerque).

Nous remercions également les membres des équipages de la LIANE, la MARGARET II (clapage de Boulogne) et ceux de la F. LEVEQUE, la MOUETTE, et la FREGATE (clapage de Dunkerque).

Enfin nous tenons à témoigner notre reconnaissance aux pompiers de la ville de Boulogne qui ont assuré notre sécurité lors des prélèvements de sédiments sur zone (le 29 Septembre 1986).

S O M M A I R E

Page

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE - METHODES D'ANALYSE

- | | |
|---|---|
| 1 - Les métaux | 2 |
| 2 - Les pesticides organochlorés, les polychlorobiphényles, les phtalates | 4 |
| 3 - Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) | 5 |
| 4 - Les autres paramètres physico-chimiques | 6 |

DEUXIEME PARTIE - LE CLAPAGE EXPERIMENTAL DE BOULOGNE

- | | |
|---|----|
| 1 - Préparation de la mission et déroulement du clapage du 30/09/1986 | 7 |
| 2 - Les sédiments - Résultats et discussion | 12 |
| 3 - Les mesures de turbidité <u>in situ</u> - Résultats et discussion | 18 |
| 4 - Les eaux - Résultats et discussion | 19 |

TROISIEME PARTIE - LE CLAPAGE EXPERIMENTAL DE DUNKERQUE

- | | |
|---|----|
| 1 - Préparation de la mission et déroulement du clapage du 27/05/1987 | 26 |
| 2 - Les sédiments - Résultats et discussion | 31 |
| 3 - Les mesures de turbidité <u>in situ</u> - Résultats et discussion | 36 |
| 4 - Les eaux - Résultats et discussion | 37 |

QUATRIEME PARTIE - RESUME - CONCLUSION

44

ANNEXES

49 à 90

I N T R O D U C T I O N

. L'immersion des déblais de dragage des ports constitue une source importante de polluants (métaux et toxiques organiques) pour le milieu littoral, comme ont permis de le montrer plusieurs études précédentes réalisées par l'Institut Pasteur de Lille (*) avec le concours financier de l'Etablissement Public Régional du Nord - Pas de Calais et de l'IFREMER.

. Le but de la présente étude était de préciser, à l'occasion de deux clapages différant entre autres par la nature des déblais dragués (Boulogne : boues anoxiques, très chargées en polluants, draguées à la benne - Dunkerque : boues moins contaminées, draguées par aspiration) :

- la répartition des masses déposées au fond, en fonction de la distance depuis le point de clapage ;
- le devenir des polluants métalliques et organiques associés aux déblais, dans la colonne d'eau.

. A l'origine il était prévu que des bouées ARGOS (VHF) devant "marquer" la couche d'eau superficielle soient immergées au clapage. Malheureusement, elles n'ont pas été disponibles à temps pour les opérations menées à Boulogne et à Dunkerque.

(*) J.C. L'HOPITAULT - 1983 - "Influence du dragage des ports sur la pollution marine dans la région Nord - Pas de Calais".

J.C. L'HOPITAULT et al - 1985 - "Hydrobios III. Pollution chimique du Littoral Nord - Pas de Calais. Etude spécifique de secteurs contaminés : Calais - Dunkerque et Boulogne".

E. OUDART, J.C. L'HOPITAULT et al / N. PROIX, J.C. FISHER et al - 1986 "Les ports de Boulogne sur Mer et de Calais. Etude physico-chimique et bactériologique".

PREMIERE PARTIE

METHODES D'ANALYSE

1 - LES METAUX

1-1 / MINERALISATION :

- Sédiments

Après séchage à 60° C pendant 48 h, 1 gramme de sédiment (fraction totale) est minéralisé dans un bécher en téflon par 10 ml d'acide nitrique Suprapur (65 %) + 4 ml HCl 12N d'abord à froid pendant une nuit, puis à chaud pendant 2 heures.

Le minéralisat est ensuite évaporé à sec, puis repris à chaud par 2 fois 15 ml d'acide chlorhydrique 1N. Après refroidissement le minéralisat est filtré sur papier Whatman 2V, récupéré dans une fiole jaugée et ajusté à 50 ml.

Pour Hg, le sédiment est digéré à froid pendant 15 h par un mélange à volumes égaux $\text{HNO}_3(14\text{N})/\text{H}_2\text{SO}_4(36\text{N})/\text{KMnO}_4(6\%)$.

- Matières en suspension

Les eaux brutes sont filtrées sur membrane DIAPOR 0,45 um dans un appareil AMICON modèle 402.

Après séchage à 60° C, les membranes sont minéralisées :

- d'abord à froid pendant 12 h, par un mélange de 5 ml d'acide nitrique à 65 % (Suprapur) et de 2 ml d'acide chlorhydrique à 32 % (Suprapur) ;
- puis à 65° C (Bain-marie) pendant 2 h.

Le minéralisat est filtré et ajusté à 50 ml.

- Eaux filtrées

Le filtrat (< 0,45 µm) est acidifié à 2,5 % avec de l'acide chlorhydrique à 32 % (Suprapur).

- Eaux brutes

Le flacon de 250 ml en verre, destiné au dosage du mercure total, est acidifié par 2 ml d'acide sulfurique concentré (Merck 732).

1-2 / DOSAGE- Sédiments et matières en suspension

- Zn, Fe, Mn, Cu : absorption atomique en flamme
- Cd, Pb, Ni, Cr : absorption atomique en four graphite
- Hg : absorption atomique en vapeur froide après réduction par SnCl_2 (VARIAN AA 175 cellule de 170 mm de trajet optique).

- Eaux filtrées

(Les métaux dissous dans le filtrat, à l'exception du chrome, sont concentrés sur une résine de type Chelex-100, dont les conditions d'utilisation sont décrites par ailleurs (*)).

- Zn, Fe, Mn, Cu : absorption atomique en flamme
- Cd, Pb, Ni, Cr : absorption atomique en four graphite.

- Eaux brutes

- Hg : concentration sur fil d'or, puis dosage en absorption atomique en vapeur froide après réduction par SnCl_2 .

(*) BONIFORTI R., FERRAROLI R., FRIGIERI P., HELTAI D. - 1984 -

"Intercomparison of five methods for the determination of trace metals in sea water". Analytica Chimica Acta, 162, 33-46.

2 - LES PESTICIDES ORGANOCHLORES, LES POLYCHLOROBIPHENYLES, LES PHTALATES

2-1) EXTRACTION

Sédiments : après séchage à 60° C pendant 48 h, 1,5 gramme de sédiment (fraction totale) est extrait par 3 fois 20 ml de mélange acétone/éther de pétrole (50/50 puis 30/70 et enfin 0/100) aux ultra-sons pendant 15 minutes. Après ajout d'eau salée aux extraits, la phase organique est récupérée.

Matières en suspension : les eaux brutes sont filtrées sur membrane WHATMAN GF/F (0,7 μ m). Les filtres sont extraits par 3 fois 20 ml de mélange éther éthylique/éther de pétrole (100/0 puis 50/50 et enfin 0/100) aux ultra-sons pendant 10 minutes.

Eaux filtrés : les filtrats (<0,7 μ m) sont extraits par successivement 80, 50, 40 et 30 ml d'éther de pétrole bi-distillé dans des ampoules à décanter agitées mécaniquement. Les flacons ayant contenu les filtrats sont rincés à l'éther de pétrole bi-distillé.

2-2) PURIFICATION DES EXTRAITS

Après concentration à environ 1 ml, les extraits sont purifiés par passage sur une colonne contenant de la poudre de cuivre (activée par un lavage acide), surmontée de Florisil (5 g à 5 % d'eau) et de sulfate de sodium anhydre (élution par un mélange éther de pétrole/éther diéthylique 95/5), puis sur mercure pendant 12 heures (élimination des composés soufrés).

2-3) DOSAGE

Par chromatographie en phase gazeuse (ERBA FV 4160) avec une colonne capillaire 25 m x 0,22 mm, phase BP1, injecteur "on column", température programmée de 70 à 260° C (détecteur à capture d'électrons ERBA HT 40 (275° C) - gaz vecteur : Hélium / gaz d'appoint : Azote).

3 - LES HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES (HPA)

Seuls ont été recherchés les six hydrocarbures polycycliques aromatiques de la liste établie par l'Organisation Mondiale de la Santé.

3-1) EXTRACTION

Sédiments après séchage à 60° C pendant 48 heures, 1,5 gramme de sédiment (fraction totale) est extrait par 3 fois 25 ml de dichlorométhane aux ultra-sons pendant 15 minutes.

Eaux brutes les eaux brutes sont extraites par 3 fois 50 ml de dichlorométhane. Les flacons ayant contenu les eaux sont rincés au dichlorométhane.

3-2) PURIFICATION

Après concentration juste à sec, les extraits sont repris dans environ 1 ml de cyclohexane distillé, puis sont purifiés par passage sur une colonne contenant de l'alumine basique (5 g à 6 % d'eau) surmontée de sulfate de sodium anhydre (élution par 50 ml de cyclohexane distillé). Les éluats purifiés sont ensuite concentrés juste à sec, puis repris dans 1 ml d'un mélange méthanol/tétrahydrofurane (85/15).

3-3) DOSAGE

Dosage par chromatographie liquide haute pression :

- . pompe VARIAN 8500
- . colonne ET 250/8/4 NUCLEOSIL 5 PAH - MACHEREY NAGEL
- . phase C18
- . détection fluorimétrique (VARIAN Fluorichrom - excitation 360 nm - émission >385 nm).

4 - AUTRES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

4-1) MATIERES EN SUSPENSION (MES)

Filtration sur membrane WHATMAN GF/F 0,7 μm

4-2) CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT)

Analyseur de carbone CARLO ERBA 400/P

4-3) POURCENTAGE DE PARTICULES FINES (<63 μm)

Tamissage par voie humide.

DEUXIEME PARTIE

LE CLAPAGE EXPERIMENTAL DE BOULOGNE

1 - PREPARATION DE LA MISSION ET DEROULEMENT DU CLAPAGE DU 30/09/1986

1-1) MOYENS NAVALS

- . La drague utilisée, la LIANE, est un porteur équipé de bennes pre-neuses (longueur hors tout : 48 m - capacité théorique du puits de drague = 250 m³).
- . Le zodiac et la vedette du SMBC, la MARGARET II, ont permis de suivre les clapages (voir § 1-2 ci-dessous), et d'effectuer les prélèvements et les mesures de turbidité in situ (localisation assurée par le récepteur DECCA de l'Institut Pasteur de Lille).

1-2) PREPARATION DE LA MISSION

- . Le choix du site de clapage était orienté par la nécessité de disposer d'une zone à sédiment propre, afin d'y déceler au mieux l'impact d'une immersion de déblais de dragage. Par ailleurs, sachant l'heure retenue pour le clapage, donc connaissant l'orientation du courant à ce moment, le site et les fonds se trouvant dans l'axe du courant devaient être relativement plats afin de ne pas perturber la dérive du nuage turbide, et suffisamment éloignés de la zone habituelle de clapage.
- . Les cartes morphosédimentaires, obtenues par le Laboratoire de Dynamique Sédimentaire et Structurale de Lille I (*) à l'aide d'un sonar à balayage latéral, nous ont permis de choisir une zone vierge, sur la face externe du banc de la BASSURE DE BAAS, répondant aux impératifs cités plus haut.
- . Les trois premières missions se sont soldées par des échecs :
 - le 22/07/1986, la LIANE n'a pas été en mesure de claper selon le scénario prévu, et le centre du nuage turbide n'a pas pu être suivi. Après dépouillement des mesures de terrain, il a été décidé, après accord avec le SMBC, de ne pas analyser les prélèvements (eaux et sédiments) de cette mission.

(*) Nous remercions l'équipe du Pr. H. CHAMLEY (C. BECK, P. CLABAUT, S. DEWEZ et al) qui nous a permis de consulter ces cartes.

- les 5 et 19/08/1986, le mauvais temps a interrompu les opérations.
- . Néanmoins ces missions ont constitué d'excellentes répétitions en grandeur nature. En particulier on a pu mettre au point :
- la répartition des tâches et la synchronisation entre les différents intervenants : membres d'équipage de la LIANE, de la MARGARET, du zodiac, personnel du SMBC et de l'IPL ;
 - le mode de repérage du centre du nuage turbide après ouverture des portes de la LIANE ;
 - Le suivi du nuage turbide à l'aide de flotteurs immergés à différentes profondeurs (5, 15 et 25 m) associés à des mesures de turbidité in situ (A titre d'information, on trouvera dans l'annexe 1 p 49 la carte du suivi de flotteurs réalisé le 22/07/1986).
 - La technique des prélèvements d'eaux qui nécessitaient une grande rapidité (verticales à 3 profondeurs : 5, 15 et 25 m).
 - Le scénario précis des opérations navales, indispensable au suivi correct du centre du nuage turbide, avec en particulier :
 - . Arrivée de la LIANE sur zone, auprès de la bouée de repérage, au dernier moment sur ordre de la MARGARET (afin de ne pas perturber les prélèvements d'eaux témoins) ;
 - . Clapage de la LIANE en point fixe et non faisant route ;
 - . Maintien du point fixe dynamique après le clapage, pendant quelques minutes (pour ne pas perturber le nuage turbide et laisser le champ libre à la MARGARET) etc...

1-3) DEROULEMENT DU CLAPAGE DU 30/09/1986

Le 30 Septembre 1986, un clapage expérimental a enfin pu être étudié dans de bonnes conditions.

1-3-1) Prélèvements des sédiments

- . Les prélèvements de sédiments avant clapage ont été réalisés le 29 Septembre 1986, à partir du zodiac du SMBC, avec une drague à main équipée d'un pot en polyéthylène.

Treize échantillons ont été prélevés dans un secteur de 400 m de côté environ (voir la localisation de la zone dans l'annexe 2 p 50).

Une bouée a été mouillée, afin de permettre à la LIANE le lendemain, jour du clapage expérimental, un repérage aisé du site et le maintien en point fixe lors de l'ouverture des portes.

- . Le 30 Septembre 1986, après le suivi du nuage turbide, la zone de clapage a été échantillonnée à nouveau, environ cinq heures après l'immersion des déblais de dragage. Une vingtaine de prélèvements ont été effectués, dont finalement quinze ont été retenus pour l'analyse.
- . Pour les deux séries d'échantillons (avant/après clapage), c'est la couche superficielle qui a été prélevée (de 1 à 5 cm). Les sédiments ont été placés dans des sacs en polyéthylène, puis congelés jusqu'à leur analyse.

- . En ce qui concerne les déblais de dragage, ils ont été échantillonnés sur la LIANE durant le dragage de l'avant-port de Boulogne. Une dizaine de prélèvements ont été effectués dans les bennes preneuses, et un échantillon moyen a été constitué au laboratoire. Pendant le dragage, des flacons lestés ont été placés dans le puits de la drague, afin de bien repérer le centre du nuage turbide, une fois les portes de la LIANE ouvertes (*)

1-3-2) Prélèvements des eaux

- . Ils ont tous été réalisés depuis la MARGARET.
- . Des prélèvements d'eaux témoins ont été effectués environ 45 minutes avant le clapage.
- . Ce dernier a eu lieu à 10h47, en courant de flot installé (**).
- . Juste après le clapage, la MARGARET s'est dirigée vers les flacons lestés matérialisant le centre du nuage turbide. Une fois en place, trois paires de flotteurs (drogues à - 10 m, - 20 m, - 30 m) ont été immergées, et les prélèvements et mesures ont commencé immédiatement.
- . Les prélèvements d'eaux (verticales à 3 profondeurs : 5, 15, 25 m) ont été réalisés à l'aide d'une moto-pompe (80 l/min) du SMBC. Un tuyau flexible gradué et lesté à son extrémité permettait de prélever aux profondeurs désirées. Les échantillons ont été collectés dans six types de flacons différant par la matière (polyéthylène/verre) et/ou par les opérations de lavage, rinçage, décontamination etc..., selon les polluants à doser. En moyenne cinq minutes étaient nécessaires pour échantillonner une verticale.

(*) - Flacons de 500 ml en polyéthylène (lest : sable mouillé). Technique mise au point et testée lors des précédentes missions.

(**) - Boulogne le 30/09/86 PM : 9h55 / BM : 16h59 (coefficient : 56)
Renverses théoriques : 7h20 / 13h35

1-3-3) Mesures de turbidité in situ

. Des mesures de turbidité ont été effectuées durant tout le suivi des flotteurs :

- depuis la MARGARET | . prélèvements : bouteille VAN
DORN et pompe du SMBC.
| . lectures : turbidimètre HACH
MODEL 2100A (*)

- depuis le zodiac . lectures en continu : turbidi-
mètres de terrain LANGE, LYX 400
(sonde immergeable) (*)

. Ces mesures ont permis de repérer à tout moment le maximum de turbidité, et elles ont orienté les prélèvements d'eaux derrière tel ou tel groupe de flotteurs.

| - état de la mer : belle,
| - vent : Est, de 5 noeuds,
| - durée du suivi : de 10h47 à 13h10,
| - cap moyen de la dérive des flotteurs : 0 degré,
| - distance parcourue : 4200 m.

(*) Ces appareils ont été inter-calibrés au laboratoire sur une même gamme, et réétalonnés sur le terrain.

2 - LES SEDIMENTS - RESULTATS ET DISCUSSION

2-1) LES DEBLAIS DE DRAGAGE

Le tableau 1 p 13 rassemble les résultats analytiques concernant l'échantillon moyen représentatif des 250 m³ de déblais clapés, et l'estimation des quantités de polluants ainsi rejetées (La conversion des volumes en masses de matières sèches a été faite en prenant une densité moyenne des vases de 1,3 t/m³ humide et un taux moyen de matières sèches de 40 %).

Ces quantités sont très nettement inférieures à celles rejetées en mer à l'occasion du clapage de DUNKERQUE, on le verra plus loin (tab. 5 p 32).

2-2) LES SEDIMENTS DE LA ZONE AVANT CLAPAGE

- . Les résultats analytiques des 13 échantillons sont rassemblés dans l'annexe 3 p 51 .
- . Les concentrations des pesticides organochlorés recherchés (hexachlorobenzène, heptachlore, heptachlore époxyde, aldrine, dieldrine, hexachlorocyclohexane, DDT), des polychlorobiphényles et des phtalates sont toujours inférieures aux seuils analytiques.
- . Pour les métaux, les pourcentages de particules fines (<63 µm) et les hydrocarbures polycycliques aromatiques, on a calculé les courbes de Henry (*), fréquence/concentration (annexe 4 p 52 et p 53) afin d'apprécier l'uniformité du site retenu quant à ces paramètres.

(*) MOREAU M. et MATHIEU A.

"Statistique appliquée à l'expérimentation". Eyrolles ed., 190 p - 1979.

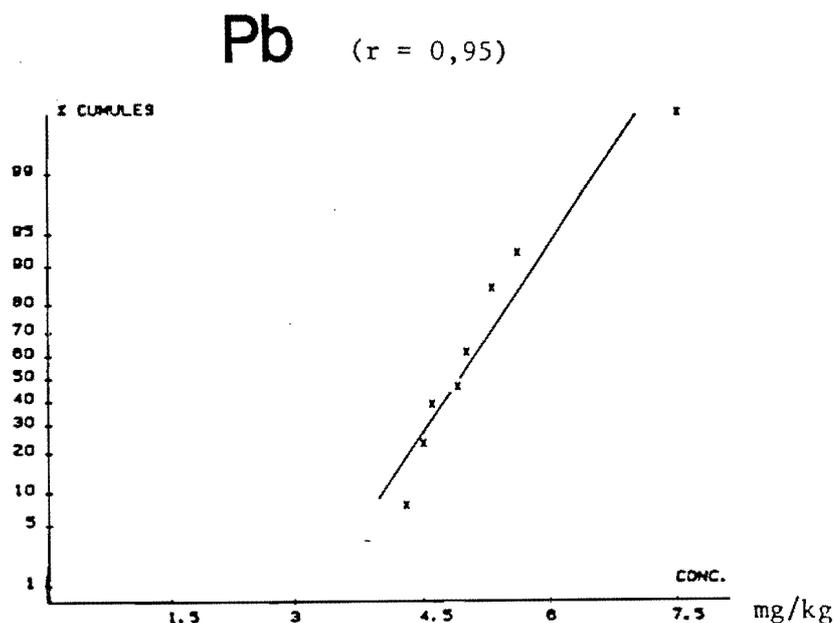
Tableau 1 - Résultats analytiques des déblais de dragage
clapés par la LIANE (30/09/86) (dosages sur la
fraction totale).

	CONCENTRATIONS	QUANTITES REJETEES
	mg/kg de sed. sec	kg
Ploab	189	14
Cuivre	38.5	4
Zinc	288	26
Chrome	26.5	3
Nickel	15.8	2
Cadmium	1.4	0.2
Manganese	668	112
Fer	12588	1628
Mercuré	0.14	2.22
	µg/kg de sed. sec	g
Hexachlorobenzene	1	-
Heptachlore	<0.2	-
Heptachlore epoxide	<0.2	-
Aldrine	<0.2	-
Dieldrine	<0.2	-
Isoaere α de l'hexachlorocyclohexane	<0.2	-
Isoaere β de l'hexachlorocyclohexane	<0.3	-
Isoaere γ de l'hexachlorocyclohexane	<0.2	-
Isoaere δ de l'hexachlorocyclohexane	<0.5	-
Somme des isoaaeres de l'Hexachlorocyclohexane	<1.2	-
pp'-dichlorodiphenyldichlorethylene	<0.4	-
op'-dichlorodiphenyldichlorethane	<0.7	-
pp'-dichlorodiphenyldichlorethane	8	-
op'-dichlorodiphenyltrichloroethane	<0.5	-
pp'-dichlorodiphenyltrichloroethane	3	-
op'-dichlorodiphenyldichlorethylene	<0.4	-
Somme des DDT	11	1.5
<u>Somme des Polychlorobiphenyles</u>	<u>388</u>	<u>48</u>
Dimethylphtalate	<28	-
Diethylphtalate	<28	-
Dibutylphtalate	638	-
Dimethoxyethylphtalate	-	-
Di (2-ethyl hexyl) phtalate	4778	-
<u>Somme des phtalates</u>	<u>5488</u>	<u>788</u>
Fluoranthene	736.1	-
Benzo (k) fluoranthene	168.3	-
Benzo (b) fluoranthene	394.4	-
Benzo (a) pyrene	227.8	-
Indeno (1,2,3-cd) pyrene	357	-
Benzo (ghi) perylene	268.6	-
Somme des 6 Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	2152.	288
Pourcentage de fraction fine (<63 µm)	93.5 %	122 t

Ces courbes montrent que :

- pour la plupart des paramètres (Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Cd, Mn, Fe, particules fines), les points s'ajustent convenablement à une droite (voir l'exemple du Plomb dans la figure 1 ci-dessous), avec un coefficient moyen de corrélation de 0,97. Les points sont "normaux", au sens statistique du terme.
- Pour le chrome, le mercure et les hydrocarbures polycycliques aromatiques, l'ajustement à une droite est moins bon. Mais les points dont la concentration élevée s'éloigne de la droite d'ajustement ne sont pas les mêmes pour ces trois paramètres. Donc, il ne s'agit pas d'une population de points bien spécifique révélant une hétérogénéité du site.
- Par conséquent, la zone apparaît globalement uniforme pour l'ensemble de ces paramètres.

Figure 1 - Sédiments de la zone avant clapage
Exemple de courbe de Henry



. Les concentrations médianes, réunies dans le tableau 2 ci-dessous montrent que :

- le site est pratiquement exempt de particules fines (<63 μm) ;
- les concentrations métalliques sont toutes inférieures à celles des déblais de dragage de la LIANE (voir tab. 1 p 13), mais dans des proportions variables : le rapport est de 35 pour le zinc, 20 pour le plomb, le cuivre, le cadmium et le manganèse, 10 pour le mercure, aux environs de 5 pour le chrome, le nickel et le fer ;
- les teneurs en hydrocarbures polycycliques aromatiques sont 1000 fois inférieures à celles des déblais de la LIANE.

. Ces concentrations médianes sont du même ordre de grandeur que celles concernant le site de DUNKERQUE avant clapage, on le verra plus loin (Tab. 6 p 34).

EN CONCLUSION, LA ZONE CHOISIE POUR LE CLAPAGE EXPERIMENTAL APPARAÎT DONC TOUT A FAIT PROPICE POUR CETTE ETUDE. EN EFFET, EXEMPT DE CONTAMINATION PAR DES PESTICIDES ORGANOCHLORES, DES PHTALATES ET DES POLYCHLOROBIPHENYLES, ELLE EST CARACTERISEE PAR DES CONCENTRATIONS EN METAUX, EN HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES ET EN PARTICULES FINES RELATIVEMENT UNIFORMES ET TRES LARGEMENT INFÉRIEURES A CELLES DES DEBLAIS DE DRAGAGE CLAPES.

Tableau 2 - Concentrations médianes des sédiments de la zone avant clapage (dosages sur la fraction totale).

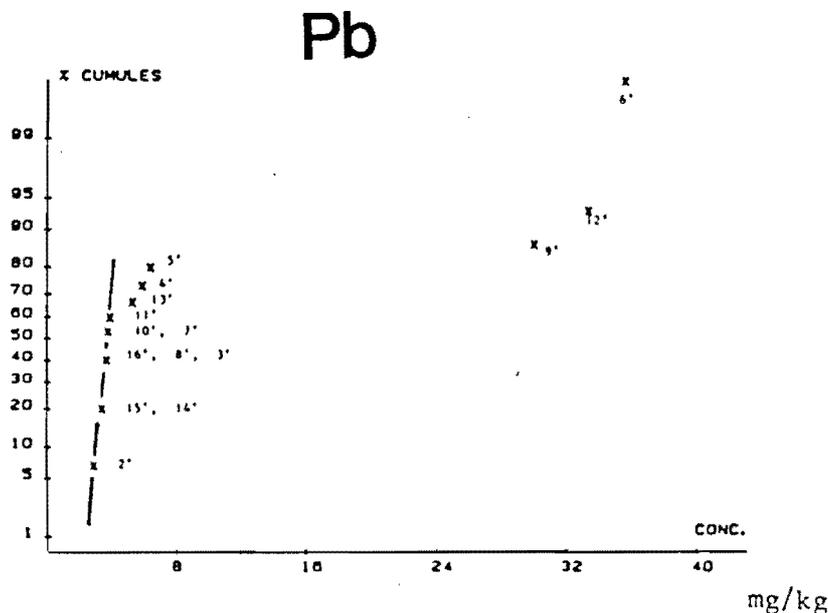
	mg/kg de sed. sec	Ecart-type
Plomb	4.9	0.7
Cuivre	1.4	0.2
Zinc	5.7	0.7
Chrome	5.4	4.2
Nickel	2.3	0.8
Cadmium	0.07	0.04
Manganèse	43	13
Fer	2650	210
Mercuré	0.015	0.012
	$\mu\text{g}/\text{kg}$ de sed. sec	Ecart-type
Somme des 6 Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	2.1	3.1
	%	Ecart-type
Pourcentage de fraction fine (<63 μm)	0.2	0.1

2-3) LES SEDIMENTS DE LA ZONE APRES CLAPAGE

- . Les résultats analytiques des 15 sédiments, réunis dans l'annexe 5 p 54 montrent que :
 - les concentrations des pesticides organochlorés recherchés sont toujours inférieures aux seuils analytiques ;
 - quelques points, a priori, se singularisent par des concentrations très élevées en certains polluants (métaux et micro-polluants organiques) et en particules fines (<63 μm)
- . L'utilisation des courbes de Henry, fréquence/concentration (voir annexe 6 p 55 et p 56) met en évidence les points suivants :
 - pour tous les paramètres à l'exception du chrome, une rupture de pente révèle l'existence de deux populations distinctes de points (voir l'exemple du plomb dans la figure 2 ci-dessous) ;
 - la première (partie linéaire) correspond aux points non atteints par les déblais de dragage : S2', S3', S10', S11', S14', S15', S16' ;
 - la seconde (points s'écartant tout à fait de la droite d'ajustement) correspond aux sédiments contaminés par le clapage : S6', S9', S12' ;
 - d'autres points enfin (S4', S5', S13') apparaissent parfois dans cette seconde population, traduisant ainsi une contamination moins nette, mais bien réelle, selon le polluant considéré.

Figure 2 - Sédiments de la zone après clapage

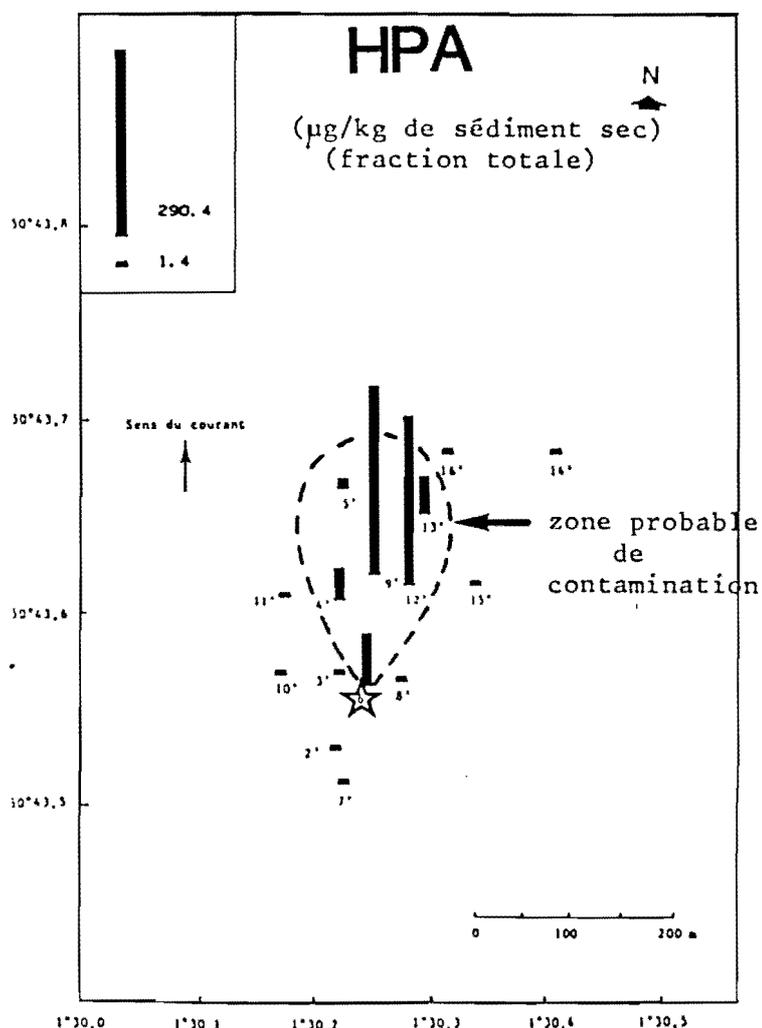
Exemple de courbe de Henry



- Pour compléter cet examen, et afin de mieux visualiser globalement l'impact du clapage sur le sédiment marin, les concentrations ont été représentées sous forme de cartes (annexes 7 p57 à p59).
- Celles-ci présentent un aspect typique (voir l'exemple de la figure 3 ci-dessous) pour tous les polluants à l'exception du chrome.

EN CONCLUSION, LA ZONE CONTAMINEE TOUCHE TRES NETTEMENT LES POINTS S6', S9', S12' ET DANS UNE MOINDRE MESURE LES POINTS S4', S5' ET S13', SOIT UNE SUPERFICIE APPROXIMATIVE DE 20 000 m². LES POLLUANTS CONCERNES SONT TOUS LES METAUX A L'EXCEPTION DU CHROME, ET POUR LES TOXIQUES ORGANIQUES, LES POLYCHLOROBIPHENYLES ET LES HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES.

Figure 3 - Concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques des sédiments après clapage



3 - LES MESURES DE TURBIDITE IN SITU - RESULTATS ET DISCUSSION

- . On l'a vu plus haut (§ 1-3-3 p 11), ces mesures ont permis de repérer et de suivre le centre du nuage turbide, et elles ont orienté les prélèvements d'eaux derrière tel ou tel groupe de flotteurs, pour l'étude des échanges eaux ↔ particules.
- . Les résultats de ces mesures associées au suivi de flotteurs, rassemblés dans l'annexe 8 p 60 montrent que :
 - pour le premier profil vertical effectué quatre minutes après le clapage, on observe un gradient croissant surface → fond, avec un maximum à 25 m (hauteur d'eau \simeq 26 m) ;
 - la turbidité revient très rapidement à son niveau d'origine, puisque six minutes après le clapage, seule la valeur mesurée en surface est encore légèrement supérieure au bruit de fond.

EN CONCLUSION, LORS DE CE CLAPAGE EXPERIMENTAL, LES PARTICULES CLAPEES SONT TRES RAPIDEMENT TOMBEES VERS LE FOND. C'EST EN DIX MINUTES ENVIRON QUE LA TURBIDITE DE LA COUCHE D'EAU COMPRISE ENTRE 0 ET 25 m EST REVENU A SON NIVEAU D'ORIGINE.

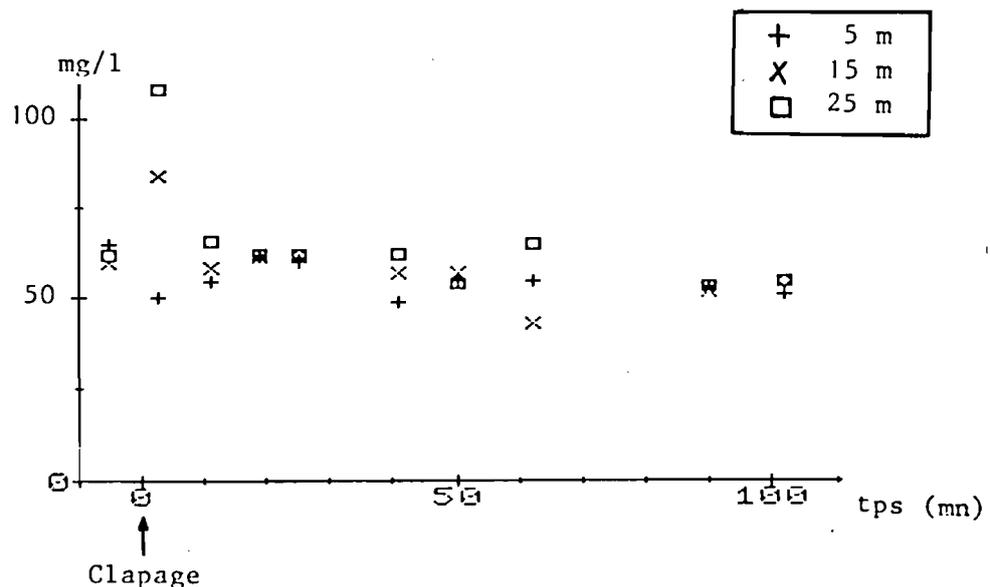
4 - LES EAUX - RESULTATS ET DISCUSSION

- Afin d'étudier le devenir des polluants organiques et métalliques associés aux déblais de dragage dans la colonne d'eau, ainsi que leur répartition entre les phases dissoute et particulaire, des analyses ont été conduites sur les eaux brutes (matières en suspension, carbone organique total, mercure et hydrocarbures polycycliques aromatiques), sur les eaux filtrées et sur les particules en suspension (métaux, pesticides organochlorés et polychlorobiphényles).

4-1) MES, COT, MERCURE ET HPA DANS LES EAUX

- Les résultats analytiques rassemblés dans l'annexe 9 p 61 et représentés graphiquement dans l'annexe 10 p 62, montrent que l'impact du clapage sur la colonne d'eau ne se manifeste que pour les matières en suspension et les hydrocarbures polycycliques aromatiques, et de façon très fugitive : pour ces paramètres, les valeurs les plus élevées de tout le suivi ont en effet été observées lors du premier profil vertical à H + 3 min (15 m et 25 m) (voir l'exemple des matières en suspension dans la figure ci-dessous).

Figure 4 - Matières en suspension dans les eaux brutes

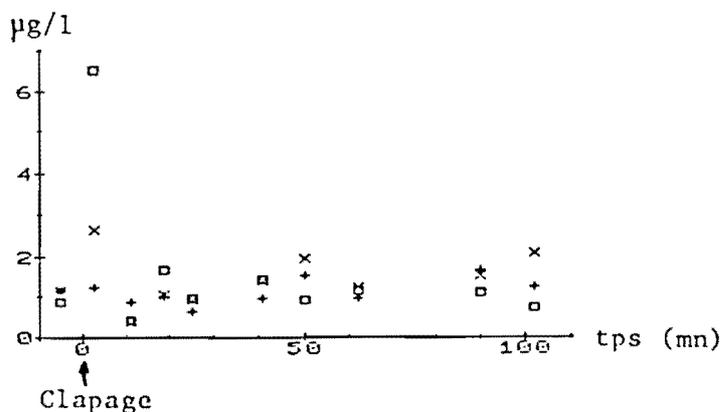
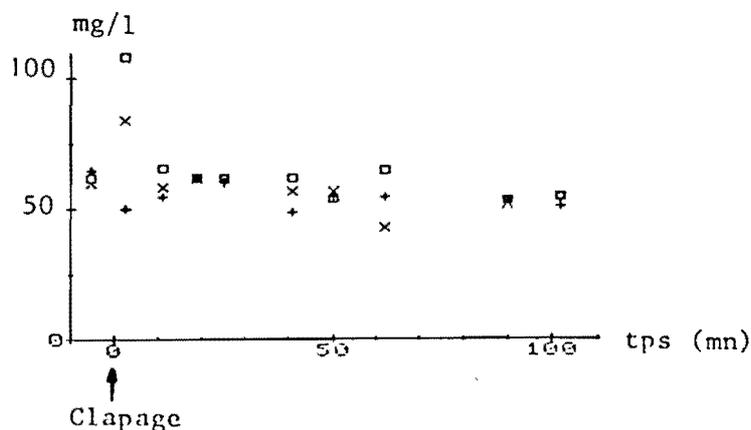


4-2) MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX

- . Les résultats analytiques sont réunis dans les annexes 11 et 12 p 63 à p 66.
- . Les concentrations d'hexachlorobenzène, d'heptachlore, d'heptachlore époxyde, d'aldrine, de dieldrine, de DDT (et de ses isomères) et de polychlorobiphényles sont toujours inférieures aux seuils analytiques, tant dans les eaux filtrées que dans les particules en suspension.
- . Parmi les isomères de l'hexachlorocyclohexane, seul le lindane (isomère γ) est retrouvé, uniquement dans les eaux filtrées, à une concentration voisine de 1 ng/l, relativement constante quel que soit le prélèvement (avant et après clapage, profondeur).
- . On voit donc qu'au plan des micropolluants organiques, ce clapage expérimental n'a eu aucun impact décelable sur la colonne d'eau. Ceci se comprend aisément quand on connaît les très faibles quantités rejetées en mer lors de cette opération (voir tab. 1 p 13).

4-3) METAUX DANS LES EAUX

- Les résultats analytiques rassemblés dans les annexes 11 et 12 p 63 à p 66 sont représentés graphiquement dans l'annexe 13 p 67 à p69 .
- Pour le plomb, le zinc, le cadmium, le manganèse et le fer, les graphes Métal total (dissous + particulaire) présentent le même aspect (voir l'exemple du plomb dans la figure 5) : les valeurs les plus élevées de tout le suivi sont observées à H + 3 min (15 m et 25 m) ; dès H + 11 min, les concentrations rejoignent le bruit de fond. Ces variations sont quasiment identiques à celles des matières en suspension (figure 6), et pour ces métaux, l'impact du clapage dans la colonne d'eau est manifeste.

Figure 5 : Plomb total (dissous + particulaire)Figure 6 - Matières en suspension

- Par ailleurs à H + 3 min, c'est la forme particulaire qui prédomine pour tous les métaux.

. En ce qui concerne les échanges entre particules et eaux l'examen des concentrations en métal dissous (annexe 13 p 67 à p 69) et de la richesse des particules en métal (annexe 14 p 70 à p 71) révèle a priori quelques tendances. En effet, juste après le clapage, à H + 3 min, il semble que :

- les particules en suspension s'enrichissent en plomb, zinc, cadmium, manganèse et fer ;
- parallèlement, le fer dissous diminue, mais le manganèse paradoxalement, augmente.

. Par ailleurs, dans le tableau 3 P 23, on a comparé les concentrations en métaux dissous des prélèvements manifestement sous l'influence du clapage (H + 3 min / 15 m, 25 m) à celle des prélèvements indiscutablement (*) hors influence du clapage (H - 45 min, H + 50 min, H + 62 min, H + 90 min, H + 102 min : 15 valeurs au total).

On voit alors que, juste après le clapage :

- le cuivre et le fer dissous diminuent significativement ;
- le nickel et le manganèse dissous augmentent significativement.

(*) La distinction entre les prélèvements repose sur les résultats exposés plus haut (turbidité, matières en suspension, hydrocarbures polycycliques aromatiques, métal total (d+p) etc... (voir § 4-1).

Tableau 3 - Métaux dissous ($\mu\text{g}/\text{l}$) - Comparaison des
prélèvements "hors et sous influence clapage".

	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Mn	Fe
H + 3 min (15 m)	0,65	0,75 ▼	4,98	2	▲ 0,63	0,21	▲ 0,45	2,63 ▼
H + 3 min (25 m)	▲ 1,10	0,50 ▼	3,55 ▼	2	▲ 0,58	0,26	▲ 0,90	2,25 ▼
Moyenne des 15 valeurs "hors influ- ence clapage".	0,53	1,07	4,75	2	0,35	0,25	0,16	4,97
Limites de confiance à 95 %	0,4 à 0,66	0,90 à 1,24	3,72 à 5,78	-	0,28 à 0,42	0,21 à 0,29	0,12 à 0,2	4,29 à 5,65

▲ : Valeur supérieure à l'intervalle de confiance à 95 %

▼ : Valeur inférieure à l'intervalle de confiance à 95 %

. Enfin, pour les métaux particuliers, on a calculé dans le tableau 4 p 24 les concentrations nettes, ajoutées avec les vases clapés (différence entre les concentrations mesurées et les concentrations de l'eau de mer "propre" (*)), ainsi que les concentrations théoriques, produit du taux de dilution des matières en suspension par les concentrations métalliques des boues clapées par la LIANE.

Si la concentration nette est supérieure à la concentration théorique, c'est que du métal de l'eau de mer s'est fixé sur les particules en suspension. Si au contraire la concentration nette est inférieure à la concentration théorique, du métal a été relargué des particules en suspension.

(*) Moyenne des 15 prélèvements "hors influence clapage".

Tableau 4 - Métaux particuliers ajoutés avec les vases clapées (en µg/l)
 Comparaison entre concentrations nettes (réelles) et
 concentrations théoriques (calculées).

		Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Mn	Fe
LIANE Mes = $1,3 \cdot 10^6$ mg/l		56680	15860	104000	13780	7800	730	447000	6500000
H + 3 min (15 m) Mes = 84 mg/l TD = 46430	Mesuré	2,00	1,14	7,04	0,49	2,15	0,24	17,5	272
	Eau de mer "propre"	0,76	0,51	1,70	0,70	0,9	0,11	1,75	73
	Apport net	1,24	0,63	5,34	0	1,25	0,13	15,7	199
	Apport théorique	1,22	0,34	2,24	0,3	0,17	0,02	9,6	140
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	?	+	+	+	+
H + 3 min (25 m) Mes = 108 mg/l TD = 25000	Mesuré	5,41	1,96	12,8	1,50	1,25	0,54	-	636
	Eau de mer "propre"	0,76	0,51	1,70	0,70	0,9	0,11	1,75	73
	Apport net	4,65	1,45	11,1	0,80	0,35	0,43	?	563
	Apport théorique	2,27	0,63	4,2	0,55	0,31	0,03	17,9	260
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	+	+	+	?	+

Légende :

$$\text{TD : Taux de dilution} = \frac{\text{Mes des boues de la LIANE}}{\text{Mes totales} - \text{Mes eau de mer "propre"}}$$

Eau de mer "propre" = prélèvements effectués à H - 45 min, H + 50 min,
 H + 62 min, H + 90 min, H + 102 min.
 (moyenne de 15 valeurs)

Ce tableau montre qu'il y a pour tous les métaux une fixation sur les particules en suspension. A l'exception du manganèse et du nickel, ces constatations sont en accord avec celles faites plus haut à propos des métaux dissous.

EN RESUME, CE CLAPAGE EXPERIMENTAL A EU UN IMPACT SUR LA COLONNE D'EAU, MESURABLE UNIQUEMENT DANS LES TROIS PREMIERES MINUTES.

LA CONTAMINATION PAR LES HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES ET LA MAJORITE DES METAUX TOTAUX (DISSOUS + PARTICULAIRES), TOUT A FAIT COMPARABLE A CELLE DES MATIERES EN SUSPENSION, REFLETE CET IMPACT FUGITIF.

A PROPOS DE LA REPARTITION DES POLLUANTS METALLIQUES ENTRE L'EAU ET LES PARTICULES EN SUSPENSION, TOUS LES METAUX MONTRENT UNE TENDANCE A LA FIXATION SUR LES PARTICULES. POUR LE CUIVRE ET LE FER, UNE DIMINUTION PARALLELE DE LA FORME DISSOUTE A PU ETRE VERIFIEE. LES OBSERVATIONS CONCERNANT LE MANGANESE ET LE NICKEL SONT EN REVANCHE CONTRADICTOIRES.

TROISIEME PARTIE

LE CLAPAGE EXPERIMENTAL DE DUNKERQUE

1 - PREPARATION DE LA MISSION ET DEROULEMENT DU CLAPAGE DU 27/05/1987

1-1) MOYENS NAVALS

- . La drague utilisée, la F. LEVEQUE, est une Drague Aspiratrice en Marche (DAM) (longueur hors tout : 113 m - capacité théorique du puits de drague : 4000 m³).
- . Un zodiac et deux bâtiments du PAD, la FREGATE et la MOUETTE, ont permis de suivre le clapage et d'effectuer les prélèvements et les mesures de turbidité in situ (localisation assurée par le récepteur TORAN du PAD, associé au récepteur DECCA de l'Institut Pasteur de Lille).

1-2) PREPARATION DE LA MISSION

- . Le 13/03/1987 un clapage a été observé à bord de la DAM F. LEVEQUE. A cette occasion, on a pu mettre au point avec le Capitaine de la drague et les responsables du PAD :
 - le mode de repérage du centre du nuage turbide après ouverture des portes de la drague ;
 - les 3 paires de flotteurs immergés à différentes profondeurs pour le repérage et le suivi du nuage turbide ;
 - la répartition des tâches et la synchronisation entre les différents intervenants : membres d'équipage de la DAM F. LEVEQUE, de la MOUETTE, de la FREGATE, personnel du PAD et de l'Institut Pasteur de Lille.
 - le scénario précis des opérations navales, indispensable au suivi correct du centre du nuage turbide, avec en particulier :
 - . Arrivée de la DAM sur zone, auprès d'une bouée de repérage, au dernier moment sur ordre de la MOUETTE (afin de ne pas perturber les prélèvements d'eaux témoins) ;
 - . clapage de la DAM en point fixe et non faisant route ;
 - . maintien du point fixe après le clapage, pendant quelques minutes (pour ne pas perturber le nuage turbide et laisser le champ libre à la MOUETTE) etc...

- . Le choix du site de clapage était orienté par la nécessité de disposer d'une zone à sédiment propre, afin d'y déceler au mieux l'impact d'une immersion de déblais de dragage. Par ailleurs, sachant l'heure retenue pour le clapage, donc connaissant l'orientation du courant à ce moment, le site et les fonds se trouvant dans l'axe du courant devaient être relativement plats afin de ne pas perturber la dérive du nuage turbide, et suffisamment éloignés des quatre zones habituelles de clapage.
- . Le dernier facteur orientant le choix d'un site était la profondeur des fonds marins (tirant d'eau de la DAM : 8 m).
- . Une mission de reconnaissance de zone (avec prélèvements de sédiments) s'est déroulée le 23/04/1987. Elle a permis de cerner un secteur en tenant compte des impératifs cités plus haut.

1-3) DEROULEMENT DU CLAPAGE DU 27/05/1987

Le 27/05/1987 les conditions étaient réunies pour étudier un clapage expérimental de façon satisfaisante.

1-3-1) Prélèvements des sédiments

- . Les prélèvements de sédiments avant clapage ont été réalisés le 25 Mai 1987 avec une drague de type RALLIER DU BATY treuillée à partir de la MOUETTE.

Sept échantillons ont été prélevés dans un secteur rectangulaire de 1400 m sur 500 m. (voir la localisation de la zone dans l'annexe 15 p 72).

Une bouée du Service des Phares et Balises a été immergée, afin de permettre à la DAM F. LEVEQUE, le jour du clapage expérimental, un repérage aisé du site, et le maintien en point fixe lors de l'ouverture des portes.

- . Le 27 Mai 1987, après le suivi du nuage turbide, la zone de clapage a été échantillonnée à nouveau, environ quatre heures après l'immersion des déblais de dragage. Sept prélèvements ont été effectués.
- . Pour les deux séries d'échantillons (avant/après clapage), c'est la couche superficielle qui a été prélevée (de 1 à 5 cm). Les sédiments ont été placés dans des sacs en polyéthylène, puis congelés jusqu'à leur analyse.
- . En ce qui concerne les déblais de dragage, ils ont été échantillonnés en neuf points dans le puits de la DAM F. LEVEQUE, par un représentant du PAD (voir la localisation du secteur dragué de l'avant port Ouest dans l'annexe 16 p 73). Par ailleurs ce dernier a immergé des flacons lestés de part et d'autre de la DAM, au moment de l'ouverture de ses portes, afin de faciliter à la MOUETTE, le repérage du nuage turbide (*).

1-3-2) Prélèvements d'eaux

- . Ils ont tous été réalisés depuis la MOUETTE.
- . Des prélèvements d'eaux témoins ont été effectués environ 30 minutes avant le clapage.
- . Ce dernier a eu lieu à 13h00, en courant de flot installé (**).
- . Juste après le clapage, la MOUETTE s'est dirigée vers les flacons lestés matérialisant le centre du nuage turbide. Une fois en place, trois paires de flotteurs (drogues à 5 m, 12,5 m, 20 m) ont été immergées, et les prélèvements et mesures ont commencé immédiatement.

(*) Flacons de 500 ml en polyéthylène (lest : sable mouillé). Technique mise au point lors des missions précédentes.

(**) Dunkerque le 27/05/87 : PM : 13h40 / BM : 20h36 - (coefficient : 79) -
Renverses théoriques : 11h40 / 17h40

- . Les prélèvements d'eaux (verticales à 3 profondeurs : 5, 15 et 25 m) ont été réalisés à l'aide d'une pompe JASCO (21 l/min) du PAD. Un tuyau flexible gradué, coulissant le long d'une ligne lestée, permettait de prélever aux profondeurs désirées. Chaque échantillon d'eau, d'abord débarrassé des grosses particules par passage au travers d'un tamis en polyamide (*) était ensuite homogénéisé dans une bonbonne de 10 l en verre, avant répartition dans six types de flacons différant par la matière (polyéthylène/verre) et/ou par les opérations de lavage, rinçage, décontamination etc..., selon les polluants à doser. En moyenne quatre minutes étaient nécessaires pour échantillonner une verticale.

1-3-3) Mesures de turbidité in situ

- . Des mesures de turbidité ont été effectuées durant tout le suivi des flotteurs :

- depuis la MOUETTE
 - . prélèvements : bouteille VAN DORN et pompe JASCO
 - . lecture : turbidimètre HACH MODEL 2100A, turbidimètre de terrain LANGE, LYX400 (sonde immergeable)(**)
- depuis la FREGATE
 - . prélèvements : bouteille VAN DORN
 - . lecture : turbidimètre HACH MODEL 2100A (**)

- . Ces mesures réalisées derrière chaque groupe de flotteurs, ont permis à la FREGATE, plus manoeuvrable que la MOUETTE (entravée par les trois lignes lestées nécessaires aux différents prélèvements), de repérer et de suivre le maximum de turbidité.

(*) Toile NYTREL - TI 200 HD-7 XXX de maille 200 µm.

(**) Ces appareils ont été inter-calibrés au laboratoire sur une même gamme, et réétalonnés sur le terrain.

. La MOUETTE, tenue au courant de ces résultats, faisait route vers la FREGATE, en poursuivant ses prélèvements.

- état de la mer : peu agitée à agitée,
- vent : Nord à Nord-Est, de 10 à 14 noeuds
- durée du suivi : de 13h00 à 15h00
- cap moyen de la dérive des flotteurs : 71 degrés
- distance parcourue : 5500 m.

2 - LES SEDIMENTS - RESULTATS ET DISCUSSION

2-1) LES DEBLAIS DE DRAGAGE

Le tableau 5 p 32 réunit les résultats analytiques de l'échantillon moyen représentatif des 2969 m³ (*) de déblais clapés, et l'estimation des quantités de polluants ainsi rejetées (La conversion des volumes en masses de matières sèches a été faite en prenant une densité moyenne des vases de 1,23 t/m³ humide et un taux moyen de matières sèches de 37,3 % (*)).

Au plan des métaux, ces quantités sont très largement supérieures à celles rejetées en mer à l'occasion du clapage de BOULOGNE, on l'a vu plus haut (tab. 1 p 13).

Au plan des micropolluants organiques, bien que supérieures à celles rejetées à Boulogne, elles restent très faibles.

2-2) LES SEDIMENTS DE LA ZONE AVANT CLAPAGE

. Les résultats analytiques des 7 échantillons sont réunis dans l'annexe 17 p 74.

. Les concentrations des pesticides organochlorés recherchés (hexachlorobenzène, heptachlore, heptachlore époxyde, aldrine, dieldrine, hexachlorocyclohexane et DDT), des polychlorobiphényles et des phtalates sont toujours inférieures aux seuils analytiques.

(*) Chiffres communiqués par le PAD.

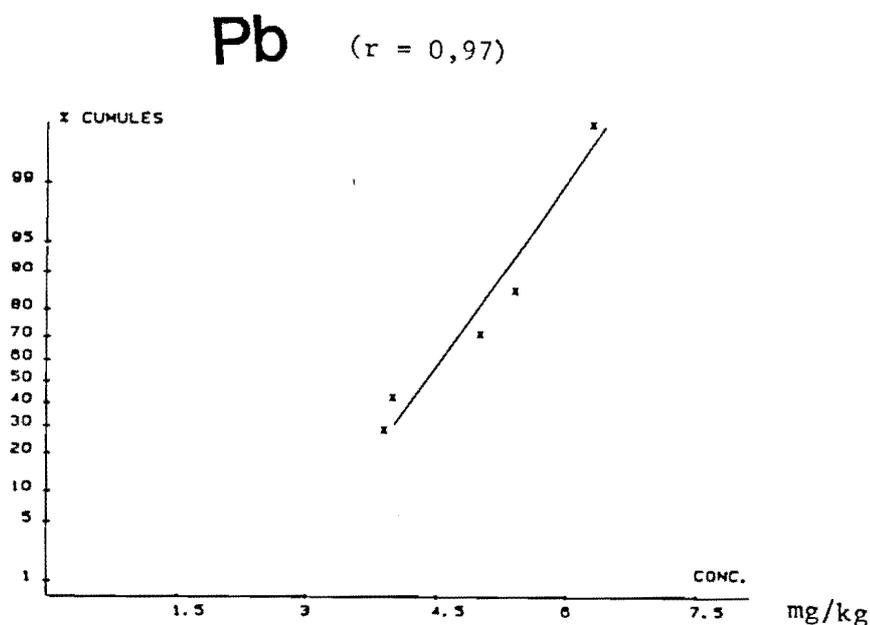
Tableau 5 - Résultats analytiques des déblais de dragage
clapés par la DAM F. LEVEQUE (27/05/1987)
(Dosages sur la fraction totale)

	CONCENTRATIONS	QUANTITES REJETEES
	mg/kg de séd. sec	kg
Ploab	44	60
Cuivre	16.5	22
Zinc	130	177
Chrome	47.5	65
Nickel	14	19
Cadmium	0.75	1.0
Manganese	350	477
Fer	13750	18700
Mercure	0.260	0.35
	$\mu\text{g/kg}$ de séd. sec	g
Hexachlorobenzene	<0.2	-
Heptachlore	<0.2	-
Heptachlore epoxyde	<0.2	-
Aldrine	<0.2	-
Dieldrine	<0.2	-
Isomere α de l'hexachlorocyclohexane	<0.2	-
Isomere β de l'hexachlorocyclohexane	<0.3	-
Isomere γ de l'hexachlorocyclohexane	<0.2	-
Isomere δ de l'hexachlorocyclohexane	<0.5	-
Somme des isomeres de l'Hexachlorocyclohexane	<1.2	-
pp'-dichlorodiphenyldichlorethylene	<0.4	-
op'-dichlorodiphenyldichlorethane	<0.7	-
pp'-dichlorodiphenyldichlorethane	<0.7	-
op'-dichlorodiphenyltrichloroethane	<0.5	-
pp'-dichlorodiphenyltrichloroethane	<0.4	-
Somme des DDT	<3.4	-
<u>Somme des Polychlorobiphenyles</u>	<u>70</u>	<u>95</u>
Dimethylphtalate	<20	-
Diethylphtalate	<20	-
Dibutylphtalate	116	-
Dimethoxyethylphtalate	532	-
Di (2-ethyl hexyl) phtalate	2304	-
<u>Somme des phtalates</u>	<u>2952</u>	<u>4020</u>
Fluoranthene	95	-
Benzo (k) fluoranthene	34	-
Benzo (b) fluoranthene	67	-
Benzo (a) pyrene	34	-
Indeno (1,2,3-cd) pyrene	93	-
Benzo (ghi) perylene	61	-
Somme des 6 Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	384	523
Pourcentage de fraction fine (<63 μm)	92.0 %	1253 t

- Pour les métaux, les pourcentages de particules fines ($\ll 63 \mu\text{m}$) et les hydrocarbures polycycliques aromatiques, on a calculé les courbes de Henry (*), fréquence/concentration (annexe 18 p 75 et p 76), afin d'apprécier l'uniformité du site retenu, quant à ces paramètres.

Toutes ces courbes montrent que les points s'ajustent convenablement à une droite (voir l'exemple du plomb dans la figure 7 ci-dessous), avec un coefficient moyen de corrélation de 0,94. Les points sont "normaux" au sens statistique du terme ; autrement dit, la zone apparaît uniforme pour la totalité de ces paramètres.

Figure 7 - Sédiments de la zone avant clapage
Exemple de courbe de Henry



(*) MOREAU M. et MATHIEU A.

"Statistique appliquée à l'expérimentation". Eyrolles ed., 190 p - 1979 -

. Les concentrations médianes, réunies dans le tableau 6 ci-dessous montrent que :

- le site est pratiquement exempt de particules fines ($<63 \mu\text{m}$) ;
- les concentrations métalliques sont toutes inférieures à celles des déblais de dragage de la DAM F. LEVEQUE (voir tab. 5 p 32), mais dans des proportions variables : le rapport est de 35 pour le cadmium, 25 pour le zinc, 10 pour le plomb et le cuivre, aux environs de 5 pour le chrome, le nickel, le manganèse, le fer et le mercure ;
- les teneurs en hydrocarbures polycycliques aromatiques sont 400 fois inférieures à celles des déblais de la DAM F. LEVEQUE.

. Ces concentrations médianes sont du même ordre de grandeur que celles concernant le site avant clapage de BOULOGNE, on l'a vu plus haut (Tab. 2 p 15).

EN CONCLUSION, LA ZONE CHOISIE POUR LE CLAPAGE EXPERIMENTAL APPARAÎT DONC TOUT A FAIT PROPICE POUR CETTE ETUDE. EN EFFET, EXEMPT DE CONTAMINATION PAR DES PESTICIDES ORGANOCHLORES, DES PHTALATES ET DES POLYCHLOROBIPHENYLES, ELLE EST CARACTERISEE PAR DES CONCENTRATIONS EN METAUX, EN HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES ET EN PARTICULES FINES UNIFORMES ET INFÉRIEURES A CELLES DES DEBLAIS DE DRAGAGE CLAPES.

Tableau 6 - Concentrations médianes des sédiments de la zone avant clapage (dosages sur la fraction totale).

	mg/kg de séd. sec	Ecart-type
Plomb	4.4	0.7
Cuivre	1.3	0.4
Zinc	5.4	0.7
Chrome	9.1	1.9
Nickel	6.4	2.2
Cadmium	<0.02	-
Manganèse	81	22
Fer	2890	740
Mercuré	0.06	0.02
	$\mu\text{g}/\text{kg}$ de séd. sec	Ecart-type
Somme des 6 Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	1.0	0.3
	%	Ecart-type
Pourcentage de fraction fine ($<63 \mu\text{m}$)	0.4	0.15

2-3) LES SEDIMENTS DE LA ZONE APRES CLAPAGE

- . Les résultats analytiques des 7 sédiments, réunis dans l'annexe 17 p 74 montrent que :
 - les concentrations des pesticides organochlorés recherchés sont toujours inférieures aux seuils analytiques ;
 - aucun point, a priori, ne se singularise pas des concentrations élevées de polluants.
- . Toutes les courbes de Henry, fréquence/concentration (annexe 19 p 77 et p 78) montrent que les points s'ajustent convenablement à une droite, avec un coefficient de corrélation moyen de 0,95. Le site est donc resté uniforme en ce qui concerne les métaux, les hydrocarbures polycycliques aromatiques et les particules fines, et aucun secteur n'a été plus particulièrement contaminé par le clapage.
- . Les concentrations médianes des sédiments après clapage sont rassemblées dans le tableau 7 ci-dessous. Celles-ci ne sont pas significativement différentes (au seuil de 5 %) de celles des sédiments avant clapage (voir tab. 6 p 34).

EN CONCLUSION, CE CLAPAGE EXPERIMENTAL N'A DONC PAS EU D'IMPACT DECELABLE SUR LE SEDIMENT MARIN SOUS-JACENT (4h APRES).

Tableau 7 - Concentrations médianes des sédiments de la zone après clapage (dosages sur la fraction totale)

	mg/kg de sed. sec	Ecart-type
Ploab	5.0	0.9
Cuivre	1.4	0.5
Zinc	5.9	0.8
Chrome	0.0	3.8
Nickel	5.6	3.5
Cadmium	<0.02	-
Manganese	94	17
Fer	2920	914
Mercuré	0.06	0.01
	µg/kg de sed. sec	Ecart-type
Somme des 6 Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	0.9	2.2
	%	Ecart-type
Pourcentage de fraction fine (<63 µm)	0.5	0.2

3 - LES MESURES DE TURBIDITE IN SITU - RESULTATS ET DISCUSSION

- . On l'a vu plus haut, ces mesures effectuées derrière chaque groupe de flotteurs ont permis de repérer et de suivre le centre du nuage turbide.
- . Les résultats de ces mesures associées au suivi des flotteurs, rassemblés dans l'annexe 20 p 79 appellent les commentaires suivants (H représente l'heure du clapage, soit 13h00) :
 - (H + 10 mn) : c'est lors du 1er profil vertical que les valeurs de turbidité les plus élevées de tout le suivi sont relevées, à 5 m, et surtout à 10 m de profondeur. Les couches 15 m et 25 m ont une turbidité supérieure au bruit de fond, mais sont moins "touchées" que les couches supérieures.
 - (H + 15 mn) : les valeurs de turbidité observées par la MOUETTE se nivèlent, mais ce sont encore les couches 5 et 10 m qui sont les plus "touchées". Au même moment la FREGATE, distante d'environ 150 m au Sud, note que les valeurs les plus élevées sont obtenues pour les couches 25 m et 30 m.
 - (de H+20 à H+25 m) : les valeurs relevées par les deux navires se nivèlent sur toute la couche d'eau comprise entre 0 et 25 m, mais restent supérieures au bruit de fond. La distance qui sépare les deux bateaux est toujours de 150 m.
 - (H+31 mn) : la FREGATE observe toujours des valeurs supérieures au bruit de fond.
 - (H+35 mn) : LA MOUETTE qui arrive à l'endroit où était la FREGATE 4 minutes plus tôt, relève des valeurs se rapprochant maintenant du bruit de fond. L'écart entre les 2 navires est de 200 m environ.
 - (H+42 mn) : la FREGATE, restée au centre de la masse d'eau "polluée", relève pour la dernière fois des valeurs supérieures au bruit de fond.

EN RESUME POUR CE CLAPAGE EXPERIMENTAL, TOUT SE PASSE COMME SI LES PARTICULES CLAPEES ETAIENT RESTEES DANS LES COUCHES D'EAUX SUPERIEURES (5 et 10 m) PENDANT UNE DIZAINE DE MINUTES. ELLES SEMBLANT S'ETRE ENSUITE DISPENSEES SOUS FORME DE VOLUTES (VALEURS DE TURBIDITE ENCORE TRES ELEVEES QUINZE MINUTES APRES LE CLAPAGE, TANTOT DANS LES COUCHES D'EAUX SUPERIEURES (5 et 10 m), TANTOT DANS LES COUCHES D'EAUX PROFONDES (25 et 30 m)), POUR SE REPARTIR ENSUITE DANS TOUTE LA TRANCHE D'EAUX COMPRISE ENTRE 5 ET 30 m. QUARANTE MINUTES APRES L'IMMERSION DES DEBLAIS DE DRAGAGE CES PARTICULES CLAPEES SONT ENCORE DECELABLES.

4 - LES EAUX - RESULTATS ET DISCUSSION

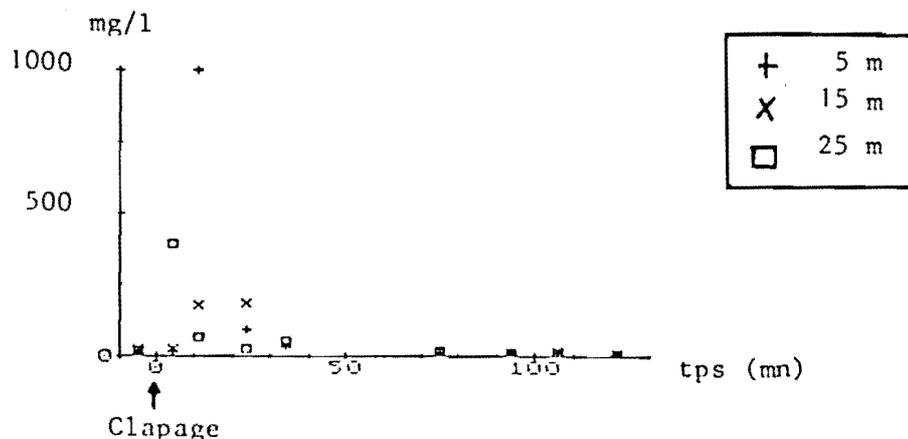
. Afin d'étudier le devenir des polluants métalliques et organiques associés aux déblais de dragage dans la colonne d'eau, ainsi que leur répartition entre les phases dissoute et particulaire, des analyses ont été conduites sur les eaux brutes (matières en suspension, carbone organique total et hydrocarbures polycycliques aromatiques), sur les eaux filtrées et les particules en suspension (métaux, pesticides organochlorés et polychlorobiphényles).

4-1) MES, COT, HPA DANS LES EAUX

. Les résultats analytiques rassemblés dans l'annexe 21 p 80, représentés graphiquement dans l'annexe 22 p 81, appellent les commentaires suivants :

- le carbone organique total et les hydrocarbures polycycliques aromatiques évoluent de manière pratiquement identique, aux matières en suspension : des valeurs supérieures au bruit de fond sont observées lors des trois premiers profils verticaux (H + 4 min, H + 11 min, H + 24 min) avec des maxima atteints à H + 4 min (25 m) et surtout à H + 11 min (5 m) (voir l'exemple des hydrocarbures polycycliques aromatiques dans la figure 8 ci-dessous).
- L'évolution de ces paramètres est tout à fait différente de celle qu'on aurait plutôt attendu (figure 9 p 38). Ceci montre que la dispersion des polluants se fait de façon irrégulière, en volutes de turbulence.

Figure 8 : Hydrocarbures polycycliques aromatiques dans les eaux brutes.



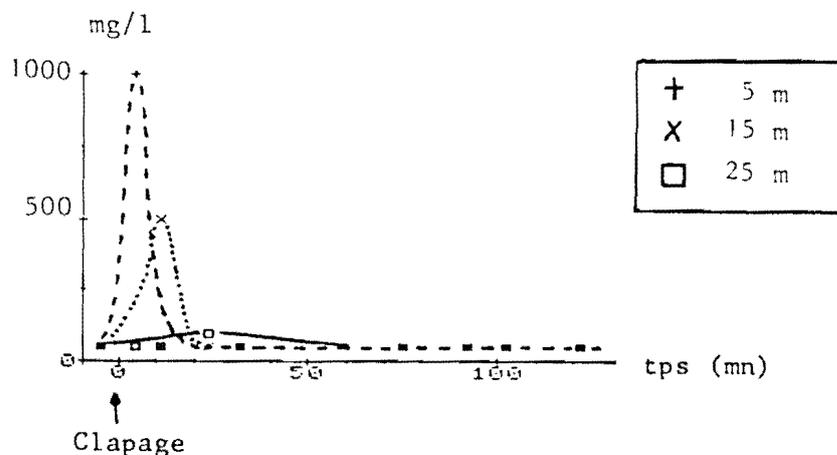


Figure 9 - Evolution théorique attendue

4-2) MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX

- . Les résultats analytiques sont réunis dans les annexes 23 et 24 p 82 à 85.
- . Globalement, ils n'ont été retrouvés dans les eaux filtrées et dans les particules en suspension ($>0,7 \mu\text{m}$) que très rarement, et quand on a pu les déceler, c'est à des concentrations très proches des seuils analytiques (*). Ceci se comprend aisément quand on connaît les très faibles quantités rejetées en mer lors de ce clapage expérimental (voir tab. 5 p 32). En particulier :
 - . les concentrations d'hexachlorobenzène, d'heptachlore, d'heptachlore époxyde, d'aldrine, de dieldrine et de DDT sont toujours inférieures aux seuils analytiques.
 - . parmi les isomères de l'hexachlorocyclohexane, seul le lindane (isomère γ) est retrouvé, uniquement dans les eaux filtrées, à une concentration voisine de 3 ng/l, relativement constante quel que soit le prélèvement (avant et après clapage, profondeur).
 - . les polychlorobiphényles quant à eux, jamais décelés dans les eaux filtrées, n'ont été détectés dans les particules en suspension que juste après le clapage à H + 4 min (25 m) et à H + 11 min (5 m), aux maxima des matières en suspension.

(*) Les résultats n'ont donc pas été représentés graphiquement.

4-3) METAUX DANS LES EAUX

. Les résultats analytiques rassemblés dans les annexes 23 et 24 p 82 à p 85, représentés graphiquement dans l'annexe 25 p 86 à p 88, montrent clairement l'impact du clapage dans la colonne d'eau. En effet, les graphes "Métal total (dissous + particulaire)" présentent tous le même aspect (voir l'exemple du plomb dans la figure 10). On observe en particulier un premier maximum à H + 4 min (25 m) et surtout un deuxième maximum à H + 11 min (5 m), puis un retour des concentrations au bruit de fond dès le troisième profil à H + 24 min. Ces variations sont quasiment identiques à celles des matières en suspension (figure 11).

Figure 10 : Plomb total (dissous + particulaire)

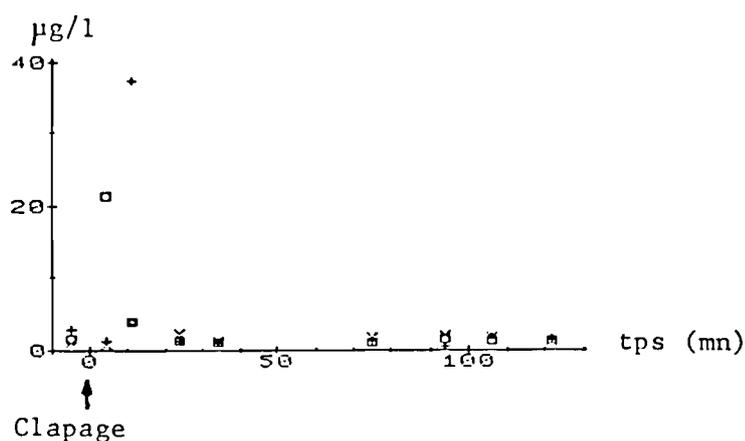
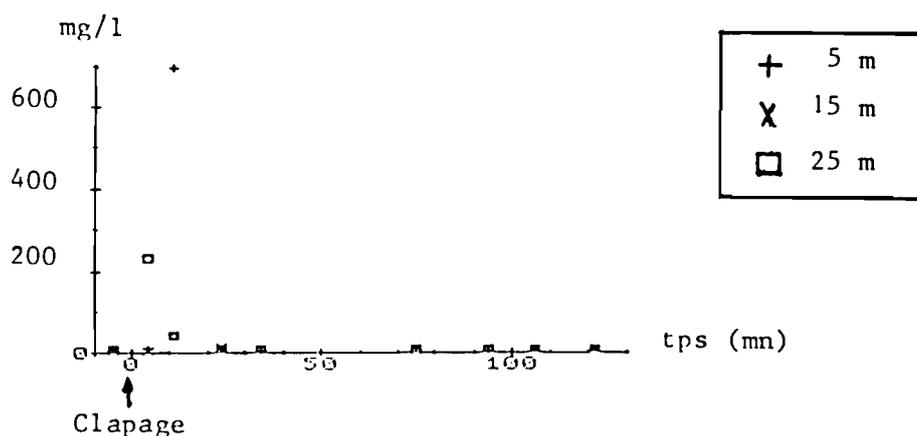


Figure 11 : Matières en suspension



- . Par ailleurs à H + 4 min et H + 11 min, c'est la forme particulaire qui prédomine nettement pour tous les métaux
- . En ce qui concerne les échanges entre particules et eaux, l'évolution des concentrations en métaux dissous (annexe 25 p 86 à p 88) et de la richesse des particules en métaux (annexe 26 p 89 à p 90) ne révèle aucune tendance. Néanmoins, juste après le clapage (H + 4 min, H + 11 min), le manganèse dissous semble augmenter tandis que le cuivre et le plomb dissous tendent plutôt à diminuer.
- . Par ailleurs, dans le tableau 8 p 41, on a comparé les concentrations en métaux dissous des prélèvements manifestement sous l'influence du clapage (H + 4 min/25 m, H + 11 min/5 m - 15 m - 25 m) aux moyennes de celles des prélèvements indiscutablement (*) hors influence clapage (H - 30 min, H + 75 min, H + 94 min, H + 106 min, H + 122 min : 15 valeurs au total).

On voit alors que, juste après le clapage :

- le plomb et le cuivre dissous diminuent significativement,
- le manganèse dissous augmente significativement.

(*) La distinction entre les prélèvements repose sur les résultats exposés plus haut (turbidité, matières en suspension, hydrocarbures polycycliques aromatiques, métal total (d+p) etc...) (voir § 4-1).

Tableau 8 : Métaux dissous ($\mu\text{g/l}$) - Comparaison des prélèvements
"hors et sous influence clapage".

	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Mn	Fe
H + 4 min (25 m)	0,23 ▼	1,0 ▼	▲ 48	<2	▲ 0,8	0,15	▲ 0,38	5,8
H + 11 min (5 m)	0,23 ▼	1,0 ▼	16	<2	0,5	0,13 ▼	▲ 0,75	3,5
(15 m)	0,38 ▼	1,5 ▼	21	<2	0,43	0,18	▲ 0,33	2,8
(25 m)	0,25 ▼	1,3 ▼	13	<2	0,33	0,18	▲ 0,55	2,5
Moyenne des 15 va- leurs "hors influence clapage"	0,99	6,2	13	<2	0,4	0,18	0,13	4,1
Limites de confiance à 95 %	0,75 à 1,23	4,4 à 8,0	10 à 16	-	0,3 à 0,5	0,14 à 0,22	0,12 à 0,14	1,3 à 6,9

▲ : Valeur supérieure à l'intervalle de confiance à 95 %

▼ : Valeur inférieure à l'intervalle de confiance à 95 %

- Pour les métaux particuliers, on a calculé dans le tableau 9 p 42 les concentrations nettes, ajoutées avec les vases clapées (différence entre les concentrations mesurées et les concentrations de l'eau de mer "propre" (*)) ainsi que les concentrations théoriques, produit du taux de dilution des matières en suspension par les concentrations métalliques des boues clapées par la DAM F. LEVEQUE.

Si la concentration nette est supérieure à la concentration théorique, c'est que du métal de l'eau de mer s'est fixé sur les particules en suspension. Si au contraire la concentration nette est inférieure à la concentration théorique, du métal a été relargué des particules en suspension.

(*) Moyenne des 15 prélèvements "hors influence clapage".

Tableau 9 - Métaux particuliers ajoutés avec les vases clapées (en µg/l)
 Comparaison entre concentrations nettes (réelles) et
 concentration théoriques (calculées)

		Pb (µg/l)	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Cd (µg/l)	Mn (µg/l)	Fe (µg/l)	Hg (µg/l)
DAM F. LEVEQUE Mes = $1,23 \cdot 10^6$ mg/l		20190	7570	59640	21790	6420	340	60580	6308000	119
H + 4 min (25 m) Mes = 231 mg/l TD = 5442	Mesuré	21	163	170	5,0	5,0	0,3	98	3940	166
	Eau de mer "propre"	0,4	3,1	3,1	<0,6	<0,6	<0,06	1,6	52,5	<0,06
	Apport net	20,6	160	167	4,4-5	4,4-5	0,3	96	3887	166
	Apport théorique	3,7	1,4	11	4	1,2	0,06	29,5	1159	0,02
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	+	+	+	+	+	+
H + 11 min (5 m) Mes = 695 mg/l TD = 1783	Mesuré	37	200	220	12,5	4,0	0,6	295	10100	276
	Eau de mer "propre"	0,4	3,1	3,1	<0,6	<0,6	<0,06	1,6	52,5	<0,06
	Apport net	36,6	197	117	11,9-12,1	3,4-4,0	0,6	293	10047	276
	Apport théorique	11,3	4,2	33,4	12,2	3,6	0,2	90	3539	0,07
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	≈	≈	+	+	+	+
H + 11 min (15 m) Mes = 38 mg/l TD = 37 273	Mesuré	3,5	26	15	1,7	<0,5	<0,05	14	780	74
	Eau de mer "propre"	0,4	3,1	3,1	<0,6	<0,6	<0,06	1,6	52,5	<0,06
	Apport net	3,1	22,9	12	1,1-1,7	?	?	12,4	727	74
	Apport théorique	0,5	0,2	1,6	0,6	0,2	0,009	4,3	169	0,00:
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	+	?	?	+	+	+
H + 11 min (25 m) Mes = 39 mg/l TD = 36 176	Mesuré	3,5	20	14	1,9	<0,5	<0,05	15	770	64
	Eau de mer "propre"	0,4	3,1	3,1	<0,6	<0,6	<0,06	1,6	52,5	<0,06
	Apport net	3,1	17	11	1,3-1,9	?	?	13,4	717	64
	Apport théorique	0,6	0,2	1,6	0,6	0,2	0,009	4,4	174	0,00
	Fixation : + Relargage : -	+	+	+	+	?	?	+	+	+

Légende :

TD - Taux de dilution = $\frac{\text{Mes des boues de la DAM F. LEVEQUE}}{\text{Mes totales} - \text{Mes eau de mer "propre"}}$

Eau de mer "propre" - Prélèvements effectués à H - 30 min,
 H + 75 min, H + 9¼ min, H + 106 min,
 H + 122 min
 (moyenne de 15 valeurs)

Ce tableau montre que les métaux tels le plomb, le cuivre, le zinc, le manganèse, le fer et le mercure se sont fixés sur les particules en suspension. Pour le chrome, le nickel et le cadmium, on ne peut parler que de tendance à la fixation sur les particules, les faibles concentrations mesurées ne permettant pas de définir clairement leur comportement. A l'exception du manganèse, ces constatations sont en accord avec celles faites plus haut à propos des métaux dissous.

EN RESUME, CE CLAPAGE EXPERIMENTAL A EU UN IMPACT SUR LA COLONNE D'EAU, MESURABLE SURTOUT DANS LES ONZE PREMIERES MINUTES.

LES COMPORTEMENTS DU CARBONE ORGANIQUE TOTAL, DES HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES, DES POLYCHLOROBIPHENYLES ET DES METAUX TOTAUX (DISSOUS + PARTICULAIRES), REMARQUABLEMENT COMPARABLES A CELUI DES MATIERES EN SUSPENSION, EVOQUENT UNE DISPERSION DES POLLUANTS CLAPES SOUS FORME DE VOLUTES. LES MESURES DE TURBIDITE IN SITU AVAIENT DEJA SUGGERE UNE TELLE HYPOTHESE.

A PROPOS DE LA REPARTITION DES POLLUANTS METALLIQUES ENTRE L'EAU ET LES PARTICULES EN SUSPENSION, TOUS LES METAUX MONTRENT UNE TENDANCE A LA FIXATION SUR LES PARTICULES. PEU MARQUEE POUR LE CHROME, LE NICKEL ET LE CADMIUM, EN RAISON DE LEUR NATURE ET DE LEURS FAIBLES CONCENTRATIONS, ELLE EST AU CONTRAIRE PARTICULIEREMENT NETTE DANS LE CAS DU ZINC, DU FER, DU MERCURE, DU PLOMB ET DU CUIVRE. POUR CES DEUX DERNIERS METAUX, UNE DIMINUTION PARALLELE DE LA FORME DISSOUE A PU ETRE VERIFIEE. LES OBSERVATIONS CONCERNANT LE MANGANESE SONT EN REVANCHE CONTRADICTOIRES.

QUATRIEME PARTIE

RESUME - CONCLUSION

RESUME - CONCLUSION

L'immersion des déblais de dragage des ports constitue une source importante de polluants (métaux et toxiques organiques) pour le milieu littoral, comme ont permis de le montrer plusieurs travaux précédents réalisés par l'Institut Pasteur de Lille.

D'où cette étude.

Réalisée avec le concours financier de l'Etablissement Public Régional et de l'IFREMER, avec une participation des ports de la région et leur aide pour les moyens navals, elle avait pour objet de préciser, à l'occasion de deux opérations d'immersion ("clapages") :

- . la répartition des masses déposées au fond, en fonction de la distance depuis le point de clapage ;
- . le devenir dans la colonne d'eau des polluants métalliques et organiques provenant des déblais.

Deux types de déblais différant par leur nature ont été étudiés : à Boulogne, des boues anoxiques très chargées en polluants, draguées à la benne ; à Dunkerque, des boues moins contaminées, draguées par aspiration.

Les campagnes de prélèvements ont porté sur 44 échantillons de sédiments et 59 d'eaux. Elles ont été accomplies avec l'aide du Service Maritime des ports de Boulogne et Calais, et du Port Autonome de Dunkerque.

Leur préparation a comporté :

- 1) à Boulogne : trois tentatives interrompues par le mauvais temps ou des problèmes techniques ;
- 2) à Dunkerque : l'observation préalable d'un clapage réel.

Ces campagnes préparatoires ont été exploitées pour mettre au point la répartition et la synchronisation des différents intervenants, le mode de repérage du centre du nuage turbide après ouverture des portes de la drague, le scénario précis des opérations navales, la technique des prélèvements d'eaux, etc...

A Boulogne comme à Dunkerque, le choix d'un site de clapage était orienté par la nécessité de disposer d'une zone à sédiment propre, afin d'y déceler au mieux l'impact de l'immersion de déblais de dragage. Par ailleurs, sachant l'heure retenue pour le clapage, donc connaissant l'orientation du courant à ce moment, le site et les fonds se trouvant dans l'axe du courant devaient être relativement plats afin de ne pas perturber la dérive du nuage turbide. De plus, la zone habituelle de clapage devait être suffisamment éloignée pour éviter toute interférence.

L'examen de cartes morphosédimentaires et plusieurs missions sur le terrain ont permis de sélectionner des sites répondant à ces impératifs. L'analyse chimique des sédiments prélevés avant clapage a confirmé l'absence de contamination et l'uniformité des zones retenues.

Les deux clapages expérimentaux étudiés alors se sont avérés être différents :

- par la nature et la quantité des déblais immergés : il s'agissait à Boulogne de 250 m³ de vases "pâteuses" (draguées à la benne) et à Dunkerque, de 3000 m³ de boues liquides (enlevées par aspiration) ;
- par les quantités de polluants rejetés : les sédiments de Boulogne étaient en moyenne 1,5 fois plus contaminés que ceux de Dunkerque. Compte tenu des volumes, les quantités de polluants rejetés ont donc été environ 9 fois plus importantes à Dunkerque qu'à Boulogne ;
- par les coefficients de marée : Boulogne : 56 / Dunkerque : 79 ;
- par les conditions météorologiques :

Boulogne	-	vent d'Est, à 4 noeuds
	-	mer belle
Dunkerque		
	-	vent de Nord à Nord-Est, de 10 à 14 noeuds
	-	mer peu agitée à agitée.

Une fois les déblais de dragage clapés sur le site expérimental, des flotteurs ont été mis à l'eau (dragues à différentes profondeurs) et des mesures de turbidité in situ ont été réalisées à une fréquence la plus élevée possible. C'est ainsi qu'on a pu repérer et suivre le centre du nuage turbide, et par voie de conséquence, orienter les prélèvements d'eau derrière le groupe de flotteurs le plus représentatif.

Ces mesures évoquent des scénarios très différents selon le clapage :

- à Boulogne, les particules clapées semblent être très rapidement tombées vers le fond. C'est en dix minutes environ que la turbidité de la couche d'eau, comprise entre 0 et 25 m, est revenue à son niveau d'origine.
- à Dunkerque, tout se passe comme si les particules clapées étaient restées dans les couches d'eaux supérieures (5 et 10 m) pendant une dizaine de minutes. Elles semblent s'être ensuite dispersées sous forme de volutes : quinze minutes après le clapage on repère le maximum de turbidité tantôt dans les couches d'eaux supérieures (5 et 10 m), tantôt dans les couches d'eaux profondes (25 et 30 m). Vingt à vingt cinq minutes après le clapage, ces particules paraissent s'être réparties dans toute la tranche d'eau, comprise entre 5 et 30 m.
Après 1 heure : retour au niveau naturel de turbidité.

En ce qui concerne l'impact du clapage expérimental sur le sédiment sous-jacent, le cas de Boulogne apparaît là encore très différent de celui de Dunkerque.

- à Boulogne, environ 5 h après le clapage, la zone de contamination apparaît distinctement, avec une superficie approximative de 20 000 m². Les polluants concernés sont tous les métaux à l'exception du chrome, et pour les toxiques organiques, les polychlorobiphényles et les hydrocarbures polycycliques aromatiques.
- à Dunkerque en revanche, environ 4 h après le clapage, le sédiment sous-jacent paraît indemne de contamination.

Quant à l'impact des clapages sur la colonne d'eau, il a pu être mis en évidence pour les deux opérations :

- à Boulogne, dans les trois premières minutes le comportement des hydrocarbures polycycliques aromatiques et de la majorité des métaux, tout à fait comparable à celui des matières en suspension, a mis en lumière un impact fugitif.

- à Dunkerque, l'impact a été mesurable surtout dans les onze premières minutes. Le comportement du carbone organique total, des hydrocarbures polycycliques aromatiques, des polychlorobiphényles et des métaux, remarquablement comparable à celui des matières en suspension, a évoqué une dispersion irrégulière des polluants clapés, sous forme de volutes. Les mesures de turbidité in situ avaient déjà suggéré une telle hypothèse.

Enfin, à propos de la répartition des polluants métalliques entre l'eau et les particules en suspension, les opérations menées à Boulogne et à Dunkerque aboutissent globalement aux mêmes conclusions. La plupart des métaux montrent une tendance à la fixation sur les particules en suspension dans les minutes qui suivent les clapages étudiés. Une diminution parallèle de la forme dissoute a même pu être vérifiée à Dunkerque pour le plomb et le cuivre, et à Boulogne pour le fer et le cuivre. Cependant le comportement du manganèse reste mal expliqué.

EN CONCLUSION GENERALE, LES BOUES IMMERGEES A L'OCCASION DES DEUX CLAPAGES EXPERIMENTAUX ETUDIES ONT EU UN DEVENIR TRES DIFFERENT. L'OPERATION EFFECTUEE A BOULOGNE A EU UN IMPACT AVANT TOUT SUR LE SEDIMENT. CELLE REALISEE A DUNKERQUE A EU UN EFFET MESURABLE UNIQUEMENT DANS L'EAU.

LES MESURES EFFECTUEES IN SITU, LES ANALYSES MENEES SUR LES SEDI-MENTS, LES EAUX FILTRES ET LES MATIERES EN SUSPENSION, LAISSENT PENSER QU'A BOULOGNE LES PARTICULES CLAPEES SONT RAPIDEMENT TOMBEES VERS LE FOND. A DUNKERQUE EN REVANCHE, ELLES SEMBLENT AVOIR ETE ENTRAINEES DANS LE COURANT EN SE DILUANT RAPIDEMENT.

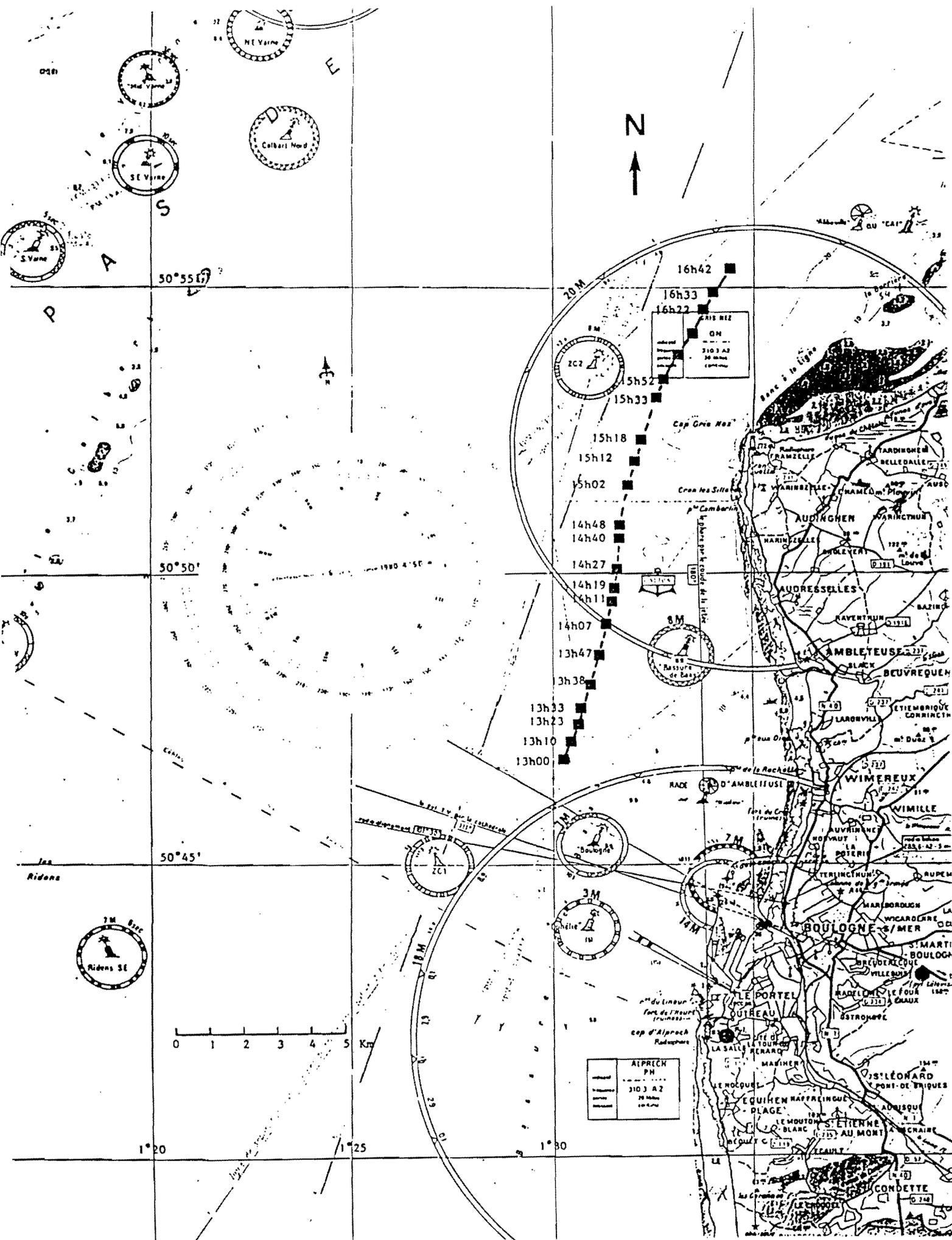
LE MODE DE DRAGAGE ET LA NATURE DES DEBLAIS ("PATEUX" A BOULOGNE, "LIQUIDES" A DUNKERQUE), LES COEFFICIENTS DE MAREE (BOULOGNE : 56, DUNKERQUE : 79), ET LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES (MER, BELLE A BOULOGNE, PEU AGITEE A AGITEE A DUNKERQUE) PEUVENT EXPLIQUER LA DIFFERENCE DANS LES IMPACTS.

A PROPOS DE LA REPARTITION DES POLLUANTS METALLIQUES ENTRE L'EAU ET LES PARTICULES, LES OPERATIONS MENEES A BOULOGNE ET A DUNKERQUE ONT MONTRE QUE LES METAUX DISSOUS DANS LES EAUX AVANT "CLAPAGE" TENDAIENT A SE FIXER SUR LES PARTICULES DANS LES MINUTES QUI ONT SUIVI LE CLAPAGE. IL SEMBLE DONC QU'A COURT TERME, L'IMMERSION DE DEBLAIS CONTAMINES EN METAUX LOURDS ENTRAINE PARADOXALEMENT UNE DIMINUTION DES FORMES METALLIQUES DISSOUTES, QUI SONT LES PLUS TOXIQUES. MAIS A LONG TERME, IL N'EN VA PAS DE MEME, COMME LE MONTRE UNE AUTRE ETUDE (J.C. L'HOPITALT - OCTOBRE 1987 - "EVOLUTION DES DEBLAIS DE DRAGAGES DANS L'ENVIRONNEMENT MARIN - ETUDE IN VITRO").

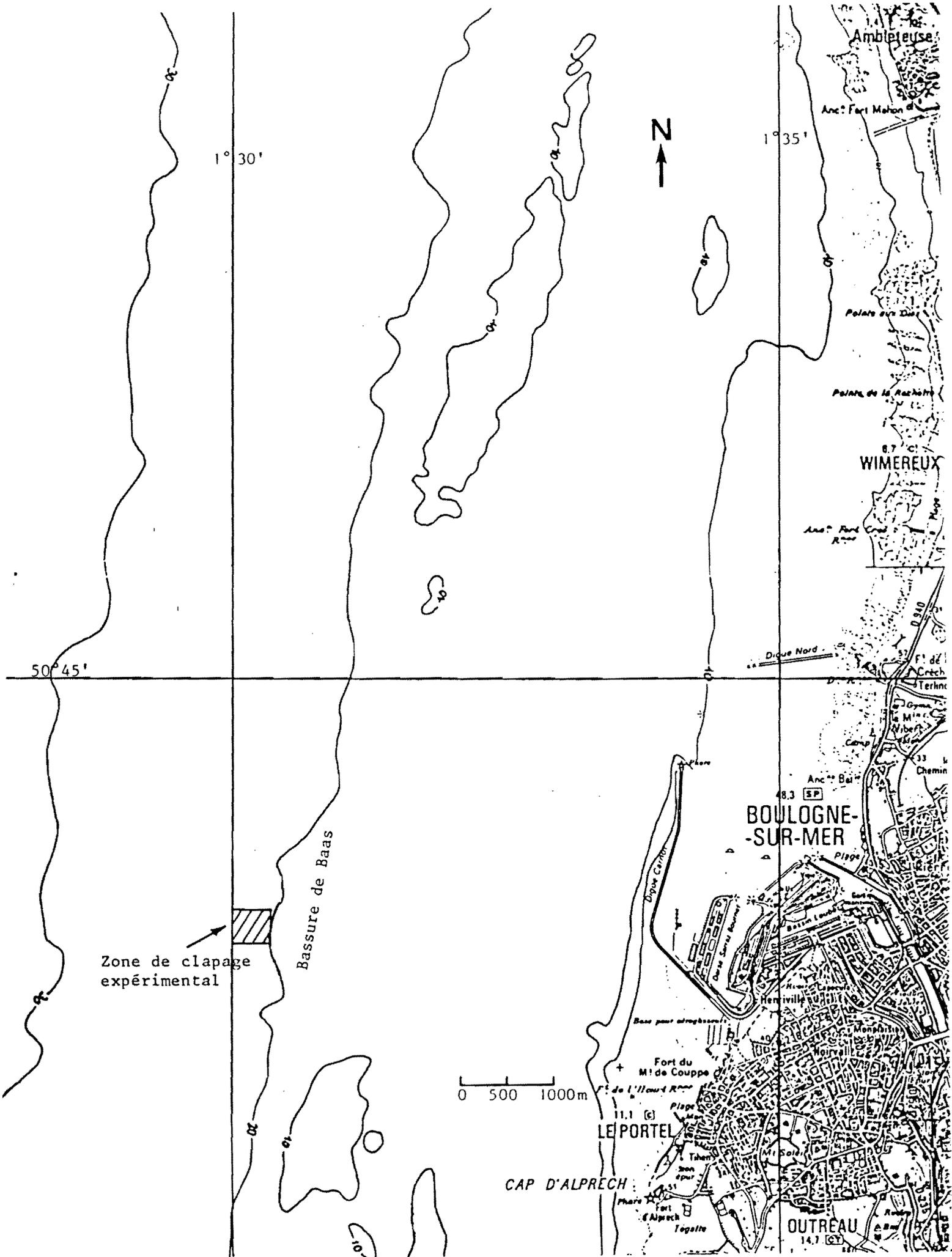
A N N E X E S

ANNEXE I

SUIVI DE FLOTTEURS : Mission du 22/07/86 (Coefficient : 91 - BM : 8h28 / PM : 13h40)



BOULOGNE (29 et 30/09/87) - Localisation de la zone du clapage expérimental



SYMBOLES ET UNITES

PB	: Plomb	(mg/kg)
CU	: Cuivre	"
ZN	: Zinc	"
CR	: Chrome	"
NI	: Nickel	"
CD	: Cadmium	"
MN	: Manganèse	"
FE	: Fer	"
HG	: Mercure	"
HCB	: Hexachlorobenzène	(µg/kg)
HEPTA	: Heptachlore	"
HEPTE	: Heptachlore époxyde	"
ALDRI	: Aldrine	"
DIELD	: Dieldrine	"
A-HCH	: Isomère α de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
B-HCH	: Isomère β	"
G-HCH	: Isomère γ	"
D-HCH	: Isomère δ	"
SHCH	: Somme des isomères de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
PPDDE	: pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(µg/kg)
OPDDD	: op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	: pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	: op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
PPDDT	: pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	: op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"
DDX	: Somme de DDT	(µg/kg)
PCBT	: Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(µg/kg)
DMP	: Diméthylphtalate	(µg/kg)
DEP	: Diéthylphtalate	"
DBP	: Dibutylphtalate	"
DMEP	: Diméthoxyéthylphtalate	"
DEHP	: Di(2-éthyl hexyl) phtalate	"
SIG-P	: Somme des phtalates	(µg/kg)
FLUO	: Fluoranthène	(µg/kg)
BKF	: Benzo (k) fluoranthène	"
BBF	: Benzo (b) fluoranthène	"
BAP	: Benzo (a) pyrène	"
INPY	: Indéno (1,2,3-cd) pyrène	"
BPE	: Benzo (ghi) pérylène	"
SPA6	: Somme des 6 hydrocarbures polycycliques aromatiques	"
G<63	: Pourcentage de particules fines (<63 µm)	(%)

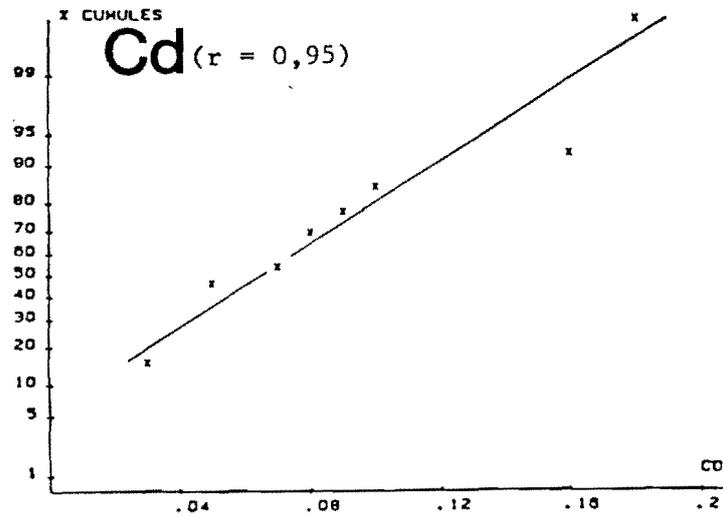
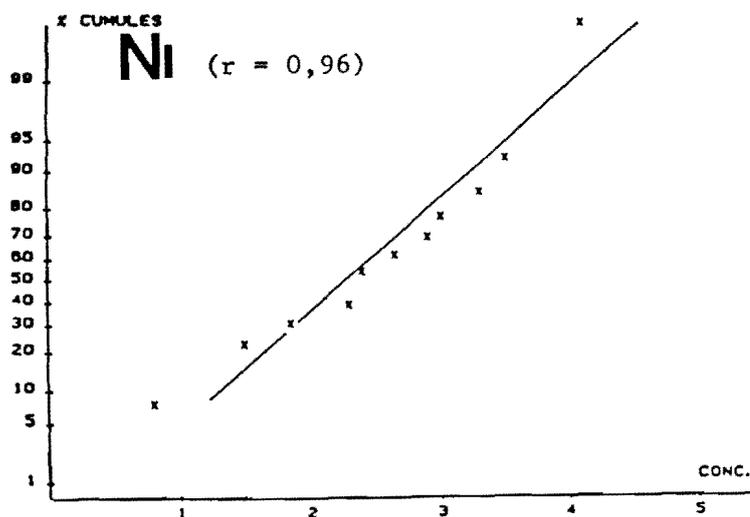
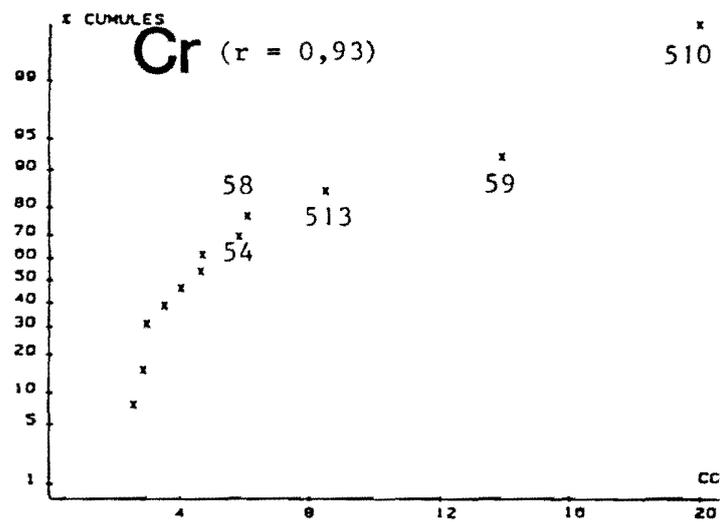
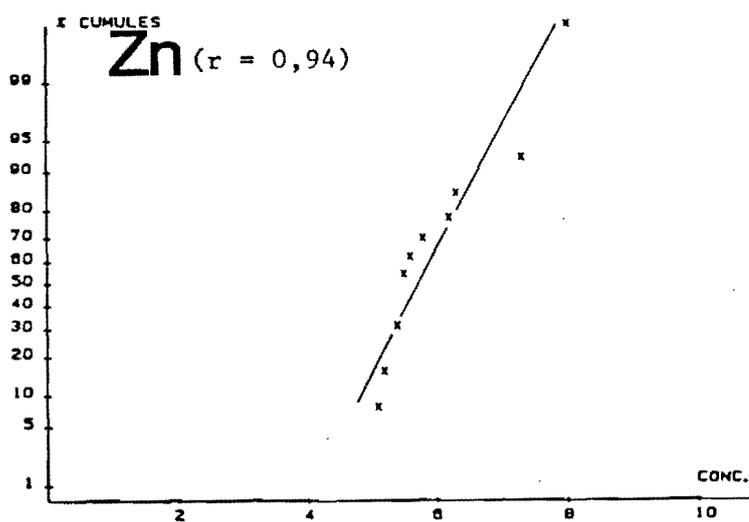
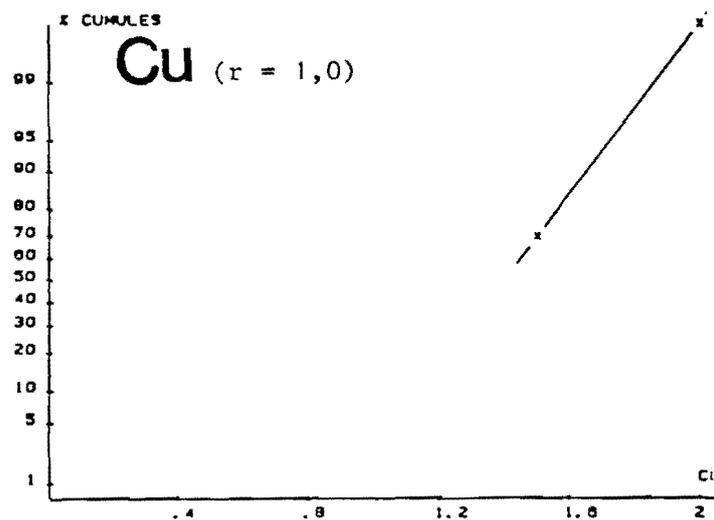
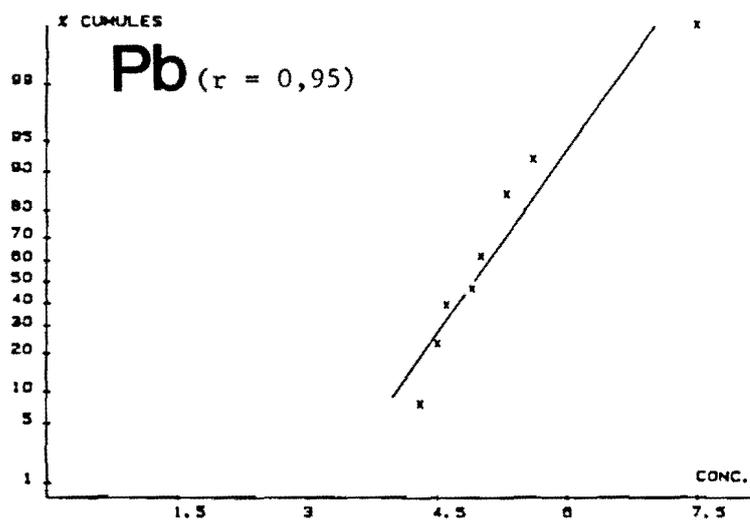
ANNEXE 3

BOULOGNE - SITE AVANT CLAPAGE (29 SEPTEMBRE 1986)

POINT	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
PB	4.5	4.6	4.3	5.3	7.5	5.0	4.9	4.5	5.3	4.6	5.6	5.0	5.3
CU	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5
ZN	5.8	5.6	5.5	7.3	6.2	8.0	5.4	5.2	5.5	6.3	5.5	5.1	5.4
CR	3.55	4.05	4.65	5.85	4.7	3.0	2.6	6.1	13.9	20.0	3.0	2.9	8.5
NI	2.3	3.5	2.4	1.5	1.5	2.65	1.85	3.3	4.1	2.9	2.4	0.8	3.0
CD	0.07	0.09	0.05	0.08	0.08	0.05	0.03	0.03	0.18	0.05	0.05	0.10	0.16
MN	49	29	28	28	84	46	48	46	55	49	58	47	47
FE	3250	2950	2700	2800	2650	2700	2700	2750	2500	2400	2550	2300	2900
HG	0.021	0.008	0.007	0.006	0.051	0.038	0.035	0.004	0.009	0.009	0.007	0.011	0.019
HCB	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2
HEPTA	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2
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
ALDRI	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2
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
A-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
B-HCH	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	-	<0.3	<0.3
G-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
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
SHCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	-	<1.2	<1.2
PPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	-	<0.4	<0.4
OPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	-	<0.7	<0.7
FPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.3	<0.7	<0.7	<0.7	-	<0.7	<0.7
OPDDT	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	<0.5	<0.5
PPDDT	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	-	<0.4	<0.4
DPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	-	<0.4	<0.4
DDX	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	-	<3.4	<3.4
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
DBP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
DMEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
DEHP	<20	<20	<20	116	<20	<20	<20	<20	<20	<20	-	<20	<20
SIG-P	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	-	<100	<100
FLUO	2.6	8.1	1.9	1.3	0.6	0.4	0.9	<0.3	0.6	0.3	0.6	0.8	0.6
BKF	0.6	1.4	0.3	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1
BBF	1.1	4.5	0.8	0.3	0.3	0.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
BAP	0.4	0.6	0.1	<0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
INPY	<1	1.2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
BPE	<0.4	0.7	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
SPAH	4.7	16.5	3.1	1.7	1.1	1.8	1.3	0.4	1.4	0.7	0.9	1.5	1.2
G<63	0.3	0.1	0.2	0.6	0.6	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1

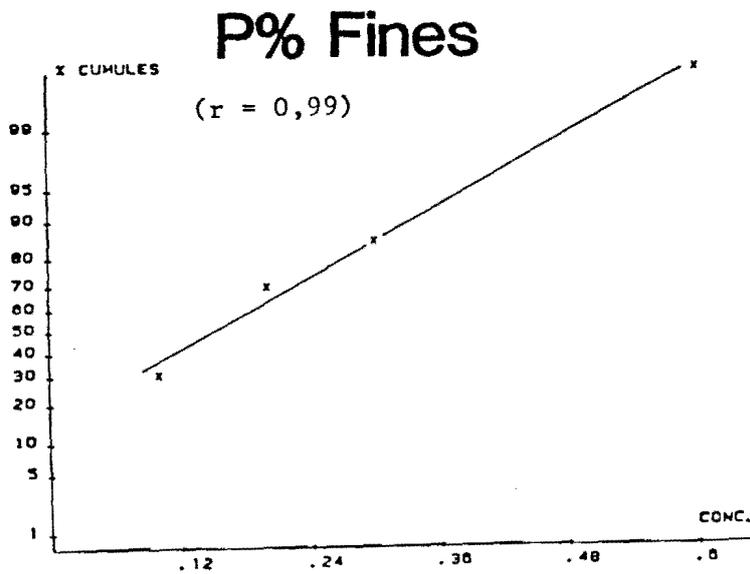
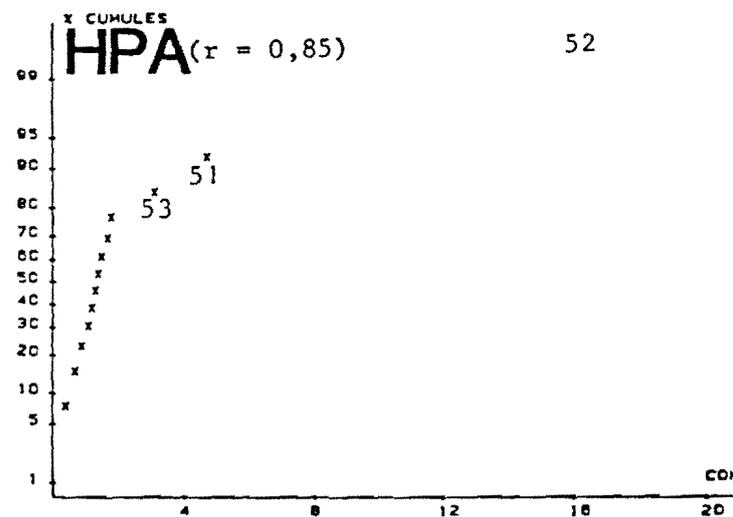
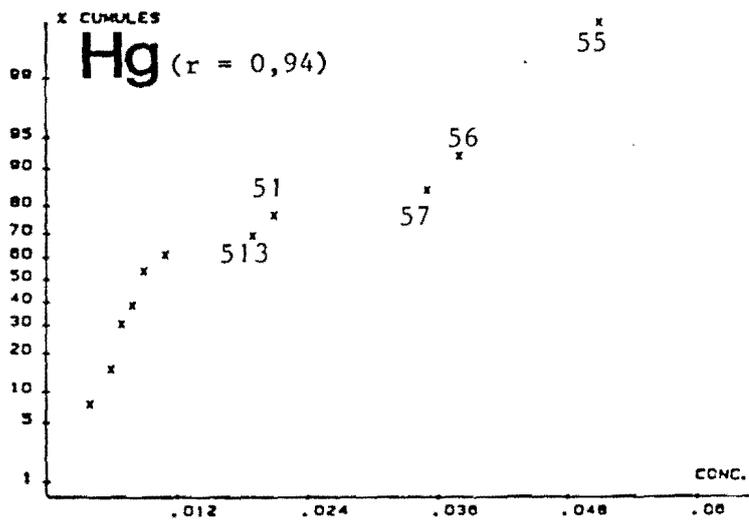
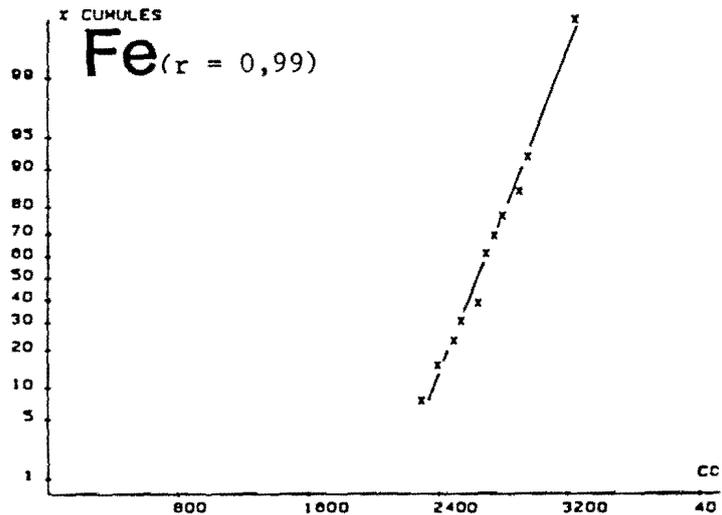
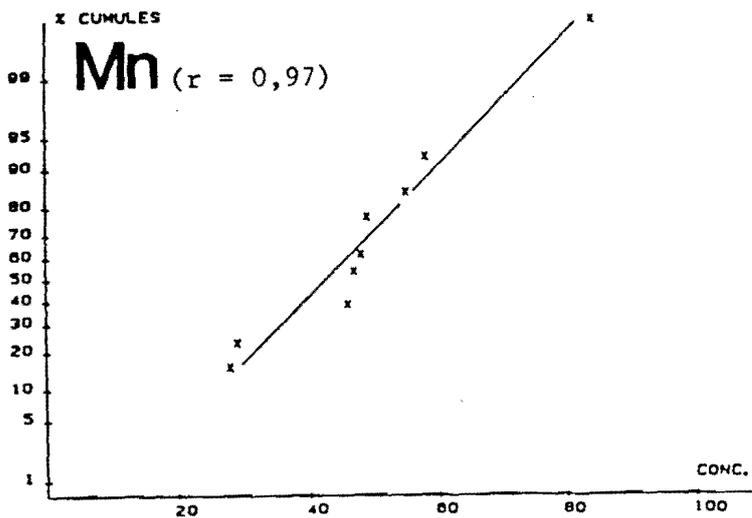
ANNEXE 4

BOULOGNE / SITE AVANT CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence/concentration)
pour les sédiments



ANNEXE 4 (suite)

BOULOGNE / SITE AVANT CLAPAGE : Courbes de Henry (Fréquence/concentration)
pour les sédiments



SYMBOLES ET UNITES

PB	: Plomb	(mg/kg)
CU	: Cuivre	"
ZN	: Zinc	"
CR	: Chrome	"
NI	: Nickel	"
CD	: Cadmium	"
MN	: Manganèse	"
FE	: Fer	"
HG	: Mercure	"
HCB	: Hexachlorobenzène	(µg/kg)
HEPTA	: Heptachlore	"
HEPTE	: Heptachlore époxyde	"
ALDRI	: Aldrine	"
DIELD	: Dieldrine	"
A-HCH	: Isomère α de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
B-HCH	: Isomère β	"
G-HCH	: Isomère γ	"
D-HCH	: Isomère δ	"
SHCH	: Somme des isomères de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
PPDDE	: pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(µg/kg)
OPDDD	: op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	: pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	: op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
FPDDT	: pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	: op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"
DDX	: Somme de DDT	(µg/kg)
PCBT	: Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(µg/kg)
DMP	: Diméthylphtalate	(µg/kg)
DEP	: Diéthylphtalate	"
DBP	: Dibutylphtalate	"
DMEP	: Diméthoxyéthylphtalate	"
DEHP	: Di(2-éthyl hexyl) phtalate	"
SIG-P	: Somme des phtalates	(µg/kg)
FLUO	: Fluoranthène	(µg/kg)
BKF	: Benzo (k) fluoranthène	"
BBF	: Benzo (b) fluoranthène	"
BAP	: Benzo (a) pyrène	"
INPY	: Indéno (1,2,3-cd) pyrène	"
BPE	: Benzo (ghi) pérylène	"
SPAH	: Somme des 6 hydrocarbures polycycliques aromatiques	"
G<63	: Pourcentage de particules fines (<63 µm)	(%)

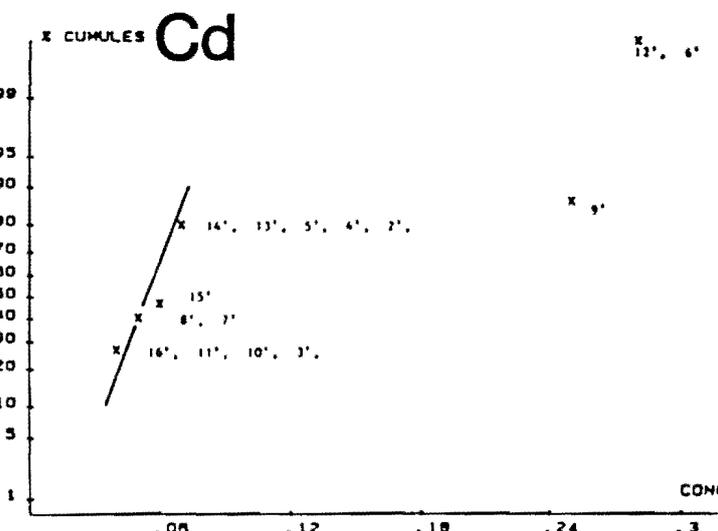
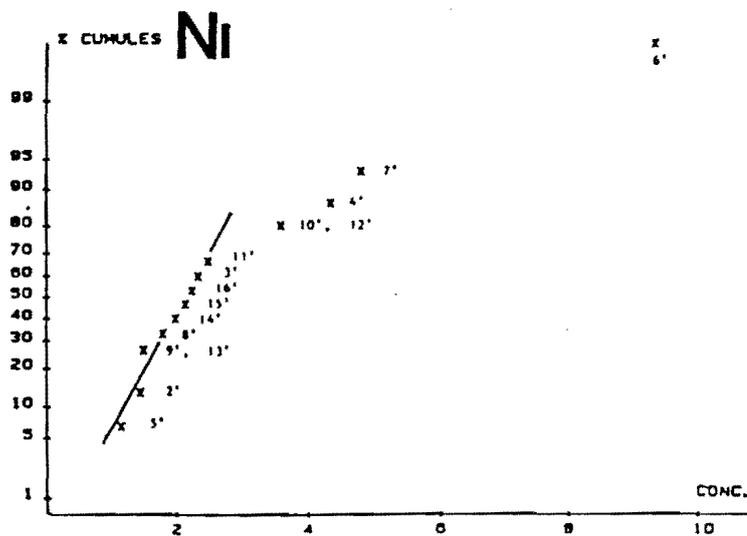
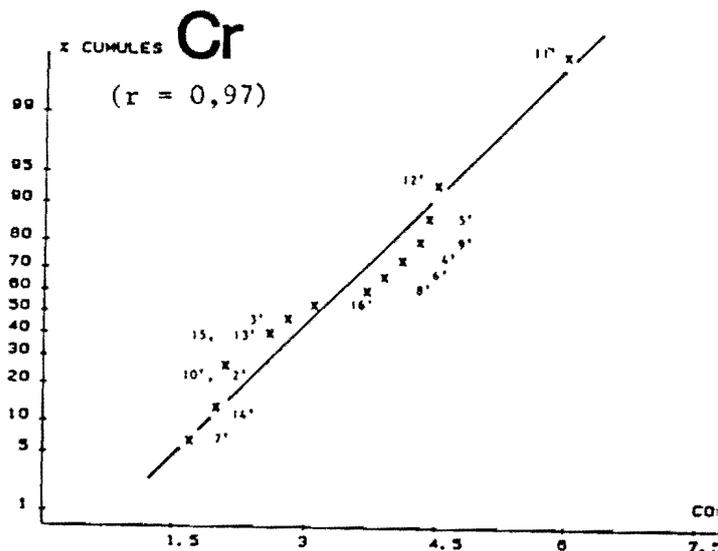
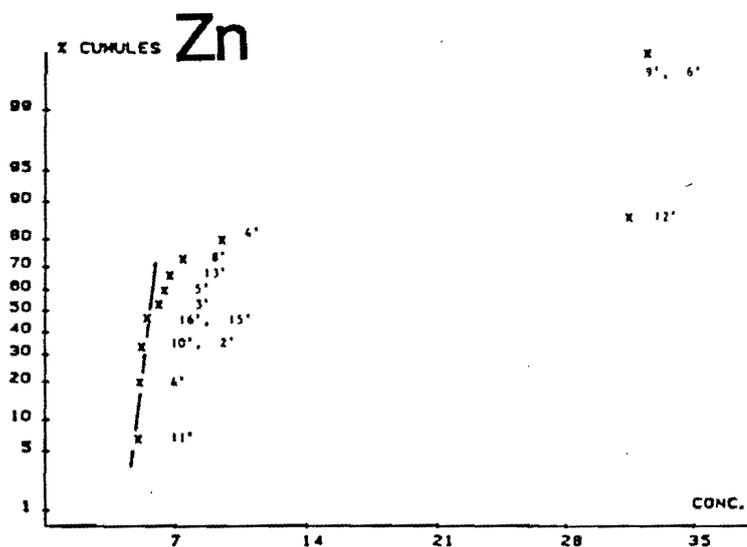
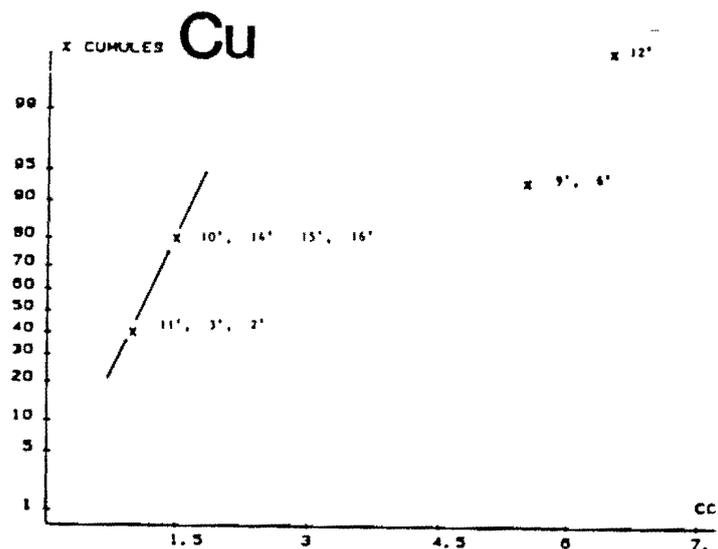
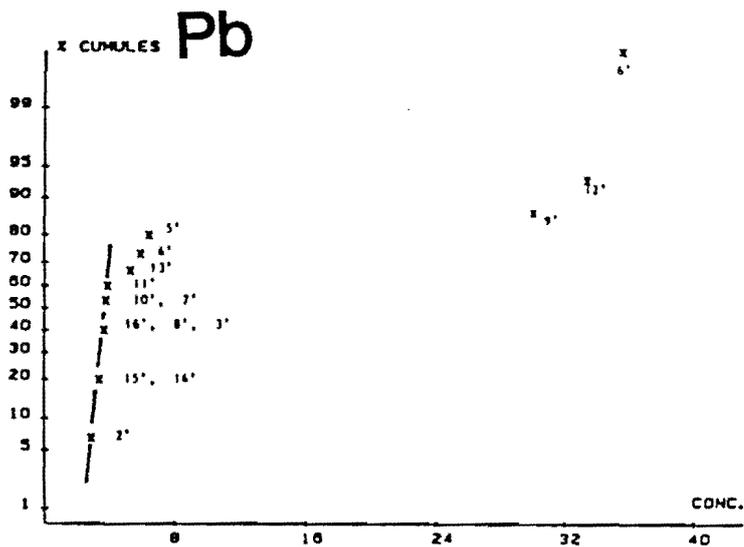
ANNEXE 5

BOULOGNE - SITE APRES CLAPAGE (30 SEPTEMBRE 1986)

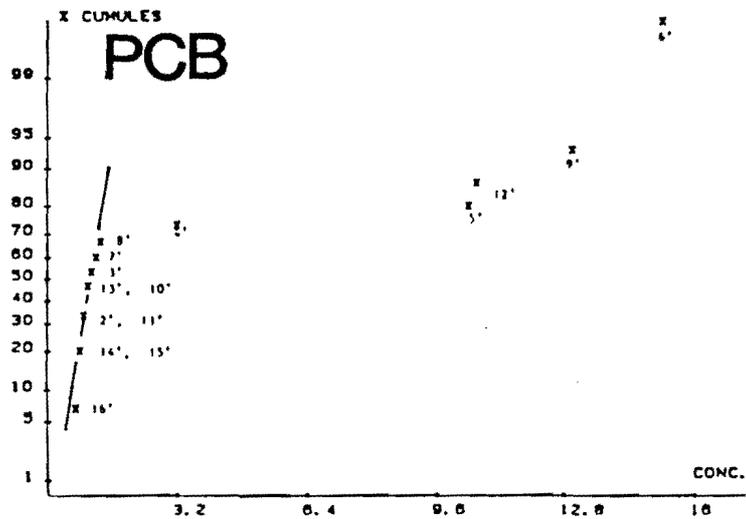
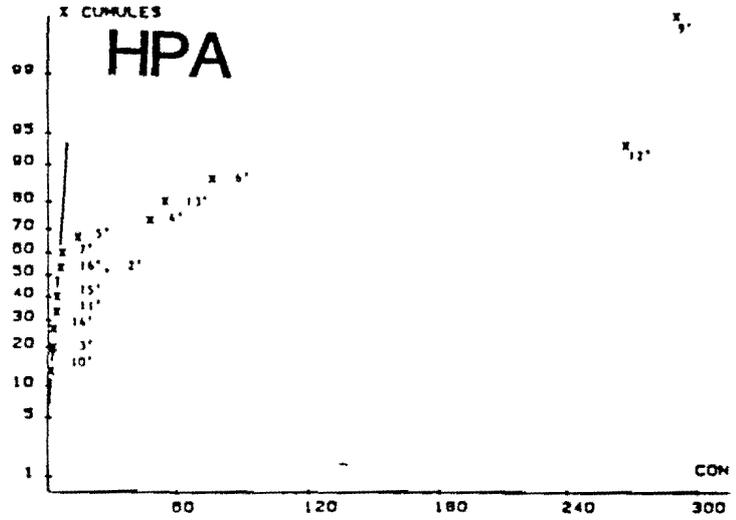
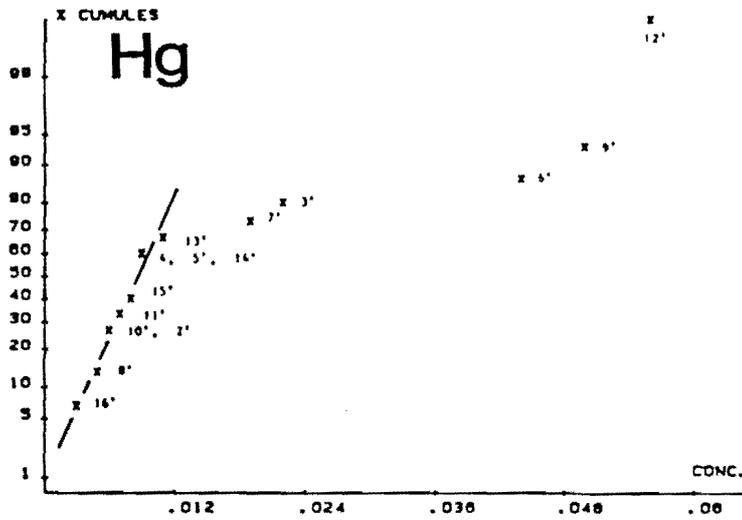
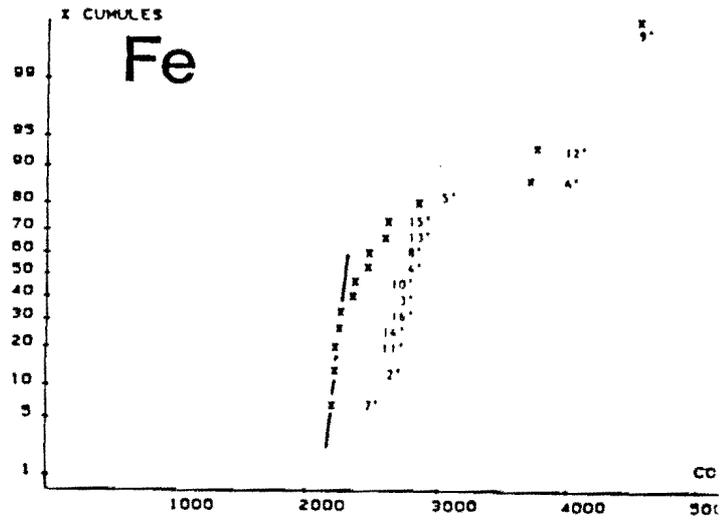
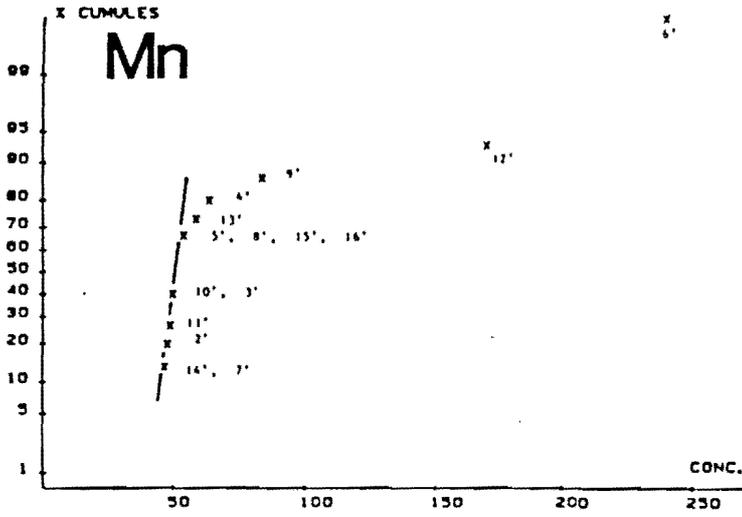
POINT	S2'	S3'	S4'	S5'	S6'	S7'	S8'	S9'	S10'	S11'	S12'	S13'	S14'	S15'	S16'
PB	2.9	3.7	5.9	6.4	35.6	3.8	3.7	30	3.8	3.9	33.4	5.3	3.4	3.4	3.7
CU	1.0	1.0	1.5	1.0	5.5	1.5	1.0	5.5	1.5	1.0	6.5	1.0	1.5	1.5	1.5
ZN	5.2	6.1	9.5	6.4	32.5	5.1	7.4	32.5	5.2	5.0	31.5	6.7	5.1	5.5	5.5
CR	2.1	2.8	4.1	4.4	3.9	1.7	3.7	4.3	2.1	6.0	4.5	2.6	2.0	2.6	3.1
NI	1.45	2.35	4.35	1.15	9.35	4.8	1.80	1.50	3.6	2.5	3.6	1.5	2.0	2.15	2.25
CD	0.07	0.04	0.07	0.07	0.28	0.05	0.05	0.25	0.04	0.04	0.28	0.07	0.07	0.06	0.04
MN	48	50	64	54	240	47	54	84	50	49	170	59	47	54	54
FE	2225	2360	2470	2850	3700	2205	2480	4550	2375	2230	3750	2600	2255	2620	2265
HG	0.006	0.022	0.009	0.009	0.044	0.019	0.005	0.050	0.006	0.007	0.056	0.011	0.009	0.008	0.003
HCB	<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
HEPTA	<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
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	<0.2	<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
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
A-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
B-HCH	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
G-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
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
SHCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
PPDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	2.3	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
OPDDT	<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
PPDDT	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.5	<0.4	0.6	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
DDX	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4
PCBT	<20	<20	20	20	28	<20	<20	30	<20	<20	42	<20	<20	20	<20
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	44	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DBP	<20	<20	<20	<20	119	<20	<20	98	<20	<20	40	<20	<20	<20	<20
DMEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEHP	<20	<20	<20	<20	273	<20	<20	788	<20	<20	358	<20	<20	<20	<20
SIG-P	<100	<100	<100	<100	392	<100	<100	930	<100	<100	390	<100	<100	<100	<100
FLUO	0.9	1.1	15.6	4.4	30	1.7	1.1	76.8	1.1	0.8	76.8	15	1.7	0.6	2.6
BKF	0.7	0.2	4.0	1.2	7.7	0.6	0.1	21.6	0.1	0.2	20.4	3.7	0.2	0.3	0.2
BBF	1.8	0.7	6.3	2.9	1.9	1.7	0.2	50.4	0.2	0.4	46.8	9.4	0.4	0.5	0.7
BAP	0.4	0.2	6.5	1.4	0.8	0.5	<0.1	37.2	<0.1	0.2	20.8	7.0	0.1	0.3	0.3
INPY	0.8	<0.8	6.0	2.0	15.6	0.9	<0.8	43.2	<0.8	0.9	40	10.1	<0.8	1.4	1.5
BPE	1.1	<0.4	7.1	1.9	12	1.2	<0.4	61.2	<0.4	1.2	46.8	8.3	<0.4	0.8	0.4
SPAH	5.7	2.2	47.5	13.8	76.0	6.6	1.4	290.4	1.4	3.7	267.6	54.3	2.4	3.9	5.7
G<63	0.9	1.1	3.2	10.4	15.2	1.2	1.3	13.0	1.0	0.9	10.6	1.0	0.8	0.8	0.7

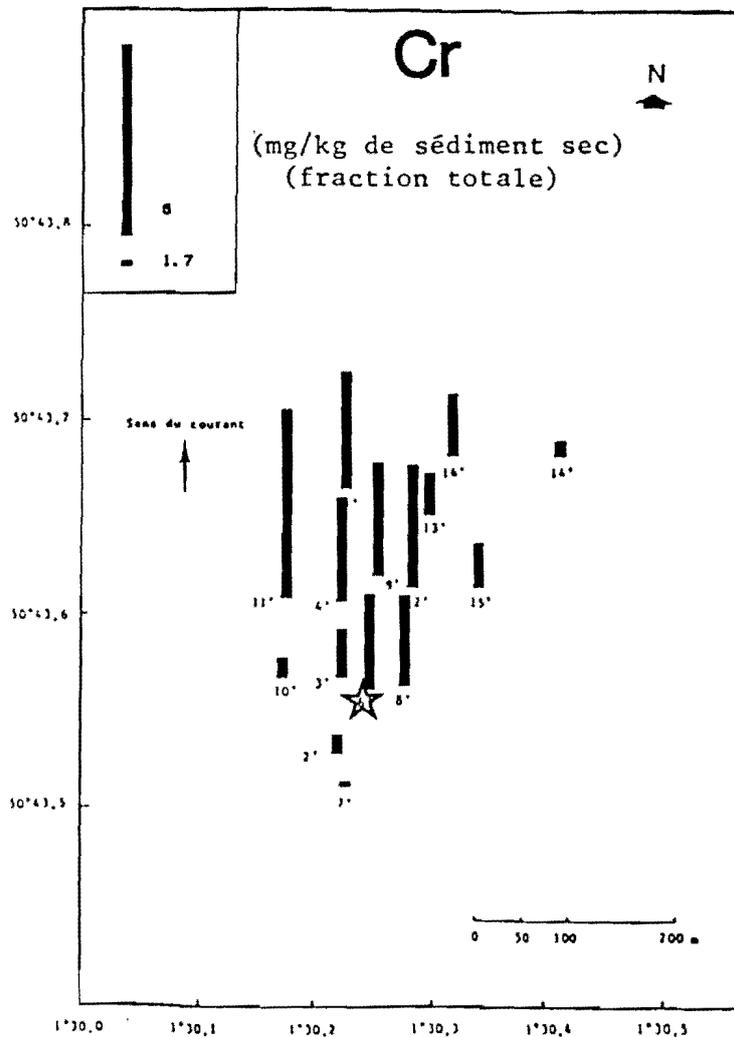
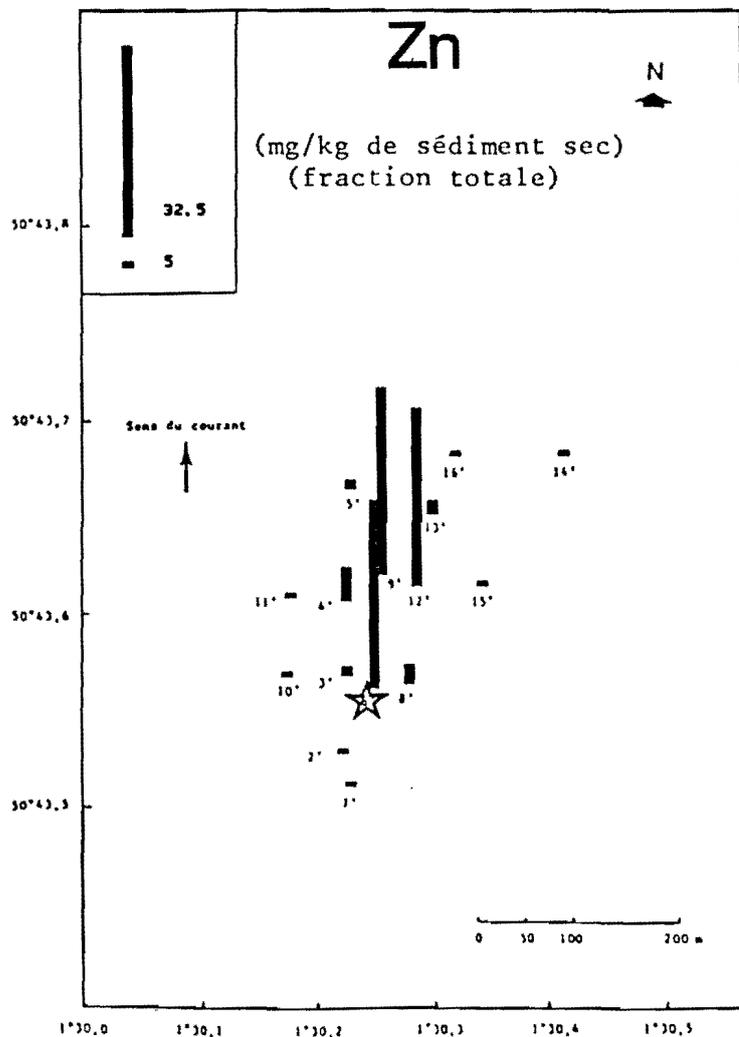
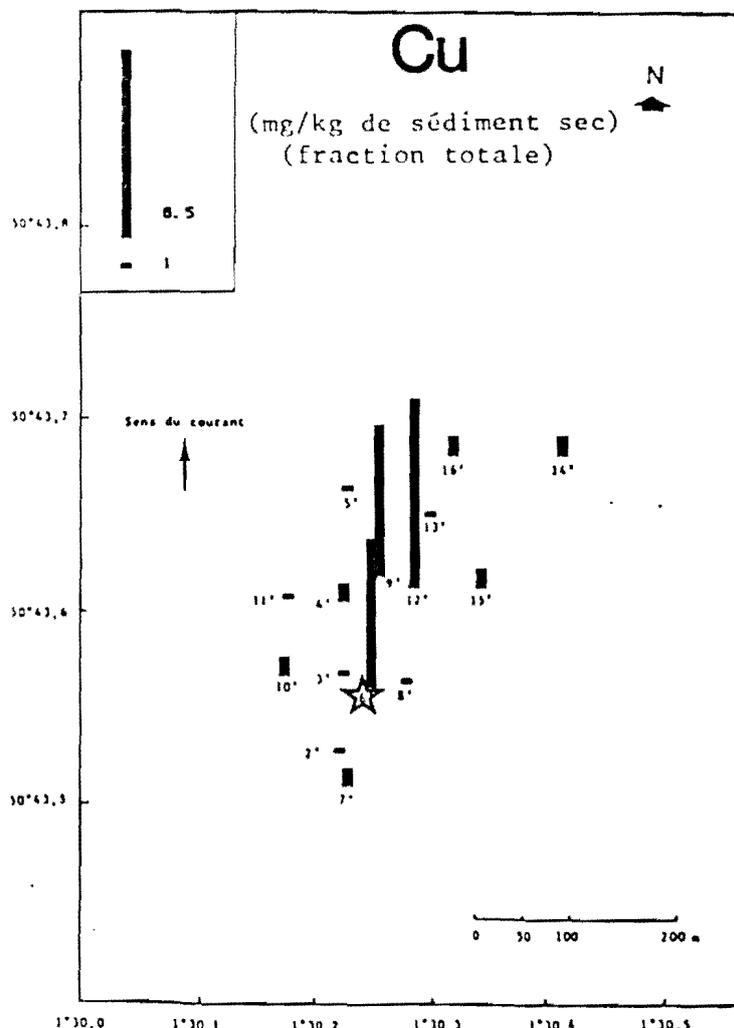
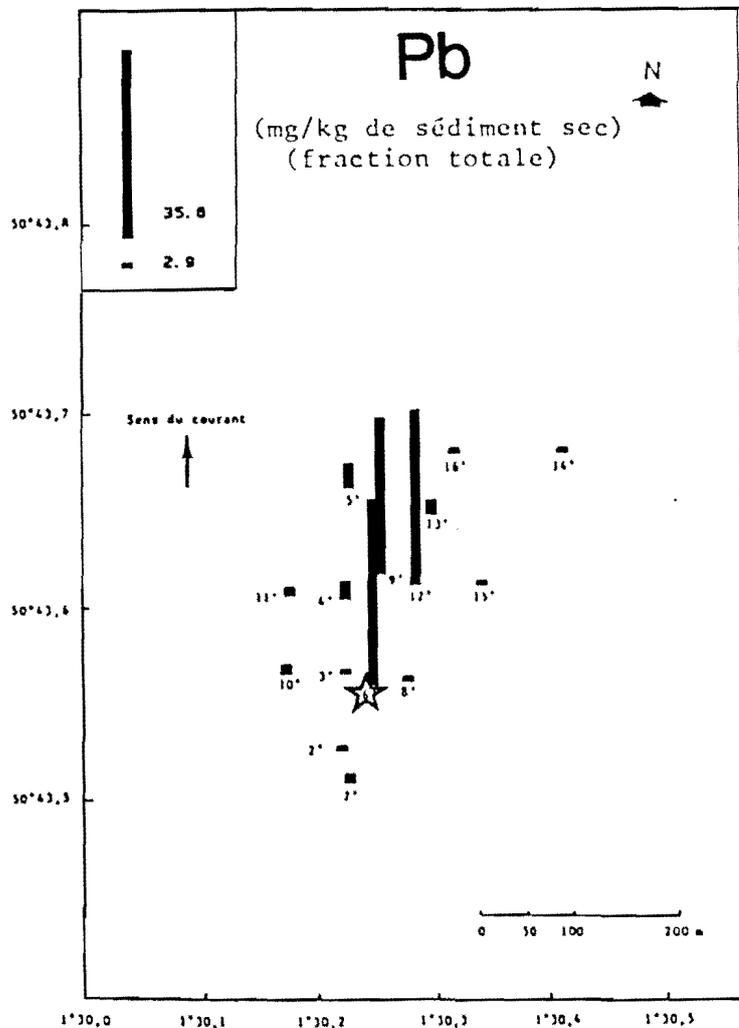
ANNEXE 6

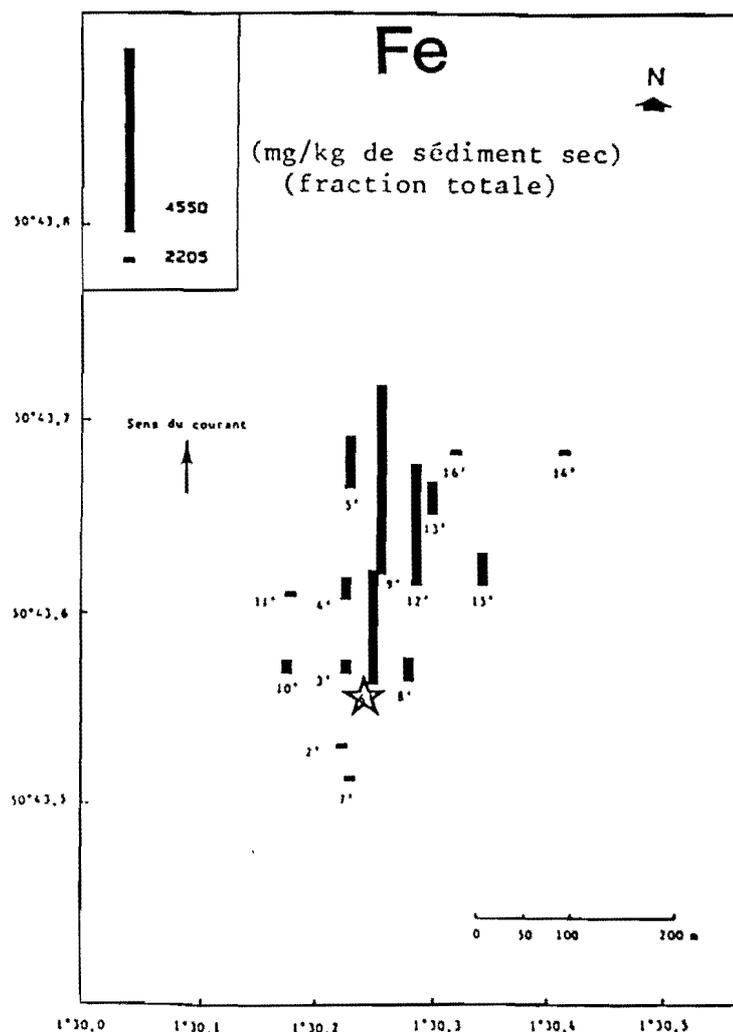
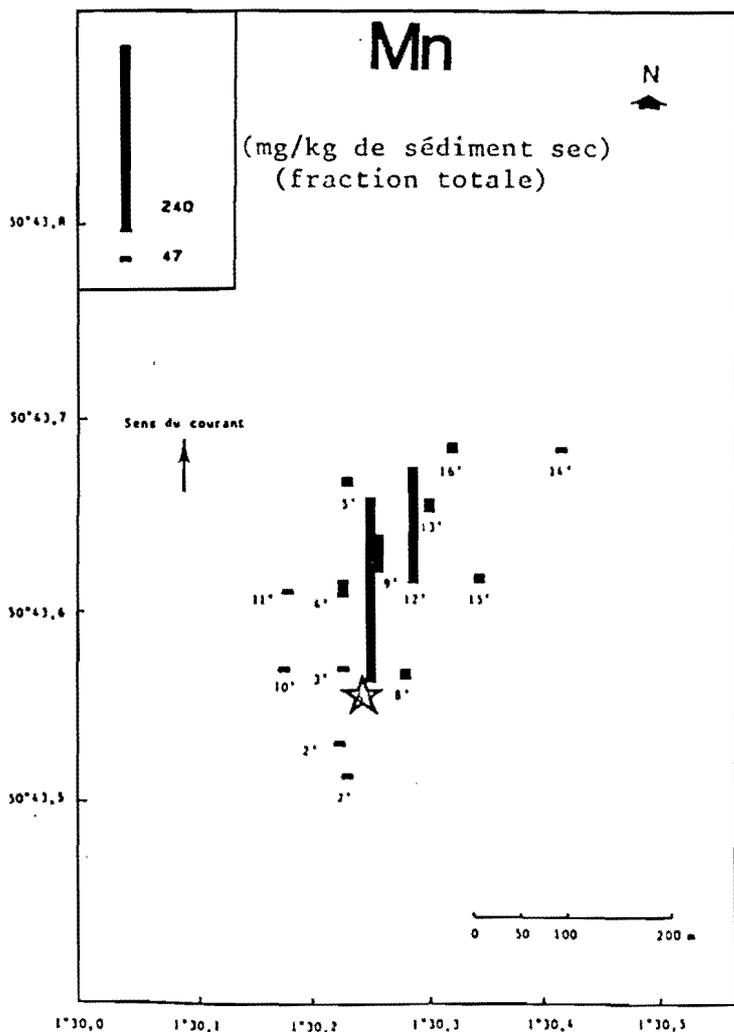
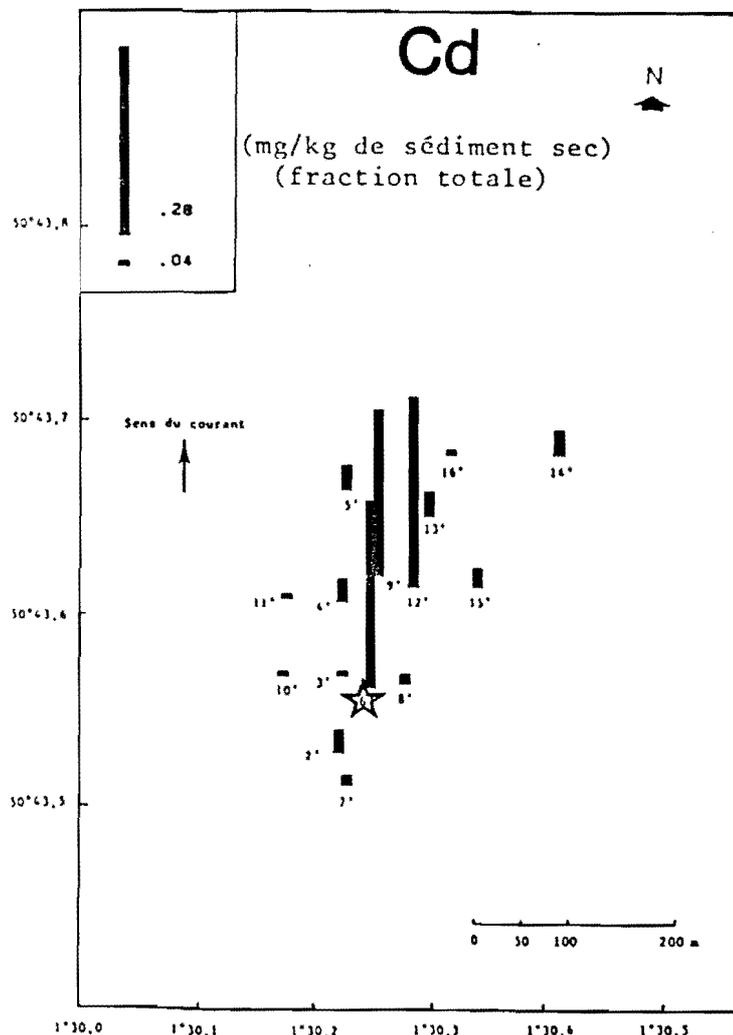
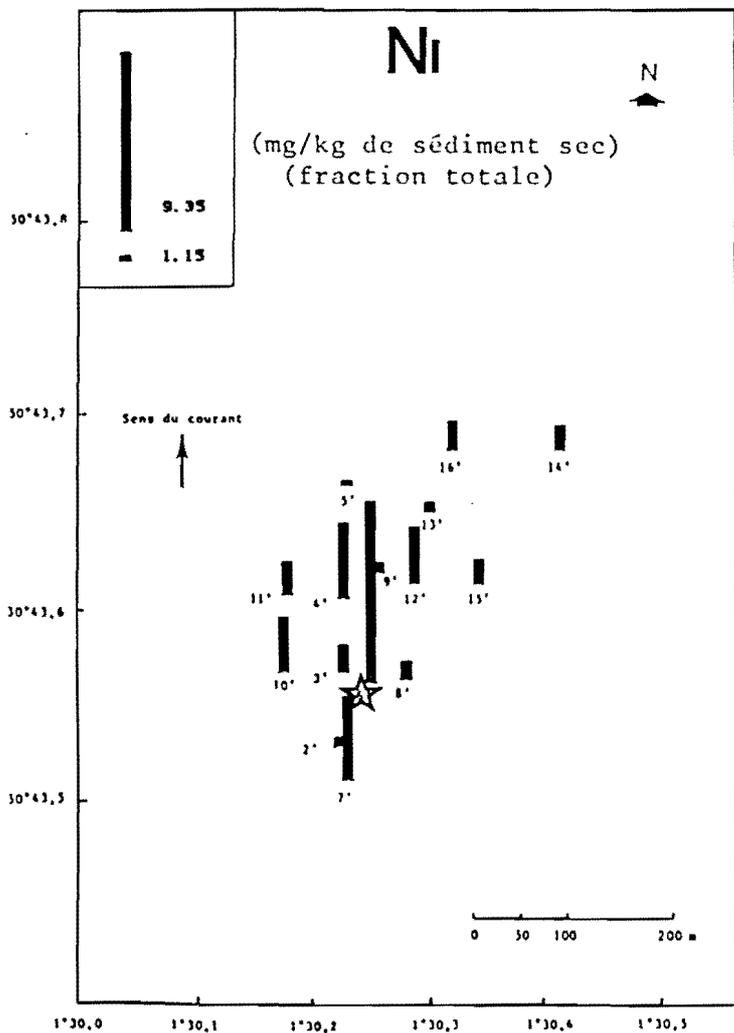
BOULOGNE / SITE APRES CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence/concentration)
pour les sédiments

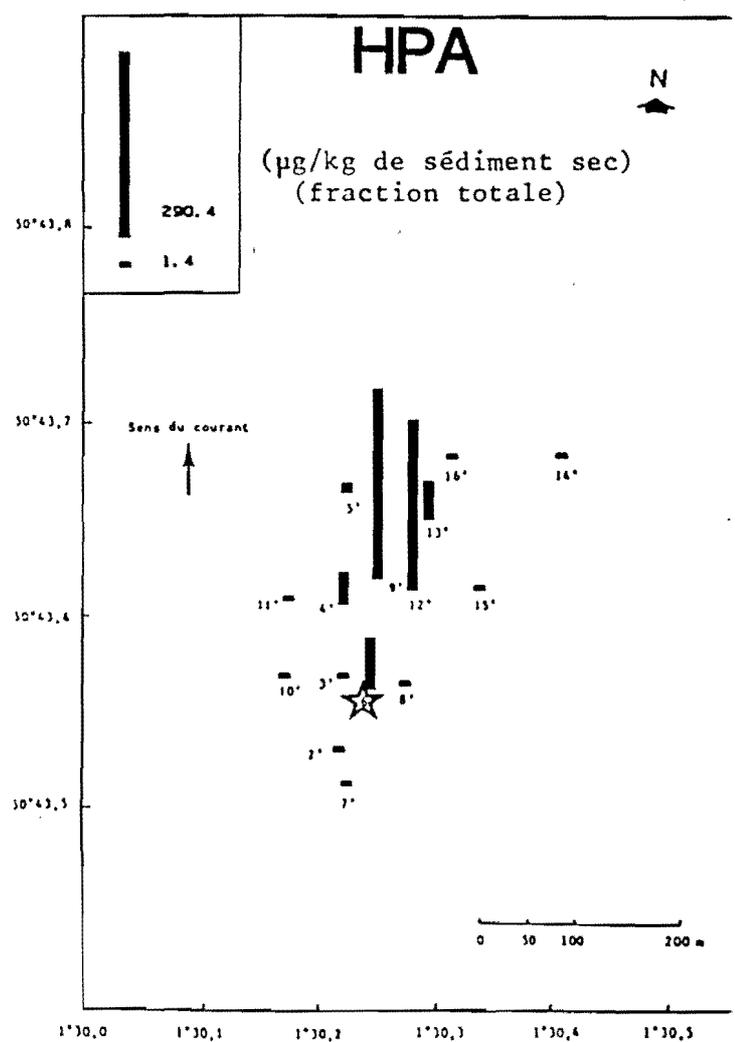
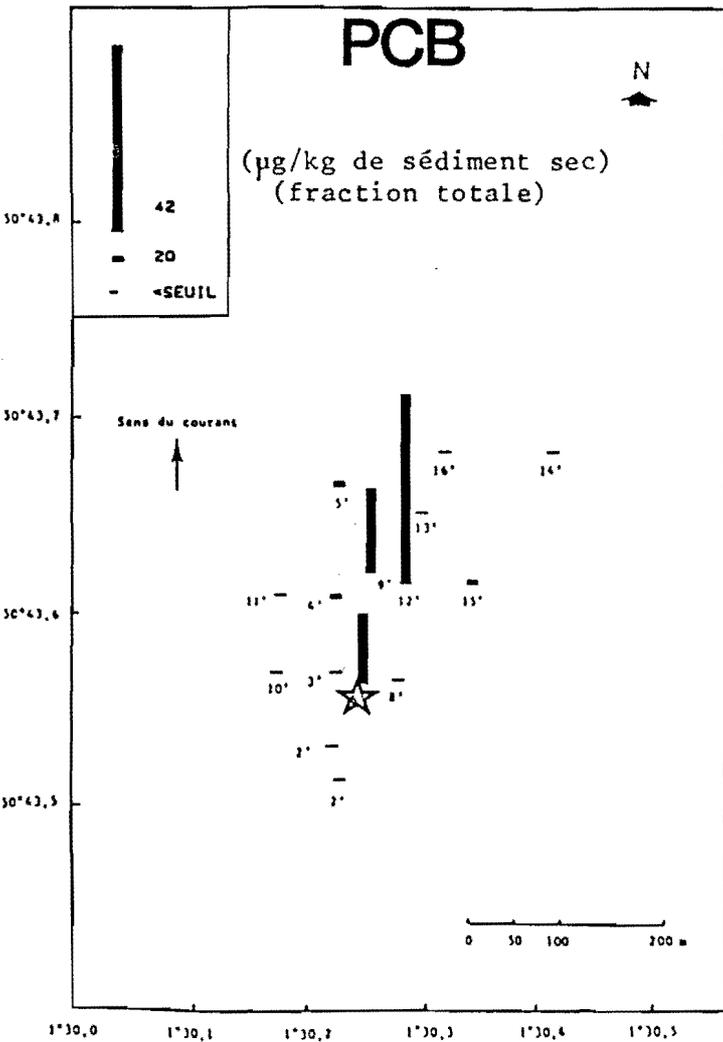
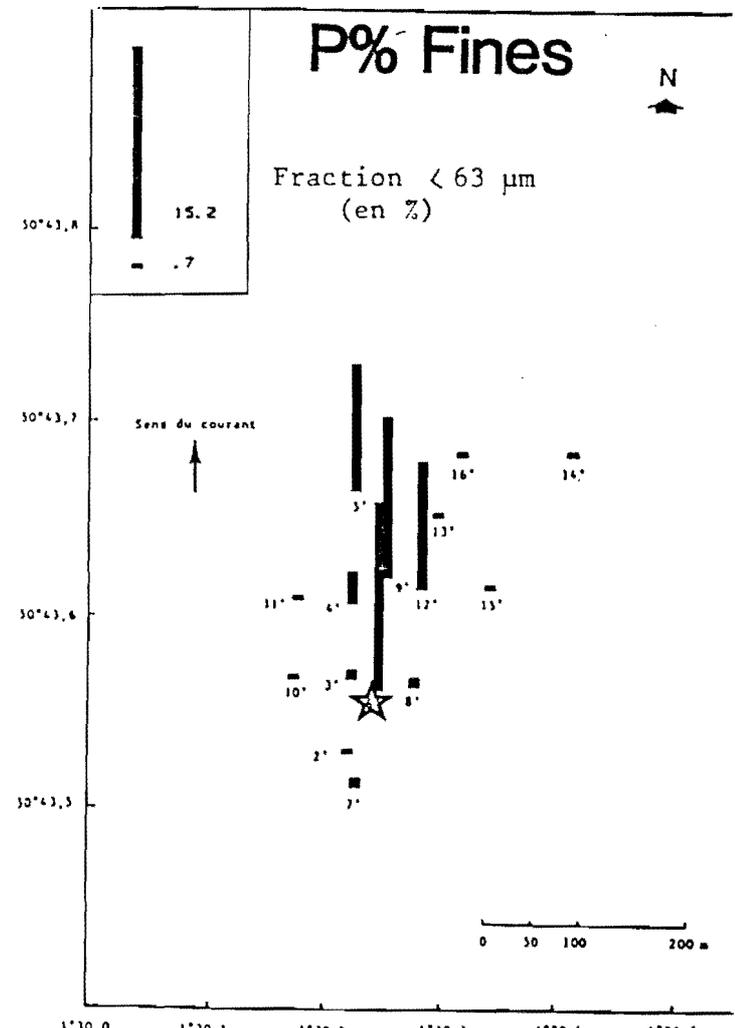
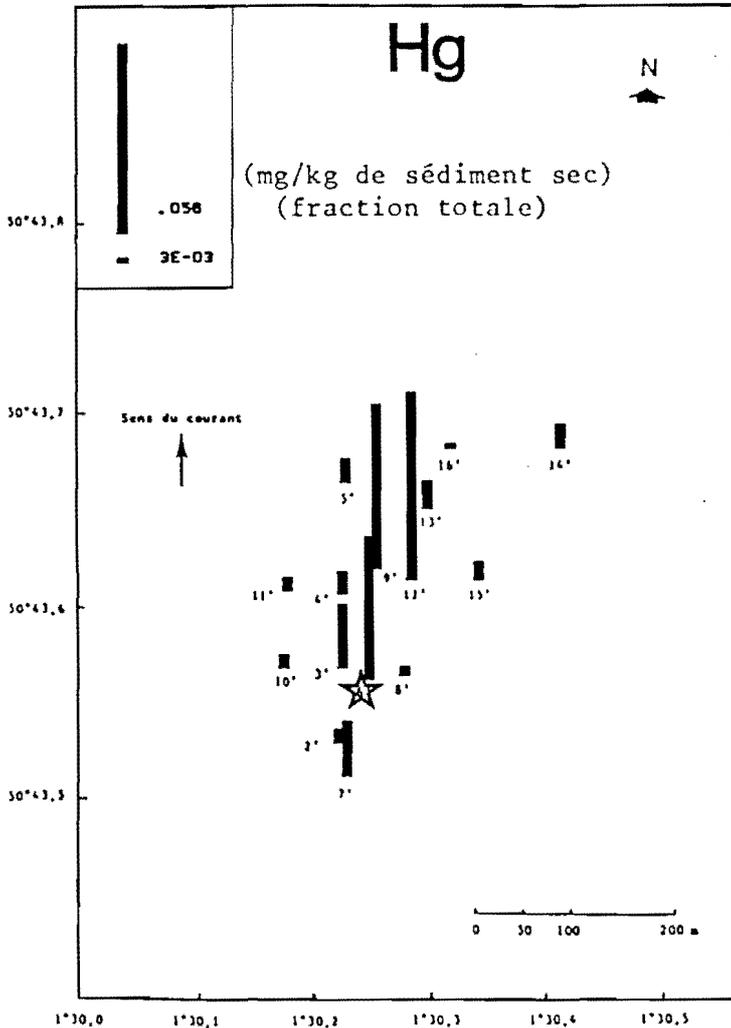


BOULOGNE / SITE APRES CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence/concentration)
pour les sédiments

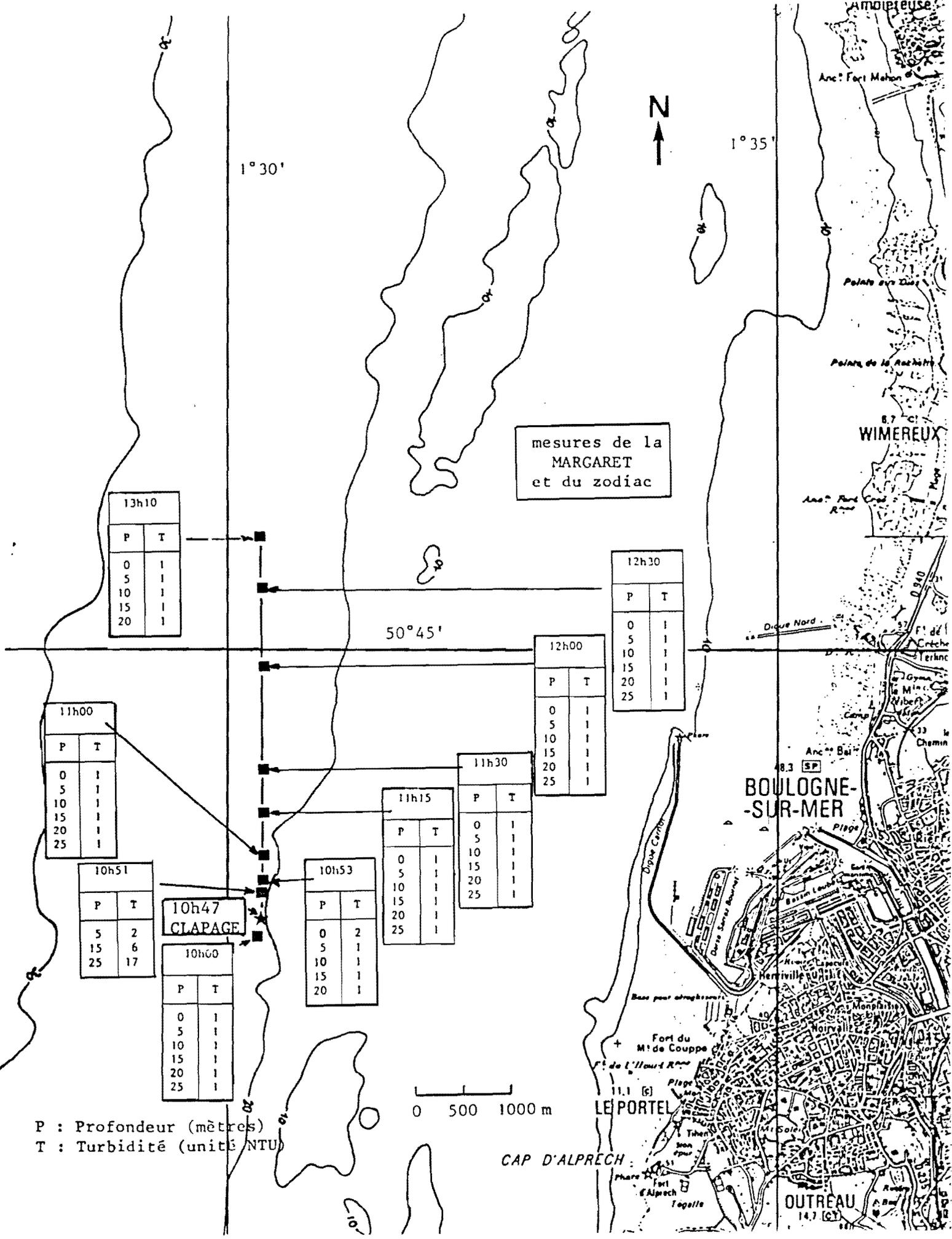








BOULOGNE (Mission du 30/09/86) : Suivi de flotteurs, et repérage du nuage turbide
 (Coefficient : 56 - PM : 9h55 / BM : 16h59 - Renverses théoriques
 7h20 / 13h35



mesures de la
MARGARET
et du zodiac

12h00

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

12h30

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

11h00

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

11h30

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

11h15

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

10h51

P	T
5	2
15	6
25	17

10h47
CLAPAGE

P	T
0	1
5	1
10	1
15	1
20	1
25	1

10h53

P	T
0	2
5	1
10	1
15	1
20	1

P : Profondeur (mètres)
 T : Turbidité (unité NTU)

0 500 1000 m

ANNEXE 9

BOULOGNE (30/09/86) : Dosages sur les eaux brutes

POINT	H - 45			H + 3			H + 11			H + 19			H + 25		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
MES	65	60	62	50	84	108	55	58	66	61	61	62	60	62	62
COT	1.3	1.5	1.3	0.9	0.9	1.3	1.6	1.3	1.2	1.5	1.2	1.6	1.5	1.5	1.4
HG	15	23	15	16	21	30	18	22	16	36	37	29	14	19	18
SPAH	17	23	-	23	50	276	20	21	18	33	13	22	24	15	22

POINT	H + 41			H + 50			H + 62			H + 90			H + 102		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M									
MES	49	57	62	55	57	54	55	43	65	53	52	53	51	55	55
COT	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.6	1.1	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
HG	18	17	14	30	24	18	24	14	18	28	16	21	20	17	16
SPAH	16	-	14	14	17	11	12	23	16	20	15	28	27	-	26

H + 3 : 3 minutes après le clapage

- : non déterminé

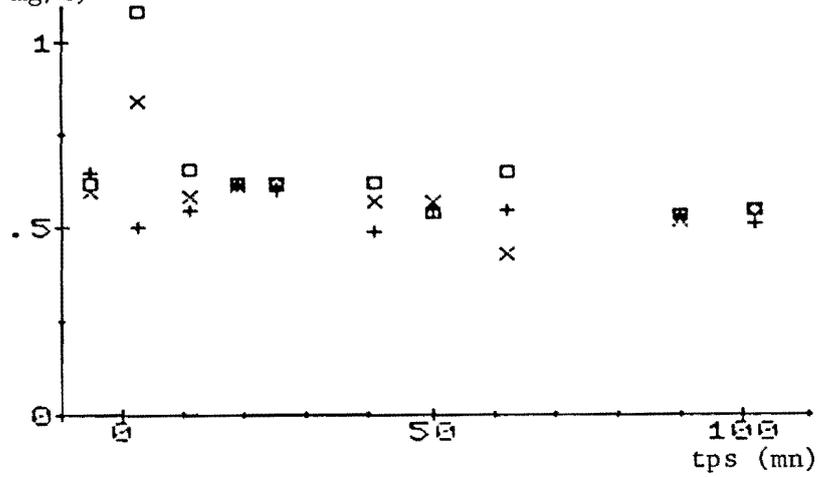
MES : Matière en suspension (mg/l)

COT : Carbone organique total (mg/l)

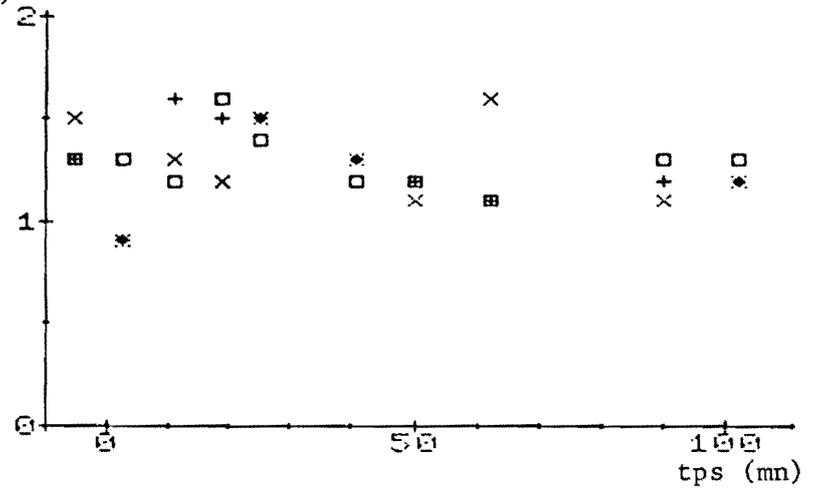
HG : Mercure (ng/l)

SPAH : Somme des 6 hydrocarbures polycycliques aromatiques (ng/l)

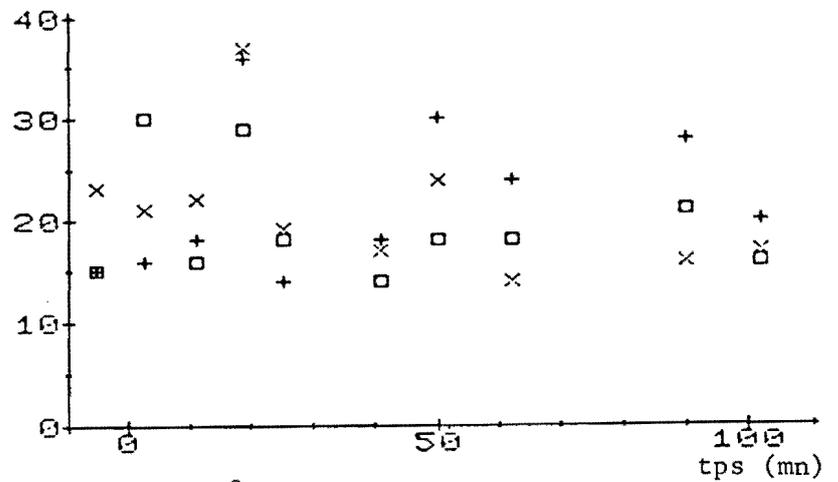
Matières en suspension (en 10^2 mg/l)



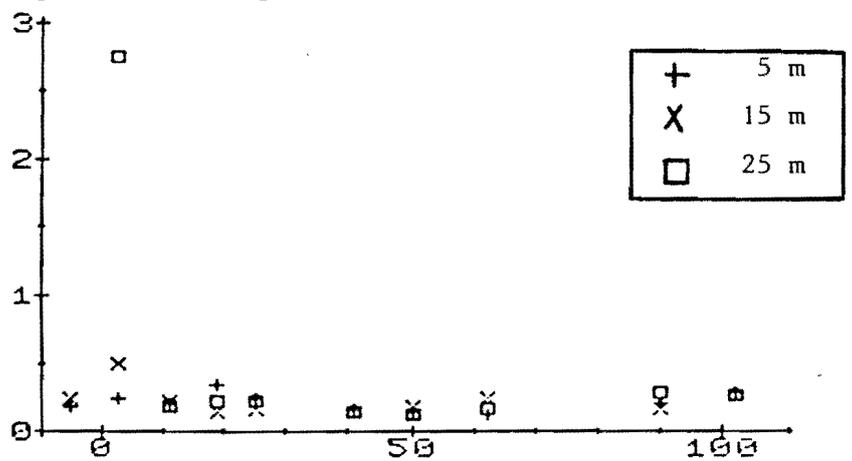
Carbone organique total (en mg/)



Mercure (ng/l)



Hydrocarbures polycycliques aromatiques (en 10^2 ng/l)



ANNEXE 11

BOULOGNE (30/09/86) - Dosages sur les eaux filtrées

POINT	H - 45			H + 3			H + 11			H + 19			H + 25		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.53	0.60	0.25	0.40	0.65	1.10	0.58	0.28	0.25	0.40	0.48	0.60	0.23	0.35	0.25
CU	1.75	1.00	1.25	1.00	0.75	0.50	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	0.50	0.75	1.00	0.75
ZN	10.7	6.68	5.80	5.95	4.98	3.55	6.03	5.10	4.93	4.78	4.75	3.85	4.00	4.58	4.33
CR	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NI	0.73	0.33	0.40	0.58	0.63	0.58	0.38	0.28	0.38	0.35	0.45	0.35	0.33	0.33	0.28
CD	0.36	0.30	0.20	0.23	0.21	0.26	0.29	0.20	0.23	0.28	0.17	0.09	0.23	0.16	0.14
MN	0.15	0.10	0.10	0.20	0.45	0.90	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10	0.13	0.13	0.08	0.08
FE	7.13	6.88	6.00	4.05	2.63	2.25	6.00	5.75	4.75	6.30	4.50	4.15	5.25	6.00	4.75
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
HCB	<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	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
A-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
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	0.8	<0.5	1.2	1.5	1.0	1.7	<0.5	1.0	1.0	0.6	2.6	<0.5	1.5	0.9	1.1
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
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
PPDDE	<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
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	<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	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
OPDDE	<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
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 3 : 3 minutes après le clapage

- : non déterminé

ANNEXE 11 (suite)

BOULOGNE (30/09/86) : Dosages sur les eaux filtrées

POINT	H + 41			H + 50			H + 62			H + 90			H + 102		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M									
PB	0.65	0.78	0.65	0.60	0.98	0.25	0.28	0.58	0.48	0.40	0.58	0.50	0.60	1.00	0.25
CU	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75	1.50	1.25	1.00	1.25	1.25	1.00
ZN	4.58	4.28	3.88	3.95	4.05	3.93	3.63	4.25	4.53	4.65	4.18	3.80	3.75	3.75	3.63
CR	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NI	0.38	0.43	0.38	0.28	0.45	0.35	0.23	0.38	0.38	0.28	0.33	0.33	0.23	0.35	0.20
CO	0.21	0.24	0.11	0.17	0.32	0.15	0.17	0.33	0.31	0.27	0.27	0.24	0.24	0.23	0.19
MN	0.10	0.10	0.13	0.15	0.20	0.10	0.18	0.15	0.10	0.13	0.13	0.13	0.28	0.35	0.18
FE	4.50	4.40	4.25	4.50	3.55	4.25	4.75	4.75	4.75	6.13	4.75	3.80	6.25	3.75	3.25
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
HCB	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
HEFTA	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<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	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5
ALDRI	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5
DIELD	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
A-HCH	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5
B-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
G-HCH	0.5	0.8	<0.5	0.7	0.5	2.4	1.6	<0.5	1.1	1.3	2.0	-	1.0	0.7	1.2
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<2.5	<2.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
FPDDE	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.2	<1.0	<1.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
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
FPDDD	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.2	<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
FPDDT	<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
OPDDE	<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
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 41 : 41 minutes après le clapage

- : non déterminé

SYMBOLES ET UNITES

PB	:	Plomb	($\mu\text{g}/\text{l}$)
CU	:	Cuivre	"
ZN	:	Zinc	"
CR	:	Chrome	"
NI	:	Nickel	"
CD	:	Cadmium	"
MN	:	Manganèse	"
FE	:	Fer	"

HCB	:	Hexachlorobenzène	(ng/l)
HEPAA	:	Heptachlore	"
HEPTE	:	Heptachlore époxyde	"
ALDRI	:	Aldrine	"
Dield	:	Dieldrine	"

A-HCH	:	Isomère γ de 1'Hexachlorocyclohexane	(ng/l)
B-HCH	:	Isomère β	"
G-HCH	:	Isomère δ	"
D-HCH	:	Isomère ϵ	"

PPDDE	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(ng/l)
OPDDD	:	op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	:	op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
PPDDT	:	pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	:	op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"

DDX	:	Somme de DDT	(ng/l)
-----	---	--------------	--------------------------

PCBT	:	Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(ng/l)
------	---	----------------------------------	--------------------------

ANNEXE 12

BOULOGNE (30/09/86) - Dosages des polluants particuliers

POINT	H - 45			H + 3			H + 11			H + 19			H + 25		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.62	0.56	0.61	0.82	2.00	5.41	0.29	0.08	0.17	0.61	0.55	1.06	0.38	0.57	0.70
CU	0.32	0.26	0.36	0.53	1.14	1.96	0.46	0.33	0.58	0.25	0.38	0.13	1.93	0.74	0.49
ZN	2.39	1.26	1.06	4.67	7.04	12.8	1.15	1.16	1.09	0.98	1.51	0.98	2.77	0.78	1.02
CR	0.28	0.39	0.57	0.66	0.49	1.50	0.37	0.71	0.13	0.16	0.17	0.13	0.34	0.24	0.86
NI	0.98	1.14	1.47	0.57	2.15	1.25	0.54	0.92	0.67	0.70	0.59	0.30	0.67	0.28	1.60
CD	0.04	<0.04	<0.04	0.41	0.24	0.54	0.08	0.12	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
MN	2.43	3.91	1.22	5.33	17.5	-	1.24	1.25	1.26	1.23	1.26	1.28	1.26	0.82	1.23
FE	51.1	94.6	32.8	89.3	272	636	35.1	36.6	38.2	34.8	101	41.3	103	68.5	82.7
HC8	<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	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
A-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
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	<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
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
PPDDE	<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
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	<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	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
OPDDE	<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
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 3 : 3 minutes après le clapage

- : non déterminé

ANNEXE 12

BOULOGNE (30/09/86) - Dosages des polluants particuliers

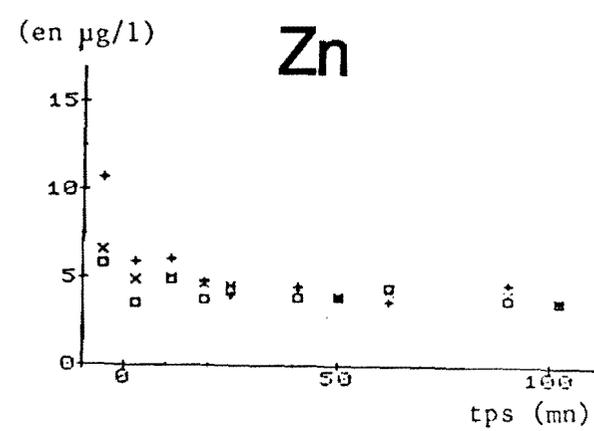
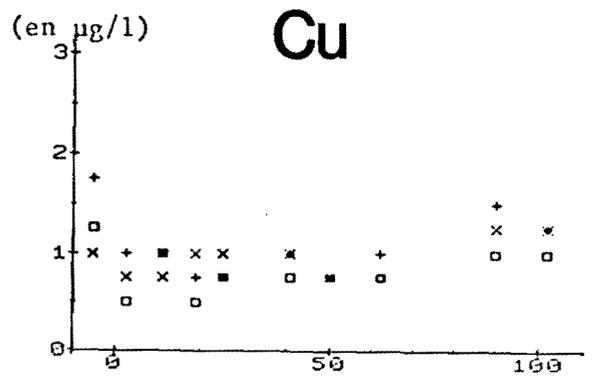
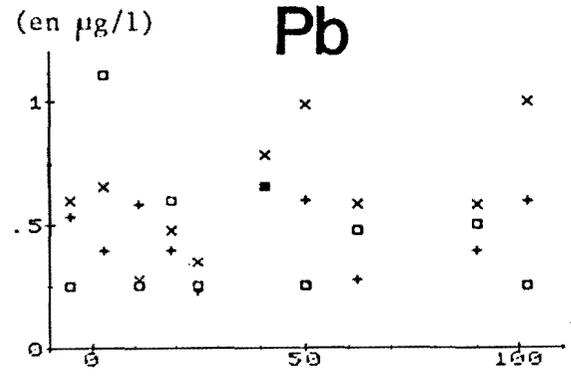
POINT	H + 41			H + 50			H + 62			H + 90			H + 102		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.31	0.58	0.79	0.94	0.98	0.67	0.66	0.65	0.66	1.26	0.96	0.58	0.65	1.10	0.46
CU	0.35	0.37	0.54	0.53	0.64	0.33	0.62	0.35	0.48	0.59	1.04	0.50	0.53	0.50	0.58
ZN	2.16	0.91	1.06	2.50	4.11	2.04	1.19	0.91	1.71	0.71	0.91	0.50	1.66	3.70	0.83
CR	0.50	0.33	0.95	0.74	0.90	0.62	1.63	0.53	0.35	0.50	0.50	0.79	0.41	1.28	0.95
NI	0.40	0.50	0.91	1.14	0.68	1.08	0.75	1.51	1.14	0.46	0.66	1.04	0.37	0.55	0.50
CD	0.09	<0.04	0.04	0.12	0.17	0.04	0.13	0.22	0.22	<0.04	0.04	0.04	0.20	0.14	0.12
MN	1.76	1.24	1.24	2.05	1.71	1.25	2.64	1.74	1.31	0.04	2.49	1.25	1.62	0.92	0.83
FE	69.1	42.6	44.3	59.3	49.2	50.4	79.3	140	93.6	81.0	144	32	50.3	63.7	68.0
HCB	<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	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
A-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
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	<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
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
PPDDE	<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
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	<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	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
OPDDE	<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
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 41 : 41 minutes après le clapage

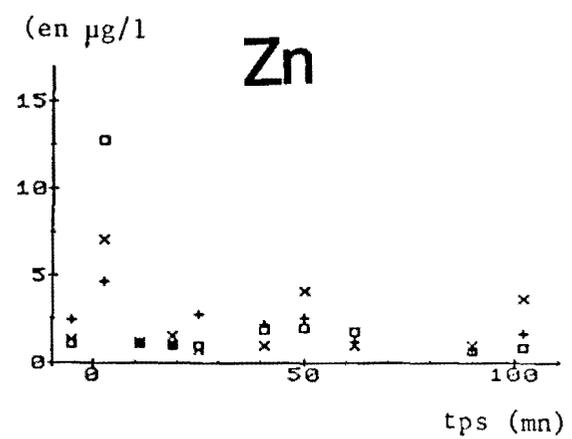
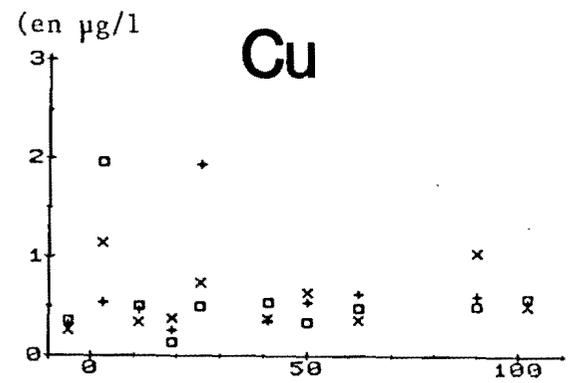
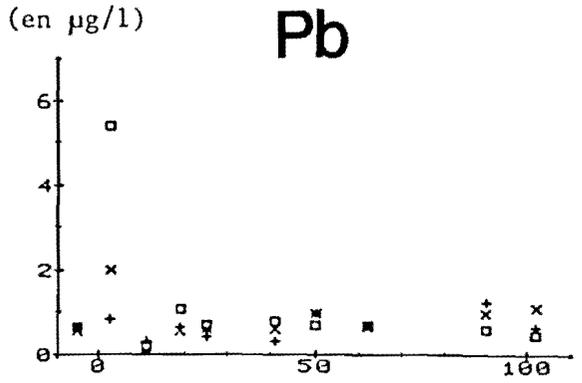
- : non déterminé

+	5 m
x	15 m
□	25 m

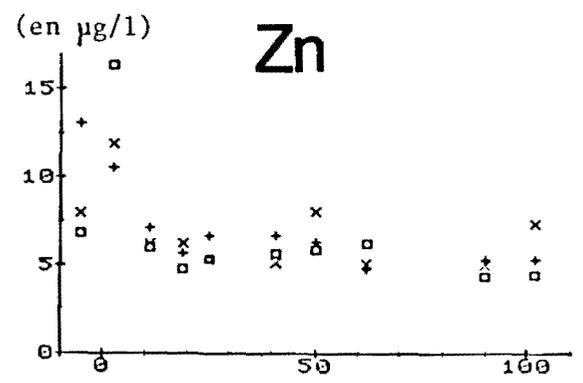
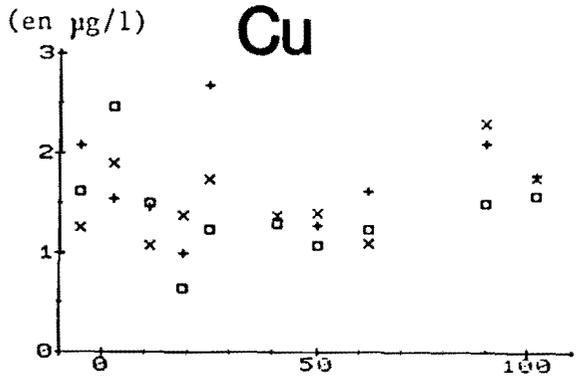
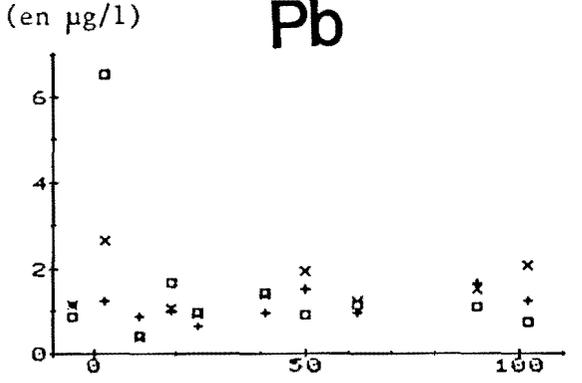
Métal dissous

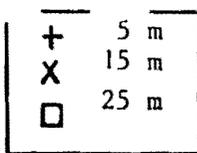


Métal particulaire

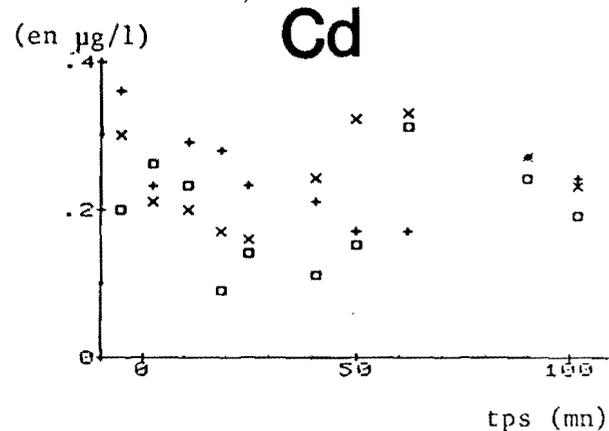
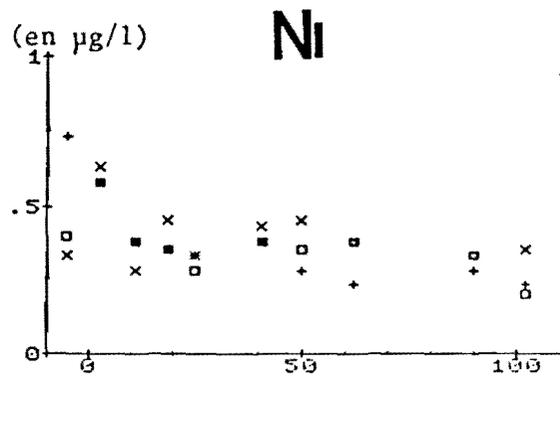


Métal total (d+p)

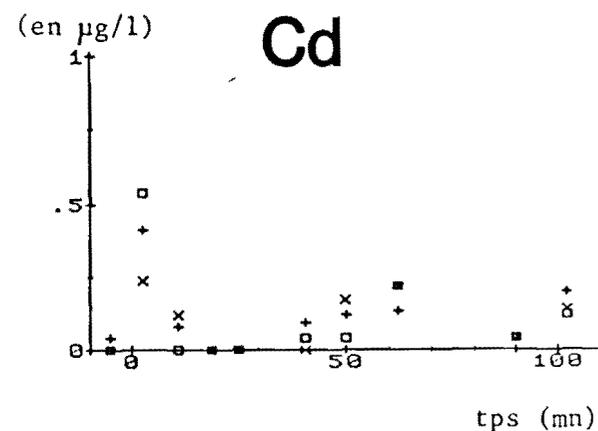
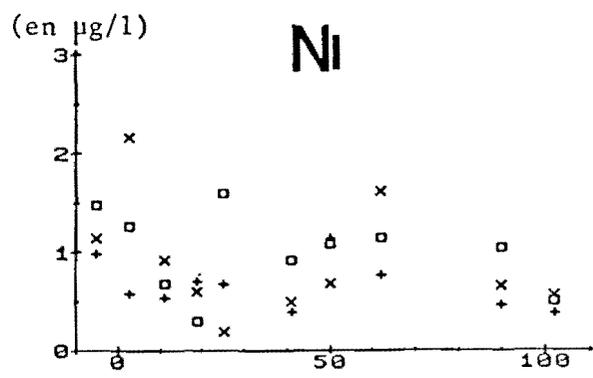
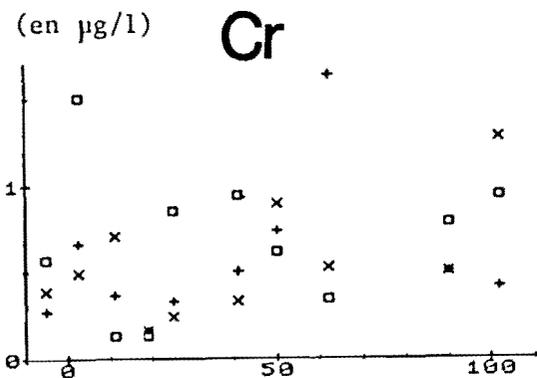




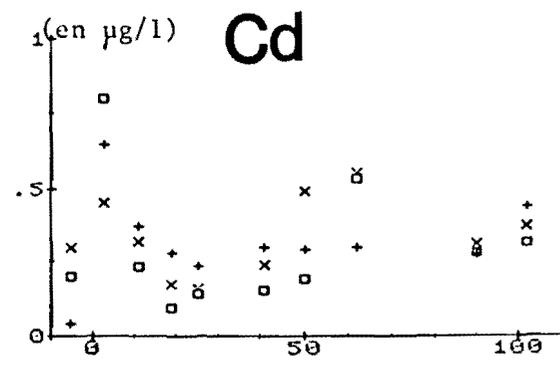
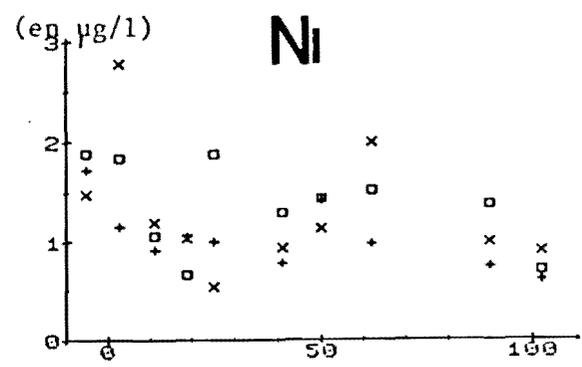
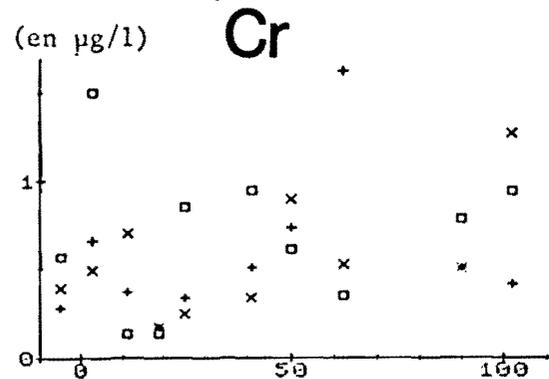
Métal dissous



Métal particulaire

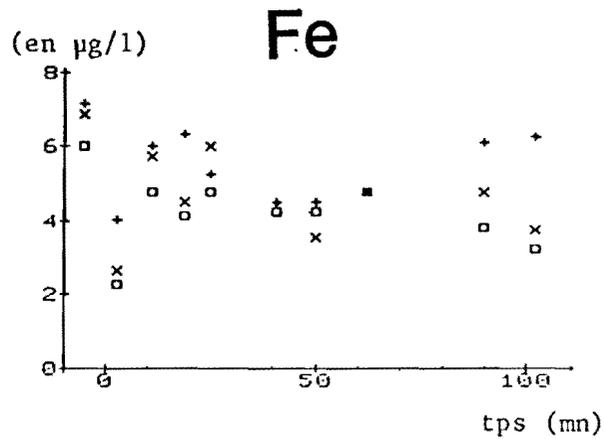
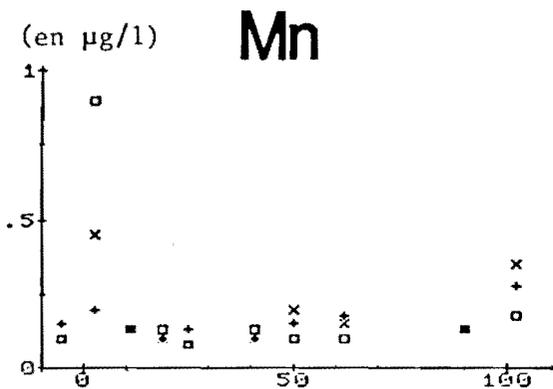


Métal total (d+p)

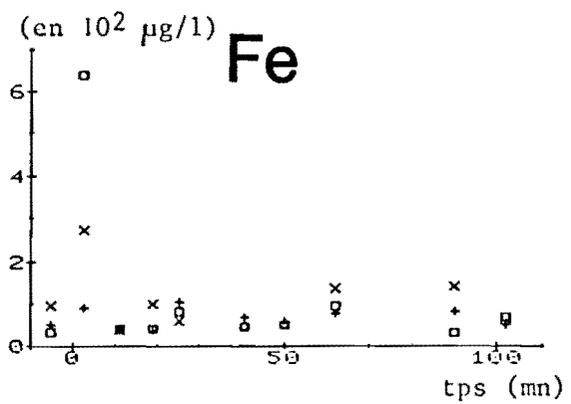
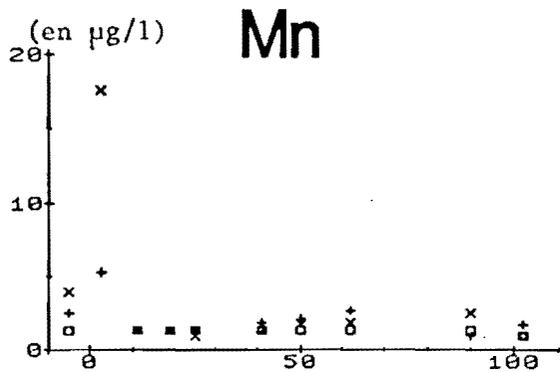


+	5 m
x	15 m
□	25 m

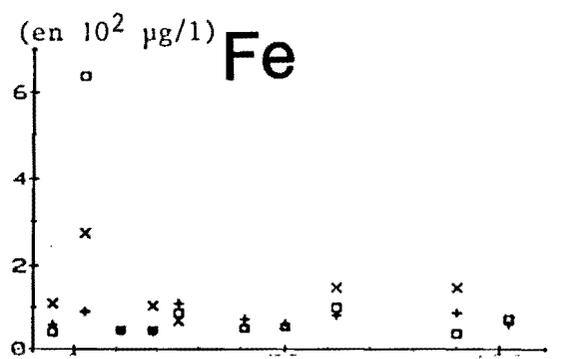
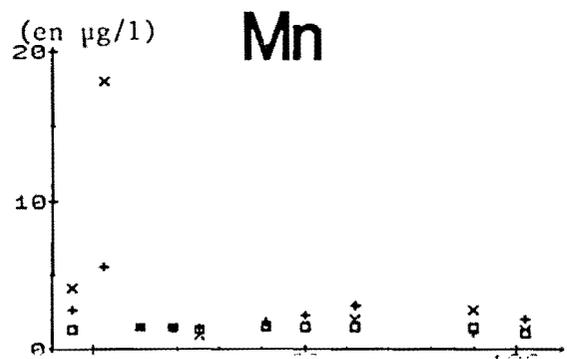
Métal dissous



Métal particulaire

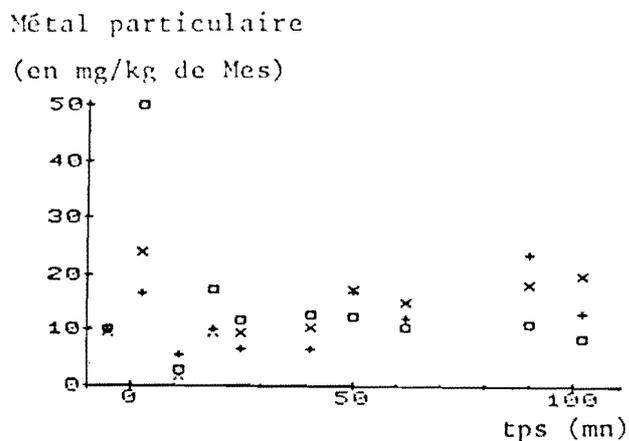


Métal total (d+p)

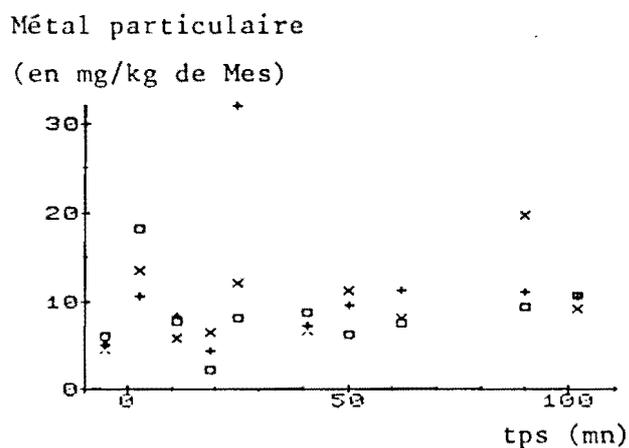


ANNEXE 13 (suite)

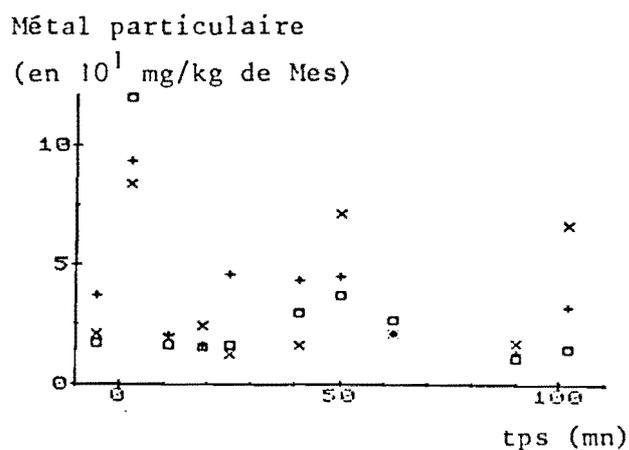
Pb



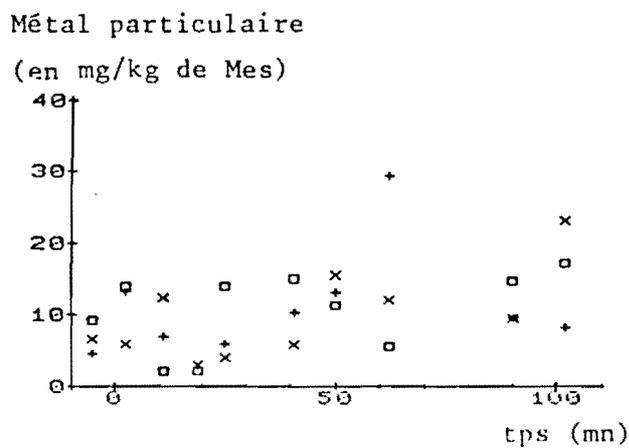
Cu



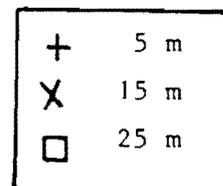
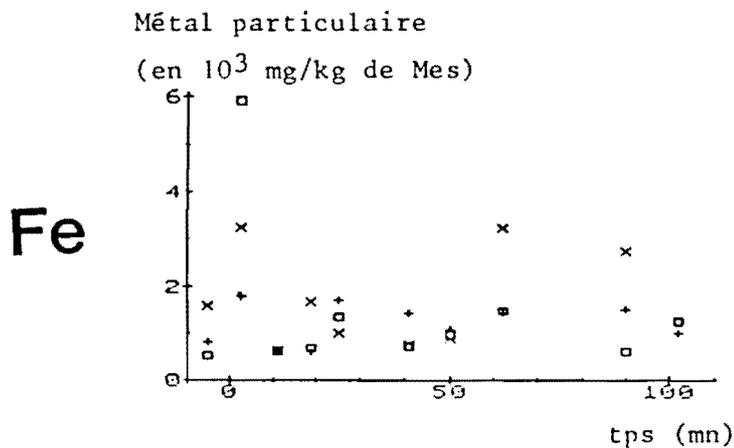
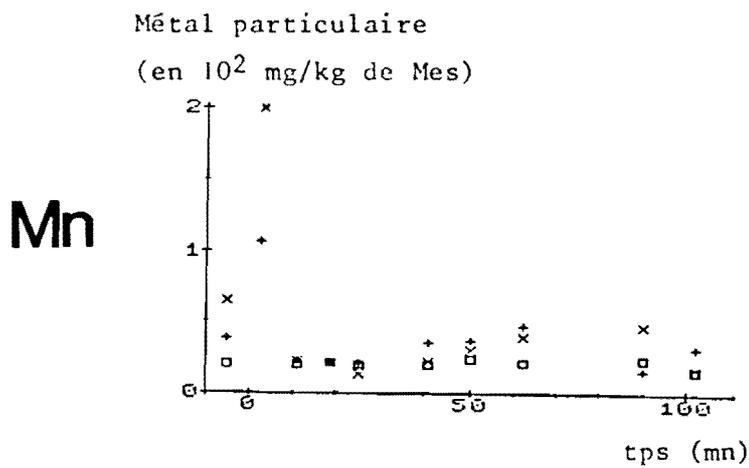
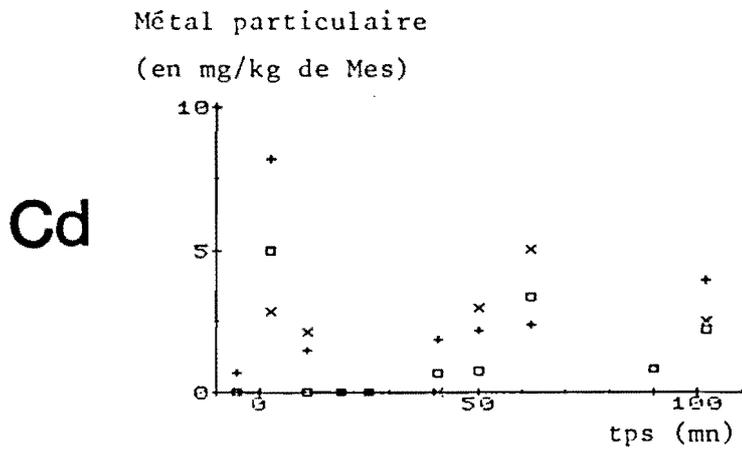
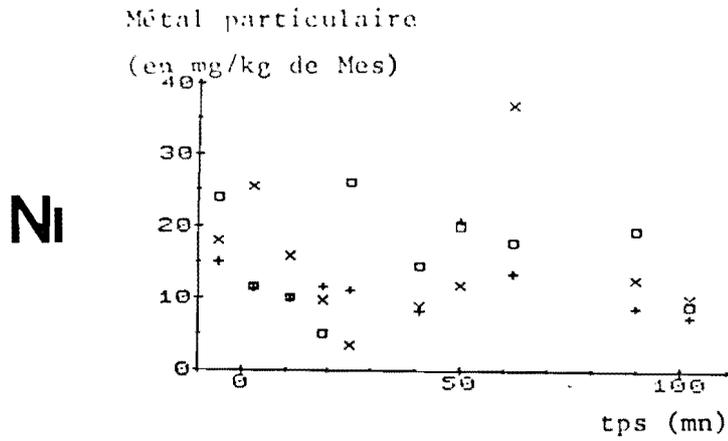
Zn



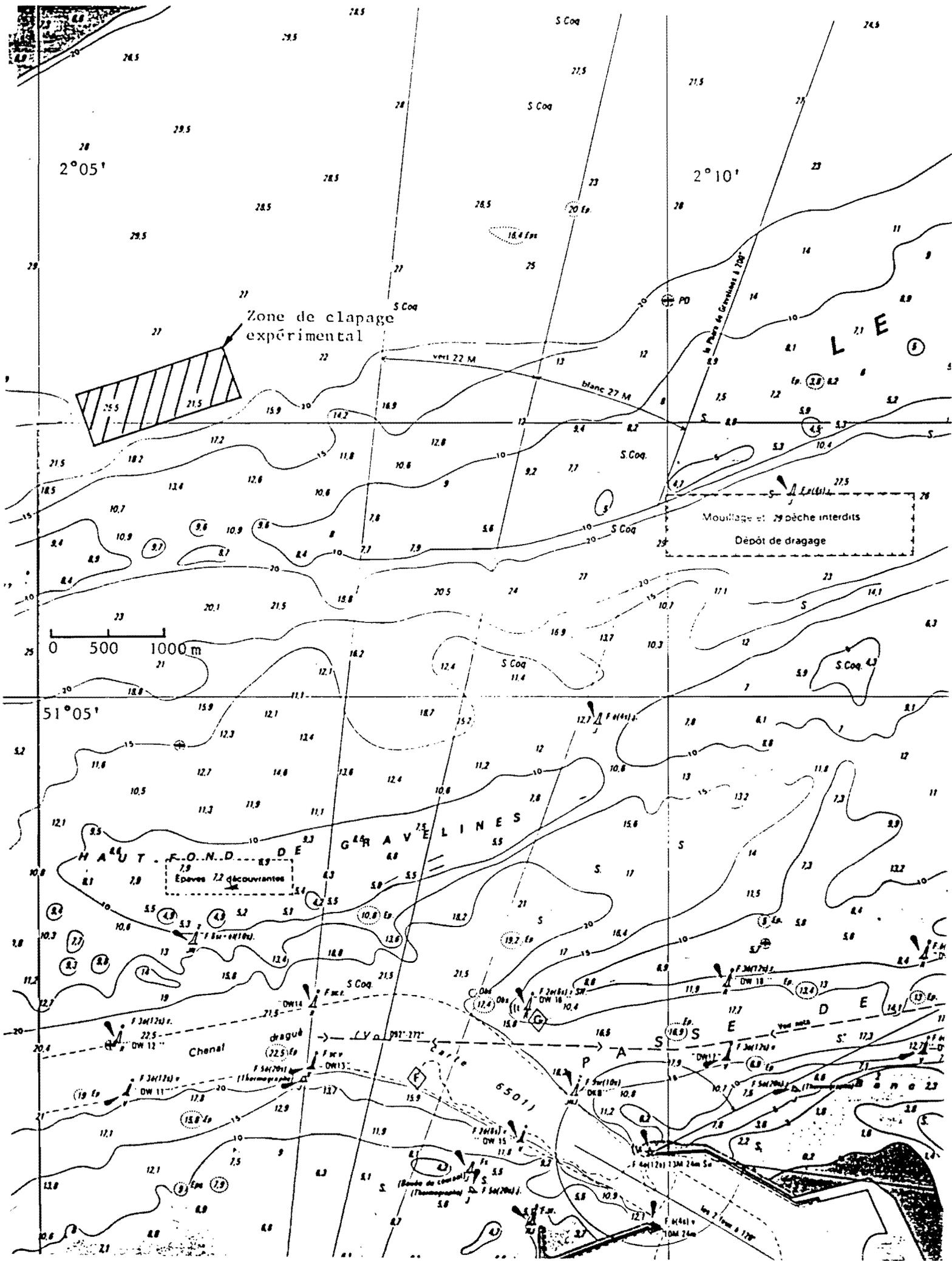
Cr



+	5 m
x	15 m
□	25 m

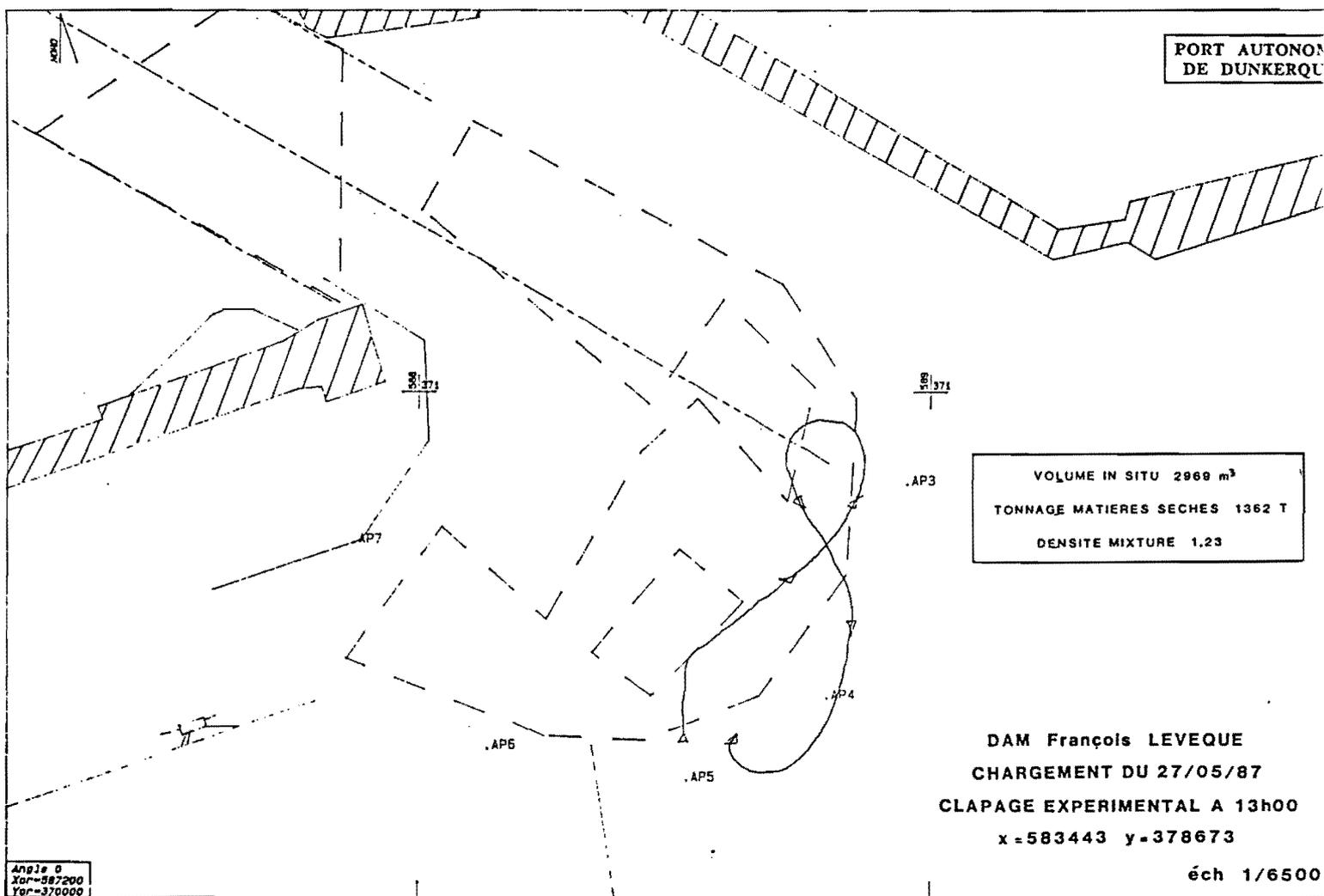


DUNKERQUE (25 et 27/05/87) : Localisation de la zone de clapage expérimental



ANNEXE 16

DUNKERQUE (27/05/87) - Localisation du secteur dragué de l'avant port Ouest



(document PAD)

SYMBOLES ET UNITES

PB	:	Plomb	(mg/kg)
CU	:	Cuivre	"
ZN	:	Zinc	"
CR	:	Chrome	"
NI	:	Nickel	"
CD	:	Cadmium	"
MN	:	Manganèse	"
FE	:	Fer	"
HG	:	Mercuré	"
HCB	:	Hexachlorobenzène	(µg/kg)
HEPTA	:	Heptachlore	"
HEPTE	:	Heptachlore époxyde	"
ALDRI	:	Aldrine	"
DIELD	:	Dieldrine	"
A-HCH	:	Isomère α de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
B-HCH	:	Isomère β	"
G-HCH	:	Isomère γ	"
D-HCH	:	Isomère δ	"
SHCH	:	Somme des isomères de l'hexachlorocyclohexane	(µg/kg)
PPDDE	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(µg/kg)
OPDDD	:	op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	:	op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
PPDDT	:	pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	:	op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"
DDX	:	Somme de DDT	(µg/kg)
PCBT	:	Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(µg/kg)
DMP	:	Diméthylphtalate	(µg/kg)
DEP	:	Diéthylphtalate	"
DBP	:	Dibutylphtalate	"
DMEP	:	Diméthoxyéthylphtalate	"
DEHP	:	Di(2-éthyl hexyl) phtalate	"
SIG-P	:	Somme des phtalates	(µg/kg)
FLUO	:	Fluoranthène	(µg/kg)
BKF	:	Benzo (k) fluoranthène	"
BBF	:	Benzo (b) fluoranthène	"
BAP	:	Benzo (a) pyrène	"
INPY	:	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	"
BPE	:	Benzo (ghi) pérylène	"
SPA6	:	Somme des 6 hydrocarbures polycycliques aromatiques	"
G<63	:	Pourcentage de particules fines (<63 µm)	(%)

DUNKERQUE - SITE AVANT CLAPAGE (25 MAI 1987)

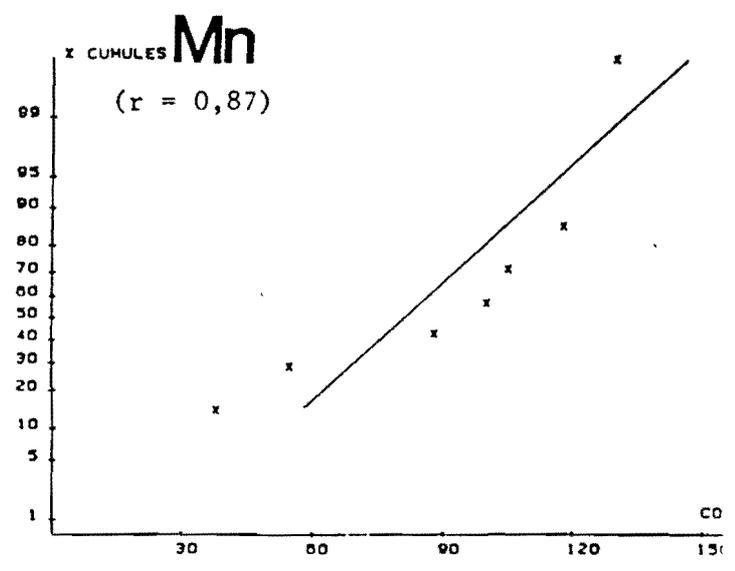
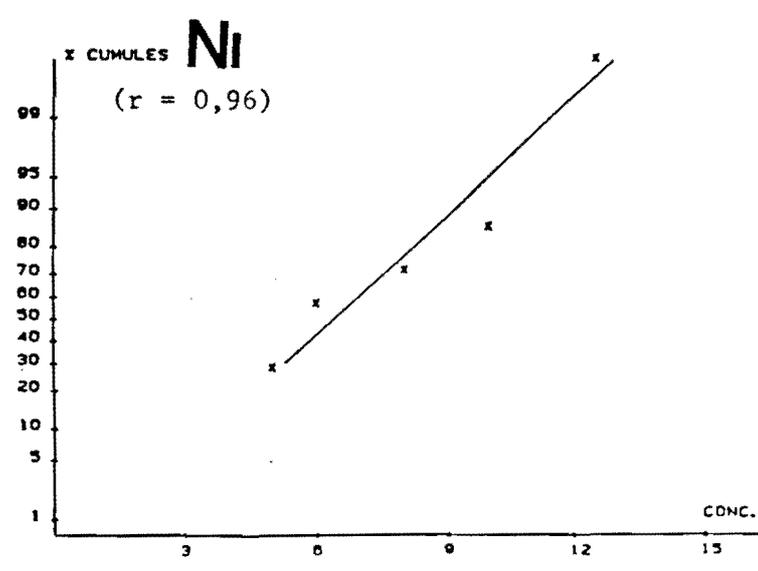
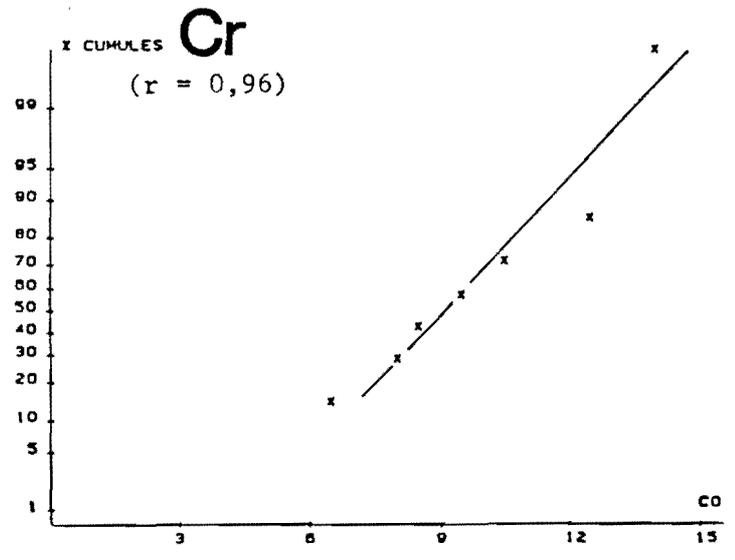
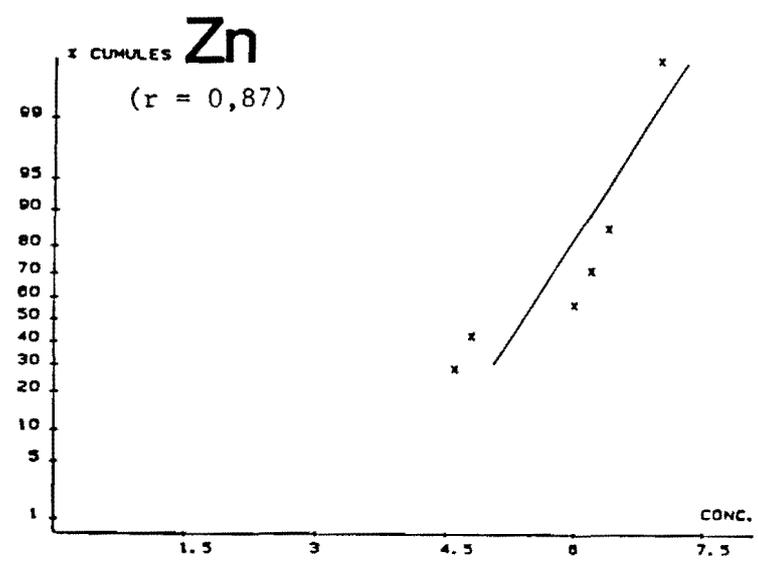
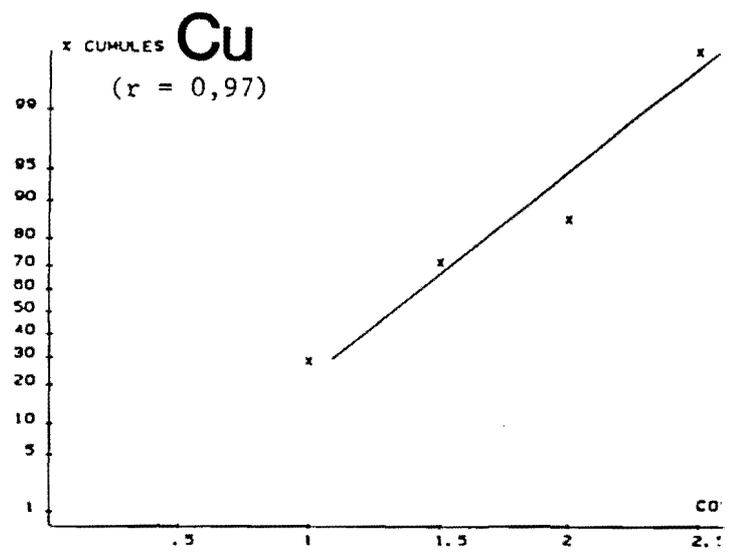
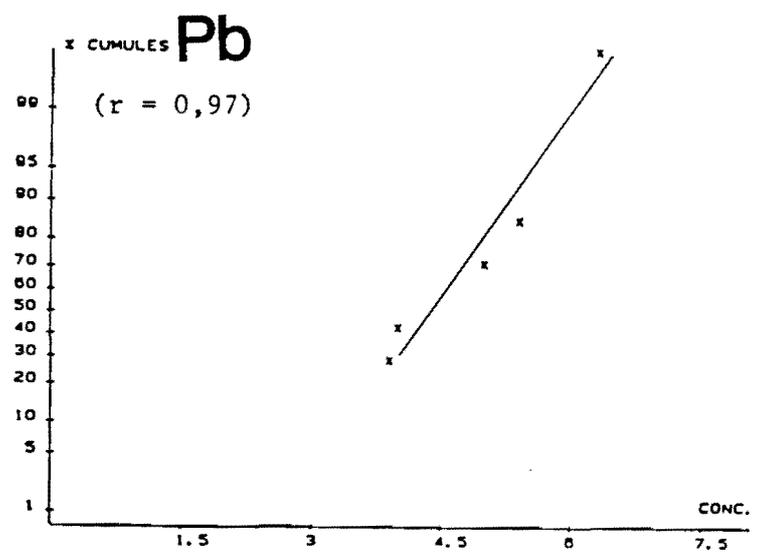
POINT	S0	S1	S2	S4	S6	S7	S8
PB	4.0	3.9	5.0	5.0	3.9	5.4	6.3
CU	1.5	2.5	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5
ZN	6.4	7.0	4.6	4.6	4.8	6.2	6.0
CR	6.5	8.0	14.0	9.5	8.5	10.5	12.5
NI	5.0	10.0	6.0	5.0	8.0	6.0	12.5
CD	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	0.05
MN	100	130	30	55	80	105	118
FE	3450	4950	1800	2400	2700	3300	3700
HG	0.070	0.055	0.045	0.050	0.050	0.070	0.120
HCB	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HEPTA	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDRI	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
DIELD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
A-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B-HCH	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
G-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
SHCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
PPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
OPDDT	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDT	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
DDX	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DBP	<20	<20	<20	<20	<20	26	<20
DNEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEHP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	82
SIG-P	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
FLUO	0.2	0.7	0.3	0.5	<0.1	0.2	0.3
BKF	0.1	0.2	<0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1
BBF	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
BAP	0.3	0.5	0.8	0.3	0.5	0.4	0.2
INPY	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
BPE	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
SPAH	0.9	1.8	1.4	1.2	0.9	0.8	0.9
B<63	<0.1	0.6	0.4	0.6	0.2	0.4	0.7

DUNKERQUE - SITE APRES CLAPAGE (27 MAI 1987)

POINT	S'1	S'2	S'3	S'4	S'5	S'6	S'7
PB	5.0	5.0	5.4	6.5	3.0	7.0	6.2
CU	2.0	3.0	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0
ZN	6.0	8.0	5.3	7.1	4.5	6.3	6.7
CR	8.0	22.0	8.0	9.5	9.5	9.5	6.5
NI	7.0	16.0	6.5	4.0	4.5	10.0	4.0
CD	<0.02	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	0.05
MN	120	130	75	100	65	120	80
FE	3000	5450	2450	3300	2250	4000	1800
HG	0.090	0.050	0.070	0.075	0.055	0.045	0.060
HCB	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HEPTA	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
HEPTE	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
ALDRI	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
DIELD	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
A-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B-HCH	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
G-HCH	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
SHCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
PPDDD	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
OPDDT	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDT	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
OPDDE	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
DDX	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DMP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DBP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DNEP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
DEHP	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
SIG-P	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
FLUO	0.2	0.1	0.2	0.4	0.3	0.1	0.5
BKF	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
BBF	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4
BAP	0.5	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	0.2
INPY	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6
BPE	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
SPAH	1.1	0.8	0.7	1.4	1.0	0.9	1.2
B<63	0.7	0.5	0.6	0.8	1.1	0.2	0.3

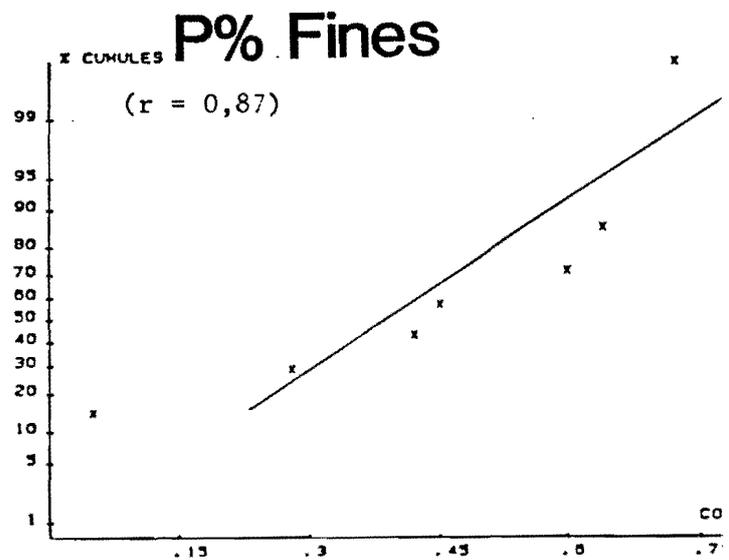
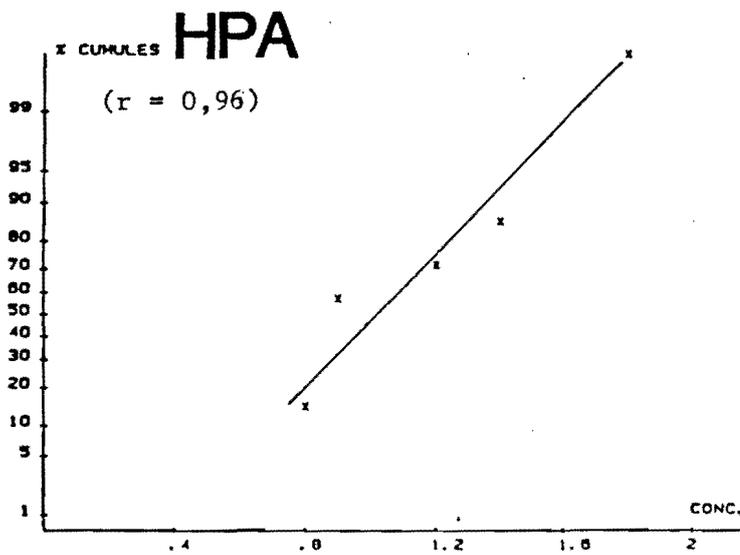
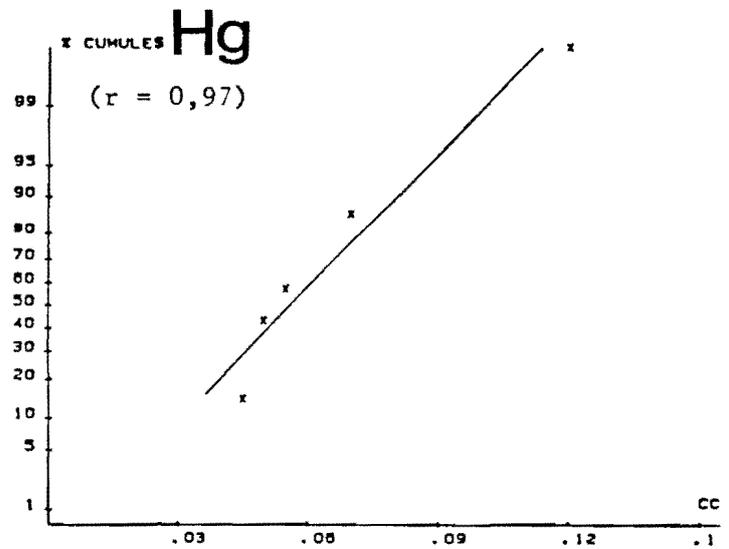
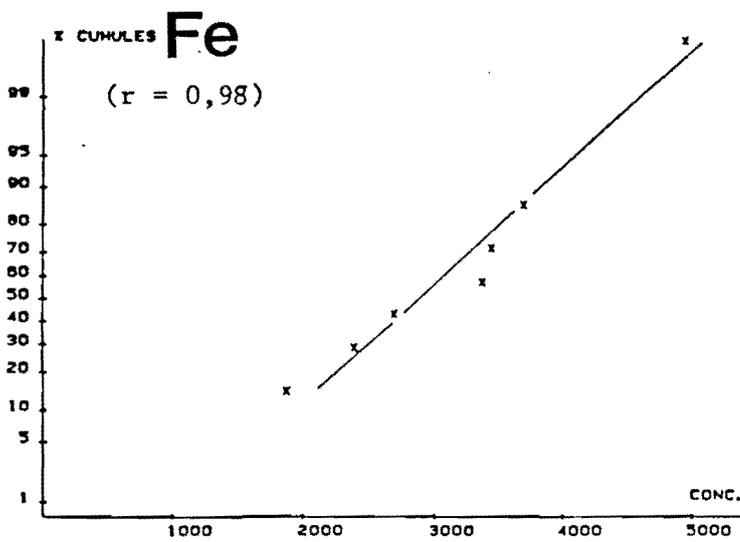
ANNEXE 18

DUNKERQUE / SITE AVANT CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence/concentration)
pour les sédiments



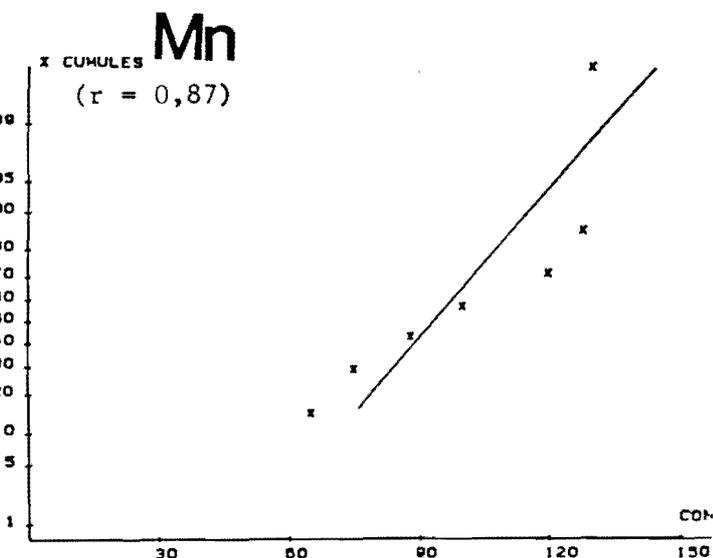
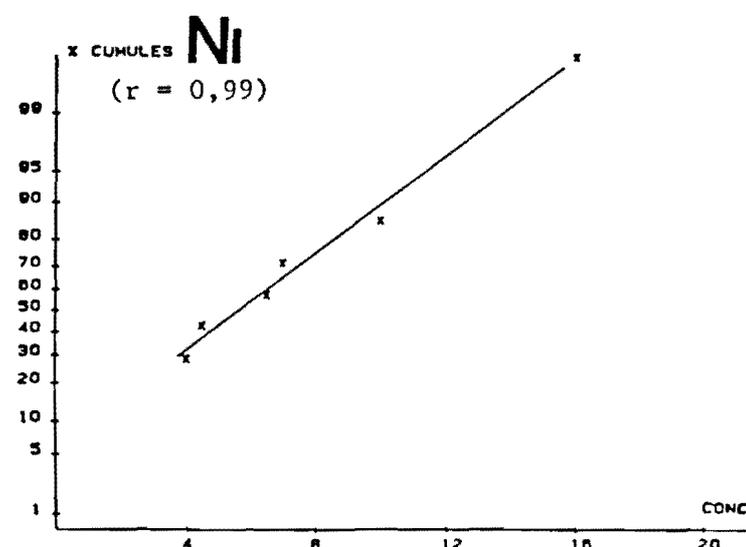
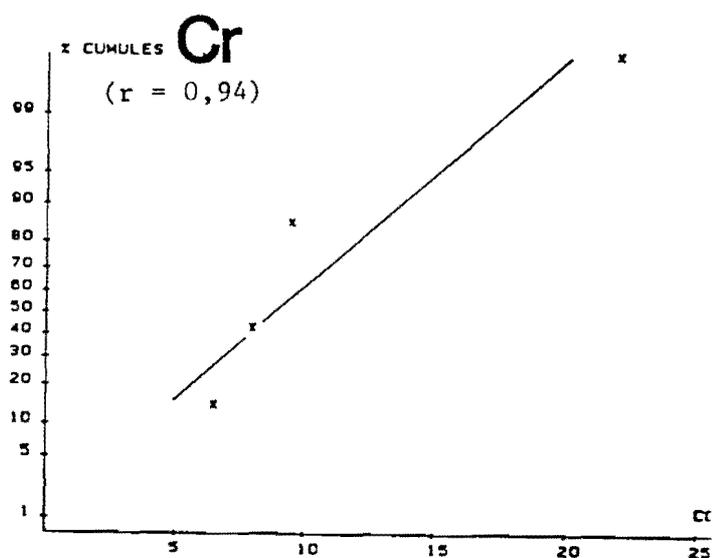
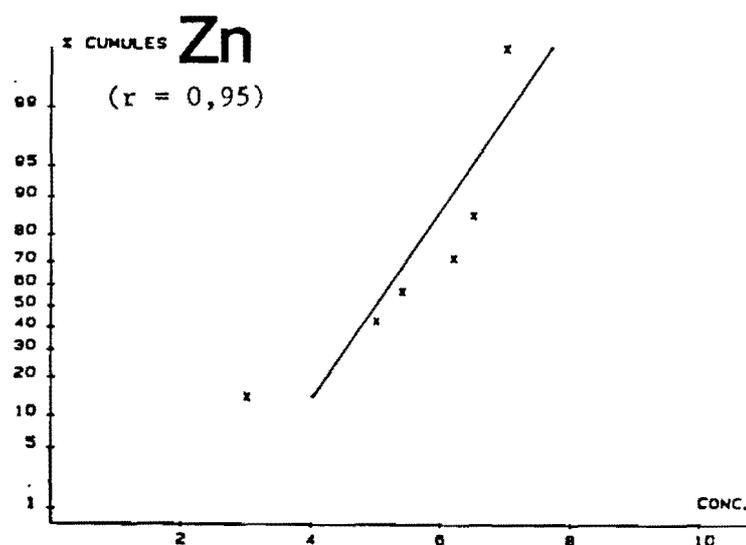
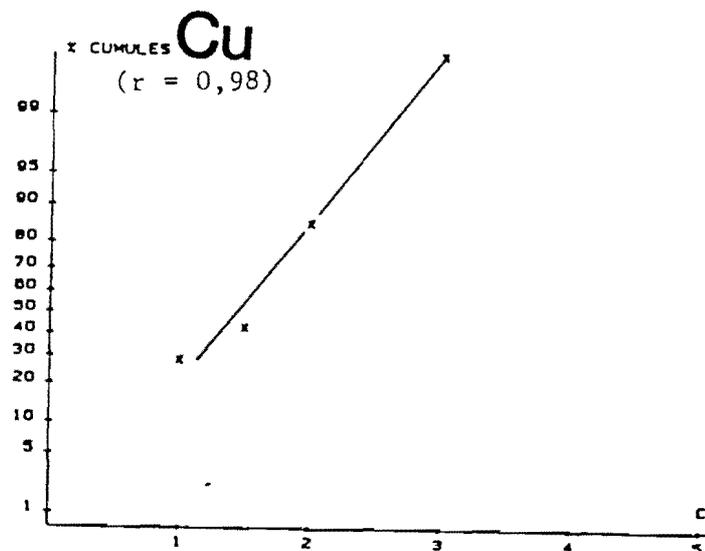
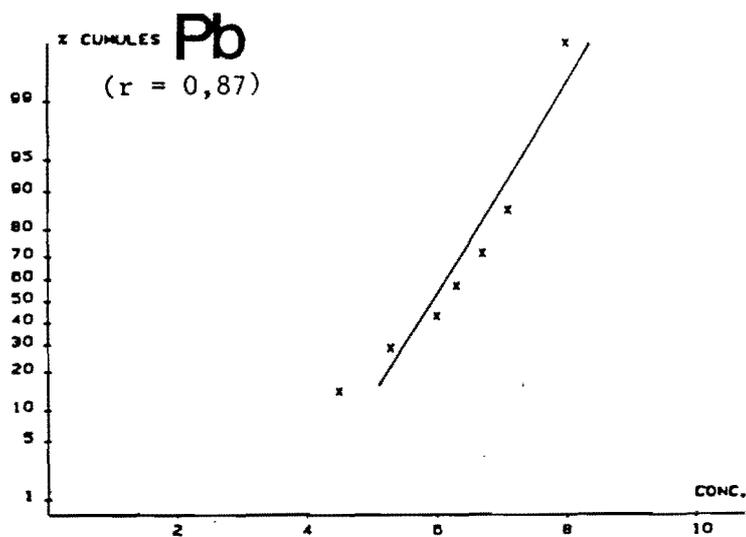
ANNEXE 18 (suite)

DUNKERQUE / SITE AVANT CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence/concentration)
pour les sédiments



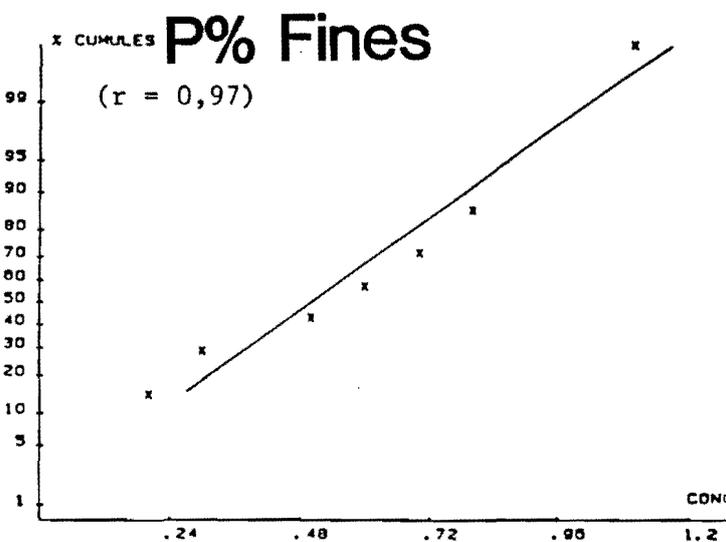
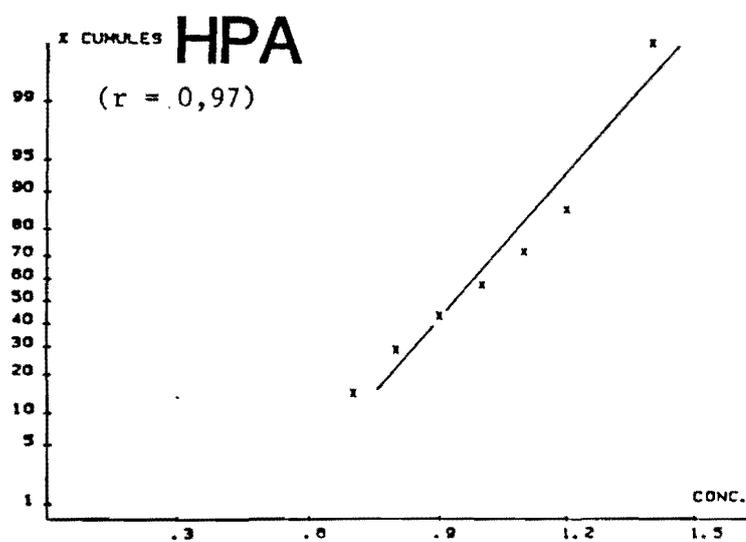
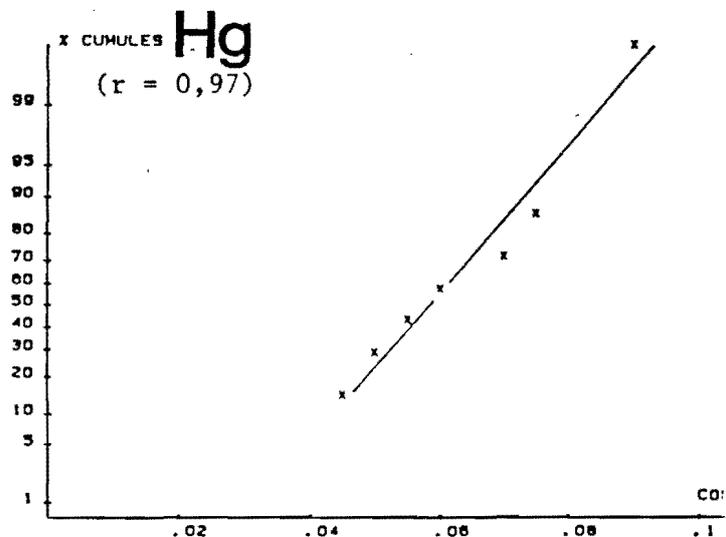
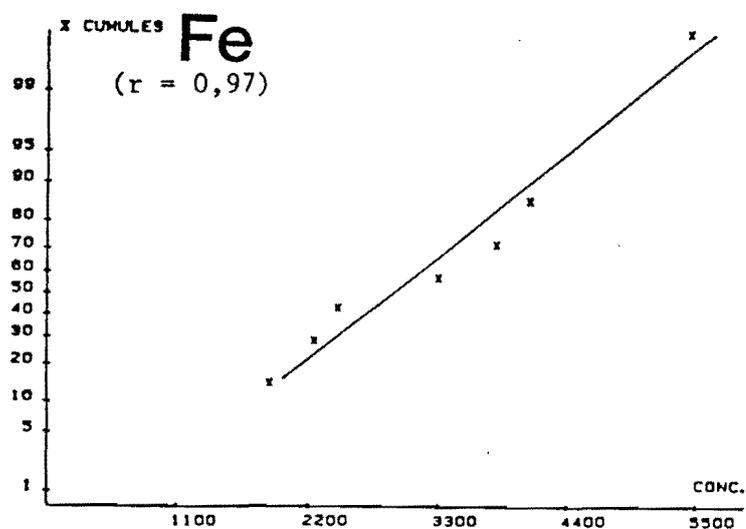
ANNEXE 19

DUNKERQUE / SITE APRES CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence / concentration)
pour les sédiments

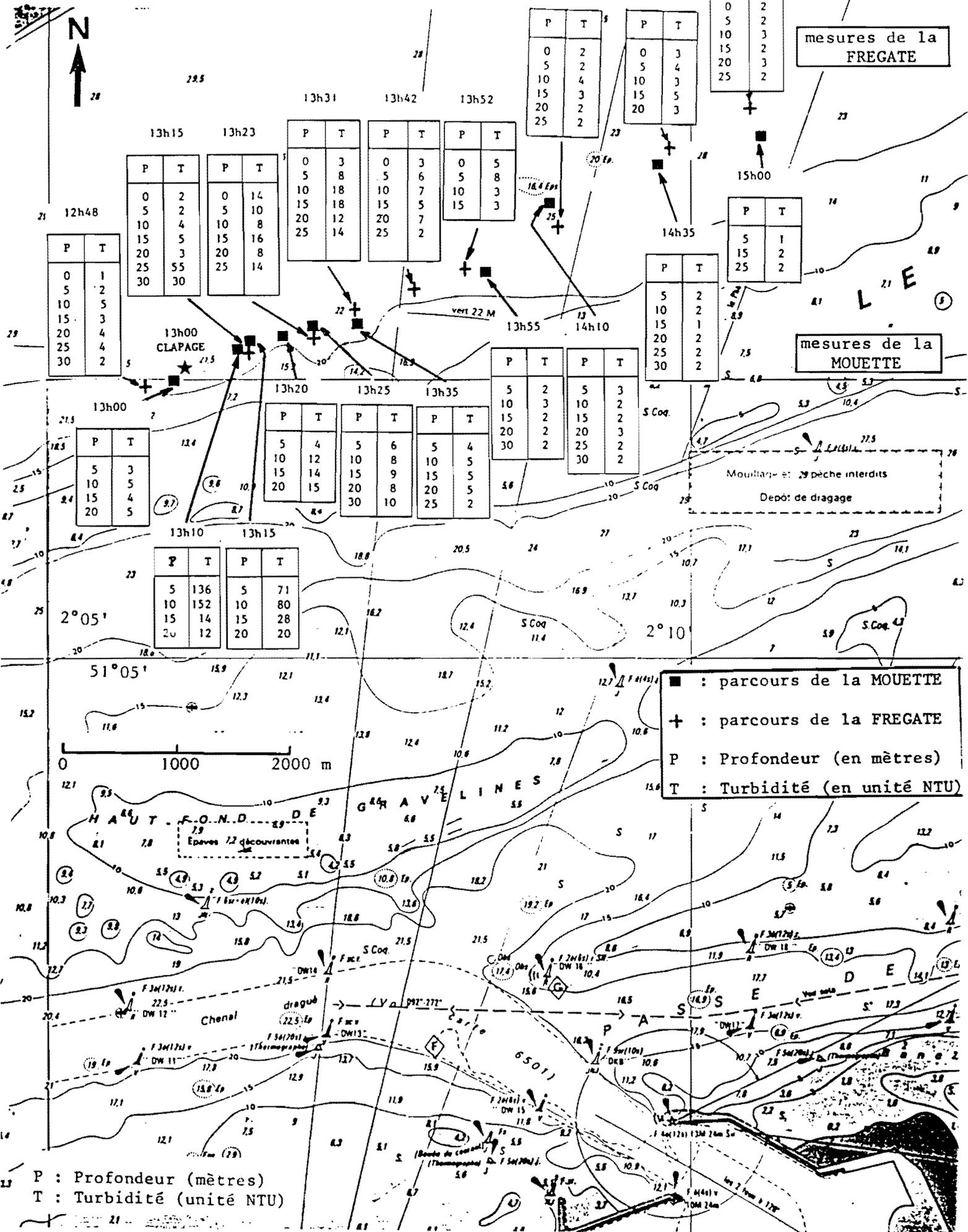


ANNEXE 19 (suite)

DUNKERQUE / SITE APRES CLAPAGE : Courbes de Henry (fréquence / concentration)
pour les sédiments



DUNKERQUE (Mission du 27/05/87) : suivi de
flotteurs et repérage du nuage turbide
(coeff. : 79 - PM : 13h40/BM : 20h36 - Renverses
théoriques : 11h40 / 17h40



ANNEXE 21

DUNKERQUE (27/05/87)- Dosages sur les eaux brutes

POINT	H - 30			H + 4			H + 11			H + 24			H + 34		
	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
MES	5	4	5	5	3	231	695	38	39	6	14	7	4	5	5
COT	1.6	1.6	1.6	1.7	2.1	2.5	6.4	3.5	3.8	3.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6
SPAH	11	22	18	17	21	388	1080	178	64	90	186	22	29	39	48

POINT	H+42	H + 75			H + 94			H + 106			H + 122		
	5M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
MES	3	5	4	7	4	6	6	5	5	5	8	6	5
COT	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	1.9	2.2	2.0	1.9	2.1	2.1	1.9	1.9
SPAH	21	12	16	19	13	13	13	11	19	9	11	11	6

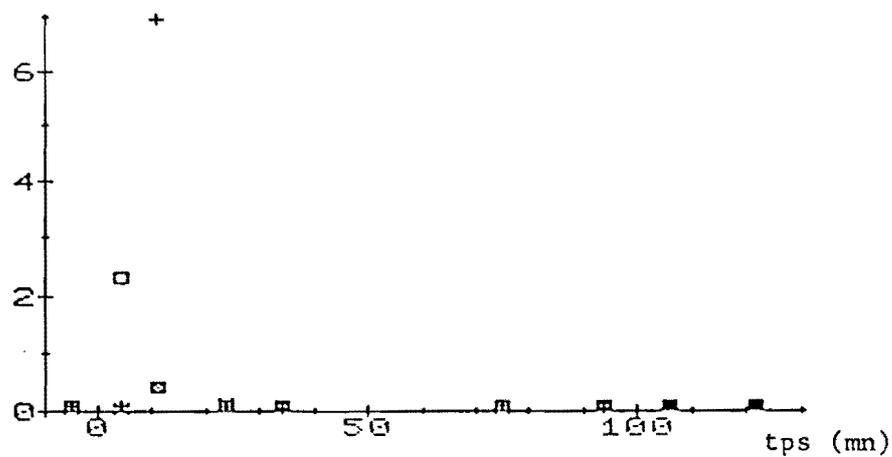
MES : Matières en suspension (mg/l)

COT : Carbone organique total (mg/l)

SPAH : Somme des 6 hydrocarbures polycycliques aromatiques (ng/l)

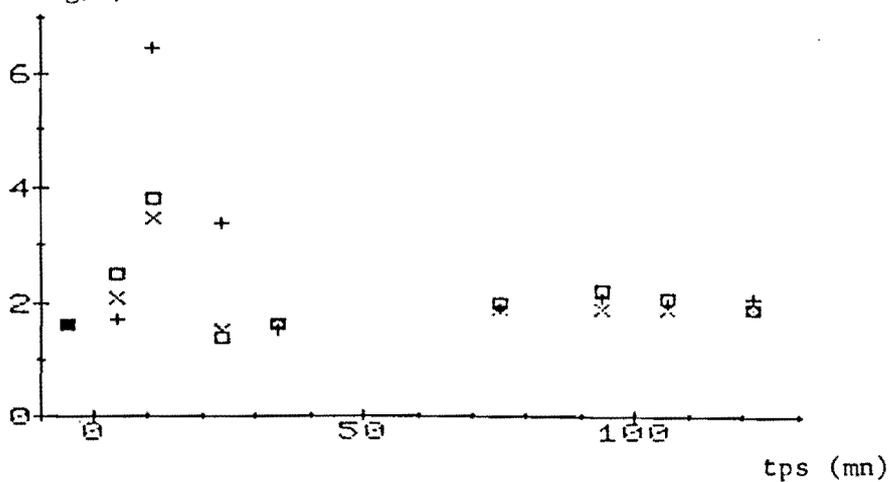
H+4 : 4 minutes après le clapage

Matières en suspension

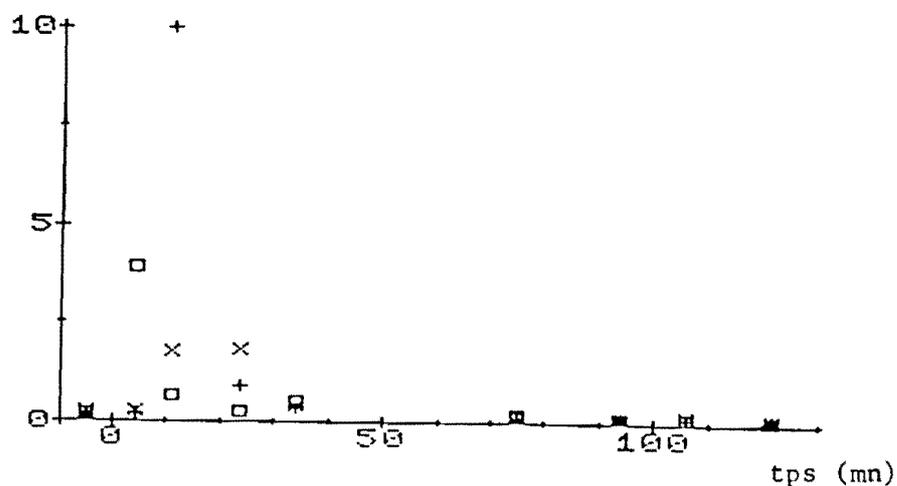
(en 10^2 mg/l)

Carbone organique total

(en mg/l)



Hydrocarbures polycycliques aromatiques

(en 10^2 ng/l)

+	: 5 m
X	: 15 m
□	: 25 m

SYMBOLES ET UNITES

PB	:	Plomb	($\mu\text{g}/\text{l}$)
CU	:	Cuivre	"
ZN	:	Zinc	"
CR	:	Chrome	"
NI	:	Nickel	"
CD	:	Cadmium	"
MN	:	Manganèse	"
FE	:	Fer	"

HCB	:	Hexachlorobenzène	(ng/l)
HEPTA	:	Heptachlore	"
HEPTE	:	Heptachlore époxyde	"
ALDRI	:	Aldrine	"
Dield	:	Dieldrine	"

A-HCH	:	Isomère γ de l'Hexachlorocyclohexane	(ng/l)
B-HCH	:	Isomère β	"
G-HCH	:	Isomère δ	"
D-HCH	:	Isomère ϵ	"

PPDDE	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(ng/l)
OPDDD	:	op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	:	pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	:	op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
PPDDT	:	pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	:	op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"

DDX	:	Somme de DDT	(ng/l)
-----	---	--------------	--------------------------

PCBT	:	Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(ng/l)
------	---	----------------------------------	--------------------------

ANNEXE 23 (suite)

DUNKERQUE (27/05/87) - Dosages sur les eaux filtrées

POINT	H+42	H + 75			H + 94			H + 106			H + 122		
	5M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.63	0.75	1.7	0.63	0.5	1.5	0.75	0.75	1.5	0.63	0.88	0.88	0.63
CU	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8	5.0	5.5	4.8	5.3	5.8	17.5	4.8	5.3
ZN	10	11	12	10	8	9	10	11	9	12	25	16	11
CR	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
NI	0.43	0.25	0.63	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.38
CD	0.2	0.15	0.35	0.15	0.15	0.25	0.13	0.25	0.25	0.18	0.1	0.15	0.13
MN	0.13	0.13	0.15	0.13	0.13	0.08	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.1	0.13
FE	3.8	2.5	1.3	1.3	1.8	1.5	1.5	4.8	1.5	1.5	2.8	2.5	1.3
HCB	<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	<0.5	<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
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
DIELD	<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
A-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
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
6-HCH	5.3	3.7	3.6	3.9	1.9	2.2	3.3	2.7	2.8	2.6	<0.5	5.6	2.6
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
PPDDE	<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
DPDDD	<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	<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
PPDDT	<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
OPDDE	<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
DDX	<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
FCBT	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

H + 75 : 75 minutes après le clapage

- : non déterminé

SYMBOLES ET UNITES

PB	: Plomb	($\mu\text{g}/\text{l}$)
CU	: Cuivre	"
ZN	: Zinc	"
CR	: Chrome	"
NI	: Nickel	"
CD	: Cadmium	"
MN	: Manganèse	"
FE	: Fer	"
HG	: Mercure	(ng/l)
HCB	: Hexachlorobenzène	(ng/l)
HEPTA	: Heptachlore	"
HEPTE	: Heptachlore époxyde	"
ALDRI	: Aldrine	"
DIELD	: Dieldrine	"
A-HCH	: Isomère α de l'Hexachlorocyclohexane	(ng/l)
B-HCH	: Isomère β	"
G-HCH	: Isomère γ	"
D-HCH	: Isomère δ	"
PPDDE	: pp'-dichlorodiphényldichloréthylène	(ng/l)
OPDDD	: op'-dichlorodiphényldichloréthane	"
PPDDD	: pp'-dichlorodiphényldichloréthane	"
OPDDT	: op'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
PPDDT	: pp'-dichlorodiphényltrichloréthane	"
OPDDE	: op'-dichlorodiphényldichloréthylène	"
DDX	: Somme de DDT	(ng/l)
PCBT	: Polychlorobiphényles (DP5 + DP6)	(ng/l)

ANNEXE 24

DUNKERQUE (27/05/1987) - Dosages des polluants particulaires

POINT	H - 30			H + 4			H + 11			H + 24			H + 34		
	5M	15M	25M	5M	15	25	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.9	0.2	0.4	0.7	0.2	21	37	3.5	3.5	0.7	1.7	0.7	0.4	0.7	0.4
CU	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	163	200	26	20	2.5	11	4.0	3.0	4.0	4.0
ZN	4.0	3.0	5.2	3.4	3.3	170	220	15	14	2.5	6.2	2.0	4.3	5.6	5.0
CR	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	5.0	12.5	1.7	1.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
NI	<0.5	<0.5	0.7	0.9	<0.5	5.0	4.0	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	<0.5	1.2	<0.5	<0.5
CD	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.3	0.6	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
MN	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3	90	295	14	15	1.2	2.7	1.4	1.1	1.2	1.1
FE	36	27	67	60	35	3940	10100	700	770	59	205	66	52	47	46
HG	64	52	52	64	-	166	276	74	64	00	52	48	00	100	50
HCB	<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	<0.5	<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	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
A-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
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	<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
D-HCH	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PPDDE	<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
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	<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	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
OPDDE	<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
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	16	35	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 4 : 4 minutes après le clapage

- : non déterminé

ANNEXE 24 (suite)

DUNKERQUE (27/05/1987) - Dosages des polluants particuliers

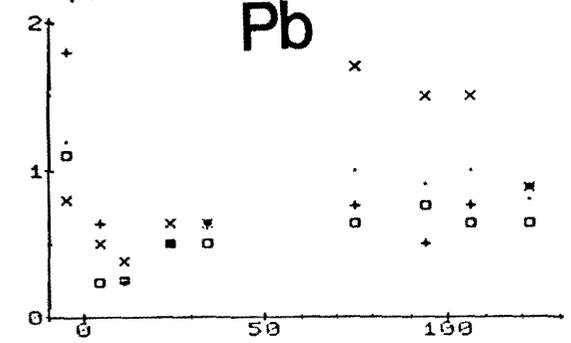
POINT	H+42	H + 75			H + 94			H + 106			H + 122		
	5M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M	5M	15M	25M
PB	0.7	0.4	<0.2	0.4	<0.2	0.4	0.8	0.9	0.2	0.6	0.7	<0.2	0.7
CU	1.5	2.8	2.2	3.5	2.0	2.5	3.0	2.0	4.0	4.5	6.5	2.5	5.5
ZN	1.2	1.6	1.2	2.5	3.0	2.4	3	2.5	2.5	2.8	5.0	2.3	6.2
CR	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	1.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
NI	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
CD	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
MN	1.3	1.8	1.5	1.3	1.5	1.8	1.6	1.7	2.0	2.1	1.5	1.5	2.7
FE	33	68	52	105	52	57	58	46	46	55	68	43	60
HG	54	64	42	44	52	42	44	50	100	60	48	46	44
HCB	<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	<0.5	<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
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
DIELD	<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
A-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
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
6-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
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
PPDDE	<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
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
PPDDD	<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
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
PPDDT	<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
OPDDE	<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
DDX	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0
PCBT	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

H + 75 : 75 minutes après le clapage

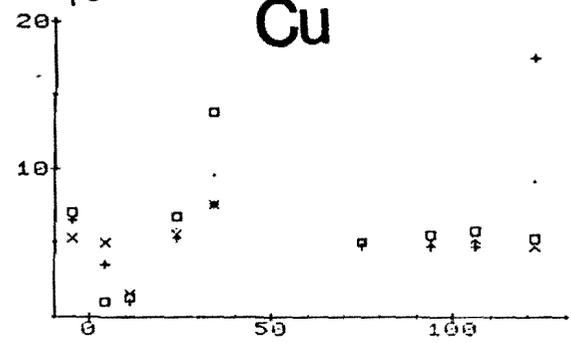
- : non déterminé

Métal dissous

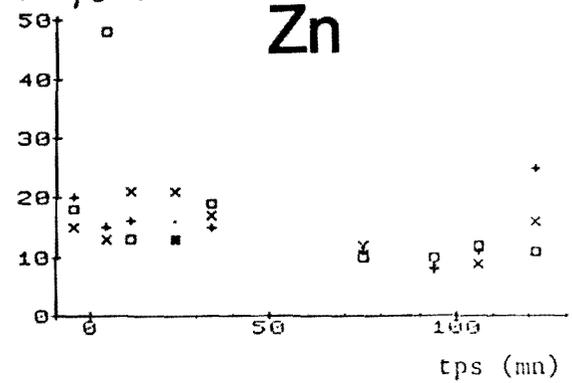
(en µg/l)



(en µg/l)



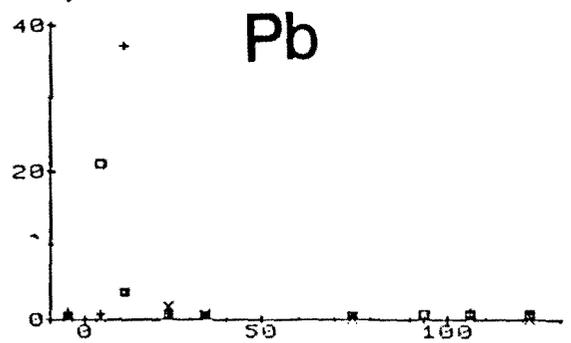
(en µg/l)



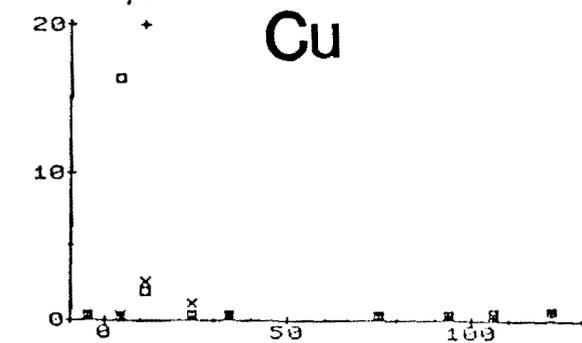
tps (mn)

Métal particulaire

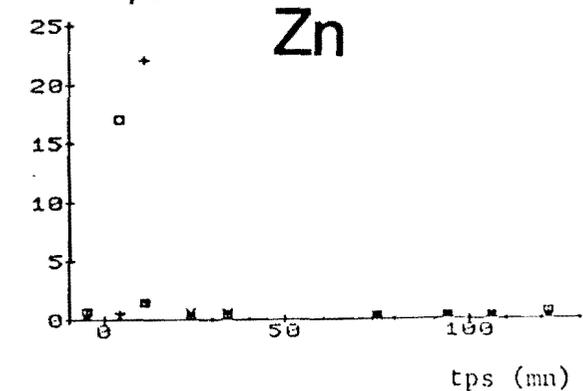
(en µg/l)



(en 10¹ µg/l)



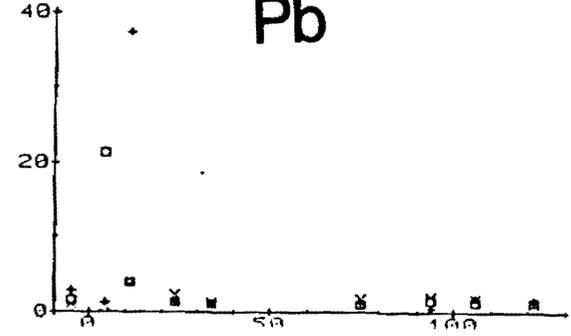
(en 10¹ µg/l)



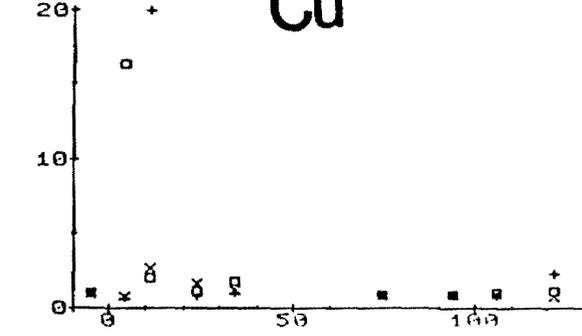
tps (mn)

Métal total (d+p)

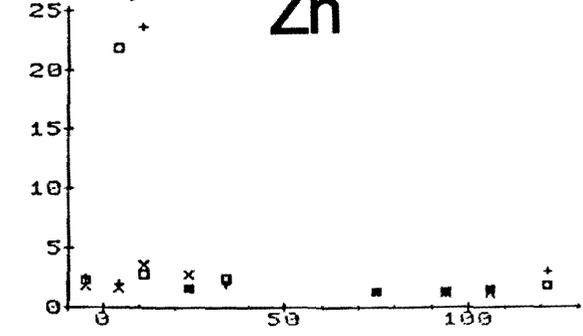
(en µg/l)



(en 10¹ µg/l)

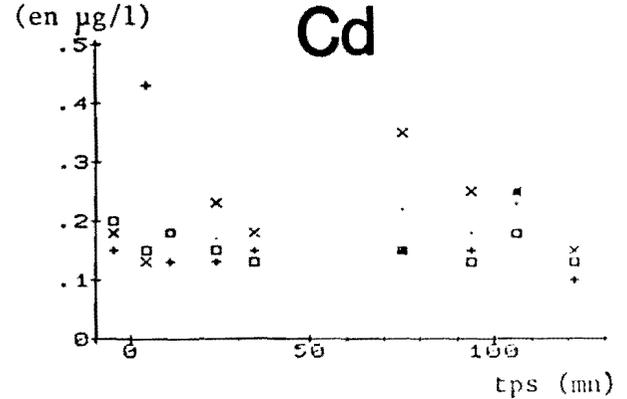
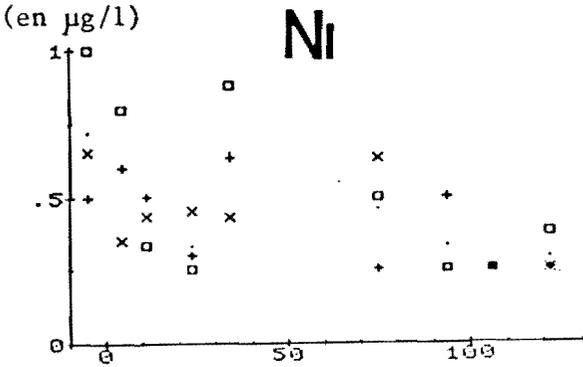


(en 10¹ µg/l)

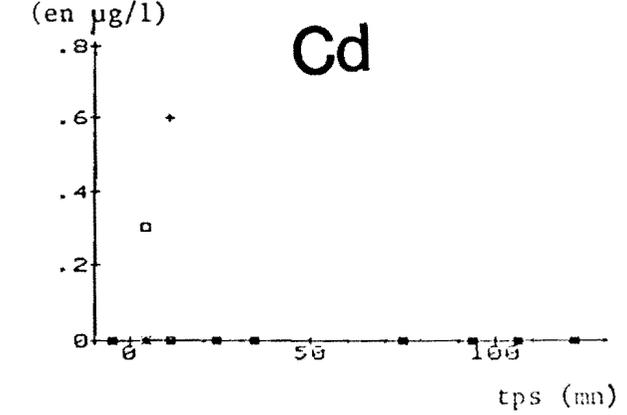
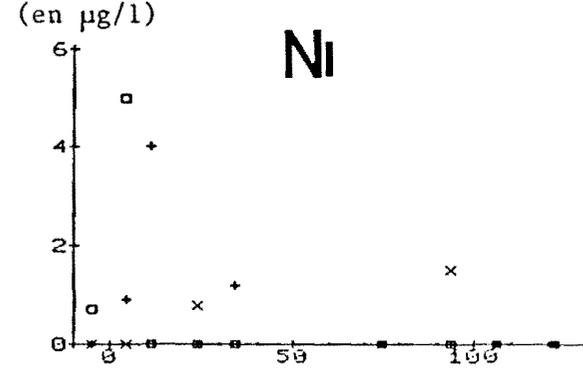
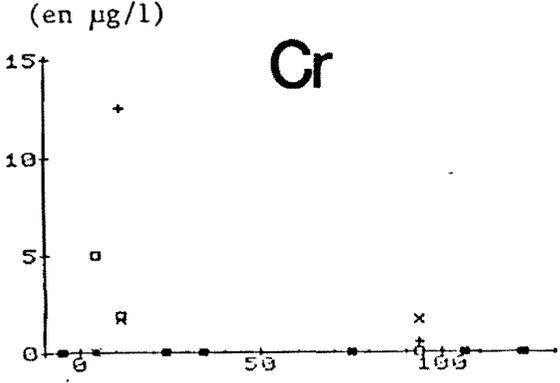


+ : 5 m
 x : 15 m
 □ : 25 m

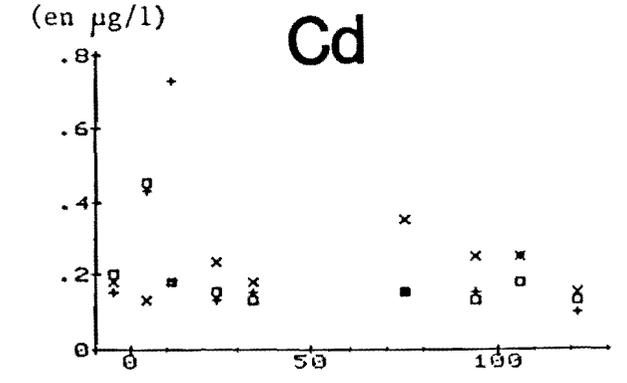
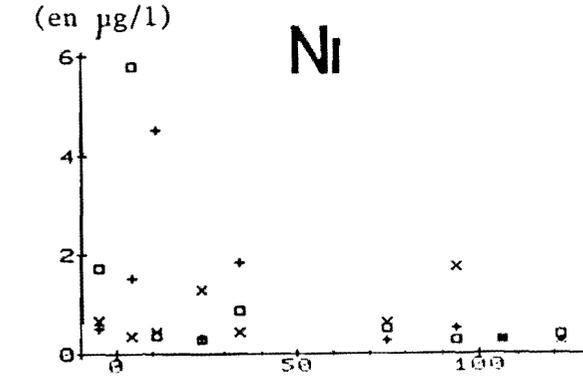
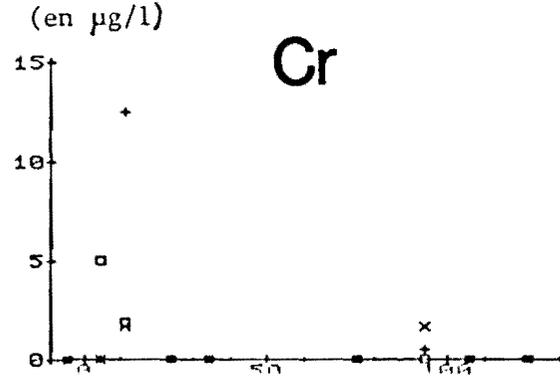
Métal dissous



Métal particulaire

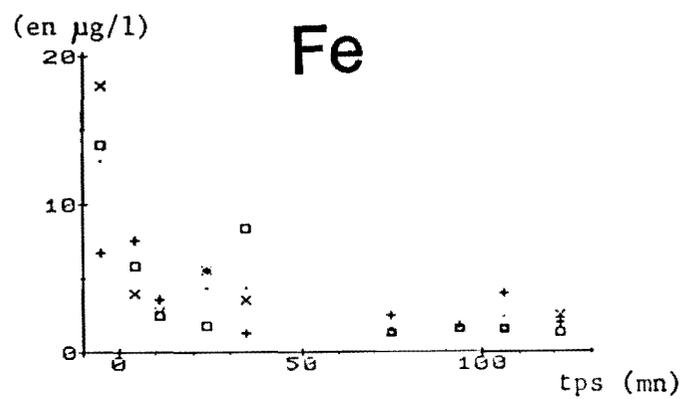
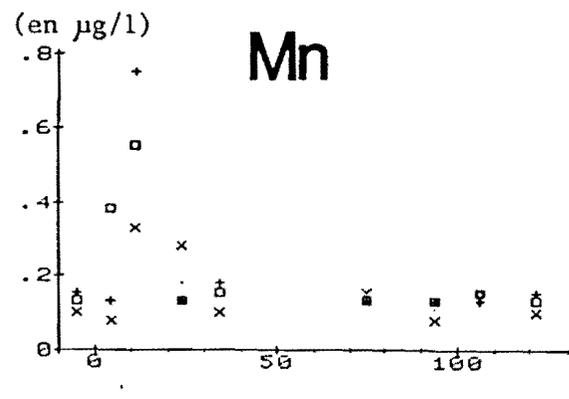


Métal total (d+p)

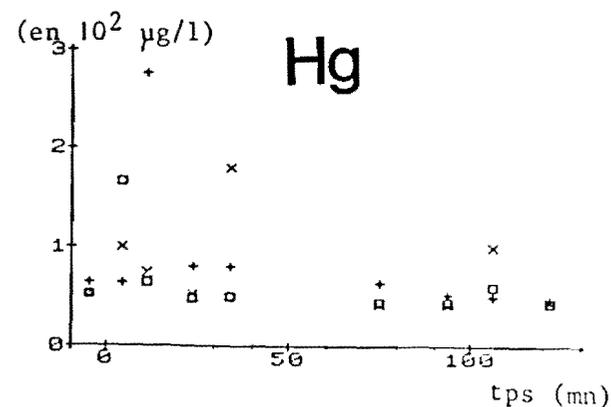
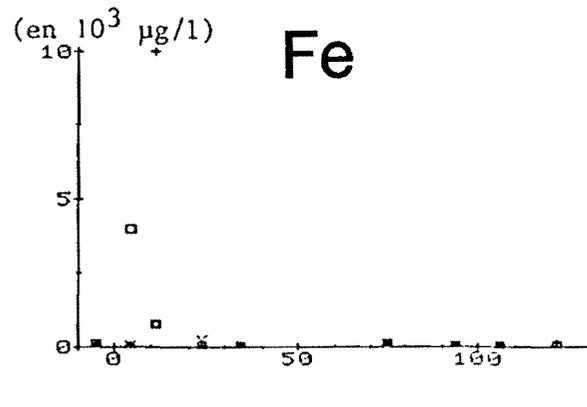
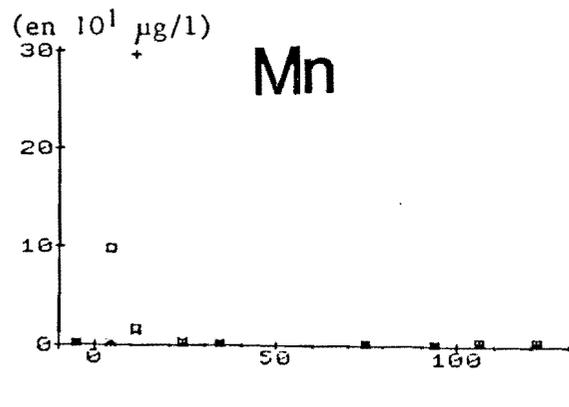


+	: 5 m
X	: 15 m
□	: 25 m

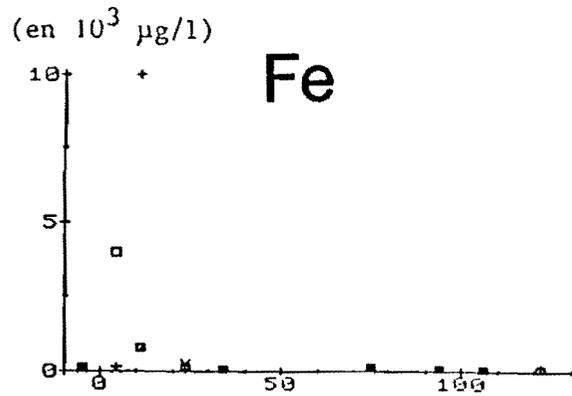
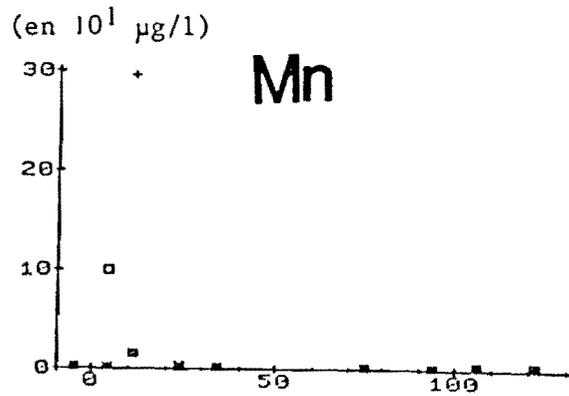
Métal dissous

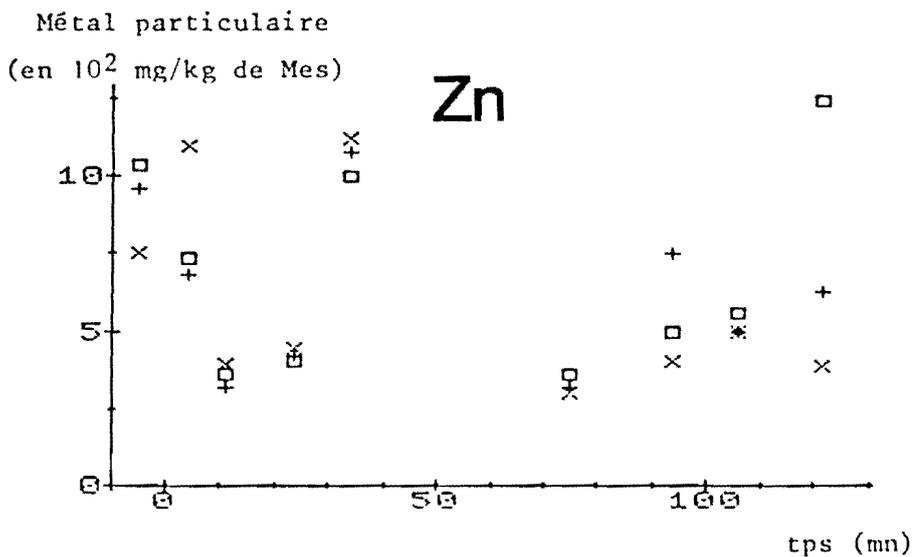
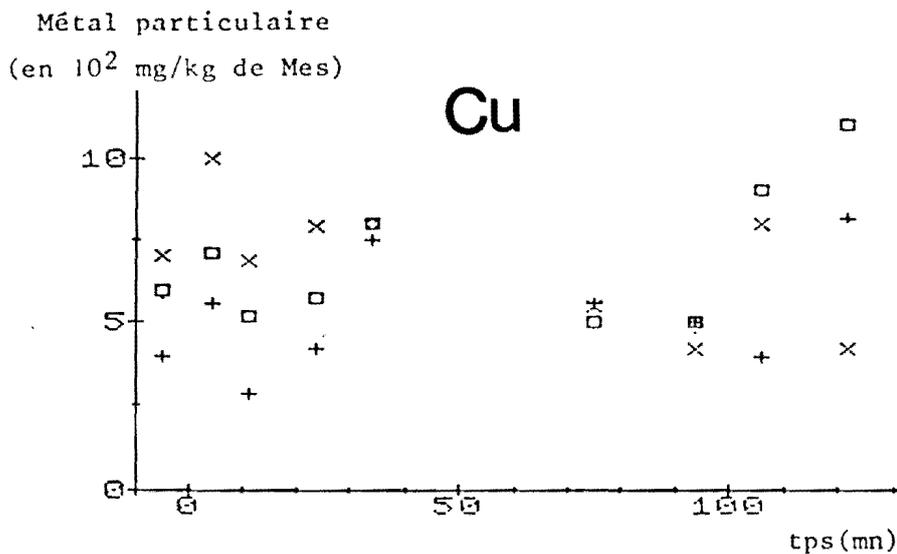
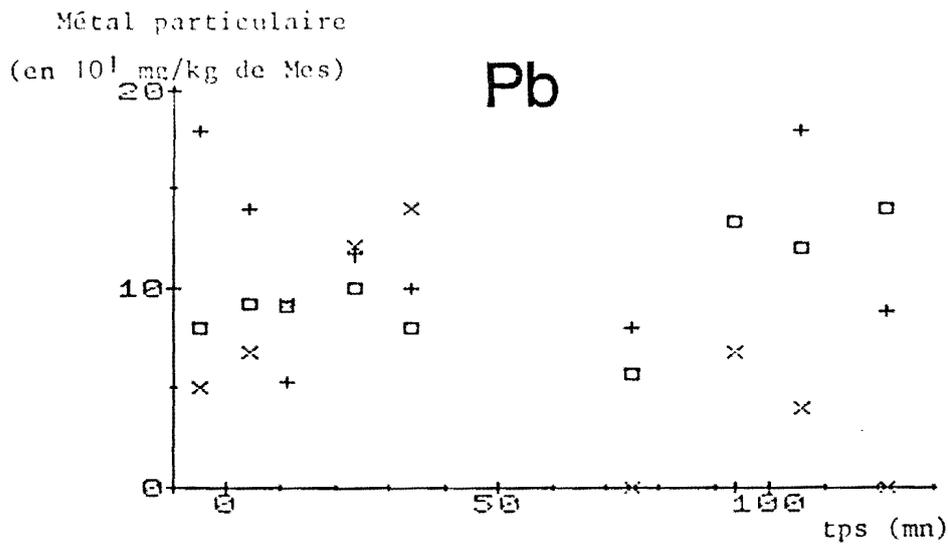


Métal particulaire

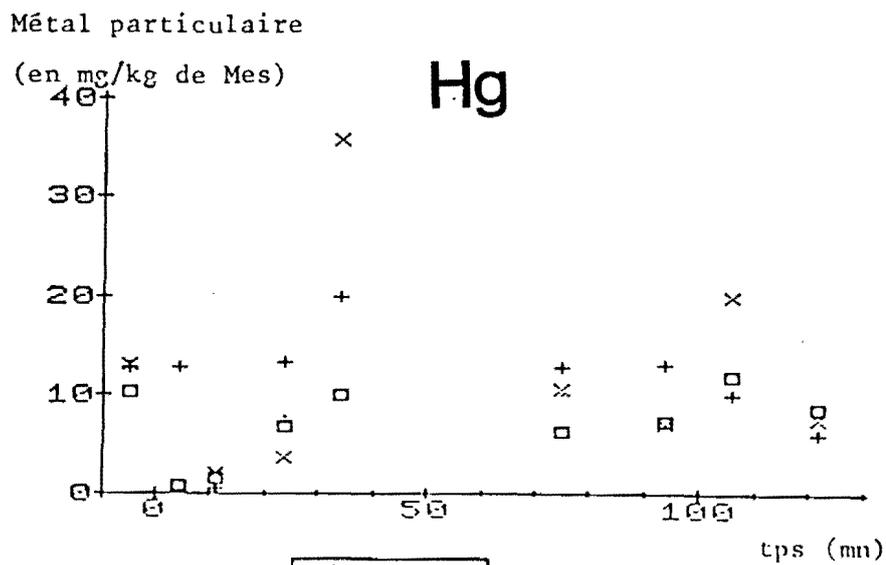
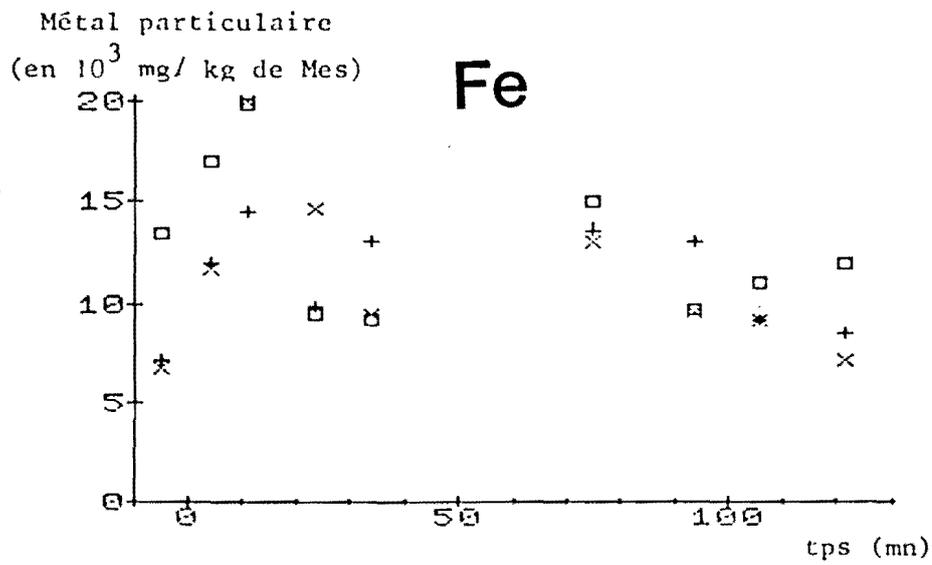
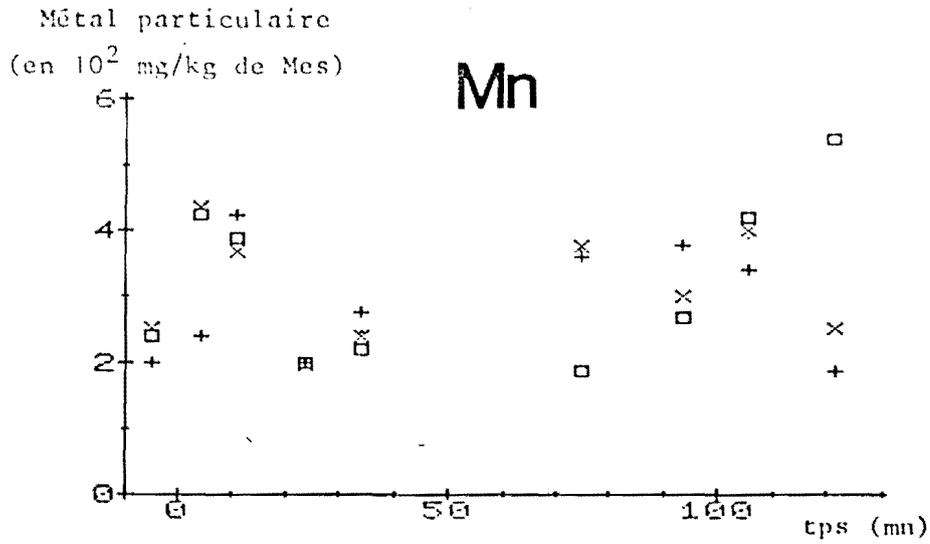


Métal total (d+p)





+	: 5 m
x	: 15 m
□	: 25 m



+	: 5 m
x	: 15 m
□	: 25 m