

LABORATOIRE DE CHIMIE ET DE POLLUTION MARINE

MEMOIRE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'Ingénieur d'Etat en Halieutique

(OPTION : MOLYSMOLOGIE)

THEME

**Contribution à l'Etude de Certains  
Métaux Lourds dans les Sédiments  
Superficiels de la Baie d'Alger**

Préparé par :

**DJAMILA AOUAMEUR**

Soutenu en Mars 1990 devant le jury d'examen :

Mr BOULAHIDID M. .... Président  
Mr BENGRAINE K. .... Examineur  
Mr SELLALI B. .... Examineur  
Mr CHOUIKHI A. .... Rapporteur

A la mémoire de mon père,

A ma mère,

A mes frères et soeurs,

A M.CHABANI, pour tout ce qu'il représente pour moi,

A M.OUBAICHE, à qui j'attribue le prix Nobel de la gentillesse  
et de la générosité,

A M.MOSTEFAI, pour son soutien moral et sa générosité,

A tous(es) mes amis(es),

A tous mes professeurs.

## Avant-propos

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à tous ceux qui par leur aide, leurs conseils, leur compétence, leur intérêt ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Que soient particulièrement remerciés les membres du Jury :

-Mr M. BOULAHID, docteur en chimie et en géochimie, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury et a bien voulu examiner et critiquer ce travail. Qu'il me soit permis de lui exprimer toute ma gratitude.

-Mr K. BENGRINE, docteur en chimie de l'environnement pour avoir accepté de critiquer ce modeste travail.

- Mr B. SELLALI, maître assistant stagiaire en pollution marine qui par son expérience a su m'orienter et a bien voulu jugé ce modeste travail.

-Mr A. CHOUKI, docteur en toxicologie directeur de l'ISMAL, à qui je rends un hommage tout particulier pour le sujet qu'il m'a proposé et les orientations qui m'ont aidé à réaliser ce travail. Je lui exprime ma plus profonde reconnaissance pour sa disponibilité en dépit de ses nombreuses responsabilités.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes dont l'aide scientifique et matérielle m'ont permis de mener à bien ce travail.

-Mon oncle, le lieutenant-colonel **M.RAMLA**, directeur central de l'armement au ministère de la défense pour la documentation qu'il m'a procurée.

-Mon médecin, le docteur **F.DJIDEL**, maître assistant en endocrinologie d'avoir supporté mes mauvaises humeurs et de m'avoir aidé dans mes différents déplacements.

-Mr **MIMI**, géologue, de la protection civile de Bordj El Bahri pour les documents mis à ma disposition.

-Mr **BERKANE** de la capitainerie d'Alger pour ses orientations, pour sa disponibilité en dépit de ses occupations.

-Mr **BENABOURA** et Mr **HAMITI**, de la direction de la sécurité industrielle (ministère des mines(énergies)), pour leur disponibilité, leur conseils et leurs orientations.

-Mr **D. MANDJA**, chef de département engineering au laboratoire d'études maritimes pour avoir accepté de me faire certaines figures.

-Mr **A. BAKALEM**, docteur en benthologie, pour son aide très précieuse malgré ses occupations.

-Mr I. NACEUR, maître assistant stagiaire en pollution marine pour ses conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

-Mr M. AZZOUZ, technicien supérieur au laboratoire de pollution marine de l'ISMAL pour son aide précieuse dans les manipulations malgré toutes les difficultés rencontrées(et dieu seul sait combien) et pour ses orientations.

-Mr B. BOUDJELLAL, technicien supérieur au laboratoire de pollution marine de l'ISMAL pour sa patience, sa générosité, sa gentillesse et son aide précieuse.

Aux membres de l'équipage du navire océanographique le "M.S.BENYAHIA" pour leur aide lors des deux missions, en particulier le commandant AKROUR et Kamel.

Je ne saurais oublier les camarades de ma promotion d'ingénieurs à qui j'adresse un remerciement tout particulier. Qu'ils veillent bien m'excuser de ne pas les nommer ici et soient assurés de toute mon amitié.

A ma mère, ainsi qu'à toute ma famille et amis(es), qui de près ou de loin, m'ont aidée et encouragée en se montrant toujours patients.

Djamila AOUAMEUR.

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION .....page 1

CHAPITRE I : -APERCU GENERAL SUR LES METAUX LOURDS.

1 - <u>Métaux lourds</u> .....	page 4
1.1-Métaux essentiels.....	page 4
1.2-Métaux toxiques.....	page 4
1.3-Origine des métaux.....	page 5
1.4-Sources anthropogéniques.....	page 5
1.5-Cycle biogéochimique.....	page 5
1.6-Toxicité.....	page 8
1.7-Bioaccumulation.....	page 8

CHAPITRE II : -DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE.

1 - <u>Présentation du littoral algérien</u> .....	page 12
1.1-Appports en eau .....	page 12
1.2-Salinité-température.....	page 13
1.3-Courantologie.....	page 13
2 - <u>Baie d'Alger</u> .....	page 13
2.1-Aspect géologique.....	page 14
2.2-Caractères de la sédimentation.....	page 14
2.2.1- <u>Les apports</u> : Bilan et nature....	page 14
2.3- <u>Caractères hydrodynamiques de</u> <u>la baie d'Alger</u> .....	page 15
3 -Sites de prélèvements.....	page 17

CHAPITRE III: -MATERIEL ET METHODES.

1 -Mode opératoire.....	page 29
1.1-Nettoyage des instruments.....	page 29
1.2-Echantillonnage.....	page 29
1.2.1-Prélèvement.....	page 29
1.3-Conservation.....	page 29
1.4-Traitement des sédiments.....	page 30
1.5-Spectrophotométrie d'absorption atomique(S.A.A.).....	page 33
1.5.1-Principe de la S.A.A. ....	page 34
1.5.2-Eléments constitutifs d'un SAA.	page 34
1.5.3-Etalonnage .....	page 40

CHAPITRE IV: - RESULTATS ET INTERPRETATION.

I - <u>Baie d'Alger</u> .....	page 43
1 -Résultats et interprétation.....	page 43
II - <u>Port d'Alger</u> .....	page 53
1 -Résultats .....	page 53
2 -Interprétation .....	page 56

CONCLUSION GENERALE.....	page 60
--------------------------	---------

BIBLIOGRAPHIE .....	page 63
---------------------	---------

## INTRODUCTION

Marée noire en Alaska, disparition de fûts toxiques dans la manche, naufrage d'un sous-marin nucléaire soviétique au large de la Norvège... A des milliers de kilomètres de distance, ces événements sont autant des signaux d'alarme.

Ils illustrent bien tous les risques que les activités humaines font courir à la mer. Des risques qui ne font que croître.

Sept des dix plus grandes villes du monde sont des ports, près de 80% de la population vit près des côtes, et de plus en plus d'entreprises industrielles ou énergétiques s'installent sur les rives des océans.

les responsables politiques commencent enfin à s'apercevoir que l'avenir de la terre est bel et bien lié à celui des étendues marines. Dans cette prise de conscience, l'Algérie après son adhésion en 1975 à la convention de Barcelone relative aux différents projets MED-POL, du programme des Nations Unies pour l'environnement a ratifié trois(03) protocoles :

- Ratification le 16 mars 1981 de deux (02) protocoles relatifs à :
  - la pollution de la mer méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires aéronefs.
  - la coopération en matière de lutte contre la pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures et autres substances nuisibles en cas de situation critique.

- Ratification le 05 novembre 1982 du protocole relatif à :

- la protection de la mer méditerranée contre la pollution d'origine tellurique.

Notre étude se rattache au dernier protocole et porte sur les concentrations des métaux lourds (cadmium, plomb, cuivre, zinc, manganèse et chrome) au niveau du sédiment et de leurs répartitions dans les dépôts. Cette étude pourra permettre de préciser l'impact de l'action anthropique et notamment d'apprécier les conséquences des décharges des métaux lourds par l'agglomération urbaine d'Alger (port d'Alger, Hussein-dey, El-harrach, Bordj-El-Kiffan et El Hamiz) sur le milieu marin.

La première partie de ce travail donne un aperçu général sur les métaux lourds ;

La seconde partie décrit la zone d'étude ;

La troisième partie décrit le matériel et les méthodes d'analyse effectuées ;

La quatrième partie présente les résultats obtenus lors de cette étude ainsi que leurs interprétations ;

Enfin la cinquième et dernière partie est réservée à la conclusion que l'on a pu tirer de cette étude.

**CHAPITRE I : APERCU GENERAL SUR LES METAUX LOURDS**

## 1-METEAUX LOURDS :

On entend par métaux lourds tous les métaux et métalloïdes à l'exception des alcalins et des alcalino-terreux.

Ces métaux font peut être partie du groupe des principaux polluants de l'environnement, ils sont particulièrement toxiques pour le milieu marin.

Dans ce contexte, leur quantité, leur distribution et leur influence dans les différents niveaux de l'écosystème marin semblent jouer un rôle important dans la pollution de la méditerranée.

### 1.1- Métaux essentiels :

Ce sont des éléments qui ont un rôle nutritionnel chez les organismes vivants.

Ils sont au nombre de onze(11),ce sont : le fer,le cuivre,le zinc, le cobalt, le manganèse, le chrome, le molybdène, le vanadium, le sélénium, le nickel et l'étain.

### 1.2- Métaux toxiques :

Ce sont des métaux qui ne rentrent pas dans les processus biologiques connus, ils peuvent être fixés par certaines protéines dont les métallothionéines (protéines riches en groupements thiols-SH) entraînant ainsi des perturbations dans le métabolisme cellulaire ce sont:le mercure,le cadmium,le plomb et l'argent.

### 1.3- Origine des métaux :

Les métaux dans les eaux et sédiments proviennent des sources suivantes :

- des roches et des produits d'altération et du lessivage des sols,
- des rejets directs dans le milieu aqueux par les égouts (industries, agglomérations urbaines),
- des rejets atmosphériques,
- de l'emploi de divers produits (herbicides, pesticides...) dans l'agriculture.

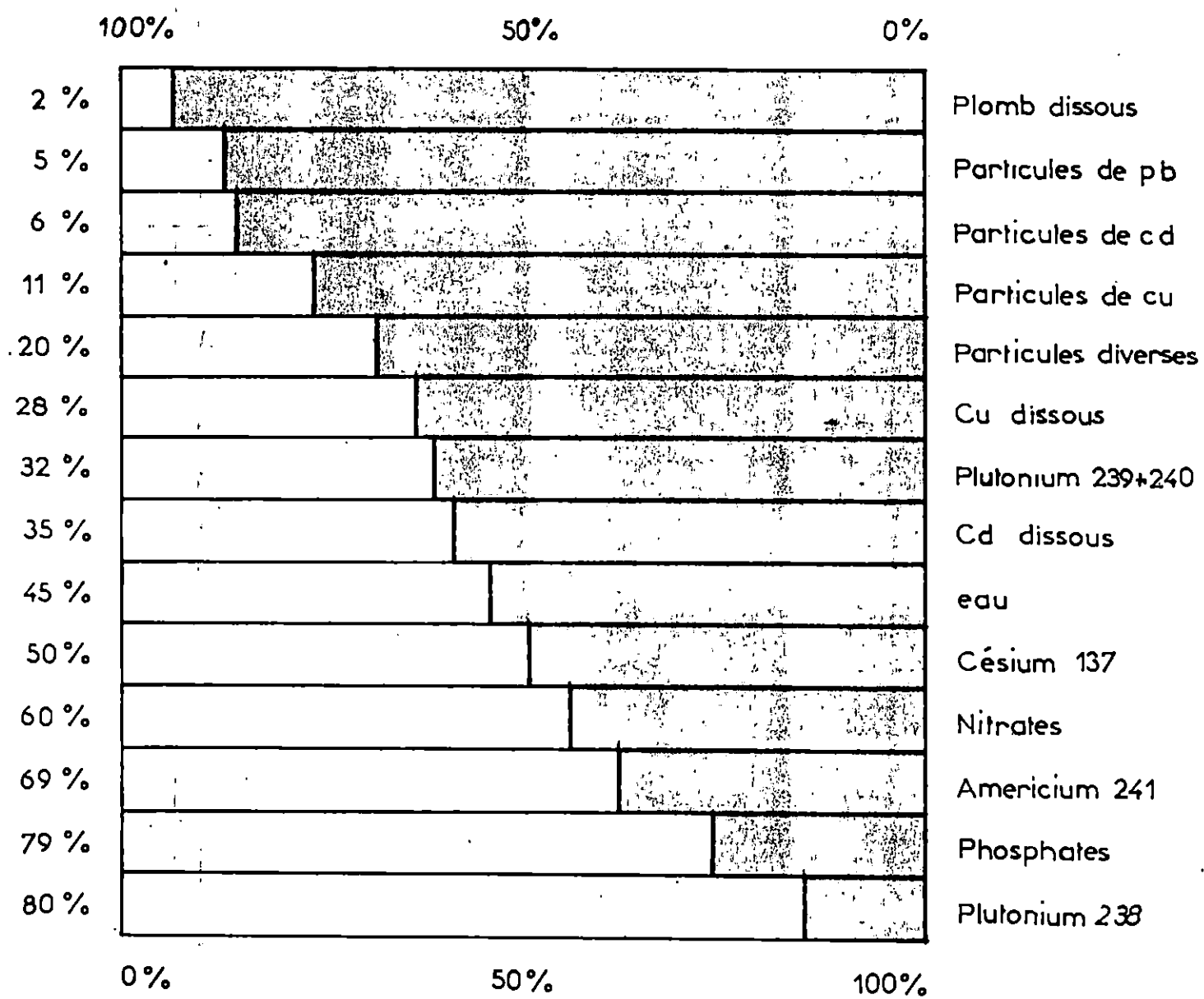
Beaucoup de chercheurs pensaient que les polluants en méditerranée arrivaient principalement en mer par voie fluviale.

Or l'apport atmosphérique est appréciable. (Fig.1)

### 1.4- Sources anthropogéniques des métaux étudiés : (tableau I)

### 1.5- Cycle biogéochimique : (Fig.2)

Les polluants métalliques sont apportés dans la mer par l'atmosphère, les rivières, l'action volcanique et l'industrie, ces métaux traversent les masses d'eaux sous des formes dissoute et particulaire : ils peuvent de ce fait être assimilés et concentrés par les organismes marins.



□ Apports polluants fluviaux.

▒ Apports polluants atmosphériques.

**Fig. 1** - SCHEMA DES APPORTS DE POLLUANTS

EN MEDITERRANEE (inspiré de science et avenir, mai 1989)

Leur élimination et leur dépôt dans l'eau de mer est souvent l'oeuvre de processus biologiques. SOROKIN,(1972) a montré que les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et leurs métaux lourds associés en les consolidant dans des matières fécales.

LOWMAN et al.,(1971) ont montré que 90% du transport vertical des métaux s'effectue sous formes de boulettes fécales, de dépouilles de crustacés en mue, d'animaux et de plantes mortes. Ils peuvent être adsorbés à la surface des particules comme l'oxyde de manganèse, les minéraux d'argile et les organismes phytoplanctoniques. La sédimentation de ces métaux dépendra de la profondeur car en eau profonde, les métaux peuvent retourner en solution bien avant d'atteindre le fond.

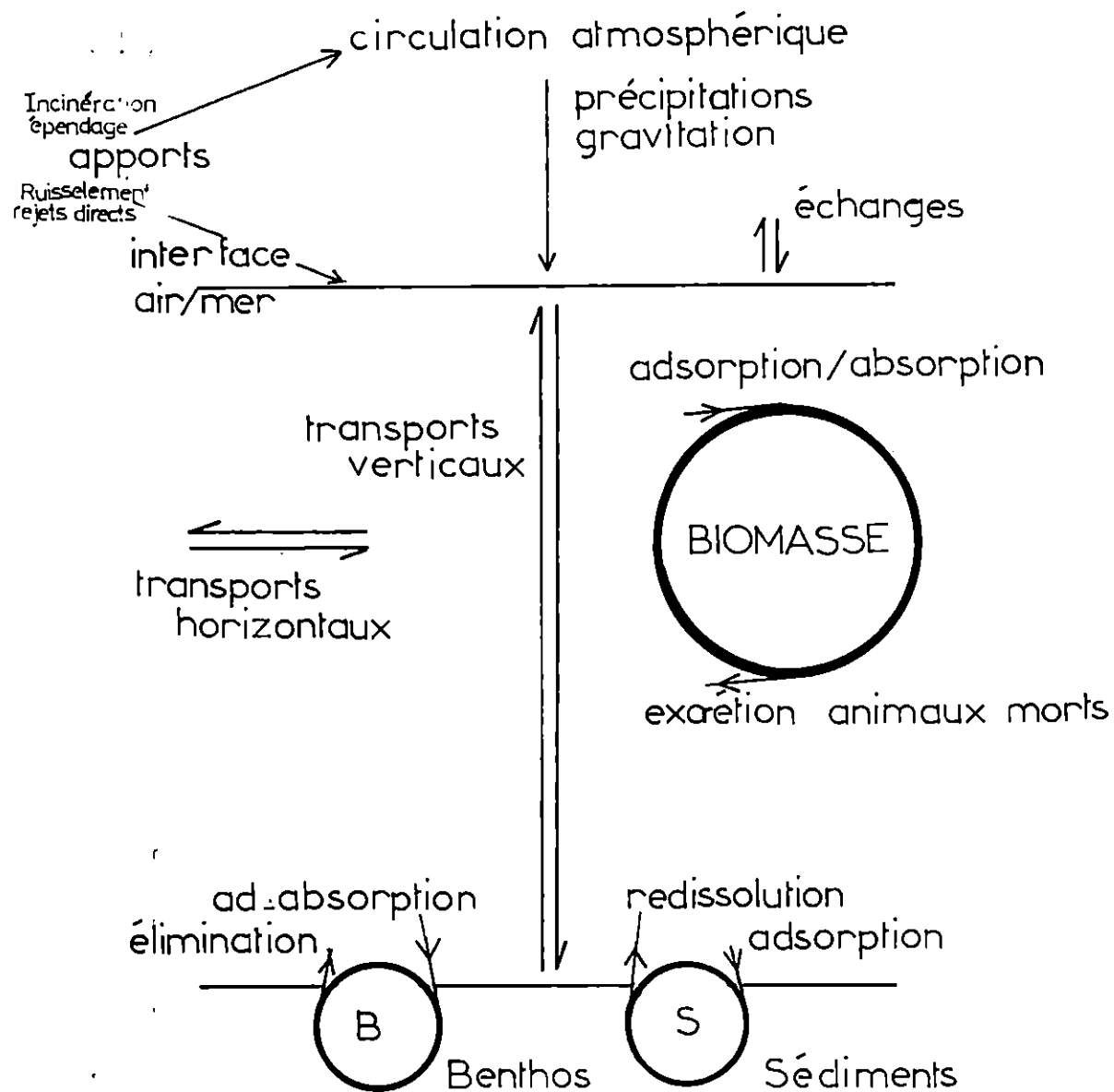
Il a été démontré que 25 à 75% des métaux lourds retenus par les sédiments sont ensuite libérés dans l'eau et deviennent accessibles aux organismes.

La plus grande partie du cuivre et environ la moitié du zinc se libèrent des sédiments pendant les premières phases de réactions diagénétiques.

Une quantité appréciable de cobalt, de nickel et de plomb retourne dans l'eau. Par conséquent l'on a un fort recyclage et une présence massive de ces métaux dans les organismes aquatiques (OLAUSSON, 1970).

Des métaux ainsi libérés dans l'eau, une partie rejoint l'atmosphère par évaporation, l'autre partie s'échange au niveau de l'interface air-mer.

	Polluants	Plomb	cadmium	chrome	zinc	cuivre	manga-
Source de déchets							Inése
Placage des métaux	X		X	X	X		
Galvanisation de l'acier		X			X		
Anodisation des métaux					X		
Viscose et fibres					X		
artificielles							
Fils électriques						X	
Industrie du verre	X		X				
Céramique et porcelaine		X	X				X
Pesticides	X					X	
Joannerie et ornements						X	
Soie artificielle						X	
Mines et minéraux		X	X	X	X	X	
Circuits imprimés	X	X	X	X	X	X	
électroniques							
Fonderie							
Tanneries et cuir			X				
Photographie	X		X				
Textile et laine			X				
Refroidissement de			X				
l'eau (fermé)							
Encres-colorants	X		X				X
peintures							
Batteries	X						
Plomb tétraéthyle	X						
Imprimerie	X						
Explosifs			X				
Papier	X		X	X	X	X	
Caoutchouc							
Alliage							
Métallurgie		X	X				X
Nylon							
Engrais chimiques						X	
Raffineries	X			X	X	X	
Pétrochimie	X		X	X	X	X	
Egouts urbains	X	X	X	X	X	X	X
Boues d'égouts	X	X	X	X	X	X	X
Déchets agricoles	X					X	X
Déchets solides	X	X	X			X	X



**Fig. 2.** CYCLE BIOGEOCHIMIQUE

(inspiré de U.N.E.P. et al., (1986))

1.6- Toxicité :

Elle se produit lorsque les concentrations atteignent un seuil critique. On distingue trois(03) sortes de toxicité :

- Toxicité aiguë :

C'est celle qui provoque la mort ou de très graves troubles physiologiques après un court délai suivant l'absorption par voie transtégumentaire, pulmonaire ou buccale - en une fois ou en plusieurs répétitions - d'une dose assez importante d'un composé nocif.

- Toxicité subaiguë :

Elle diffère de la précédente par le fait qu'une proportion significative de la population peut survivre à l'intoxication, bien que tous les individus aient présenté des signes cliniques découlant de l'absorption du toxique.

- Toxicité à long terme :

C'est les effets toxiques produits non pas par l'absorption en une brève période de doses assez fortes, mais au contraire, de l'exposition à de très faibles concentrations, parfois même à des doses infimes.

1.7- Bioaccumulation :

En règle générale, la bioaccumulation des polluants se fait par transfert le long de la chaîne alimentaire.

La (Fig.3) ci-après, illustre ce phénomène.

Tableau II : Toxicité - Bioaccumulation

!Eléments !	Toxicité(*)LC50ppm	Bioaccumulation	Remarques
! D risque minimal		!facteur de concent.*	
! poissons	30- 90	! poissons 1.600-2.100	!- dose létale pour les souris est de .....57mg/kg.
! crustacés	14-200	! huîtres 150.000	!- dose hermétique pour l'homme est de .....676mg.
! zinc	! algues 0,5- 5	! 290.000	!- aucun danger pour l'homme constitué par fruits de
!	!	! phytoplancton 113	! mer ou eau de mer.
!	! D 20ppb	! zooplancton 1.800	!
!	! poissons 4,5 - 6,5	! poissons 130 - 660	!- dose orale létale est de.....159mg/kg.
!	! crustacés 0,33-29,5	! huîtres 24.000	!- dose hermétique pour l'homme est de .....500mg.
! Cuivre	!	! 35.000	!- aucun danger pour l'homme constitué par fruits de
!	! D 10ppb	! phytoplancton 38	! mer ou eau de mer.
!	!	! zooplancton 437	!
!	! Poissons 33-100	! poissons 200	!- danger pour les travailleurs produisant des chro-
!	! crustacés 100	! huîtres 500	! mates à partir du minerai de chromite.
! Chrome	! algues	! phytoplancton 34	!- normes pour l'eau potable 0,05ppm Cr+6.
!	! huîtres(embryons)10,3!	! zooplancton 65	!- aucun danger pour l'homme constitué par fruits de
!	! D 10ppb	!	! mer ou eau de mer.
!	! poissons 0,34	! poissons 6.000	!- danger pour les travailleurs spécialement noté
!	! 188	! 10.000	! dans certaines opérations de fonderie et dans la
! Plomb	!	! huîtres 7.000-100.000	! fabrication de composés organiques du pb.
!	!	! phytoplancton 2.087	!- l'ingestion continue de mollusques provenant de
!	! D 10ppb	! zooplancton 15.500	! zones contaminées peut être dangereuse.

(\*)LC50: définie comme étant la concentration pour laquelle la moitié des organismes marins testés ont péri dans des limites de temps fixées (48h).

\* Facteur de concentration : exprimé par le rapport de la concentration dans le poids frais à la concentration dans une quantité égale d'eau.

Le passage d'un étage trophique à un autre entraîne une augmentation de la quantité de polluant du fait de l'accumulation, à laquelle s'ajoute le polluant contenu dans la nourriture absorbée.

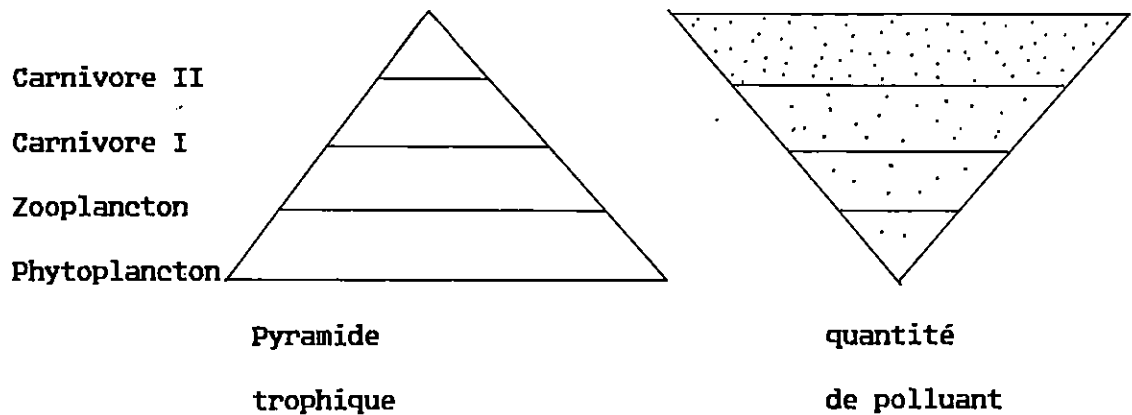


Fig.3 Transfert de polluant par bioaccumulation

d'après RAMADE, (1979).

La présence de métaux lourds dans les tissus des organismes marins, provient d'une bioaccumulation, ainsi que d'un effet "bain".

Ces deux (02) concepts sont regroupés sous le terme de biomagnification. la source des polluants retrouvés chez les animaux aquatiques est la voie alimentaire et le phénomène d'adsorption tissulaire.

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

## 1-Présentation du littoral algérien :

Le littoral algérien s'étend de Marsat BEN M'HIDI (frontière marocaine) au Cap Roux (frontière tunisienne) sur une longueur de 1 100km environ à vol d'oiseau.

La charge humaine importante à laquelle s'ajoute les activités induites fait que la zone côtière subit une pression soutenue. Les plus grands centres urbains sont en majorité portuaires.

Les répercussions sur les pêches locales sont dignes d'intérêts vu que la plupart des grandes baies présentent des fonds vaseux éminemment accessibles au chalutage.

### 1.1- Apports en eau :

La mer méditerranée est une mer semi-fermée, mal alimentée en eau douce. Les apports fluviaux sont très faibles vis à vis de cette masse liquide, et la pluviométrie moyenne est de 310mm annuellement contre une moyenne mondiale de 970mm.

Par évaporation, du fait des caractères climatiques, elle enregistre une perte d'eau importante chaque année.

Le détroit de Gibraltar dont les apports d'eau sont évalués à  $38.000\text{km}^3/\text{an}$ , constitue le principal réservoir pour cette mer qui renouvelle ainsi son eau en moyenne tous les 90ans, si on tient compte des  $2.900\text{km}^3/\text{an}$  qui sortent vers l'atlantique, et de ceux qui sortent de la mer noire et du canal de Suez.

Cette fragilité naturelle est aujourd'hui accentuée par le déversement des fleuves drainant des régions industrielles notamment de l'Europe du Sud et du Sud-Est.

A cette pollution chimique s'ajoute les rejets d'eaux domestiques résultant d'une population du littoral sans cesse en augmentation

### 1.2- Salinité - température :

La salinité des eaux est inférieure à 36,5‰ au détroit de GIBRALTAR et augmente au fur et à mesure que l'on se déplace vers l'Est. La salinité augmente pour atteindre 38,5‰ vers la Tunisie. Les températures des eaux superficielles en été augmentent rapidement depuis le détroit jusque vers l'Est (16 à 27°C). En hiver, elles varient peu et sont relativement uniformes (14°C). Ces températures et salinités sont globalement constantes sur l'ensemble de la couche superficielle jusqu'à la profondeur de 100 à 200m.

### 1.3- Courantologie (Fig.4).

MILLOT, (1985) à partir de l'analyse d'images infrarouges en période estivale constate une dynamique nouvelle des eaux atlantiques dans le bassin algérien.

Contrairement à ce qui a été largement admis, cet auteur considère le courant algérien comme étant un courant turbulent se déplaçant d'Ouest en Est en tourbillons croissants de l'ordre de 100km de diamètre et 200m d'épaisseur dans la couche de la surface.

### 2- Baie d'Alger :

La baie d'Alger a été choisie pour les raisons suivantes :

-ville algérienne dont la population est la plus élevée (estimée à deux(02)millions et demi d'habitants en 1987).

-activité industrielle importante.

-baie protégée : peu de renouvellement d'eau.

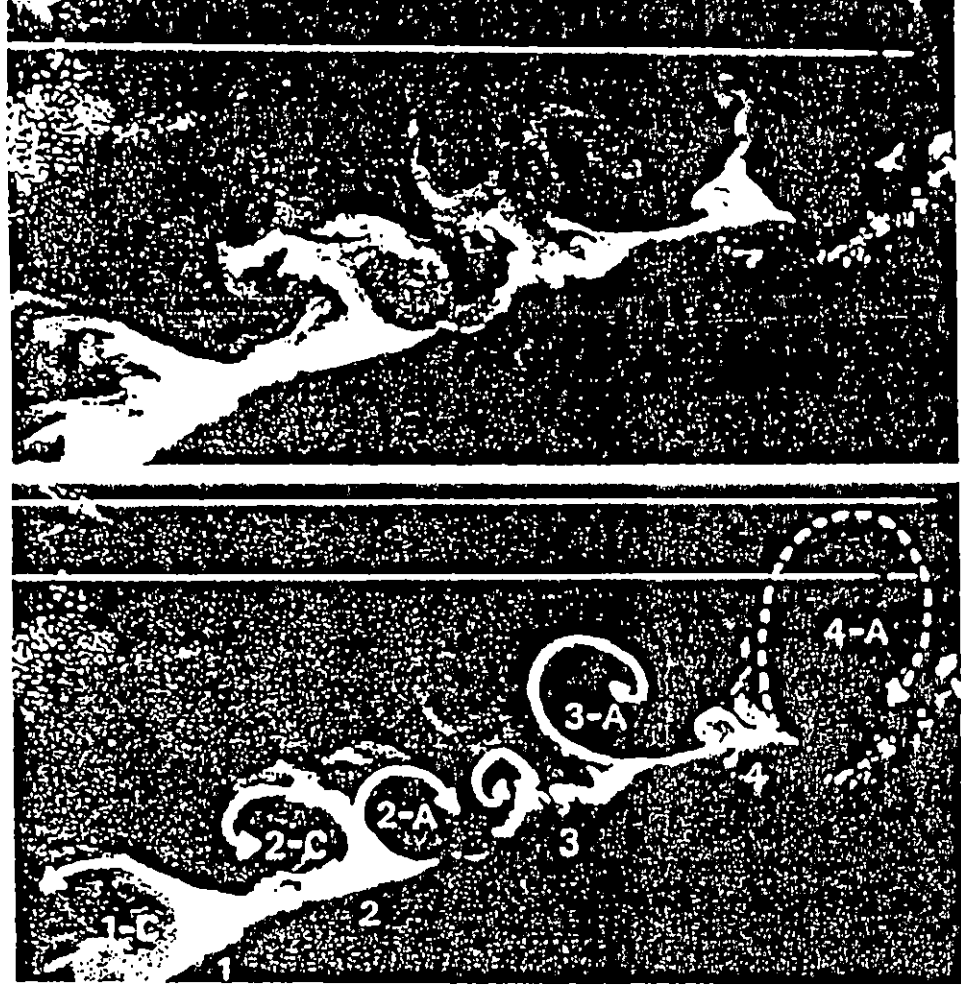
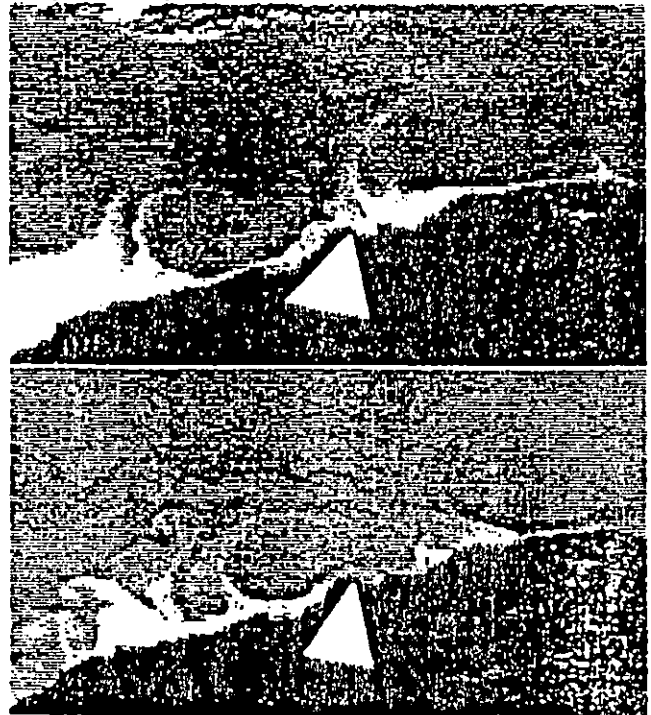


Fig. 4 a : Thermographie AVHRR du 22 juillet 1980 - On distingue les plumes froides associées aux upwelling (en clair) et les tourbillons cycloniques et anticycloniques côtiers (C et A).

Fig. 4 b :

Thermographie AVHRR du 16 juillet (haut) et du 29 (bas) 1981.

Le triangle (en clair) est pointé sur Alger.



Les principales sources de pollution sont :

-les émissaires urbains d'Alger qui déversent en mer les déchets industriels et domestiques surtout à l'ouest de la baie.(Fig.5)

-le port d'Alger.

-l'Oued El Harrach.

-L'Oued El Hamiz dont le débit est réglé par un barrage.

-la pollution atmosphérique :

AZZOUZ, (1987) dans une étude sur les niveaux de pollution atmosphérique à Alger montre qu'il existe une relation entre les niveaux de pollution en plomb et la densité de la circulation automobile.

Un rythme saisonnier objectivé par une augmentation du taux de polluants en saison froide et par leur diminution en saison chaude.

## 2.1- Aspect géologique :

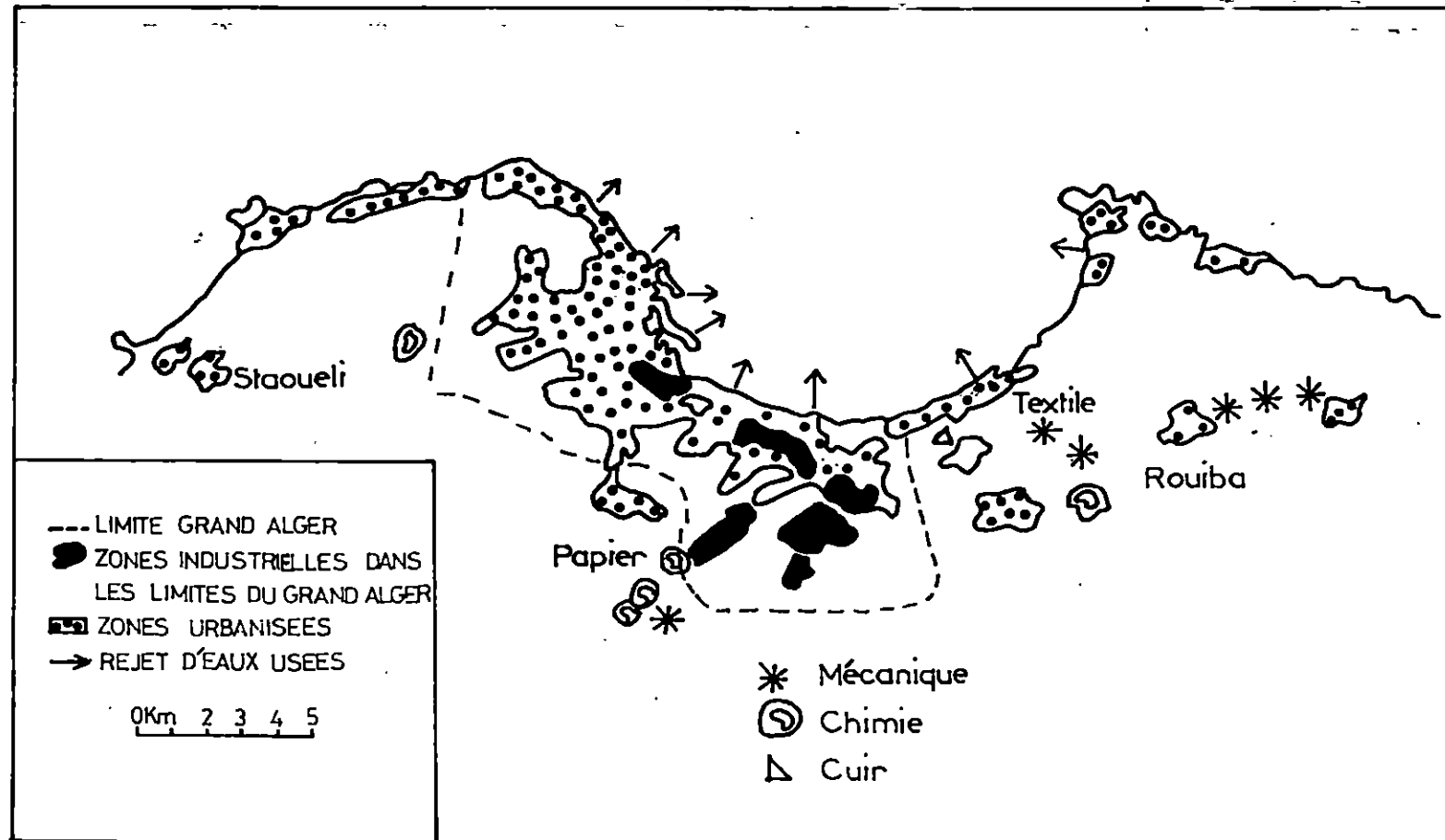
Le plateau continental s'étend face à Alger au large des embouchures des Oueds El Harrach et El Hamiz. Il s'ouvre au NNE sur 19km, de la Pointe Pescade au Cap Matifou et présente un tracé remarquablement régulier. toujours de la Pointe Pescade au Cap Matifou le rivage s'étend sur 31km, dont 22 de côte basse constituée de dunes et d'affleurements rocheux à l'Est de Bordj-El-Kiffan.

## 2.2- Caractères de la sédimentation :

### 2.2.1- Les apports : bilan et nature

En baie d'Alger les apports terrigènes proviennent pour l'essentiel des Oueds El Harrach et El Hamiz.

**Fig. 5** ZONE INDUSTRIELLE D'ALGER PRINCIPAUX REJETS D'EAUX USEES.



Dans les sédiments pélitiques qui recouvrent la baie, les argiles représentent 40 à 50% des dépôts avec une association illite kaolinite où l'illite prédomine.(Fig.6)

Cependant la chlorite complète cette association au détriment de la kaolinite, (MAOUCHE, 1987).

Les différents types de sédiments sont distribués en fonction de la bathymétrie. Cette distribution est bien nette dans la partie centrale de la baie, où un sédiment sableux occupe les petits fonds(0 à 20m) ; ce sédiment voit sa fraction fine augmenter progressivement avec la profondeur. A l'Est et à Ouest, à l'abri du Cap Matifou et du massif de Bouzaréah, il existe des zones abritées où, indépendamment de la profondeur, tous les éléments qui sont emmenés par les eaux usées décantent. Ils constituent une zone de décantation, présentant ainsi un sédiment sableux - vaseux qui renferme des débris terrigenés. Par contre, au Nord de ce Cap et de ce massif, la forte pente des fonds, l'hydrodynamisme actif et la présence des fonds rocheux avec des peuplements de substrat dur ont abouti à la mise en place dans ce secteur, d'un sédiment détritique grossier auquel vient s'ajouter une fraction pélitique plus au moins importante, (BAKALEM et ROMANO, 1982).

### 2.3- caractères hydrodynamiques de la baie d'Alger.

-Régime climatique:Précipitations et vents:Les précipitations sur la région varient de 600 à 1000mm et tombent 80jours en moyenne.

Le régime hydrologique des Oueds Nord algériens se caractérise par un long étiage de six(06) mois, et des crues d'hiver et de printemps soudaines et fortes.



DURAND, (1959) attribue une forte érosion et un alluvionnement important, aux précipitations saisonnières sur un sol nu.

En conséquence, une charge solide relativement considérable est apportée par les Oueds algériens.

Les vents de secteur NE (de direction  $60^\circ$ ) sont les plus fréquents, ces vents sont mieux marqués en été. leur vitesse se répartit entre 1 et 30 noeuds d'après des observations faites durant six (06) années au Cap Caxine à l'Ouest d'Alger.

-Facteurs hydrodynamiques principaux :

-Paramètre de houle :

D'après LECLAIRE, (1972) le régime saisonnier se caractérise par une rose annuelle où l'on observe deux directions privilégiées. (Fig.7)

\*En hiver : Les houles prédominantes sont de W.NW (pour plus de 80%), avec une période moyenne de 8 à 9 secondes, des périodes pouvant atteindre parfois 13 secondes sont relevées lors des grandes tempêtes.

\*En été : Les houles sont de direction N.NE, elles se caractérisent par une période moyenne plus faible, 6 à 7 secondes et des amplitudes moins élevées de 0,5 à 1m ; 50% de ces houles ont une période de 6 à 9 secondes et n'atteignent que très rarement 3m d'amplitude.

La longueur d'onde des houles d'été est de 6 secondes et de 130m, la célérité de 10m/s.

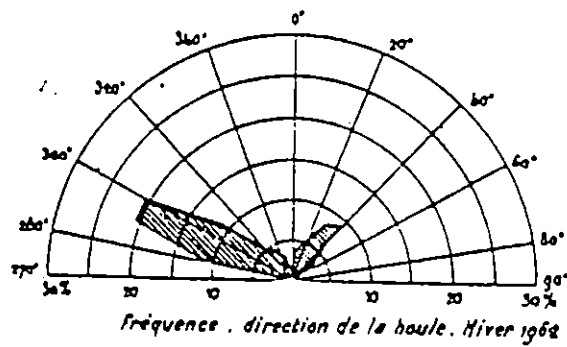
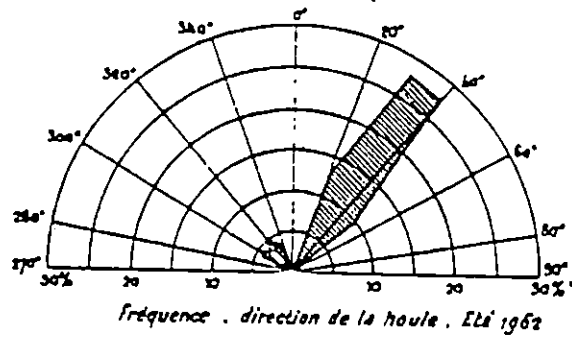
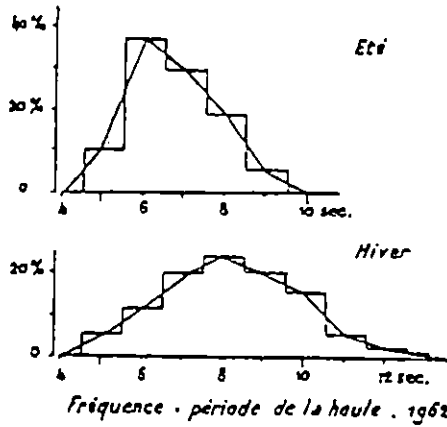
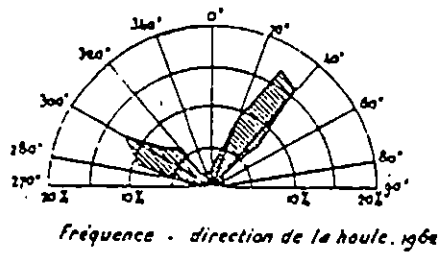


Fig. 7 : Fréquence, direction et période de la houle en baie d'Alger.

D'après LECLAIRE, 1972.

### \*Courants dus à la houle :

Dans le cas général de petite et moyenne amplitude, les courants ne sont notables que dans la zone de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et graviers de la frange littorale (cas des fonds de 10m). Ils en assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion.

Par contre pour les houles de fortes amplitudes LHERMITE cité par LECLAIRE, (1972) a calculé qu'elle pourraient agir en fonction de l'amplitude jusqu'aux fonds de 40 à 60m, par grande tempête. Les fonds sont mobilisables jusqu'à 100m, (LECLAIRE, 1972).

En conséquence, les particules fines de la plateforme d'Alger peuvent être affectées de mouvements de translation pendant les paroxysmes dynamiques, et peuvent être entraînées vers les grands fonds.

### 3-Sites de prélèvements : (Fig.8)

Les prélèvements de sédiments ont été effectués au cours d'une mission qui s'est déroulée le 21 et le 22 mai 1989, à bord du navire océanographique "M.S. BENYAHIA".

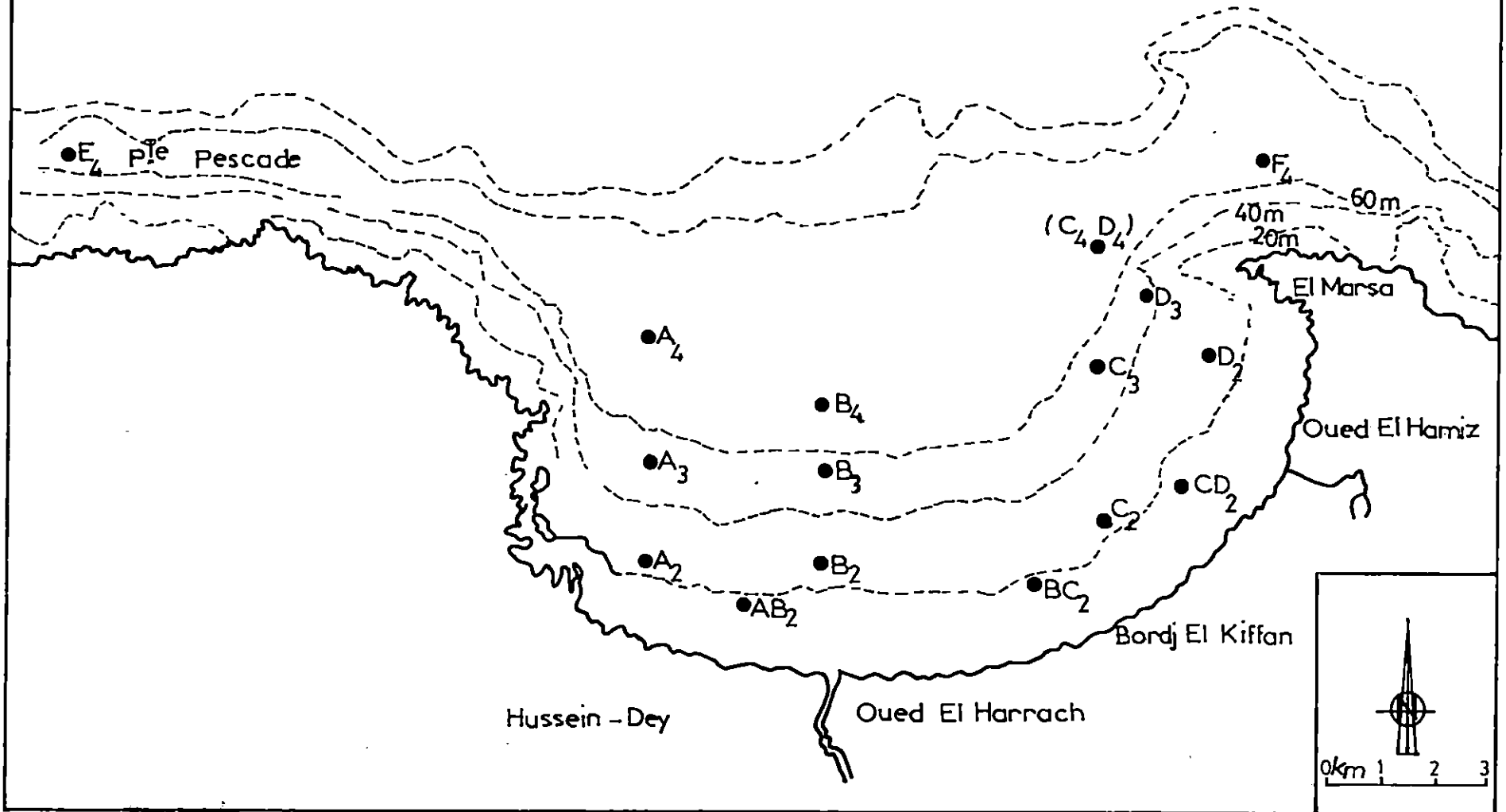
Nous avons procédé au total à une quinzaine de prélèvements de sédiments de surface, à la benne preneuse de type "VAN VEEN", selon six (06) radiales (A, B, C, D, E, et F), de la côte vers le large, afin de couvrir l'ensemble de la baie, depuis la Pointe Pescade jusqu'à EL-Marsa à l'Est d'Alger.

#### -Pointe Pescade :

Station E4 : soumise aux eaux du large à l'Ouest de la baie.

*Fig 8* - LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT

BAIE D'ALGER



-Port d'Alger :

Les prélèvements ont été effectués au cours de la mission du 9 mai 1989 de la même façon que celles du 21 et 22 mai 1989.  
nous avons procédé à une quinzaine de prélèvements.

Position géographique :

-longitude Est : 3° 2'.

-latitude Nord : 36° 50'.

-Accès :

\* Passé Nord (station S<sub>1</sub>) : 176m de largeur et 22m de profondeur.

\* Passé Sud (station S<sub>2</sub>) : 240m de largeur et 16m de profondeur.

Le port d'Alger d'une superficie de 184 hectares est divisé en trois (03) bassins :

\* Bassin du Mustapha :

(construit de 1914 à 1940) séparé du bassin de l'Agha par le grand môle Bologhine et par une passe de 100m.

\* Bassin de l'Agha :

(construit de 1870 à 1914).

\* Bassin du vieux port :

(construit en 1830).

Les prélèvements se répartissent comme suit : (Fig.9)

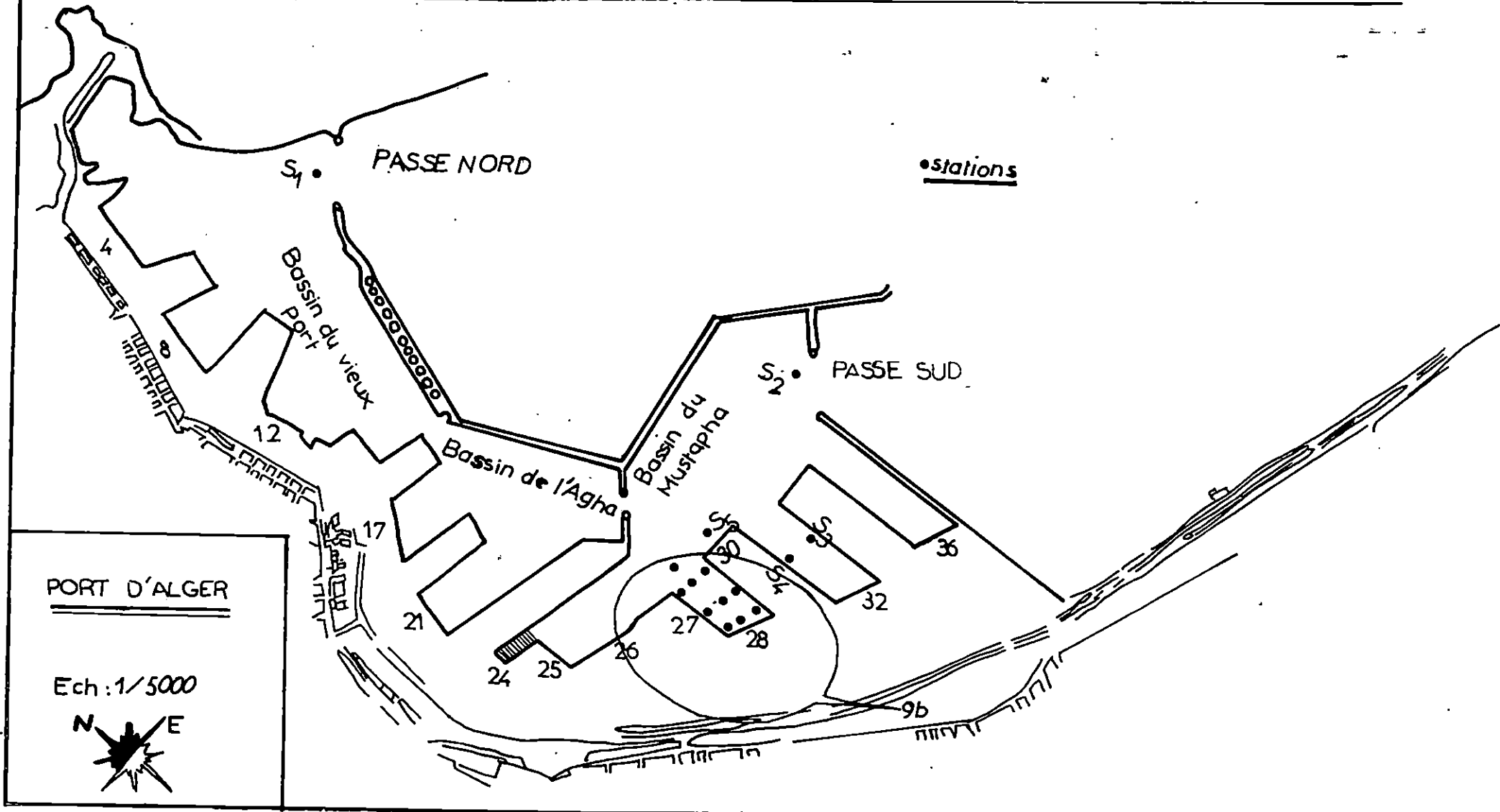
- un (01) prélèvement à la Passe Nord (S<sub>1</sub>).
- un (01) prélèvement à la Passe Sud (S<sub>2</sub>).
- deux(02) prélèvements au niveau de la darse n°8 (S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub>).
- un (01) prélèvement au quai 30 (S<sub>5</sub>).
- dix (10) prélèvements au niveau de la darse n°7 (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>,  
... P<sub>10</sub>). correspondant aux quais 27, 28, et 29.

- Affectation des quais : Tableau III

Tableau III : - Affectation des quais selon la capitainerie d'Alger, (1988).

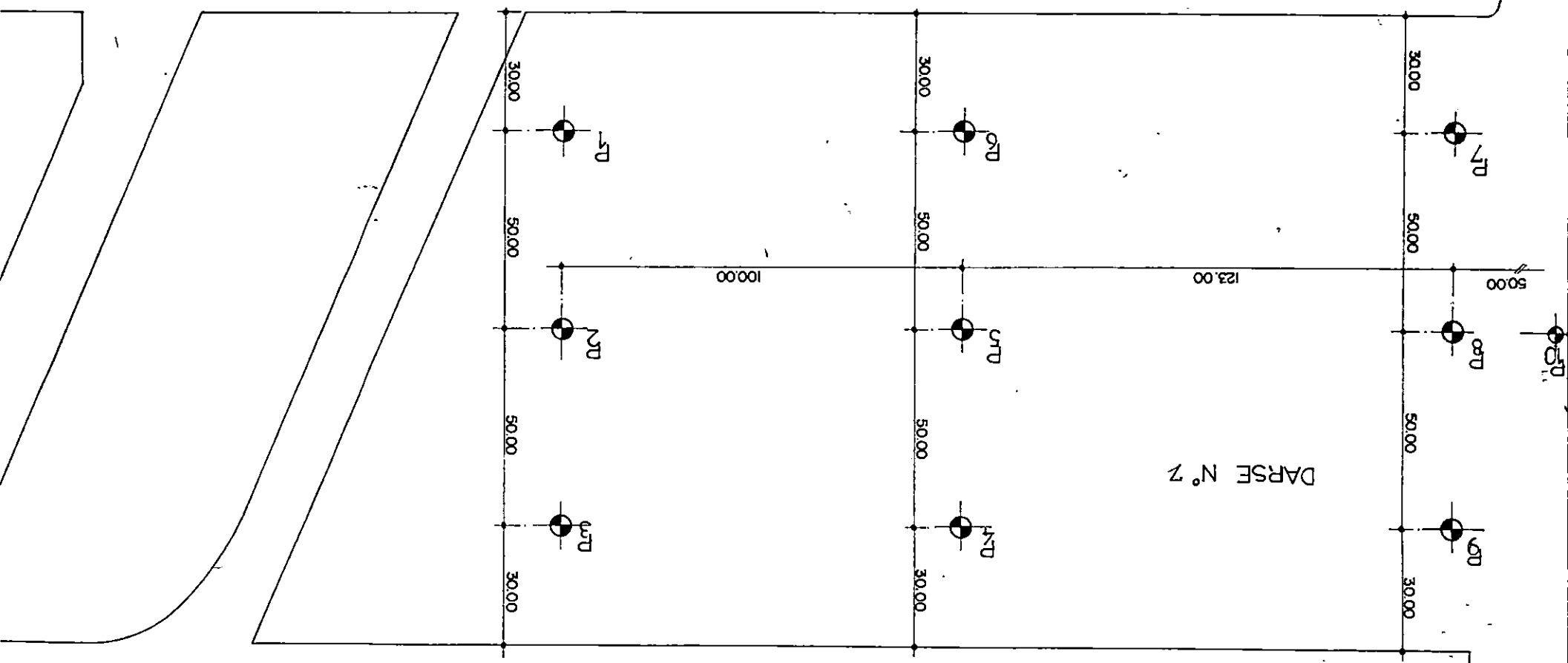
Appelation du quai	Nombre de poste	Bassin	Tirant d'eau (m)	longueur utile	utilisation	Usage priori- taire
27	2	Mustapha	6,00- 8,25	240	Spécialisé	Bitume et exportation
28	1	"	6,00	174	Marchandises générales	"
29	2	"	7,00- 8,50	308	"	Ro.Ro et huiles
30	1	"	19,30	160	"	"
31	3	"	8,50-10,00	456	"	RO.RO et huiles
33	3	"	18,00-10,00	430	Spécialisé	Bois fer conteneur

Fig. 9a LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT DES SEDIMENTS



POSITIONNEMENT DES PRELEVEMENT

FIGURE 9b - DARSE N° 07

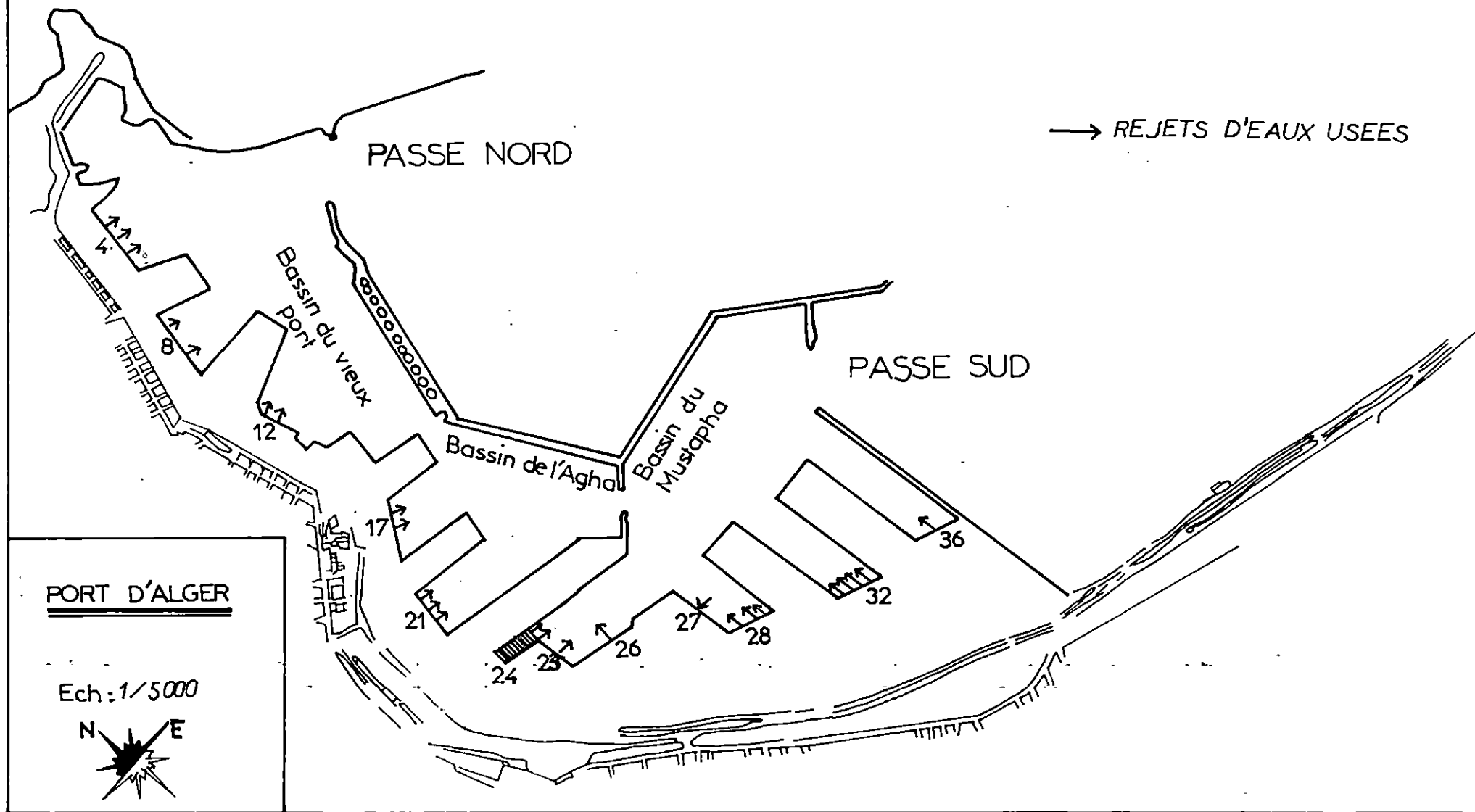


-Canalisations d'eaux usées.Fig 10

Elles sont au nombre de 25 réparties comme suit :

- 3 bouches d'eaux usées au niveau du quai 4.
- 2 bouches d'eaux usées au niveau du quai 8.
- 2 bouches d'eaux usées au niveau du quai 12.
- 2 bouches d'eaux usées au niveau du quai 17.
- 3 bouches d'eaux usées au niveau du quai 21.
- 2 bouches d'eaux usées au niveau du quai 24.
- 1 bouche d'eaux usées au niveau du quai 25.
- 1 bouche au niveau du quai 26 (eaux usées + déchets NAFTAL + déchets SONELGAZ).
- 1 bouche d'aspiration au niveau du quai 27 de la centrale électrique.
- 3 bouches au niveau du quai 28 :
  - \* 2 bouches pour (eaux usées + déchets hydrocarbures).
  - \* 1 bouche pour (usine huilerie + savonnerie ENCG UP<sub>5</sub>).
- 4 bouches au niveau du quai 32.  
(huile + savon + eaux usées).
- 1 bouche ENCG au quai 36.

**Fig.10** LOCALISATION DES REJETS D'EAUX USEES DANS LE PORT



### Unités industrielles : (Tableau IV)

Le tableau IV récapitule toutes les unités du port d'Alger avec quelques remarques jugées comme causes de pollution dans le port.

#### -Husseïn-Dey :

Cette zone est soumise à des rejets localisés.

Elle est également soumise à l'influence de Oued El Harrach par vent d'Est dominant.

Elle se traduit par un taux de pélites élevé (12%). BAKALEM et ROMANO, (1978) ont noté la présence d'une espèce indicatrice de pollution Capitella capitata.

#### -El Harrach :

Cette zone est soumise à l'influence de Oued El Harrach qui coule à travers El Harrach Est, sur une longueur de 3km et prend ses sources dans l'Atlas blidéen à environ 50km au Sud d'Alger.

Cet Oued ne charrie pratiquement pas d'eau en été, par contre charrie pendant la période de pluies plus de  $1000\text{m}^3/\text{seconde}$ , (MEJDOUB, 1987).

#### Ses principaux affluents :

Oued Ouchaïh, Oued Smar et Oued Zouine, sont les récepteurs qui servent de principaux transporteurs des eaux usées domestiques et industrielles.

#### -Oued Ouchaïh :

Cet affluent transporte beaucoup d'eaux usées domestiques mélangées avec celles de quelques entreprises industrielles importantes.

Unités	Localisation	Remarques
Raffinerie d'Alger NAFTAL	Quai pétrolier	-Présence de risques certains pour l'environnement.
Dépôt marine (A.V.M-NAFTAL)	Quai de Guelma Jetée du vieux port	-Plateformes en béton des bacs de stockage dans un état de dégradation avancée. -Bacs de stockage en exploitation dans un état de dégradation avancée.
Dépôts produits Noirs 16B NAFTAL	Quais 27-32-36	-Présence de fuites dans les canalisations de fuel.
Dépôt bitume NAFTAL	"	-Présence de fuites, très importantes au niveau des réservoirs de stockage de fuel alimentant les chaudières. -Présence d'émanations de fumées incommodes au niveau des cheminées de chaudières.
Centrale thermique Sonelgaz	Quais 26-27	-Non conformité de l'entreposage des fûts de pyralène. -Mauvais entretien du système de refroidissement des transformateurs. -Rejet des eaux polluées dans le réseau du port.
Unités Bitume ELIROWA	Quai 27	-Absence de contrôle des chaudières par un organisme agréé.
ERENAV *	Quai 16	-Rejet des plaques de zinc.
ENCG UP 6 huile + savon	Quai 32-36	-Existence de rejets d'huile, de graisse, d'acides, de soude et différents sels.
ENCG UP 1 huile margarine	"	
ENCG UP 5 huile + savon	"	-Existence de faibles rejets polluants
E.P.A	Quai 18	-Présence de 71 potiches de mercure de 35 Kg chacune au niveau des quais 31,3 - 31,1 - 33,3.

-Oued Smar :

C'est le cours récepteur de toute la zone industrielle de l'Oued Smar et pour la plus grande partie de la zone industrielle d'El Harrach.

-Oued Zouine :

En été, il ne transporte que les eaux usées de l'usine de pâtes et de papier SONIC (Baba Ali).

Bilan des unités industrielles jugées polluantes : (Tableau V)

Dans le tableau V, s'établit la suite d'une enquête effectuée par la sous-direction de l'environnement et des pêches en Juillet 1984.

-Bordj El Kiffan.

Petite localité située à l'Est de la baie, soumise à l'influence des rejets urbains ; par vent de secteur Ouest, soumise à l'influence des rejets de Oued El Harrach, et par vent de secteur Est soumise à l'influence des rejets de Oued El Hamiz.

-El Hamiz :

Station située face au débouché de Oued El Hamiz, dans la partie Est de la baie.

-EL Marsa :

Partie Est de la baie. Il n'existe pas de sources polluantes à proximité.

Tableau V : - Tableau synoptique des unités du secteur public jugées polluantes,  
d'après la sous-direction de l'environnement et des pêches. Juillet (1984)

Nomination	Production	Consommation	Nature des rejets	Danger potentiel	Type de traitement existant
Localisation		d'eau		milieu récepteur	
Unité SONIC	papier	1450m <sup>3</sup> /h en	-rejets liquides, Silices, fibres, M.E.S,	-faune, flore, nappe	
Harrach	d'emballage	3 X 8h.	produits chimiques en faible quantité	phréatique.	Néant
	+ carton		taux élevé de M.E.S. (6g/l) dans les	milieu récepteur:	
			eaux usées résiduaires.	Oued El Harrach	
Unité SNMC	1400.000		-rejets atmosphériques: poussières de	-faune, flore, santé	-électrofibres
P(cimenterie)	tonnes de		ciment cru et clincker, poussière de	des populations.	sous dimen-
is Hamidou).	ciment/an		carbonate de Ca ++	milieu récepteur:	sionnées.
				air ambiant.	
Unité SNIC	"Isis, Teldj"	37m <sup>3</sup> /h	-rejets liquides : H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	-faune, flore, nappe	
tergents	récurant (NADA)	24h sur 24.	-rejets atmosphériques : poussières de	phréatique.	Néant
ghaïa	Insecticide		détergents.	milieu récepteur:	
	(TC) et colle.		-N.B: rejets acceptés dans le réseau public.	marais de Reghaïa.	
Unité SNTA	1800.000.000	16m <sup>3</sup> /h en	-rejets atmosphériques : incinération des	-santé des popula-	
lumettes	boites/an	3 X 8h	déchets de bois imprégnés de cire et de	tions.	Néant
Alger.			verniss=>dégagement de fumées nocives	milieu récepteur:	
			+ retombées particulaires.	air ambiant.	
			-rejets liquides: produits chimiques nocifs		
			dangereux: chlorate de potassium (produits		
			explosifs), soufre, parafine (produits		
			inflammables).		

./...

!Dénomination	!Production	!Consommation!	Nature des rejets	! Danger potentiel	!Type de trai-
!Localisation	!	! d'eau		! milieu recep-	!tement existant
ONACOME	!	!	!-rejets liquides: traces de cyanure,chrome,!	! -faune,flore,nappe!	! -existence de 4
C.V.I)	!	!	! huiles de coude, acides, bases, cyanure	! phréatique.	! stations de
ouiba	!	!	! 0,2t/an .	! milieu récepteur:!	! traitement dont!
!	!	!	!	! oued avoisinant.	! 2 ne fonction-
!	!	!	!	!	! nent pas.
Unité ONALAIT	!400 litres/j	!50.000 m <sup>3</sup> /h	!-rejets liquides:matière organique+produits!	!-faune,flore,nappe	!
matières gra	!	!mois.	! chimiques tels que la soude caustique et	! phréatique.	! Néant
ses.Birkhadem!	!	!	! détergents.	!	!
Unité SNIC	!	!	!-rejets liquides:pigments, solvants.	! -faune,flore,nappe!	!
peinture	!	!	!	! phréatique.	! Néant
ued SMAR	!	!	!	! milieu récepteur:!	!
néraga	!	!	!	! Oued Karma.	!
N.S	!	!100 m <sup>3</sup> /h	!-effluents liquides : décapage et rinçage	! milieu récepteur:!	!-eaux neutrali-
eghaïa	!	!en 3 X 8h	! des tubes(acides sulfuriques,cyanures	! réseau public.	! sées avant leur
!	!	!	! (0,18t/an).	!	! rejet.
NEMA	!bières,boi-	!100m <sup>3</sup> /h et	!-rejets liquides:eaux des circuits de	!-faune,flore,nappe	!
Unité de	!ssons gazeuses!	!16h de pro-	! lavage (colorants+solvants+soude+drèche)	! phréatique,santé!	!
eghaïa	!	!duction.	! (reste du traitement de grains d'orge et	! des populations.!	! Néant
!	!	!1600m <sup>3</sup> /j.	! de maïs).	! milieu récepteur:!	!
!	!	!	!	! oued avoisinant.	!

.../...

!Dénomination	!Production	!Consommation!	Nature des rejets	! Danger potentiel	!Type de trai-
!localisation	!	! d'eau		! milieu recep-	!tement existant!
MALAIT	!lait, fromage,	!1800	! -rejets liquides :colorants,solvants.	! -faune,flore,nappe!	!
oudouaou	!crème.	!à 1000m <sup>3</sup> /j.		! phréatique,santé!	!
	!	!		! des populations.	! Néant
	!	!		! milieu récepteur:!	!
	!	!		! oued avoisinant	!
	!	!		! + air ambiant	!
ONELEC	!câbles	!160m <sup>3</sup> /h	! -rejets liquides: acide sulfurique,soude,	! -faune,flore,nappe!	!
mité de câb-	!électriques.	!sur 24h	! huile minérale, oxyde de cuivre.	! phréatique,santé	!
erie Gué de	!	!	! -rejets atmosphériques: faibles émissions	! des populations.	! Néant
onstantine	!	!	! de poussières de plomb.	! milieu récepteur	!
	!	!		! oued avoisinant	!
	!	!		! + air ambiant.	!
ONPIPEC	!traitement	!1.500m <sup>3</sup> /j	! -rejets liquides: produits chimiques en	! -faune,flore,	!1 station de
annerie de	!des peaux	!	! charge très élevée : produits toxiques :	! milieu marin,	!traitement
ouiba	!d'ovins	!	! sulfure de Na,chaux,carbonate de Na,	! nappe phréatique	!insuffisante.
	!7.800 pièces/j!	!	! acide sulfurite de Cr,tanins,végétaux	! santé des popula-	!
	!	!	! synthétiques,Nacl,pétrole,solvant,	! tion.	!
	!	!	! colorant,huile sulfoncée,résine acryli-	! milieu récepteur:!	!
	!	!	! que,divers pigments,laques cellulosi-	! Oued et mer	!
	!	!	! ques,et déchets organiques.	!	!
N.C	!Carrelage	!110m <sup>3</sup> /h	! -rejets des matières :déchets du malaxage!	!	!
ued Smar	!	!en 2 X 8h	! et du ponçage.	!	!

.../.

!Nomination	!Production	! Consommation!	Nature des rejets	! Danger potentiel	!Type de trai-
!Localisation	!	! d'eau	!	! milieu recep-	!tement existant!
!Unité	!140.000	! 30m <sup>3</sup> /h	!-déchets solides: récupérés par la S.N.S.	! -faune,flore,nappe!	!
!NELEC	!batteries	! en 2 X 8h	!-fumée:vapeurs d'acide,et poussières de Pb.	! phréatique,santé	!
!Oued Smar	!en Pb/an	!	!-déchets fluides:métaux lourds,traces de	! des populations.	! Néant
!	!	!	! cyanure.	! milieu récepteur	!
!	!	!	!	! Oued avoisinant	!
!	!	!	!	! + air ambiant.	!
!Unité	!30 tonnes/j	! 200m <sup>3</sup> /h	!-prolifération de levure dans les cours	! -faune,flore,nappe	!
!S.EMPBAC	!(ancienne)	! 24 /24	! d'eau récepteur ==> dégagement d'odeur.	! phréatique,santé	!
!Levure	!50 tonnes/j	!	! pollution chimique : acide sulfurique,	! des populations.	! Néant
!Oued Smar	!(nouvelle)	!	! sulfate de Mg, Nacl + urée.	! milieu récepteur:	!
!	!	!	!	! Oued avoisinant	!
!Détergents	!	!	! huiles minérales(huile,essence,métaux	! -faune,flore,éco-	!
!toutes les	!	!	! lourds) détergents.	! système,	!
!Unités	!	!	!	! milieu récepteur:	!
!Industrielles	!	!	!	! égouts, mer,	!
!parcs autos.	!	!	!	! rivières, nappe	!
!	!	!	!	! phréatique.	!

CHAPITRE III - MATERIEL ET METHODES

## 1-MODE OPERATOIRE :

### 1.1- Nettoyage des instruments :

Avant toute manipulation, les conditions optimales de propreté des instruments ainsi que de la verrerie utilisée doivent être effectuées pour éviter tous les problèmes de contamination. Pour ce faire, toute la vaisselle est nettoyée avec des détergents commerciaux puis rincée à l'eau. Un nettoyage avec une solution d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 65% est effectué suivi d'un rinçage à l'eau distillée et bidistillée.

### 1.2- Echantillonnage :

#### 1.2.1- Prélèvement :

Le prélèvement du sédiment a été effectué à l'aide d'une benne type "Van-Veen". (Fig 11).

La benne prélève la couche superficielle du fond, sur une surface d'un dixième de mètre carré.

Les échantillons sont récupérés à l'aide d'une spatule (en acier inoxydable) en évitant le contact avec les parois de la benne.

### 1.3- Conservation :

Les sédiments sont mis dans des sacs en plastique, fermés par un bracelet en caoutchouc.

Toutes les indications utiles sont portées sur des étiquettes qu'on fixe sur les sacs.

Les sacs sont conservés dans un congélateur à  $-18^\circ\text{C}$ .

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι:

1. Η μέση τιμή είναι 12,5.

2. Η διασπορά είναι 2,5, που σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι σχετικά συγκεντρωμένα γύρω από τη μέση τιμή.

3. Η κλίση είναι 0,5, που σημαίνει ότι η κατανομή είναι ασύμμετρη.

1.3. (Συνολικά) 100

1.4.1

Το πρώτο βήμα είναι να προσδιορίσουμε τον τύπο της κατανομής. Επειδή η κατανομή είναι ασύμμετρη, θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των στιγμικών.

Η μέση τιμή είναι 12,5, η διασπορά είναι 2,5 και η κλίση είναι 0,5.

Από τον πίνακα των τιμών (βλ. παρακάτω) προκύπτει ότι η κατανομή είναι ασύμμετρη.

1.5. (Συνολικά) 100

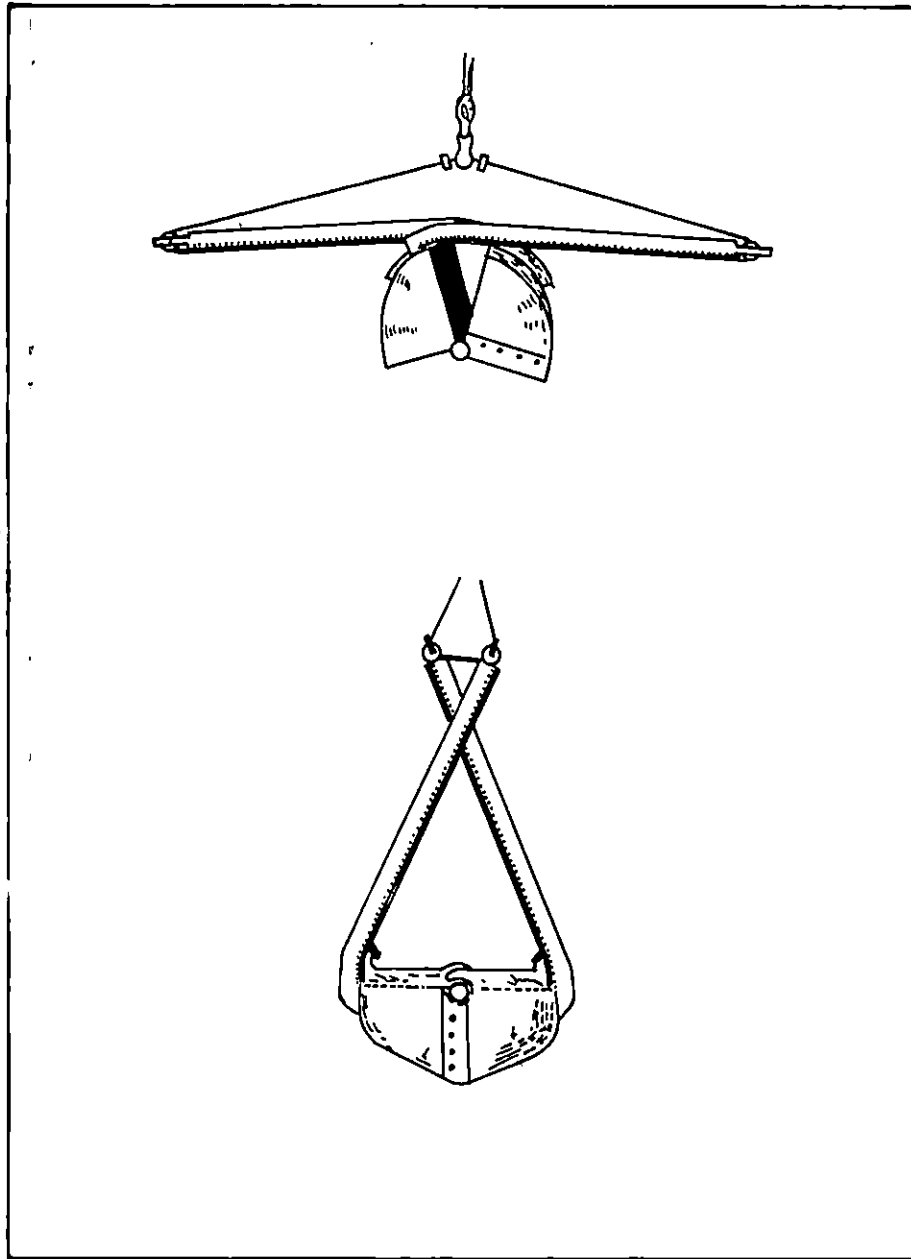
Το πρώτο βήμα είναι να προσδιορίσουμε τον τύπο της κατανομής.

Επειδή η κατανομή είναι ασύμμετρη, θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των στιγμικών. Η μέση τιμή είναι 12,5, η διασπορά είναι 2,5 και η κλίση είναι 0,5.

Από τον πίνακα των τιμών προκύπτει ότι η κατανομή είναι ασύμμετρη.

1.6. (Συνολικά) 100

1.7. (Συνολικά) 100



*Fig. 11* SCHEMA DU FONCTIONNEMENT  
DE LA BENNE 'VAN VEEN' TIRE DUCOT (84)

L'échantillonnage a été effectué par le navire océanographique le "M.S BENYAHIA" équipé d'un système de positionnement et des moyens de levage adaptés au matériel de prélèvement.

#### 1.4- Traitement des sédiments : Tableau VI

##### -Lyophilisation :

L'eau contenue dans le sédiment est éliminée par sublimation (à  $-40^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{-1}$  bar pendant 48h), cette étape nécessite une congélation préalable, elle est préférable à l'évaporation en étuve qui peut être une source de pertes en métaux les plus volatils (Ex: le plomb et le mercure).

Les échantillons lyophilisés sont pesés (poids sec noté P.S.).

##### -Tamissage :

La quantification des éléments métalliques se fait sur la fraction fine (63 $\mu\text{m}$ ).

Les échantillons sont d'abord broyés au mortier en porcelaine, ensuite passés à travers un tamis de 63 $\mu\text{m}$  de diamètre.

Cette fraction est en effet le siège de la plupart des phénomènes d'adsorption - désorption des métaux lourds donc la plus significative, par ailleurs on élimine le facteur granulométrique lié à l'hétérogénéité des dépôts.

Le lyophilisat récupéré est homogénéisé pendant 48 heures afin d'assurer une bonne répartition des métaux au sein des particules.

---

: Prélèvement :

---

: Congélation :

: (à -18°C) :

---

: Lyophilisation :

: (10<sup>-1</sup> bar, -40°C, pdt 48h) :

---

: Broyage au mortier :

---

: Tamissage :

: 0 63um :

---

: Homogénéisation :

: (48h) :

---

: Digestion :

: (80°C, 2h, 1g de sédiment :

: dans 10ml d'"eau régale") :

---

: Filtration :

: (papier WATTMAN) :

---

: Dilution à 100ml avec :

: eau bidistillée :

---

: Analyse en spectrophotométrie :

: d'absorption atomique :

## -Digestion par voie humide ou mise en solution de la matière

### sèche :

La digestion par voie humide s'avère la plus efficace car elle présente un fort pourcentage en métaux lourds, (PINTA, 1979).

Elle consiste en une minéralisation et une solubilisation des matières organiques aux acides à grande température et pression.

Les métaux sont libérés de la matrice organique et se trouvent à l'état libre facilement dosables en absorption atomique.

Dans cette étude, nous avons procédé à une attaque aux acides forts mais non totale.

Le choix s'est porté sur cette attaque en utilisant "l'eau régale" ( $\text{HNO}_3$  3/4,  $\text{HCl}$  3/4) préconisée par certains auteurs : (WOLLAST (1981) ; (FORSTNER et WITTMAN, 1979).

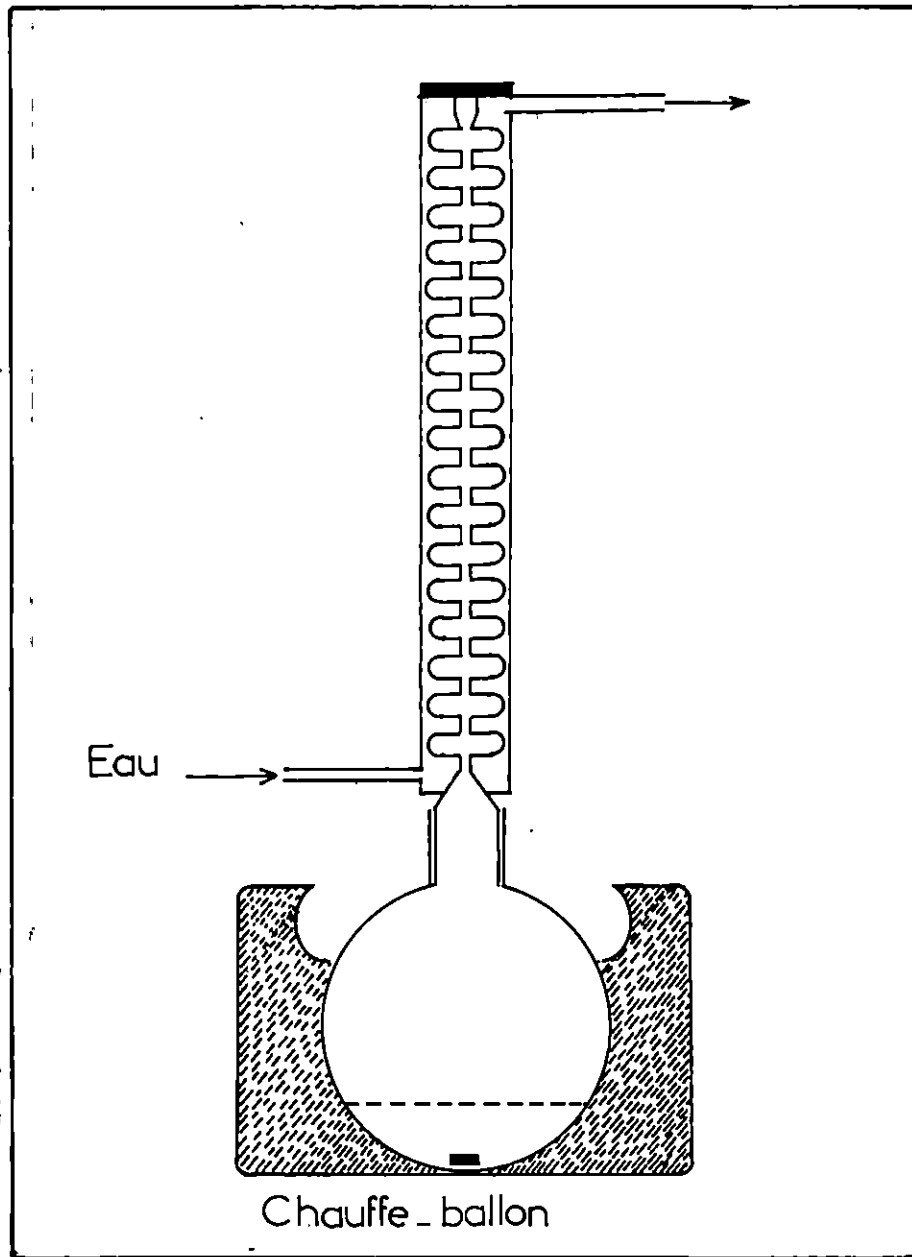
L'essai d'intercalibration des laboratoires participant à un programme de surveillance du milieu marin (bulletin du R.N.O. n°15, 1981) montre que sur la fraction fine du sédiment, l'utilisation de la méthode par attaque totale et celle par attaque forte mais non totale ( $\text{HNO}_3$  -  $\text{HCl}$ ), donne des résultats voisins et de variabilités comparables.

Notre mise en solution se fait par attaque acide à chaud, sous colonne à reflux. (Fig. 12).

1g de sédiment est pesé, auquel on rajoute 10ml d'"eau régale" constituée d'un volume (01) d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) à 65% et de trois (03) volumes d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) à 35%, la digestion dure deux (02) heures à 80°C.

### -Dilution :

La solution de chacun des échantillons est enfin récupérée dans une fiole jaugée de 100ml après filtration.



*Fig.12* COLONNE A FLUX CONTINU

Nous obtenons donc, pour chaque échantillon cent(100)millilitres de solution analysable en spectrophotométrie d'absorption atomique.

#### 1.5- La spectrophotométrie d'absorption atomique : (S.A.A.)

Cette technique s'est largement développée ces dernières années dont le phénomène de base était déjà connu depuis très longtemps

Elle présente les avantages suivants :

-sélectivité et universalité. En l'absence d'interaction, elle permet de doser un nombre important d'éléments les uns en présence des autres, en phase aqueuse et en phase solvant. Il est possible également de doser indirectement certains anions.

-une grande sensibilité, liée cependant à l'élément à analyser, à la qualité de la lampe, à la nature de la solution vaporisée, au choix du brûleur.

-volume relativement faible de l'échantillon.

-simplicité de préparation de l'échantillon.

-rapidité d'exécution.

-reproductibilité satisfaisante.

Nous avons utilisé un spectrophotomètre d'absorption atomique "Perkin Elmer" modèle 2380. Le seuil minimal est de  $10^{-9}$ g et le seuil maximal de  $10^{-12}$ g.

### 1.5.1-Principe de la S.A.A. :

Le métal doit passer de la forme ionique en solution à la forme atomique. l'énergie fournie amène les atomes :Produits à l'état fondamental sous l'effet de la radiation de longueur d'onde donnée, d'intensité  $I_0$ , les atomes passent de l'état fondamental à l'état excité, entraînant une diminution de l'intensité  $I_0$  qui devient  $I$ . La différence  $(I_0-I)$ correspond à l'absorbance, elle est enregistrée par un dispositif photo-électrique.

Cette absorption obéit à la loi de Beert Lambert :

$$: I = I_0 e^{-KCL} \quad \langle \text{=====} \rangle \quad D_o = \text{Log} \frac{I_0}{I} = KCL \quad :$$

$D_o$  : densité optique.

$I_0$  : intensité de la radiation incidente.

$I$  : intensité de la radiation émergente.

$L$  : longueur du chemin optique ou de la source d'atomisation= constante.

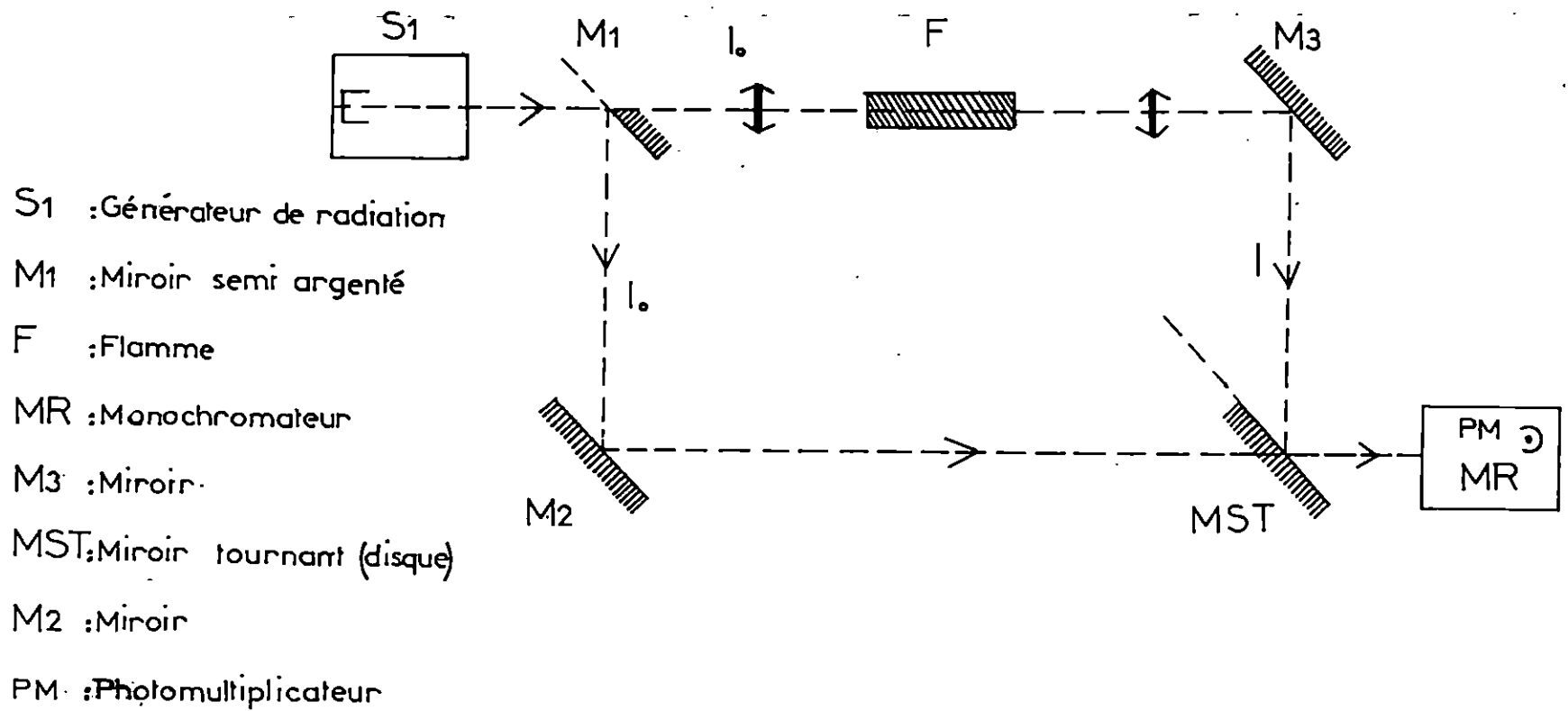
$C$  : concentration dans la solution de l'élément considéré.

$K$  : Constante.

### 1.5.2-Eléments constitutifs d'un S.A.A. :(Fig.13)

Le spectrophotomètre utilisé est de type double faisceau avec correcteur de bruit de fond(lampe à deutérium).Il est constitué: -

- d'une source de radiation.
- d'une source d'atomisation.
- d'un système de miroirs.
- d'un monochromateur.
- d'un photomultiplicateur.
- d'un enregistreur.



**Fig.3** SCHEMA OPTIQUE D'UN SPECTROMETRE D'ABSORPTION ATOMIQUE  
DOUBLE FAISCEAU, (tiré du pinta, (1979))

-La source de radiation :

La radiation peut se faire à partir d'une lampe cathodique ou d'une lampe à décharge :

-Lampe à cathode creuse : (HCL)

Elle est constituée de deux(02)électrodes,l'anode est généralement un simple fil de métal soudé dans le verre de la lampe, la cathode un cylindre creux dont l'axe de révolution correspond à l'axe optique de l'appareil.

La surface interne de ce cylindre est constituée par le métal à doser.

Quand une tension suffisante se trouve appliquée entre l'anode et la cathode,l'intérieur de celle-ci s'illumine et c'est le spectre d'émission.

-Lampe à décharge : (EDL)

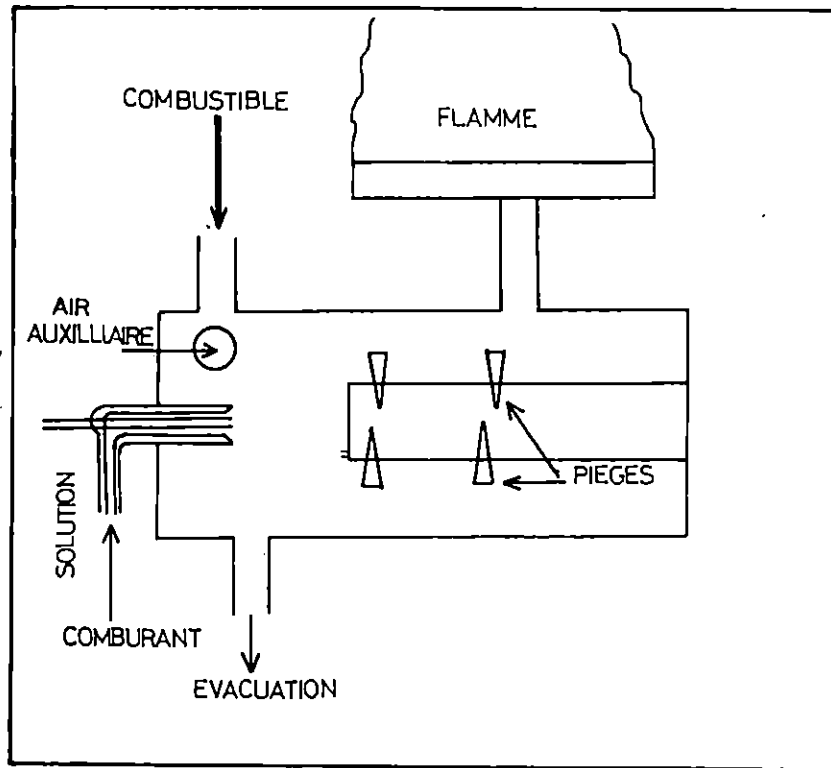
Elle est constituée par une enceinte de quartz contenant une petite quantité de l'élément donné en association avec un gaz inerte.

Mise sous tension, l'énergie ionise le gaz inerte et excite les atomes provoquant ainsi l'émission du spectre spécifique de l'élément.

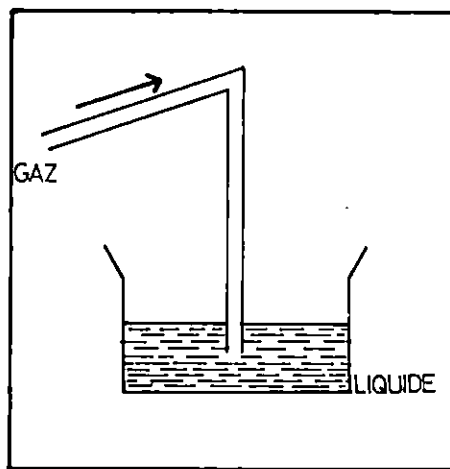
Cette lampe est plus performante car elle émet un rayonnement plus intense et améliore donc le rapport signal/bruit de fond.

-Source d'atomisation à flammes : (Fig.14)

Pour l'utilisation de cette méthode, la mise en solution est nécessaire.



*Fig.14<sup>a</sup>* ENSEMBLE BRULEUR NEBULISEUR AVEC CHAMBRE (Perkin Elmer)



*Fig.14<sup>b</sup>* SCHEMA DE PRINCIPE D'UN NEBULISEUR

Un brûleur à flamme air-acétylène est utilisé, couplé à un nébulisateur qui transforme la solution aspirée en aérosol, injectable directement dans la flamme.

Cette méthode présente l'avantage d'être rapide et les résultats sont facilement reproductibles.

Nous l'avons utilisée pour le dosage du manganèse, du cuivre, du zinc, du plomb et du chrome, pour des concentrations très élevées.

#### -Four à graphite : (Fig.15)

C'est un tube en graphite avec un revêtement pyrolitique.

L'échantillon déposé sur une électrode de graphite est volatilisé et atomisé dans un tube en graphite chauffé à haute température par effet Joule.

Un circuit d'eau assure le refroidissement du système, et un flux d'azote crée une atmosphère inerte permettant la "non-oxydation" du four et des électrodes.

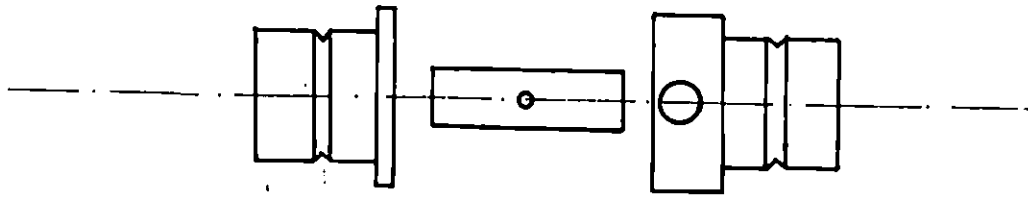
Trois(03) paliers de température sont programmables en intensité et en durée :

- température de séchage.
- température de mise en cendres ou de calcination de la matière organique.
- température d'atomisation.

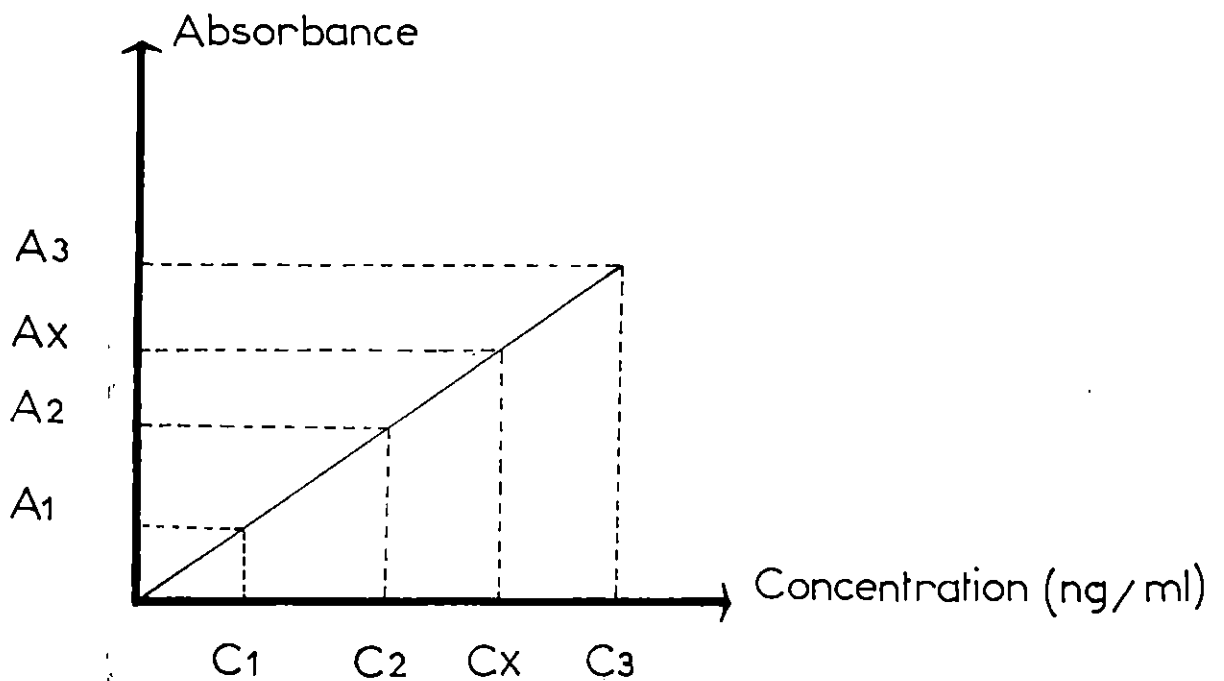
Cette méthode est très sensible, de l'ordre du ng par millilitre, nous l'avons utilisée pour le dosage du cadmium.

Nous disposons d'un four HGA-500. Les résultats sont reproductibles.

Ceci étant dû en grande partie au mode d'injection qui est automatisé.



*Fig.15* FOUR A GRAPHITE



*Fig.17* A=F(c). STANDARDS SEULS

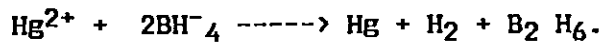
## L'atomisation par réduction chimique :

### -Cas des vapeurs froides :(Fig.16)

Cette méthode n'a pu être utilisée par manque de réactifs.

Le mercure est volatil à l'état métallique, il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un apport énergétique supplémentaire.

C'est la réduction chimique au  $\text{Na BH}_4$ .



La solution réductrice est constituée par :

- 3g de  $\text{Na BH}_4$
- 1g de  $\text{Na OH}$ .

Complétée à 100ml par de l'eau distillée. Juste avant la réduction 10ml de l'échantillon sont acidifiés par 1ml d'HCl à 35%.

Un flux d'azote assure le passage de la solution réductrice de l'échantillon :

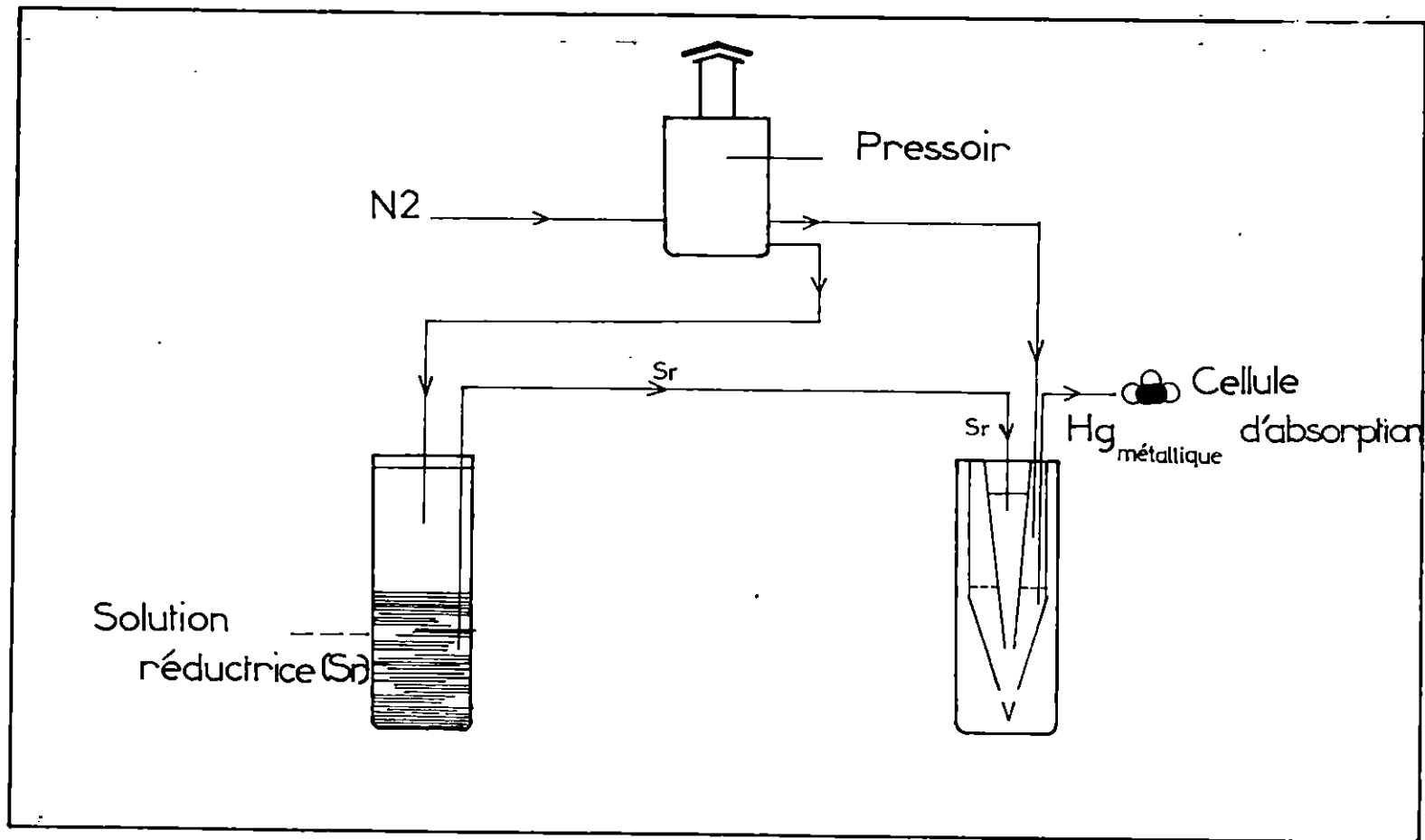
- conditions spectrométriques. (Tableau VII ).
- conditions électrothermiques.(Tableau VIII).

### -Interactions :

Il existe plusieurs types d'interactions :

#### -Interactions dues à la flamme :

La flamme émet naturellement des radiations d'intensité variable, pouvant entraîner un rapport signal/bruit trop faible. Pour combattre ces interactions, on peut changer de flamme, ou changer de longueur d'onde, au détriment de la sensibilité, la flamme peut être également le siège d'une émission parasite due à une solution trop visqueuse ou trop chargée en corps dissous, ou encore à une mauvaise nébulisation.



*Fig. 16* REDUCTION CHIMIQUE.

Tableau VII : - Conditions spectrométriques

! Élément	! Longueur d'onde (nm)	! Intensité (mA)	! Puissance (W)	! Longueur de la fente (nm)	! Nature du courant!
! Plomb	! 283,3	! -	! 10	! 0,7	! NORM.* !
! Cuivre	! 324,7	! 15	! -	! 0,7	! NORM. !
! Cadmium	! 228,8	! -	! 5	! 0,7	! ALT.* !
! Chrome	! 357,9	! 20	! -	! 0,7	! NORM. !
! Zinc	! 213,9	! 15	! -	! 0,7	! NORM. !
! Manganèse	! 279,5	! 20	! -	! 0,7	! NORM. !

NORM.\*: Normal (élément dosé en flamme).

ALT.\* : Alternatif (élément dosé au four).

Tableau VIII : - Conditions électrothermiques.

! Etape	! Élément	! Cadmium
! Ivitesse de montée (° C/S)		! 6
! Séchage	! Itempérature (°C)	! 110
	! IDurée (S)	! 40
	! Ivitesse de montée (°C/S)	! 12
! Mise en	! Itempérature (°C) 1ère phase	! 350
	! IDurée (S)	! 15
! Cendre	! Ivitesse de montée (°C/S)	! 4
	! Itempérature (°C) 2ème phase	! 460
	! IDurée (S)	! 40
	! Ivitesse de montée (°C/S)	! 580
! Atomisation	! Itempérature (°C)	! 2200
	! IDurée (S)	! 3

-Interactions d'ionisation :

Lorsqu'un élément est ionisé, il quitte l'état fondamental et de ce fait ne peut plus absorber les photons issus de la lampe et l'absorption diminue. Ce phénomène est fréquent dans le dosage des alcalino-terreux et des alcalins, ainsi que pour certains éléments dosés en flamme chaude (protoxyde d'azote/acétylène).

-Interactions dues à la matrice :

Ces interactions interviennent pour des concentrations en corps dissous supérieures à 2% et lorsque la viscosité est différente de celle des étalons. Elles entraînent un effet "Scattering" (c'est une augmentation de l'absorption observée qui n'est pas spécifique de l'élément dosé), une diminution du débit d'aspiration, et un encrassement rapide des brûleurs avec les risques associés d'explosion.

-Interactions chimiques :

Ce sont les plus importantes et les plus fréquentes, elles sont dues au milieu extrêmement réactionnel que constitue la flamme. Dans un tel milieu les radicaux libres sont nombreux et les possibilités de recombinaisons importantes.

-Interférences spectrales :

Elles sont produites par un élément possédant une raie ou une bande d'absorption identique ou proche de celle de l'élément à doser.



Cx : concentration lue sur la courbe d'étalonnage (en mg/l).

C blanc: concentration du blanc(en mg/l).

V : Volume de la solution finale après digestion (en ml).

M : Masse du sédiment minéralisé (en g).

Tableau IX : - Solutions standards.

Solutions	solutions					
	mère	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		
! Métaux	!	!	!	!	!	!
! Zinc	! 1g/l	! 2ppm	! 4ppm	! 6ppm	!	!
!	!	!	!	!	!	!
! Cuivre	! 1g/l	! 1ppm	! 2ppm	! 3ppm	!	!
!	!	!	!	!	!	!
! Chrome	! 1g/l	! 0,5ppm	! 1ppm	! 1,5ppm	!	!
!	!	!	!	!	!	!
! Cadmium	! 1g/l	! 50ng/ml	! 100ng/ml	! 150ng/ml	!	!
!	!	! 0,5ppm	! 1ppm	! 1,5ppm	!	!
! Manganèse	! 1g/l	! 1ppm	! 2ppm	! 3ppm	!	!
!	!	!	!	!	!	!
! Plomb	! 1g/l	! 0,5ppm	! 1ppm	! 1,5ppm	!	!
!	!	!	!	!	!	!

**CHAPITRE IV - RESULTATS ET INTERPRETATION**

1- Résultats et interprétation

Introduction :

Nous rappelons que dans cette étude, la quantification des éléments métalliques (plomb, cadmium, chrome, zinc, cuivre et manganèse) est réalisée sur la fraction fine du sédiment de granulométrie 63µm.

Elle n'intéresse que la couche superficielle du fond marin. En effet RAPIN et al., (1981) ont démontré que l'accroissement des concentrations des métaux lourds à la surface des sédiments n'était dû qu'à l'accroissement de la pollution dans le milieu aquatique et non à leur migration, de bas en haut, à travers la colonne sédimentaire. Le sédiment est un bon indicateur de pollution.

Le tableau ci-après (Tableau X) indique les teneurs en éléments métalliques dans les sédiments de la baie d'Alger.

Tableau X: - teneurs en éléments métalliques dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger (exprimées en  $\mu\text{g. g}^{-1}$  P.S).

Métaux	Plomb	Cadmium	Chrome	Zinc	Cuivre	Manganèse
A <sub>2</sub>	38	1,79	27,6	122,1	35,3	281,4
A <sub>3</sub>	75	1	34,9	152,8	52,5	240
A <sub>4</sub>	50	0,9	40,8	125,6	37	241,9
AB <sub>2</sub>	29	0,5	29,2	122,1	32,8	295,7
B <sub>2</sub>	24	0,6	11,7	71,5	16	165,8
B <sub>3</sub>	117	1,1	83,6	252,9	80,5	349,9
B <sub>4</sub>	65	0,55	31,95	225,8	35	180,5
BC <sub>2</sub>	19,5	0,5	25,65	240,6	22,95	255,4
C <sub>2</sub>	44	0,4	26,75	233,3	30,5	213,15
C <sub>3</sub>	61,5	1,05	40,4	245,8	34,75	196,55
C <sub>4</sub>	17,5	0,15	37,85	125,3	14,25	108,55
CD <sub>2</sub>	19	0,95	36,6	322,1	24,95	310
D <sub>2</sub>	40	1,05	45	227,2	26,05	239,95
D <sub>3</sub>	24,5	0,5	35,75	228,6	30,15	224,8
E <sub>4</sub>	38	1,6	38,75	122	28,3	243,8
F <sub>4</sub>	40	1,4	11,4	232	28,7	208,8

la baie d'Alger.

-Répartition géographique des teneurs :

L'analyse des éléments métalliques, fait apparaître une certaine irrégularité entre les métaux, expliquée par le comportement spécifique de chaque élément.

Plomb : (Fig.18)

Les concentrations du plomb varient dans l'intervalle (17,5 - 117  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ). La concentration minimale (17,5  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) se situe à la station C<sub>4</sub> D<sub>4</sub>, au droit de l'émissaire de Bordj El Kiffan à 60m de profondeur.

La concentration maximale (117  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) se situe à la station B<sub>3</sub>, au droit de l'embouchure de Oued El Harrach à 40m de profondeur.

La partie occidentale et centrale présentent des concentrations élevées. Ce métal semble individualiser la partie occidentale et centrale de la baie.

Les concentrations élevées s'observent à proximité des principaux émissaires d'eaux résiduaires et du port d'Alger en ce qui concerne le secteur occidental de la baie.

La forte variation de ce métal témoigne bien de l'existence de sources localisées.

La concentration de ce métal paraît donc résulter d'une contamination liée à la présence des rejets urbains (relargage du plomb par les canalisations), aux rejets industriels (rejets fluides et émission de poussières de plomb (unité Sonelec-Oued Smar, Unité Sonelec-Gué de Constantine), rejets des unités des lubrifiants du secteur industriel et des parcs autos et à la pollution atmosphérique (utilisation du plomb tétraéthyle et du plomb tétraméthyle utilisés comme additifs anti-détonnant dans les produits pétroliers alimentant les moteurs à combustion interne).

FIG.18 Répartition géographique du plomb dans la baie d'Alger en fonction du faciès

sédimentaire.

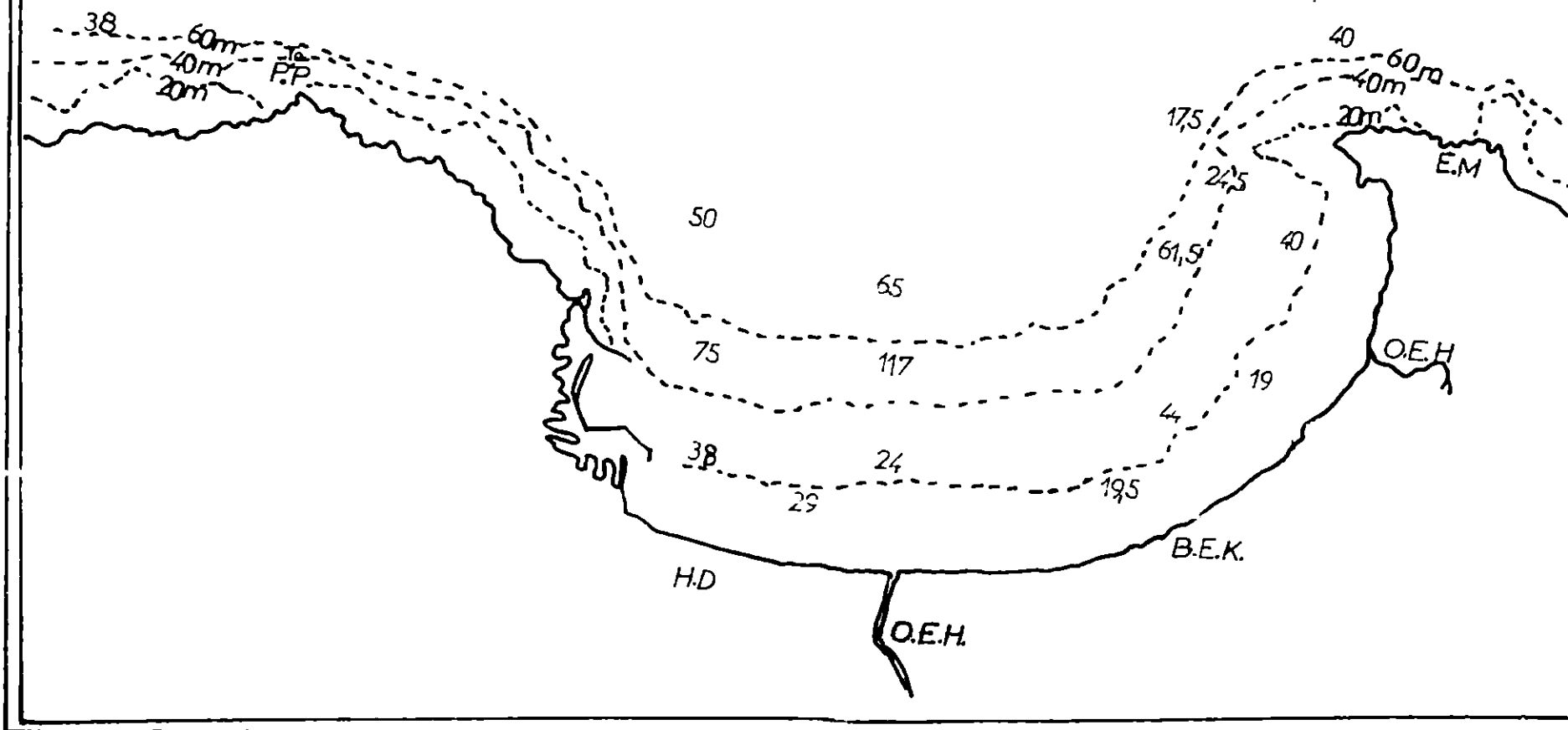
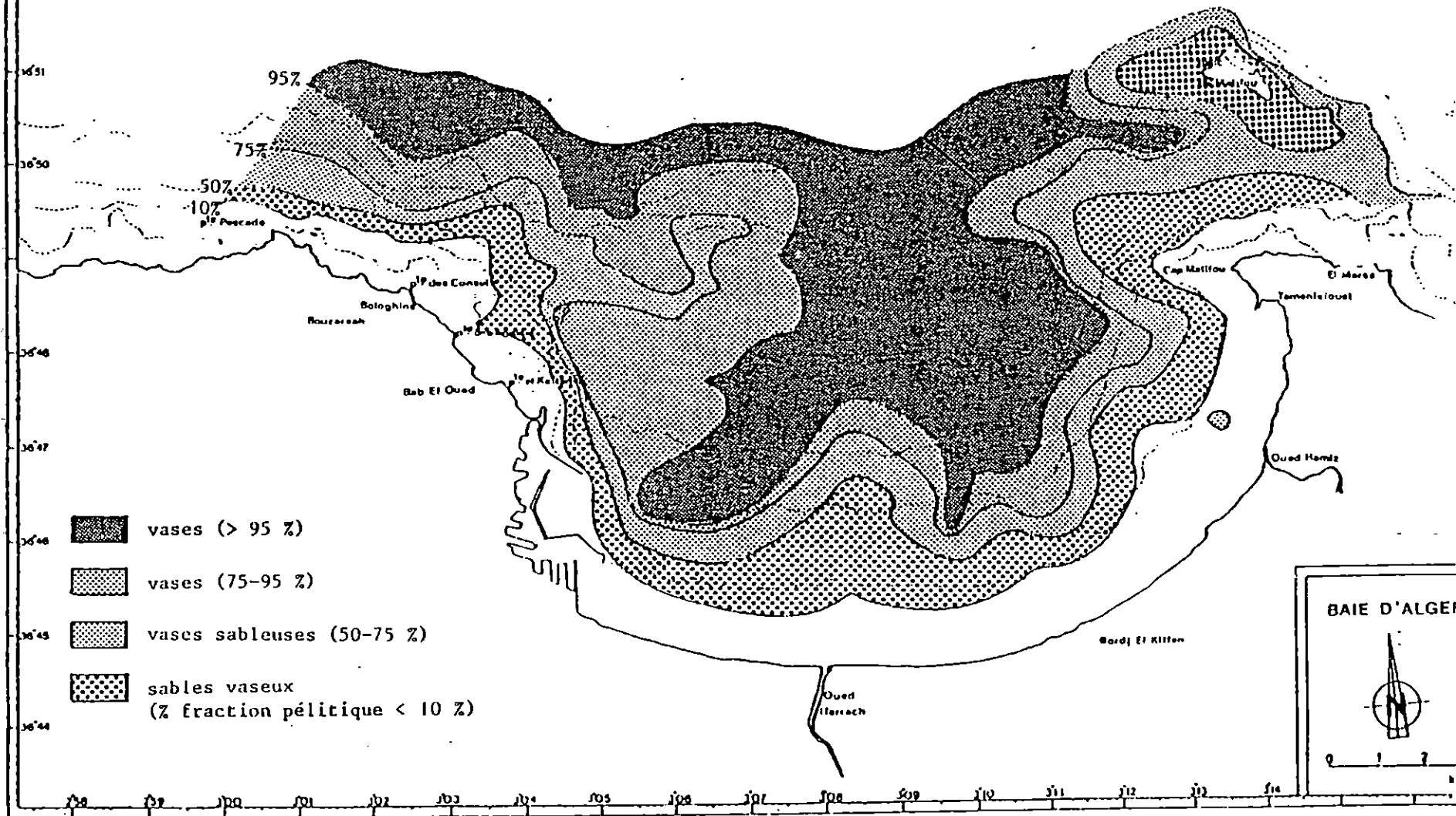


Fig. 6 : Distribution des pélites et des faciès dans les dépôts superficiels.

D'après MAOUCHE, 1987.



Les concentrations élevées de ce métal dans le secteur occidental peuvent être probablement liées à l'influence du port et des émissaires urbains présents dans ce secteur et favorisées par la richesse en matière organique de la zone, (MAOUCHE, 1987).

En effet cet auteur observe une affinité satisfaisante du plomb avec la matière organique dans le secteur occidental de la baie.

#### Cadmium : (Fig.19)

Les concentrations en cadmium varient dans l'intervalle(0,15-1,79 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ).

La teneur minimale(0,15 $\mu\text{g.g}^{-1}$ )se situe à la station C<sub>4</sub>, au droit de l'émissaire de Bordj El Kiffan à 60m de profondeur.

La teneur maximale(1,79 $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) s'observe à la station A<sub>2</sub> au droit de l'émissaire d'Hussein Dey à 20m de profondeur.

Ce métal se répartit uniformément dans la baie, ce qui vient confirmer les résultats de plusieurs auteurs.

Il semble être lié aux rejets littoraux(Oueds, égouts urbains, boues d'égouts, déchets solides, métallurgie et galvanisation de l'acier) et à la pollution atmosphérique qui est due essentiellement à la production de ciment(cimenterie Rais Hamidou).

#### Chrome : (Fig.20)

Les teneurs en chrome varient dans l'intervalle(11,4-83,6  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ).

La teneur la plus faible (11,4  $\mu\text{g.g}^{-1}$ )se situe à la station F<sub>4</sub>, au niveau de la Marsa à 60m de profondeur.

La teneur maximale (83,6  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) se situe à la station B<sub>3</sub>, au droit de l'embouchure de Oued El Harrach à 40m de profondeur.

FIG.19. Répartition géographique du cadmium dans la baie d'Alger en fonction du faciès  
sédimentaire.

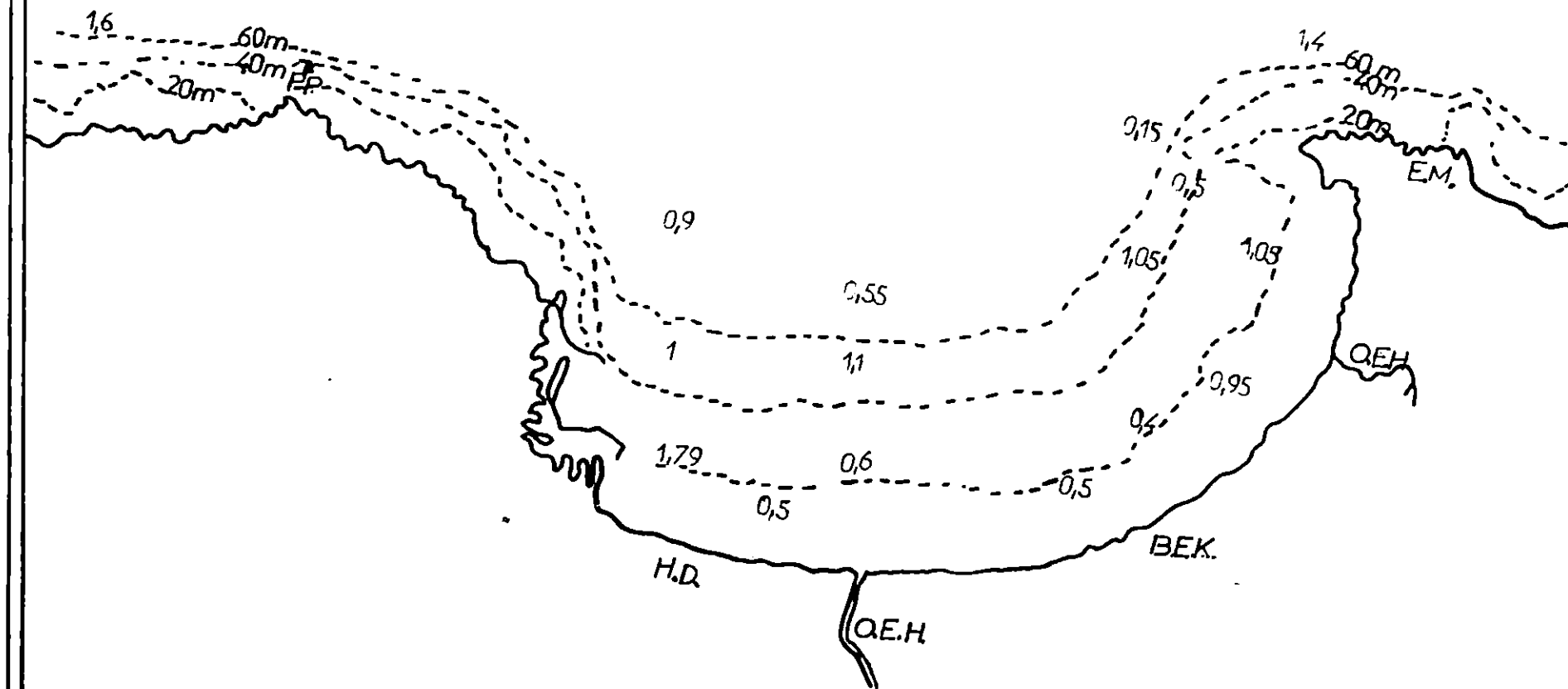


Fig. 6 : Distribution des pélites et des faciès dans les dépôts superficiels.

D'après MAOUCHE, 1987.

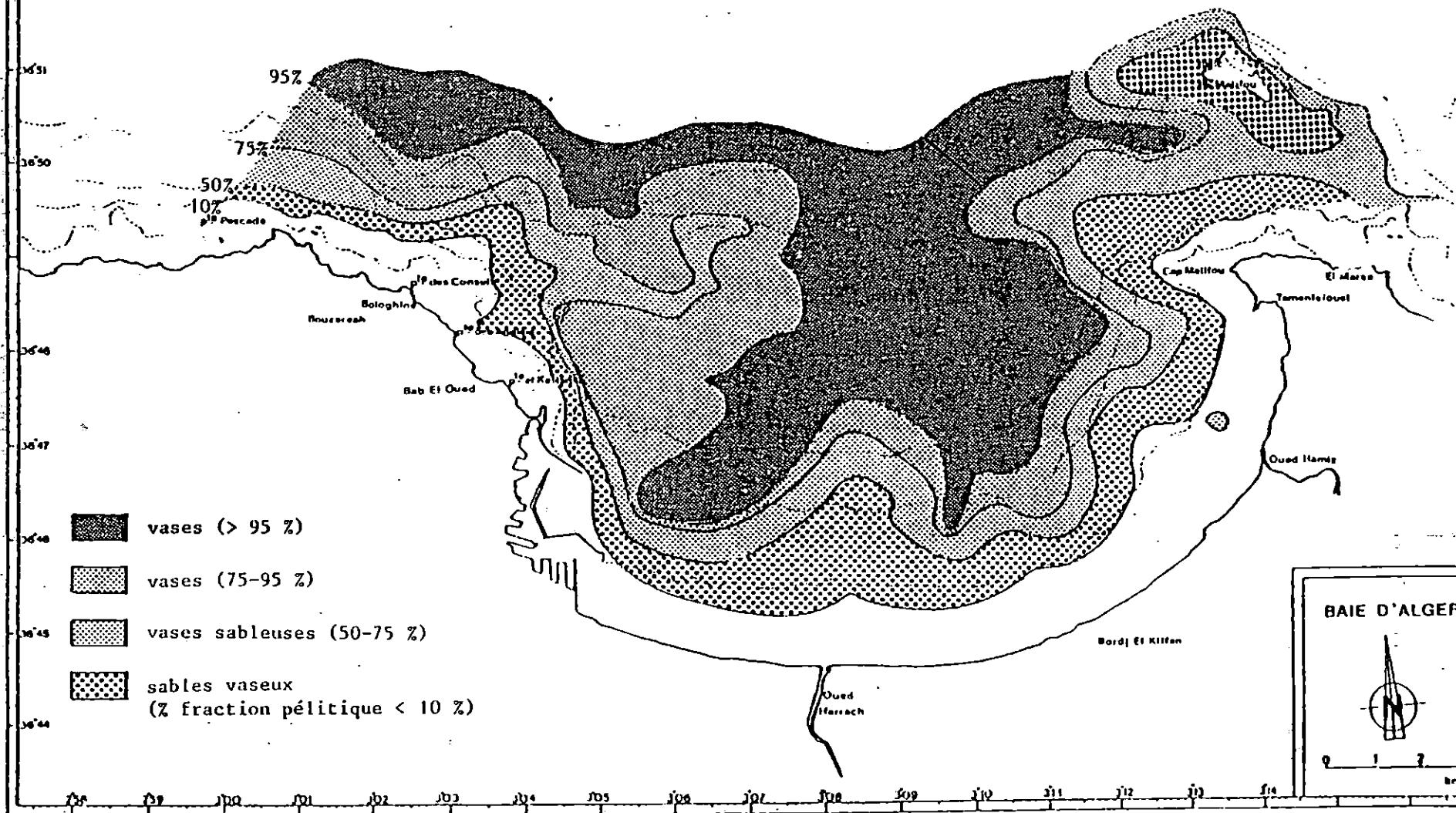
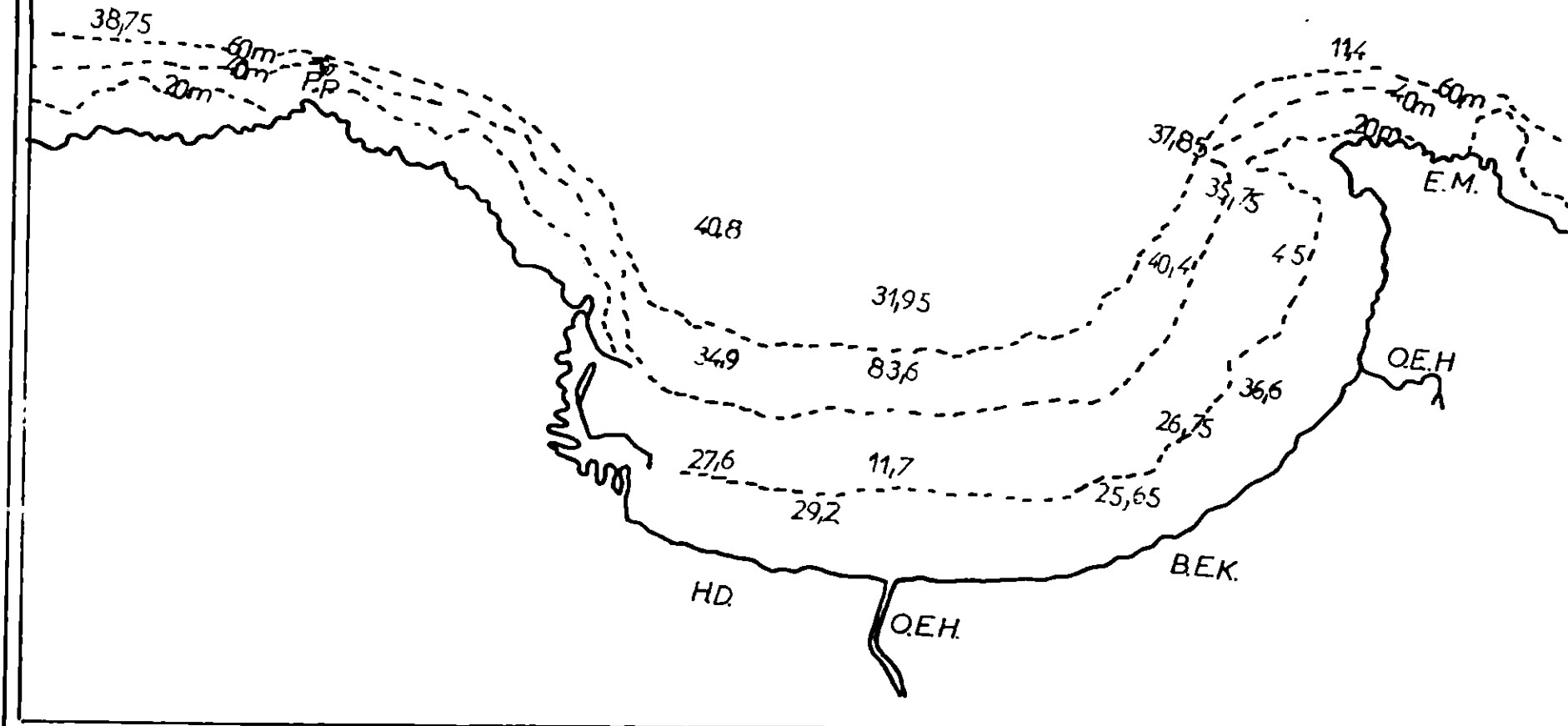


FIG. 20. Répartition géographique du chrome dans la baie d'Alger en fonction du faciès sédimentaire.





Les teneurs les plus élevées s'observent au niveau des Oueds El Harrach et El Hamiz.

Ce métal semble être lié aux rejets industriels directs ou indirects dans les oueds des unités suivantes :

(Unité SNIC - Oued SMAR, Unité SNEMA - Reghaïa, SONIPEC - Rouiba, SONITEX - Bab-Ezzouar, ONALAIT - Boudouaou).

#### Zinc : (Fig.21)

Les teneurs en zinc varient dans l'intervalle (71,5-322,1  $\text{ug.g}^{-1}$ ).

La teneur la plus faible (71,5  $\text{ug.g}^{-1}$ ) se situe à la station B<sub>2</sub>, au droit de l'embouchure de Oued El Harrach à 20m de profondeur.

La teneur la plus élevée (322,1  $\text{ug.g}^{-1}$ ) se situe à la station CD<sub>2</sub>, entre l'émissaire de Bordj El Kiffan et Oued El Hamiz à 20m de profondeur.

Les teneurs les moins élevées s'observent dans la partie occidentale de la baie.

Les teneurs les plus élevées se situent au droit de l'embouchure de Oued El Harrach aux stations B<sub>3</sub> et B<sub>4</sub>, et dans la partie orientale de la baie.

Les concentrations élevées en zinc dans la partie centrale semblent être liées aux rejets industriels (usine de papier Baba- Ali) et à l'accastage des bateaux à l'entrée du port (bateaux en rade). Relargage du zinc à partir des anodes utilisées pour la protection de la coque du bateau.

FIG. 21. Répartition géographique du zinc dans la baie d'Alger en fonction du faciès

sédimentaire

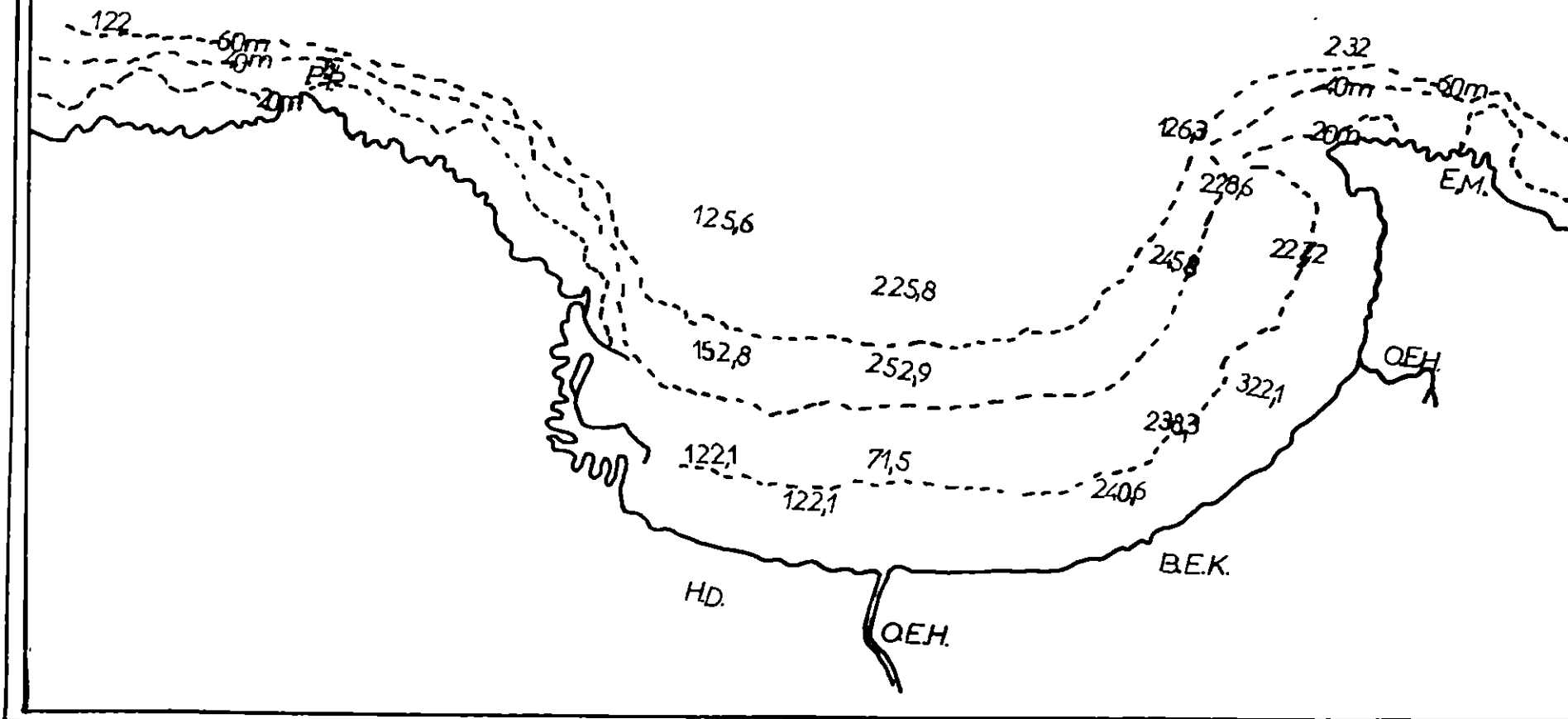
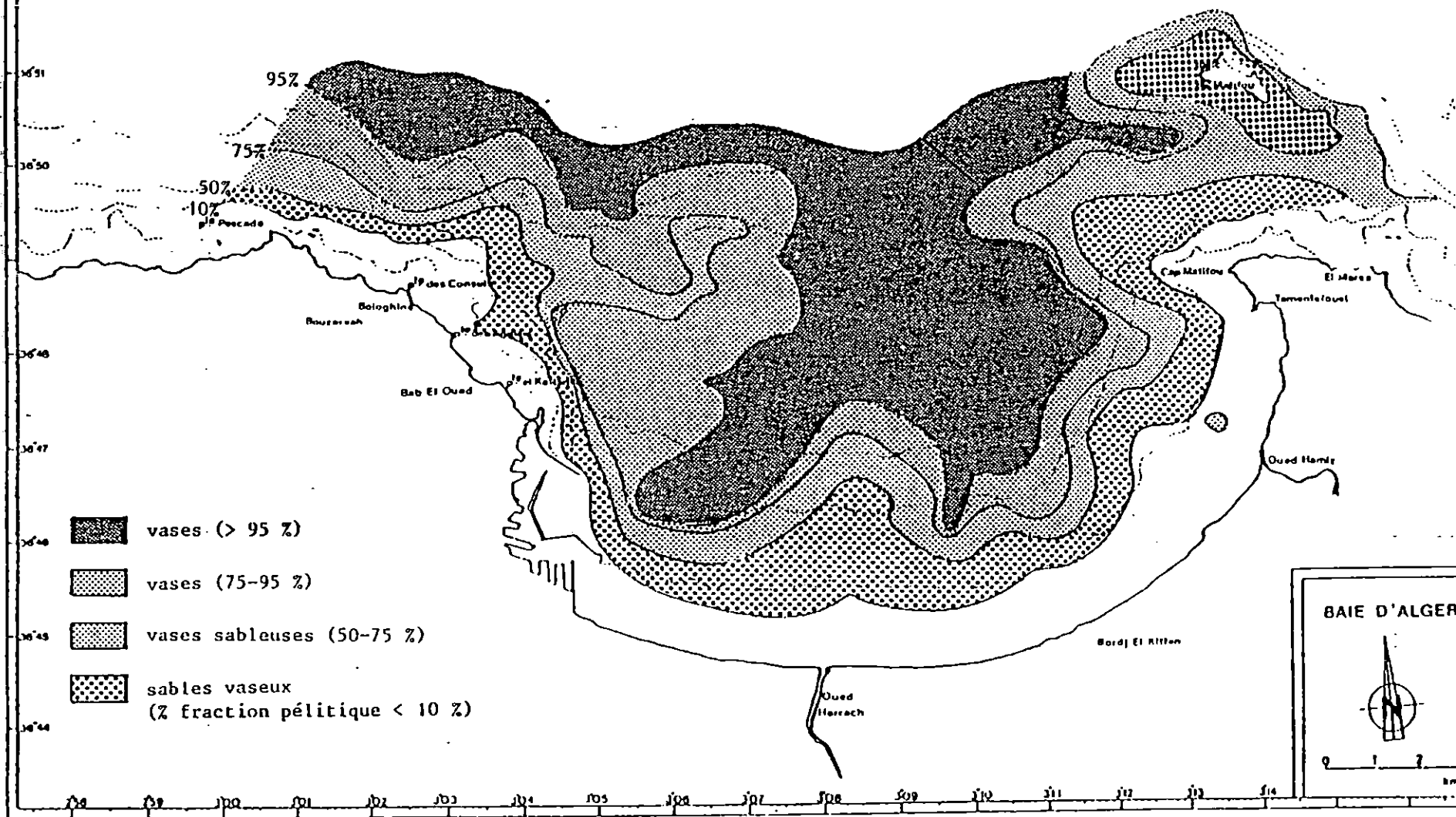


Fig.67 : Distribution des pélites et des faciès dans les dépôts superficiels.

D'après MAOUCHE, 1987.



Dans la partie orientale de la baie, les fortes teneurs en zinc peuvent être liées aux rejets industriels de Oued EL Hamiz (S.N.S-Reghaïa) et à la forte présence des particules biogènes dont la forte composition en pelottes fécales dans ce secteur notamment près du fond de Oued El Hamiz malgré la proximité de l'Oued et des fonds vaseux (MAOUCHE, 1987).

En effet FOWLER, (1977) note de fortes teneurs en zinc dans les pelottes fécales, il devrait en résulter un enrichissement dans les sédiments à fort développement planctonique (COLLIER et al., 1981).

Les prélèvements ont été effectués au printemps ce qui coïncide avec le bloom planctonique.

#### Cuivre : (Fig.22)

Les teneurs en cuivre varient dans l'intervalle (14,25-80,5  $\text{ug.g}^{-1}$ ).

La teneur minimale (14,25  $\text{ug.g}^{-1}$ ) est relevée à la station C<sub>4</sub>, au droit de l'émissaire de Bordj El Kiffan à 60m de profondeur.

La teneur maximale (80,5  $\text{ug.g}^{-1}$ ) se situe à la station B<sub>3</sub>, au droit de l'embouchure de Oued El Harrach à 40m de profondeur.

Les teneurs les moins élevées se situent aux stations B<sub>2</sub> et C<sub>4</sub>.

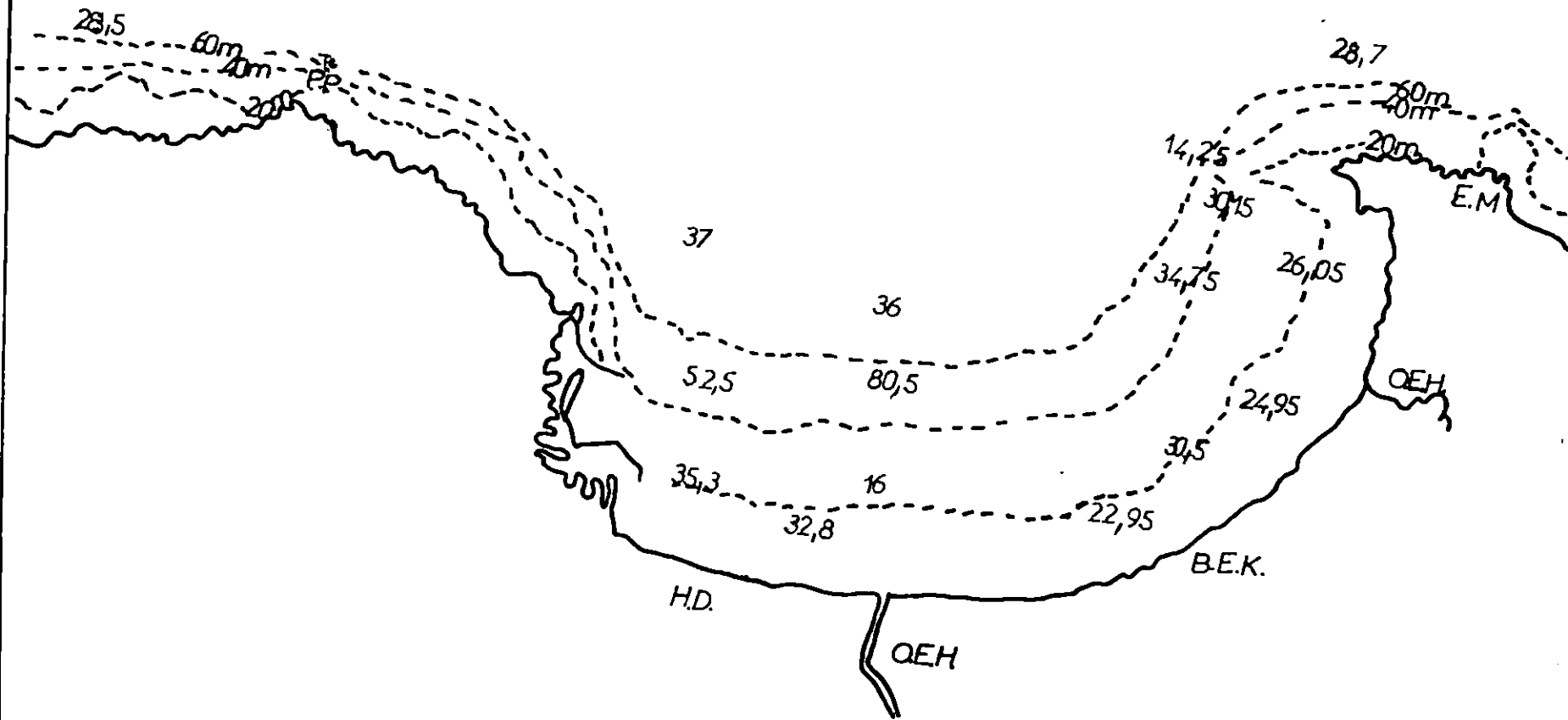
En général les teneurs les plus élevées se situent dans la partie occidentale de la baie à proximité des principaux émissaires d'eaux résiduaires et du port d'Alger.

Les teneurs atteignent un maximum au droit de l'embouchure de Oued El Harrach et diminuent dans la partie orientale de la baie.

La forte variation de ce métal témoigne bien de l'existence de sources localisées.

FIG. 22. Répartition géographique du cuivre dans la baie d'Alger en fonction du faciès

sédimentaire





La concentration de cet élément paraît donc résulter d'une contamination liée à la présence des rejets urbains (égouts urbains, boues d'égouts et déchets solides), aux déchets agricoles, aux rejets industriels des unités suivantes : (Unités Sonelec - Oued Smar, unité Sonelec - Gué de Constantine), à l'activité portuaire (usure des peintures anti-fouling à base de cuivre).

L'influence du cuivre lessivé est manifeste dans le port et à l'entrée de celui-ci à cause de l'arrêt prolongé des bateaux.

Les concentrations élevées de ce métal dans le secteur occidental sont peut être favorisées par la richesse de ce secteur en matière organique, (MAUCHE, 1987).

En effet, le cuivre étant d'une manière générale un élément organophile reconnu, l'association avec la matière organique est marquée quelle que soit son origine (SPAN et al., 1986).

#### Manganèse : (Fig. 23)

Les teneurs en manganèse varient dans l'intervalle (108,55 - 349,9  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ).

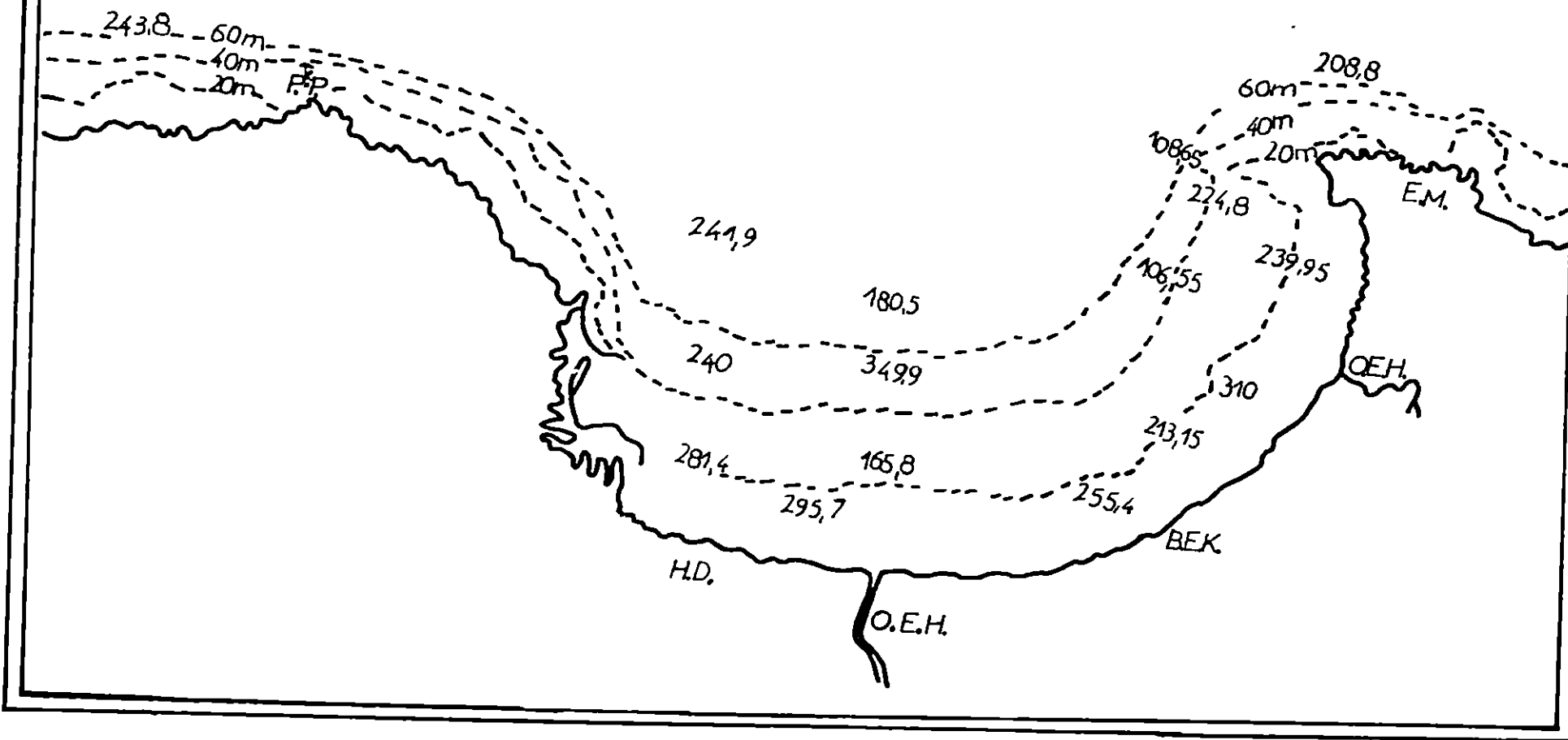
La teneur la plus faible (108,65  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) se situe à la station C<sub>4</sub>, au droit de l'émissaire de Bordj El Kiffan à 60m de profondeur.

La teneur maximale (349,4  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) se situe à la station B<sub>3</sub>, au droit de l'embouchure de Oued El Harrach à 40m de profondeur.

D'une manière générale, ce métal semble se répartir uniformément dans la baie.

Il peut être associé au matériel détritique sous l'effet du phénomène de floculation qui se produit dans le mélange eau douce- eau salée, (CHESTER et STONER, 1975).

FIG. 23. Répartition géographique du manganèse dans la baie d'Alger en fonction du faciès sédimentaire.





Si ce métal probablement incorporé sur les supports minéraux enveloppé d'un film organique(LAMBERT, 1981) sédimente rapidement sous l'effet du phénomène de floculation, il peut être également exporté vers le large sous forme particulaire,(FAGUET, 1982).

Les concentrations dans la baie peuvent être liées aux rejets industriels des unités suivantes :

- (S.N.T.A. - Bab el Oued et SNIC - Oued Smar).

- aux rejets urbains (égouts urbains boues d'égouts et déchets solides).

- et aux déchets agricoles.

- Répartition des métaux selon le faciés sédimentaire :

L'analyse des figures 18,19,20,21,22,23 et 24 nous permet de conclure :

a°)-Qu'il n'existe aucune relation de concentration du chrome,

du cadmium du manganèse et du zinc avec le faciés sédimentaire.

b°)-Les teneurs en cuivre sont élevées dans les vases.

c°)-Les teneurs en plomb sont élevées dans les vases où la

fraction fine est supérieure à 75%.

ARNOUX et al., (1980) notent la non évidence de la concentration des polluants inorganiques dans les sédiments à fraction fine dans le Golfe de Fos ainsi que MAUCHE,(1987) dans les sédiments de la baie d'Alger.

- Comparaison des teneurs en éléments métalliques dans la baie d'Alger avec celles des études antérieures. (Tableau XI)

Tableau XI : -Comparaison des teneurs en éléments métalliques dans les sédiments de la baie d'Alger avec celles des études antérieures (exprimées en  $\mu\text{g.g}^{-1}$  P.S).

Métaux	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Mn	Références
Baie d'Alger	8,16-	3,42-	_	105,50-	32,6-	_	SELLALI, (1986)
Baie d'Alger	24-	_	_	123-	24-	259-	MAUCHE, (1987)
Baie d'Alger	25,50-	1,97-	11,50-	_	29,57-	_	TAGUINE (1989)
Baie d'Alger	17,5 -	0,15-	11,4 -	71,5-	14,25-	108,65	Notre Etude

La valeur minimale ( $71,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) en zinc de notre étude est inférieure à celles trouvées par SELLALI(1986),et MAUCHE(1987).

La valeur maximale( $252,8\mu\text{g.g}^{-1}$ )en zinc est supérieure à celles trouvées par ces deux auteurs.

Pour le manganèse, les valeurs de notre étude sont comparables à celles de MAUCHE,(1987).

La valeur minimale ( $14,25\mu\text{g.g}^{-1}$ ) en cuivre de notre étude est inférieure aux autres valeurs trouvées par tous les auteurs dans la baie.

valeurs maximales mais reste comparable à celle de TAGUINE,(1989).

Pour le chrome nous ne pouvons nous prononcer vu que la seule étude antérieure a été faite par TAGUINE(1989) et que cet auteur soupçonne une éventuelle contamination par le mélange sulfo- chromique de ses échantillons lors du nettoyage des instruments.

En général on observe une évolution de la pollution par ces métaux dans la baie d'Alger excepté pour le cadmium où nous constatons une diminution des teneurs qui peut être due à la variation naturelle de ce métal, DESSAINT,(1987).

- Comparaison des teneurs en éléments métalliques dans les sédiments de la baie d'Alger avec celles de certaines régions de la méditerranée. (Tableau XII)

Tableau XII : -Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments de certaines régions de la méditerranée et de la baie d'Alger (exprimées en ug. g<sup>-1</sup> P.S.).

Métaux	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Mn	Références
Station							
Baie de Mersin	11 -		22 -	25 -	14 -	236 -	ERGIN, (1988)
Turquie Médit. Nord. Occid.	17	-	57	178	47	550	
Golfe d'olbia Italie	6,1	0,2	2,0	40,2	5,0	-	CONTU et al, 1988
Baie d'Alger	17,5 - 117	0,15 - 1,79	11,4 - 83,6	71,5 - 252,8	14,25 - 80,5	108,65 - 349,4	Notre étude

Les concentrations en plomb,chrome et en zinc sont élevées dans la baie d'Alger par rapport à celles des autres régions.

En ce qui concerne le cadmium et le manganèse, les valeurs restent comparables.

-Répartition des métaux dans le port d'Alger :

Les teneurs en éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger sont représentées dans le tableau XIII.

Tableau XIII : - Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger (exprimées en ug. g<sup>-1</sup> P.S.).

! Métaux !	! Plomb !	! Cadmium !	! Chrome !	! Zinc !	! Cuivre !	! Manganèse !
! Stations !	! !	! !	! !	! !	! !	! !
! S <sub>1</sub> (P.N) !	! 353 !	! 6,08 !	! 48,0 !	! 362,1 !	! 114,2 !	! 205,9 !
! S <sub>2</sub> (P.S.) !	! 143 !	! 3,34 !	! 45,6 !	! 211,0 !	! 72,8 !	! 252,7 !
! S <sub>3</sub> (Darse 8) !	! 235 !	! 4,09 !	! 74,0 !	! 438,5 !	! 253,2 !	! 200,7 !
! S <sub>4</sub> (Darse 8) !	! 150 !	! 1,16 !	! 44,5 !	! 287,4 !	! 103,2 !	! 227,4 !
! S <sub>5</sub> (Quai 30) !	! 40 !	! 0,36 !	! 9,8 !	! 116,0 !	! 33,2 !	! 58,4 !
! P <sub>1</sub> (Darse 7) !	! 663 !	! 5,44 !	! 54,7 !	! 717,3 !	! 211,2 !	! 153,3 !
! P <sub>2</sub> (Darse 7) !	! 754 !	! 5,09 !	! 47,4 !	! 728,7 !	! 194,1 !	! 163,2 !
! P <sub>3</sub> (Darse 7) !	! 584 !	! 4,33 !	! 39,2 !	! 624,8 !	! 164,0 !	! 126,9 !
! P <sub>4</sub> (Darse 7) !	! 696 !	! 5,46 !	! 50,4 !	! 849,7 !	! 208,0 !	! 151,2 !
! P <sub>5</sub> (Darse 7) !	! 682 !	! 7,70 !	! 54,7 !	! 763,1 !	! 226,0 !	! 151,9 !
! P <sub>6</sub> (Darse 7) !	! 666 !	! 3,69 !	! 39,1 !	! 692,5 !	! 283,0 !	! 156,0 !
! P <sub>7</sub> (Darse 7) !	! 655 !	! 2,89 !	! 51,7 !	! 689,3 !	! 194,1 !	! 146,9 !
! P <sub>8</sub> (Darse 7) !	! 389 !	! 1,89 !	! 43,8 !	! 585,8 !	! 142,1 !	! 190,6 !
! P <sub>9</sub> (Darse 7) !	! 493 !	! 3,60 !	! 50,5 !	! 604,9 !	! 152,1 !	! 190,6 !
! P <sub>10</sub> (Darse 7) !	! 419 !	! 1,48 !	! 42,6 !	! 449,7 !	! 148,1 !	! 179,5 !

Dans le tableau XIII, nous avons représenté les valeurs moyennes des neuf(09) échantillons de la darse n°7 et des deux(02) échantillons de la darse n°8 ainsi que les valeurs des stations P<sub>10</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>5</sub>.

Tableau XIV : - Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger (exprimées en ug. g<sup>-1</sup> P.S.).

\* : teneur moyenne.

Métaux	Plomb	Cadmium	Chrome	Zinc	Cuivre	Manganèse
Stations						
*P(moyenne des 9 éch. de la darse 7)	620,22	4,45	47,94	695,12	197,17	158,95
P <sub>10</sub>	419,00	1,48	42,60	449,70	148,10	179,50
S <sub>1</sub>	353,00	6,08	48,00	362,10	144,20	205,90
S <sub>2</sub>	143,00	3,34	45,60	211,00	72,80	252,70
S <sub>5</sub>	40,00	0,36	9,80	116,00	33,20	58,40
*S <sub>3+4</sub> (moyenne des 12 éch. de la darse 8)	192,50	2,62	52,25	362,95	178,20	214,05

### Cuivre :

Les concentrations varient dans l'intervalle(33,20-197,17ug.g<sup>-1</sup>).

La teneur minimale(33,2 ug.g<sup>-1</sup>)se situe au niveau de la station S<sub>5</sub>(quai 30).

La teneur moyenne maximale(197,17ug.g<sup>-1</sup>) se situe au niveau de la darse 7 (P).

Les valeurs les plus élevées se situent au niveau des darses 7 et 8 (P= 197,17 ug.g<sup>-1</sup> et S<sub>3+4</sub>= 178,2 ug. g<sup>-1</sup>).

Les valeurs les plus faibles se situent au niveau de la station S<sub>2</sub>(72,8 ug. g<sup>-1</sup>) et la station S<sub>5</sub>(33,2 ug. g<sup>-1</sup>).

### Zinc :

Les teneurs varient dans l'intervalle(116-695,12 ug. g<sup>1</sup>).

La teneur minimale (116 ug. g<sup>-1</sup>) se situe au niveau de la station S<sub>5</sub>.

La teneur moyenne maximale(695,12 ug.g<sup>-1</sup>) se trouve au niveau de la darse 7(P).

### Manganèse :

Les teneurs varient dans l'intervalle (158,4-252,7 ug. g<sup>-1</sup>).

La teneur moyenne minimale(158,4 ug. g<sup>-1</sup>) se trouve au niveau de la darse 7(P).

La teneur maximale (252,7 ug. g<sup>-1</sup>) se situe à la station S<sub>2</sub>.

### Cadmium :

Les teneurs varient dans l'intervalle (0,36-6,08 ug. g<sup>-1</sup>).

La teneur minimale (0,36ug.g<sup>-1</sup>)se trouve à la station S<sub>5</sub>.

La teneur maximale(6,078ug.g<sup>-1</sup>)se trouve à la station S<sub>1</sub>.

### Plomb :

Les teneurs varient dans l'intervalle(40-620,22 ug. g<sup>-1</sup>).

La teneur minimale(40 ug. g<sup>-1</sup>) se situe à la station S<sub>5</sub>.

La teneur moyenne maximale(620,22 ug.g<sup>-1</sup>) se situe au niveau de la darse 7(P).

### Chrome :

Les teneurs varient dans l'intervalle(9,80-52,25ug. g<sup>-1</sup>).

La teneur minimale(9,80 ug. g<sup>-1</sup>)se situe au niveau de la station S<sub>5</sub>.

La teneur moyenne maximale se situe au niveau de la darse8(S<sub>3+4</sub>).

### 2°)Interprétation :(Fig.24)

Les plus grandes teneurs en éléments métalliques se trouvent dans les darses, situées dans le secteur Sud du port(bassin du Mustapha) excepté pour le manganèse.

Les darses étant des milieux azoïques,(BAKALEM et al.,1988)soumises directement aux déversements industriels et urbains.

Les concentrations élevées en zinc, cuivre, cadmium et plomb sont liées à l'activité portuaire(usure des plaques de zinc due à l'arrêt prolongé des navires, peinture antifouling (relargage de l'oxyde cuivreux (Cu<sub>2</sub>O) estimé en moyenne à 10 ug/m<sup>2</sup>), peinture navale pour le cadmium, soudure des navires(démolition des navires lors de découpages des plaques qui sont fortement enduites de peinture à base de plomb),en plus des rejets industriels et urbains(canalisa- tions en plomb).

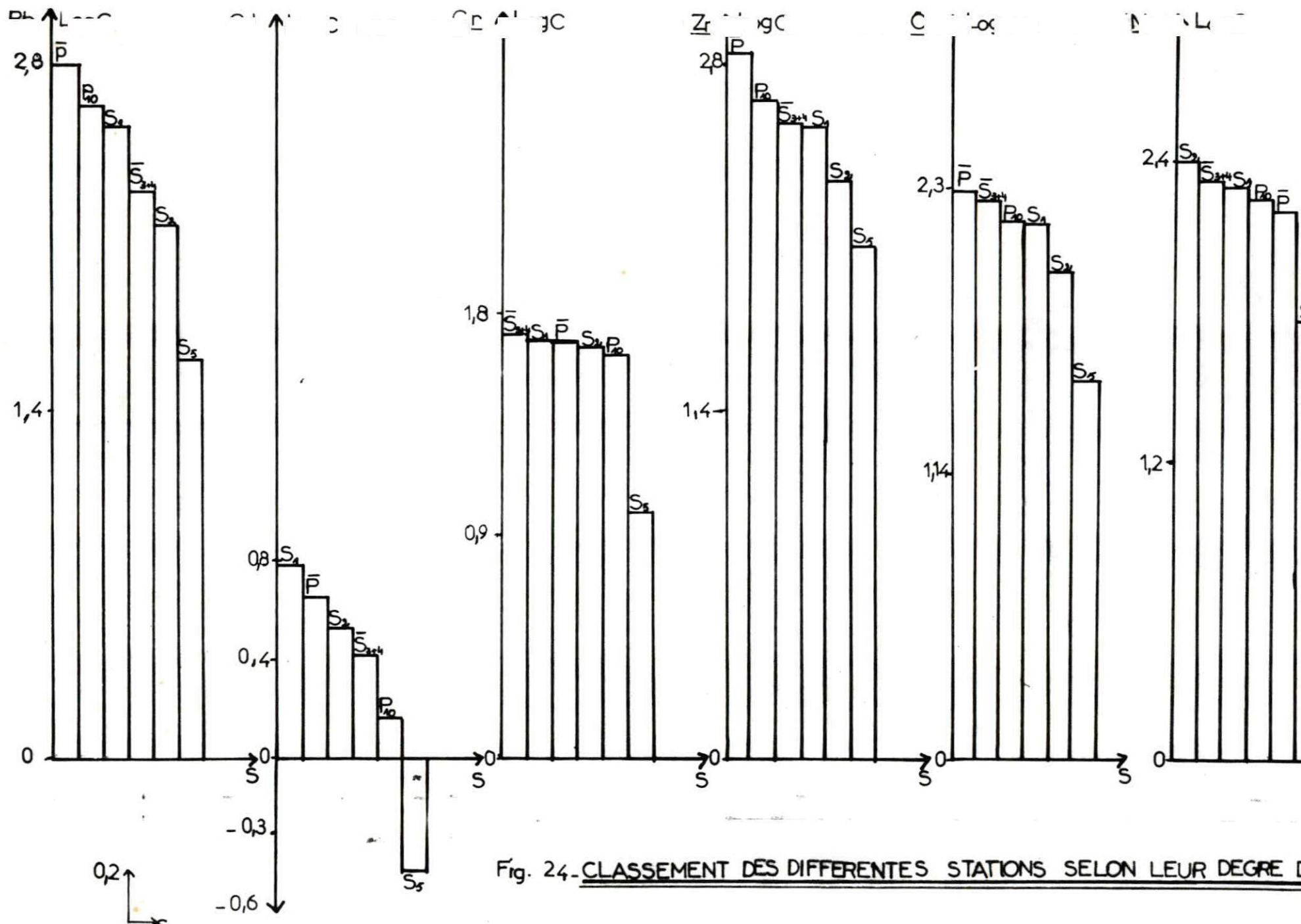


Fig. 24. CLASSEMENT DES DIFFERENTES STATIONS SELON LEUR DEGRE D

POLLUTION DANS LE PORT D'ALGER

S: STATION.  
 C: CONCENTRATION (en  $ug.g^{-1}$ )

RINGOT, (1982) attribue l'origine de ces quatre(04) éléments à l'activité portuaire dans les sédiments de la baie de Cannes en plus des origines industrielle et urbaine.

La concentration élevée en plomb au niveau de la station S<sub>1</sub>, malgré sa communication avec le large est due à une contamination par ce métal lors de l'échouement d'un bateau grec le "Mini Sea" qui transportait de la poudre du sulfure de plomb en grande quantité.

La teneur élevée en plomb dans la darse 7 est peut être liée au milieu anoxique. En effet VARNAVAS et al.,(1986) notent que la précipitation du plomb peut être favorisée par les conditions anoxiques.

La concentration élevée en cadmium dans la passe Nord (S<sub>1</sub>) semble être liée en plus de l'activité portuaire aux rejets urbains vu le nombre de canalisations dans ce secteur.

Les teneurs en manganèse diminuent en sortant des darses, et augmentent au fur et à mesure que l'on sorte du port, ceci explique éventuellement que le port d'Alger n'est pas en premier responsable de la pollution de la baie par ce métal.

Les apports en eau douce étant faibles dans le port à cause de sa configuration, le phénomène de floculation est moins accentué que dans la baie ce qui peut expliquer la diminution de la concentration du manganèse en sortant du port.

Les teneurs les plus faibles en éléments métalliques(cuivre, plomb, zinc et chrome)diminuent en sortant du port. Cette zone(S<sub>2</sub>-S<sub>5</sub>) étant dans un bassin d'évolution, elle est soumise aux eaux du large, et elle est éloignée des points de rejets.

La forte concentration en chrome dans la darse n°8 (S<sub>3+4</sub>) étant due aux rejets industriels des unités industrielles se trouvant dans ce secteur.

-Comparaison des teneurs moyennes des éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger avec celles des ports français. (Tableau XV)

Tableau XV : - Résultats statistiques des teneurs moyennes en éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger (notre étude) et dans les ports français (ROBBE, 1988).

Métaux	Pb	Cd	Zn	Cu	Références
* m	141,30	0,46	207,2	86,00	ROBBE,
	124,30	0,26	106,3	48,70	(1988)
* m	1461,41	3,77	1541,38	168,62	Notre
	1234,72	2,01	1219,36	66,55	étude

\*m : moyenne exprimée en ug. g<sup>-1</sup> P.S.

Les teneurs moyennes en éléments métalliques (cuivre, zinc, plomb et cadmium) de notre étude sont supérieures à celles obtenues dans les ports français.

Cette supériorité peut s'expliquer par le fait que les ports français soient munis des stations de traitements de leurs rejets.

-Comparaison des teneurs en éléments métalliques dans les sédiments du port d'Alger avec celles du port du Golf de Cagliari en Sardaigne et celles de la lagune de Venise en Italie. (Tableau XVI)

Tableau XII: - Teneurs, en éléments métalliques dans les sédiments  
du port d'Alger, dans le port du Golfe de Gagliari  
(Sardaigne, et de la lagune de Venise(Italie).  
(exprimées en ug. g<sup>1</sup> P.S.

Métaux	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Références
Station						
Port du Golfe de Gagliari (Sardaigne)	21 -	-	22 -	60 -	4,9	CONTU et al., (1983)
Lagune de Venise(Italie)	-	1,1	-	61 -	21 -	PAVON et al., (1987)
Port d'Alger (Alger)	40 -	0,36	9,8 -	116 -	72,8-	Notre étude
	1620,22	6,08	152,25	1695,12	178,2	

Les teneurs en chrome et en plomb dans le port d'Alger sont inférieures à celles du port du Golfe de Cagliari mais restent quand même élevées.

Les teneurs en zinc dans le port d'Alger sont largement supérieures à celles du port du Golfe de Cagliari mais inférieures à celles de la lagune de venise.

les teneurs en cadmium et en cuivre dans le port d'Alger sont inférieures à celles de la lagune de venise.

CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE :

Cette étude préliminaire nous a permis principalement de maîtriser les méthodes et la technique liée à la détermination des teneurs en éléments métalliques (cuivre, zinc, plomb, chrome, manganèse et cadmium) dans un premier temps, et dans un deuxième temps, d'avoir une image actuelle de l'état de pollution de la baie d'Alger et d'envisager l'origine possible des éléments.

Un seul prélèvement de sédiments a été effectué pour chaque station, bien qu'une extrapolation soit délicate, néanmoins les résultats obtenus sont exploitables dans une certaine limite (comparaison entre les stations par exemple).

Dans une moindre mesure, les apports par les Oueds contribuent à la pollution de la baie par les métaux lourds, si on excepte l'origine du cuivre et du plomb dans le secteur occidental, les teneurs les plus élevées pour ces deux métaux ainsi que pour le zinc, le manganèse et le chrome se rencontrent près des Oueds notamment Oued El Harrach à 40m de profondeur, ce secteur est plus riche en matière organique et en argiles comparativement au secteur de Oued El Hamiz où les conditions hydrodynamiques étant plus actives, (MAOUCHE, 1987).

ABDELOUAHAB et NACEUR, (1985) soulignent l'impact dangereux des rejets pollués des Oueds El Harrach et EL Hamiz, entraînant une contamination non négligeable des populations de moules par le zinc, le cuivre, le mercure et le cadmium dans l'étude de la station de Bordj El Kiffan.

La courbe de concentration du zinc, du cuivre et du manganèse dans les sédiments de la baie est descendante à partir du rivage, c'est à proximité des Oueds que les concentrations sont importantes sauf pour le cadmium qui ne répond pas à ce schéma. Cette constatation vient s'aligner aux résultats des travaux de plusieurs auteurs.

chrome, le plomb, le manganèse et le cuivre dans la baie, excepté pour le cadmium où nous constatons une diminution des teneurs qui peut être liée à la variabilité naturelle de ce métal (DESSAINT, 1987).

Le port d'Alger contribue lui aussi par ses échanges avec le large à la pollution de la baie par tous les métaux étudiés sauf pour le manganèse. Ceci peut être dû au manque d'arrivée des eaux douces dans le port à cause de sa configuration.

Les contaminations de la baie par le port sont effectivement fortes du fait qu'il n'existe pas de stations d'épuration des rejets dans le port. Il n'existe aucune relation des concentrations en chrome, en cadmium, en manganèse et en zinc avec le faciès sédimentaire.

Les teneurs élevées en cuivre se trouvent dans les vases.

Pour le plomb, les concentrations élevées se situent dans les vases où la fraction fine est supérieure à 75%.

La pollution par le zinc, le cuivre, le plomb, le manganèse et le cuivre dans les sédiments de la baie d'Alger est appréciable par rapport à la baie de MERSIN (en Turquie) et le Golfe d'OLBIA (en Italie).

Le port d'Alger est très pollué en zinc, en plomb, en cuivre et en chrome, néanmoins ses teneurs en zinc, en cuivre et en cadmium restent inférieures à celles trouvées par PAVON et al., (1987) dans la lagune de Venise (en Italie).

L'origine anthropique liée à la présence des rejets urbains et industriels ainsi qu'à l'activité portuaire est certaine dans la baie d'Alger.

En effet cette zone qui occupe une superficie de 23km<sup>2</sup> soumise à la pollution apparaît comme une zone de stockage où s'accumulent tous les métaux.

Il serait souhaitable dans l'avenir de compléter cette étude en se consacrant à la détermination du cuivre et du plomb dans la matière organique et du zinc dans les pelottes fécales des particules biogènes.

ABDELOUHAB N. et NACEUR I., 1985 - Contribution à l'étude du comportement de quatre(04)métaux lourds(zinc, cuivre, mercure et cadmium)chez deux espèces de moules, Mytilus galloprovincialis LMK et Perna perna L présentes dans la baie d'Alger.Mémoire de D.E.S, U.S.T.H.B- alger 87 p.

ARNOUX A.; MONOD J.L.; TATTOSIANJ.; J.; BLANC A. ET OPPETIT F.; 1980.

- La pollution chimique des fonds du golfe de FOS. vesjournées Etud. Pollutions,C.I.E.S.M, CAGLIARI, p.447 - 458.

AZZOUZ M., 1987 - Niveaux de pollution atmosphérique à Alger. Exposition urbaine au plomb. Thèse de docteur en sciences médicales. I.N.E.S., Alger 281p.

BAKALEM A. et ROMANO J.C., 1978 - Etude de la dynamique des peuplements benthiques de la baie d'Alger,1-Résultats préliminaires. 1vesjournées Etud.pollutions, Antalya, C.I.E.S.M. p. 335-341.

BAKALEM A. et ROMANO J.C., 1982 - Pollution et peuplements benthiques dans la région algéroise(baie d'Alger et baie de Bou Ismail). V1esjournées Etud.pollutions,C.I.E.S.M., Cannes, p.687-697.

BAKALEM A.; REBBZANI C.; ROMANO J.C et TAHAR M.L, 1988 - cartographie. des peuplement benthiques du port d'Alger,Rapp.comm. int. Mer Médit., 30, 2, p.125.

- BODUR M.N. and ERGIN M., 1988 - Heavy metals concentrations in recent in-shore sediments from the Mersin Bay, Turkey, N.E. - Mediterranean, Rapp.comm. int. mer Médit., 31, 2, p.31.
- CHESTER R. et STONER J.H., 1975 - Trace éléments in total particulate matériel from surface sea water. Nature, 255, p.50 - 51.
- COLLIER R.W. et EDMOND J.M., 1983 - Traces metals in sea water, Nato conf. series IV marine sciences.
- CONTU A.; MULAS P.; SARRITZU G.; SCHINTU M; and ULZEGA A., 1983 - Bollettino oceanologia Teorica e applicata, 1, p. 205-214.
- CONTU A.; SARRITZU G.; BORDIGONI M.; MELOWNI P. and SCHINTU M., 1988- Heavy metals concentrations in superficial sédiments from the Gulf of Olbia, Sardinia, Rapp. comm. int. Mer Médit., 31, 2, p.38.
- DESSAINT F., 1987 - Répartition spatiale des métaux lourds dans les sédiments sableux en manche orientale et en mer du nord, J.rech. oceanogr., 12, 3 et 4, p.90 - 93.
- DURAND J.H., 1959- Les sols d'Algérie. Bull.Techn.inf. ing. serv. agricoles, 142, p.1 - 9.
- FAGUET D., 1982- Influences des substances humiques sur les formes dissoutes et particulaires de quelques métaux (Zn, Fe, Co, Mn) dans les milieux marins et lagunaires. Thèse 3ème cycle, Univ. Perpignan, 129p.

FORSTNER U. and WITTMAN G.T.W., 1979 -Metal pollution in the aquatic environment, Ed. FORSTNER U. et WITTMAN G.T.W., Berlin : Springer - Verlag.

FOWLER S.W., 1977 - Nature, London, 269, p.51 - 53.

LAMBERT C.E., 1981 - Le cycle interne du fer et du manganèse et leurs interactions avec la matière organique dans l'océan. Thèse de 3ème cycle, Univ. de Picardie, 235p.

LECLAIRE L., 1972 - La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. Thèse d'Etat, Faculté des sciences de Paris, 382p.

LOWMAN F.G. et al., 1971 - Accumulation and redistribution of radionuclides by marine organisms in "Radio- activity in the marine environment", National Academy of Sciences, p.161-197.

MAUCHE S., 1987 - Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : Approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. Thèse de 3ème cycle, Univ. de Perpignan, 213p.

MEJDOUB S., 1987 - Bilan de pollution des eaux résiduaires de l'Oued El Harrach, Mémoire de technicien supérieur, U.S.T.H.B. 49p.

MILLOT C., 1985 - Some features of the Algerian current J. Geophys. Res., 90, C4, p.7169-7176.

- OLAUSSON E., 1970 - Water sediment exchange and recycling of pollutants through biochemical processes; F.A.O., Technical conference on living resources and fishing. Rome, (F.I.R., MP, 70, R.31).
- PAVONI B.; DONAZZOLOR.; MARCOMINI A.; DEPRETIS D. and ORIO A., 1987-Mar. pollut. Bullet., 18, 1, p.18-24.
- PINTA M., 1979 - Spectrométrie d'absorption atomique. Applications à l'analyse chimique. Tome I (2ème édition), Ed. MASSON, O.R.S.T.O.M.
- RAMADE F., 1979 - Ecotoxicologie - Ed. MASSON.
- RAPIN F. et FERNEX F., 1981 - Teneurs en métaux lourds dans les sédiments des baies de Nice et de Villefranche sur mer (Méditerranée, France) origine des contaminations. Rev. Int. océanogr. Med. Tomes LXIII-LXIV.p.85-95.
- RINGOT J.L, 1982 - Etude de la répartition et de l'origine de contamination des sédiments de la baie de Cannes - la Napoule par les métaux lourds, 1<sup>es</sup> journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée, Cannes, 2-4 p.287.
- ROBBE D., 1988 - Equipement et dragage des ports de plaisance : Incidence de l'équipement sur la pollution métallique des sédiments. Evaluation de cette pollution. Incidence sur le dragage, J. Rech. océanogr., 13, 1-2 p.18-22.

SELLALI B., 1986 - Contribution à l'étude de la pollution par cinq(05) métaux lourds (zinc, cuivre, mercure, cadmium et plomb) chez quelques organismes benthiques présents en baie d'Alger. Mémoire de D.E.S., U.S.T.H.B., Alger 90p.

SPAN D.; FERNEX F.; SERRA C. et LAZARO V.F., 1986 - Répartition homogène du matériel déposé dans les zones prodeltaïques de la méditerranée occidentale. Rapp. comm. int. Mer Médit. 30, 2, p.63.

SOROKIN Y.I., 1972 - On the role of biological factor in the sedimentation of iron, managanese and cobalt in the formation of nodules, oceanology, U.R.S.S, 12, 1 et 2 p.3-14.

TAGUINE K., 1989 - Contribution à l'étude de quatre(04)métaux lourds (cadmium, plomb, cuivre et chrome)dans les sédiments de la baie d'Alger, du Golfe d'Arzew et du Golfe de Skikda. Mémoire de technicien supérieur, I.S.M.A.L., 39p.

VARNAVAS S.P.; PANAGOS A.G.; LAIDS G. and ALEXANDROPOULOU S., 1986 - Sources, mode of transportation and behaviur of heavy metals in two semi - enclosed bays of Ithaki Island, Greece. The role of dissolved oxygen in the accumula- tion of metals. Rapp. comm int.Mer Médit., 30, 2 p.135.

WOLLAST R., 1981 - Bulletin R.N.O., CNEXO, 15, p.107-156.

Documents consultés :

-Sciences et avenir, n°50, mai 1989 - "Eros en méditerranée".

-C.O.I.(Commission Océanographique Intergouvernementale),- Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages, UNESCO, 1984.

-Rapport du ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts, vice ministère de l'environnement et des forêts, sous-direction de l'environnement et des forêts de la wilaya d'Alger, sous groupe "pollution", Juillet 1984.

-Rapport du groupe interministériel, sécurité du port d'Alger, Décembre 1987.

-Document interprétatif des données de l'O.N.M., laboratoire de géologie marine, C.R.O. P/ISMAL, Alger.

-Bulletin du R.N.O. n°15, CNEXO, 1981.

-L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7ème Ed. Paris DUNOD, J.RODIER, 1984.

-"Encyclopedia Universalis",1985- cuivre p.858-864, corpus 5 ; cadmium p.1169-1176, corpus 3; plomb p.847-849, corpus 14; manganèse p.636-640, corpus 11; zinc p. 1229-1232, corpus 18; spectrophotométrie d'absorption atomique p.32-36, corpus 17.

-Manuel des analyses chimiques en milieu marin, Ed.CNEXO,395p,1983.

-Plan d'action pour la méditerranée, 1979 - principes et directives applicables aux déversements dans le milieu marin. OMS, copenhagen.

-Programme des nations Unies pour l'environnement, NAIROBI, - convention pour la protection de la mer méditerranée contre la pollution et protocoles y relatifs - Nations Unies, New York, 1982.

-Séminaire national sur les sciences et les technologies de la mer. Alger 26,27 et 28 février 1989. présentation de la côte algérienne. M.LARIB (I.S.M.A.L.).