

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT
DU LITTORAL

(I.S.M.A.L.)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

*En vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Aménagement
et Protection du littoral*

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA POLLUTION
PAR LES METAUX LOURDS DANS LES
SÉDIMENTS DES PORTS DE MOSTAGANEM
ET D'ANNABA**

Présenté devant le Jury :

Président : M^R ZIANI M.
Promoteur : M^R BOULAHIDID M.
Examineur : M^{elle} LOUANCHI
Examineur : M^R BELKESSA R.

Présenté par :

M^R HARITI Reda
M^R LAROUSSE Ahmed

Session 2000

SOMMAIRE

Introduction

Chapitre I : Généralités

1.1. Définition de la pollution.....	1
1.2. Différents types de pollution.....	1
1.2.1. Pollution domestique et micro biologique.....	1
1.2.2. Pollution chimique inorganique.....	1
1.2.3. Pollution thermique.....	1
1.2.4. Pollution radioactive.....	2
1.2.5. Phénomènes naturels.....	2
1.3. Aperçu général sur les métaux lourds étudiés.....	2
1.3.1. Les métaux lourds.....	2
1.3.1.1. Les métaux.....	2
1.3.1.2. Les métalloïdes.....	2
1.3.2. Les différents groupes de métaux lourds.....	2
1.3.2.1. Les métaux essentiels.....	2
1.3.2.2. Les métaux non essentiels (ou toxiques).....	2
1.3.3. Origine des métaux lourds.....	3
1.3.4. Cycle biogéochimique des métaux lourds.....	3
1.3.5. La bioaccumulation.....	3
1.3.6. La biomagnification.....	3
1.3.7. Notion de toxicité.....	6
1.3.8. Manifestation de la toxicité.....	6
1.3.9. Propriétés physico-chimiques des métaux lourds.....	6
1.4. Aperçu général sur les paramètres physico-chimiques.....	10
1.4.1. La température.....	10
1.4.2. L'oxygène dissous.....	11
1.4.3. La salinité.....	12
1.4.4. Le potentiel d'hydrogène (PH).....	12
1.5. Aperçu général sur la matière organique.....	12
1.5.1. La matière organique en milieu marin.....	12
1.5.2. Origine de la matière organique.....	13
1.5.3. Impact sur le milieu marin.....	13
1.5.4. Matière organique dans les sédiments et son affinité pour les éléments métalliques.....	13
1.6. Aperçu général sur les carbonates.....	14
1.6.1. Les carbonates.....	14
1.6.2. Les formes de carbonates.....	14
1.6.3. Origine des carbonates.....	14

Chapitre II : Description des sites d'études.....

II.1. Situation géographique.....	15
II.1.1. Région de Mostaganem.....	15
II.1.2. Région d'Annaba.....	15
II.2. Description générale des ports.....	15

II.2.1 . Le port de Mostaganem.....	15
II.2.2 . Le port d'Annaba.....	16
II.3 . Données hydroclimatiques.....	22
Région de Mostaganem	
II.3.1 . Climatologie.....	22
II.3.2 . Etude des paramètres climatiques.....	22
II.3.2.1 . La précipitation.....	22
II.3.2.2 . La température.....	22
II.3.2.3 . Les vents.....	22
II.3.3 . Données océanographiques.....	22
II.3.3.1 . Les houles.....	22
II.3.3.2 . Les courants.....	23
II.3.3.2.1 . Les courants de surface.....	23
II.3.3.2.2 . Les courants du fond.....	23
II.3.4 . Le réseau hydrographique.....	23
II.3.5 . Le transport solide.....	23
Région d'Annaba	
II.4 . Données hydroclimatiques.....	23
II.4.1 . Climatologie.....	23
II.4.2 . Etude des paramètres climatiques.....	24
II.4.2.1 . La précipitation.....	24
II.4.2.2 . La température.....	24
II.4.2.3 . Les vents.....	24
II.4.3 . Données océanographiques.....	24
II.4.3.1 . Les houles.....	24
II.4.3.2 . Les courants.....	24
II.4.4 . Le réseau hydrographique.....	24
II.4.5 . Le transport solide.....	25
II.5 . Sédimentologie.....	28
Introduction.....	28
II.5.1 . Région de Mostaganem...	28
II.5.2 . Région d'Annaba.....	28
II.5.3 . Le port de Mostaganem.....	29
II.5.4 . Le port d'Annaba.....	29
II.6 . Aperçu général sur l'origine de la pollution dans les deux ports.....	32
II.6.1 . Les eaux usées	32
II.6.2 . Les installations industrielles.....	32
II.6.3 . Les oueds.....	32
II.7 . Choix et localisation des stations étudiées.....	34
II.8 . Choix de la matrice sédimentaire.....	34
Chapitre III : Matériels et méthodes de travail au laboratoire.....	39
III.1 . Nettoyage du matériel utilisé.....	39
III.2 . Les paramètres physico-chimiques.....	39
III.2.1 . Mesure de la Température.....	39
III.2.2 . Mesure de la salinité.....	39
III.2.3 . Mesure de l'oxygène dissous.....	39
III.2.4 . Mesure du potentiel d'hydrogène.....	39
III.3 . Prélèvement des sédiments.....	39
III.4 . Travaux au laboratoire.....	40

III.4.1 . Les métaux lourds.....	40
III.4.1.1 . Conservation.....	40
III.4.1.2 . Lyophilisation.....	40
III.4.1.3 . Broyage et tamisage.....	40
III.4.1.4 . Homogénéisation.....	40
III.4.1.5 . La minéralisation.....	40
III.4.1.6 . La dilution.....	40
III.4.2 . Détermination du taux des carbonates.....	41
III.4.3 . Détermination du taux de la matière organique.....	41
III.4.4 . Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).....	41
III.4.4.1 . Définition.....	41
III.4.4.2 . Principe de la SAA.....	42
III.4.4.3 . Equipement d'un SAA.....	42
III.4.4.3.1 . Vapeurs froides (hydrures).....	42
III.4.4.3.2 . Flamme Air – Acétylène.....	43
III.4.4.3.3 . Four à graphite.....	43
III.4.4.4 . Etalonnage de l'appareil.....	45
III.4.4.5 . Mode de calculs.....	46
III.4.4.6 . Exercice d'intercalibration.....	46
III.4.4.6.1 . Discussions.....	47
III.4.4.6.2 . Coefficient de correction.....	48
Chapitre IV : Discussions et interprétation des résultats.....	49
Introduction.....	49
IV.1 . Paramètres physico-chimiques.....	49
IV.1.1 . Le port de Mostaganem.....	49
IV.1.1.1 . La température.....	49
IV.1.1.2 . La salinité.....	50
IV.1.1.3 . L'oxygène dissous.....	50
IV.1.1.4 . Le potentiel d'hydrogène.....	51
IV.1.2 . Le port d'Annaba.....	51
IV.1.2.1 . La température.....	51
IV.1.2.2 . La salinité.....	52
IV.1.2.3 . L'oxygène dissous.....	53
IV.1.2.4 . Le potentiel d'hydrogène.....	53
IV.2 . Les carbonates.....	54
IV.2.1 . Le port de Mostaganem.....	54
IV.2.2 . Le port d'Annaba.....	55
Conclusion.....	55
IV.3 . La matière organique (MO).....	55
IV.3.1 . Le port de Mostaganem.....	55
IV.3.2 . Le port d'Annaba.....	56
Conclusion.....	56
IV.4 . La répartition spatiale des métaux lourds.....	61
IV.4.1 . Le port de Mostaganem.....	61
IV.4.1.1 . Le cadmium.....	61
IV.4.1.2 . Le cuivre.....	61
IV.4.1.3 . Le mercure.....	61
IV.4.1.4 . Le manganèse.....	62
IV.4.1.5 . Le plomb.....	62

Liste des tableaux

Tableau N °01 : Représentation des postes et quais utilisés dans le port de Mostaganem (Jica, 1993).....	16
Tableau N °02 : Représentation des postes et quais utilisés dans le port d'Annaba (Jica, 1993).....	17
Tableau N °03 : Médianes, fractions péltiques des sédiments et la nature du fond Du port de Mostaganem.....	29
Tableau N °04 : Médianes, fractions péltiques des sédiments et la nature du fond du port d'Annaba.....	29
Tableau N °05 : Bilan total des sources de pollution (Metap, 1993).....	32
Tableau N °06 : Rejets des rivières dans les zones d'études (Metap, 1993).....	33
Tableau N °07 : Résultats des analyses des eaux aux sources de pollution (Metap, 1993).....	33
Tableau N °08 : Taux de pollution rejeté dans le récepteur (kg/d) du port de Mostaganem (REE, Algérie, 1999).....	33
Tableau N °09 : Teneurs en métaux lourds ($\mu\text{g/g}$) dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem (REE, Algérie, 1999).....	34
Tableau N °10 : Taux d'envasement dans le port de Mostaganem (envasement par les sédiments).....	34
Tableau N °11 : Conditions spectrophotométriques et électrothermiques des métaux étudiés.....	45
Tableau N °12 : Concentration des standards en métaux analysés.....	46
Tableau N °13 : Exercice d'intercalibration sur l'échantillon standard (SDM2/TM).....	47
Tableau N °14 : Résumé des données des paramètres physico-chimiques du port de Mostaganem.....	51
Tableau N °15 : Résumé des données des paramètres physico-chimiques du port d'Annaba.....	54

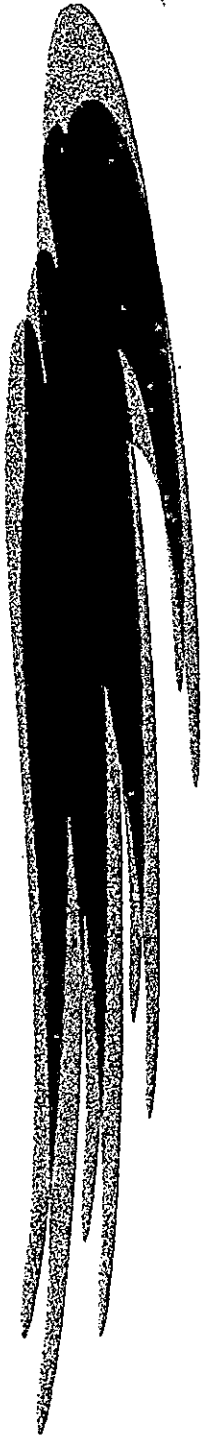
Tableau N °16 : Résumé des valeurs des carbonates dans le port de Mostaganem.....	54
Tableau N °17 : Résumé des valeurs des carbonates dans le port d'Annaba.....	55
Tableau N °18 : Résumé des valeurs de la matière organique dans le port de Mostaganem.....	56
Tableau N °19 : Résumé des valeurs de la matière organique dans le port d'Annaba.....	56
Tableau N °20 : Résumé des valeurs des métaux analysés dans le port de Mostaganem.....	69
Tableau N °21 : Résumé des valeurs des métaux analysés dans le port d'Annaba.....	78
Tableau N °22 : Corrélation entre les métaux (port d'Annaba).....	82
Tableau N °23 : Corrélation entre les métaux (port de Mostaganem).....	83
Tableau N °24 : Comparaison des résultats avec quelques ports Algériens.....	90
Tableau N °25 : Comparaison des résultats avec quelques ports Méditerranéens et mondiaux.....	91

Liste des figures

Figure n°01 : Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin.....	4
Figure n°02 : Transfert de polluant par bioaccumulation toxique dans l'organisme.....	5
Figure n°03 : Les voies d'accumulation et de transfert d'un toxique dans trois maillons de la chaîne trophique.....	5
Figure n°04 : Situation géographique du port de Mostaganem.....	18
Figure n°05 : Situation géographique du port d'Annaba.....	19
Figure n°06 : Plan de masse du port de Mostaganem.....	20
Figure n°07 : Plan de masse du port d'Annaba.....	21
Figure n°08 : Les courants généraux dans la baie d'Arzew.....	26
Figure n°09 : Les courants généraux dans la baie d'Annaba.....	27
Figure n°10 : Carte des pélites dans le port de Mostaganem.....	30
Figure n°11 : Carte des pélites dans le port d'Annaba.....	31
Figure n°12 : Les points de rejets dans le port de Mostaganem.....	35
Figure n°13 : Les points de rejets dans le port d'Annaba.....	36
Figure n°14 : Carte des stations de prélèvements dans le port de Mostaganem.....	37
Figure n°15 : Carte des stations de prélèvements dans le port d'Annaba.....	38
Figure n°16 : Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique dans le domaine visible.....	42
Figure n°17 : Méthode des vapeurs froides.....	44
Figure n°18 : Flamme air-acétylène de Perkin Elmer.....	44
Figure n°19 : Four à graphite modèle (HGA 500) de Perkin Elmer.....	44

Figure n°20 : Représentation graphique de la température dans le port de Mostaganem.....	49
Figure n°21 : Représentation graphique de la salinité dans le port de Mostaganem	50
Figure n°22 : Représentation graphique de l'oxygène dans le port de Mostaganem.....	50
Figure n°23 : Représentation graphique du PH dans le port de Mostaganem.....	51
Figure n°24 : Représentation graphique de la température dans le port d'Annaba.....	52
Figure n°25 : Représentation graphique de la salinité dans le port d'Annaba.....	52
Figure n°26 : Représentation graphique de l'oxygène dans le port d'Annaba.....	53
Figure n°27 : Représentation graphique du PH dans le port d'Annaba.....	53
Figure n°28 : Concentration en carbonates dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	57
Figure n°29 : Concentration en carbonates dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	58
Figure n°30 : Concentration en matière organique dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	59
Figure n°31 : Concentration en matière organique dans les sédiments superficiels du port d' Annaba.....	60
Figure n°32 : Concentration en cadmium dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	63
Figure n°33 : Concentration en cuivre dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	64
Figure n°34 : Concentration en mercure dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	65
Figure n°35 : Concentration en manganèse dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	66
Figure n°36 : Concentration en plomb dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	67
Figure n°37 : Concentration en zinc dans les sédiments superficiels du port de Mostaganem.....	68

Figure n°38 : Représentation graphique des métaux analysés dans le port de Mostaganem.....	69
Figure n°39 : Concentration en cadmium dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	72
Figure n°40 : Concentration en cuivre dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	73
Figure n°41 : Concentration en mercure dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	74
Figure n°42 : Concentration en manganèse dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	75
Figure n°43 : Concentration en plomb dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	76
Figure n°44 : Concentration en zinc dans les sédiments superficiels du port d'Annaba.....	77
Figure n°45 : Représentation graphique des métaux analysés dans le port d'Annaba.....	78
Figure n°46 : Diagramme température-salinité au port de Mostaganem.....	80
Figure n°47 : Diagramme température-salinité au port d'Annaba.....	80
Figure n°48 : Diagramme température-oxygène dissous au port de Mostaganem.....	80
Figure n°49 : Diagramme température-oxygène dissous au port d'Annaba.....	80
Figure n°50 : Diagramme PH-oxygène dissous au port de Mostaganem.....	81
Figure n°51 : Diagramme PH-oxygène dissous au port d'Annaba.....	81
Figure n°52 : Diagramme matière organique-oxygène dissous au port de Mostaganem.....	81
Figure n°53 : Diagramme matière organique-oxygène dissous au port d'Annaba.....	81
Figure n°54 : Corrélation entre les métaux dans le port de Mostaganem.....	84
Figure n°55 : Corrélation entre les métaux dans le port d'Annaba.....	86



II INTRODUCTION

INTRODUCTION

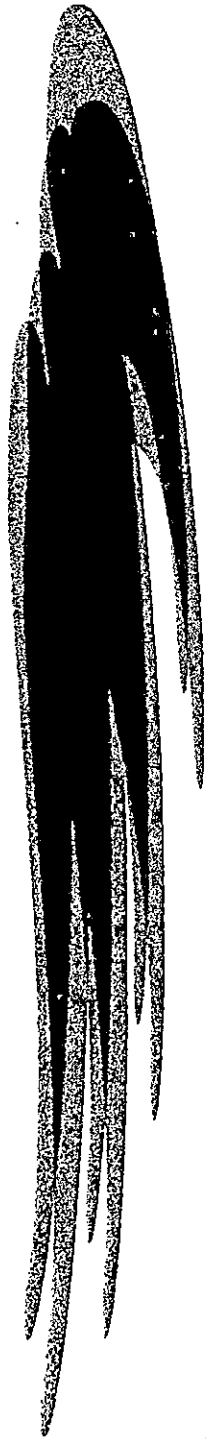
L'eau de mer dispose d'un fort pouvoir d'auto - épuration qui malheureusement est devenu insuffisant ou trop lent face à la masse considérable des rejets urbains et industriels. Ces derniers sont causés, d'une part par l'urbanisation qui rejette en mer des solides (ordures ménagères compactées) et des liquides domestiques (les détergents peu biodégradables) et, d'autre part, par les différentes activités industrielles et portuaires. En effet, l'existence d'émissaires spécifiques qui déversent des eaux résiduaires industrielles en métaux lourds (Cuivre, Plomb, Mercure...) présentent un réel danger pour les organismes marins, donc pour l'homme.

Dans le but de ralentir la propagation de cette pollution au niveau de la mer Méditerranée, un programme des nations unies pour l'environnement (P.N.U.E) en coopération avec les organismes spécialisés (F.A.O / O.M.S / O.M.M / C.O.I) a été présenté à la réunion intergouvernementale des pays méditerranéens (Barcelone, 1975). Il en découla une proposition de programmes coordonnés de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la Méditerranée notamment le programme «MED-POL ». Ce dernier a pour rôle la surveillance et le contrôle de la pollution tellurique dans la mer Méditerranée et la sauvegarde de son environnement.

Le port d'Annaba et le port de Mostaganem situés dans le bassin méditerranéen font l'objet de notre présente étude qui consiste principalement en l'évaluation de la qualité chimique des sédiments superficiels des deux ports par l'analyse de la matière organique et de certains métaux lourds tels que : Hg, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb. La méthode utilisée pour le dosage de ces six métaux est la spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A). Elle est connue pour sa sensibilité, sa rapidité et sa sélectivité élevée.

Le premier chapitre de cette étude portera sur des généralités qui est suivi de la présentation des sites d'études dans le second chapitre. Le troisième chapitre se basera sur la présentation du matériel et des méthodes d'analyse. Le traitement et l'interprétation des résultats expérimentaux feront l'objet du quatrième chapitre et enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I



GENERALITES

I Généralités :

I-1 Définition de la pollution :

L'étude de la pollution est relativement récente, il est donc difficile de donner une définition à la fois précise et globale. Citons la définition adoptée par L'ONU. c'est « l'introduction par l'homme dans le milieu marin (y compris les estuaires) directement ou indirectement de substances ou d'énergies entraînant des effets néfastes tel que : dommages aux ressources biologiques donc pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), diminution de la qualité de l'eau du point de vue de son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs ».

I-2 Différents types de pollution :

I-2-1 pollution domestique et microbiologique :

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (selon Gaujous,1995).

La pollution domestique se caractérise par :

- des germes fécaux
- de fortes teneurs en matière organique
- des sels minéraux (azote, phosphore ...etc)
- des détergents

Les micro-organismes d'origine anthropiques sont extrêmement diversifiés et abondants dans le milieu au sein duquel certains arrivent à vivre, ou du moins à survivre pendant plusieurs jours ou davantage. Il s'agit aussi bien d'invertébrés parasites surtout intestinaux, virus et bactéries pathogènes. (Bellan et Peres,1994).

I-2-2 pollution chimique inorganique :

Parmi les polluants inorganiques qui ont le plus retenu l'attention on cite les métaux. Ces derniers sont résidus de traitement de minerais, traitement de surface, traitement électrolytique, ...etc et sont rejetés plus ou moins en grandes quantités par l'industrie. Beaucoup de ces métaux sont très toxiques tel que le mercure qui apparaît comme l'un des plus dangereux produits. (Bellan et Peres,1994).

I-2-3 pollution thermique :

La pollution thermique est le résultat du rejet d'eau de mer utilisée pour le refroidissement des diverses installations industrielles (raffinerie de pétrole, centrales thermiques, centrales nucléaires ...etc).

L'élévation de température est elle même une pollution puisque cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau tel que la diminution de la densité. (Bellan et Peres,1994).

I-2-4 pollution radioactive :

Les pollutions radioactives ainsi que celles dues au pétrole brut sont les plus redoutées du grand public. toutefois, il apparaît à l'exception des accidents survenant sur des installations ou sur des navires à propulsion nucléaire ou lors d'essais d'armes atomiques, que les pollutions de ce type sont les mieux contrôlées et nécessitent une vigilance sans faille. (Bellan et Peres, 1994).

I-2-5 phénomènes naturels :

Les divers phénomènes naturels peuvent être à l'origine de la pollution. Par exemple lors d'une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques, une source thermo minérale... (Gaujous, 1995).

I-3 Aperçu général sur les métaux lourds étudiés :

I-3-1 Les métaux lourds :

Ces métaux sont appelés métaux traces, du fait de leur faible concentration dans les organismes. Ils regroupent tous les métaux à l'exception des alcalins et alcalino-terreux.

1-3-1-1 Les métaux :

Ce sont des corps simples dotés d'un éclat particulier appelé « éclat métallique », et sont en général de bons conducteurs thermiques et électriques, qui possèdent en se combinant à l'oxygène au moins un oxyde basique.

Tous les métaux sont à l'état solide à la température ambiante sauf le Mercure qui se solidifie à une température de -39°C .

I-3-1-2 Les métalloïdes :

Le terme métalloïde est l'ancien synonyme de non-métal, les métalloïdes sont les éléments suivants : H, F, Cl, I, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, Br.

I-3-2 Les différents groupes de métaux lourds :

On distingue deux groupes de métaux lourds :

I-3-2-1 les métaux essentiels : appelés aussi « oligo-éléments », ce sont des métaux qui entrent dans le processus biologique et nutritionnel des êtres vivants : Fer, Cuivre, Cobalt, Zinc, Vanadium, Nickel, Sélénium, Manganèse, Molybdène, Chrome et l'étain. Leur absence peut perturber l'activité biologique, tel que le fer et le cuivre qui ont un rôle important dans le transport de l'oxygène à l'intérieur de l'organisme.

I-3-2-2 les métaux non essentiels (ou toxiques) : ce sont les métaux qui présentent un effet néfaste pour l'activité biologique et pour l'organisme. C'est l'exemple du mercure (Hg), du plomb (Pb), du cadmium (Cd), de l'arsenic (As) et de l'argent (Ag). Ces métaux deviennent plus toxiques quand leur concentration est plus ou moins élevée.

I-3-3 Origine des métaux lourds :

Origine naturelle : les métaux lourds proviennent de :

- l'érosion éolienne des continents,
- Altération des rochers,
- Cendres volcaniques,
- Retombées sèches et humides (voie astronomique),
- Le largage des polluants par désorption soit par remise en suspension, ou par reminéralisation de la matière organique.

Origine anthropique :

- les eaux usées domestiques,
- activités artisanales,
- débris d'origine technologique,
- déversement d'eaux résiduelles industrielles,
- pollution agricole par les engrais et pesticides...etc.

I-3-4 Cycle biogéochimique des métaux lourds :

Les polluants métalliques sont acheminés vers la mer par voie éolienne, les cours d'eau et les apports anthropiques. Ces métaux traversent les masses d'eau sous forme dissoute et particulaire. Donc dans la nature, chaque métal a un cycle spécifique et se trouve dans les différents compartiments (figure 1).

Il a été prouvé que 25 à 75% des métaux lourds retenus par les sédiments sont ensuite libérés dans l'eau et deviennent accessibles aux organismes. (OMS/PNUE,1979).

Donc le cycle relatif se déroule principalement en deux grands étapes :

- piégeage des polluants métalliques par précipitation, absorption, adsorption et sédimentation.
- Relargage des polluants par désorption soit par remise en suspension ou par reminéralisation de la matière organique.

I-3-5 La bioaccumulation :

La bioaccumulation est l'accumulation d'un polluant dans un organisme. Elle se fait par deux voies principales : l'eau et la nourriture.

- par l'eau, elle résulte d'une contamination directe (absorption, adsorption)
- par la nourriture, elle résulte d'une contamination indirecte (figure 2).

I-3-6 La biomagnification :

La biomagnification est une forme particulière de la bioaccumulation caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leur proies (figure3).

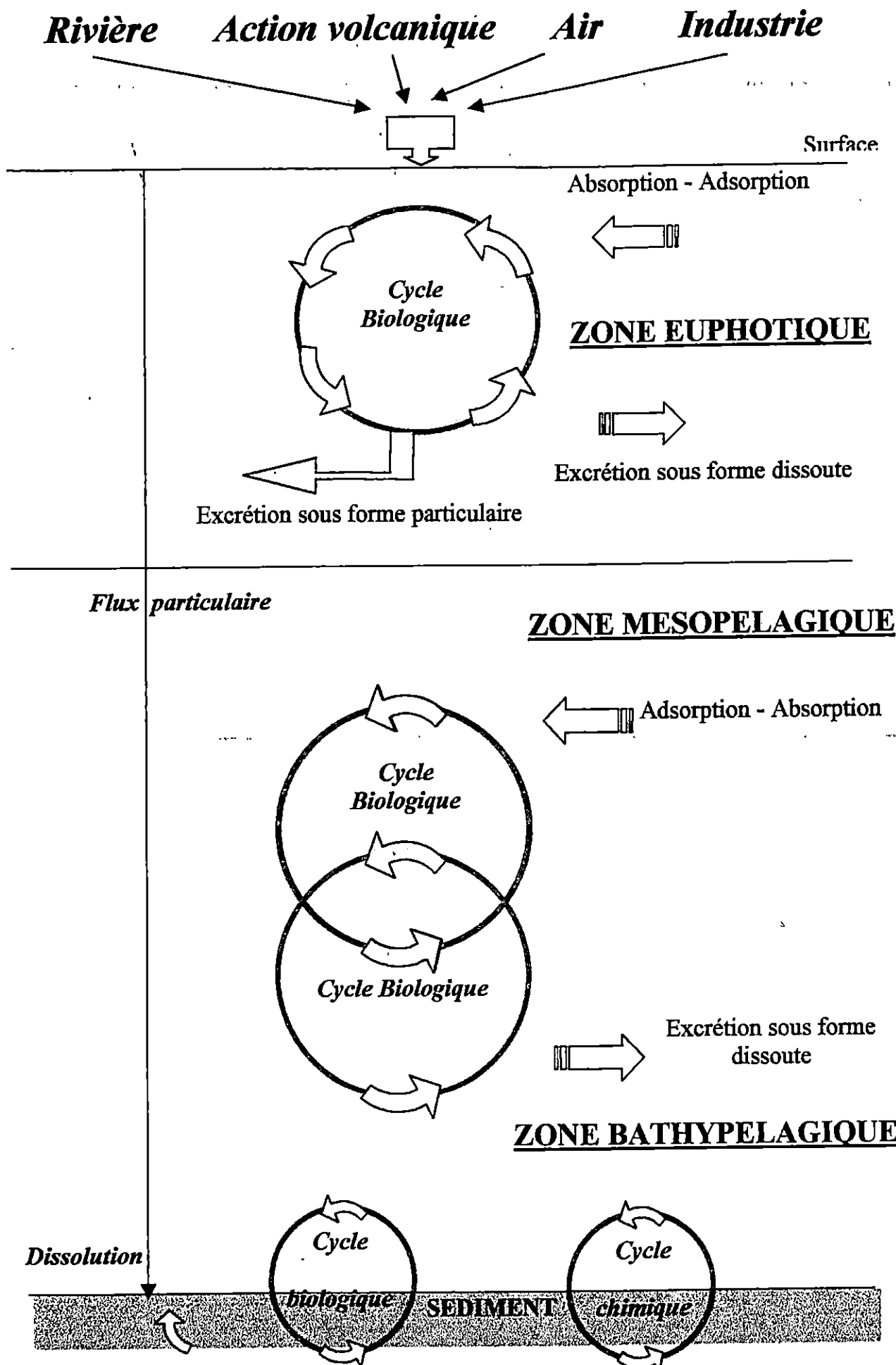
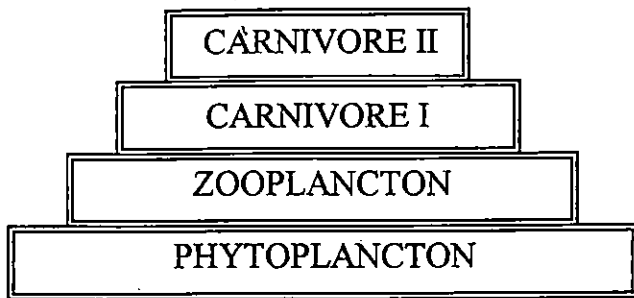
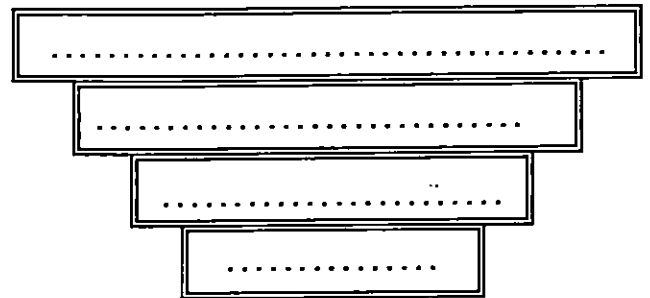


Fig n°01 : Cycle Biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin (UNEP, Athènes, 1986)

PYRAMIDE TROPHIQUE



QUANTITE DE POLLUANTS



**Fig n°2 : Transfert de polluant par bioaccumulation (d'après RAMADE, 1979)
Toxique dans l'organisme**

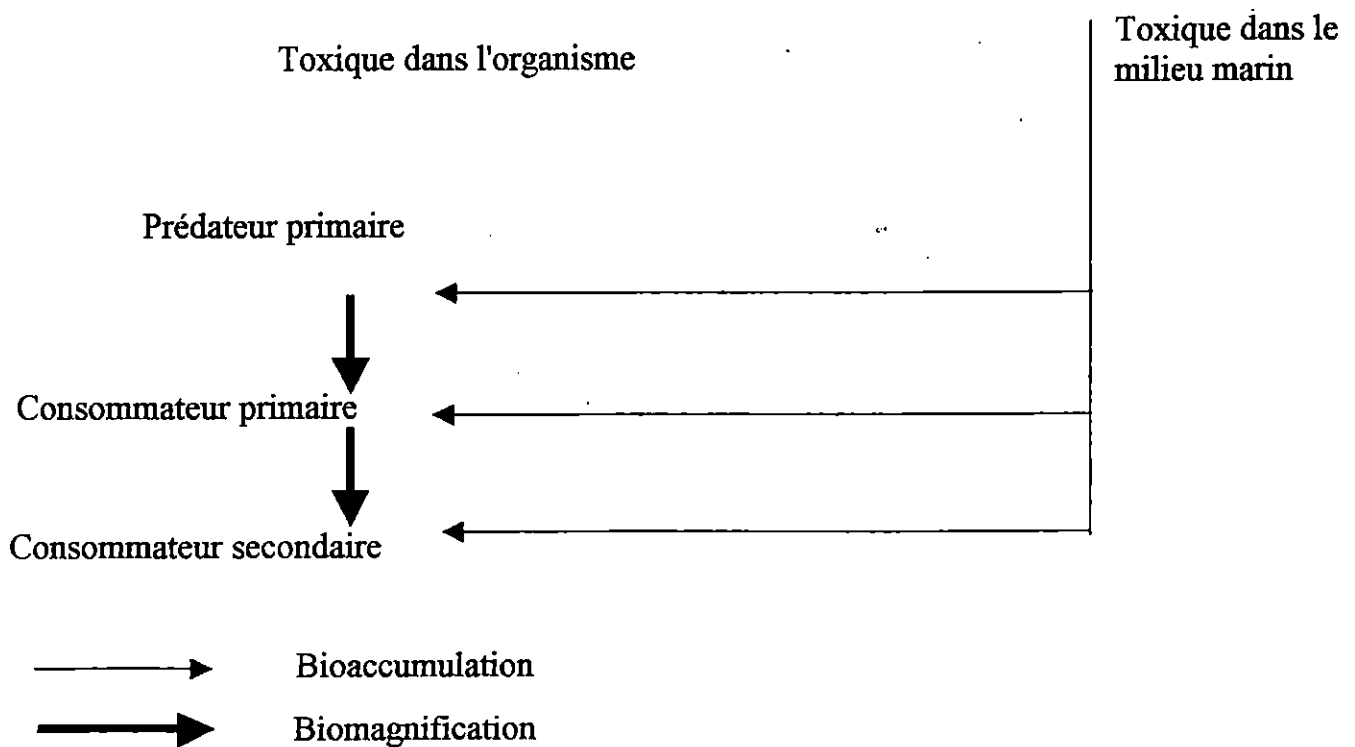


Fig n° 03 : Les voies d'accumulation et de transfert d'un toxique dans trois maillons de la chaîne trophique (in CHOUIKHI, 1986).

I-3-7 Notion de toxicité :

A partir d'une certaine concentration, certains éléments contenus dans l'eau deviennent toxiques vis à vis des êtres vivants dans le milieu. Cette notion de dose est fondamentale, car la plupart des éléments sont toxiques à partir de certaines doses ou vis à vis de certains organismes (y compris le sel et l'oxygène). « Gaujous,1995 »

I-3-8 Manifestation de la toxicité :

La toxicité peut se manifester :
directement au niveau d'une espèce, on distingue alors :

- toxicité aiguë (mortalité violente de la population),
- toxicité subaiguë (une proportion de la population subsiste),
- toxicité chronique (la toxicité n'apparaît qu'après une exposition à de faibles doses ayants un effet cumulatif).

Par accumulation tout au long d'une chaîne alimentaire (bioaccumulation) : l'apparition des effets toxiques se fait au niveau des éléments terminaux de la chaîne trophique. (Gaujous,1995).

I-3-9 propriétés physico-chimiques des métaux étudiés :

Le cuivre (Cu) :

C'est un élément de couleur rouge brun dont la masse atomique est de 63,54g/mole et la densité de 7,14g/cm³. Il est présent dans la nature sous forme de (CuS), de sulfure d'oxyde... etc.

La concentration du cuivre dans l'eau de mer est de 0,001 mg/l. (PNUE,1986).

Dans un milieu alcalin, le cuivre peut être éliminé par précipitation sous forme d'hydroxyde. La plupart des précipités de cuivre restent insolubles dans un environnement faiblement alcalin, mais ils tendent à se redissoudre dans un environnement acide. L'élévation de pH provoque un passage à des formes insolubles ou difficilement solubles (OMS,1976).

Le cuivre est plus toxique sous forme ionique que lorsqu'il est complexé avec la matière organique ou qu'il précipite sous forme de carbonates (dans les eaux dures). (Gaujous,1995).

Utilisation :

- Protection des coques de navires en bois.
- Construction des transformateurs et câbles électriques.
- Production des radiateurs pour automobiles.
- Fabrication de la cellulose et du papier.

Effets nuisibles :

- Le cuivre provoque des troubles digestifs et dermiques. La dose mortelle de sels de cuivre est évaluée à 10g. (Aubert et al,1982).
- Les branchies chez les pseudopleuronectes est altérée à 1ppm de cuivre. A 0,033 ppm, le cuivre provoque le retardement de la ponte chez les poissons (Peres,1976).
- Diminution de l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide) (Gaujous,1995).

Le zinc (Zn) :

Est un élément de couleur blanche bleuâtre et de masse atomique 65.4g/mole avec une densité de 7.1g/cm³. Il est abondant dans la nature sous forme de sulfure (ZnS).

La concentration du zinc dans les eaux de surface est en corrélation avec les activités humaines et l'urbanisation. Les experts de l'ONU ont estimés la charge polluante annuelle de zinc en Méditerranée à 25000 tonnes.

En présence d'un excès d'hydrogène-carbonate, la solubilité du zinc est contrôlée par la solubilité du carbonate qui est relativement soluble et de l'hydroxyde qui l'est peu. D'une façon générale, les eaux à pH faible ont des teneurs en zinc dissous plus importantes (Rodier et al, 1996).

Le zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animale. La quantité journalière recommandée serait de 15 mg pour un adulte et de 10 mg pour un enfant (Rodier et al, 1996).

L'OMS recommande comme valeur limite pour le zinc 3mg/l pour l'eau destinée à la consommation humaine.

Utilisation : il est utilisé dans

- les produits pharmaceutiques, la métallurgie et l'imprimerie,
- confection des toitures,
- production d'accumulateurs (batteries),
- production de vernies, colorants et celluloses,
- protection du Fer etc...

Effets nuisibles :

- le zinc est cancérigène (Vaillant,1973)
- il peut être aussi toxique pour les larves de mollusques à partir de (0,4 mg/l) dans les estuaires, (Halsted,1970 in Martin et al).
- toxicité aiguë pour la plupart des organismes aquatiques est de quelques mg/l (Gaujous,1995).

Le Manganèse (Mn) :

Est un élément de coloration blanche à reflets rouges. Sa masse atomique est de 54,9g/mole sa densité est de 7,3g/cm³. Il se rencontre à l'état de dioxyde MnO₂.

Le manganèse est présent en quantité très importante dans la nature. Beaucoup de roches métamorphiques et sédimentaires en contiennent, (Khotari, 1988 in Montel et Welt).

Le manganèse est très répandu dans la nature. Les concentrations dans l'écorce terrestre peuvent varier de 500 à 900 mg/Kg.

Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver à des valeurs différentes (II, III, et IV). A l'état soluble, en suspension ou sous forme de complexe, sa solubilité dépend du pH de l'oxygène dissous et de la présence d'agents complexants.

Certaines eaux souterraines ont des teneurs de l'ordre de 1mg/l. Les eaux de surface en contiennent généralement moins de 0,05 mg/l.

La concentration en manganèse de l'eau de mer varie suivant les zones de 0,5mg/l à 6 mg/l. la teneur peut varier de 0,01 à 0,07mg/m³ dans les zones non polluées. A proximité des installations industrielles, la concentration s'élève de 0,2 à 0,3 mg/ m³. (Rodier et al,1996). Les sels manganeux (Mn²⁺) s'oxydent à l'état (Mn^{IV}) en oxydes ou hydroxydes insolubles.(Gaujous et al ,1995)

Utilisation :

- il est utilisé dans les produits chimiques agricoles,
- la métallurgie et la fabrication des colorants,
- dans l'industrie des batteries sèches, verrerie, teinturerie, allumette (Gaujous,1995).

Effets nuisibles :

En pratique la seule voie dangereuse de pénétration est la voie pulmonaire. Dans ce cas, les organes cibles sont les poumons et le système nerveux central, (Rodier et al,1996). La caractéristique principale de l'intoxication chronique est une pathologie neurologique du type maladie de Parkinson, (Rodier,1996). Chez l'homme la concentration dans les tissus est probablement régulée par des variations de taux d'excrétion.

Le mercure (Hg) :

Le seul métal liquide à température ordinaire, de coloration bleu argenté dont la masse atomique est de 200,61g/mole et une densité à 20°c de 13,56g/cm³. Il est extrait à partir de minerai dit le cinabre (HgS). Il se dégage naturellement par évaporation, érosion, éruption volcanique ... environ 10⁵ t/an. La production annuelle mondiale serait d'environ 10⁴ t. seulement 20% de cette quantité serait recyclée, le reste se retrouvant en grande partie dans l'environnement. la concentration du mercure dans les végétaux peut varier de 1 à 10 µg/kg. Par contre, la teneur en mercure dans les eaux souterraine n'excède pas 0,1µg/l. Concernant les eaux douces superficielles la teneur en mercure varie entre 0,1 et 2 µg/l. La teneur naturelle en mercure de l'eau de mer n'a jamais été nulle. Actuellement les concentrations suivant les océans est entre 0,03 et 2 µg/Kg. En ce qui concerne la dose hebdomadaire tolérable temporaire, un comité mixte d'experts (FAO/OMS) a fixé celle ci à 0,3 mg de mercure total par personne, dont pas plus de 0,2mg sous forme de méthylmercure (CH₃Hg⁺), (Rodier et al,1996). Parmi les composés du mercure commercialement importants, on trouve le sulfure de mercure. En milieu anaérobie en présence d'ions sulfures et un pH alcalin, le mercure inorganique précipite sous forme de sulfure mercurique et s'accumule dans le sédiment. Le mercure peut donner naissance à un composé assimilable par le corps humain entre autres organismes vivants, le méthyle – mercure, qui est un des produits les plus toxiques.

Utilisation :

Mercure minéral

- fabrication du papier,
- industrie de matières plastiques (comme catalyseur),
- industrie de matériels de contrôle (thermomètre, pompe à mercure, baromètres...ect).

Mercure organique

- industrie pharmaceutique (antiseptiques et médicaments contre certains troubles cardiaques),
- dans l'agriculture, comme un herbicide. (Vaillant,1973).

Effets nuisibles du mercure :

- empoisonnement chronique au Japon dans la baie de Minamata (1953)
- le (CH_3Hg^+) provoque l'altération du système nerveux central chez l'homme et chez les poissons (Peres,1976)
- les composés du mercure sont à l'origine des syndromes de paralysie et mutation, certains additifs alimentaires à base de mercure peuvent causer des stomatites, (Vaillant,1973).

Le cadmium (Cd) :

Le cadmium est un métal blanchâtre argenté à reflets bleu pâle. Il est mou et ductile, sa masse atomique est de 112,4g/mole et sa densité de 8,65g/cm³ à 20°C. Il se trouve dans la nature sous forme de sel.

Dans la nature (minerais, sol) le cadmium est généralement associé au zinc et d'une façon générale les eaux ne contiennent que quelques microgrammes de cadmium par litre, (Rodier et al,1996).

Il est à de très fortes concentrations dans les endroits où l'activité humaine est intense et le niveau de référence du cadmium habituellement retenu dans les sédiments fins est 0,2mg/g. (Salomon et Forstner,1984).

Dans le milieu marin, le cadmium lié à la matière organique détritique est libéré dans les horizons superficiels aérobie, ainsi une partie peut retourner vers la colonne d'eau et l'autre partie diffuse vers le bas et précipite sous forme de sulfure (Gobeil et al, 1987).

La teneur moyenne en cadmium des sédiments marins se situe autour de 0.2 µg/g . Sur le plateau continental, des concentrations de 0.06µg/g à plusieurs microgrammes par gramme ont été mesurées (Cossas et Lassus,1989).

Le cadmium est moins toxique que le plomb. Cet élément est rapidement assimilé dans le corps et peut causer des troubles respiratoires et rénaux.(Rondeau,1972)

Utilisation :

- revêtement électrolytique des métaux,
- dans certains alliages,
- fabrication d'accumulateurs,
- peintures et matière plastiques et dans l'industrie nucléaire (ralentisseurs de neutrons) (Rodier et al,1996),
- engrais chimiques (agricole) (Gaujous , 1995).

Effets nuisibles :

- très toxique, poison cumulatif (cycle biologique 10-30ans)
- atteintes rénales (néphrite)
- troubles digestifs, hypertension artérielle
- altérations osseuses (déformation de squelette) responsable de la maladie de Itai-Itai (Japon,1955)
- toxicité aiguë sur les organismes supérieurs et des algues à partir de 0,1mg/l. Les bactéries y sont moins sensibles, (Gaujous,1995).

Le plomb (Pb) :

Le plomb est un métal dense d'un numéro atomique 82, de masse atomique 207,21g/mole d'une couleur gris bleuâtre. Il est mou et déformable, de densité 11,3g/ cm³ à 20 °C.

On le trouve dans la nature surtout à l'état de sulfure (PbS) (galène). Il se présente souvent allié à l'argent (Plomb argentifère).

L'eau de mer contient en moyenne 0,03µg/l de plomb mais dans les zones côtières, les eaux superficielles peuvent en contenir dix fois plus, (Rodier et al,1996)

Généralement la concentration des eaux de surface non contaminées ne dépasse pas une dizaine de mg/l. (Rodier et al,1996).

Le plomb est présent dans les déchets liquides à l'état colloïdal comme composé organique libre ou complexé par d'autres substances organiques (OMS,1979).

Le plomb est généralement associé à d'autres métaux en particulier au Zinc, lié à la matière organique il forme des complexes très stables d'où les organo-plombiques provenant de l'utilisation des tétra-alkyl-plomb comme antidétonant dans l'essence des automobiles (Pinel et al,1990).

Utilisation :

- industrie chimique (colorants, explosifs),
- raffineries, traitement de surfaces, mines.

Effets nuisibles :

- poison cumulatif responsable du saturnisme : atteinte neurophysiologique (fatigue, irritabilité, retard intellectuel chez les enfants), troubles rénaux, cardio-vasculaires, hématopoïétique (formation de globules du sang). (Gaujous,1995).
- toxicité aiguë sur les organismes à partir de 0,1mg/l. Il se concentre de plus le long de la chaîne alimentaire, (Gaujous,1995).

I-4 Aperçu général sur les paramètres physico- chimiques :

I-4-1 La température :

La température est un paramètre important pour l'étude et la connaissance des masses d'eau. Elle joue un rôle important dans le cycle biologique, elle détermine la densité donc les courants, permet l'étude du mélange des masses d'eau.

L'élévation de la température s'accompagne d'une modification de la densité qui a tendance à décroître lorsque la température croît, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation) et d'une diminution de la solubilité des gaz dissout tel que l'oxygène. Aussi, l'augmentation de la température accroît la vitesse de sédimentation.

En général la température a un rôle déterminant sur les points suivants :

- Facteurs écologiques.
- La densité de l'eau.
- Les phénomènes de stratification des eaux marines (thermocline).
- Gaz dissout (oxygène).
- Le cycle biologique.

I-4-2 L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre important dans le milieu qui gère la majorité des opérations biologiques des écosystèmes aquatiques.

La concentration en oxygène dissout dépend des facteurs physiques, chimiques et biologiques suivantes :

- Echange à l'interface air-océan.
- Diffusion et mélange au sein de la masse d'eau.
- Utilisation dans les phénomènes de photo-oxydation.
- Utilisation par les organismes aquatiques pour la respiration.
- Dégradation bactérienne des matières organiques (m.o).
- Production in situ par la photosynthèse. (d'après A.Aminot et Chausspied, 1983).

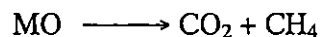
La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l, elle est fonction de l'origine d'eau, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre les eaux profondes ne contiennent que quelques milligrammes par litre (RODIER et al, 1986).

L'eau contient de l'oxygène dissout dont la teneur varie entre 0 et 250 mol/l mais dans les régions à photosynthèse intense la concentration dépasse cette valeur normale (GUILCHER, 1965).

La présence d'oxygène dissous est nécessaire pour la respiration des êtres vivants, ceci d'après la réaction :



Par contre en son absence (milieu anaérobie) ; seules les bactéries anaérobie peuvent exister (réaction de fermentation) :



La présence de la matière organique dégradante dans l'eau consomme les réserves de l'O₂ et lorsque la température s'élève la teneur en oxygène diminue par dégazage. (RODIER et al, 1986).

La dissolution de l'O₂ dissous est régie par des lois physiques et dépend de la température de l'eau, la pression de vapeur saturante, la pression atmosphérique et la salinité. (Aminot et Chausspied, 1983).

I-4-3 La salinité :

La salinité représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer c'est aussi la masse en grammes des composés solides séchés à poids constant à 460°C obtenu d'un kilogramme d'eau de mer. (RODIER et al, 1986).

La masse de la salinité est importante pour l'étude du milieu marin, elle influe sur la circulation océanique permet d'identifier les masses d'eau de différentes origines et suit leur mélanges au large comme à la côte et dans les estuaires. (Aminot et Chausspied, 1983)

La salinité peut freiner le phénomène de bioaccumulation, elle influe aussi légèrement sur la solubilité des gaz dans l'eau.

I-4-4 Le potentiel d'hydrogène :

Le pH d'un milieu est la concentration en ions hydrogènes qui sert à définir l'acidité ou l'alcalinité de ce milieu (Guilcher, 1965).

Le pH de l'eau de mer est alcalin voisin de 8,2 principalement fixé par la présence des carbonates $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$. La modification de la concentration de CO_2 (respiration, photosynthèse et échange air-océan) ou celle de CO_3^{2-} (précipitation) entraînera une modification du pH.

En milieu marin côtier et estuaire, certains rejets industriels où apports des eaux continentales sont la cause de la variation de pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution, (Aminot et Chausspied, 1983).

Ces constatations montrent que le pH varie avec la salinité de l'eau et la température (température élevée donc pH élevé).

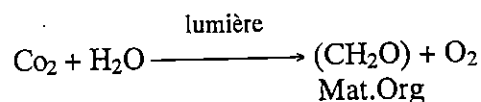
Le pH est défini par la relation : $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, où $[\text{H}_3\text{O}^+]$ est la concentration molaire en ions oxonium.

I-5 Aperçu général sur la matière organique :

I-5-1 La matière organique en milieu marin :

Dans l'eau de mer, la matière organique est présente sous forme dissoute et particulaire. Elle est composée d'atomes de carbones associés à d'autres éléments principalement l'hydrogène, l'oxygène, et l'azote. Les composés organiques présentent une grande variété de molécules et ils sont conventionnellement classés en trois grandes familles : les glucides, les lipides et les protéines. (in Cauwet, 1984).

Les molécules organiques ont une origine biologique à travers du phénomène de photosynthèse :



La matière organique est d'une importance capitale quand il s'agit de repérer les zones d'accumulation des polluants ou lors d'études écotoxicologiques.

A l'état dissous elle forme des complexes avec un certain nombre d'éléments, elle entraîne ainsi les métaux lourds lors de la floculation (fixité de petits morceaux de métal), ou de l'absorption sur les colloïdes argileux (corps dans lequel des particules se trouvent en suspension dans le liquide). (in Cauwet, 1984).

La matière organique est un facteur édaphique dont l'excès entraîne une forte consommation d'oxygène.

I-5-2 Origine de la matière organique :

L'origine principale de la MO dans l'eau de mer est la production primaire marine. Elle provient aussi du continent par les cours d'eau, la nature des dépôts peut être des :

- Débris organiques.
- Matières végétales.

L'origine anthropique de la M.O provient des :

- égouts domestiques.
- eaux résiduelles des diverses industries (papeterie, conserverie...etc).
- Exploitation minière.

I-5-3 Impact sur le milieu marin :

La M.O peut éliminer les organismes les plus sensibles par élaboration dans le milieu marin des produits toxiques (acides gras, phénols, H_2S , CH_4 ...ect).

Sa décomposition directe par les différentes bactéries existantes épuise le taux d'oxygène provoquant l'asphyxie des espèces qui ne tolèrent pas la faible oxygénation.

I-5-4 Matière organique dans les sédiments et son affinité pour les éléments métalliques :

Les différentes études menées dans le domaine marin ont mis en évidence les réactions de la M.O dans les sédiments (fixation biologique sur la surface des sédiments), or la matière organique contrôle la diagénèse « Vassoyevitch, 1955 in Leclair ». La modification ou l'altération des conditions d'oxydoréduction dans un sédiment sont liées à la dégradation de la M.O (principale source d'énergie pour la diagénèse), « Bordovskyi, 1965 in Leclair ».

Plusieurs métaux ont des effets cumulatifs. Les sédiments ont tendance à jouer un effet antagoniste sur la toxicité des éléments métalliques « Martin et al, 1976 ».

Les réactions métaux-M.O sont très importantes lors de la détection des zones d'accumulation des produits toxiques ou polluants. A partir des réactions physico-chimiques qui entrent dans le composé métaux - M.O on élabore les conséquences sur la sédimentation (les ions métalliques en solution dans l'eau peuvent être complexés par les composés organo - métalliques comme les chélates).

I-6 Aperçu général sur les carbonates :

I-6-1 les carbonates :

Les carbonates, de formule CaCO_3 sont des traceurs naturels, ils ont une densité de $2,71\text{g/cm}^3$, et sont incolores ou blancs. Ils représentent l'une de substances les plus étudiées dans le domaine de la géochimie marine.

Les carbonates comportent des éléments dont la taille varie du gros galet à la particule de l'ordre de micron.

Les sables calcaires proviennent de la destruction d'organismes à squelette calcaire vivant dans le fond. Ces organismes peuvent être fixes ou en mouvement, leur restes se déposent et sous l'effet des courants sont broyés et piégés dans les zones d'accumulation généralement sous forme de dune (Djellali et Bairi, 1996).

Les carbonates de calcium influent sur le pH de l'eau de mer, leur dissolution entraîne l'augmentation du pH, ils influent également sur le comportement des métaux lourds dans l'eau de mer leur permettant de se précipiter vers le fond (Rechem et Boukhouf, 1998).

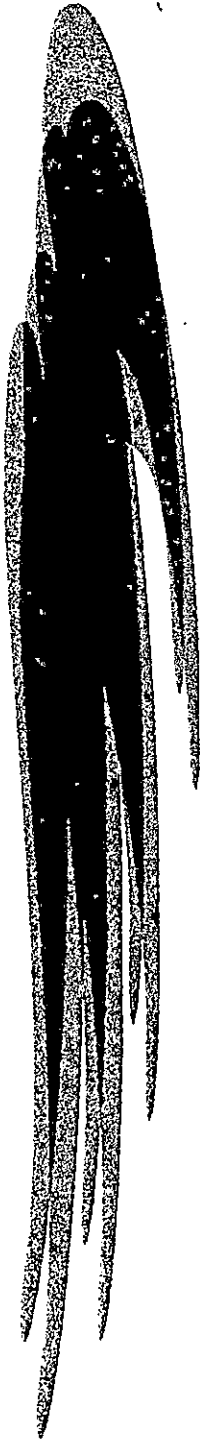
I-6-2 les formes des carbonates :

Connaître l'état du système (CO_2 , carbonates) dans l'eau en un point donné, en un instant donné revient à évaluer dans l'échantillon d'eau de mer les quatre grandeurs $[\text{CO}_2]$ (gaz carbonique), $[\text{HCO}_3^-]$ (bicarbonates ou hydrogénocarbonates), $[\text{CO}_3^{2-}]$ (carbonates) et a_{H^+} (activité de l'ion H^+) ; qui sont respectivement les concentrations de trois formes de carbone inorganique dissous et l'activité de l'ion H^+ .

I-6-3 Origine des carbonates :

La fraction carbonatée a trois origines possibles dans le milieu marin : par précipitation chimique directe, par précipitation biologique sous forme de squelette calcaire (microbioclastique) ou bien par apport terrigène. Pour ce qui est de la côte algérienne les carbonates prédominants dans la fraction grossière sont principalement constitués de débris d'algues rouges de bryozoaires et de mollusques. (Purser, 1983).

CHAPITRE II



DESCRIPTION
DES
SITES D'ÉTUDES

II-1 Situation géographique

II-1-1 Région de Mostaganem

La ville de Mostaganem est située à 360 km à l'ouest d'Alger sur la côte du littoral du golfe d'Arzew. Le golfe se situe en moyenne sur le méridien de Greenwich, il s'étend du cap Ivi au cap Carbon.

Ce golfe est orienté NE-SW jusqu'au marais de la Macta (figure 4).

Le port de Mostaganem est situé à l'Ouest entre la pointe de la salamandre et la pointe de Kharouba. Ses coordonnées sont :

- Longitude: 0° 04' 00'' - 0° 05' 00'' E
- Latitude: 37° 55' 05'' - 37° 56' 05'' N

II-1-2 Région d'Annaba

La ville d'Annaba est située à 600 km à l'est d'Alger dans une baie large de 40 km. Sa localisation est dans la limite de ses plaines. Elle se trouve dans un golfe (figure 5) dont les coordonnées sont :

- Latitude: 36° 54' 00'' N
- Longitude: 0,7° 46' 00'' E

Le port est situé à l'ouest de la baie et au sud-est de la ville entre le cap de garde à l'Ouest et le cap Rosa à l'Est. Ses coordonnées sont :

- Longitude EST : 07°47'03''.
- Latitude Nord : 36°54'11''.

II-2 Description générale des ports

II-2-1 Le port de Mostaganem

Le port de Mostaganem ne possède aucun abri naturel et doit compter sur la jetée Nord qui s'étend sur environ 1100 m de la section Nord de la ville, et le mole Sud - Ouest qui s'étend sur 510 m à partir de la section Sud de la ville pour la protection des vents du Nord et Nord - Ouest. La passe d'accès se trouve au Nord avec une largeur de 100 m et une profondeur de -12 m entre l'entrée et le quai Sud-Ouest et -9m entre l'entrée et le quai de l'indépendance. Ce port possède 34 hectares de terre pleine et 30 hectares de plan d'eau avec deux bassins :

- Le bassin extérieure (Sud - Ouest)
- Le bassin intérieure (Nord - Est)

Les deux bassins occupent environ 1,2 km des quais. L'entrée du port peut s'avérer difficile par des vents forts de l'Ouest. Ces derniers sont susceptibles de produire un effet de ressac à l'intérieur du port. Ainsi le port est représenté par (figure 6) :

- 1) Jetée Nord
- 2) Quai Hard - Est avec un poste
- 3) Quai du Maghreb avec trois postes
- 4) Mole de l'indépendance avec quatre postes
- 5) Quai des pêcheurs
- 6) Mole Sud - Ouest avec deux postes

Les installations portuaires du port de Mostaganem sont situées sur la côte Ouest. Ce port sert l'économie régionale en recevant principalement diverses marchandises. Le rôle du port de Mostaganem a généralement consisté à desservir son intérieur d'une manière immédiate. En conséquence, les principales marchandises exportées par le port sont les produits locaux (vins, fruits, ...), et les principales marchandises importées comprennent: les céréales, le ciment, le sucre brute destiné à la raffinerie locale et des tonnages de bitume, d'engrais et de produits chimiques. Le tableau n° 1 décrit l'utilisation des quais.

Tableau N°1 : Représentation des Postes et Quais utilisés dans le port de Mostaganem
« Sources : (JICA,1993) »

Quai	Poste N°	Profondeur (m)	Longueur (m)	Utilisation du quai
Nord	1	4,5-5,5	80	Gardes côtières
Nord - Est	0	6,5	117	Marchandises diverses bitumes
Maghreb	1	7,5	139	Sucre roux
	2		139	Marchandises diverses
	3		134	Marchandises diverses
Indépendance	4	7,5	135	Marchandises diverses
	5		135	Céréales
Nouveau	1	8,5	118	Marchandises diverses
	2	7,5	119	RO/RO
Rampe RO - RO		7,5	80	RO/RO
Estacade de pêche		2,5	120	Bateaux de pêche
Appontement de pêche		4,5-5	180	Bateaux de pêche
Pêche		5	130	Bateaux de pêche, éthylène
Sud - Ouest	6	7	140	Marchandises diverses, vins
	7	8	140	

II-2-2 Le port d'Annaba

Le port d'Annaba est abrité par deux jetées :

- Jetée Sud - Est avec une longueur 400 m
- Jetée Nord - Est avec une longueur de 980 m

Le port est composé de trois passes :

- La passe d'entrée avec 245 m de longueur et 13,5 m de profondeur
- La passe Babayaud avec 250 m de longueur et 12,5 m de profondeur
- La passe Cigogne avec 183 m de longueur et 12,5 m de profondeur

Le plan d'eau du port est de 94 hectares avec trois bassins (figure 7):

- L'avant port : 45 ha et 12,5 de profondeur
- Petite darse : 9 ha et 10 m de profondeur
- Grande darse : 40 ha et 12 m de profondeur.

Les installations portuaires du port d'Annaba sont situées sur la côte Est. Ce port est l'un des premiers ports exploités pour le commerce extérieur de l'Algérie. Aussi, il est exploité par les industries métallurgiques, d'engrais...etc. Il existe dans le port 22 postes à quai (longueur totale de 3785 m) :

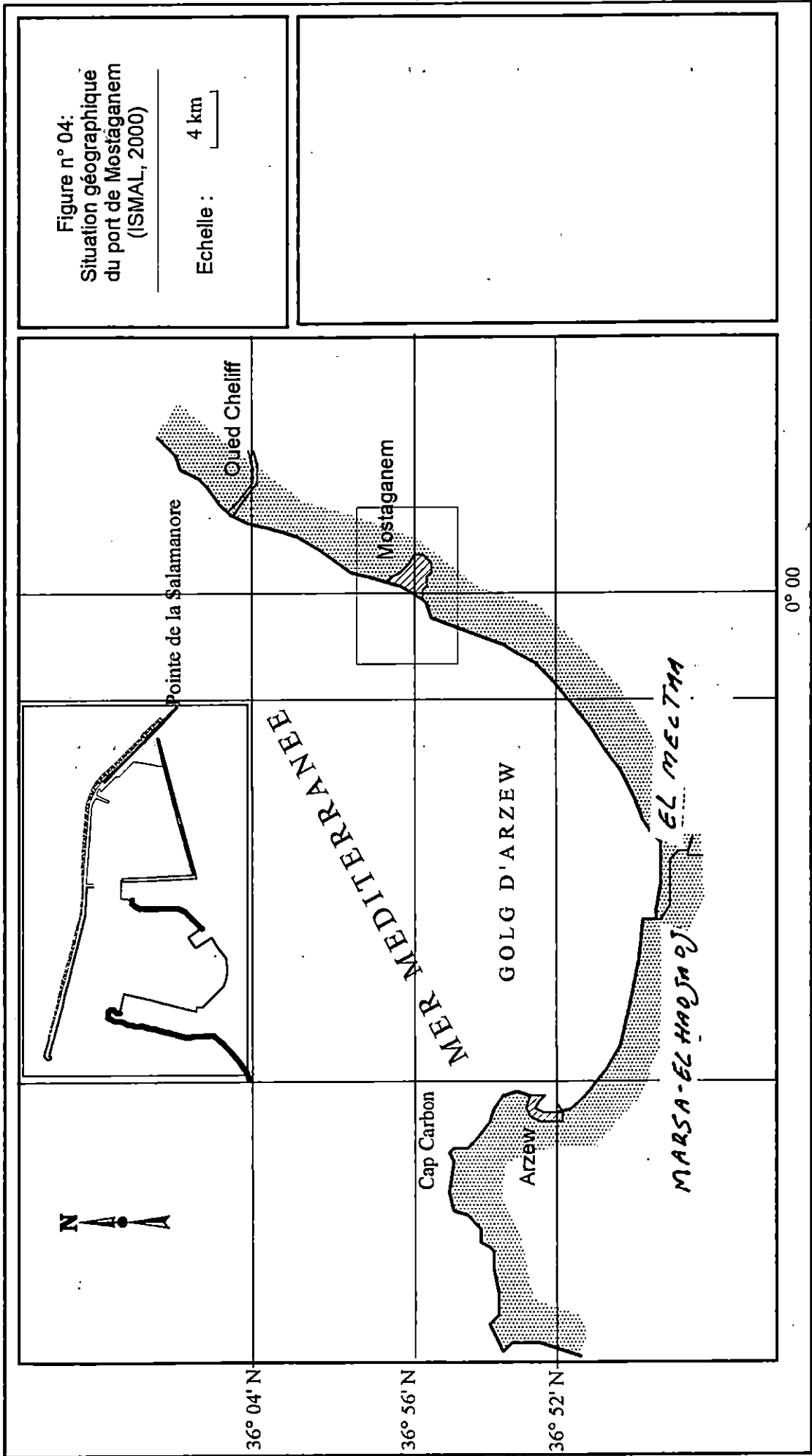
- Postes pour les produits pétroliers (carburants, gasoil)
- Postes spéciaux (jetée Nord n°26).

Des installations à usage spécialisé représentent les postes concédés mis à la disposition de certaines entreprises. Le tableau n° 2 représente la liste des entreprises utilisatrices et des marchandises qui y sont liées.

Le port d'Annaba abrite aussi une partie pour la pêche d'une capacité de 27 chalutiers et 48 sardiniers sur une longueur de quai de 729 m et une surface du plan d'eau.

Tableau N° 2 : Représentation des Entreprises utilisatrices et des Marchandises liées au Port d'Annaba « Sources : (JICA,1993) »

Postes N°	Marchandises	Entreprises
13	Charbon	Sider
14-15	Produits métallurgiques	Sider
16	Minerais de Fer	Ferphos
17	Produits miniers	Ferphos
18	Ammoniaque, Fuel, Goudron	Asmida -Sider-Naftal
19	Phosphate	Ferphos
20	Soufre - Potassium	Asmidal
26	Produits pétroliers	Naftal



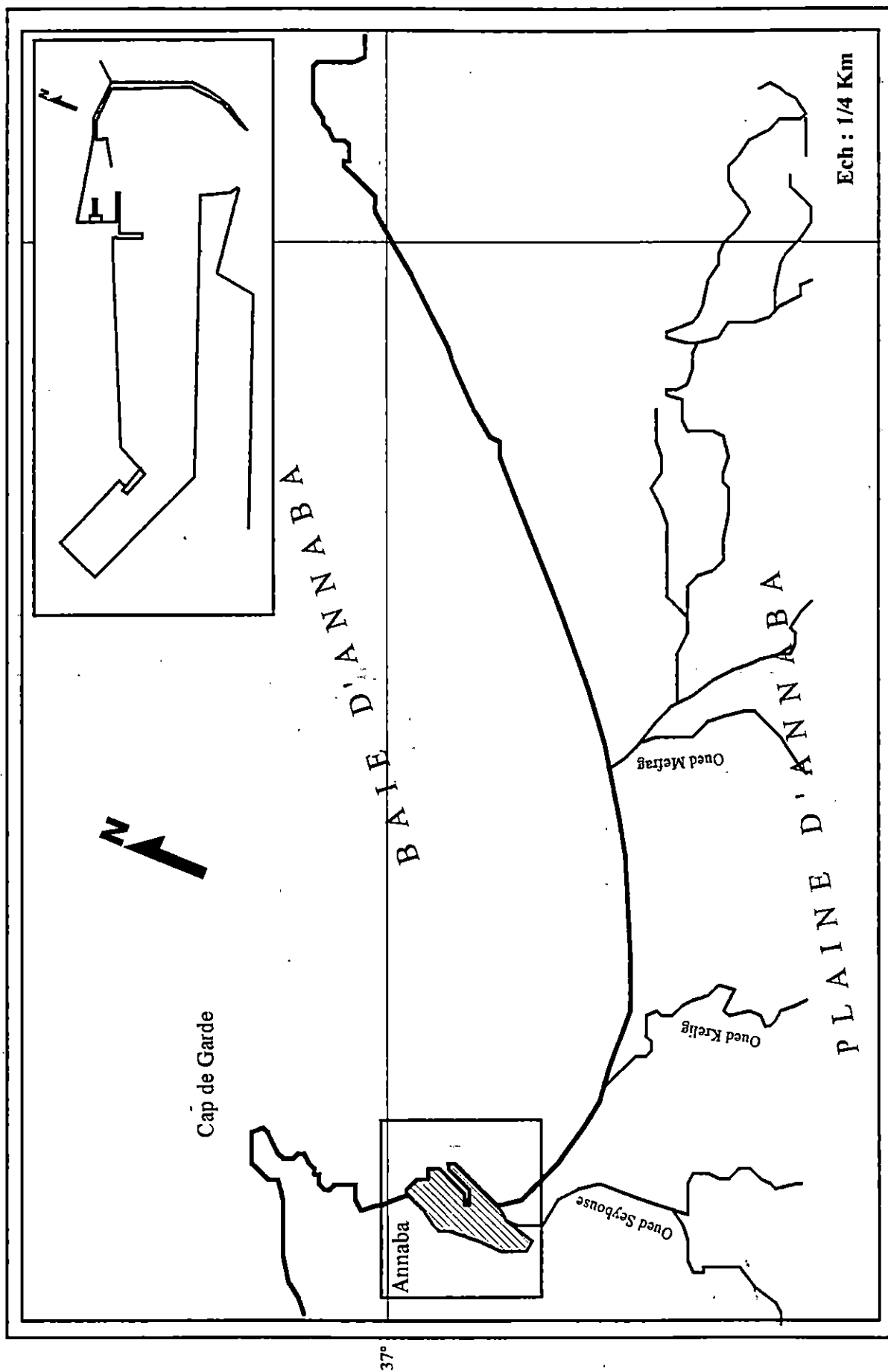


Figure n° : 05 : Situation géographique du port de Annaba

Figure n°06 :

*Plan de masse
du port de Mostaganem
(ISMAL, 2000)*

Echelle : 1/5000

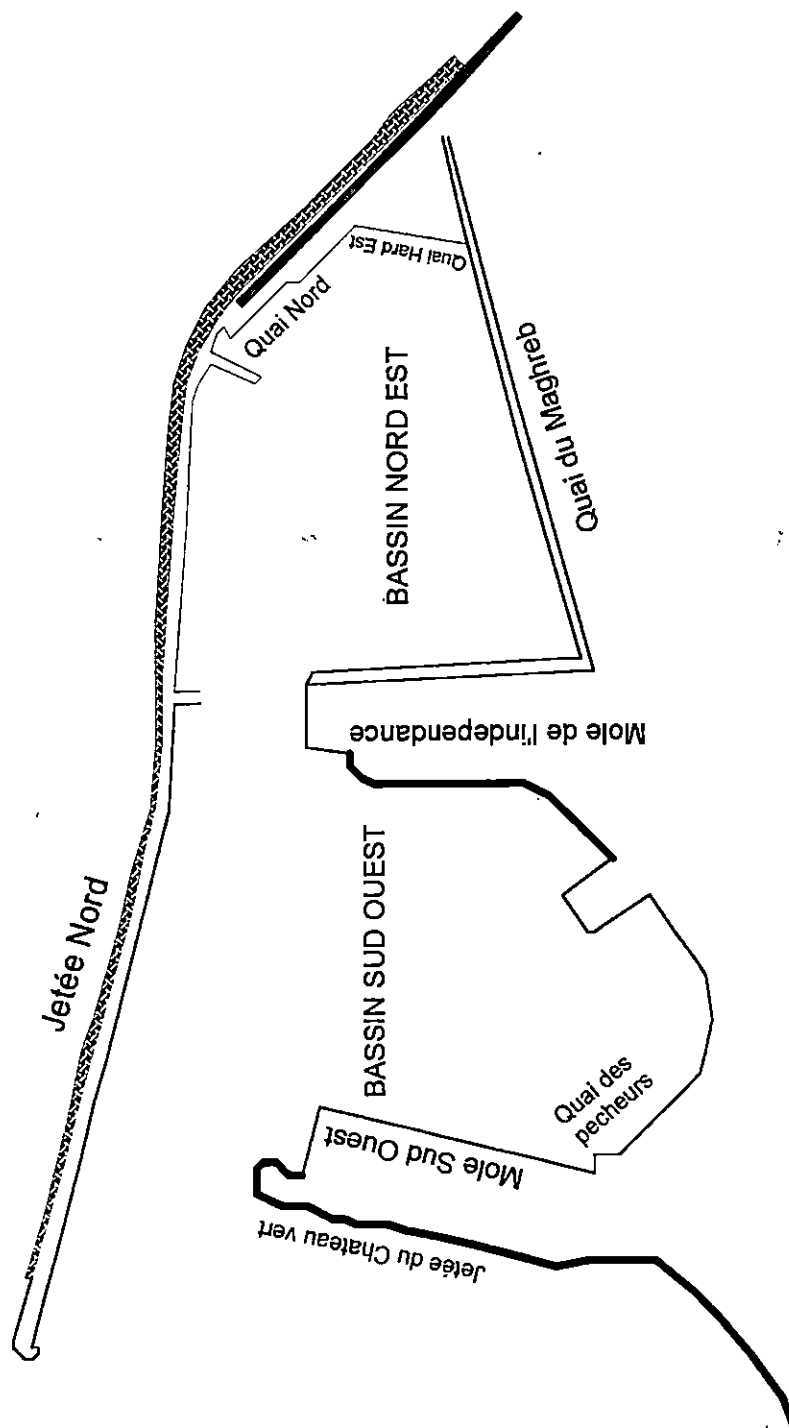
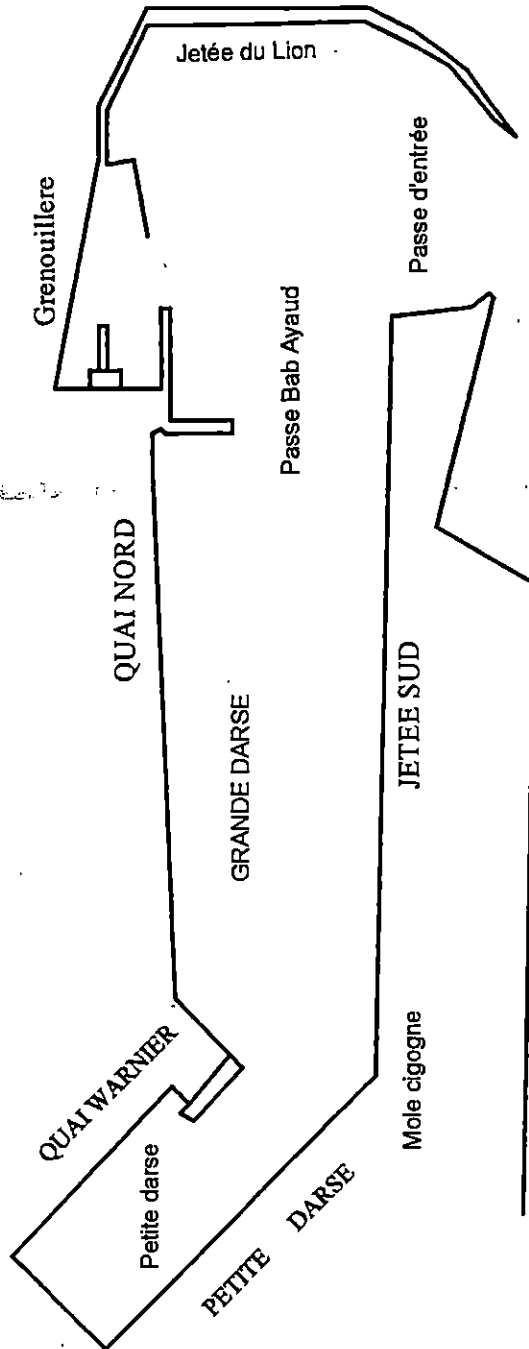


Fig n° 07 :

Plan de masse du
port d'Annaba
(ISMAL, 2000)

Echelle : 1/5000



II-3 Données hydroclimatiques :

Région de Mostaganem

II-3-1 Climatologie :

Le rythme climatique méditerranéen influe sur le golfe d'Arzew avec son irrégularité; l'alternance de deux saisons est bien nette:

Période chaude et sèche généralement la plus longue allant du mois de Mai au mois de Septembre .

Période froide et humide caractérisée par des précipitations allant du mois d'Octobre au mois de Février.

II-3-2 Etude des paramètres climatiques :

II-3-2-1 La précipitation :

Comme sur toute la côte Ouest Algérienne, la région de Mostaganem a une très faible précipitation. La pluviométrie a une moyenne annuelle de l'ordre de 28,84 mm (ONM, 1998): Les précipitations dans cette région s'enregistrent pendant la période hivernale (Octobre- Février) tandis que la période sèche s'enregistre du mois de Mai au mois de Septembre.

II-3-2-2 La température :

La température moyenne annuelle sur la région de Mostaganem est de l'ordre de 17.56°C (ONM,1998). Ces températures présentent des écarts allant du mois de Mai au mois de Septembre.

II-3-2-3 Les vents :

Les vents jouent un rôle très important par leur fréquence et leur direction dans le déplacement de l'anticyclone qui engendre des houles qui provoquent le transport des sédiments. La vitesse moyenne est de l'ordre de 17 m/s (ONM,1998). Leur direction est du secteur EST au NORD (période d'été) et du secteur Ouest pendant la période hivernale.

II-3-3 Données océanographiques :

II-3-3-1 Les houles :

Dans la baie d'Arzew, les houles sont du secteur NORD - OUEST à NORD - EST; leur direction et leur intensité sont directement liées à celle du vent. D'après les études effectuées au laboratoire d'études maritimes (LEM ,1995), les caractéristiques des houles au large représentent les valeurs suivantes:

- Période = 12s ;
- Longueur = 220m ;
- Hauteur = 10m ;
- Direction =NE ;

Les houles du Nord qui contrôlent la dynamique du trait de côte dans cette région plus probable en mois de Décembre et celui de Janvier. L'amplitude significative est supérieure à 4m pour 1,5% des cas, elle est supérieure à 5m pour 0,5% des cas et 83% des cas sont inférieurs à 2m.

II-3-3-2 Les courants :

II-3-3-2-1 Les courants de surface :

Les courants de surface n'ont pas un rôle primordial dans le transport des sédiments, ils sont rapides et changent de direction en fonction du vent. Avec un vent qui souffle du Sud - Ouest les courants ont des vitesses de l'ordre de 0,33 m/s, et avec un vent soufflant Nord - Est les courants ont des vitesses de l'ordre de 0,22 m/s (vent NE de 8 à 10 m/s).

II-3-3-2-2 Les courants de fond :

Dans la baie d'Arzew existe des contre-courants qui se déplacent d'Est en Ouest le long de la côte provoqués par le courant de Gibraltar dont la vitesse dépasse rarement 0.11m/s. Les études faites par le laboratoire d'études maritimes (LEM, 1995) prouvent que le port de Mostaganem est protégé des courants côtiers venants du Nord - Est par sa jetée au large (figure 8).

II-3-4 Le réseau hydrographique :

La côte de Mostaganem reçoit les apports sédimentaires à partir des versants des monts situés à grande distance de la côte par les réseaux hydrographiques des Oueds Chellif et la Mecta. Pour les deux Oueds on a :

Oueds	Flux m ³ /s	Aire de drainage km ²
Chellif	40,0	43700
Mecta	2,7	400

Il faut noter que les quantités estimées de Oueds Chellif est de l'ordre de $5,5 \times 10^6$ m³ pour une précipitation annuelle de 500 mm.

II-3-5 Le transport solide :

Vu la nature climatique de la région avec une pluviométrie relativement faible, l'alluvionnement n'est pas intense. Les Oueds jettent dans la baie des sédiments sableux mais en quantité très minime. Au niveau du port, les courants qui semblent assez faibles ne transportent pas de sable.

Région d'Annaba

II-4 Données hydroclimatiques :

II-4-1 Climatologie :

La ville d'Annaba suit le rythme climatique méditerranéen, l'alternance de deux périodes est bien constatée :

- Période sèche et chaude (Avril - Novembre)
- Période froide et humide (Décembre - Mars)

II-4-2 Etude des paramètres climatiques :

II-4-2-1 Précipitation :

La pluviométrie a une moyenne annuelle de l'ordre de 230 mm. C'est une région qui enregistre cette précipitation pendant la période hivernale. Par contre pendant la période sèche, elle reçoit comme moyenne annuelle 0,1 mm.

II-4-2-2 La température :

La température annuelle sur la région d'Annaba est de 26°C pendant la période allant de Avril à Novembre. Pendant la saison hivernale, la température ne dépasse pas la moyenne qui est de 11°C.

II-4-2-3 Les vents :

Les vents jouent un rôle dans le transport des sédiments et dans la direction des houles. La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'Annaba est de 3,7 m/s (ONM, 1999) et leur direction est du Sud - Ouest à Ouest pendant la période d'hiver tandis que pendant la saison d'été, les vents sont du secteur Nord à Est.

II-4-3 Données océanographiques :

II-4-3-1 Les houles :

Dans la baie d'Annaba, les houles qui dominant au large sont celles de l'Ouest avec une période de 7 secondes. Leur hauteur est supérieure à 0,5 m et peut atteindre 2 m, les houles les plus fréquentes sont celles du Nord - Nord Est (JICA,1993). Les houles du secteur Nord ont une hauteur de 1m.

II-4-3-2 Les courants :

Les principaux courants marins de la zone maritime algérienne sont des courants allant de l'Ouest vers l'Est. D'une manière générale leur vitesse est comprise entre 0,13 et 0,38 m/s (JICA, 1993). Dans la zone maritime d'Annaba en haute mer, les courants sont de l'ordre de 0,5 à 1,25 m/s, leur contact avec la côte engendre des courants de retour de vitesses très faibles allant de 0,1 à 0,25 m/s; ce qui explique la présence de faibles branches de courants à proximité du port (figure 9).

II-4-4 Le réseau hydrographique

Les Oueds de la côte d'Annaba proviennent en général à partir des montagnes de Medjerba. Ils coulent à travers les plaines et entraînent des matériaux sédimentaires à la côte. Les principaux Oueds sont :

Oueds	Flux m ³ /s	Aire de drainage km ²
Saybousse	13.40	5900
Bounamoussa	5.44	-
Kebir	9.65	-

La turbidité annuelle moyenne de ces trois Oued est de 3 g/l et avec un maximum de 10 à 30 g/l. Le taux d'érosion est donné comme suit :

Oueds	Taux d'érosion T/km ²
Saybousse	200
Bounamoussa	350
Kebir	1000

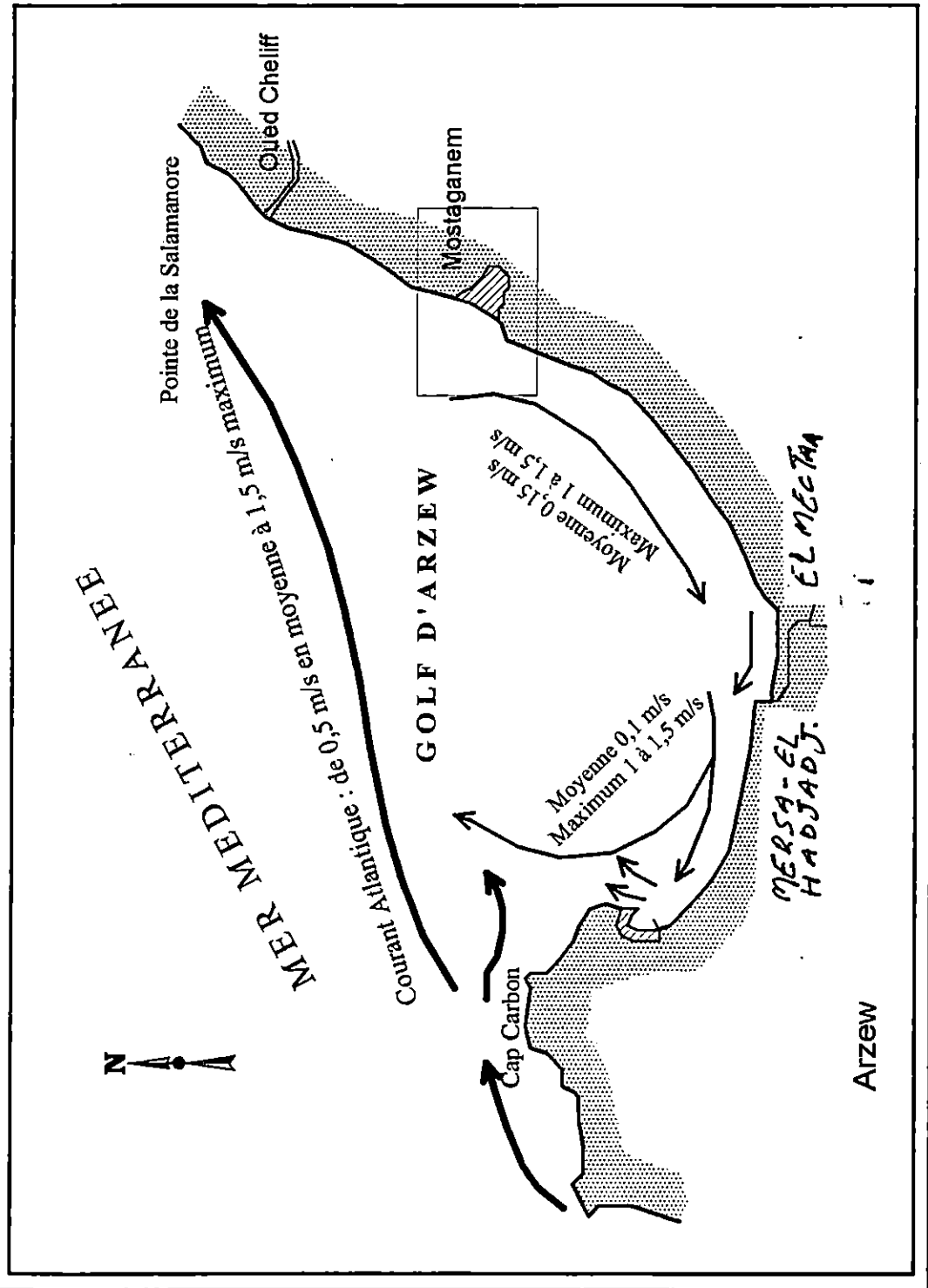
La quantité de sédiments déversée est estimée à 2 000 000T/an (LCHF,1974).

II-4-5 Le transport solide :

Les Oueds de la région d'Annaba jettent des apports importants de sédiments qui se dispersent sur des aires considérables dans le littoral. Les apports sont drainés vers le Sud et vers l'Est en raison de la prédominance des houles d'Ouest et du Nord. Notons que la plupart de ces apports sont des vases (LCHF,1974).

Figure n°08 :
 Les courants généraux
 dans la baie d'Arzew
 (D'après J. CAULET, 1972)

Echelle : 4 km



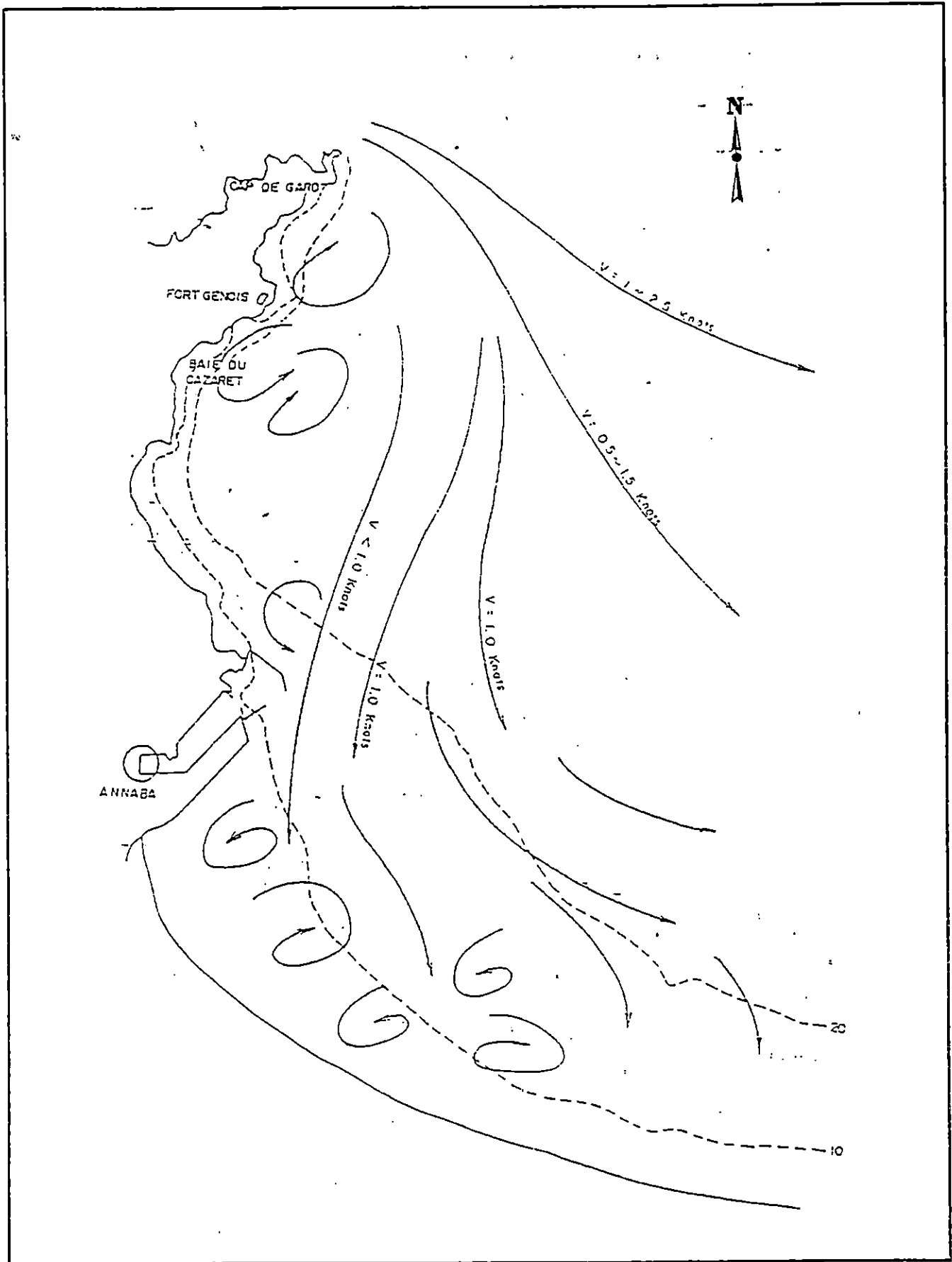


Figure n°09 : Courants marins à proximité du port d'Annaba (JICA, 1993)

II-5 Sédimentologie :

INTRODUCTION

La sédimentation dans les deux ports est un autre facteur de pollution. Avec l'accumulation des sédiments causée par les drainages provenant de diverses sources, les sédiments sont sérieusement contaminés dans les ports algériens .

On aurait souhaité accomplir le travail concernant les résultats des paramètres et indices granulométriques pour une meilleure considération de la qualité des sédiments et en même temps tenir compte des différents phénomènes hydrodynamiques et sédimentologiques qui ont lieu sur les zones étudiées, mais après les différentes analyses effectuées, (métaux lourds , matière organique , carbonates) la quantité résiduelle des sédiments qui concernent notre étude, ne permettait pas de réaliser cette granulométrie et aussi parce que les sédiments des diverses stations concernées sont totalement déjà ou presque utilisés .

Afin d'obtenir une approche globale sur les deux zones d'étude, l'utilisation des résultats de nos collègues (Senhadji et Ketfi), nous a permis de compléter notre travail du fait que c'est le même sédiment utilisé dans les deux travaux (obtenu lors de la même campagne océanographique, pour les deux port).

II-5-1 Région de Mostaganem :

D'après Leclair (1972), la sédimentation dans le golfe d'Arzew est déterminée par les effets d'une sédimentation pélagique. Les sédiments calcaires pélagiques (vase calcaire) recouvrent une partie importante du golfe. Les vases et les sablants recouvrent le littoral de Mostaganem jusqu'aux abords de Oueds Chellif où on trouve une partie importante de vase silico - argileuse à l'embouchure de l'Oued.

D'une manière globale, la sédimentation la plus répandue dans cette zone du littoral se compose de sable, de gravier à calcaire bioclastique et de débris de mollusques ; tandis que la représentation spatial sur tout le golfe se caractérise par les vases calcaires. Au niveau de la côte de Marsat el hadjadj et Mostaganem et de la bordure sous-marine du massif montagneux du Dahra, les sédiments trouvés sont du type: sable, dépôts argileux et graviers calcaires. Plus précisément, les sédiments du littoral de Mostaganem sont de deux types essentiels:

Sédiments phycogènes: Matériaux grossiers formés par l'accumulation d'algues calcaires, de mélobésiées du genre *Lithothamnium* représentés par des espèces *Lithothamnium Coralloides* ou *Lithothamnium Calcareum*.

Sédiments biogènes: Les sédiments biogènes correspondent généralement aux restes biologiques zoogènes.

II-5-2 Région d'Annaba :

D'après Leclair (1972), la sédimentation dans le golfe d'Annaba fait apparaître d'une manière concrète le développement des faciés calcaires dont la sédimentation meuble se localise dans une superficie importante du plateau continental. L'avant plage est marquée par la présence de gravier siliceux au niveau de la bordure littorale. Le haut fond est caractérisé plus ou moins par des sables et graviers calcaires.

La composition granulométrique des vases est bien localisée dans le golfe ; mais le calcaire et l'argile restent plus fréquents. Les vases sont apportées par les différents Oueds qui se localisent dans la région, leur teneur en calcaire est comprise entre 25% et 45%, et par les Oueds qui se localisent à -10m dans la province Sud. Les sables se localisent dans la province Nord à -20 m, leur teneur en calcaire est généralement inférieure à 0,5% (LCHF, 1974).

II- 5-3 Port de Mostaganem :

Les prélèvements d'échantillons lors de la campagne océanographique du mois de novembre (1999) ont été effectués sur plusieurs stations ; dont sept (07) des deux bassins (sud - ouest , nord – est) du port qui concerne notre étude .L'analyse granulométrique des sédiments prélevés (Sanhadji) a révélé que 80% des sédiments sont constitués de vase sableuse; concernant la répartition des péllites selon leurs concentrations est croissante du large vers le port . (les sédiments à l'extérieur du port sont plus riches en sable fin et en vase sableuse) (figure10).

Tableau N° 3: Pourcentage en péllites, médiane et nature du fond du port de mostaganem

STATIONS	PELLITES (%)	MEDIANE (Q 50)	Nature du fond
1	54.38	600	Vase
2	64.87	185	Vase avec du gravier
4	85.69	160	Vase
6	77.29	180	Vase
7	92.12	120	Vase
9	34.43	120	Sable fin
10	13.21	118	Sable fin

Remarque : la majorité de la vase est associée au sable grossier ,et parfois fin .

II -5 -4 Port d'Annaba

Dans le port d'Annaba la majorité des prélèvements est effectuée à l'intérieur du port. L'analyse granulométrique (Ketfi et ourahmoune.) a révélé que la vase est répartie sur toute la zone portuaire et s'étend vers le sud-est. Le sable est assez grossier ,hétérogène à l'avant port et hétérogène à la grande darse. Le stock de sable fin est situé au nord du port, tandis que le stock de la vase sableuse est situé au sud du port (figure 11).

Tableau N°4 : Pourcentage en péllites, médiane et nature du fond du port d'Annaba

STATIONS	PELLITES (%)	MEDIANE (Q 50)	Nature du fond
1	100	-	VASE
2	100	-	VASE
3	100	-	VASE
6	100	-	VASE
8	100	-	VASE
9	100	-	VASE
12	11.18	0.216	VASE

Figure n°10 :

*Carte des petites dans
le port de Mostaganem
(ISMAL, 2000)*

Echelle : 1/5000

Légende :

Pourcentage des petites
dans les sédiments de surface

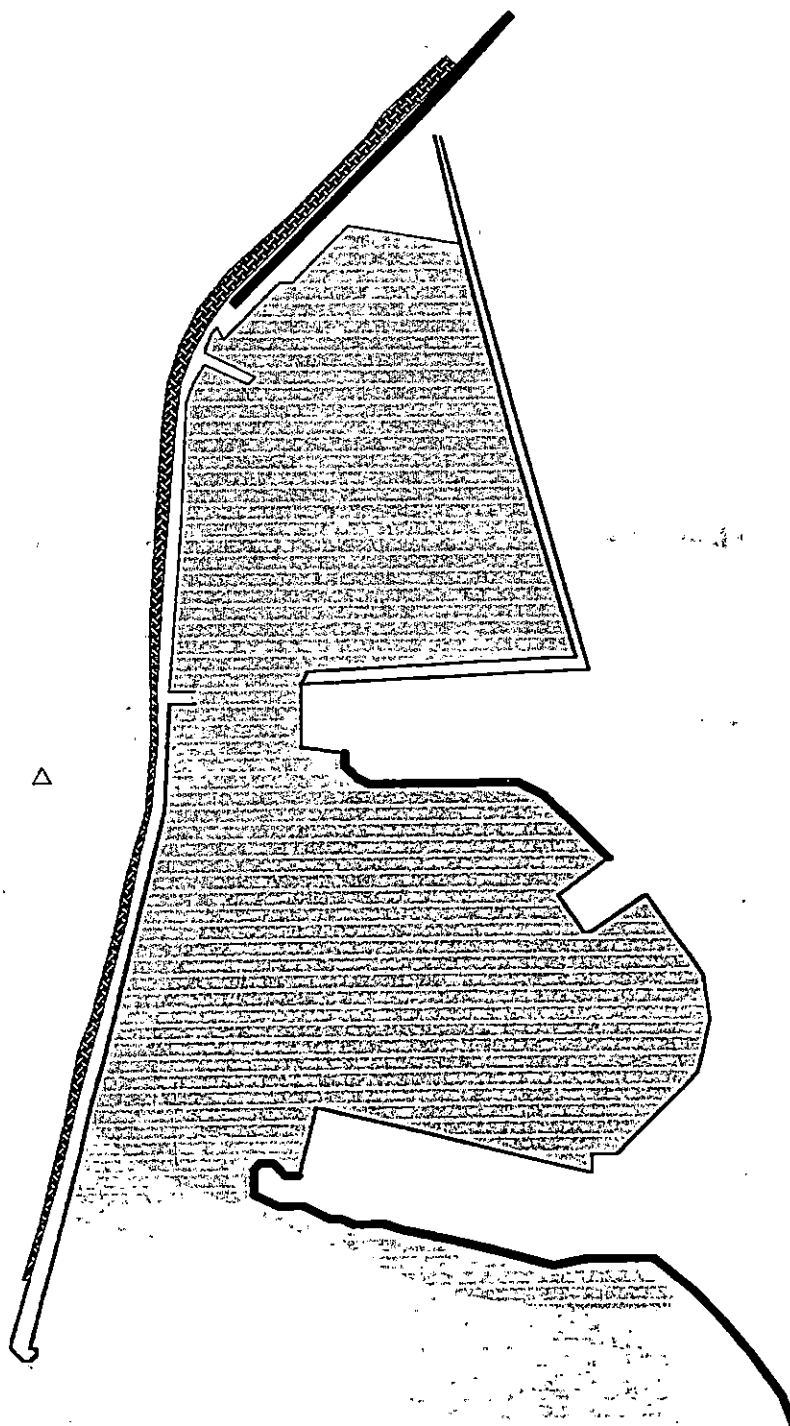
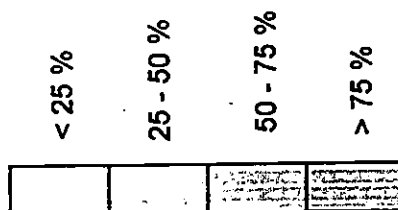


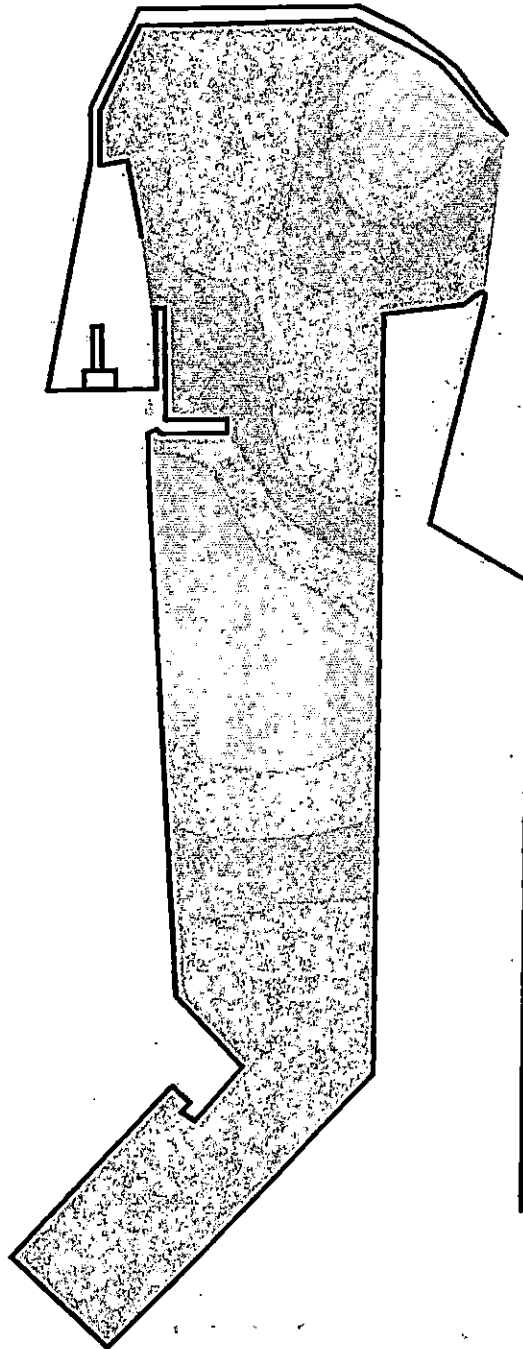
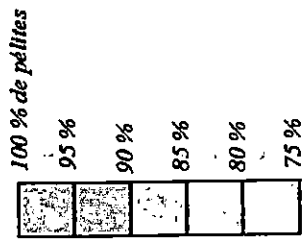
Fig n° 11 :

*Carte des pélites
dans port d'Annaba
(ISMAL, 2000)*

Echelle : 1/5000

Légende :

Pourcentage des pélites
dans les sédiments de surfaces



II-6 Aperçu général sur l'origine de la pollution dans les deux ports :

D'après nos analyses, les fortes concentrations métalliques ne se trouvent que dans une partie des échantillons traités, et non pas sur l'ensemble des échantillons des bassins qui composent les deux ports.

Ces concentrations peuvent être liées à l'existence de certains facteurs entre autres les facteurs géographiques et morphologiques qui déterminent le degré critique de la pollution au niveau des deux ports. Les sources de pollution les plus fréquentes se résument comme suit :

II -6 -1 Les eaux usées :

Les eaux usées contenant des quantités considérables de polluants se déversent à l'intérieur ou à l'extérieur du port. L'absence de stations d'épuration des eaux provenant des égouts accentue l'augmentation des polluants dans les différents bassins .

Les rejets d'eau usée à l'intérieur du port polluent énormément les eaux des bassins. Etant donné qu'on est dans un milieu presque fermé , l'augmentation du nombre d'habitants engendre systématiquement une pollution qui endommage l'écosystème. Les figures 12 et 13 illustrent le nombre des rejets existants dans les deux ports.

Tableau N°5 : Bilan total des sources de pollution (metal ,1993)

Villes	Nombre d'habitants		Débits des eaux usée (l /s)	
	1993	2003	1993	2003
Mostaganem	115.000	115.000	905	1021
Annaba	488.257	659.000	1816	2441

II -6 -2 Les installations industrielles :

La pollution industrielle provient généralement des installations existantes sur le littoral. Des unités de différentes productions dégagent des poussières et des gaz contenant un taux considérable de métaux traces mélangés avec la vapeur d'eau montante . La vapeur d'eau concentrée en trace de métaux se refroidit et se condense dès son mélange avec les gouttes d'eau de pluie (retombé atmosphérique) .

II -6-3 Les oueds :

Les oueds constituent des collecteurs de tous les polluants produits par les activités humaines. Ils transportent généralement des effluents domestiques en majorité des composés organiques et des produits chimiques .

Le déversement des oueds charrie les matières en suspension ou dissoutes d'origine détritiques qui peuvent être polluantes par leur teneur élevée en métaux lourds provenant des roches du bassins versant. Les oueds rejettent aussi les polluants d'origine industrielle engendrés par les complexes situés dans le voisinage, les engrais qui proviennent des activités agricoles du bassin versant forment aussi une sorte de pollution.

De ceci, la concentration des différents matériaux charriés à proximité des embouchures permet aux houles de transporter un grand débit aux zones limitrophes (précisément à l'intérieur et à l'extérieur proche du port) .

Il est bien noté que le taux de pollution causé par les oueds est très voisine de celle atteinte par les rejets (METAP,1993). Il est donc important de pouvoir identifier la relation existante entre la pollution directe (rejets en mer des eaux usées) et la pollution indirecte (rejets véhiculés par les oueds) (METAP,1993).

Les différentes études montrent que la qualité d'eau est suivie systématiquement en fonction du débit de la rivière.

En effet, l'estimation du débit moyen est irrégulière du fait des fluctuations qui sont fonction des saisons et selon l'importance de la condensation lors de l'année.

Tableau N° 6 : Rejets des oueds dans les zones d'études (METAP,1993)

RIVIERES (OUEDS)	Débit moyen (m ³ /s)	POLLUTION REJETEE (T/ AN)			
		DBO ₅	DCO	NTK	P-TOTAL
Chellif (Mostaganem)	33.70	12755	41448	5313	2100
Sybouse (Annaba)	63.70	1607	51828	6026	342
Kebir ouest (Annaba)	28.2	3557	15118	444	148

Tableau N°7 : Résultats des analyses des eaux aux sources du pollution (METAP,1993)

Localité	Type	Date de prélèvement	salinité	MES mg/l	MO (%)	MO (mg/l)	µg/g					
							Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr
Mostaganem	Oued Chellif	22/10/1993	0.08	2335	99.3	2319		880	14	1600	4400	3500
Annaba	Oued sybbo us	30/10/1993	1.8	49	93.6	45.9		4	< 0.05	8	< 20	30

Tableau N°8 : Taux de pollution rejeté dans le récepteur (Kg/j) port de Mostaganem (R.E.E. ALGERIE ; 1999).

	ACTUELLE	PROCHAINE
POLLUTION DOMESTIQUE (Cu,Zn,Pb,Cr,Cd)	21	24
POLLUTION INDUSTRIELLE (Cu,Zn,Pb,Cr,Cd)	8	9

Tableau N° 9 : Teneurs en métaux lourds ($\mu\text{g/g}$) dans les sédiments du port de Mostaganem (R.E.E. ALGERIE ; 1999)

Hg	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd
3.2	65	200	250	250	3

Tableau N °10 :Taux d'envasement dans le port Mostaganem, (envasement par les sédiments) (REE, ALGERIE ;1999)

Surface (m^2)	volume (m^3)	Nature du sédiment
470.000	500.000	Sable et vase (pollution industrielle)

Ces sources permettent d'évaluer l'état de contamination ; cependant l'identification des relations qui existent entre les paramètres physico-chimiques, la matière organique, les carbonates et les éléments métalliques et leur distribution en fonction de la nature du fond reste vraiment très compliquée, mais elle peut se baser sur des critères qui sont généralement liés à :

- 1) l'action des houles et les courants
- 2) les conditions du vent et toutes les données hydrodynamique proche de la baie et des ports
- 3) le degré du calme à l'intérieur du port
- 4) la qualité de l'eau à l'intérieur du port
- 5) les apports terrigènes
- 6) le déversement illicite de déchets dangereux à l'intérieur et à l'extérieur du port ou au niveau des baies
- 7) le rejet accidentel de produits toxiques
- 8) l'activité à l'intérieur du port

II-7 Choix et localisation des stations étudiées :

Les stations de prélèvement des sédiments réalisées par la campagne océanographique au mois de Novembre 1999 dans le port de Mostaganem et au mois d'Octobre 1999 dans le port d'Annaba (à bord du navire océanographique, Mohamed Sedik Ben Yahia) sont rapportées sur les deux figures (14 et 15).ept stations ont été sélectionnées pour chaque port en tenant compte de la localisation, de la profondeur et de l'activité que subit chaque bassin de ces deux ports (port d'Annaba et port de Mostaganem).

II-8 Choix de la matrice sédimentaire :

Les sédiments jouent le rôle de réservoir pour de nombreux polluants qui subissent des transformations physico-chimiques dues au milieu (eau de mer) et à la flore bactérienne (sédimentaire). La qualité des sédiments est donc un reflet de qualité du milieu marin (Aubert et Al,1982). Les sédiments superficiels sont prélevés des fonds marins. Ils sont conservés jusqu'à leur analyse dans des sachets en plastique.

Figure n°12 :

Les points de rejets dans
le port de mostaganem
(ISMAL,2000)

Echelle : 1/5000

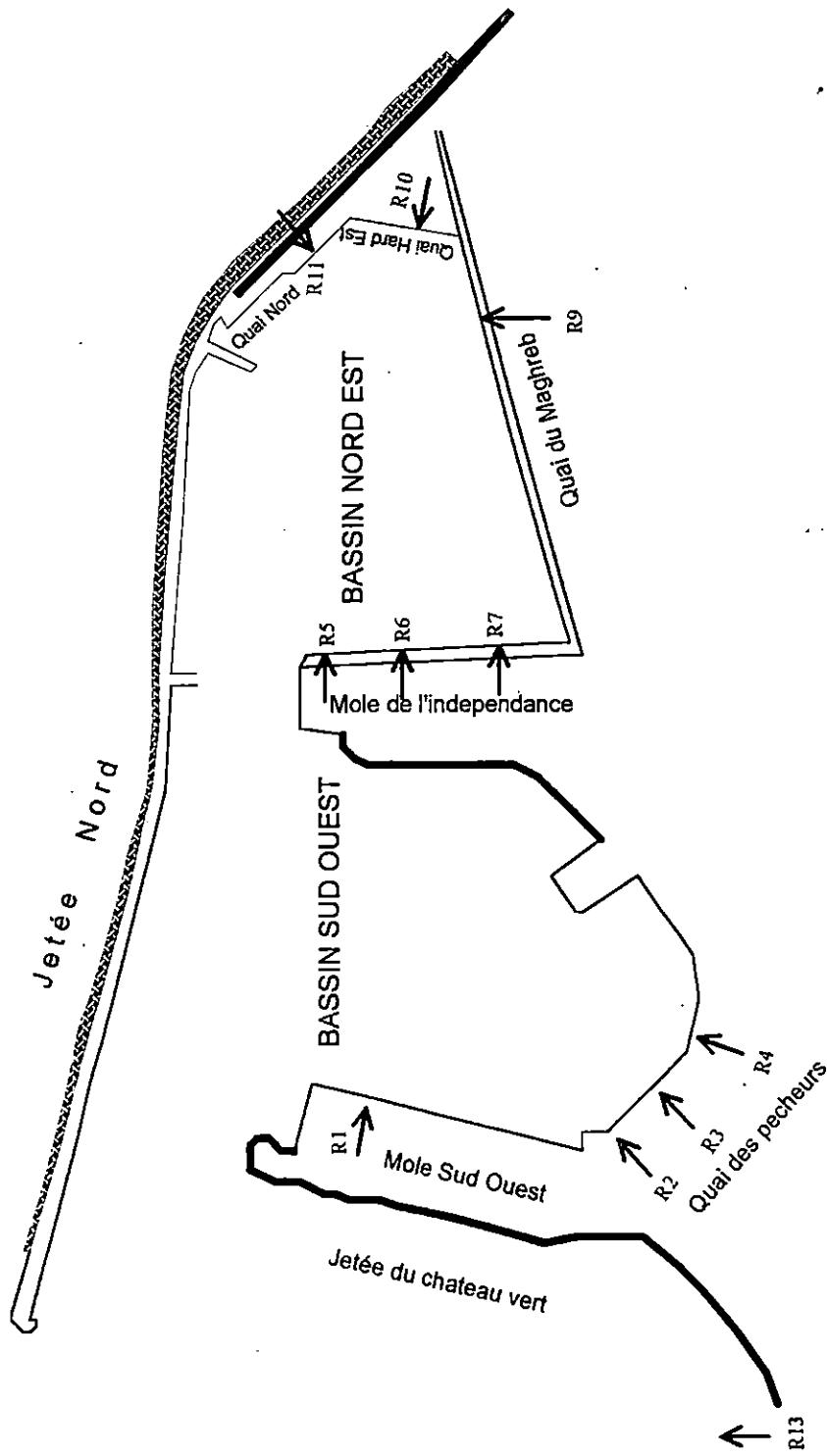


Fig n° 13 :

les points de rejets dans
le port d'Annaba
(ISMAL, 2000)

Echelle : 1/5000

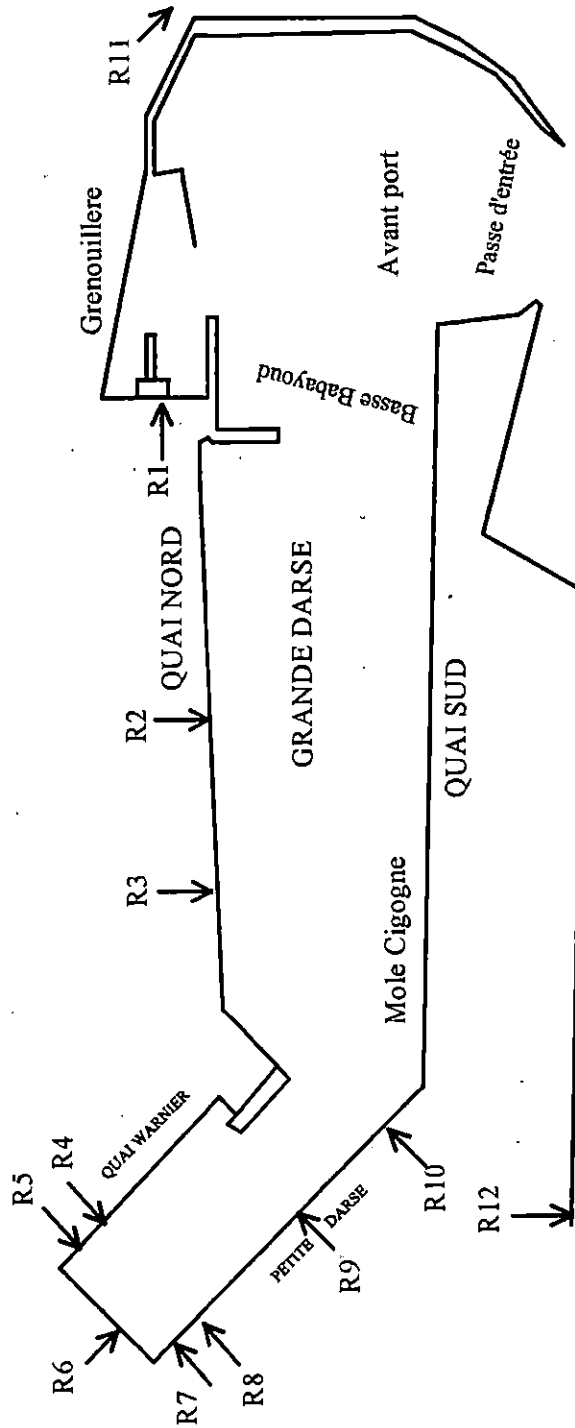


Figure n°14 :

Carte des stations
de prélèvements dans
le port de Mostaganem
(ISMAL, 2000)

Echelle : 1/5000

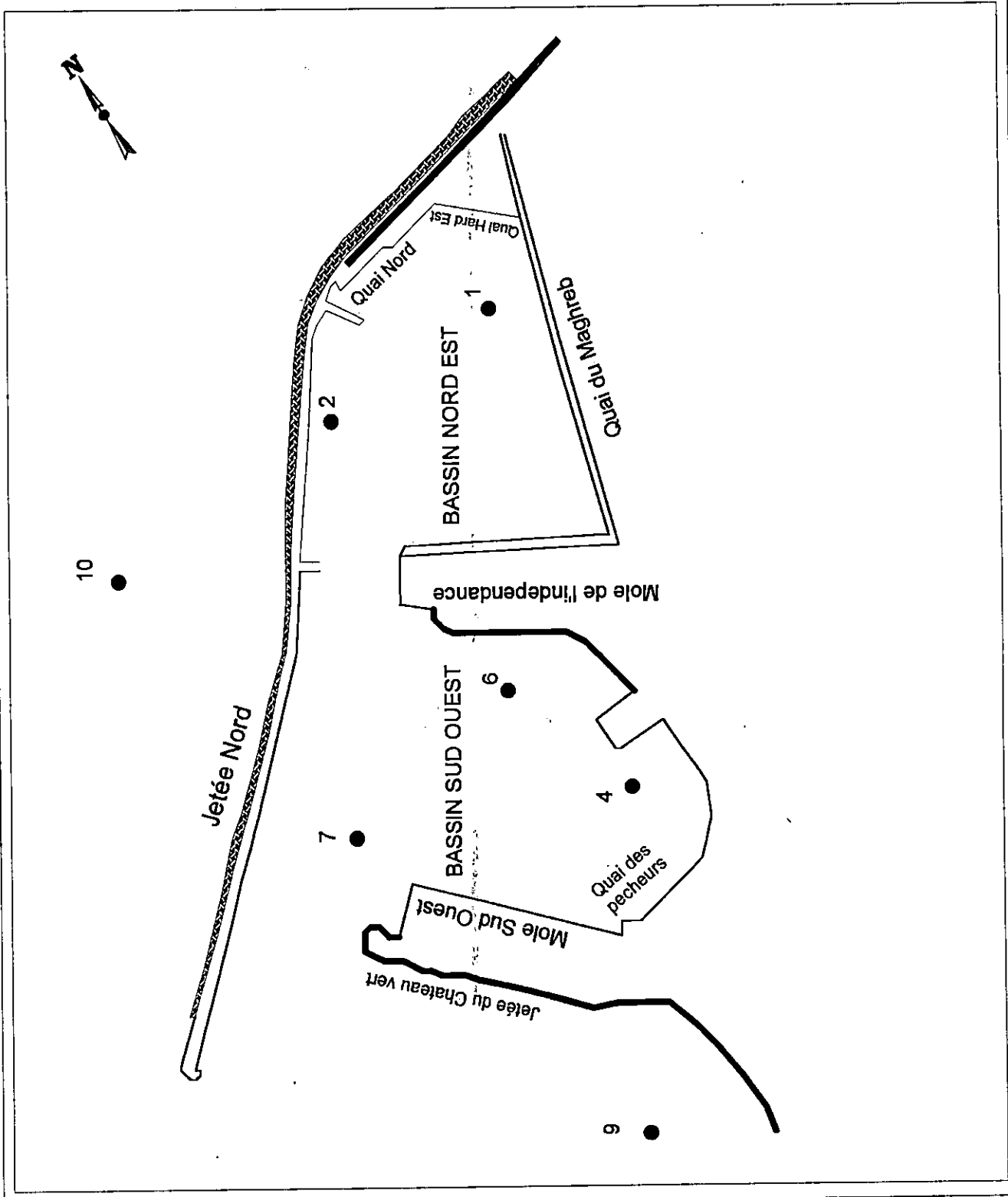
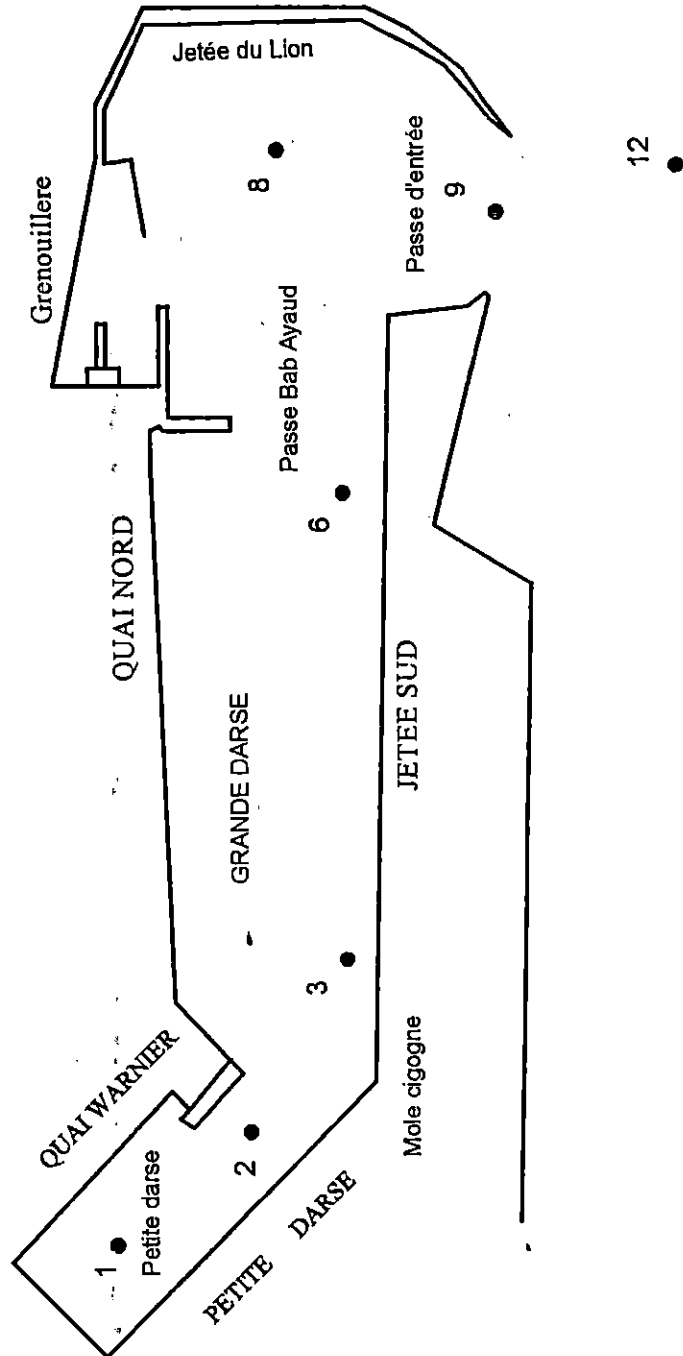


Fig n° 15 :

Carte des stations de prélèvements
dans le port d'Annaba
(ISMAL, 2000)

Echelle : 1/5000



CHAPITRE III



MATERIEL

ET

METHODE

III Matériels et Méthodes

III-1 Nettoyage du matériel utilisé :

Afin d'éviter tout risque de contamination, le matériel subit les opérations suivantes :

- Lavage aux détergent commerciaux,
- Rinçage à l'eau du robinet,
- Rinçage à l'eau distillée,
- Trempage dans un bain d'acide nitrique à 10% pendant une semaine,
- Rinçage à l'eau distillée,
- Séchage à l'étuve à 70°C.

III-2 Les paramètres physico-chimiques :

L'eau de mer est prélevée à l'aide d'une bouteille de type «van-dorm» pour la mesure des paramètres physico-chimiques.

III-2-1 Mesure de la température :

La température est mesurée à l'aide d'un oxymètre de type « wtw oxi 92 » avec une précision de ($\pm 0,1C^{\circ}$)

III-2-2 Mesure de salinité :

La salinité est mesurée à l'aide d'un salinomètre de type « kent m.c.s » avec une précision de ± 0.003 (PSU)

III-2-3 Mesure de l'oxygène dissout (O₂) :

L'oxygène dissout est mesuré à l'aide d'un oxymètre de type « wtw oxi 92 » avec une précision de ± 0.5 mg/l

III-2-4 Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) :

Le potentiel d'hydrogène est mesuré par la méthode électrochimique au moyen d'un pH-mètre de type « m.a.5730 » avec une précision de ± 0.001 .

III-3 Prélèvement des sédiments

Le prélèvement du sédiment est effectué à l'aide d'une benne de type « van-veen ». Elle peut prélever la couche superficielle sur une surface de 0.1m². La benne est lancée à partir du navire, elle est conçue de telle manière que sa fermeture soit automatiquement rapide au contact du fond. Une fois remontée en surface, on ouvre les clapets situés sur sa partie supérieure.

Les sédiments prélevés sont directement mis dans des sachets en plastique préalablement conditionnés; ils sont ensuite transportés au laboratoire dans une glacière, les échantillons sont conservés dans un congélateur à -18°C afin d'éviter toutes pertes ou modification chimique du sédiment, en attendant son traitement.

III-4 Travaux au laboratoire :

III-4-1 Les métaux lourds :

Pour l'analyse des éléments métalliques, le sédiment subit le traitement suivant :

III-4-1-1 Conservation :

Les sédiments sont mis dans des boîtes de pétri en verre, pesés et conservés à une température basse pour empêcher toute sorte de contamination

III-4-1-2 Lyophilisation :

La lyophilisation est une technique permettant la déshydratation de l'échantillon congelé par sublimation à basse température (-40°C) et sous vide (10^{-1}mbar) pendant 48 heures. Après la lyophilisation, les sédiments sont pesés et le poids sec(P.S.) est noté.

III-4-1-3 Broyage et tamisage :

Les sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine, puis tamisés dans un tamis en Nylon de $63\ \mu\text{m}$ d'ouverture de maille afin de recevoir la fraction fine. Cette dernière servira au dosage des métaux lourds. Elle est stockée dans des piluliers en verre.

III-4-1-4 Homogénéisation :

Afin d'uniformiser la répartition des particules sédimentaires au sein de l'échantillon, la matrice sédimentaire est homogénéisée à l'aide d'un agitateur électrique de type « Heidolph ».

III-4-1-5 La minéralisation :

Les polluants métalliques sont minéralisés en solution pour faciliter le dosage par absorption atomique. La minéralisation est une opération d'extraction des métaux lourds adsorbés à la surface des particules sédimentaires. Pour sa réalisation nous disposons d'une bombe à Téflon composée de deux plaques en acier inoxydable, neuf godets en Téflon et d'écrous en acier.

La méthode utilisée comporte les étapes suivantes :

- peser 0.5g de sédiment sec dans chaque godet
- ajouter 5ml d'acide nitrique pur(HNO_3)
- mettre la bombe à Téflon dans une étuve à 70°C pendant une nuit.

Pour chaque série, on réserve un godet pour témoin blanc à raison de 5ml de HNO_3 pur et un godet pour l'échantillon d'intercalibration (SDM2/TM).

Chaque minéralisation est précédée d'une minéralisation à blanc pour décontaminer les godets en Téflon avec 3ml de (HNO_3) pendant 24 heures.

III-4-1-6 La dilution

Après refroidissement de la bombe à Téflon, les échantillons minéralisés dans les godets sont transvasés dans des fioles de 100ml, ajustés avec de l'eau distillée, ces fioles sont ensuite stockées dans un réfrigérateur en attendant le dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique.

III-4-2 Détermination du taux des carbonates :

L'évaluation du taux des carbonates contenus dans les sédiments est réalisée par l'attaque à l'acide chlorhydrique à 30%

Le mode opératoire est le suivant :

- Décongélation du sédiment
- Séchage des échantillons à l'étuve (105°C) pendant 24 heures pour obtenir le poids sec (P_1) du sédiment brut.
- Attaque des échantillons à l'acide chlorhydrique (HCl) à 30% jusqu'à disparition total de toute effervescence.
- Rinçage de l'échantillon décarbonaté à l'eau distillée puis séchage à l'étuve pendant 24 heures à 105°C, l'échantillon décarbonaté ainsi séché donne le poids (P_2).
- La différence de poids entre P_1 et P_2 représente le poids du CaCO_3 . Ce dernier est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3(\%) = (P_1 - P_2) / P_1 \times 100$$

III-4-3 Détermination du taux de la matière organique

La méthode utilisée pour déterminer le taux de la matière organique est la méthode de la perte au feu. Elle consiste à sécher les échantillons dans une étuve à 105°C pendant 24 heures, puis à les incinérer dans un four à mouffles à 600°C pendant deux heures, afin de brûler toute la matière organique (pour notre étude nous avons utilisé le sédiment lyophilisé).

Le pourcentage de la matière organique est calculé selon la formule suivante :

$$\text{M.O} (\%) = (P_1 - P_2) / P_1 \times 100$$

P_1 : poids sec de l'échantillon

P_2 : poids de l'échantillon après incinération

$P_1 - P_2$: poids de la matière organique brûlée.

III-4-4 Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique :

III-4-4-1 Définition :

la spectrophotométrie est une méthode d'analyse des éléments en traces, de part sa haute précision et sa très grande sensibilité c'est la méthode la plus couramment utilisée.

La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) permet la détermination de la concentration d'une substance après absorption d'une radiation caractéristique de l'élément recherché (pour nos analyses nous avons utilisé un SAA, de type Perkin Elmer 2380 à double faisceau).

III-4-4-2 Principe de la SAA

Soit un rayon monochromatique d'intensité (I_0) de longueur d'onde (λ) émit par une source de radiation (lampe).

Soit une solution (X) contenant un élément (Y) se trouvant sur le chemin optique de (I_0), (Y) va absorber spécifiquement une partie du rayonnement émis. Cette absorption est en fonction de l'élément (Y), de sa concentration et de l'épaisseur de tranche (e).

Après passage du faisceau lumineux primaire (I_0), il en résulte une diminution de l'intensité du faisceau incident (I_0) qui devient (I), la différence entre les deux faisceaux est enregistrée par un photomultiplicateur.

La loi régissant cette absorption est la loi de (Beer Lambert) :

$$I = I_0 e^{-k e c}$$

$$\text{Log } I_0/I = k e c = \text{DO} = \text{Abs}$$

I_0 : rayon émis

I : rayon transmis

K : coefficient d'absorption atomique

e : épaisseur de la tranche

c : concentration de l'élément (Y)

DO : densité optique

Abs : absorbance

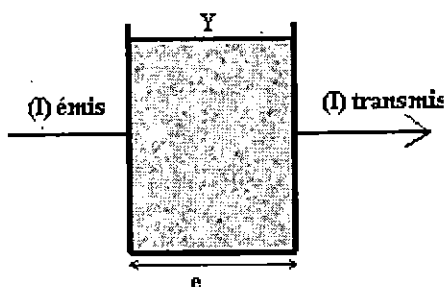


Figure N° 16 : Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique dans le domaine visible.

III-4-4-3 Equipement d'un SAA :

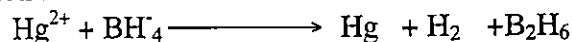
Les concentrations des métaux étudiés sont déterminées suivant trois méthodes différentes :

III-4-4-3-1 Vapeurs froides (hydrures) :

Cette technique est utilisée pour la détermination de la teneur en traces du mercure(Hg) par le système(MHS10) (mercurey hydrure système) (figure 17).

Principe :

C'est la réduction chimique du mercure (Hg) sous forme d'hydrures à l'aide d'une solution réductrice de borohydrate de sodium (NaBH_4) préparée à partir de 3 g de (NaBH_4) et 1g de (NaOH) selon la réaction :



Mode opératoire :

Dans le flacon en polyéthylène contenant l'échantillon, on amène le (NaBH_4) à l'aide d'un gaz vecteur (Argon) sous une pression égale à 2,8 bar. L'hydrogène libéré réduit les ions métalliques en hydrures volatiles dans une cellule en quartz à partir de laquelle l'absorption de métal est mesurée.

III-4-4-3-2 Flamme air - acétylène :

C'est une technique conçue pour les métaux essentiels aux concentrations importantes (Cu, Zn, Mn...etc). Pour l'atomisation la SAA à flamme est munie d'un brûleur précédé d'une chambre de mélange et d'un nébuliseur (figure 18).

Principe :

Le principe consiste à exposer la surface de l'échantillon au nébuliseur sous l'action d'un gaz. Celui ci produit un aérosol qui va être dissocié en atomes par la flamme qui absorbe la lumière émise sous forme de radiation de chaque élément constituant la lampe.

III-4-4-3-3 Four à graphite :

C'est un tube en graphite à revêtement pyrolitique interne, il est utilisé pour les éléments métalliques à concentrations relativement faibles (Cd, Pb...etc). Dans notre cas, le plomb trouvé dans le port d'Annaba est analysé par la flamme air- acétylène à cause de sa forte concentration. Par contre au niveau du port de Mostaganem le plomb est analysé par le four à graphite. Le modèle de four utilisé pour l'analyse est du type « HGA500 » de Perkin Elmer (figure 19).

Principe :

Le principe repose sur la volatilisation des échantillons par atomisation dans le four suivant trois cycles de montée de température.

Mode opératoire :

10 μ l de chaque échantillon sont injectés automatiquement dans le four. Après écoulement du temps de montée de température programmé, l'absorption relative est enregistrée.

Composition de spectrophotométrie d'Absorption atomique
Type : Perkin – Elmer Modèle : 2380

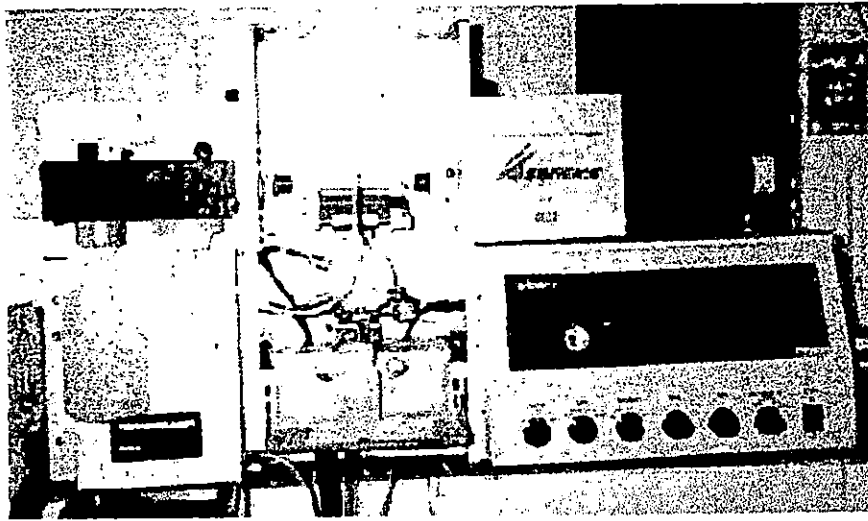


Figure n° 17 : Méthode des vapeurs froides Système MHS 10 (Mercury Hydruur Système)

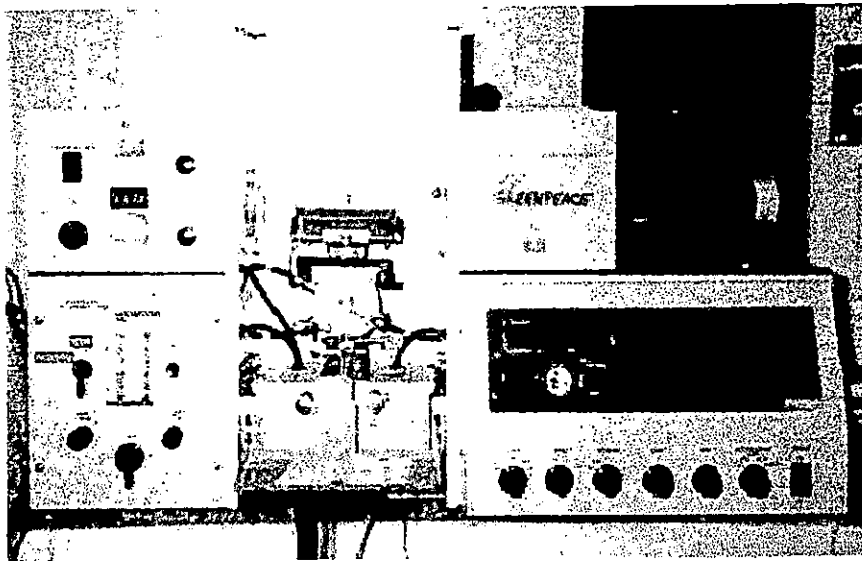


Figure n° 18 : Flamme Air – Acétylène de Perkin Elmer

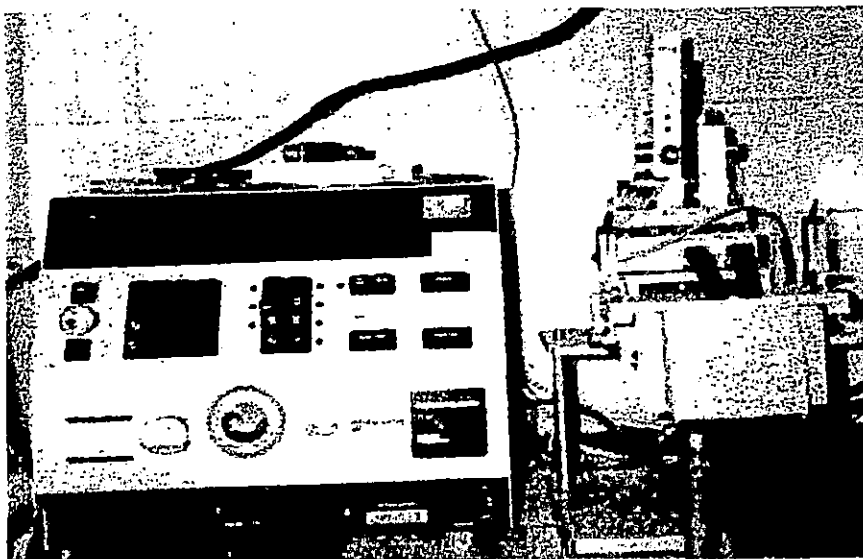


Figure n° 19 : Four à graphite Modèle HGA 500 de Perkin Elmer

III-4-4-4 Etalonnage de l'appareil :

L'appareil utilisé est étalonné à partir de solutions standard, préparées au moment de l'analyse pour chaque élément à partir d'une solution mère à 1g/l.

Les concentrations relatives sont proches de celles des échantillons à analyser, les plus concentrées sont dilués plusieurs fois.

Tableau N°11 : Conditions spectrophotométriques et électrothermiques des métaux étudiés

		Eléments					
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
Longueur d'onde (nm)		253,7	283,3	228,8	324,8	213,9	279,5
Largeur de la fente (nm)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2
Intensité (ma) (HCL)		19	08	06	15	15	15
Séchage	Vitesse de montée (°c/s)	-	20	20	-	-	-
	Température (°c)	-	110	110	-	-	-
	Temps (s)	-	40	40	-	-	-
Mise en cendres	Vitesse de montée (°c/s)	-	20	20	-	-	-
	Température (°c) 1 ^{er} phase	-	400	350	-	-	-
	Temps (s)	-	20	30	-	-	-
	Vitesse de montée (°c/s)	-	15	15	-	-	-
	Température (°c) 2 ^{ème} phase	-	560	460	-	-	-
	Temps (s)	-	45	40	-	-	-
Atomisation	Vitesse de montée (°c/s)	-	1	0	-	-	-
	Température (°c)	-	2400	2200	-	-	-
	Temps (s)	-	5	6	-	-	-
Types d'atomisation		VF	FG	FG	FAA	FAA	FAA
VF : vapeurs froides FG : four à graphite		FAA : flamme air- acétylène HCL : lampe à cathode creuse					

Tableau N°12 : Concentrations des standards en métaux analysés (µg/ml)

Eléments Standards	Hg	Cd	Pb		Cu	Mn	Zn
			Annaba	Mostaganem			
S1	2	2	500	20	100	1000	300
S2	4	4	1000	40	200	2000	600
S3	6	6	1500	60	300	3000	900

A chaque élément correspond une droite d'étalonnage, tracée à partir de l'équation suivante :

$$Y = ax + b$$

Y : absorbance de métal ,
 a : pente de la droite,
 b : ordonné à l'origine,
 x : concentration du métal.

III-4-4-5 Mode de calculs :

La concentration de chaque métal est déterminée par la méthode de régression linéaire à partir d'une calculatrice programmable qui donne la pente (a), le coefficient de corrélation (R^2) et l'ordonnée à l'origine (b). Connaissant la densité optique du métal par ce programme on calcule la concentration de l'échantillon.

Ainsi, la concentration finale du métal dans le sédiment est déterminée par le calcul suivant :

$$[C]_{finale} (\mu g / g \cdot Ps) = \frac{C_{ech} (\mu g / ml) - C_{blanc} (\mu g / ml)}{P(g)} \times V(ml)$$

[C]_{finale} : concentration finale du métal dans le sédiment exprimée en (µg/g.Ps), (Ps : poids sec).

[C]_{ech} : concentration de l'échantillon exprimée en (µg/ml).

V : volume de la solution de l'échantillon (100ml).

P : poids du sédiment traité (environ 0,5g).

III-4-4-6 Exercice d'intercalibration :

Dans chaque série d'échantillon, des exercices d'intercalibration sont réalisés sur un échantillon d'intercalibration codé (SDM2/TM) pour confirmer la fiabilité de la méthode d'analyse.

Tableau N°13 : Exercice d'intercalibration sur l'échantillon standards (SDM2/TM)

Eléments	Valeurs de l'AIEA		Valeurs trouvées		Pourcentage de variation($\Delta\%$)	
	Intervalle de confiance	Moyenne	Port de Annaba	Port de Mostaganem	Port de Annaba	Port de Mostaganem
Hg ($\mu\text{g/g}$)	0,046-0,064	0,054	0,06	0,061	11,11%	12,96%
Pb ($\mu\text{g/g}$)	20,10-25,60	22,80	48,77	13,89	113,9%	-39,07%
Cd ($\mu\text{g/g}$)	0,143-0,47	0,225	0,07	0,120	-68,88%	-46,66%
Cu ($\mu\text{g/g}$)	31,70-34,20	32,70	34,19	29,17	4,55%	-10,79%
Zn ($\mu\text{g/g}$)	72,00-78,30	74,80	72,93	71,15	-2,5%	-4,87%
Mn ($\mu\text{g/g}$)	1,10-1,19	1,17	0,673	0,602	-42,47%	-48,54%

III-4-4-6-1 Discussion :

Les exercices d'intercalibration sont également appliqués dans le but d'expliquer les contaminations et les pertes qui se produisent lors des analyses et au cours des étapes de traitement. Les résultats obtenus montrent que dans le cas du port d'Annaba la teneur en mercure, en cuivre et en zinc est comprise dans l'intervalle de confiance, cependant une perte est enregistrée dans le cas du manganèse et du cadmium traduisant la volatilisation de ces métaux durant la conservation des échantillons.

Par ailleurs, une contamination est signalée pour le plomb dû aux conditions de travail. Par contre

Au niveau du port de Mostaganem, on remarque des pertes pour le plomb, le cadmium, le cuivre, le zinc et le manganèse, alors que le mercure est compris dans l'intervalle de confiance.

Le pourcentage de variation est calculé selon l'expression suivante :

$$\Delta\% = (V_t - V_r) / V_r \times 100$$

$\Delta\%$: pourcentage de variation

V_t : valeur trouvée

V_r : valeur réelle

III-4-4-6-2 Coefficient de correction :

A chaque série d'analyse, le pourcentage de variation($\Delta\%$) calculé nous permet de corriger si besoin est nos valeurs (Asso,1982).

- Si $\Delta\% \leq 10$: aucune correction n'est apportée.
- Si $\Delta\% > 10$: la correction suivante est à effectuer :

$$\text{Valeur corrigée} = \frac{V_t}{\left(1 \pm \frac{\Delta}{100}\right)}$$

V_t : valeur trouvée.

Δ : variation.

CHAPITRE IV

DISCUSSIONS

ET

INTERPRETATION

DES
RESULTATS

INTRODUCTION

Les résultats obtenus rentrent dans le cadre de l'étude faite lors de la campagne océanographique du mois d'octobre (1999) pour le port d'Annaba et du mois de novembre (1999) pour le port de Mostaganem.

Cette campagne porte sur des analyses et des recherches sur l'environnement du département de molysmologie (laboratoire de pollution et de chimie marine) de l'unité de recherche de l'institut de sciences des mers et de l'aménagement du littoral (ISMAL)

Les résultats relatifs aux différentes teneurs des métaux traces, carbonates, matières-organiques ou paramètres physico-chimique ne peuvent être utilisés sans l'avis préalable du responsable du projet.

IV-1 Paramètres physico-chimiques :

IV-1-1 Port de Mostaganem

IV-1-1-1 La Température :

Les valeurs de la température varient entre 20.0°C et 21.4°C en surface avec une moyenne de 20.6°C et un écart-type de 0.51. Par contre, en profondeur elles sont de 19.8°C à 20.5°C avec une moyenne de 20.0°C et un écart - type de 0.2°C.

La valeur la plus élevée est observée à la station (1) devant le quai harde Est à 7m de profondeur au point de rencontre de (03) rejets d'eau usées à l'intérieure du port.

La faible valeur est observée au niveau de la station (2) près de la jetée Nord (avant le quai Nord) où existe (02) rejets d'eau usées près de la passe d'accès au bassin Nord-Est à 8m de profondeur.

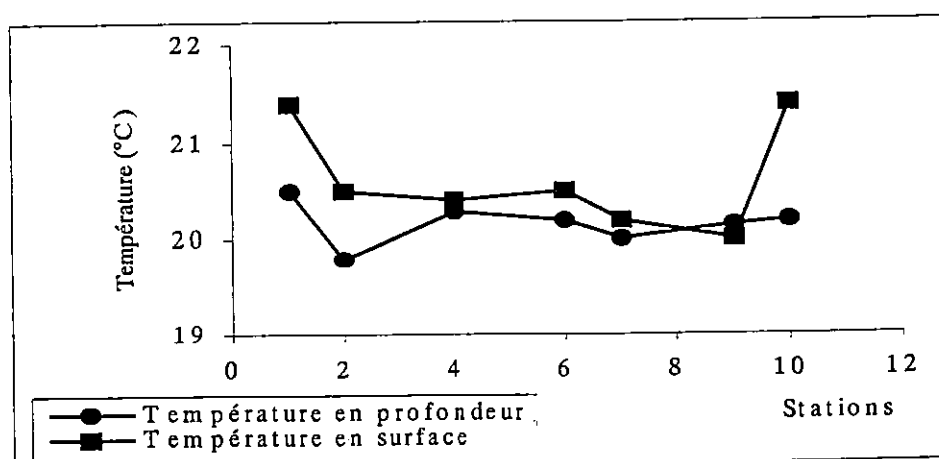


Figure n°20 : Représentation graphique de la températures dans le port de Mostaganem.

IV-1-1-2 La salinité :

Les valeurs de salinité sont comprises dans l'intervalle [35.6-36.6] PSU en surface, avec une moyenne de 35.9PSU et un écart - type de 1.04.

En profondeur l'intervalle est de [35.5-36.6] PSU avec une moyenne de 35.98 PSU et un écart - type de 0.4. La valeur minimale est enregistrée près de la station (04) à 8m de profondeur près du quai des pêcheurs où existe (03) rejets d'eau usées domestiques.

La valeur maximale est signalée à la station (09) à 14m de profondeur à la sortie du port près de la jetée du château vert. On note l'existence d'un rejet d'eaux usées près de la station.

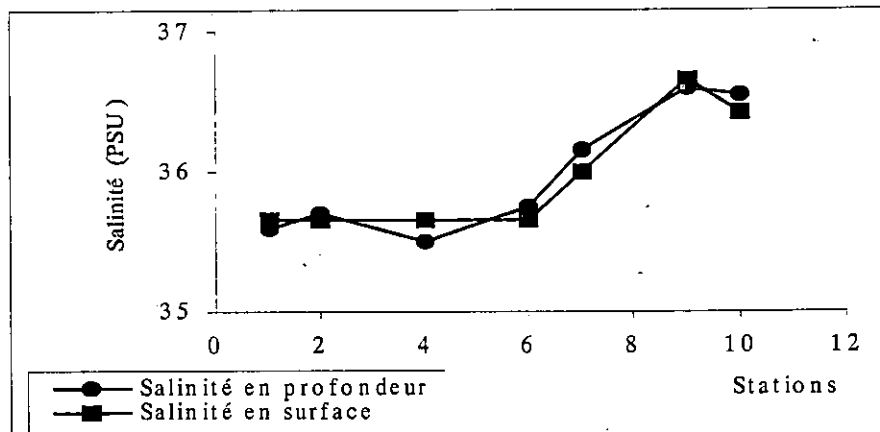


Figure n° 21 : Représentation graphique de la salinité dans le port de Mostaganem

IV-1-1-3 L'Oxygène dissous :

Les valeurs de l'O₂ sont dans l'intervalle [6.6-8.3] mg/l avec une moyenne de 7.4mg/l et un écart - type de 0.5 en surface. Par contre en profondeur les valeurs sont comprises entre [5.5-8.2] mg/l avec une moyenne de 7.1 mg/l et un écart - type de 0.8.

La teneur la plus élevée est enregistrée à la station (10) à l'extérieur du port à 17m de profondeur. La teneur minimale est enregistrée dans la station (01) à l'intérieur du port (Quai harde), est à 7m de profondeur où existe (03) rejets d'eaux usées.

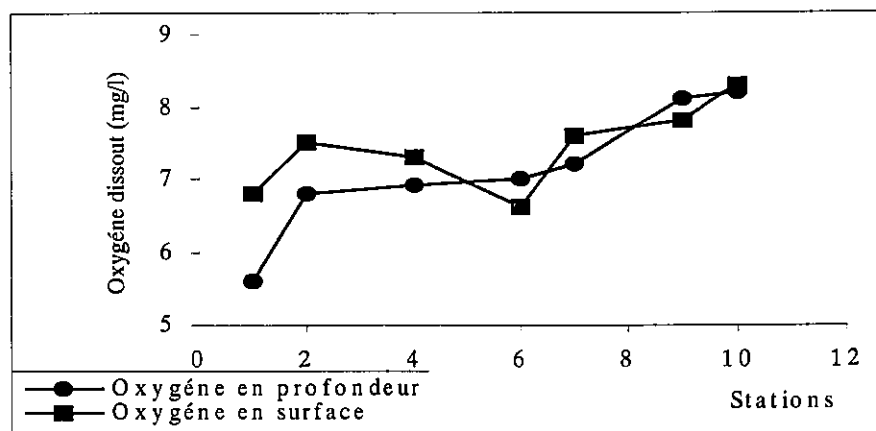


Figure n° 22 : Représentation graphique de l'oxygène dissous dans le port de Mostaganem.

IV-1-1-4 Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

En surface les valeurs du (pH) sont comprises entre 6.0 et 8.1 avec une moyenne de 7.3 et un écart - type de 0.6. En profondeur elles sont comprises entre 6.0 et 8.1 avec une moyenne de 0.6. La valeur la plus élevée est constatée au niveau de la station (09) au sud de la jetée château vert où existe un rejet d'eau usée. La valeur minimale est observée au niveau de la station (04) près du quai des pêcheurs où on note l'existence de (03) rejets d'eaux usées domestique.

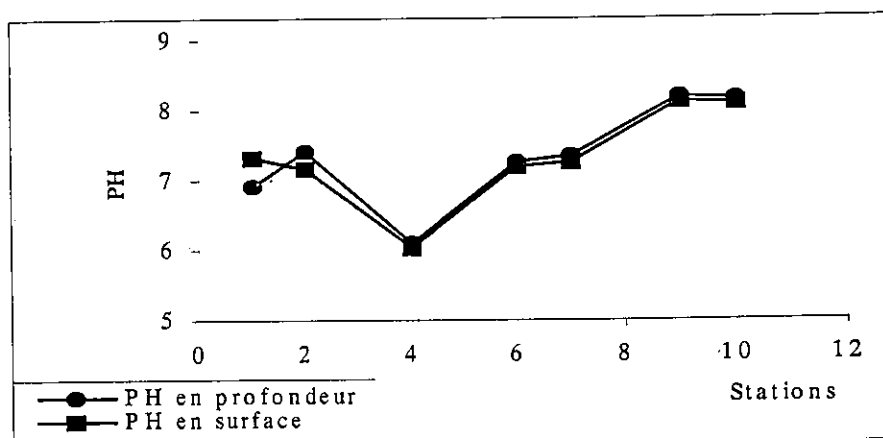


Figure n° 23 : Représentation graphique du pH dans le port de Mostaganem.

Le tableau suivant résume les résultats des paramètres physico-chimiques.

Tableau N°14 : Résumé des données des paramètres physico-chimiques du port de Mostaganem.

Port de Mostaganem	Température		Salinité		Oxygène dissout (O ₂)		pH	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surfae	Fond
Minimum	20	19.80	35.65	35.50	6.60	5.60	6.02	6.09
Maximum	21.40	20.50	36.65	36.60	8.30	8.20	8.12	8.18
Moyenne	20.62	20.17	36.95	35.98	7.41	7.11	7.31	7.33
Ecart-Type	0.51	0.20	1.07	0.42	0.54	0.81	0.66	0.67

IV-1-2 Le port d'Annaba

IV-1-2-1 La température :

Les valeurs de la température varient de 23.2°C à 27.7°C en surface avec une moyenne de 23.3°C et un écart-type de 1.4. Par contre en profondeur, les valeurs sont de 22.8°C à 26.8°C, avec une moyenne de 24.4°C et un écart-type de 1.4.

La valeur la plus élevée est observée à la station (2) à l'entrée de la petite darse (passe cigogne) à 8m de profondeur, cette station est entre deux rejets d'eau usée et son point est à l'intérieur du port.

La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station (1) où existe (05) rejets d'eau usée à l'intérieur de la petite darse à 8m de profondeur ; de même cette faible valeur a été constatée à 19m de profondeur de la station (12) qui se situe à l'extérieur du port (au large de la passe d'entrée).

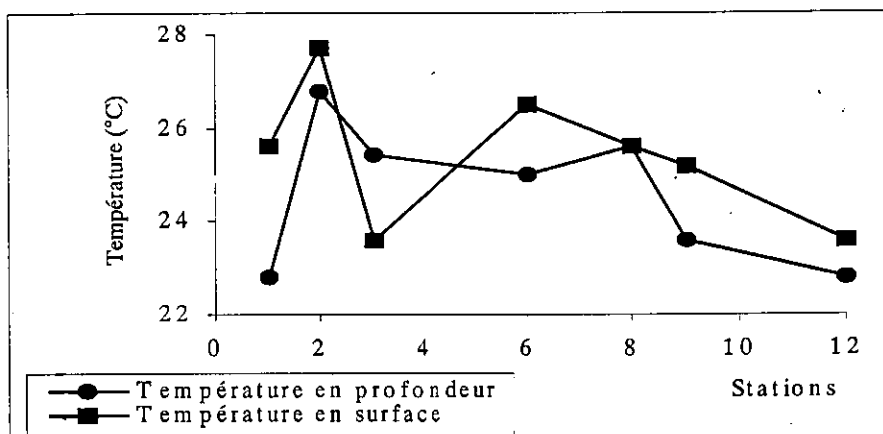


Figure n° 24: Représentation graphique de la température dans le port d'Annaba.

IV-1-2-2 La salinité :

Les valeurs de la salinité sont comprises dans l'intervalle [34.8-36.3] PSU en surface, avec une moyenne de 35.5PSU et un écart-type de 0.6.

En profondeur l'intervalle est de [34-36.4] PSU, une moyenne de 35.5 PSU et un écart-type de 0.8.

La valeur maximale est signalée au niveau de la station (12) à 19m de profondeur et la salinité minimale est observée au niveau de la station (1) à 8m de profondeur à l'intérieur de la petite darse.

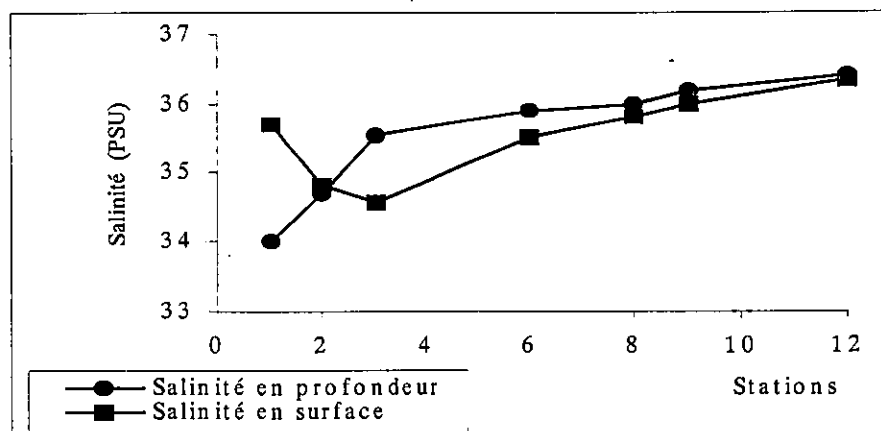


Figure n° 25 Représentation graphique de la salinité dans le port d'Annaba

IV-1-2-3 L'Oxygène dissous:

Les valeurs de l'O₂ sont assez variables par rapport aux autres paramètres, elles sont comprises dans l'intervalle [4.5-7.8] mg/l avec une moyenne de 6.0 mg/l et un écart-type de 1.1 en surface.

En profondeur l'intervalle est de [4-7.9] mg/l avec une moyenne de 6.2 mg/l et un écart-type de 1.4.

La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (12) à l'extérieur de la passe d'entrée à 19m de profondeur. La valeur minimale est observée au niveau de la station (3) à la fin de la grande darse et à l'entrée de la petite darse à 8m de profondeur où on note l'existence du déversement d'un rejet d'eau usée.

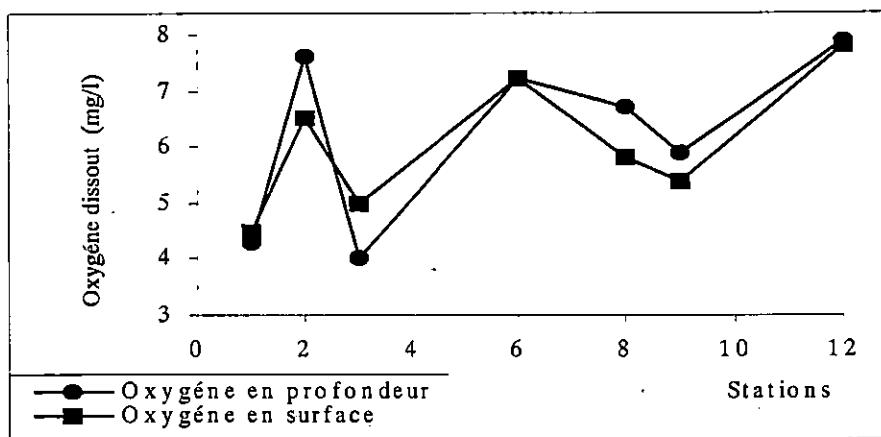


Figure n°26 : Représentation graphique de l'oxygène dissout dans le port d'Annaba.

IV-1-2-4 Le potentiel d'hydrogène :

Les valeurs de pH sont comprises entre 7.2 et 7.6 en surface avec une moyenne de 7.4 et un écart-type de 0.12. Celles en profondeur sont entre 6.9 et 7.7 avec une moyenne de 7.5 et un écart-type de 0.2.

La valeur la plus élevée est constatée au niveau de la station (12) à 19m de profondeur à l'extérieur du port. Par contre la valeur la plus faible est observée au niveau de la station (1) à 8m de profondeur dans la petite darse où se déverse (05) rejets d'eaux usées domes.

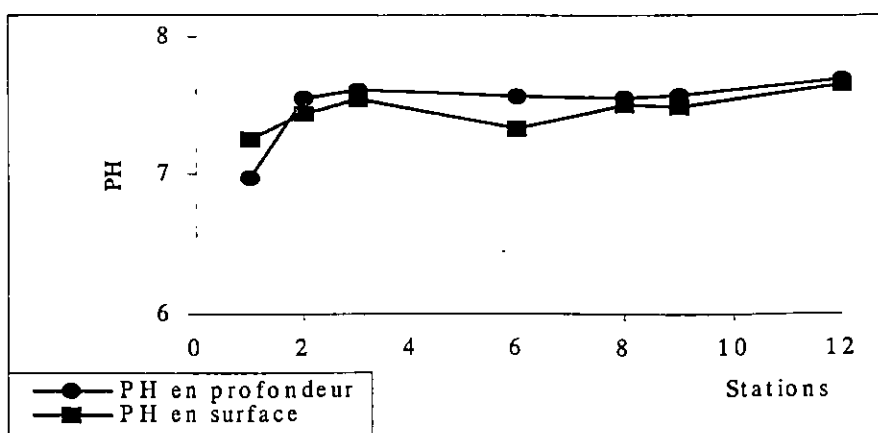


Figure n°27 : Représentation graphique du pH dans le port d'Annaba.

Le tableau suivant résume les résultats des paramètres physico-chimiques dans le port d'Annaba :

Tableau N°15 : Résumé des données des paramètres physico-chimique dans le port d'Annaba

Port d'Annaba	Température		Salinité		Oxygène dissout (O ₂)		PH	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Minimum	23.20	22.8	34.80	34.00	4.25	4.00	7.25	6.97
Maximum	27.70	26.80	36.65	36.40	6.80	7.90	7.62	7.70
Moyenne	25.34	24.57	35.52	35.53	6.02	6.22	7.45	7.50
Ecart-Type	1.45	1.42	0.62	0.81	1.10	1.45	0.12	0.22

IV-2 Les carbonates :

Les carbonates ont été déterminées aux (07) stations au niveau de chaque port. Leur dosage a été effectué par la méthode classique (sédiment soumis à l'attaque par l'acide chlorhydrique jusqu'à disparition de toute effervescence. Les stations ont été choisies de manière à représenter l'ensemble des deux ports.

IV-2-1 Le port de Mostaganem :

Les valeurs des carbonates dans le port de Mostaganem sont comprises entre 25.3% et 45.2 %, avec une moyenne de 35.8 % et un écart-type de 8.2. La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (1) près du quai Nord-Est ; par contre la plus petite valeur est observée au niveau de la station (10) à l'extérieur du port derrière la jetée Nord. La figure n°28 résume les pourcentages des carbonates dans l'ensemble du port.

Tableau N°16 : Résumé des valeurs des carbonates dans le port de Mostaganem

Port de Mostaganem	Ca CO ₃ (%)	pH	Nature du fond
Minimum	25.3	6.9	Vase
Maximum	45.2	8.1	Sable fin
Moyenne	35.8	-	
Ecart - Type	8.2	-	

IV-2-2 Le port d'Annaba :

Les valeurs des carbonates dans le port d'Annaba varient entre 31.9% et 42.4% avec une moyenne de 34.2% et un écart-type de 3.4. La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (2) à l'entrée de la petite darse, tandis que la plus petite valeur est observée à l'extérieur de la petite darse au niveau de la station (1).

La figure n°29 résume les pourcentages des carbonates dans l'ensemble du port.

Tableau N°17 : Résumé des valeurs des carbonates dans le port d'Annaba

Port d'Annaba	Ca CO ₃ (%)	pH	Nature du fond
Minimum	31.9	6.9	Vase
Maximum	42.4	7.5	vase
Moyenne	35.2	-	
Ecart - Type	3.4	-	

Conclusion

L'analyse des carbonates dans les deux ports suggèrent un échange entre l'extérieur et l'intérieur. Ce qui permet à une quantité importante de débris de coquis mélangées à d'autres fractions de pénétrer dans les bassins des deux ports .

IV-3 La Matière Organique (MO)

La matière organique à été analysée aux mêmes stations que les carbonates. Ceci pour une meilleure compréhension et pour une représentation globale des deux ports.

IV-3-1 Le port de Mostaganem

Dans le port de Mostaganem le taux de la matière organique varie entre 7.09% et 12.3% pour une moyenne de 8.5% et un écart-type de 4.7.

La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station (9) à 14m de profondeur où existe un rejet d'eau usée, alors que la valeur maximale est observée au niveau de la station (7) à 10m de profondeur.

La figure n°30 résume les pourcentages de la matière organique dans l'ensemble du port.

Tableau N°18 : Résumé des valeurs de la matière organique dans le port de Mostaganem

Port de Mostaganem	Matière organique(%)	Température(°c)	Oxygène dissous (mg/l)	Nature du fond
Minimum	7.0	20.1	8.1	Sable fin vaseux
Maximum	12.3	20.0	7.2	Vase
Moyenne	8.5			
Ecart - type	4.7			

IV-3-2 Le port d'Annaba :

Le taux de la matière organique dans le port d'Annaba varie entre 5.2% et 9.9% pour les sept stations choisies. La moyenne est de l'ordre de 7.6% et l'écart - type est de 4.1.

La plus petite valeur est enregistrée à la station (12) à l'intérieur du port à 19m de profondeur ; tandis que la valeur la plus élevée est observée à 8m de profondeur au niveau de la station (2) à l'entrée de la petite darse entre deux rejets d'eau usées .

La figure n°31 résume les pourcentages de la matière organique dans l'ensemble du port.

Tableau N°19 : Résumé des valeurs de la matière organique dans le port d'Annaba

Port d'Annaba	Matière organique(%)	Température(°c)	Oxygène dissous(mg/l)	Nature du fond
Minimum	5.2	22.8	7.9	Sable fin
Maximum	9.9	26.8	7.6	Vase
Moyenne	7.6			
Ecart - type	4.1			

Conclusion :

La matière organique provient généralement de la décomposition animale ou végétale ainsi que des rejets non épurés de toute la zone. Elle traduit une pollution qui touche directement les sédiments superficiels du fond. Cette pollution provoque des effets néfastes sur le milieu marin et les êtres vivants.

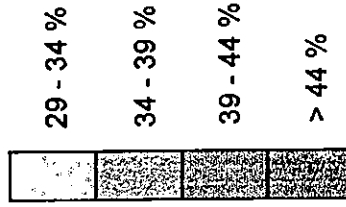
L'oxygène consommé par la matière organique provoque sa décomposition en CO₂, H₂O, PO₄⁻³..., mais lorsque l'oxygène diminue le potentiel d'oxydo réduction diminuera alors l'oxygène peut provenir d'abord des nitrates puis des sulfates, il y a donc dégagement de H₂S gaz nauséabond .

Figure n° 28 :

*Concentration en carbonates
dans les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



△ 25 %

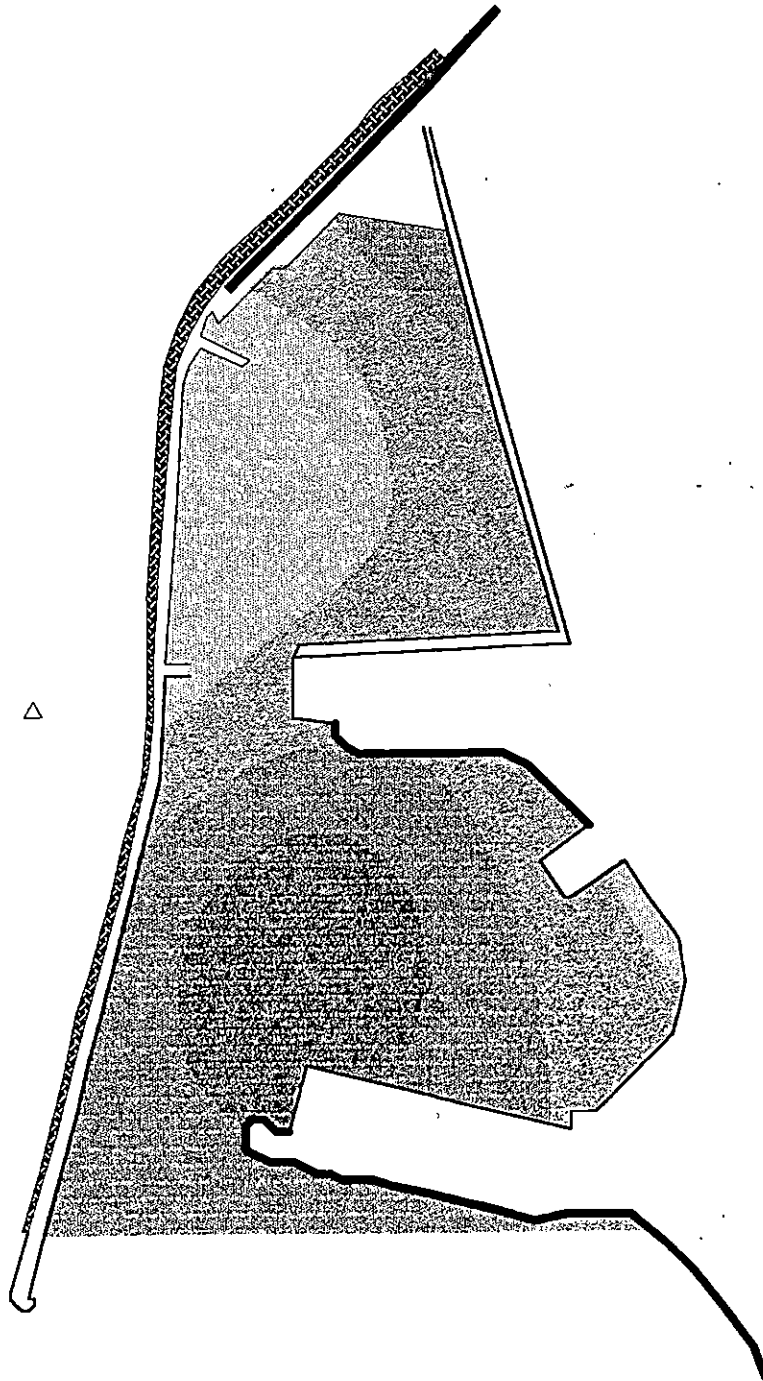
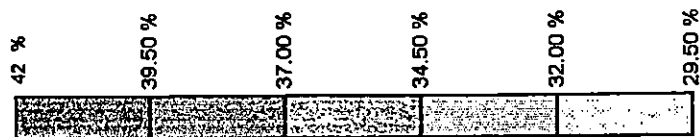


Figure n° 29 :

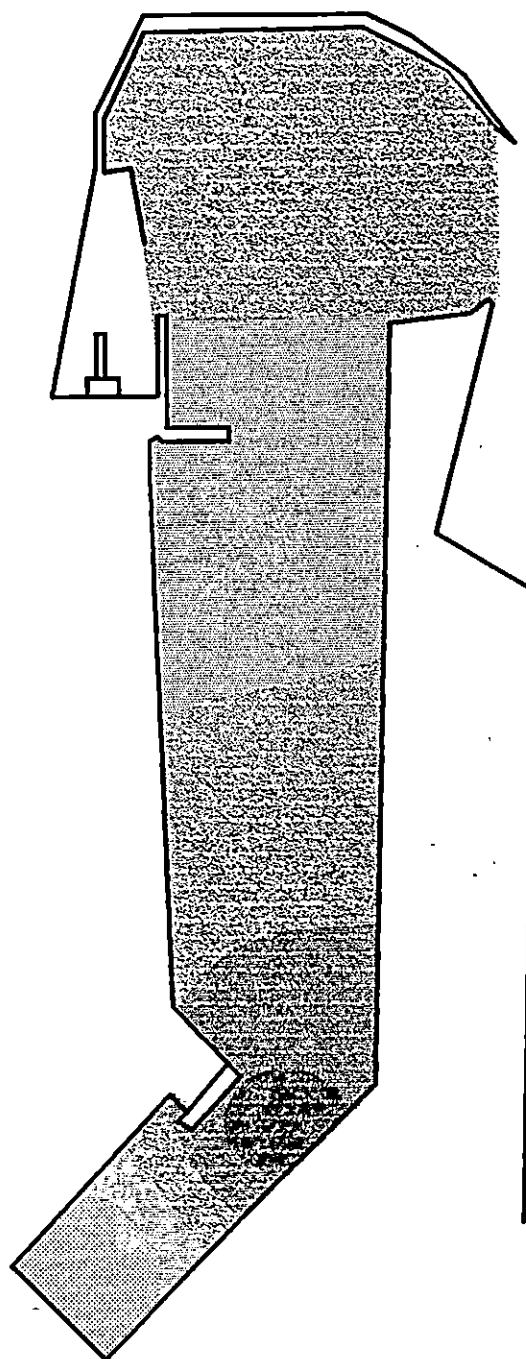
*Concentration en carbonates
dans les sédiments
superficiels du port
d'Annaba*

Echelle : 1/5000

Légendes :



△ 31 %



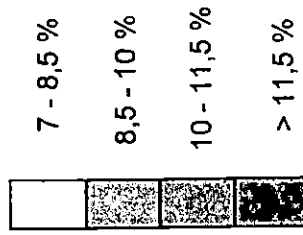
△

Figure n°30 :

*Concentration en matière
organique dans les sédiments
superficiels du port
de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



△ 7,33 %

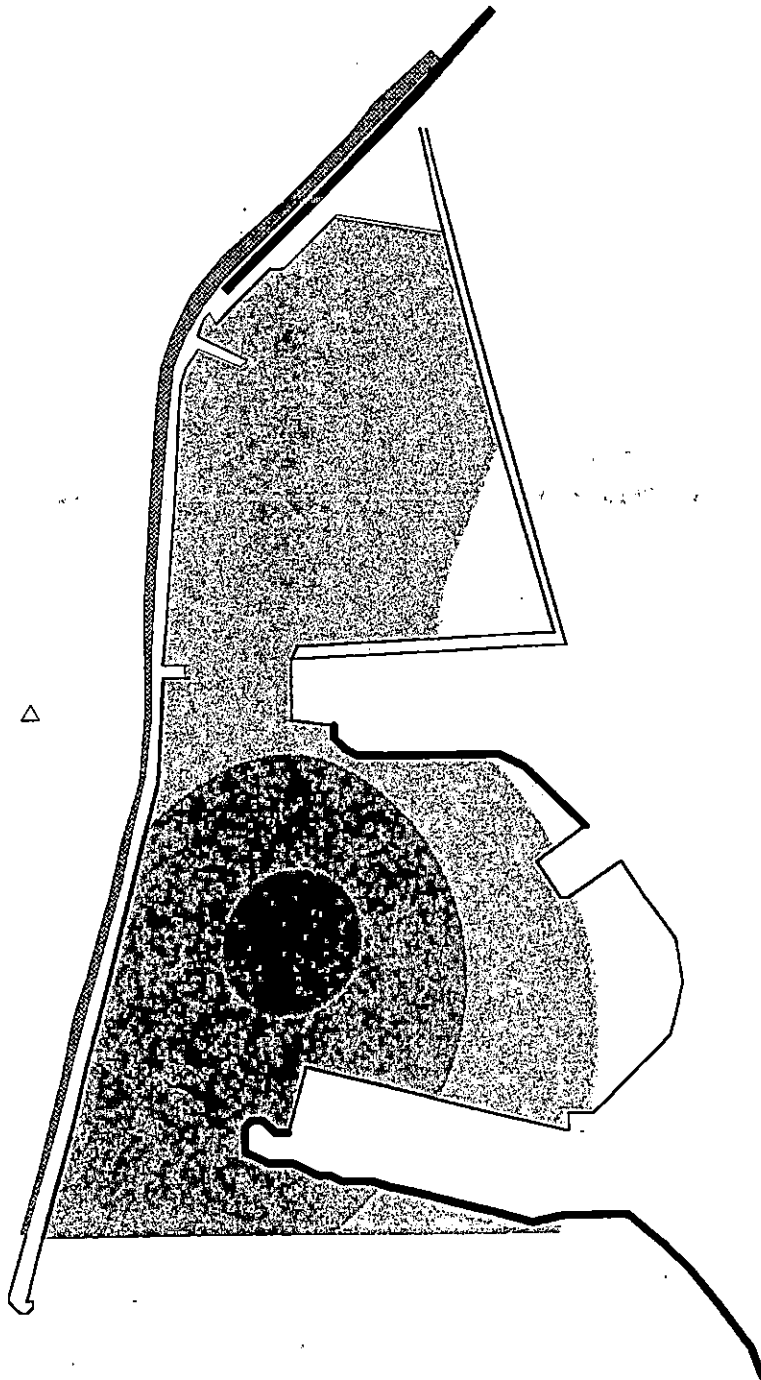
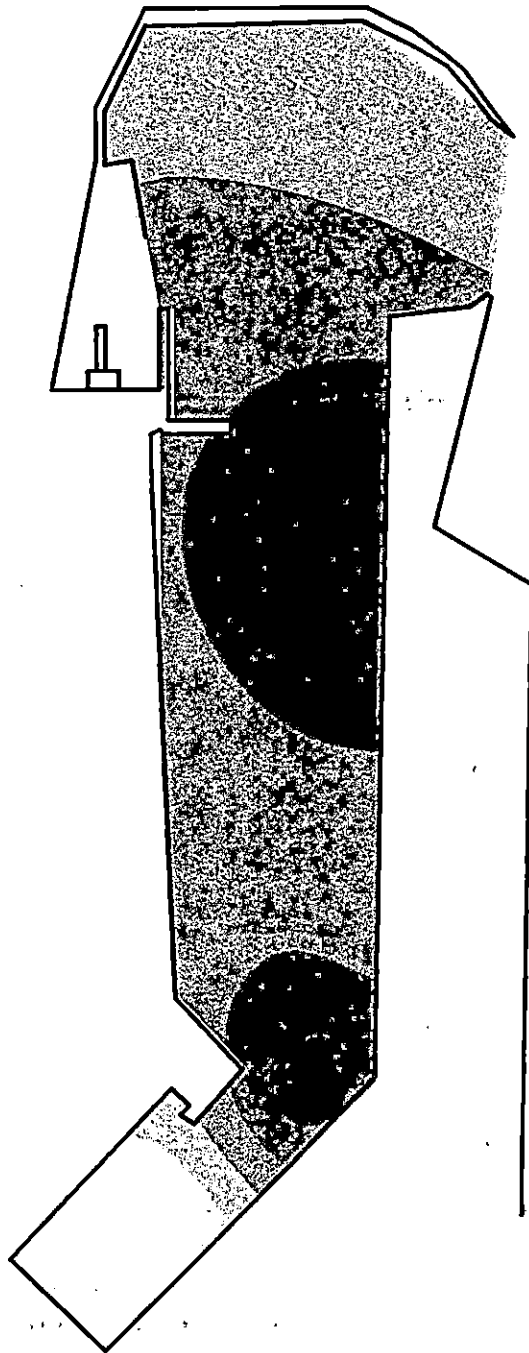
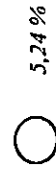
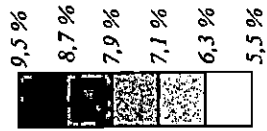


Fig n° 31 :

*Concentration en matière
organique dans les sédiments
superficiels du port d'Annaba*

Echelle : 1/5000

Légende :



IV-4 La répartition spatiale des métaux lourds :

IV-4-1 Le port de Mostaganem :

IV-4-1-1 Le cadmium :

La concentration du cadmium dans le port de Mostaganem est comprise entre 0.142 $\mu\text{g/g}$ et 0.36 $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 0.2 $\mu\text{g/g}$ et un écart - type de 0.06 .

La valeur la plus importante est signalée au niveau de la station (2) à 8m de profondeur près de la jetée Nord et en face de la passe d'accès du bassin Nord-Est où existe plusieurs rejets d'eau usées ; la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station (1) à 8m de profondeur dans le même bassin.

La répartition du cadmium dans le port de Mostaganem n'est pas uniforme car les concentrations ne sont pas réparties d'une manière uniforme de l'intérieur vers l'extérieur ou l'inverse ; mais elles varient dans les différentes stations du port (figure 32).

IV-4-1-2 Le cuivre :

La concentration du cuivre est comprise entre 18.13 $\mu\text{g/g}$ et 47.66 $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 37.83 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 8.56 .

La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station (6) à 8m de profondeur dans le bassin Nord-Est, tandis que la valeur minimale est signalée à la station (1) près du quai Nord - Est , cette station est située entre (03) bouches d'eaux usées. La répartition du cuivre dans l'ensemble du port n'est pas uniforme. La variation des concentrations est aléatoire sur les différentes stations (figure 33) .

IV-4-1-3 Le mercure :

La concentration en mercure trouvée dans le port de Mostaganem est dans l'intervalle de [0.507-5.837] $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 2.718 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 2.075 .La valeur la plus élevée est au niveau de la station (9) au sud de la jetée du château vert à 14m de profondeur où existe un seul rejet d'eaux usées; alors que la valeur minimale est enregistrée au niveau de la station (1) à 8m de profondeur près du quai Nord-Est avec l'existence de (03) bouches d'eau usée.

La concentration du mercure dans le port est plus élevée dans les stations du bassin sud-ouest et surtout à l'entrée du bassin. La même constatation est signalée au niveau de la station (10) à l'extérieur du port. Par contre plus on pénètre dans le bassin Nord-Est plus la concentration diminue (figure 34).

IV-4-1-4 Le manganèse :

La concentration en manganèse est comprise entre 169.73 $\mu\text{g/g}$ et 219.43 avec une moyenne de 195.08 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 18.61.

La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (10) à 17m de profondeur à l'extérieur du port; tandis que la valeur minimale est signalée au niveau de la station (2).

Les concentrations les plus importantes en manganèse sont enregistrées aux stations (1,9,10) dont les deux premières se situent à proximité des rejets d'eaux usées (figure 35).

IV-4-1-5 Le plomb :

La concentration en plomb est dans l'intervalle de [5.19-34.5] $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 17.37 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 10.37.

La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station (6) dans le bassin sud-ouest à 8m de profondeur, tandis que la valeur minimale est à la station (10) à l'extérieur du port

Les analyses effectuées montrent que les valeurs les plus importantes dans l'ensemble du port sont signalées dans le bassin sud-ouest au niveau du quai des pêcheurs ; alors que les valeurs minimales sont enregistrées au niveau de la passe d'entrée et à l'extérieur du port (figure 36).

IV-4-1-6 Le zinc :

La concentration en zinc est comprise entre 86.1 $\mu\text{g/g}$ et 142.96 $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 114.78 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 17.65.

La valeur la plus importante est signalée à la station (4) à 8m de profondeur où il y a (03) bouches d'eaux usées, alors que la valeur minimale est enregistrée à la station (10) à l'extérieur du port.

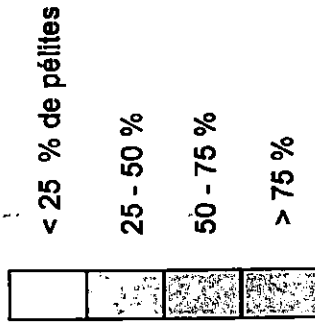
Sur l'ensemble du port les teneurs les plus élevées sont dans le bassin nord-est où se déversent (07) rejets d'eaux usées, par contre dans le bassin sud-ouest on enregistre les valeurs les moins importantes excepté à la station (4) près du quai des pêcheurs (figure 37).

Figure n°32 :

*Concentration en cadmium dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



Concentration du cadmium
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
0,60 µg/g

Normes algériennes
(3 µg/g)

0,181 µg/g

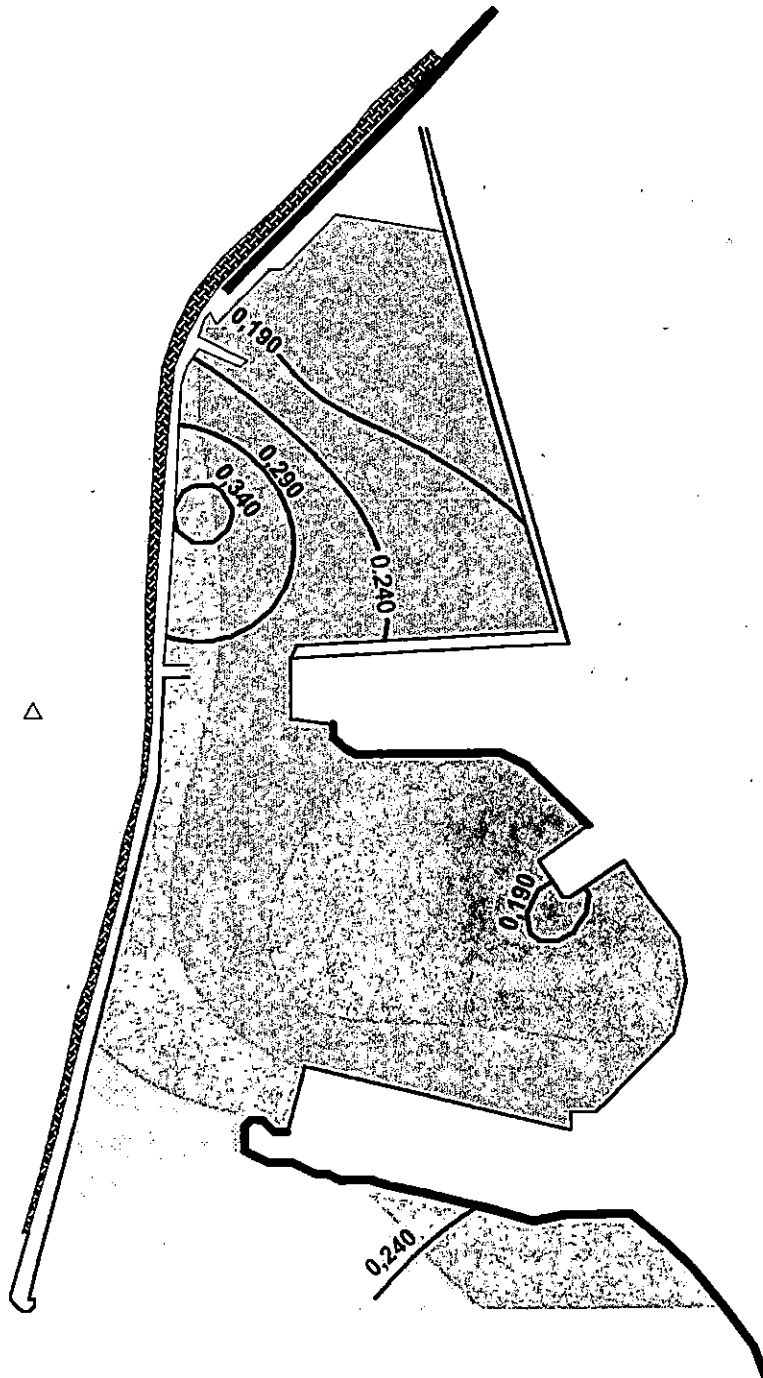
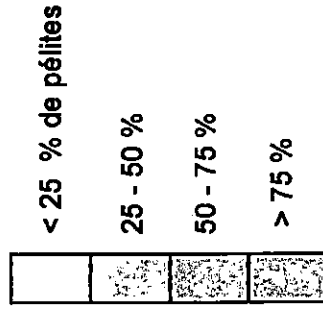


Figure n° 33 :

*Concentration en cuivre dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



Concentration du cuivre
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
26 µg/g

Normes algériennes
(150 µg/g)

△ 36,25 µg/g

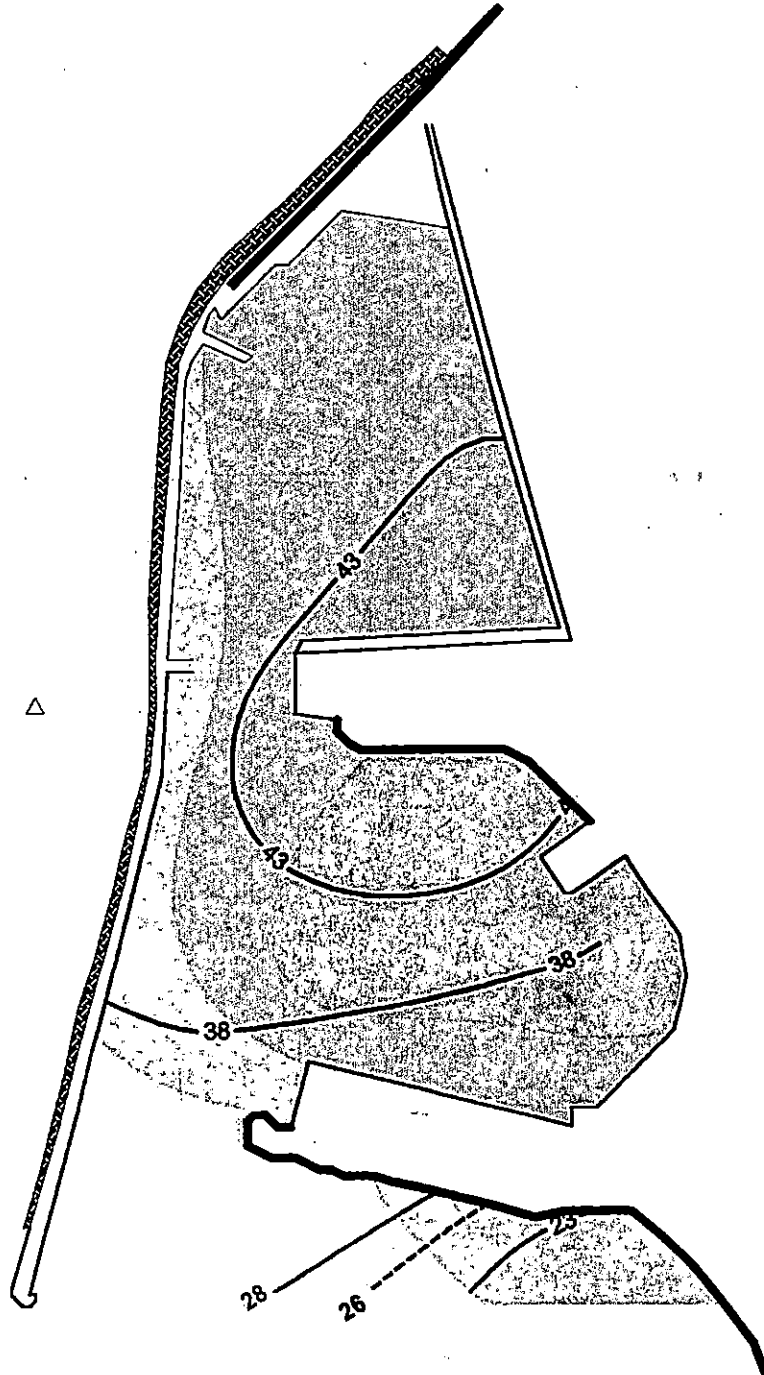
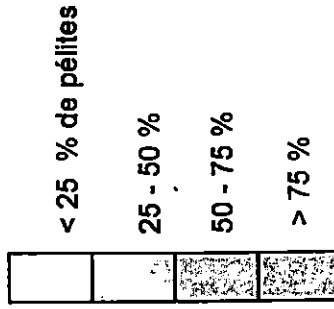


Figure n°34 :

*Concentration en mercure dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



— Concentration du cuivre
dans les sédiments
de surface (µg/g)

- - Normes françaises
0,20 µg/g

- - - Normes algériennes
(1,5 µg/g)

△ 2,766 µg/g

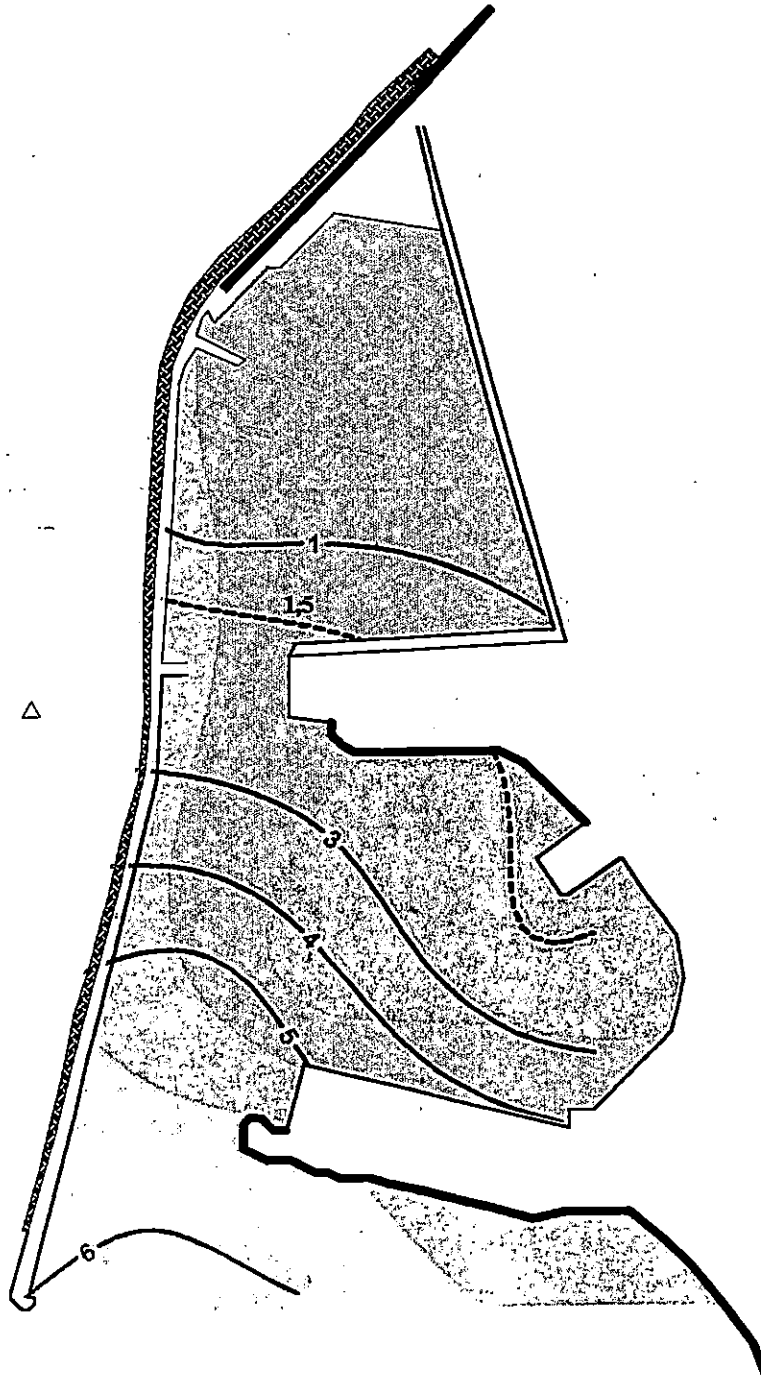
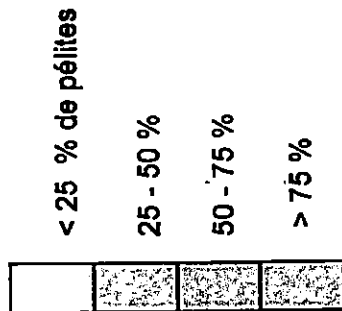


Figure n°35 :

*Concentration en manganèse dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



Concentration du manganèse
dans les sédiments
de surface (µg/g)

--- Normes françaises
400 µg/g

--- Normes algériennes
(3 µg/g)

△ 219.43 µg/g

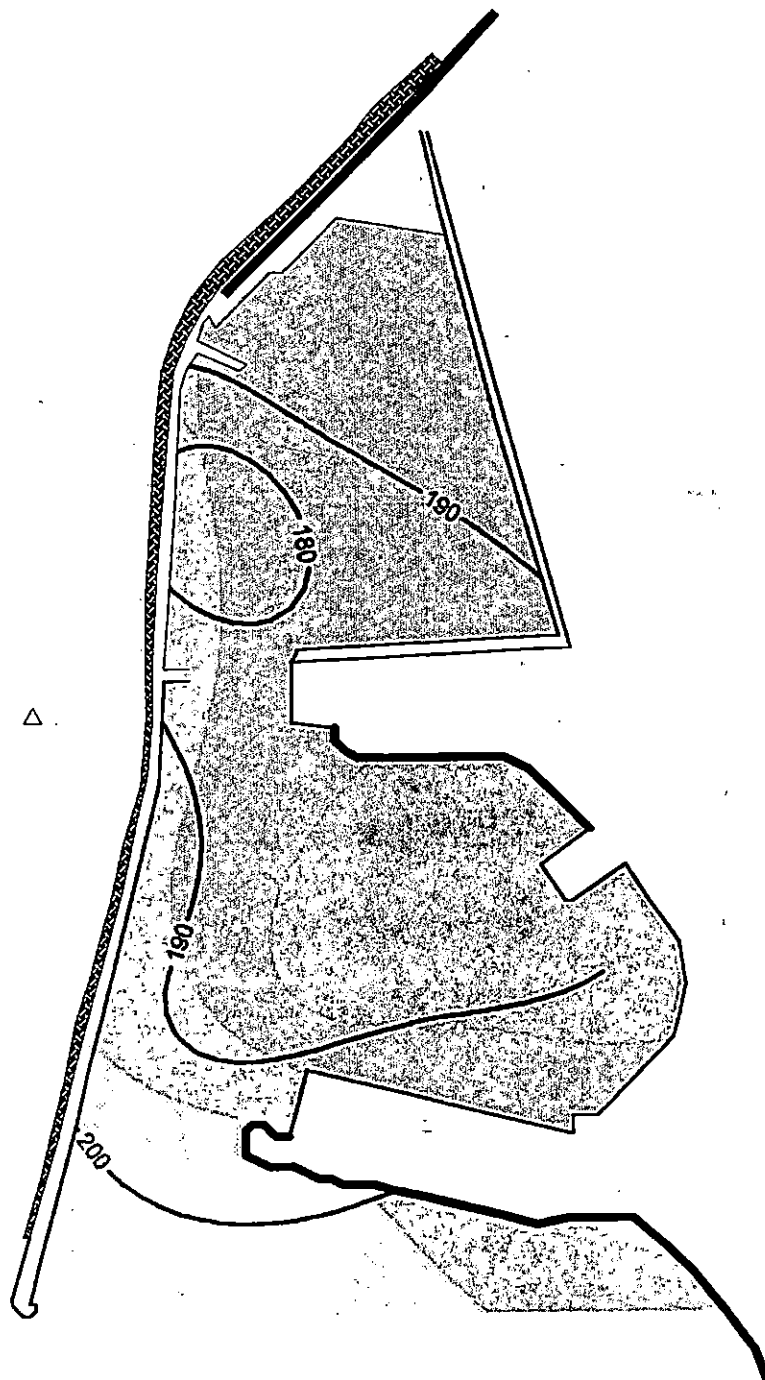
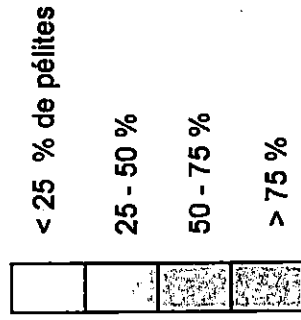


Figure n°36 :

*Concentration en plomb dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :



Concentration du plomb
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
22 µg/g

Normes algériennes
(250 µg/g)

5,91 µg/g

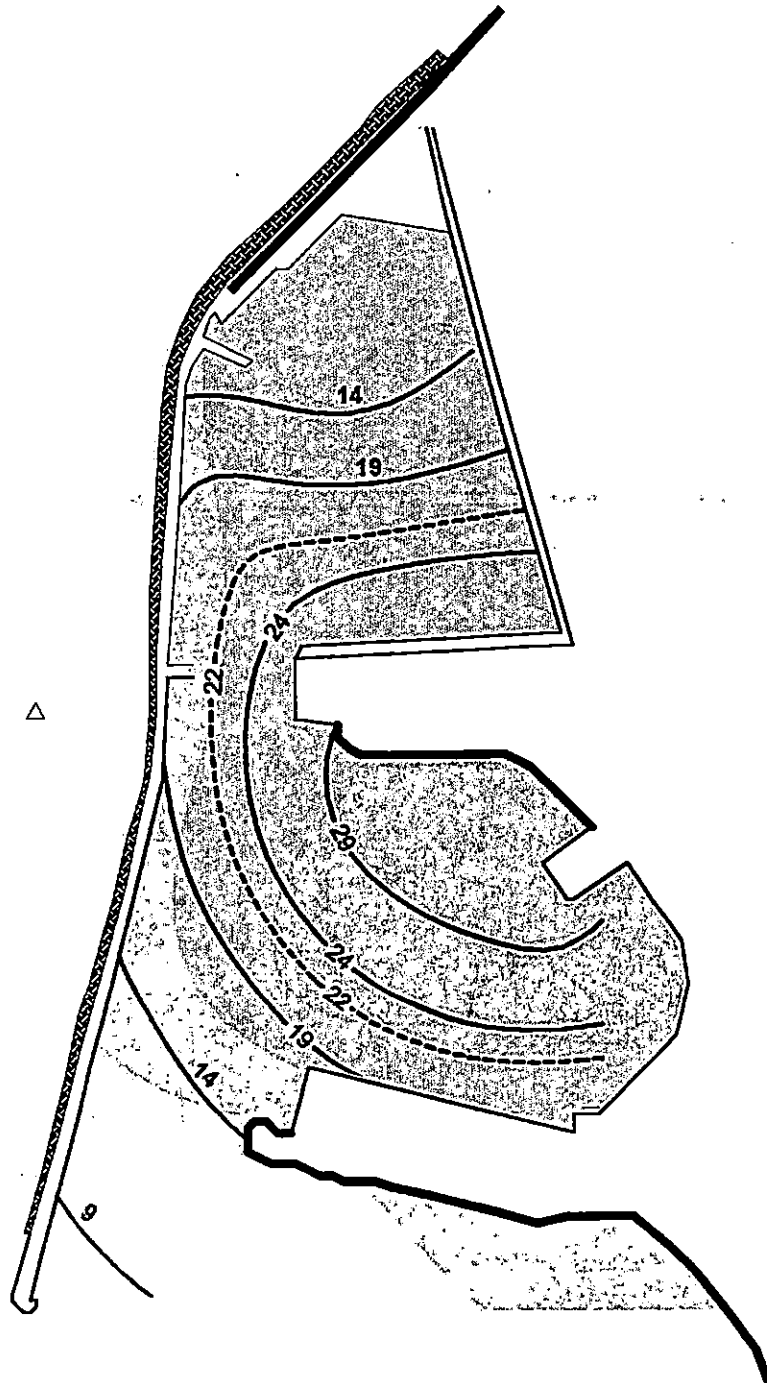
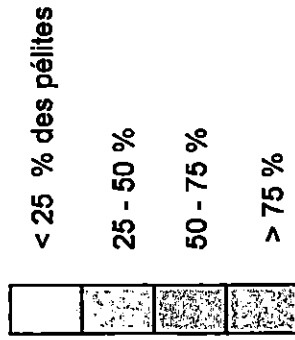


Figure n°37 :

*Concentration en zinc dans
les sédiments superficiels
du port de Mostaganem*

Echelle : 1/5000

Légendes :

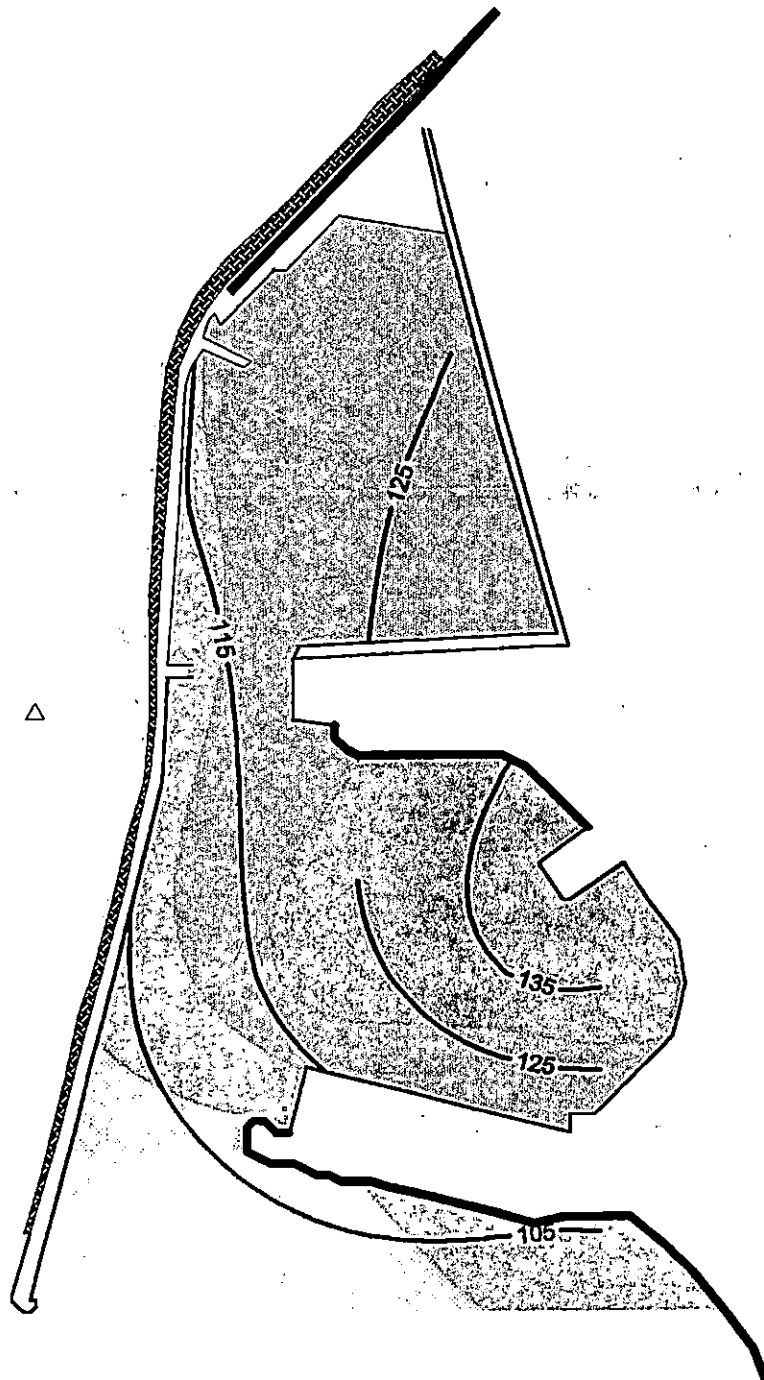


Concentration du zinc
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
88 µg/g

Normes algériennes
(500 µg/g)

86,10 µg/g



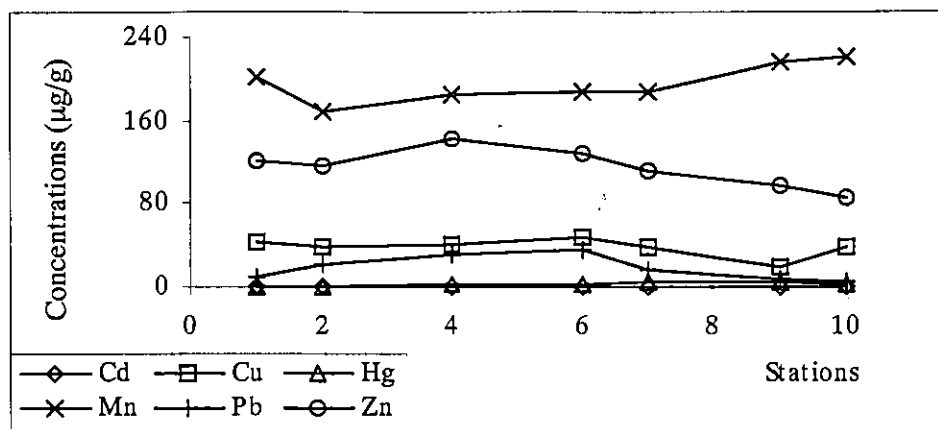


Figure n°38 : Représentation graphique des métaux analysés dans le port de Mostaganem

Tableau N° 20 : Résumé des valeurs des métaux analysés dans le port de Mostaganem

Eléments (µg/g) Valeurs Trouvées	Eléments					
	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Minimum	0.142	18.13	0.507	169.73	5.91	86.1
Maximum	0.361	47.66	5.837	219.43	34.5	142.96
Moyenne	0.222	37.83	2.718	195.08	17.86	114.78
Ecart-Type	0.067	8.56	2.075	16.61	10.37	17.65

IV-4-2 Le port d'Annaba :

IV-4-2-1 Le cadmium :

Les concentrations du cadmium dans le port d'Annaba sont dans l'intervalle de [0.142-0.964]µg/g avec une moyenne de 0.511µg/g et un écart-type de 0.32. La valeur maximale est enregistrée à la station (3) à 8m de profondeur à l'entrée du mole cigogne, la valeur minimale est signalée à la station (12) à l'extérieur du port à 19m de profondeur.

On note qu'à de la station (3) existe un seul rejet d'eaux usées.

Cette station est située entre les postes (17) et (18) qui sont utilisées par les entreprises : FERPHOS, ASMIDAL, SIDER et NAFTAL pour leurs marchandises constituées de phosphate, ammoniac, fuel et goudron.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans la petite darse. Par contre les valeurs minimales se situent à l'avant port et à la passe babayaud (figure 39).

IV-4-2-2 Le cuivre :

Les concentrations du cuivre dans le port d'Annaba sont comprises entre 19.99 $\mu\text{g/g}$ et 116.77 $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 56.41 $\mu\text{g/g}$ et un écart - type de 33.81 .

La valeur la plus importante est enregistrée à la station (1) dans la petite darse à 8m de profondeur où existent (05) rejets d'eaux usées .

La valeur minimale est enregistrée à la station (12) à l'extérieur du port à 19m de profondeur.

On note que la station (1) est située entre (05) postes, ces derniers sont utilisés pour les marchandises générales.

Le taux de cuivre sur l'ensemble des postes est important surtout dans la petite darse où existe (07) rejets d'eaux usées. Notons que la concentration diminue en s'approchant de la passe d'entrée (figure 40).

IV-4-2-3 Le mercure :

Les concentrations en mercure dans le port d'Annaba sont comprises dans l'intervalle [0.158–0.516] $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 0.269 $\mu\text{g/g}$ et un écart –type de 0.144 .

La valeur minimale est enregistrée à la station (9) à 14.8m de profondeur près de la passe d'entrée de l'avant port .Par contre la valeur maximale est enregistrée à station (1) où existent (05) rejets d'eaux usées. Cette station est située près des postes utilisés pour la marchandise générale.

Les valeurs les plus élevées de mercure se situent dans la petite darse, ceci provient des rejets d'eau usée qui sont au nombre de (07), en même temps l'existence de postes de marchandises (AMONIAQUE, GOUDRON, SOUFRE, PHOSPHATE, ...) des différentes entreprises utilisant le port.

Les valeurs minimales sont enregistrées dans l'avant port et à la passe d'entrée. On note qu'à l'extérieur du port, la concentration du mercure est importante (station 12)(figure 41).

IV-4-2-4 Le manganèse :

Les concentrations en manganèse dans le port d'Annaba sont dans l'intervalle de [178.59–79.38] $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 215.94 $\mu\text{g/g}$ et un écart–type de 32.55.

La valeur la plus élevée est enregistrée à la station (9) à une profondeur de 14.8m à la passe d'entrée du port. Alors que la valeur minimale est notée à la station (3) à 8m de profondeur au mole cigogne à l'entrée de la petite darse où existe un seul rejet d'eaux usées. la station (3) est localisée entre les deux postes (17) et (18) qui sont utilisés pour le transport des marchandises de phosphate, ammoniac, goudron et fuel.

La concentration du manganèse dans le port d'Annaba est plus importante à la passe babayaud et au bassin de l'avant port. Des valeurs aussi importantes ont été trouvées à l'extérieur du port au niveau de la station (12), tandis que les valeurs minimales sont enregistrées dans la petite et la grande darse (figure 42).

IV-4-2-5 Le plomb :

La concentration du plomb dans le port d'Annaba varie de 243.41 $\mu\text{g/g}$ à 40.63 $\mu\text{g/g}$, avec une moyenne de 108.45 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 67.05 $\mu\text{g/g}$.

La valeur maximale est enregistrée à la station (1) à l'intérieur de la petite darse où existe (05) bouches d'eau usée. Par contre la valeur minimale est signalée au niveau de la station (12) à l'extérieur du port.

La répartition du plomb dans le port est importante à l'intérieur et est de plus en plus faible en s'approchant de l'extérieur, elle atteint sa plus petite valeur à la station (12) (figure 43).

IV-4-2-6 Le zinc :

La concentration du zinc dans le port d'Annaba est dans l'intervalle de [83.62 427.6] $\mu\text{g/g}$ avec une moyenne de 216.08 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 314.75.

La valeur maximale est enregistrée à la station (1) dans la petite darse où existent (05) bouches d'eaux usées. La valeur minimale est enregistrée à la station (12) à 19m de profondeur à l'extérieur du port.

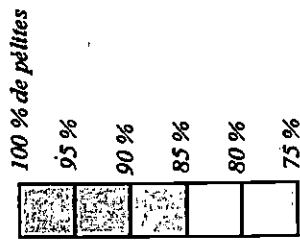
La concentration du zinc est importante dans le port. Elle diminue de plus en plus en s'éloignant de la petite darse jusqu'à l'extérieur où elle atteint la valeur minimale (figure 44).

Fig n° 39 :

*Concentration en Cadmium
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba*

Echelle : 1/5000

Légende :



Concentration du Cadmium
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
0,60 µg/g

Normes algériennes
(3 µg/g)

0,142 µg/g

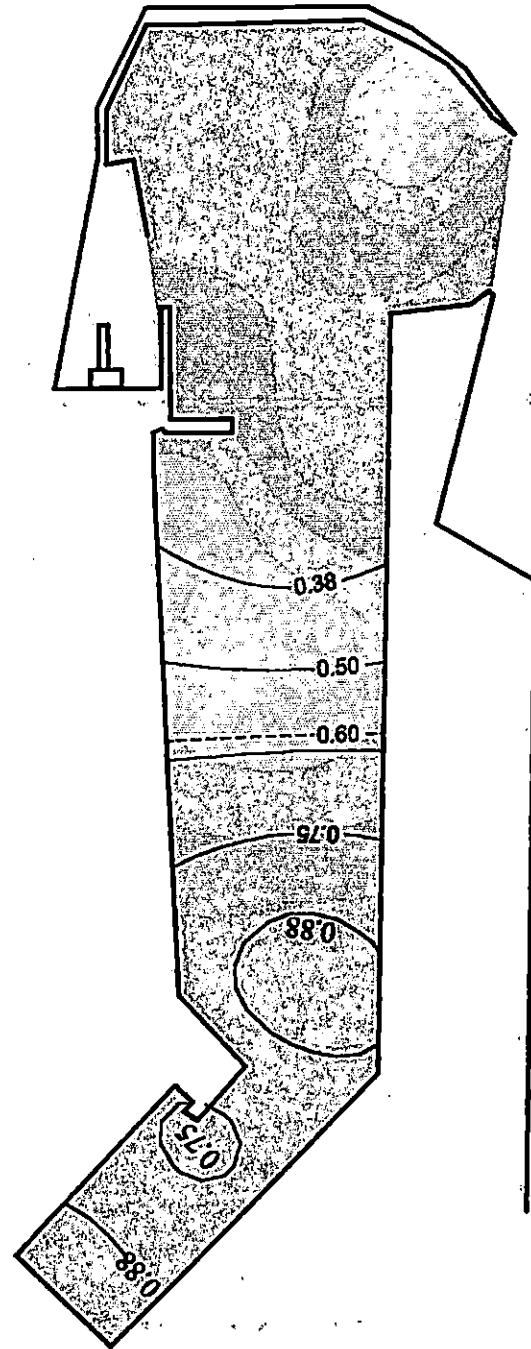
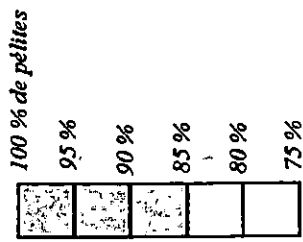


Fig n° 40 :

**Concentration en Cuivre
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba**

Echelle : 1/5000

Légende :



Concentration du Cuivre
dans les sédiments
de surface ($\mu\text{g/g}$)

Normes françaises
26 $\mu\text{g/g}$

Normes algériennes
(150 $\mu\text{g/g}$)

19,99 $\mu\text{g/g}$

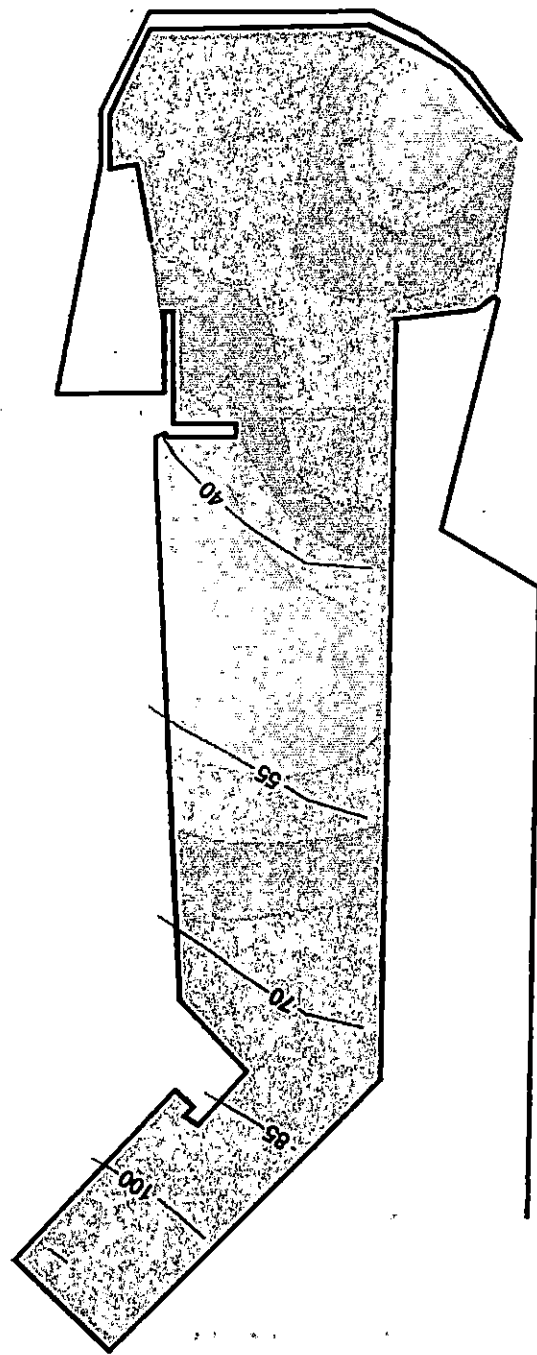
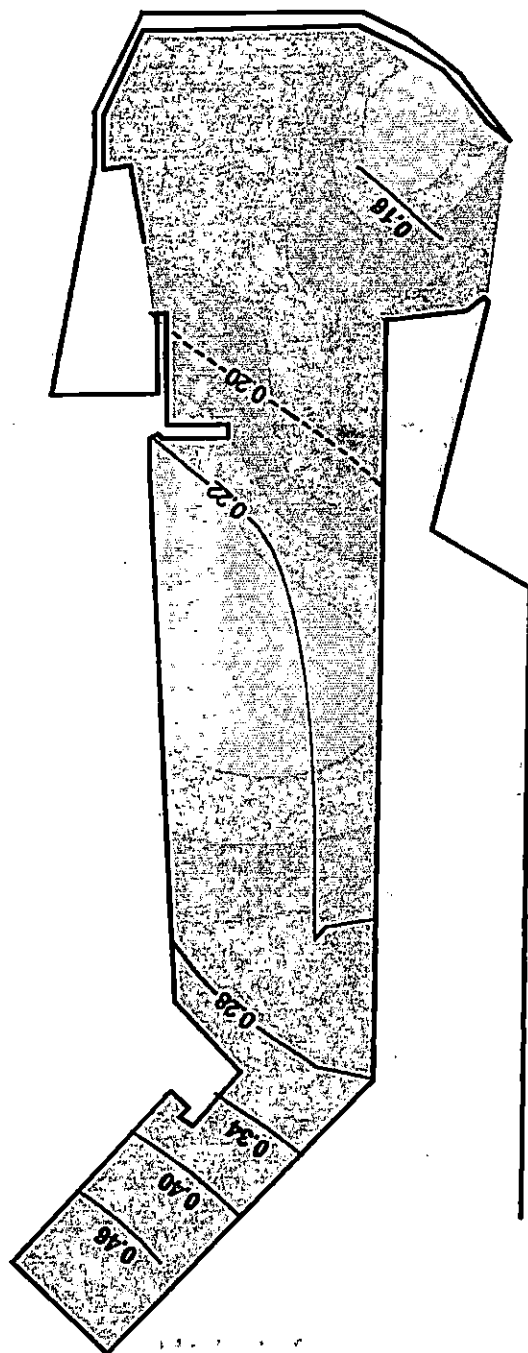


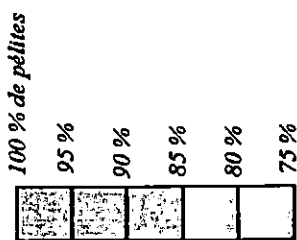
Fig n° 41 :

**Concentration en Mercure
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba**

Echelle : 1/5000



Légende :



Concentration du Mercure
dans les sédiments
de surface ($\mu\text{g/g}$)

--- Normes françaises
0,2 $\mu\text{g/g}$

--- Normes algériennes
(1,5 $\mu\text{g/g}$)

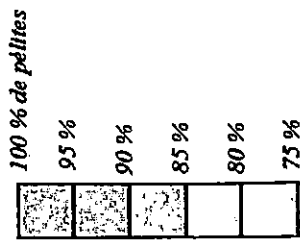
○ 0,22 $\mu\text{g/g}$

Fig n° 42 :

*Concentration en Manganèse
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba*

Echelle : 1/5000

Légende :



Concentration du Manganèse
dans les sédiments
de surface (µg/g)

— — — Normes françaises
400 µg/g

— — — Normes algériennes
(3 µg/g)

○ 205,92 µg/g

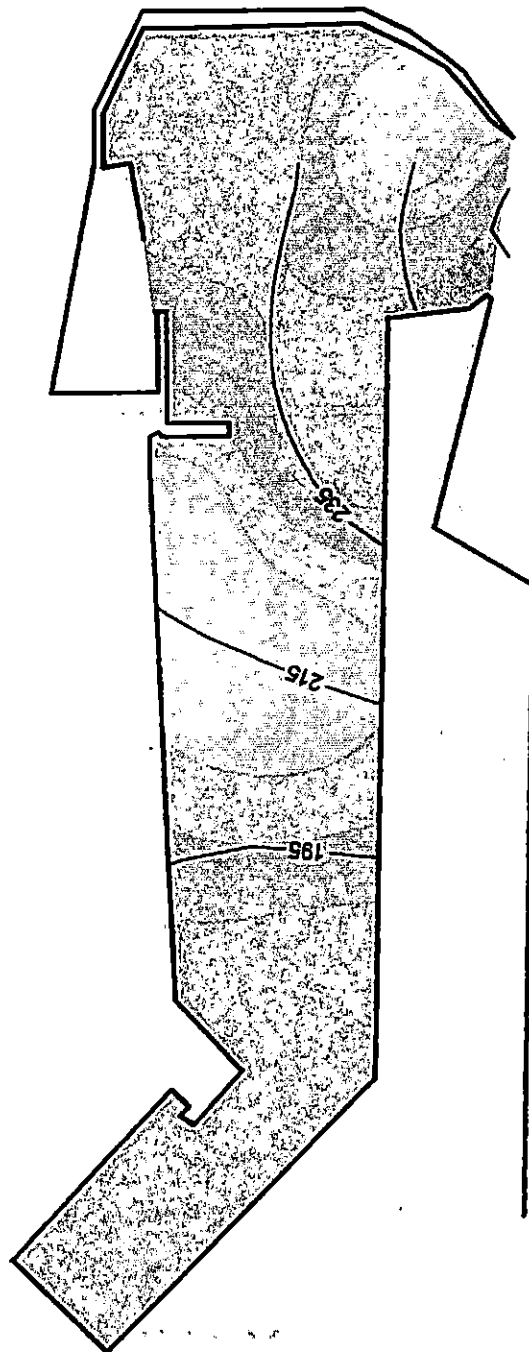
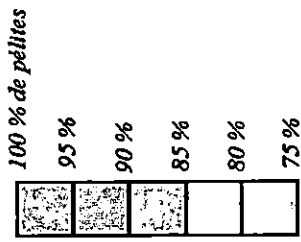


Fig n° 43 :

**Concentration en Plomb
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba**

Echelle : 1/5000

Légende :



Concentration du Plomb
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
22 µg/g

Normes algériennes
(250 µg/g)

40.63 µg/g

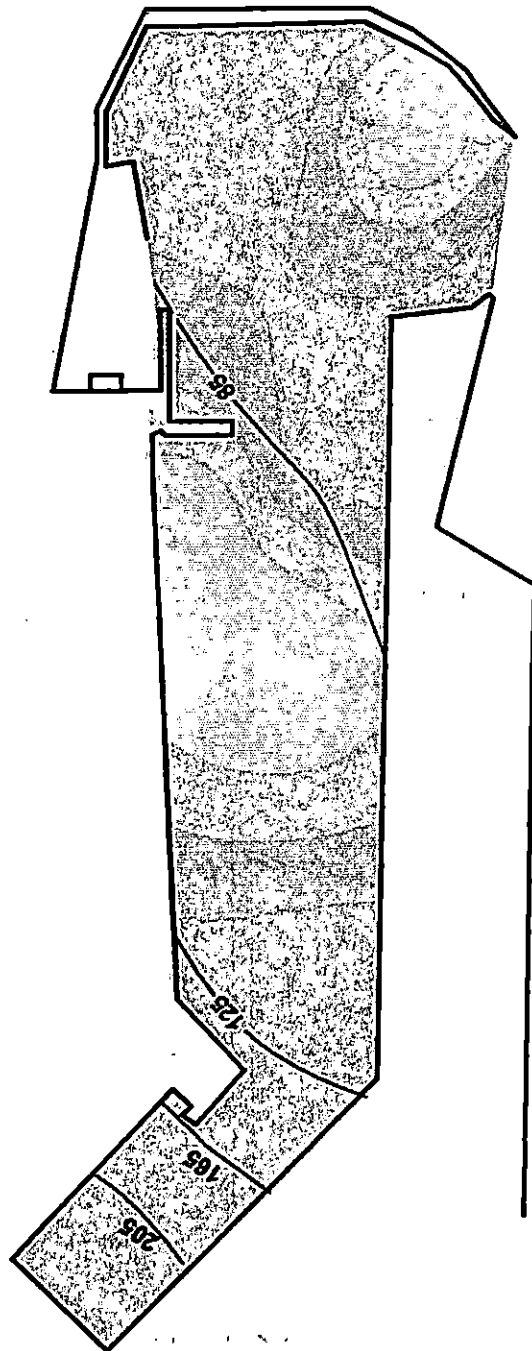
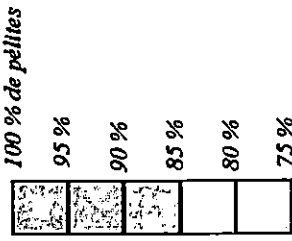


Fig n° 44 :

**Concentration en Zinc
dans les sédiments superficiels
du port d'Annaba**

Echelle : 1/5000

Légende :

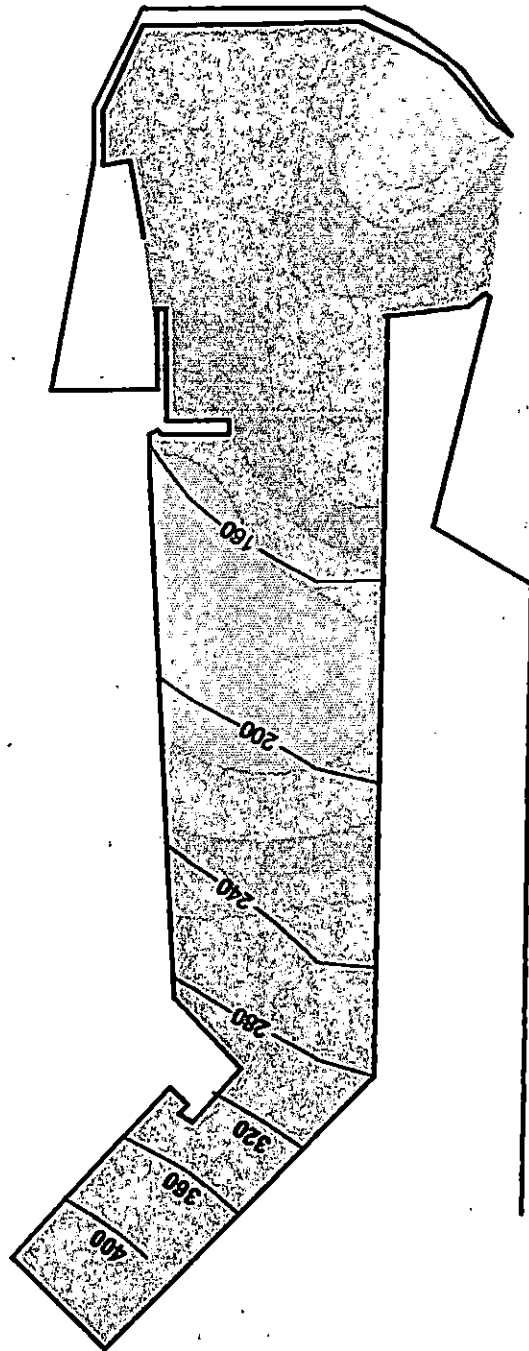


Concentration du Zinc
dans les sédiments
de surface (µg/g)

Normes françaises
88 µg/g

Normes algériennes
(500 µg/g)

83,02 µg/g



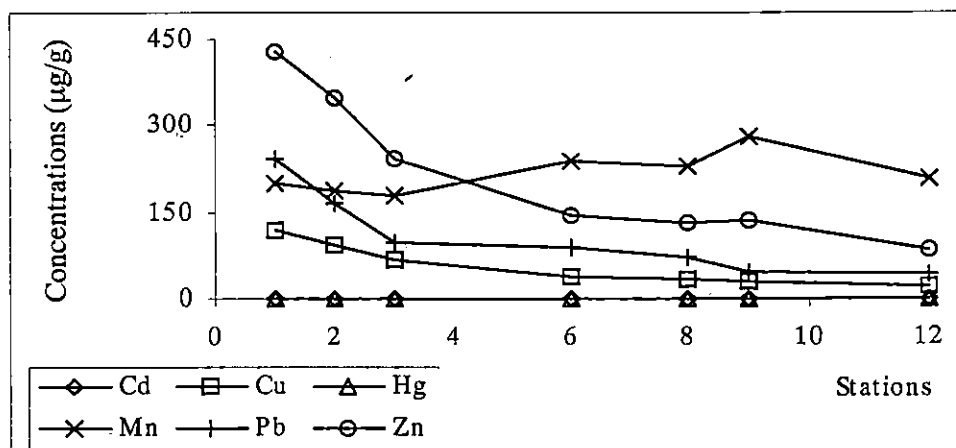


Figure n°45 : Représentation graphique des métaux analysés dans le port d'Annaba

Tableau N°21 : Résumé des valeurs des métaux analysés dans le port d'Annaba

Valeurs Trouvées	Eléments (µg/g)					
	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Minimum	0.142	19.99	0.158	178.59	40.63	83.02
Maximum	0.964	116.77	0.516	279.38	243.41	427.6
Moyenne	0.511	56.41	0.269	215.94	108.45	216.08
Ecart-type	0.32	33.81	0.144	32.55	67.05	314.75

IV-5 Analyse binaire :

IV-5-1 Paramètres physico-chimiques :

IV-5-1-1 Diagramme température (°C) Salinité :

Le diagramme T.S dans les deux ports montre que les points représentés forment généralement un seul nuage, ce qui explique qu'on est dans un milieu portuaire formé d'une seule masse d'eau. Les valeurs de la température diminuent de l'intérieur vers l'extérieur des ports, ce sont les stations qui se trouvent plus à l'intérieur qui présentent de fortes températures (Station 02 dans le port d'Annaba et les stations 01 et 04 dans le port de Mostaganem). Ceci illustre une stagnation des eaux dans certains bassins des deux ports. Concernant la salinité, les valeurs mesurées reflètent bien qu'on est dans un bassin fermé avec une variation de salinité qui diminue de l'intérieur vers l'extérieur dans les deux ports. Les stations qui se trouvent à l'intérieur ont des salinités moyennement faibles, par contre, les stations qui se trouvent à des faibles profondeurs présentent des valeurs similaires qu'on trouve généralement dans nos golfes et baies (BOULAHIDID et al, 1993 et BOUDJELLAL et al, 1996). On constate alors globalement que plus la température augmente plus la salinité augmente aussi. Les figures 46 et 47 montrent le diagramme T(°C)- S (PSU) pour chaque port.

IV-5-1-2 Diagramme température (C°) oxygène dissous (mg / l) :

Les résultats obtenus à partir du diagramme montrent que les points de corrélation entre la température et l'oxygène dissout sont généralement groupés dans les différents bassins des deux ports.

Les teneurs d'oxygène mesurées sont très faibles, dû essentiellement à l'activité bactérienne, et aussi à l'absence d'échange entre l'eau du port et celle du large. Ceci est enregistré dans les stations 01 et 03 au niveau du port d'Annaba et la station 01 du port de Mostaganem. On constate que la répartition de ce paramètre se fait de l'extérieur vers l'intérieur à savoir un équilibre de l'écosystème de l'intérieur vers l'extérieur

On observe globalement que plus la température augmente plus d'oxygène dissout diminue. Les figures 48 et 49 illustrent le diagramme T(C°)- O₂ pour chaque port.

IV-5-1-3 Diagramme potentiel d'hydrogène (pH) oxygène dissout (mg/l) :

Les valeurs du PH dans le port de Mostaganem et celui d'Annaba sont faibles par rapport au PH moyen de l'eau de mer (pH = 8,2). Du diagramme pH-O₂ on distingue un nuage de point plus ou moins dispersé, mais on observe aisément la décroissance des teneurs d'O₂ avec celles du pH.

Les stations qui sont situées à l'intérieur montrent bien qu'on est dans un milieu portuaire perturbé avec un pH acide dans certaines stations. Ceci est dû aux rejets industriels, au déversement d'eaux usées et aussi au déséquilibre d'échange entre les eaux de large et celles du port.

Les stations qui se trouvent à l'extérieur, présentent un pH alcalin et des teneurs en O₂ dissout comparables à celles observées généralement dans le milieu marin. Les figures 50 et 51 présentent le diagramme pH- O₂ pour chaque port.

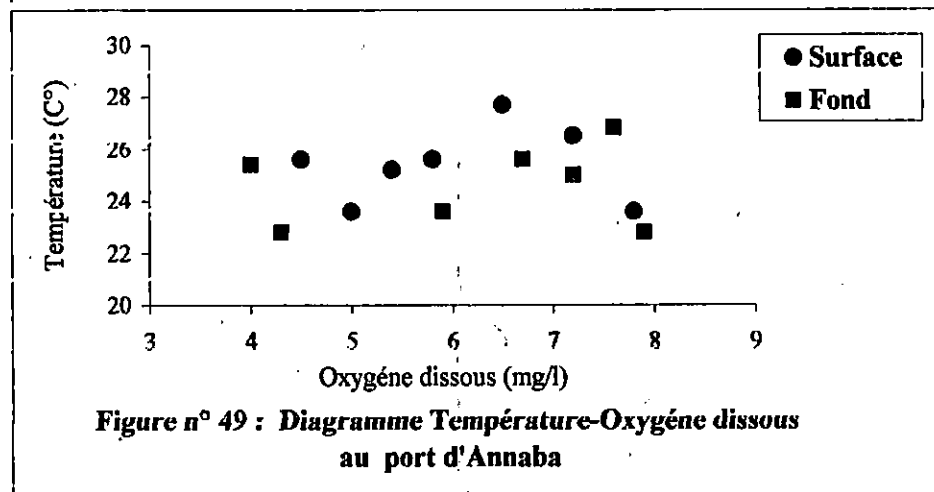
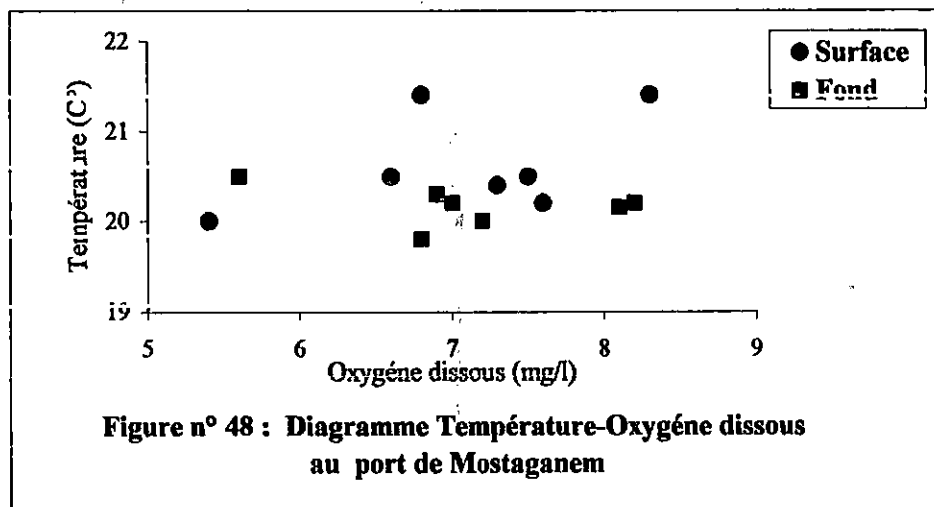
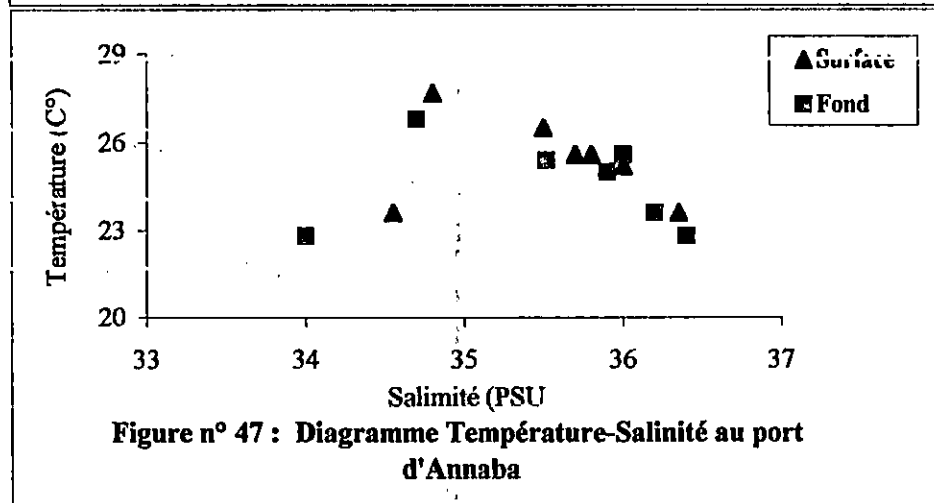
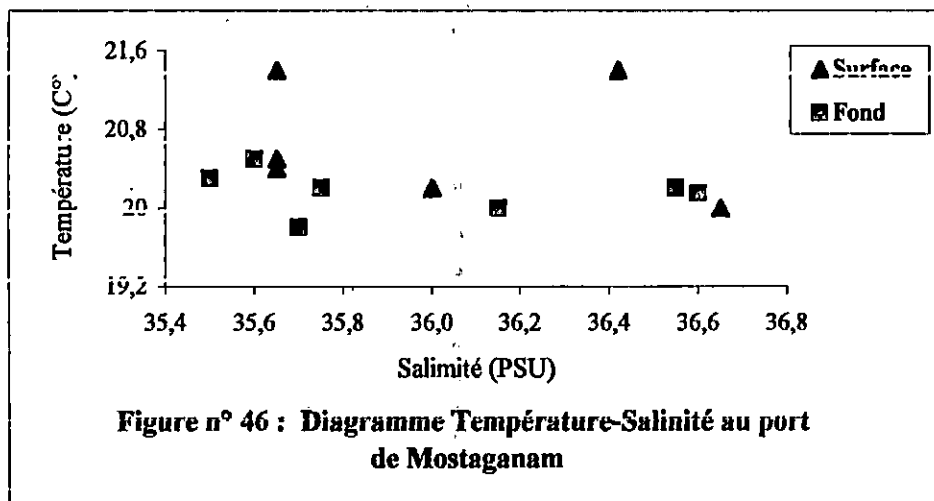
IV-5-1-4 Diagramme matière organique (%) oxygène dissout (mg/l) :

La matière organique dans les deux ports est d'origine anthropique et provient des égouts domestiques et des eaux résiduelles des diverses industries implantées sur les quais des deux ports.

Le nuage de points obtenu est dispersé pour les deux ports. Ceci permet de dire qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux paramètres. Les figures 52 et 53 montrent le diagramme MO-O₂ pour chaque port.

Conclusion :

A l'exception de la relation pH-O₂, la corrélation entre les différents paramètres physico-chimiques ne montre pas de dépendance nette. Cependant, les valeurs obtenues montrent bien qu'il existe une seule masse d'eau dans un milieu portuaire qui est perturbée par différentes activités, et aussi par les rejets industriels et urbains.



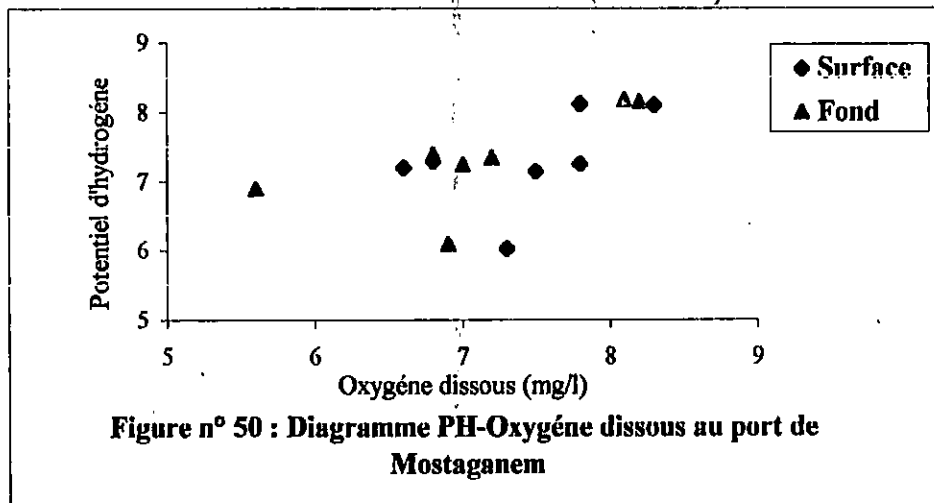


Figure n° 50 : Diagramme PH-Oxygène dissous au port de Mostaganem

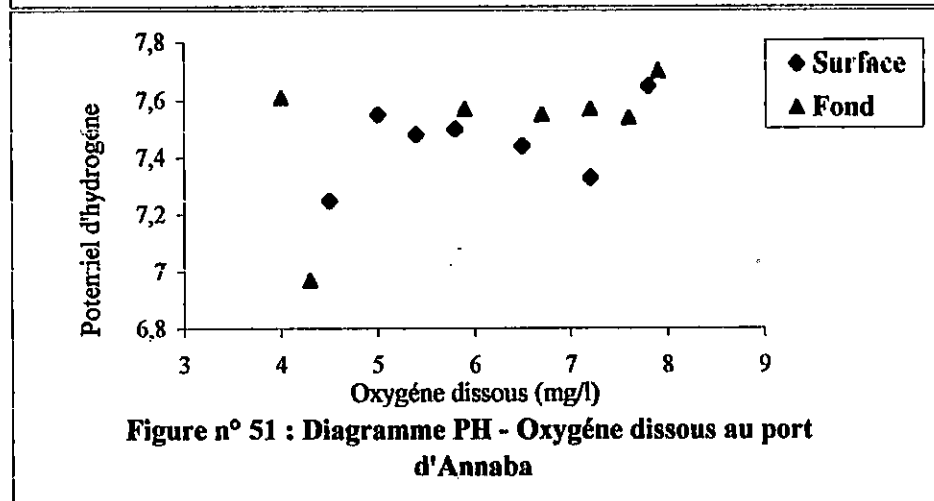


Figure n° 51 : Diagramme PH - Oxygène dissous au port d'Annaba

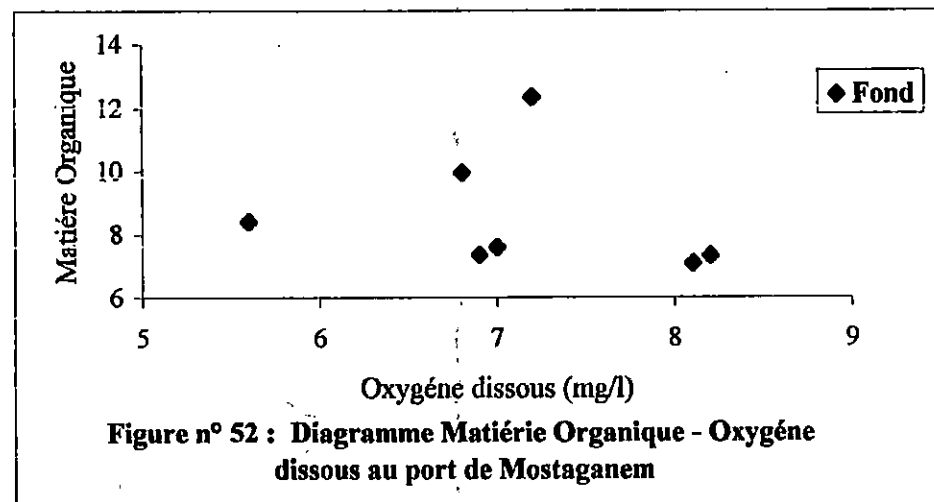


Figure n° 52 : Diagramme Matière Organique - Oxygène dissous au port de Mostaganem

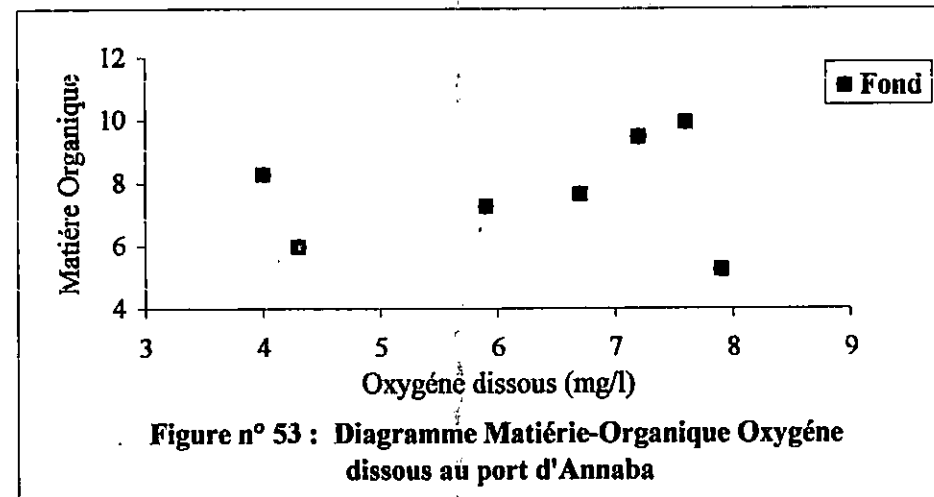


Figure n° 53 : Diagramme Matière-Organique Oxygène dissous au port d'Annaba

IV-5-2 Corrélation entre les métaux :

Pour que l'étude soit plus complète, une application de test statistique est faite. Le but est de voir le comportement des différents éléments métalliques.

Un test d'indépendance entre deux variables quantitatives est nécessaire (Schwartz, 1992) en utilisant une régression linéaire. Les figures (54a,54b) et (55a,55b) présentent la corrélation entre les métaux dans les deux ports.

IV-5-2-1 Le principe de test d'indépendance :

Lorsque les valeurs obtenues des différents métaux étudiés couplés à deux pourront être considérées comme un échantillon, le coefficient de corrélation estimateur de cet échantillon peut servir à tester l'hypothèse prise en considération par la présente étude. Donc, on peut calculer (R^2) sur l'échantillon. Selon Schwartz, le test d'indépendance entre deux variables est basé sur la valeur de la pente en coordonnées réduites :

$$R^2 = \frac{\sum (x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum (x - m_x)^2 \sum (y - m_y)^2}}$$

Où m_x et m_y désignent les moyennes observées de x et y (les valeurs qui composaient les couples respectivement).

Le risque (α) correspondant à (r) peut-être obtenu, soit par la table du coefficient de corrélation pour un $dl = n-2$, soit lorsque celui-ci est insuffisant en format :

$$t = \frac{R^2}{\sqrt{1 - R^2}} \sqrt{n - 2}$$

En cherchant le risque correspondant dans la table de (t) pour $dl = n-2$, on a :

Si $\alpha > 5 \%$ la liaison n'est pas significative (à 5 %).

Si $\alpha < 5 \%$ la liaison est significative et mesure son degré de significative.

IV-5-2-2 Les résultats de corrélation dans chaque port :

Port d'Annaba

Tableau N° 22 : Corrélation entres les métaux (Port d'Annaba) :

Métaux	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Cd	-	0,8807	0,6581	0,6635	0,7656	0,87
Cu	x	-	0,9161	0,5999	0,97	0,9984
Hg	x	x	-	0,5293	0,9575	0,9147
Mn	x	x	x	-	0,5092	0,5636
Pb	x	x	x	x	-	0,9682
Zn	x	x	x	x	x	-

La majorité des corrélations dans le port d'Annaba est significative et supérieure à 5 %. Cette constatation montre que les métaux ne sont pas indépendants, mais liés entre eux, et que leur comportement à l'intérieur du port est différent de celui de l'extérieur.

Port de Mostaganem :

Tableau N° 23 : Corrélation entre les métaux (Port de Mostaganem) :

Métaux	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Cd	-	0,3342	0,0360	0,4534	0,1248	0,1019
Cu	x	-	0,6134	0,5060	0,5511	0,5399
Hg	x	x	-	0,3716	0,3217	0,5254
Mn	x	x	x	-	0,7202	0,6969
Pb	x	x	x	x	-	0,8229
Zn	x	x	x	x	x	-

La corrélation trouvée pour le port de Mostaganem est variable vis-à-vis des couples de métaux concernant leurs liaisons et leurs indépendances. On trouve des couples avec des corrélations significatives, ce qui prouve l'existence d'une relation de dépendance entre eux. Cependant il y a d'autres couples avec des corrélations insignifiantes, ce qui montre l'indépendance de chaque métal et de son origine.

Conclusion

L'étude des relations entre les teneurs des éléments métalliques montre que :
 Les corrélations obtenues au niveau du port d'ANNABA avec tous les métaux existants confirment que les éléments Cu, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn sont présents dans le sédiment analysé avec des proportions (leurs permettant une liaison significative).
 Les teneurs de ces éléments seraient de même origine et d'un mode de transport identique ou bien, ces éléments peuvent être liés au même substrat sédimentaire.
 (SHOKOVITZ, 1978 in Cauwet) montre que certains minéraux argileux, matière organique et oxyde de fer jouent un rôle important dans le comportement de certains métaux.

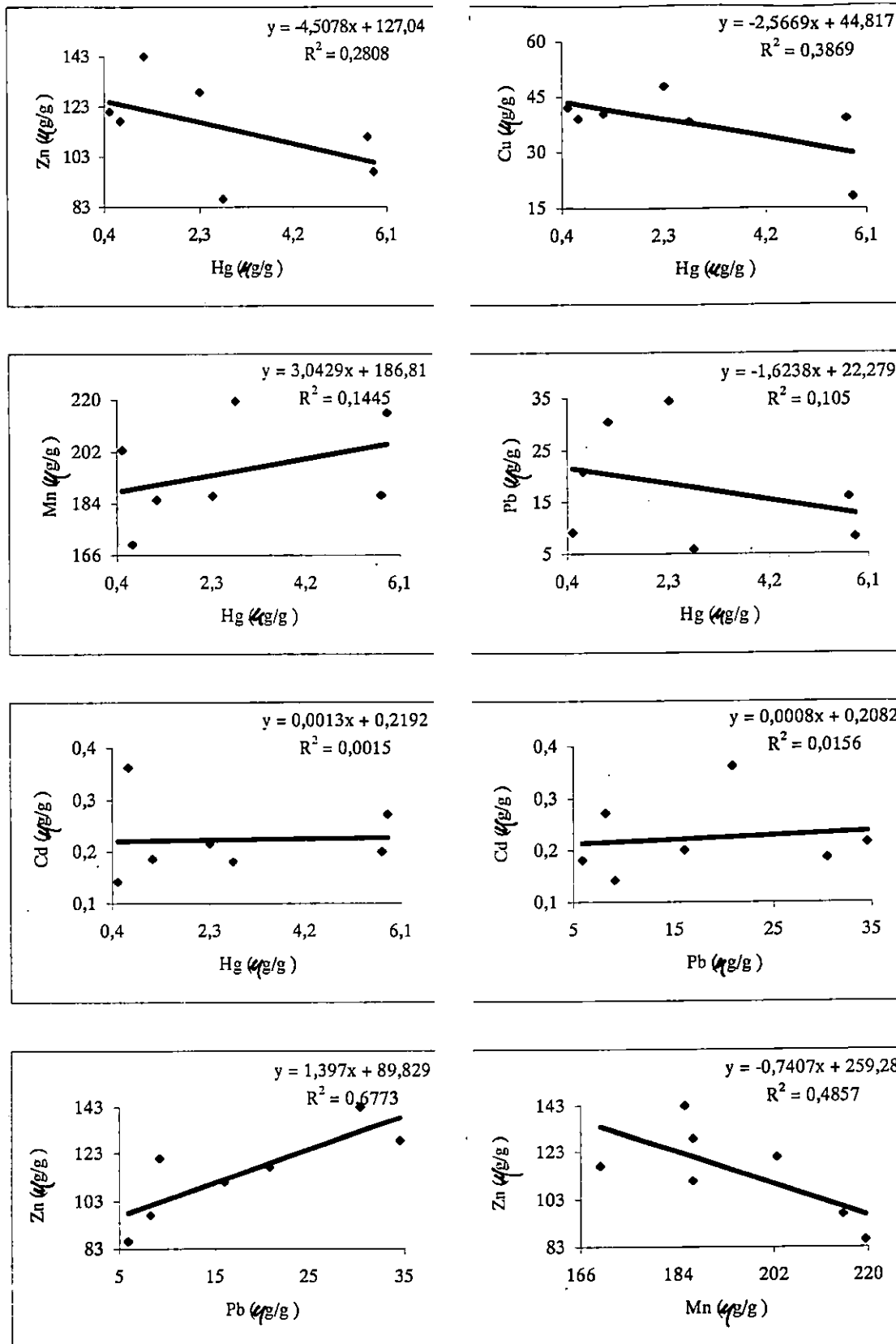


Figure n° 54-a : Corrélation entre les métaux dans le port de Mostaganem

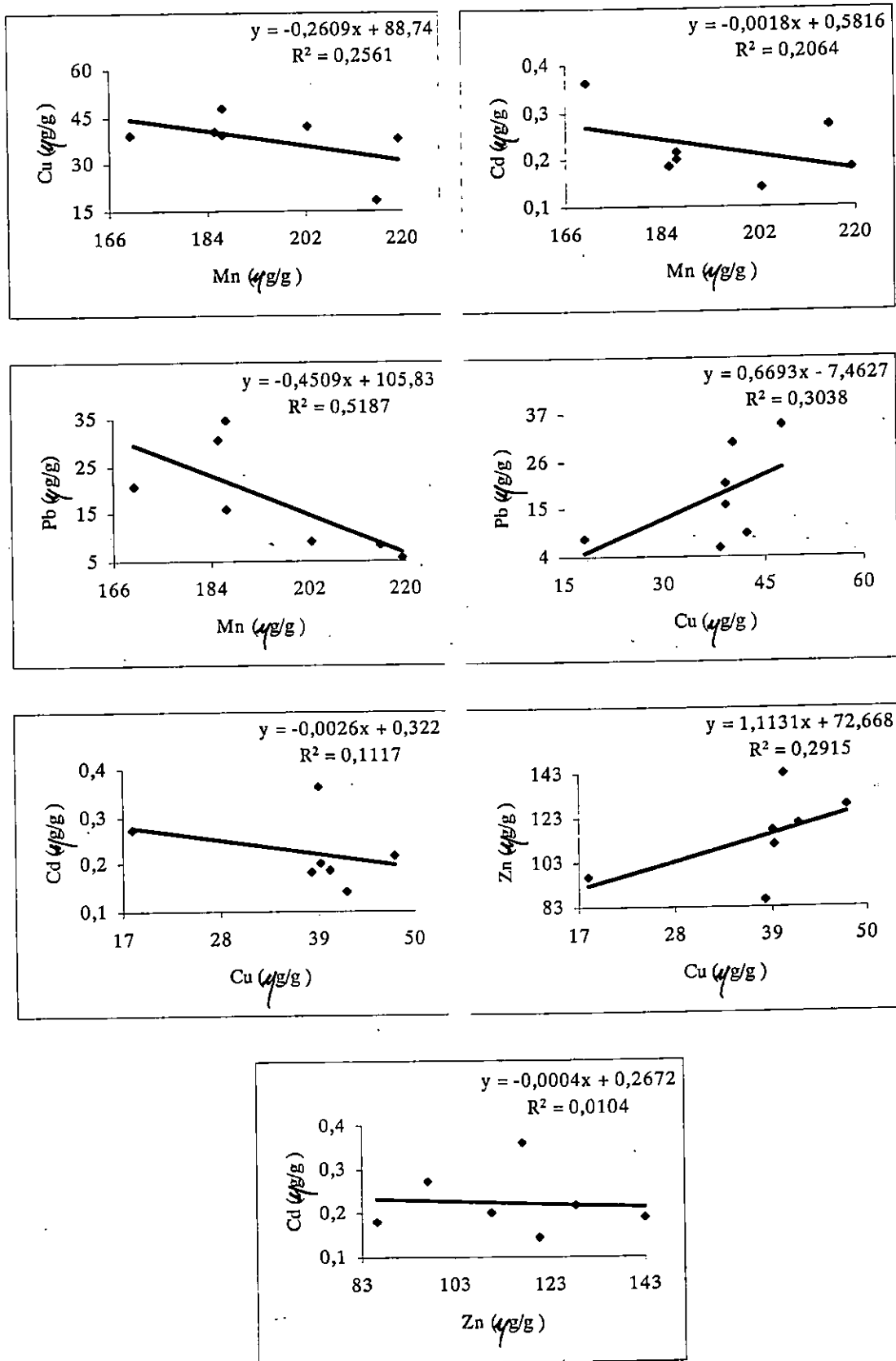


Figure n° 54-b : Corrélation entre les métaux dans le port de Mostaganem

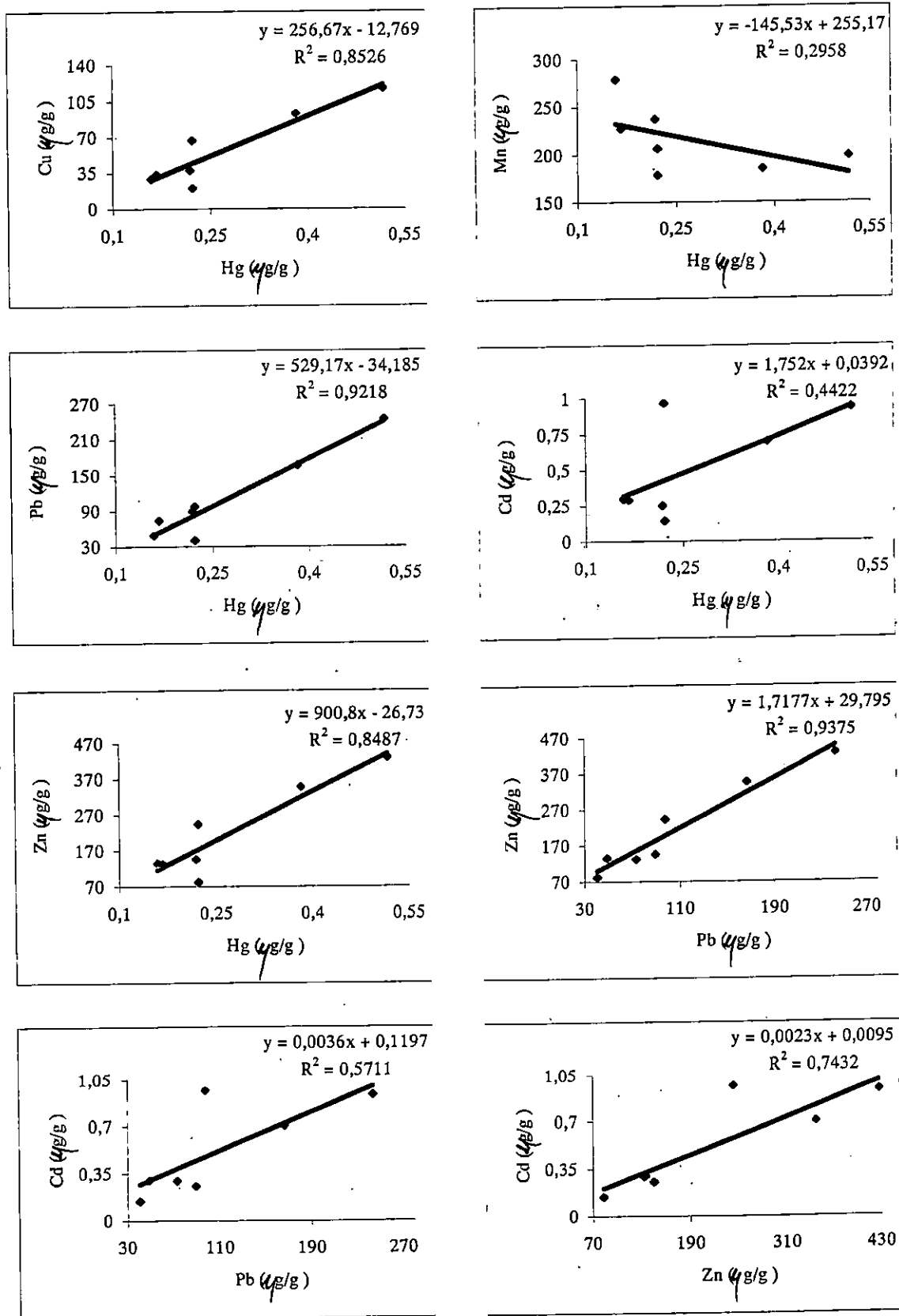


Figure n° 55-a : Corrélation entre les métaux dans le port d'Annaba

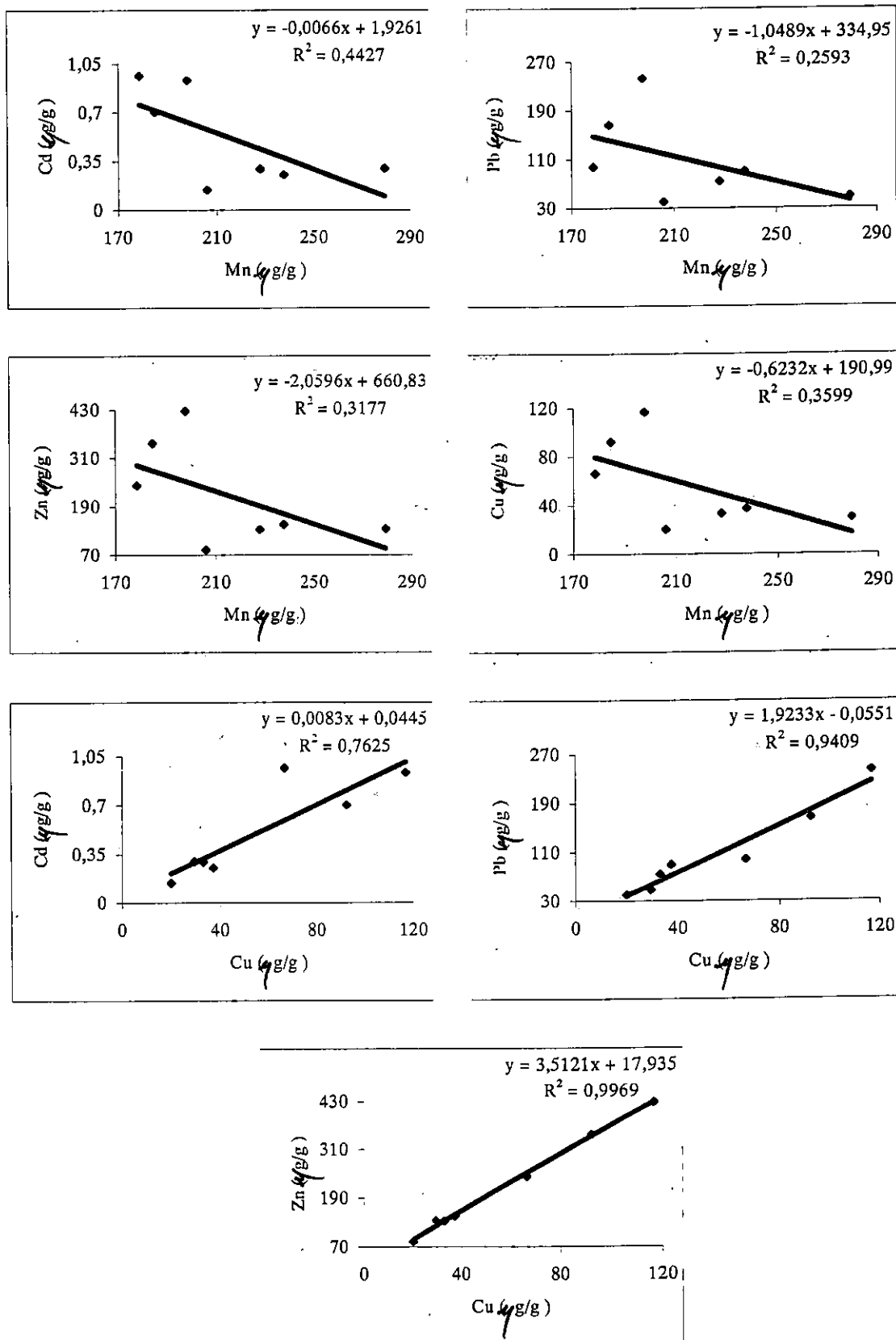


Figure n° 55-b : Corrélation entre les métaux dans le port d'Annaba

IV-6 Indice de contamination (état de pollution) :

Les méthodes permettant d'estimer l'état de pollution dans l'environnement marin se précisent dans le calcul des indices de contamination d'après la méthode présentée par l'Agence de Bassin Rhone Méditerranée Corse (A.B.R.M.C) en 1988 (France).
L'indice de contamination (I.C) est donné par l'expression suivante :

$$IC = \frac{\text{Concentration observée}}{\text{Concentration considérée comme normale}}$$

Les concentrations considérées comme normales sont présentées dans le tableau suivant :

Métaux	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Normes Françaises (µg/g)	0,60	26	0,20	400	22	88
Normes Algériennes (µg/g)	3	150	1,5	3	250	500

Interprétation de la valeur	I C
Normal	I C < 3
Zone polluée	3 < I C < 10
Zone à risque	I C > 10

IV-6-1 Résultats des indices de contamination dans chaque port :

Port d'Annaba :

Stations	Profondeur (m)	Indice de contamination					
		Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
1	8	1.56	4.50	2.58	0.50	11.06	4.86
2	8	1.17	3.55	1.91	0.47	7.57	3.94
3	8	1.61	2.55	1.11	0.45	4.43	2.77
6	16	0.42	1.43	1.09	0.60	4.06	1.85
8	15	0.48	1.27	0.84	0.57	3.32	1.50
9	14,80	0.50	1.13	0.80	0.70	2.22	1.53
12	19	0.24	0.77	1.11	0.51	1.85	0.94

Port de Mostaganem :

Stations	Profondeur (m)	Indice de contamination					
		Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
1	7	0.24	1.62	2.54	0.51	0.42	1.37
2	8	0.60	1.50	3.55	0.42	0.95	1.33
4	8	0.31	1.56	5.94	0.46	1.40	1.62
6	8	0.36	1.83	11.52	0.47	1.57	1.46
7	10	0.33	1.51	28.60	0.47	0.73	1.26
9	14	0.45	0.69	29.18	0.54	0.38	1.10
10	17	0.30	1.47	13.83	0.55	0.27	0.98

Port d'Annaba	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Intervalle	0.24-1.61	0.77-4.5	0.80-2.58	0.47-0.7	1.85-11.06	0.94-4.86
Observation	Zone normale	Zone polluée	Normale	Normale	Zone à risque	Zone polluée

Port de Mostaganem	Cd	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
Intervalle	0.24-0.60	0.69-0.83	2.54-29.18	0.42-0.55	0.27-0.57	0.98-1.62
Observation	Normale	Normale	Zone à risque	Normale	Normale	Normale

Conclusion

Dans le port d'Annaba, l'indice de contamination pour les métaux : Cd, Hg, Mn est considéré normal tandis que pour Cu et le Zn leurs indices montrent que c'est un port pollué. Par contre pour le Pb son indice indique que c'est un port à risque.

En ce qui concerne le port de Mostaganem, l'indice de contamination calculé pour les métaux : Cd, Cu, Mn, Pb, Zn est inférieur à trois, donc on est dans un port non pollué par ces métaux. Contrairement à ces derniers, le Hg a un indice supérieur à (10), ce qui implique que le port est contaminé par ce métal.

IV-7 Comparaison avec d'autres ports Algériens :

Tableau N° 24 : Comparaison des résultats avec quelque ports Algériens

Métaux (µg/g)	Hg	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn	Reference
Ports							
Alger	2,39	---	262,07	258,11	---	1335,81	AMRANI ET BALA (1998)
Bejaia	0,20	---	35,71	170	---	186,93	HALICHE ET SAIT (1996)
Skikda (Nouveau)	7,24	---	17,03	145,10	---	20,01	DJEMAOUI (1997)
Cherchell	0,44	0,61	178,58	---	262,41	682,98	HARBI (1994)
Ghazaouet	3,87	---	66,15	308,61	---	3054,31	ISMAL (1994)
Annaba	0,566	0,964	116,77	279,38	243,41	427,60	Présente Etude
Mostaganem	5,837	0,361	47,66	219,43	34,5	142,96	Présente Etude

- En se basant sur les données obtenues dans les différents ports du littoral Algérien regroupées dans le tableau ci-dessus, nous avons essayé de faire une comparaison avec les résultats de notre étude.
- La teneur en mercure dans le port de Mostaganem est élevée par rapport au port d'Annaba, ceci est dû au rejet de la CELPAP (R13) qui se localise à la station (09) derrière le môle Sud-Ouest. Concernant les autres métaux, les concentrations enregistrées au niveau du port d'Annaba sont plus élevées que celles enregistrées au port de Mostaganem. Ceci est dû aux différentes activités et aussi aux rejets industriels et urbains qui existent dans le port.
- En comparant nos résultats obtenus dans les deux ports avec les autres ports de la côte Algérienne, nous avons constaté que le port de Skikda est plus contaminé en mercure que celui du port de Mostaganem. La source de cette contamination est l'importante activité de ce port (538 Navires pétroliers / ans) sans oublier les apports d'eaux usées, et les déchets de la zone industrielle.
- Concernant les autres métaux Zn, Mn, les concentrations les plus importantes sont détectées au niveau du port de Ghazaouet qui semble être affecté par les rejets de l'usine d'électrolyse de zinc (Metanof) et par les rejets domestiques. Par contre, la valeur la plus élevée en cuivre (Cu) est enregistrée dans le port d'Alger qui est influencée par les activités portuaires, le nombre important d'égouts (27) et aussi par les apports d'oued El-Harrach. Le port de Cherchell présente une valeur très élevée en plomb (Pb) par rapport aux deux ports d'Annaba et de Mostaganem due aux apports anthropiques et à l'activité portuaire intense dans ce bassin. Quant au port de Bejaia, ses résultats sont comparables à ceux du port de Mostaganem, sauf ceux du mercure.

- En conclusion, nous pouvons affirmer que les deux ports de la présente étude sont moins pollués que le port de Ghazaouet et d'Alger qui font partie des ports d'Algérie les plus pollués.

IV-8 Comparaison avec certaines régions Méditerranéennes et Mondiales :

Tableau N° 25 : Comparaison des résultats avec quelques ports Méditerranéens et Mondiaux

Métaux (µg/g) Ports	Hg	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn	Reference
Ouest d'Alexandrie (Egypte)	3	---	---	---	---	---	El Sayed et al (1978)
Belle d'une (Canada)	---	9,13	---	---	---	---	Uthe et al (1986)
D'Arcachon (France)	---	---	130	---	95	130	Carruesco et al (1986)
Annaba	0,516	0,964	116,77	279,38	243,41	427,60	Présente étude
Mostaganem	5,837	0,361	47,66	219,43	34,5	142,96	Présente étude

Les données présentées dans le tableau ci-dessus montrent que la teneur en mercure dans le port de Mostaganem est plus élevée que celle enregistrée dans le port Ouest d'Alexandrie (Egypte).

Pour le cadmium, on signale une valeur très élevée au niveau du port de belle dune (Canada) par rapport à celle détectée dans nos deux ports. La même observation est retenue pour la teneur en cuivre (Cu) au niveau du port d'Arcachon (France). Par contre les teneurs les plus élevées en Plomb (Pb) et en Zinc (Zn) sont signalées au niveau du port d'Annaba .

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail est consacré à l'étude de la pollution marine au niveau du port de Mostaganem et du port d'Annaba par identification des différents métaux lourds contenus dans les sédiments superficiels. Pour ce faire, notre intérêt s'est porté sur la détermination de la qualité physico-chimique des eaux portuaires, le taux de la matière organique et le taux des métaux lourds pour évaluer le degré critique de la pollution existante au niveau de ces deux ports.

La technique d'analyse utilisée pour obtenir le taux de ces métaux est la spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A).

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont : la température, la salinité, l'oxygène dissous et le potentiel d'hydrogène. La mesure de ces paramètres montrent que la salinité, l'oxygène dissous et le potentiel d'hydrogène sont faibles par rapport à ceux des eaux du large, alors que la température est relativement élevée ceci est dû au déversement d'eau chaude utilisée dans le refroidissement des transformateurs électriques plantés sur les quais des deux ports.

Vu l'existence du phénomène de dilution, la salinité est moyennement faible pour la majorité des stations, sauf pour celles à faible profondeur où l'évaporation est plus importante, elle avoisine celle du large. Les valeurs du potentiel d'hydrogène (pH) mesurées sont faibles dans les deux ports, elles sont inférieures à la moyenne océanique (pH = 8,2). La principale cause à cela est les rejets industriels qui contiennent des produits chimiques. Les valeurs de l'oxygène dissout enregistrées sont très faibles ce qui pourrait conduire à l'état d'anoxie surtout au niveau des rejets d'eaux usées où l'activité bactérienne est très forte.

La valeur la plus élevée de la matière organique (M.O) a été signalée à la station (07) pour le port de Mostaganem et à la station (02) pour le port d'Annaba. Ceci est dû essentiellement aux rejets industriels et urbains d'origine anthropique.

La répartition des métaux au niveau du port de Mostaganem montre que le cuivre (Cu), le plomb (Pb) et le zinc (Zn) sont concentrés dans le bassin Sud- Est, le cadmium (Cd) dans le bassin Nord -Est et le mercure (Hg) est concentré à la station (09) derrière le mole Sud- Ouest. Ces concentrations ne présentent pas de pollution importante sauf pour le mercure (Hg) qui est très toxique pour les organismes marins et pour l'Homme.

Par contre la répartition des métaux dans le port d'Annaba montre que Cu, Hg, Pb et Zn sont détectés dans la petite darse, le Cd et Mn sont concentrés dans la grande darse et au niveau de la passe d'entrée respectivement. La pollution par ces métaux est inquiétante sauf pour Hg et Mn qui présentent une faible concentration. La constatation qu'on peut tirer de ces résultats est que le port d'Annaba est très pollué par Cd, Pb et Zn et que le port de Mostaganem l'est par Hg.

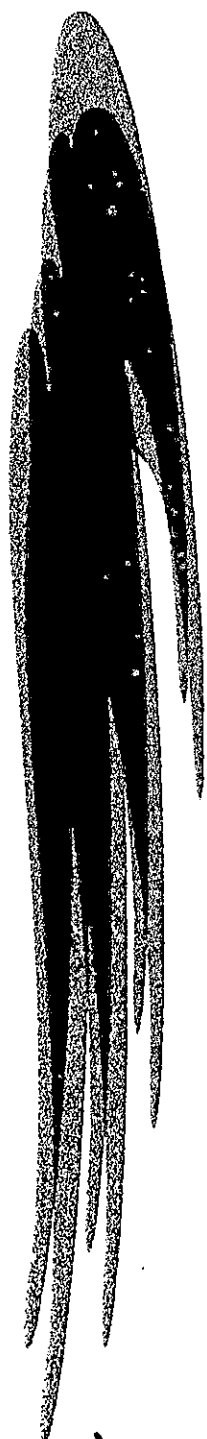
A ce problème de pollution s'ajoute les problèmes d'ensablement et d'envasement qui continuent de menacer les ports, ce qui nécessiterait un dragage.

Lorsque les teneurs en métaux lourds ne dépassent pas les normes nationales, le dépôt côtier et l'immersion en mer des produits dragués ont été adoptés comme solutions bien qu'elles ne soient pas radicales et sont à l'origine d'une autre forme de pollution. Ces deux méthodes ont été appliquées dans le port de Mostaganem par le laboratoire d'études maritimes (L.E.M) en 1995 et seule la méthode d'immersion en mer a été appliquée dans le port d'Annaba en 1993. Par application de ces deux méthodes il a été constaté que ces dernières influent sur l'environnement, sur l'écosystème et sur le plan économique. Il existe un meilleur moyen pour se débarrasser des produits dragués sans qu'il y ait cet impact négatif sur l'environnement, et qui consiste au confinement de ces produits dans des géotubes, cette solution n'est pas encore pratiquée sur la côte nationale.

En vue d'amortir le phénomène de pollution marine, certaines préventions ont été mises au point et doivent être appliquées à la source. Elles consistent en ce qui suit :

- Installation des stations d'épuration des eaux usées ;
- Installation de collectes de déchets solides ;
- Réduction des rejets de métaux lourds des toxiques ;
- Augmentation des impôts pour tout industriel ne respectant pas les normes de rejets en mer;
- Application de la méthode de confinement des produits de dragage dans des géotubes
(en géotextiles).

Pour le même objectif et comme recommandation, on propose la mise au point d'un programme de contrôle et de suivi permanent à tout projet ou étude effectués dans un port ou une baie.



BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

A.I.E.A (Agence Internationale de l'Energie Atomique), 1986 - Intercalibration of Analytical Method on Marine Samples.

AMINOT. A et CHAUSSEPIED. M, 1983 - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O, Brest, 395 p.

AMRANI. I, BALA. D, 1998 - Pollution par les métaux lourds dans les sédiments superficiels du port d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection De l'environnement, ISMAL, 98 P.

ASSO. A, 1982 - Contribution à l'état de polluants métallique chez la moule *Perma perma* (L). Dans la région d'Alger. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle d'océanologie biologie. Aix Marseille II, 138p.

AUBERT. M, BRETMAYER. J et REVILLON. P, 1965, GAUTHIER. PH, AUBERT. J et FLATAN. G, 1982 - Métaux lourds en Méditerranée, C.E.R.B.O.M 3^{ème} tome, 371p.

BELLAN. G, et PERES. H, 1994 - La pollution des mers, 3^{ème} édition. Presses universitaires de France, 127p.

BOUDJELLAL. B, BOULAHDID. M, EDDALIA. N et BENCHIKH. S, 1996- Paramètres physico- chimiques et sels nutritifs dissous dans le golf d'Arzew ; 1^{er} Journée Maghrébine des sciences de la mer SALOMMBO (TUNISIE), 5p.

BOULAHDID. M, EDDALIA. N, BOUDJELLAL. B et AZOUZ. M, 1993 - Paramètres physico- chimiques de la baie d'Alger, 2ème congrès de la société Algérienne de chimie, Zéralda, Alger, 7p.

CARREUESCO, C. LAPAQUELLERIE, Y. LABOURG, P. J. et PRUNIER, D, 1986 - Impact des métaux lourds sur un environnement lagunaire : Le bassin d'Arcachou Bull, INST. GED. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, N°39, pp 85-93.

CAULET.J.L, 1972 - Les sédiments organogène de précontinent Algérien :Mémoire de Museum National d'Histoire Naturelle, serie C, science de la terre, tome 25, 289p.

CAUWET, 1984 - Dynamique de la matière organique dans les milieux marins et polyhalines : son rôle dans les processus géochimiques aux interfaces. Thèse de Doctorat Perpignan, 285 P

CHOUKHLA, 1986 - Choix et mise au point de chaîne alimentaire en « eau douce » permettant de mettre en évidence le caractère bioaccumulatif d'un polluant. Thèse de doctorat es sciences pharmaceutiques. Université de Paris sud, 312p.

COSSA. D. et LASSUS. P., 1989. - Le cadmium en milieu marin biochimie et ecotoxicologie. Rapport technique de l'IFREMER, n°16, p12.

DJELLALI. M et BAIRI. K, 1996 - Géologie dynamique et perspectives d'aménagement côtier de la baie de BENI-SAF. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection de l'environnement, ISMAL, 57p.

DJEMAOUI. KH, 1996 - Niveau en métaux lourds (Hg, Cu, Zn, Mn, Fe) dans les sédiments superficiels des ports de SKIKDA, Mémoire (D.E.U.A), ISMAL, 44 P.

EL SAYED. M.K.H, et HALIM. Y, 1978 - Surveg of the trace metals pollution in the Sediments from the Alexandria region, Egypt. I Mércury. IV jour etud, Poll Antalya C.I.E.S.M. PP 187 - 191

GAUJOUS. D, 1995 - La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire, 2^{eme} édition technique et documentation. Lavoisier, 200p.

GOBEIL. C, SYLVERBERG. N, SUNDBY. B et COSSA. D, 1987 - Cadmium diagenesis in Laurentain through sediments, geochim et cosmochim.Act, vol. 51, n°3, pp 589-596.

GUILCHER. A, 1965 - Précis d'hydrologie marine et continentale. Edition Masson et Cie, 381p.

HALICHE. Y et SAIT. M, 1996 - Qualité chimique des sédiments superficiels du port de Bejaia. Mémoire (D.E.U.A), ISMAL, 53p.

HARBI. R, 1994 - Qualité chimique des sédiments superficiels d'un port de pêche (port de Cherchell). Mémoire (D.E.U.A), ISMAL, 56P.

ISMAL, 1994 - Etude de la qualité du sédiment du port de Ghazaouet et qualité chimique et biosédimentaire, rapport final, convention ISMAL, DTP, Tlemcen n°124 DIR-RS- p 48.

J.I.C.A, 1993 - Agence Japonaise des études des ports (étude sur les ports d'Alger, Oran et Annaba).

KETFI. B. D et OURAHMOUNE. A, 2000 - Etude bathy-sédimentologique du port de Annaba (dragage). Mémoire de (D.E.U.A) en aménagement et protection de l'environnement. ISMAL, ALGER, 109 p.

L.C.H.F, 1974 - Laboratoire Central d'Hydrolique de France.

LECLAIRE. L, 1972 - La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléaires (précontinent Algérien). Edition du Museum- Paris-391p.

L.E.M, 1995 - Laboratoire d'Etudes Maritimes.

MARTIN. J.M., MEYBECK. M, SALVADORI. F. et THOMAS. A.J, 1976 – Pollution chimique des estuaires : état actuel des connaissances. Rapport scientifique et technique n°22 CNEEXO, 286p.

METAP, 1993 – Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algérien, rapport final réalisé par : V. K. I, DANMARK, L. E. M Algérie, Dorsch consult Allemagne et I. D. H. Denmark pour le compte du ministère des transports, Direction des ports, 116 p.

MONTIEL. A et WELTE. B, 1990 – Le manganèse dans l'eau : élimination dans l'eau par traitement biologique. Revue des sciences de l'eau , pp 469-481.

O.M.S , 1976 – Principes et directives applicables au diversement de déchets dans le milieu marin. Plan d'action pour la Méditerranée, 555p.

O.M.S , 1979 - Organisation Mondiale de la Santé bureau régional de l'Europe Copenhague(1979). Principes et directives applicables au diversement de déchets dans le milieu marin. Plan d'action pour la Méditerranée, 555p.

O.M.S /PNUE , 1979 – Principes et directives applicables au diversement de déchets dans le milieu marin, pp 53-62.

O.N.M , 1999 - Office national de météorologie.

PERES. J.M, BELLAN. G, RAMADE. F, ANCELINI. J, LELOURD. PH, MICHEL. P, GAUTHIER. M, SOUDAN. F et BELLAN. S.D, 1976 – La pollution des eaux marines. Edition GAUTHIER, 231p.

PINEL. R, ASTRUC. M, DONARD. O, 1990 – Les organométalliques en traces dans l'environnement aquatique. Actualité chimique. Mai-Juin, pp.110-116.

PNUE , 1986 – Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (Med Pol VIII). MAP Technical reports series n°8. PNUE/AIEA/IOC, Athens, 42p.

PURSER. BH , 1983 – Sédimentation et diagénèse des carbonates maritimes récents. Techniq, Paris, 389p.

RAMADE. F , 1979 – Ecotoxicologie, Masson, Paris. 2^{ème} édition, 228p.

RAPIN. F, FORESTNER. U, GARCIA. I et MEMBRINI. G , 1982 – Etude de la répartition des métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie des Anges(Méditerranée, France) par spéciation chimique 6^{ème} journée d'étude de la pollution en mer, Cannes, C.I.E.S.M, pp 107-114.

RECHEM. F et BOUKHOUF. S , 1998 – Pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures polycycliques Niveaux de contamination des sédiments superficiels du port de Tipasa. Mémoire (DEUA), ISMAL, Algérie, 60p.

REE , 1999 – Rapport sur l'état de l'environnement en Algérie , Ministère des transports

RODIER, BAZIN. C, BROUTIN. J.P, CHAMBON. P, CHAMPSAUR. H et RODIER. L, 1996 – L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer). 8^{ème} édition. Edition DUNOD, 1383p.

RONDEAU. C, 1972 – S.O.S biosphère :Pollution, Edition Hurtubise HMH, LIEE, pp.40-57.

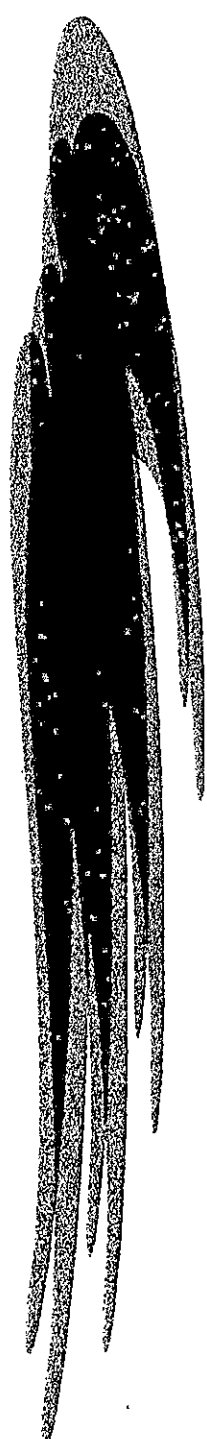
SALOMON. W et FORSTNER. U, 1984 – Trace metals in estuaries fields investigations in : Metals in the hydrocycle springer-verlag, Berlin. IFREMER, 14, p9.

SCHWARTZ, 1992 – Méthodes et statistiques destinées à l'usage des médecins et biologistes. Flemmardions médecine sciences, collection statistique, 306p.

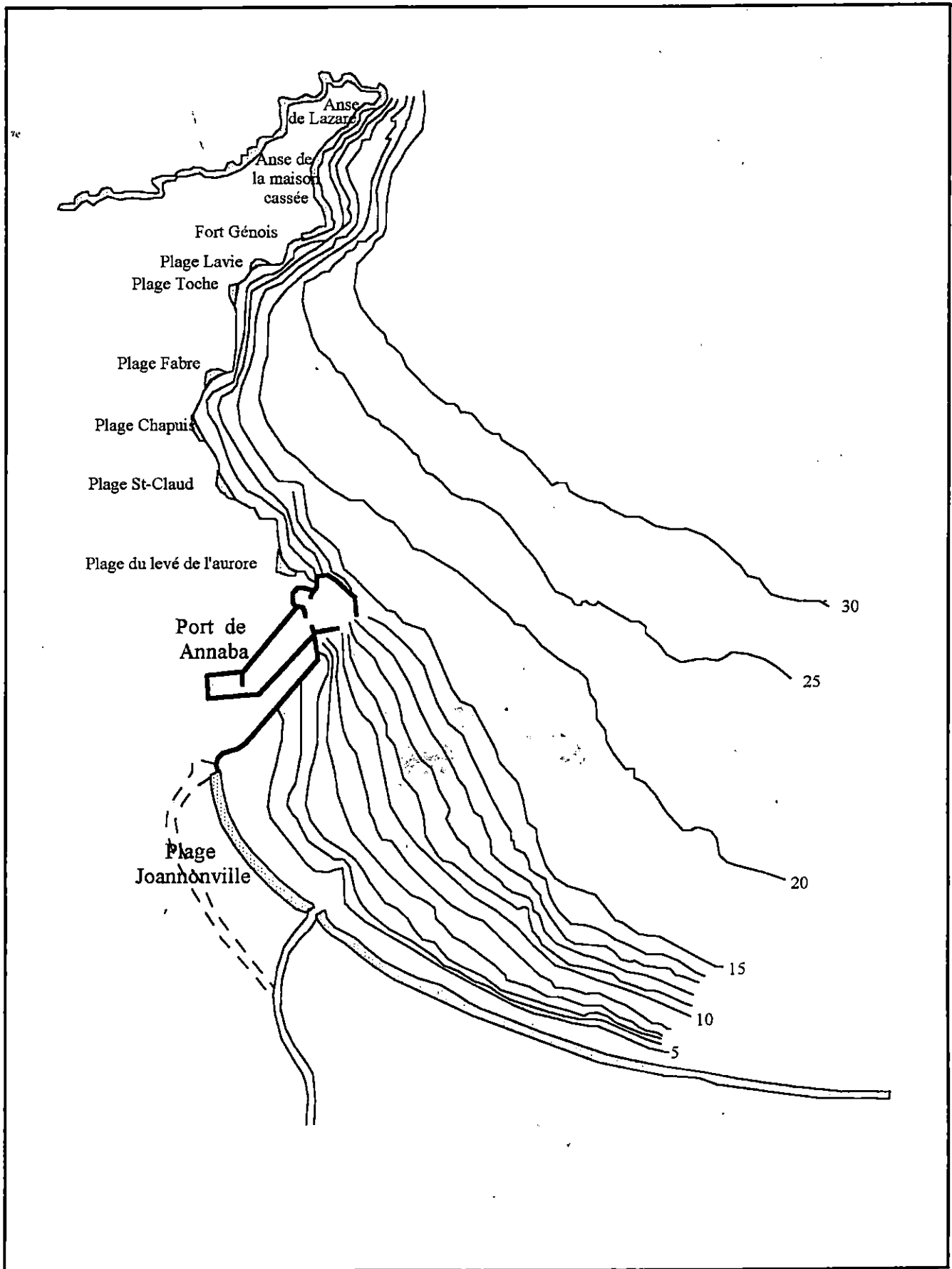
SENHADJI. B, 2000 - Etude bathysédimentologique et impacts du dragage sur l'environnement du port de Mostaganem, mémoire de D.E.U.A en aménagement et protection de l'environnement ISMAL, Alger, 78p.

UTHE. J. F, CHOU. C.L, LORING, RANTALIA, R.T.T, BEWERS. J.M, PALZIER. J, YEATS. P. A et LEVAQUE – CHARON. R, 1986 – Effect of waste treatment at lead Smelter on cadmium levels in american lobster (*Homarus Americanus*), n°3 Pergamon Press, pp 118-123.

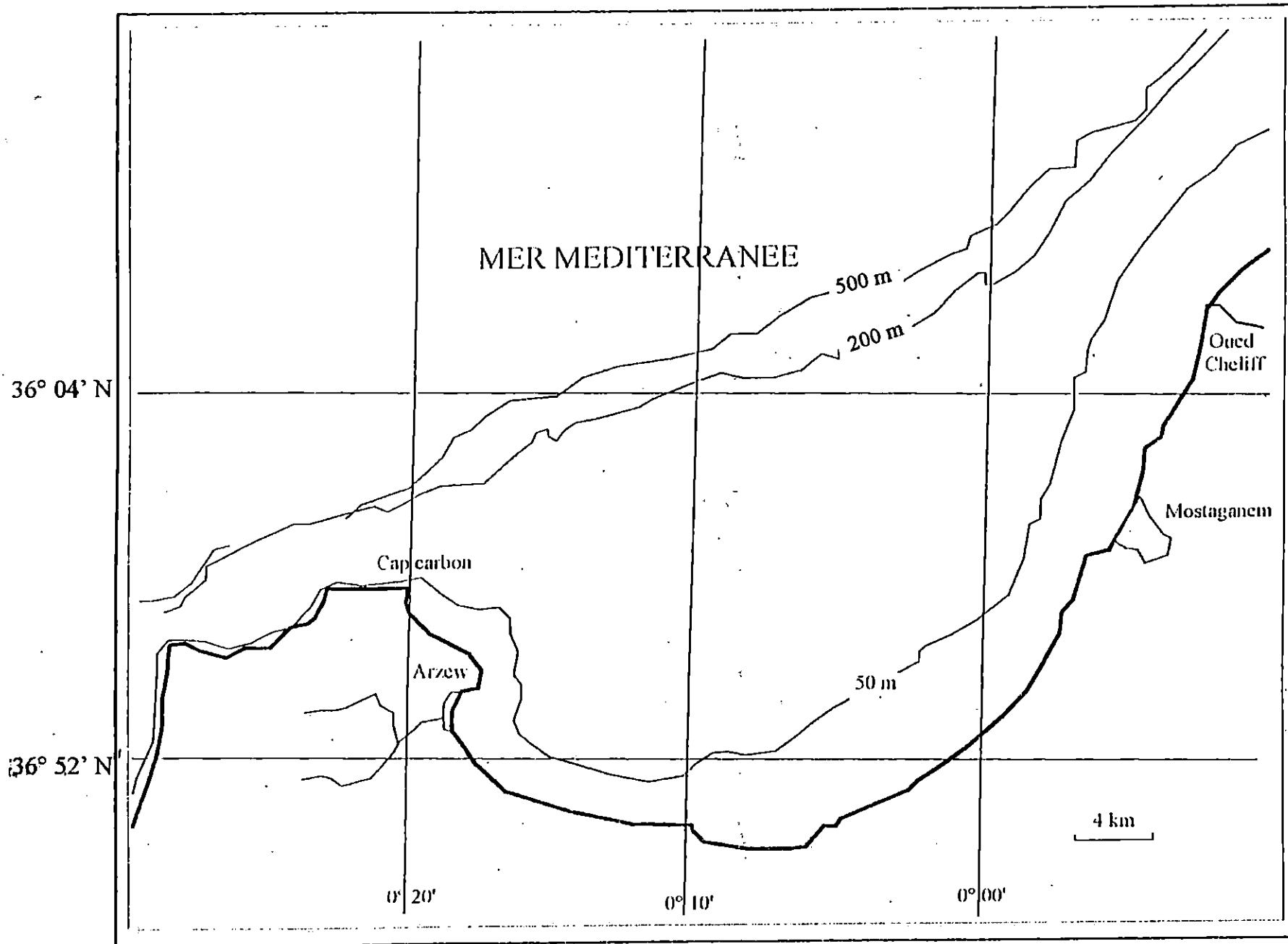
VAILLANT. J.R, 1973 – Protection de la qualité des eaux et maîtrise de pollution (collection du C.E.R.B.M). Edit : EYROLLES, 403p.



ANNEXE



Carte bathymétrique extérieur de la région portuaire d'Annaba (JICA, 1993)



Morphologie et bathymétrie du golf d'arzew

