

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)

PROJET DE FIN D'ETUDE
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
AMENAGEMENT DU LITTORAL ET PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

Option : **POLLUTION MARINE**

THEME

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA POLLUTION PAR
LES METAUX LOURDS DANS LES SEDIMENTS
SUPERFICIELS ET LES PARTICULES EN SUSPENSION
DANS LA BAIE DE BOU-ISMAIL.

MEMBRES DU JURY :

Président : Mr M. LARID
Examineur : Mr R. BELKESSA
Examinatrice : Melle A. CHEROINA
Rapporteur : Mr M. BOULAHIDID

PRESENTE PAR:

Melle AOUIDAD Zahra

Année Universitaire : 1996 -1997

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
Chapitre I : Généralités sur les métaux lourds.	03
1- Définition	03
2- Origine des métaux lourds	03
3- Les propriétés physico-chimiques des métaux à étudier	03
4- Le cycle biogéochimique	04
5- Bioaccumulation et biomagnification	06
6- Toxicité	08
7- Impact de quelques métaux étudiés sur l'environnement marin	08
8- Les paramètres physico-chimiques	09
8-1 L'oxygène dissous	09
8-2 La température	09
8-3 La salinité	10
8-4 Le potentiel d'hydrogène	10
9- La matière en suspension (M.E.S)	10
9-1 Définition	10
9-2 Les teneurs des eaux en M.E.S	10
9-3 Adsorption des métaux sur la matière en suspension	11
Chapitre II : DESCRIPTION DU SITE	12
1- Situation géographique	12
2- La sédimentologie	12
3- Réseau hydrographique	15
4- Les facteurs hydrodynamiques et climatiques	18
4-1 Les courants	18
4-2 Les houles	18
4-3 La température atmosphérique	20
4-4 Les précipitations	20
4-5 Les vents	20
5- Les sources potentielles de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl.....	22
6- Choix et localisation des stations.....	23
Chapitre III : MATERIEL ET METHODE	
Introduction	25
1- Préparation du matériel	25
2- Travaux effectués en mer	26
3- Travaux effectués au laboratoire	28
3-1 Prétraitement des échantillons destinés au analyse des métaux lourds	28
3-1-a Les filtres	28
3-1-b Le sédiment	32

3-1-b-1 Traitement de la matière organique	32
3-1-b-2 Traitement des carbonates	32
3-1-b-3 Traitement des sédiments destinés aux analyses des métaux lourds	33
4- La spectrophotométrie d'absorption Atomique (S.A.A)	36
4-1 Principe de la S.A.A	36
4-2 L'atomisation par réduction chimique (vapeurs froides)	36
5- Etalonnage	38
6- Exercices d'intercalibration et test de reproductibilité	43
6-1 Exercices d'intercalibration	43
6-2 Test de reproductibilité de la méthode d'analyse utilisée	45
6-3 Test de reproductibilité de l'appareil utilisé	45
7- L'état de pollution	45

Chapitre IV : RESULTAT ET DISCUSSION

1- Variation générale des paramètres mesurés dans la baie de Bou-Ismaïl	47
1-1 Les paramètres physico-chimiques	47
1-2 La matière organique et les carbonates de colusion	48
1-3 Les métaux lourds dans la matière en suspension	50
1-4 Les métaux lourds les sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismaïl	53
2- Variation spatiale des paramètres mesurés	56
2-1 La température	58
2-2 La salinité	58
2-3 L'oxygène dissous	59
2-4 Le potentiel d'hydrogène	60
2-5 La matière en suspension	61
2-6 Le mercure	62
2-7 Le zinc	63
2-8 Le fer	64
3- Discussion générale	65
4- Diagramme de corrélation	66
4-1 Diagramme de corrélation Fe – Zn (M.E.S)	66
4-2 Diagramme de corrélation Zn – Hg (M.E.S)	68
4-3 Diagramme de corrélation Cu – Hg (sédiments)	68
5- L'état de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl	68
6- Comparaison des teneurs en métaux lourds obtenues dans la baie de Bou-Ismaïl avec celles signalées dans d'autres régions de la Méditerranée	70

CONCLUSION GENERALE	72
----------------------------	-----------

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Longtemps considérée comme un vivier inépuisable dotée d'un pouvoir de purification infini, la mer qui a toujours nourri les hommes et fait disparaître leurs déchets se meurt.

La pollution de l'écosystème marin est l'un des problèmes majeurs posés par l'environnement. Ce problème s'aggrave à l'heure actuelle et constitue un danger pour la santé publique en raison de l'accroissement démographique, de l'urbanisation et de l'industrialisation qui sont plus marqués sur les zones littorales.

En Algérie, plus du $\frac{1}{3}$ de la population est installée sur le littoral. Les multiples pollutions qui découlent d'une telle concentration urbaine sur la côte ont comme point de convergence le milieu marin, et plus particulièrement les environnements côtiers qui subissent ainsi des perturbations de plus en plus importantes.

Le développement urbain, agricole et industriel, passé et actuel, n'a fait qu'augmenter et aggraver le phénomène de pollution marine, dont les problèmes liés à cette pollution commencent à se poser avec acuité dans certaines régions côtières Algériennes.

Afin d'estimer le taux de contamination par les métaux lourds, la baie de Bou-Ismaïl a fait l'objet de notre étude.

En effet l'accumulation de ces éléments métalliques dans la chaîne alimentaire peut être à l'origine d'intoxications graves chez l'homme. On peut citer parmi les catastrophes écologiques causées par les organomercuriques, la tragique maladie de MINAMATA (1950 - 1970) au Japon, due à l'ingestion de poissons pollués par le Mercure et le Méthylmercure et qui a fait plusieurs victimes (PINEL et al, 1990).

Ce travail rentre dans le cadre de l'unité de recherche de l'I.S.M.A.L et fait partie intégrale d'un axe de recherche du laboratoire de pollution et chimie marine et qui s'intitule "L'ETUDE DE LA POLLUTION ET LA FERTILITE DES EAUX COTIERES CENTRALES ET ORIENTALES EN ALGERIE"

Le présent travail consiste à évaluer l'état et les sources probables de la pollution par les métaux lourds dans la baie de Bou-Ismaïl. Six métaux traces (Hg , Fe, Cu, Zn, Cr, Mn) sont déterminés dans les sédiments superficiels et les particules en suspension dans cette zone.

Dans le premier chapitre de ce travail nous donnerons un aperçu général sur les métaux lourds. Le second chapitre décrit la zone d'étude. Le troisième chapitre présente la méthodologie. Les résultats et leur discussion sont enfin consignés dans le quatrième chapitre.

Chapitre I

GENERALITES

Généralités sur les métaux lourds.

1. Définition :

C'est sous le nom de "Métaux traces" que sont désignés les métaux lourds, représentant tous les métaux à l'exception des alcalins et des alcalino-terreux.

Ils sont présents dans les biotopes à des concentrations extrêmement faibles.

Certains sont appelés oligoéléments (ou essentiels) et sont indispensables à l'activité biologique des organismes.

Ils peuvent devenir toxiques à des concentrations trop élevées.

Ces éléments jouent un rôle nutritionnel important (Underwood, 1956 ; Shroeder et al, 1970). Ils sont au nombre de onze (11) : le Fer, Cuivre, Zinc, Cobalte, Manganèse, Chrome, Molybdène, Vanadium, Sélénium, Nickel et L'Etain.

D'autres éléments, comme le Cadmium, le Mercure, le Plomb ..., sont actuellement connus surtout par leurs effets toxiques sur les êtres vivants (Brayan, 1984). Ce sont les métaux non essentiels.

2. Origine des Métaux lourds :

Les Métaux lourds présents dans le milieu marin sont soit d'origine naturelle ou anthropique, voir le tableau suivant.

Tableau N°1 : Origine des métaux lourds dans le milieu marin.

Origine naturelle	Origine anthropique
Les métaux sont produit soit par : - l'érosion et le lessivage des sols par les eaux des pluies et les fleuves. - Transport par voie atmosphérique. - Les activités sismiques et volcaniques.	Les métaux proviennent de : - l'emploi des produits (fongicides, herbicides, pesticide, ... ect) dans l'agriculture. - des rejets domestiques. - des déversements industriels.

3. Les propriétés physico- chimiques des métaux à étudier :

3. 1. Le mercure (Hg) :

Métal liquide à la température ordinaire. Il se solidifie à - 40°C. sa densité est de 13,59 ; il bout à 357°C (Fabre et Truhaut, 1971).

L'élément Hg est le plus toxique en raison de sa grande stabilité et de ses effets cumulatifs, en particulier dans les eaux douces (Jernelov, 1972).

En absence d'oxygène et sous l'action d'ions sulfures, le mercure inorganique formé dans le milieu alcalin précipite sous forme de sulfure mercurique (cinabre) et s'accumule dans les sédiments. Quand ces derniers sont oxydants,

le Sulfure peut alors se transformer par oxydation en sulfate mercurique soluble.

3. 2. Le Zinc (Zn) :

Sa densité est de 7,2, il fond à 418°C et bout vers 925°C (Fabre et Truhaut, 1971). On le trouve dans la nature sous forme de sulfure. Dans l'eau de mer le zinc est éliminé sous forme d'hydroxyde. Soluble au pH voisin de 8,5 à 9 (O.M.S, 1979).

3. 3. Le Fer (Fe) :

Cet élément notoirement non toxique, n'intervient que dans le cas des rejets traités avec des coagulants type $Fe\ Cl_3$ ou $Fe\ Cl\ SO_4$. A faible concentration le fer joue un rôle bénéfique dans le développement du phytoplancton, en tant que facteur de croissance.

3. 4. Le cuivre (Cu) :

Le cuivre existe dans la nature à l'état natif ou combiné à différents éléments, notamment au soufre. Dans un milieu alcalin, il peut être éliminé par précipitation sous forme d'hydroxyde. La plupart des précipités de cuivre restent insolubles dans un environnement faiblement alcalin mais tendent à se redissoudre dans un milieu acide (O.M.S, 1979).

La teneur des eaux de mer en cuivre peut varier entre 0,2 et 30 mg / m³ (Ivanoff, 1972); il deviendrait nocif aux concentrations supérieures à 1 000 mg / m³.

3. 5. Le chrome (Cr) :

C'est un métal dur et inoxydable. L'augmentation de la température provoque l'élévation des effets toxiques de chromhexavalent, qui est insoluble dans un milieu alcalin et très nocif pour les organismes marins (O.M.S, 1979).

3. 6. Le manganèse (Mn) :

Très dur et très cassant, il existe dans la nature à l'état d'oxyde.

La teneur des eaux de mer en manganèse pourrait varier entre moins de 1 et près de 10 mg / m³ (Ivanoff, 1972).

Selon certains auteurs, seule une faible proportion de ce manganèse serait à l'état dissous, le reste se précipite surtout sous forme d'oxyde de manganèse (MnO_2).

4. Le cycle Biogéochimique :

Les métaux lourds sont transportés vers la mer par voie éolienne, ruissellement, action volcanique et à partir des rejets industriels (Fig. 1). Une fois arrivés dans l'eau, ces métaux auront tendance à s'adsorber et à se fixer sur les particules en suspension et les organismes marins (O.M.S, 1979).

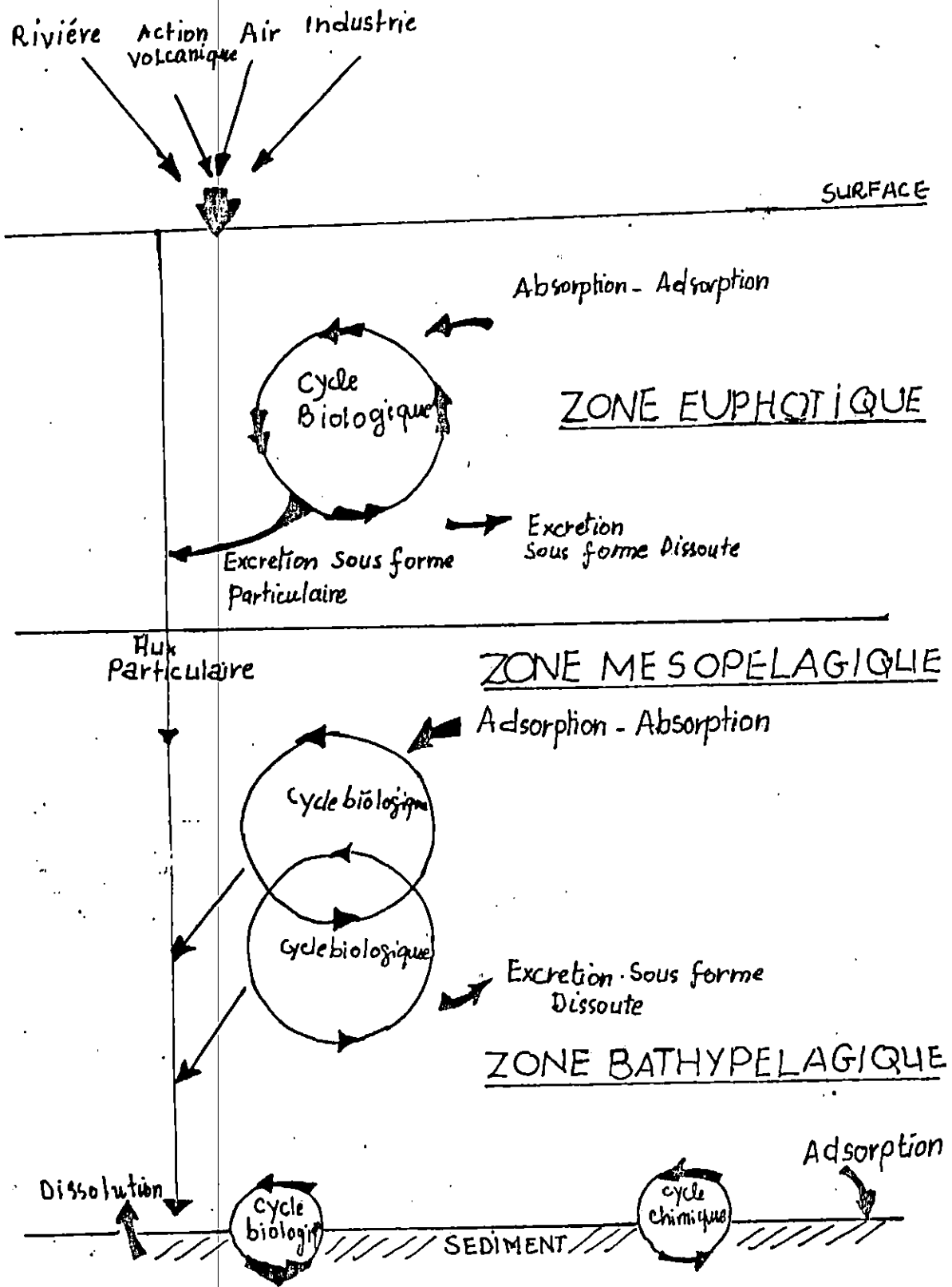


Fig. 1 : Cycle Biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin (UNEP, Athènes, 1986).

Dans la zone euphotique, la matière minérale dissoute synthétisée par le phytoplancton est transférée au zooplancton par broutage (voie de nourriture). Ces substances sont ensuite libérées dans l'eau sous forme de pelotes fécales. La régénération du matériel biologique le long de la colonne d'eau de mer libère les métaux recyclés sous forme dissoute, une fraction de ce matériel biogénique se sédimente et provoque une accumulation des métaux dans les sédiments du fond marin.

5. Bioaccumulation et biomagnification :

En milieu marin, les êtres vivants sont exposés aux polluants à partir de deux (2) sources principales : l'eau et la nourriture.

La première est le principal vecteur de contamination pour les producteurs primaires, tandis qu'à l'autre extrémité des chaînes trophiques, l'alimentation est la principale source de contamination pour les mammifères (Amiard-Triquet, 1989).

5. 1. La bioaccumulation : est définie comme l'accumulation d'un polluant dans un organisme résultant soit d'une contamination directe par l'eau (adsorption, absorption), soit d'une contamination indirecte par voie alimentaire (Fig. 2).

5. 2. La biomagnification : est une forme particulière de la bioaccumulation caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leurs proies (Fig. 3).

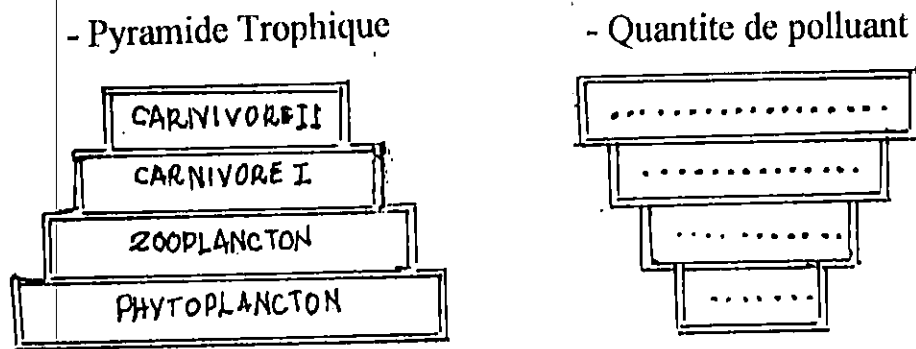


Fig. 2 : Transfert de polluant par bioaccumulation (D'après RAMADE, 1979).

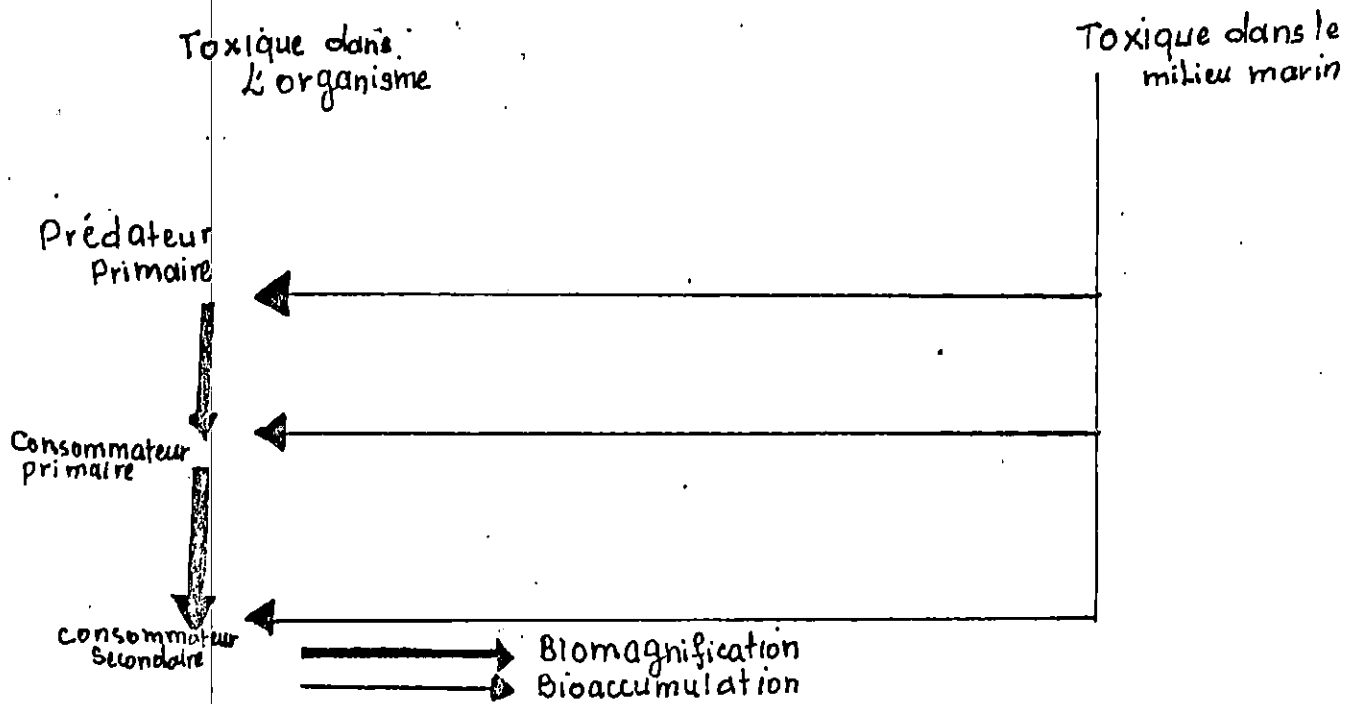


Fig. 3 : Les voies d'accumulation et de transfert d'un toxique dans trois maillons de la chaîne trophique (CHOUIKHI, 1986).

6. Toxicité :

La toxicité se produit lorsque les concentrations en métaux lourds atteignent un seuil critique. On distingue trois (03) types de toxicité :

6. 1. Toxicité aiguë :

Elle provoque de très graves troubles physiologiques ou même la mort après un court délai suivant l'absorption par voie transcutanée, pulmonaire ou buccale, en une fois ou en plusieurs répétitions d'une dose assez importante d'un composé nocif.

6. 2. Toxicité subaiguë :

Dans ce cas une proportion significative de la population peut survivre à l'intoxication contrairement à la toxicité aiguë, bien que tous les individus aient présenté des signes cliniques découlant de l'absorption du toxique.

6. 3. Toxicité à long terme :

Elle se produit non pas par l'absorption en une brève période de doses assez fortes, mais au contraire par l'exposition à de très faibles concentrations, parfois même à des doses infimes pendant longtemps.

7. Impact de quelques métaux étudiés sur l'environnement marin :

Les méthodes classiques qui décrivent les effets des métaux toxiques sur les organismes vivants, ne se référaient qu'aux grandes caractéristiques morphologiques comme la lésion des tissus, et les troubles de fonctionnement des organes.

Mais aujourd'hui on découvre d'autres effets même à l'intérieur des cellules, comme l'inhibition de l'activité enzymatique et les effets tératogènes qui provoquent la rupture des équilibres biochimiques.

Nous allons citer les effets de quelques éléments métalliques sur le milieu marin.

7. 1. Le mercure (Hg) :

Très dangereux pour les êtres vivants. de 1956 à 1967, plus de 20 000 japonais ont été contaminés dont 4 500 gravement, 857 personnes sont mortes et les personnes les plus atteintes souffrent de troubles nerveux, c'est le tragique accident qui s'est produit dans la baie de Minamata au Japon. Les riverains consommaient du poisson pêché dans la baie et où se trouvait l'usine de chisso, qui pour synthétiser de l'acétylaldéhyde, utilisait le chlorure de mercure comme catalyseur ; résultat contamination de la chaîne trophique et au bout se trouve l'homme.

Au niveau du plancton le mercure (Hg) et surtout les composés organomercuriels réduisent la photosynthèse du phytoplancton à partir de concentration de 0,1 ppb (Hariss et al, 1970).

7. 2. Le zinc (Zn) :

Il devient toxique pour l'homme à partir de 0,4 mg / l (Halsted, 1970), l'ingestion des sels de zinc soluble peut affecter le tube digestif. Toutefois, le caractère non cumulatif du zinc dans l'organisme humain le rend peu nocif.

7. 3. Le cuivre (Cu) :

Le cuivre est directement excrété après ingestion de produits contaminés afin de ne pas provoquer une lésion sérieuse. Des concentrations de l'ordre de 10^2 ppm seraient capables d'affecter la photosynthèse et la croissance des algues (Martin et al, 1974).

7. 4. Le chrome (Cr) :

Sa forme hexavalente est la plus toxique pour les organismes. Elle provoquerait diverses lésions cancéreuses chez les poissons.

Chez les larves d'huîtres la dose létale est comprise entre 5 et 10 mg / l (Martin et al, 1974).

7. 5. Le manganèse (Mn) :

Il est concentré dans les coquilles. Les larves d'huîtres seraient tuées à partir des concentrations voisines de 15 μ g / l (Martin et al, 1974).

Les concentrations encore plus basses seraient nocives pour les algues. Chez l'homme l'ingestion des produits pollués ne présente pas de risques majeurs.

8. Les paramètres physico-chimiques :

8. 1. L'oxygène dissous :

C'est un élément indispensable pour la vie marine et l'ensemble des écosystèmes aérobies. Il favorise le phénomène d'oxydation le long de la colonne d'eau.

Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau dépendent des facteurs physiques (T°c et S (p.s.u)), biologiques (photosynthèse, respiration) et chimique (oxydation chimique).

8. 2. La température :

C'est un paramètre physique très important qui permet l'identification des masses d'eau, ainsi que l'étude de leur mélange.

Ce paramètre peut agir directement sur la sédimentation, son élévation entraîne une diminution de la viscosité de l'eau, favorisant ainsi une sédimentation rapide. La variation de la température des eaux superficielles dépend de celle de l'atmosphère -

8. 3. La salinité :

C'est une caractéristique importante de l'eau de mer elle aussi, Sørensen (1902) *in* (Aminot, 1983) définit la salinité comme étant la masse, en grammes des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer quand les ions bromures et iodures sont remplacés par leur équivalent de chlorure et que les carbonates sont convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée.

La salinité influe sur la densité de l'eau de mer. Elle permet ainsi de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines diverses et de suivre leur mélange au large comme à la côte ou dans les estuaires.

8. 4. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH d'une eau exprime son acidité ou son alcalinité (basicité). Le pH de l'eau de mer est alcalin. Il est voisin de 8,2. Le pH varie en fonction de la teneur en gaz carbonique CO_2 (respiration, photosynthèse) ou en carbonates CO_3^{--} (précipitation, dissolution) et bicarbonates (HCO_3).

Pendant le jour, l'activité photosynthétique entraîne d'importantes variations de pH et cela par l'absorption intense de gaz carbonique et la précipitation des carbonates. Le mécanisme inverse intervient pendant la nuit.

9. La matière en suspension (M.E.S) :

9. 1. Définition :

Les M.E.S contenues dans l'eau de mer sont des matières minérales ou organiques, de tailles différentes, elles sont soit :

9. 1. 1. D'origine biogénique : c'est la matière organique vivante ou non vivante : les tissus organiques (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poisson...) , et excréments, ... etc.

9. 1. 2. Origine terrigène : apports fluviaux, les produits d'érosion des côtes, détritiques déversés par l'homme.

9. 1. 3. Origine éolienne : ce sont les aérosols transportés par les courants atmosphériques et qui tombent dans la mer.

9. 2. Les teneurs des eaux en M.E.S :

Les eaux côtières contiennent des quantités importantes en matières en suspension, liées aux apports fluviaux, à l'érosion des côtes, et aux déchets déversés par l'homme.

La teneur des eaux côtières en matières en suspension varie en fonction de la proximité des oueds et de leurs débits, de la nature des côtes, de l'état d'agitation de la mer et de l'activité industrielle.

Au large, la teneur de l'eau de mer en matière en suspension est essentiellement fonction des activités photosynthétiques et biologiques, ainsi que les apports éoliens.

Les teneurs des eaux de mer en M.E.S varient en fonction des saisons, en effet, au printemps et été : la fraction organique est élevée à cause de l'activité

biologique importante, par contre en hivers : la fraction minérale doit être importante à cause de l'apport continental par les crues.

9. 3. Adsorption des métaux sur la matière en suspension :

Jenne (1968), mit en évidence le rôle dominant des hydroxydes de fer et de manganèse dans le contrôle des concentrations des métaux en transition dans les eaux. Ceci serait dû aux capacités adsorbantes des oxydes.

Les oxydes de Fer colloïdaux sont capables de retenir des charges positives jusqu'à un pH de 8 environ. La sélectivité de l'adsorption est la suivante : $Pb > Cu > Zn > Ni > CO > Hg$. La quantité adsorbée augmente avec le pH.

L'oxyde de manganèse ($Mn O_2$), selon Guy et al (1975), est capable de jouer un rôle important dans le phénomène d'adsorption. Cependant, en milieu marin où la concentration en chlorure est importante, la formation de chlorocomplexes limite cette adsorption.

Mc Duffie et al (1976), ont étudié les propriétés adsorbantes des argiles vis à vis des métaux et ont suggérés qu'en règle générale, l'adsorption augmente avec le pH et diminue avec la force ionique.

Chapitre II

DESCRIPTION DU SITE

DESCRIPTION DU SITE

1. Situation géographique :

La baie de Bou-Ismaïl se situe à l'Ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza, elle s'étend de 2° 25' à l'Ouest à 2° 55' à l'Est. Son ouverture est d'environ 40 Km. Elle couvre une surface de l'ordre de 350 Km².

La baie de Bou-Ismaïl est orientée de Sud - Ouest à Nord - Est, et est délimitée par Ras Acrata à l'Est de Sidi-Fredj, et le Mont du Chénoua à l'Ouest, la plaine de la mitidja au sud et la mer Méditerranée au Nord (Fig. 4).

Dans la baie de Bou-Ismaïl, le plateau continental est peu développé, la valeur extrême est rencontrée au niveau du Mont Chénoua, soit 7 milles, puis il se rétrécit progressivement et atteint 1,5 milles en face de Sidi-Fredj (Braïk, 1989).

2. la sédimentologie :

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par des sédiments uniformes (Coumes et Ronsseau, 1967). Au delà de 30m de profondeur, ces sédiments deviennent rapidement homogènes dans presque l'ensemble de la baie, ce ne sont que les sédiments côtiers qui présentent les aspects les plus divers en raison des apports terrigènes, de l'agitation des eaux et de l'activité biologique. Les sables fins cités par Dagne (1970), font partie de la catégorie des sables (0,04 et 1mm) infralittoraux. Leclair (1972) les qualifie de sables fins très quartzeux (Fig. 5), formant une succession de belles plages de Douaouda à Ras Acrata. Ces sables côtiers à double origine (terrigène et biotastique) se chargent progressivement vers le large, en matériel argileux détritique et passent successivement à des Sables vaseux et des vases sableuses surtout à l'Est de la baie, pour donner des vasières qui prédominent à l'Ouest de la baie (Dagne, 1970).

Aït-Kaci et Paul (1981, 1983), mettent en évidence le rôle de l'oued Mazafran dans la sédimentation fine dans la baie de Bou-Ismaïl, ainsi que les apports en suspension saisonniers transportés par cet oued.

Entre Fouka et Bou-Ismaïl, le sable grossier prédomine, les sables moyens succèdent aux sables fins dans la baie d'El-Djamila, et au sable grossier en face de Bou-Ismaïl et au large du Chenoua.

D'après les études faites par Muraour et Hollands (1951) et Durand (1952, 1958), sur quelques sédiments de la baie, la bordure rocheuse de Tipaza à Khmesti est constituée de gré calcaire. Sur le prolongement de la bordure, le sable se mêle à des algues calcaires et à des débris de coquilles de mollusques et de tests d'oursins. De Bou-ismail à Sidi-fredj nous trouvons des plages d'algues calcaires, des coquilles et des débris d'oursins.

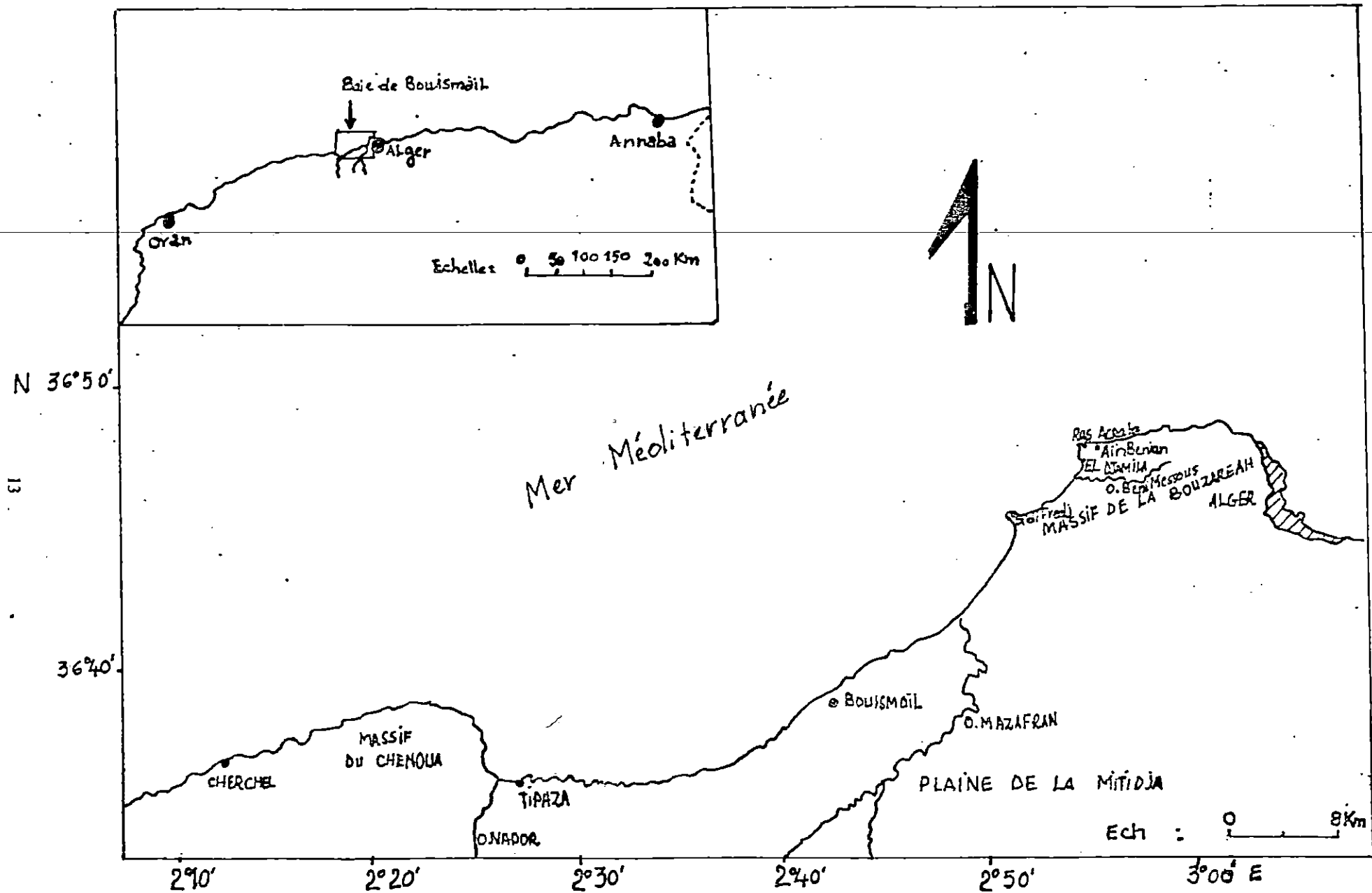


Fig. 4 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.

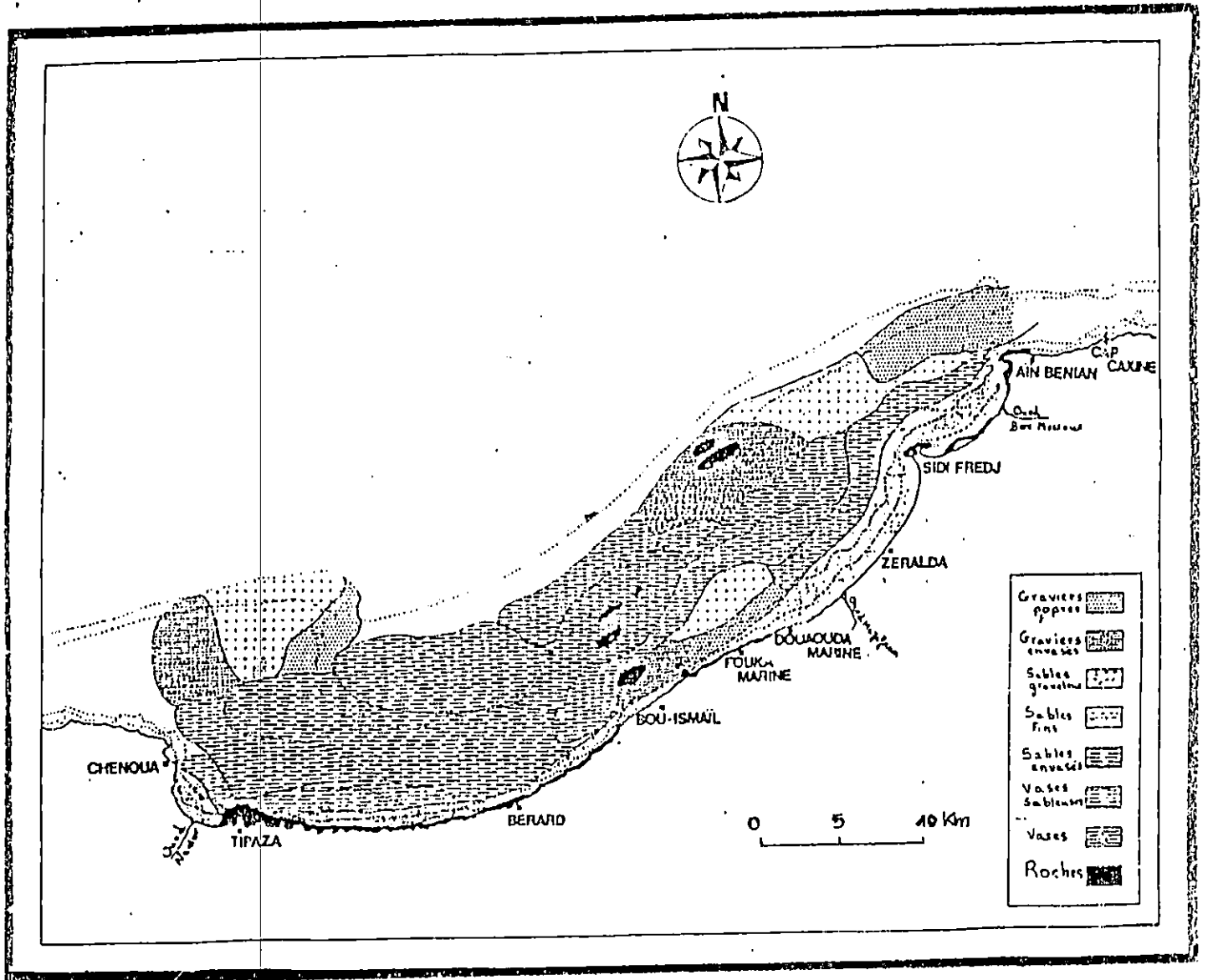


Fig. 5 : Carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl.

3. Réseau hydrographique :

Selon Braïk (1989) les cours d'eau Algériens et du Maghreb d'une manière générale sont tributaires d'un climat Méditerranéen à 2 saisons.

En été les lits des oueds sont quasiment à sec ou se réduisent à de simples filets d'eau. Par contre ils connaissent des crues très violentes pendant la saison d'hivers.

Les principaux oueds qui se déversent dans la baie de Bou-Ismaïl sont au nombre de trois (03) et sont perpendiculaires à la côte (Fig. 6).

3. 1. Oued Mazafran :

Situé à l'ouest de Sidi-Fredj, l'oued Mazafran est formé par la ramification des oueds Djer, Chiffa et Bou-Roumi, il prend sa source de la plaine de la Mitidja. L'oued débouche entre Zéralda et Douaouda. Son débit est estimé à environs $13,8 \text{ m}^3 / \text{s}$, et couvre une superficie de 600 Km^2 .

Chaque année une grande masse de matériaux arrachés à l'atlas Blidén est charriée par l'oued Mazafran, ceci est représenté dans le tableau N°2 - Il en ressort que pendant la saison hivernale, le débit solide de l'oued Mazafran est plus important que pour la saison estivale dont le débit est quasiment nul -

3. 2. Oued Nador :

Situé dans la partie occidentale de la baie, il prend son origine à partir de la cluse de Tipaza avant de déboucher dans la petite baie de Chénoua. Il est formé par la réunion des oueds suivants :

“ oued Bou-yersen, Bou-Ardoun et oued Meurad ”.

Son bassin versant a une superficie de l'ordre de 200 à 230 Km^2 .

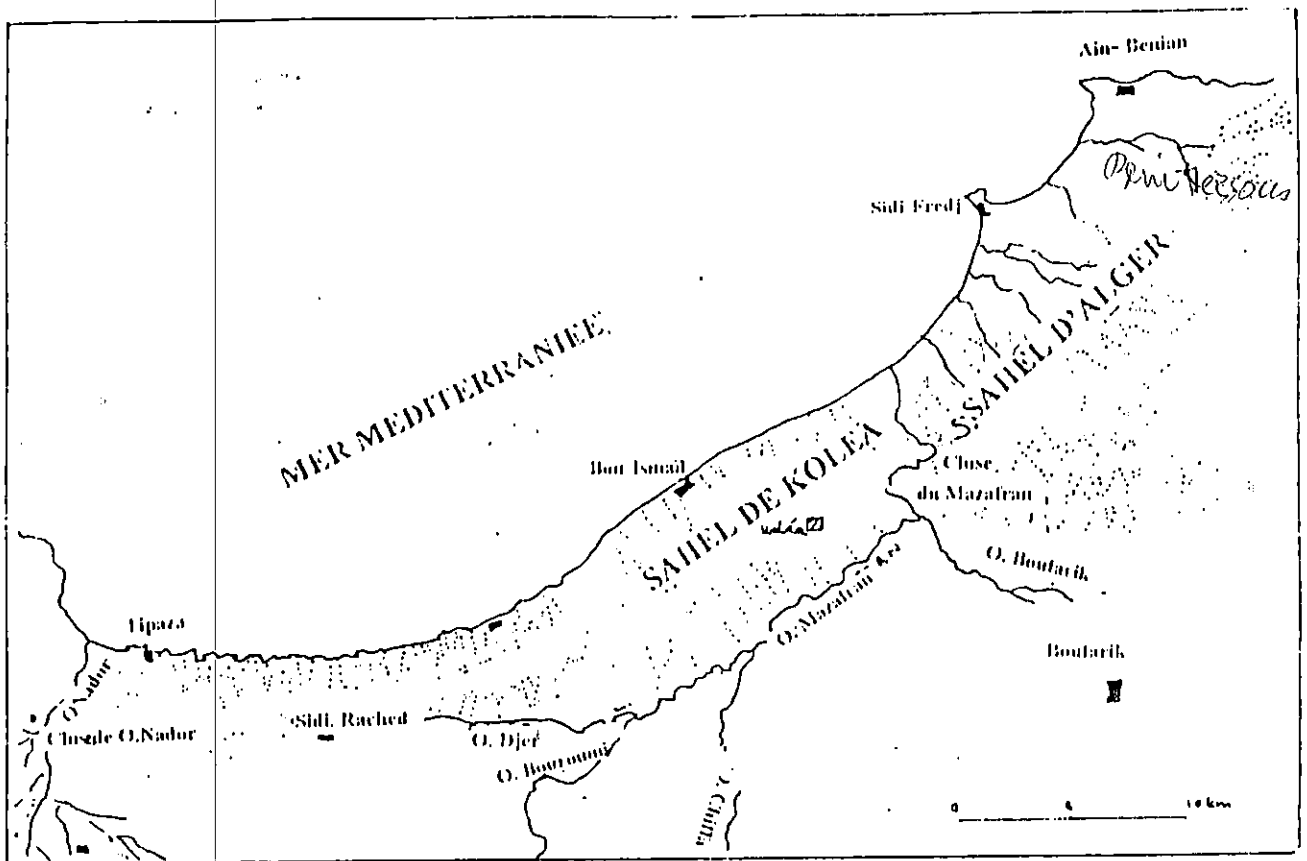


Fig. 6 : Réseaux hydrographiques du bassin versant des oueds de la baie de Bou-Ismaïl.

Tab.n° 2 : Débit solide moyen (g / l) de l'oued Mazafran relevé à la station fer à cheval (d'après l'A.N.R.H, 1996).

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Année												
79	5,08	3,75	8,73	0	0	0	0	0	26	1,36	6,28	4,54
80	16,24	1,83	8,09	4,57	5,36	0	0	0	0	0	0	13,62
81	2,89	12,85	2,99	0,7	1,01	0	0	0	0	0	0	0
82	2,89	6,25	2,53	0,88	1,09	0	0	0	0	0	11,12	11,41
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,67
84	2,52	10,15	0,56	1,24	0	0	0	0	4,15	3,5	5,85	3,6
85	2,55	13,55	5,41	0	1,94	0	0	0	---	---	---	---
86	18,45	8,27	12,2	0	0	0	---	---	---	---	---	---
88	---	---	---	---	---	---	0	0	16,4	0	0,09	11,24
89	0,27	0	10,98	0,43	0	0	---	---	---	---	---	---

(---) sans données.

3. 3. Oued Beni-Messous :

Il est situé à 30 Km à l'Ouest d'Alger, entre le Ras Acrata et le pointement de Sidi-Fredj sur une distance de 4 Km. L'oued débouche au niveau d'une mini baie appelée "les Dûnes" qui fait partie de la baie d'El Djamila. Il est d'une longueur de 11 Km.

L'oued traverse les communes de Beni-Messous et Chéraga, ses eaux sont chargées des rejets d'origine domestiques et industrielles. Son débit est faible par rapport aux débits des oueds précédemment cités, et estimé à $0,245 \text{ m}^3 / \text{s}$.

4. Les facteurs hydrodynamiques et climatique :

4. 1. Les courants :

La Méditerranée est un bassin semi-fermé avec une ouverture naturelle (Gibraltar) sur l'océan Atlantique et une autre ouverture artificielle (le canal de Suez) sur la mer rouge (océan Indien).

La largeur du détroit de Gibraltar est de 14,5 Km et sa profondeur avoisine 160m, ce qui rend les échanges difficiles avec l'océan Atlantique.

Un manque de précipitations, lié à la position géographique fait de la Méditerranée un bassin de concentration. Il se crée un déficit hydrique compensé par une entrée d'eau à Gibraltar. Ce flux océanique appelé d'abord courant atlantique pénètre sous forme d'un flot formant des tourbillons au niveau de la mer d'Alboran, puis selon Millot et al (1989), il quitte la côte espagnole près d'Almeria en direction de la côte Algérienne qu'il atteint près d'Oran à environ 1° W . il porte alors le nom de courant Algérien à cause des caractéristiques spécifiques (Fig. 7).

En effet, il est très instable au cours de son déplacement vers l'Est, il donne naissance dès $1 - 2^\circ \text{ E}$ à des tourbillons d'échelle moyenne (50 Km de diamètre) cycloniques et anticycloniques et à des Upwellings qui sont advectés le long de la côte à une vitesse de quelques Km par jour, parfois pendant plusieurs mois comme dans un système de roues à aubes. Quelque soit la situation hydrodynamique générale, les tourbillons induisent continuellement des phénomènes secondaires tels que l'entraînement des eaux, les structures en forme de champignons, des boucles cycloniques et des langues d'eau froides côtières (Millot et Al, 1989).

4. 2. Les houles :

D'une manière générale la houle est définie comme une oscillation de la partie superficielle du plan d'eau, et dépend du régime des vents .

Les houles hivernales sont de direction Ouest et Nord-Ouest et les houles estivales sont de direction Nord-Est. En hiver, les houles du secteur Ouest et Nord - Ouest, arrivent perpendiculairement à la côte et engendrent des courants de retour, distribuant ainsi les sédiments côtiers vers le large (Kadari - Meziane, 1994). En été, les houles essentiellement de direction nord-est

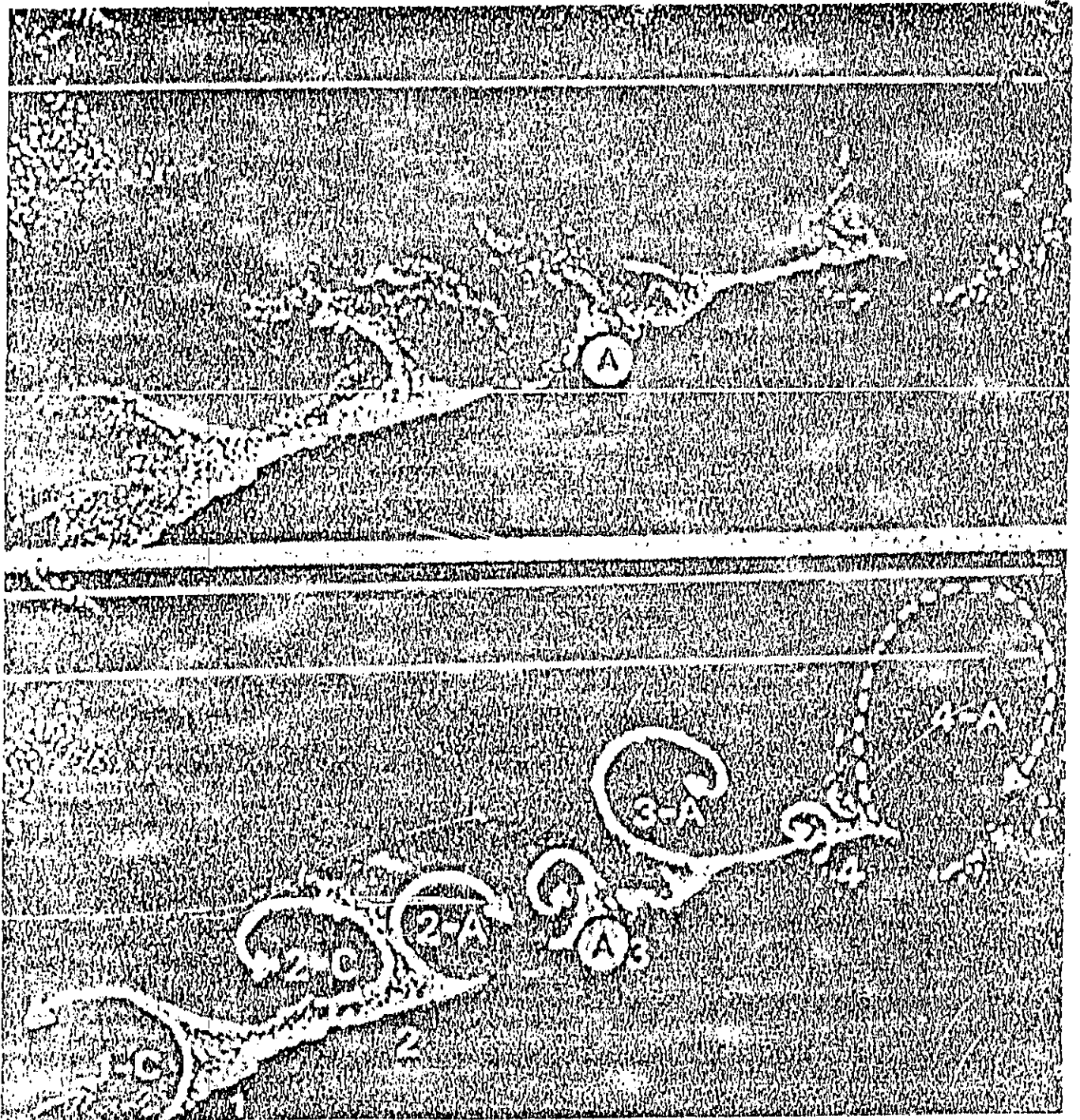


Fig. 7 : Circulation des eaux d'origine Atlantique dans le bassin occidental de la Méditerranée (Millot, 1989).

s'orientent tangentiellement par rapport à la côte, entraînant une dérive littorale de l'Est vers le sud-ouest et s'accompagnent d'un transfert des sédiments (Braïk, 1989), qui engraisent le rivage.

4. 3. La température atmosphérique :

Au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et selon la figure (8), établie par Korichi (1988), nous pouvons distinguer deux (02) périodes :

- une période chaude d'Avril à Octobre.
- une période froide de Novembre à Mars.

4. 4. Les précipitations :

La figure (9), montrant l'évolution des moyennes mensuelles des précipitations à Bou-Ismaïl de 1983 à 1986, indique que la pluviosité de cette région est relativement élevée. Ceci est observé malgré l'absence totale ou presque totale de pluies de Juin à Septembre (Korichi, 1988).

Le tableau N° 3 présente les quantités mensuelles de précipitation relevées à la station de Bouharoun à partir de Janvier 1993 à Avril 1996, on constate que le maximum a été enregistré en Septembre 1994 et en Avril 1996 respectivement avec 108,9mm et 154,3mm.

On a aussi remarqué que pour l'année 1994, un déficit en pluie a été constaté.

4. 5. Les vents :

Braïk (1989) mit en évidence la prédominance des vents Nord, Nord-Ouest et Nord-Est dans la baie de Bou-Ismaïl - En hivers, les vents dominants sont du secteur Nord-Ouest à Nord, Nord-Ouest et généralement il y a une agitation quasi permanente -

En été, les vents dominants sont de secteur Nord-Est, la mer est calme ou peu agitée et la fréquence des vents Nord à Nord-Ouest demeure appréciable.

Tableau N° 3 : Quantités mensuelles de précipitations relevées à la station de Bouharoun (Année, 1993-1996).

Année	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	1993	10,07	84,05	14,2	62,9	34,7	00	0,5	2,1	25,3	22,7	70,2	17,0
	1994	78,6	34,1	1,1	43,3	3,7	00	00	00	108,9	30,8	40,8	54,3
	1995	94,8	45,7	57,8	15,9	00	13,0	00	40,0	24,3	11,9	74,1	48,5
	1996	73,2	85,6	39,2	154,3	/	/	/	/	/	/	/	/

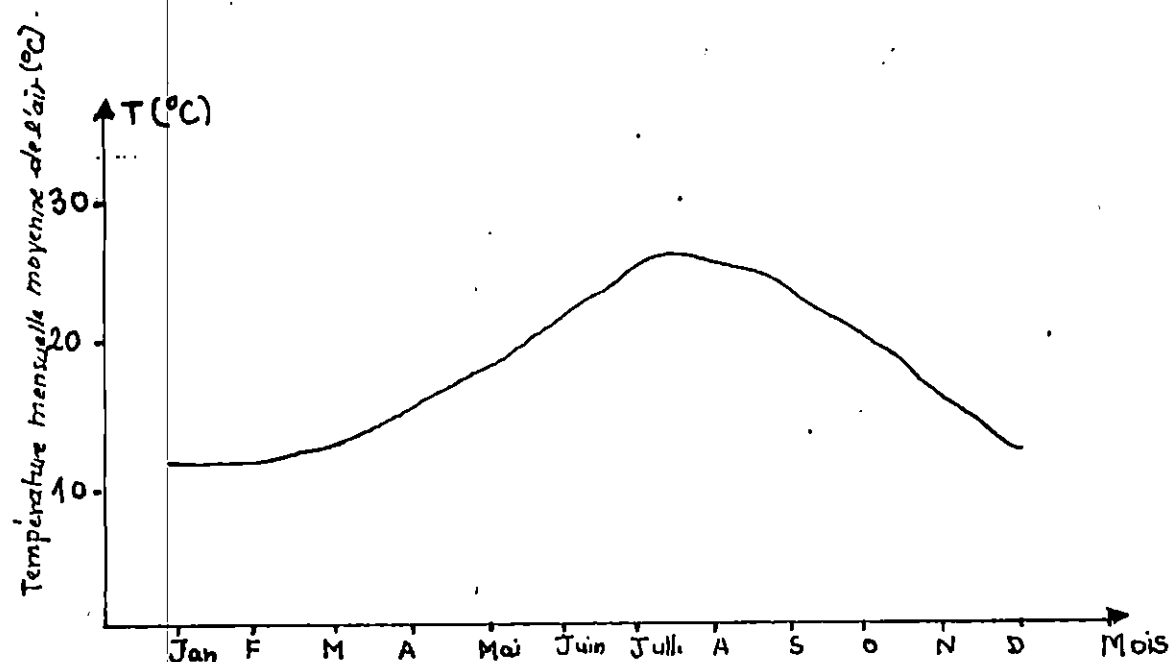


Fig. 8 : Evolution des moyennes mensuelles de la température de l'air à Bou-Ismaïl (Statistiques sur 4 ans entre 1983 et 1986) à la station météorologique de Tipaza (KORICHI, 1988).

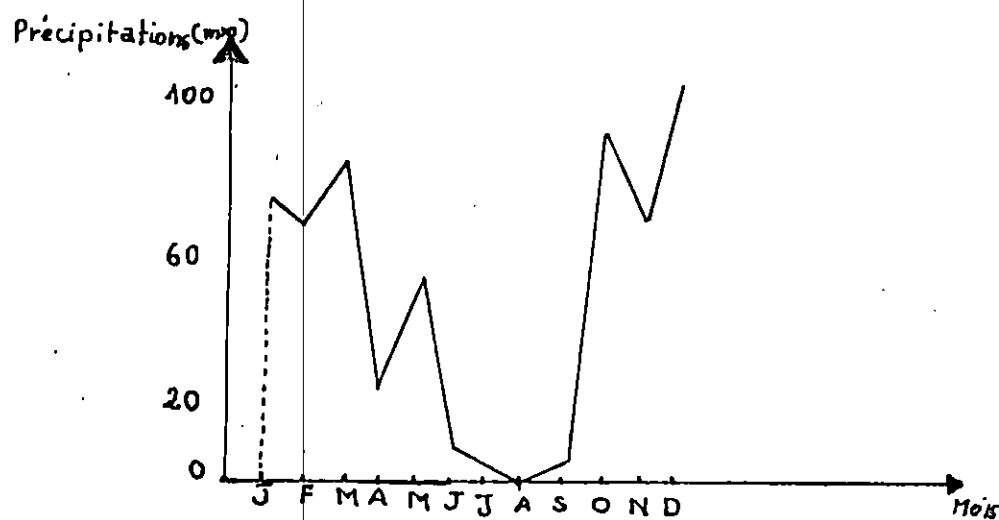


Fig. 9 : Evolution des moyennes mensuelles des précipitations à Bou-Ismaïl. (Statistiques sur 4 ans entre 1983 et 1986) à la station météorologique de Tipaza (KORICHI, 1988).

5. Les sources potentielles de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl

la pollution en baie de Bou-Ismaïl est principalement de type domestique. La baie est soumise aux rejets d'eaux usées domestiques issues des agglomérations et villes côtières ainsi que les complexes touristiques surtout en période estivale.

L'absence d'unités industrielles importantes expliquent les résultats obtenus par Asso (1982) concernant les faibles concentrations en métaux lourds présents dans certains organismes marins de la baie.

Les principales industries qui se trouvent dans la région de Bou-Ismaïl sont indiquées dans le tableau N° 4.

Tableau N° 4 : principales industries dans la région de Bou-Ismaïl.

Industries textiles	Cuirs et peaux	Papeteries	Plastiques / caouthax et verre
Ain Bénian (28)	Staoueli (01)	Fouka (01)	Ain Bénian (03)
Douaouda (02)	Bou-Ismaïl (02)	Zéralda (01)	Staoueli (03)
Fouka (04)	Ain Bénian (01)		Bou-Ismaïl (01)
Bou-Ismaïl (08)			Fouka (02)
Bouharoun (03)			

Source : chambre de commerce Tipaza (1991) in Sellali (1996).

Les principaux oueds qui se déversent dans la baie de Bou-Ismaïl sont aussi une source de pollution, ils drainent vers la mer les eaux de lessivage des terres agricoles chargées de résidus de fertilisant, de pesticide, et les eaux des agglomérations avoisinantes. Ainsi, une étude menée par les services de secrétariat d'état aux forêts et à la mise en valeur des terres (A.N.P.E) en (Mai, 1983) in (Oueld Hocine et Hedrougue, 1993) a recensé 99 unités pour la fertilisation des sols, elles utilisent des produits phytopharmaceutiques tels que les organochlorés, engrais à base de nitrates, phosphates et potassium ou produits à base de cuivre. Les plus importantes sont les suivantes :

- Base centrale logistique de Beni Mered (rejets de cyanure, chrome, nickel et cuivre).
- Office nationale des aliments de bétail d'Attatba.
- Unité Satti de Koléa (utilisation de 44 colorants et 22 produits chimiques).
- Unité de tissage.
- Finissage et teinturerie utilisant des produits chimiques tels que les colorants à base de métaux (chrome etc ...).

En ce qui concerne les agglomérations urbaines, les eaux usées de Béni Mered, Attatba, Mozaïa et Koléa sont déversées directement à la mer soit par un réseau d'égout ou émissaires, ou par l'intermédiaire d'oueds recevant les effluents urbains et industrielles et drainant les eaux de ruissellement des régions traversées. Ces rejets subissent toutefois, une dégradation naturelle par l'eau douce, ceci permettra de réduire leurs effets.

6. Choix et localisation des stations :

18 stations suivant 7 radiales ont été localisées dans la baie de Bou-Ismaïl entre les isobathes -20 et -30 m, certaines ont été établies sur l'isobate -100m, on précise aussi qu'une station se trouvant plus au large a été prise approximativement à - 200 m (Fig. 10).

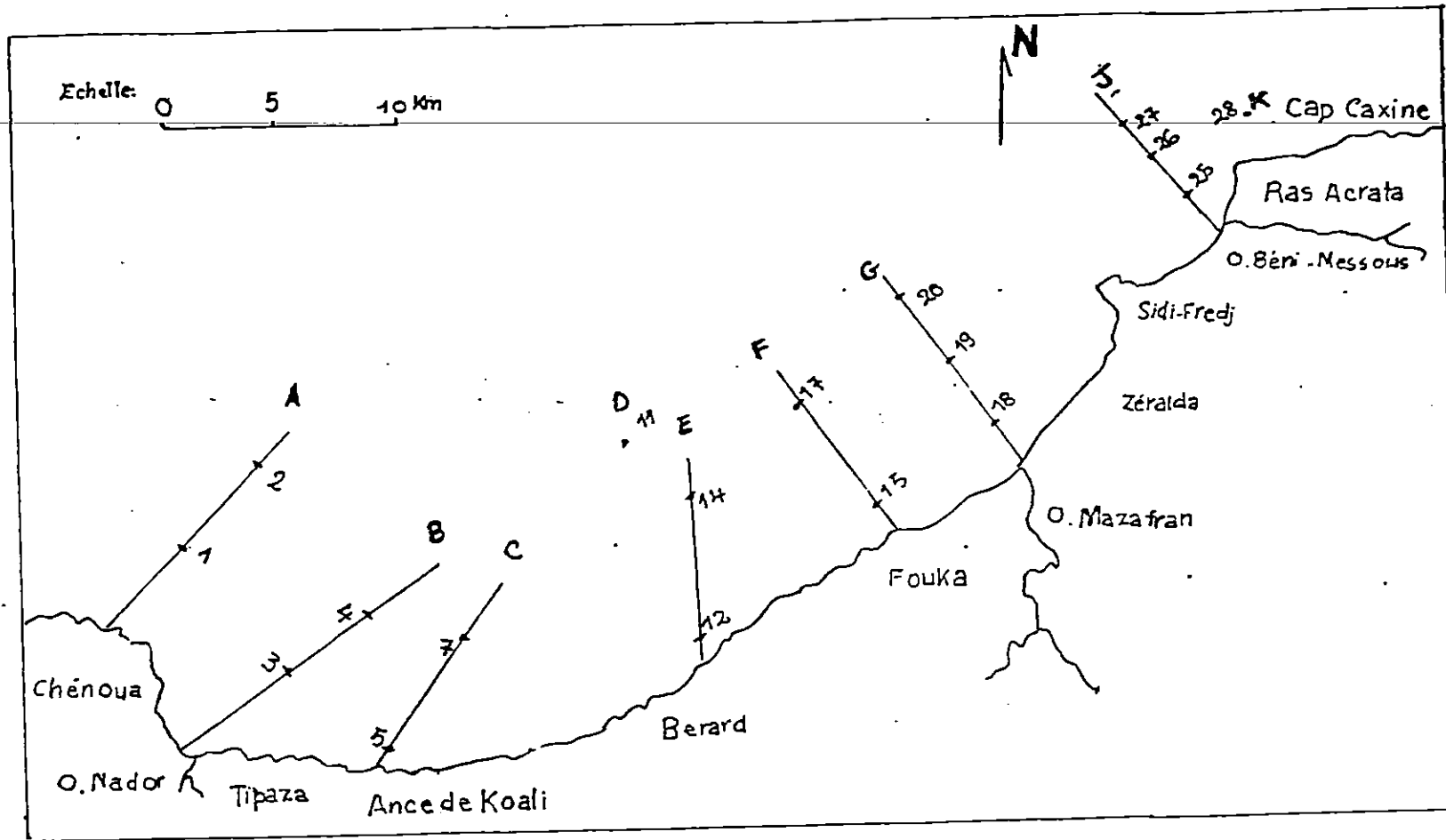
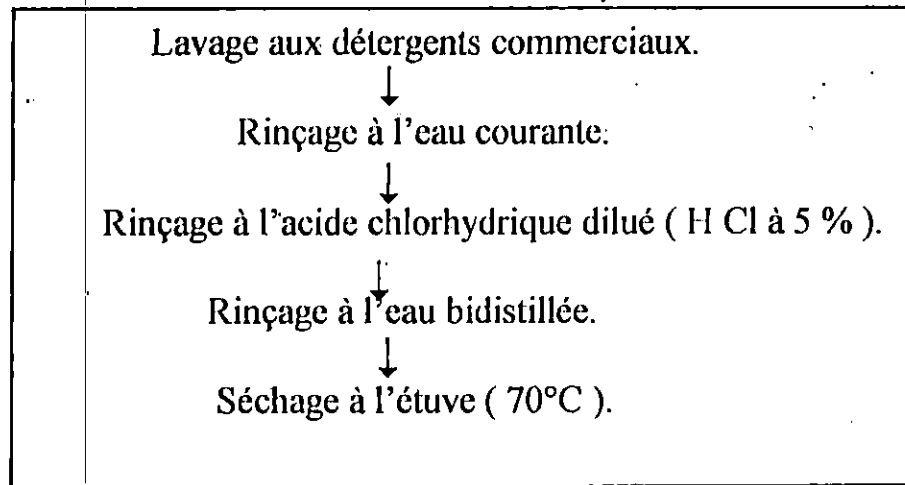


Fig. 10 : Localisation des stations de prélèvement.

Chapitre III :

MATERIEL ET METHODES



II- Travaux effectués en mer :

Les travaux de prélèvement de l'eau de mer et de sédiment ont été exécutés à bord du navire océanographique "M.S Benyahia" de l'institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral par le laboratoire de chimie et pollution marines entre le 29 et 30 Mai 1996.

Les prélèvements d'eau pour la filtration de la MES sont effectués en surface à 1m de profondeur. Ces stations ont été positionnées à l'aide d'un GPS (global positionnement système) en fonction des sources de pollution. Elles sont au nombre de 18 stations réparties sur 10 radiales à des profondeurs de 20m, 50m et 100m.

Les prélèvements des sédiments sont réalisés en face des embouchures des oueds (Nador, Mazafran et Beni messous), et en face de Berard.

Les stations de prélèvement sont représentées dans la figure.(11).

II- 1- Prélèvement :

II- 1- 1- Eau de Mer :

Pour tout prélèvement et pour chaque station on a utilisé des bouteilles de prélèvement de type "Van - Dorm" de capacité de 2,8 L. Une capacité est destinée aux mesures à bord des paramètres physico-chimiques (Température , salinité, potentiel d'hydrogène et l'oxygène dissous).

L'autre partie de l'eau de mer est transvasée dans des flacons en polyéthylène destiné à la filtration pour la mesure de la MES et au dosage de quelques métaux lourds.

II- 1- 1- A- Mesure des paramètres physico-chimiques :

La mesure des paramètres physico-chimiques a été réalisée par des appareils de terrain :

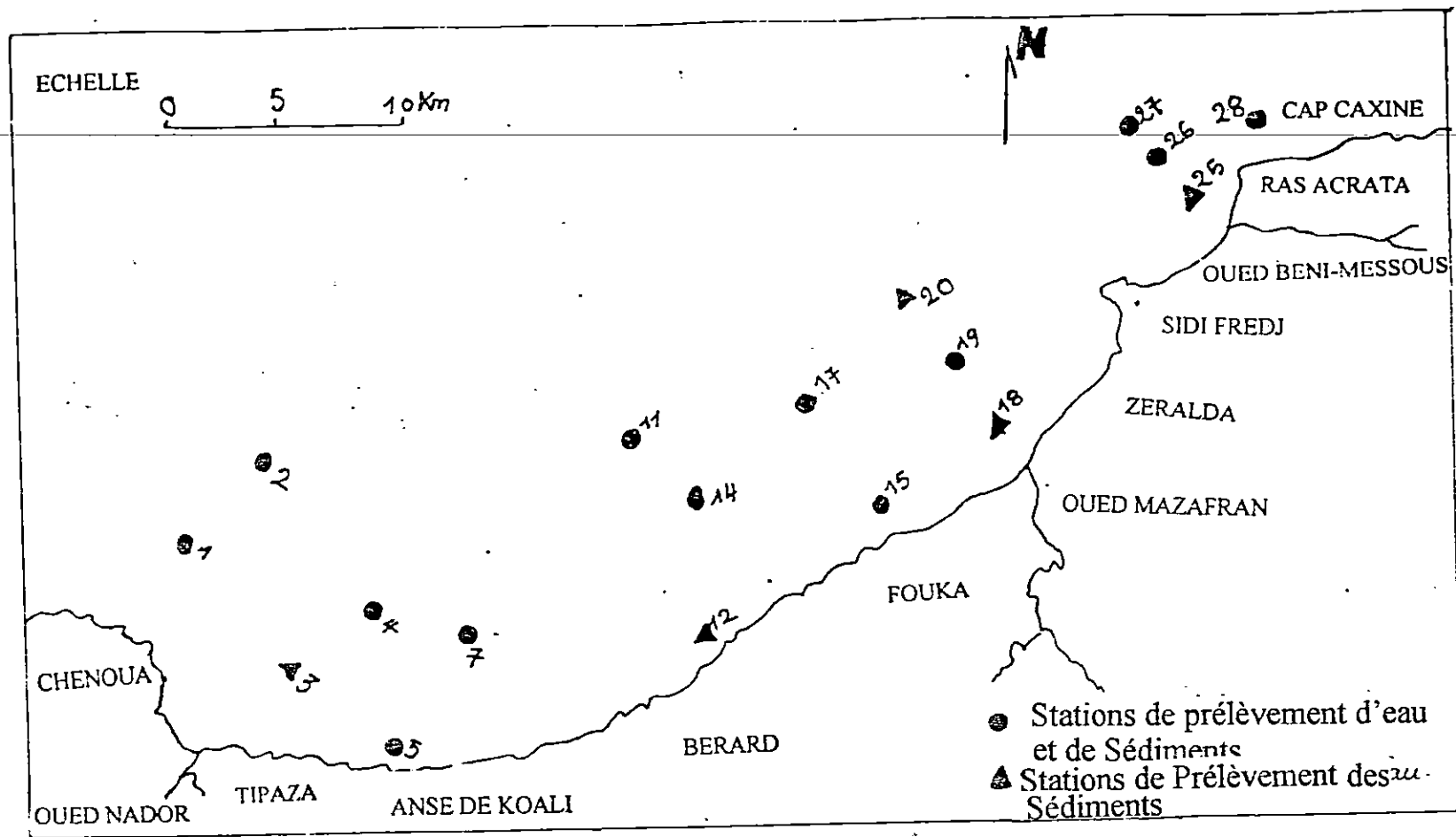


Fig. 11: Stations de Prélèvement des échantillons

- Un salinomètre (type M.C.5) pour mesurer la salinité. Cet appareil nous donne d'abord la température en degré Celsius, puis la salinité en P.S.U.
- Un pH-mètre de type "METROM 605" nous affiche les valeurs de potentiel d'hydrogène.
- Un oxymètre type "WT OXI 92", mentionne la teneur en oxygène et la température (on prend d'abord la température en °C puis l'oxygène dissous en mg/l).

II- 1- 1- b- Filtration :

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer à bord sur membrane filtrante afin de retenir toutes les particules en suspension (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Les filtres utilisés sont de type millipores (HA, 0,45 μm).

Avant la filtration, ces filtres sont conditionnés : rinçage à l'eau acidulée (H Cl à 5 %), puis à l'eau bidistillée et séchage à l'étuve.

Ensuite ils sont pesés, soit P_1 le poids du filtre avant filtration.

Le système de filtration est représenté dans la Figure (12).

II- 1- 2- Sédiment :

Les prélèvements des sédiments sont réalisés à l'aide d'une benne inoxydable de type "Van-Veen" (Fig. 13).

Afin d'éviter le contact avec les parois de la benne, le prélèvement du sédiment est effectué grâce à une spatule inoxydable du cœur du sédiment ramené par la benne.

Enfin les échantillons sont recueillis dans des sachets en plastique bien fermés et étiquetés.

II- 2- Conservation des échantillons par congélation :

Les échantillons (filtres, sédiments) sont directement conservés à basse température (-18°C) afin d'éviter toute perte d'éléments volatiles et toute modification biologique.

III- Travaux effectués au laboratoire :

III- 1- Prétraitement des échantillons destinés aux analyses des métaux lourds :

III- 1- a- Les filtres :

Une fois congelés, les boîtes contenant les filtres sans couvercles sont remises au lyophilisateur pendant 48h, à une température -40°C , et une pression de 0,1 bars.

La lyophilisation c'est la déshydratation par sublimation (passage de la phase solide à la phase gazeuse sans passer par la phase liquide).

La lyophilisation est beaucoup plus fiable que la déshydratation à l'étuve, elle permet d'éviter l'évaporation des éléments les plus volatiles tels que le mercure et le plomb.

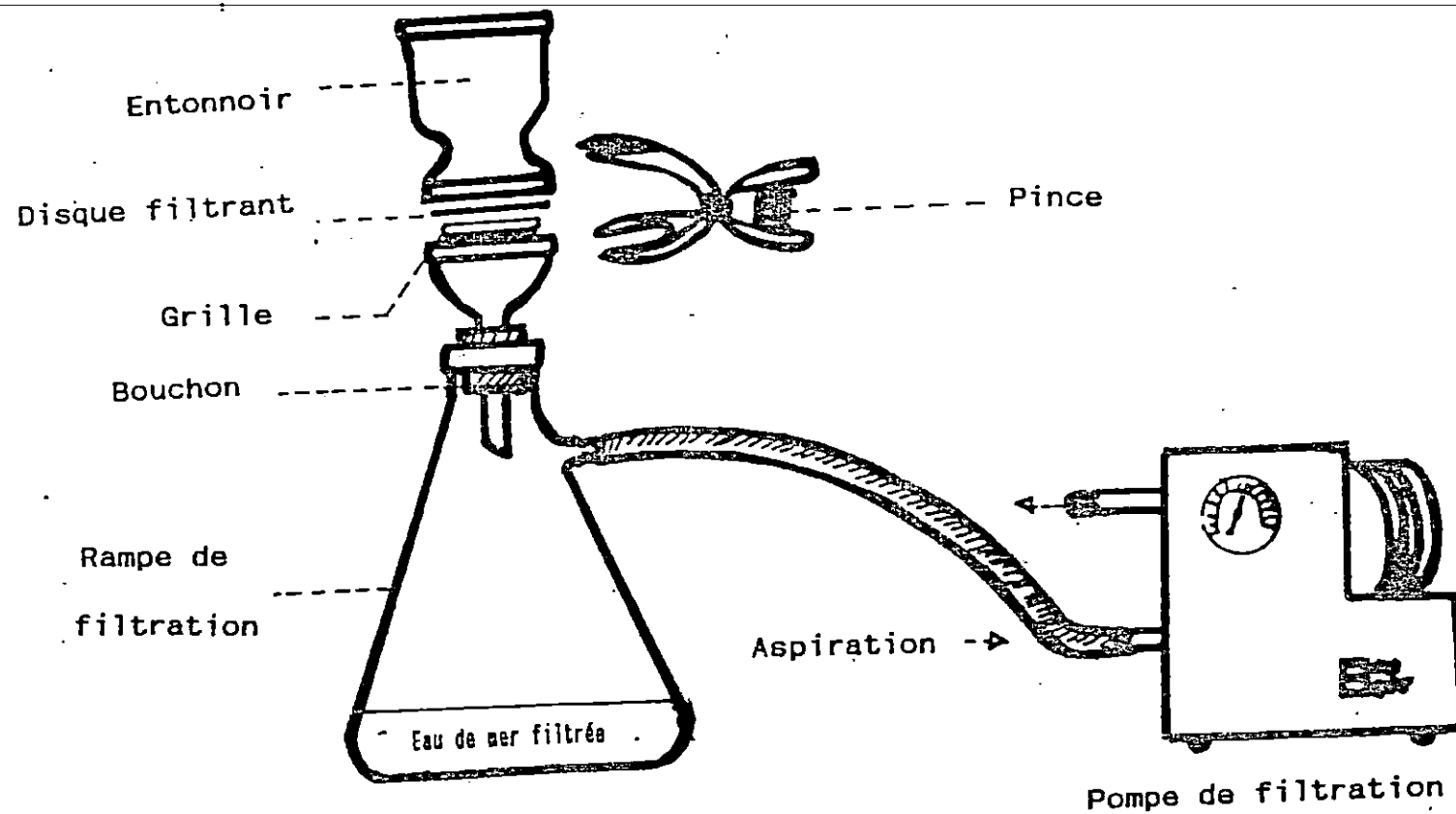
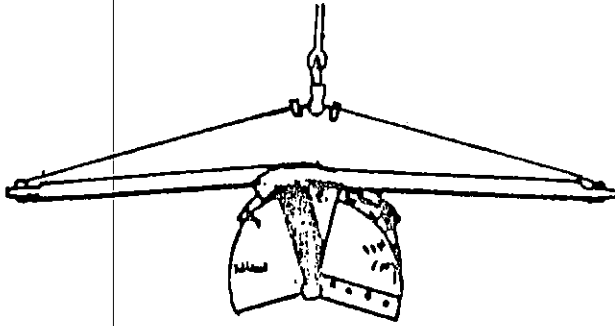
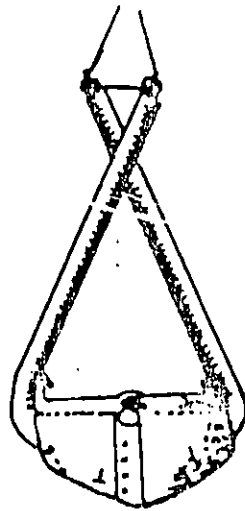


Fig. 12 : Un ensemble complet pour la Filtration.



a : position ouverte
(armée).



b : position fermée.

Fig. 13 : Schéma du fonctionnement de la benne " VAN VEEN ".

Une fois lyophilisés, les filtres sont pesés une deuxième fois (P_2) et sont ensuite placés dans un dessiccateur.

La matière en suspension est déterminée par l'expression suivante :

$$[\text{M. E. S}]_{\text{mg/v}} = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

Soit : P_1 : Poids du filtre avant filtration.

P_2 : Poids du filtre après filtration.

V : Volume filtré en litre.

III- 1- b- Le sédiment :

Une fois au laboratoire, les échantillons des sédiments sont divisés en trois parties : la première partie pour la détermination du taux de la matière organique, la deuxième pour l'estimation du taux de Carbonates, et enfin une partie importante pour l'analyse des métaux lourds.

III- 1- b- 1- Traitement de la matière organique :

L'évaluation de la teneur en matière organique du sédiment se fait par la méthode de perte au feu (Rodier, 1984).

Les sédiments sont traités selon les étapes suivantes :

- décongélation du sédiment.
- peser les creusets.
- peser les creusets avec les sédiments (Poids frais).
- séchage à l'étuve pendant une nuit à 70°C.
- peser le poids sec (P₂).
- incinération des creusets dans un four à moufle à 600°C pendant 2 heures.
- On aura la matière minérale du poids P₁.

La différence du poids avant et après l'incinération rapportée à un pourcentage, permet d'obtenir le taux de matière organique dans le sédiment qui est donnée par la formule suivante :

$$\text{M.O \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100$$

III- 1- b- 2- Traitement des carbonates :

La détermination de la teneur en calcaire du sédiment se fait à partir d'un poids donné de sédiment d'une fraction totale et d'une fraction inférieure à 63µm. Le sédiment est soumis à l'action de l'acide chlorhydrique(HCl) jusqu'à disparition totale de toute effervescence. Le sédiment décarbonaté est rincé plusieurs fois à l'eau distillée jusqu'à disparition de toute trace d'acide chlorhydrique, puis séché à l'étuve pendant 24h à 80°C. La différence entre le poids du sédiment brut et le poids du sédiment décarbonaté représente le poids du calcaire.

Le taux de carbonate existant dans le sédiment est donné par la formule suivante :

$$\text{Ca CO}_3 \% = \frac{(\text{Poids de sédiment brut} - \text{Poids de sédiment décarbonaté}) \times 100}{\text{Poids de sédiment brut}}$$

III- 1- b- 3- Traitement des sédiments destinés aux analyses des métaux lourds :

La méthodologie appliquée pour le traitement des échantillons destinés à l'analyse des métaux lourds est celle préconisée par CHARLOU et JOUANNY (1985) et UNEP / IAEA (1985 a, 1985 b et 1986).

Le traitement s'effectue à partir des opérations suivantes :

- Lyophilisation :

Le procédé consiste à éliminer l'eau dans l'échantillon, il nécessite une congélation préalable des échantillons. Ces derniers, une fois lyophilisés sont pesés, poids sec (Ps).

- Broyage :

Il se fait à l'aide d'un mortier en porcelaine, dans le but d'une séparation physique ou mécanique des différentes fractions du sédiment suivant leur dimension.

- Tamisage :

Le tamis utilisé est un tamis en inox de diamètre 63µm. la fraction fine récupérée après tamisage est stockée dans des piluliers en verre bien fermés.

- Homogénéisation :

Après tamisage, la fraction inférieure à 63 µm récupérée a été homogénéisée à l'aide d'un agitateur électrique, dans le but d'uniformiser la répartition des particules sédimentaires.

- Digestion :

La digestion ou minéralisation concerne, cette fois ci, les deux types d'échantillons (les sédiments et les filtres).

Avant l'analyse en spectrophotométrie d'absorption atomique, l'élément métallique doit subir une minéralisation pour faire passer l'élément considéré de toutes ses formes organiques et minérales à l'état libre. Le procédé se fait par attaque d'un acide fort : acide nitrique (HNO_3 à 65 %).

Nous avons utilisé pour la minéralisation le dispositif appelé bombe à Téflon (fig. 14). Permettant la récupération de l'élément trace.

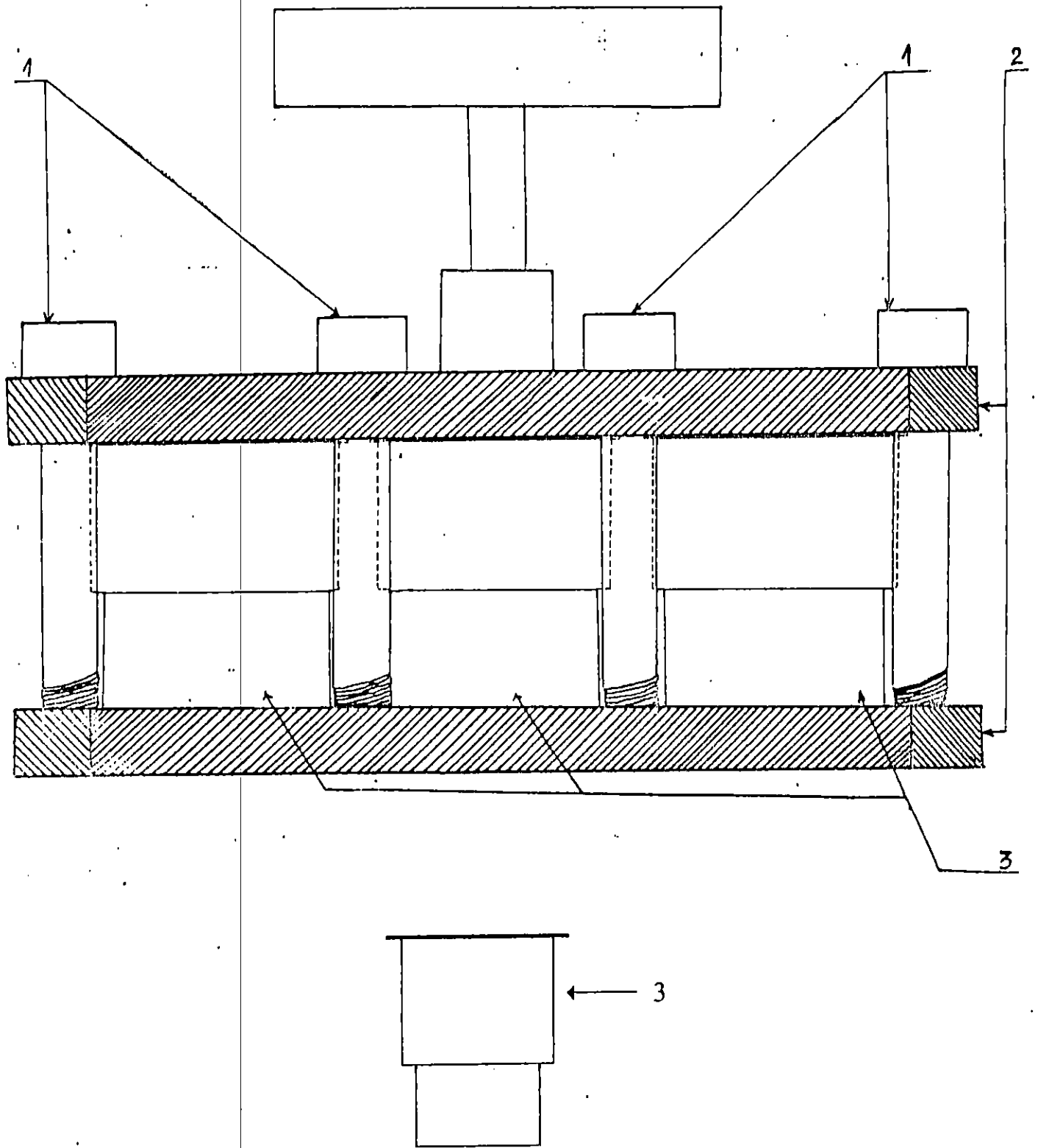
La bombe à Téflon est un bloc en acier dans lequel s'insèrent neuf godets en Téflon qui contiennent les échantillons. Dans chaque godet on introduit un filtre et 5 ml d'acide nitrique (HNO_3 à 65 %). Pour les sédiments on met 0,5 g de sédiment traité et 5 ml d'acide nitrique (HNO_3 à 65 %).

Un godet est réservé au blanc comme témoin dans lequel il nous suffit de mettre que 5 ml d'acide nitrique (HNO_3 à 65 %).

Un autre godet représente l'échantillon d'intercalibration (SDM_2/TM) fourni par l'AIEA de Monaco (France).

On visse le dispositif, on le remet à l'étuve à 70°C pendant une nuit. Une fois refroidi, le contenu des godets est filtré et dilué dans de l'eau bidistillée dans des fioles jaugées de 50 ml. La solution obtenue est prête à l'analyse.

Les différentes étapes de prélèvement de l'eau de mer ainsi que les sédiments jusqu'aux dilutions sont résumés dans la fig.(15).



- 1- Vice de serrage.
- 2- Plaque métallique.
- 3- Godet en Téflon

Fig. 14 : Bombe à Téflon.

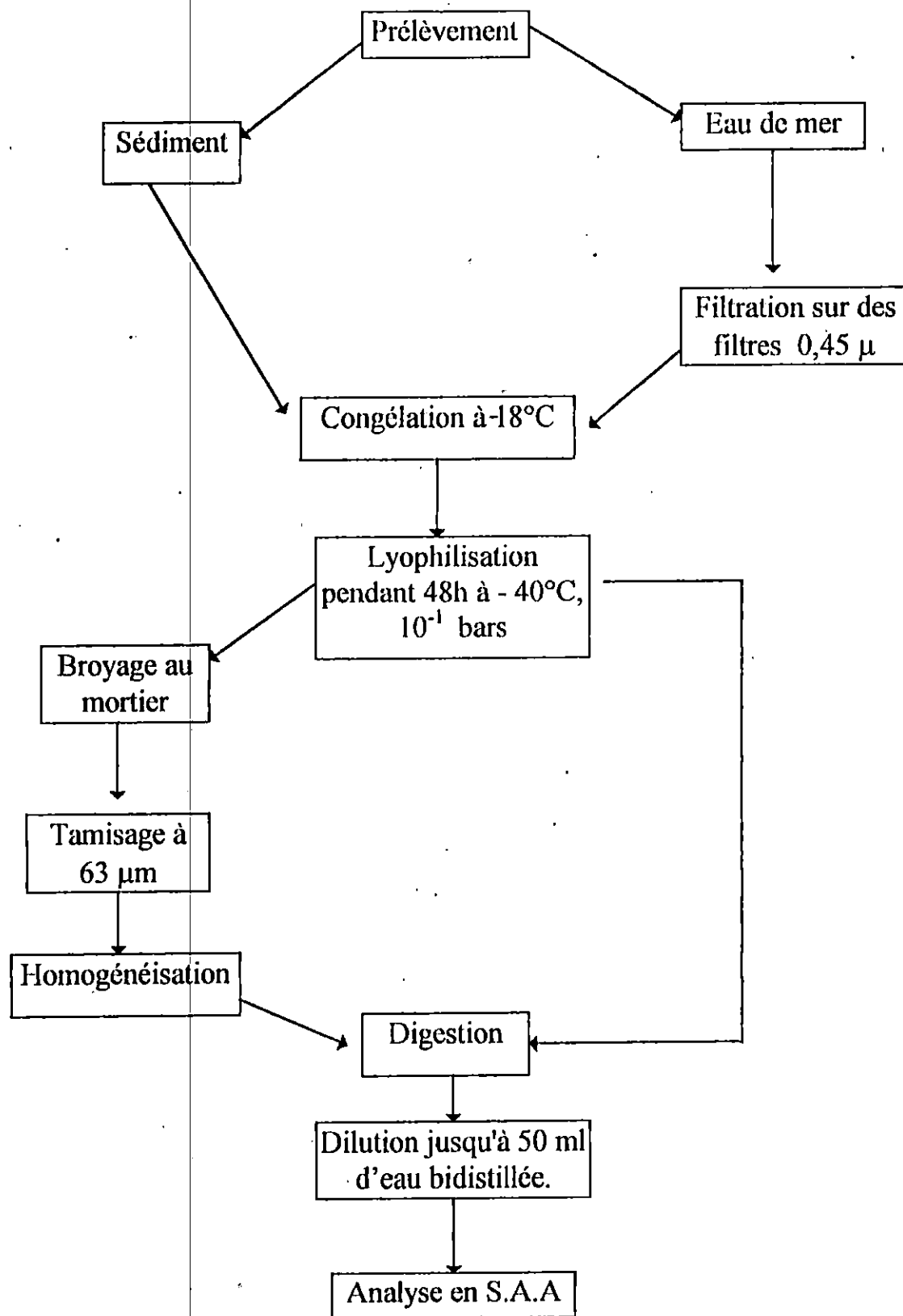


Fig. 15 : Schéma représentant les étapes du traitement des échantillons du prélèvement jusqu'à l'analyse.

IV - La spectrophotométrie d'absorption Atomique (S. A. A) :

Les métaux existants dans le milieu marin présentent des concentrations à l'état de trace, pour cela plusieurs méthodes sont utilisées pour leur détection: soit par spectrophotométrie d'absorption moléculaires, polarographie, activation neutronique, ou absorption moléculaire, polarographie, activation neutronique ou absorption Atomique et fluorescenceX.

Dans le but de déterminer les concentrations des éléments étudiés, pour nos dosages l'analyse est menée par la spectrophotométrie d'absorption atomique (S. A. A) type PERKIN - ELMER modèle 2 380.

La S. A. A est équipée :

- d'une flamme Air (Acétylène pour les métaux essentiels et dont les concentrations sont importantes (Cu, Zu, Fe,)
- d'un four à graphite (Modèle HGA 500 de PERKIN - ELMER) équipé d'un injecteur automatique (Modèle A.S. 40 PERKIN - ELMER) utilisé pour détecter les éléments métalliques de faible concentration (Pb, Cd, ...)
- d'un système MHS 10 (Mercury Hydrur System) pour le dosage du mercure (Méthode des vapeurs froides).

IV- 1- Principe de la S.A.A :

Le métal passe de la forme ionique en solution à la forme atomique. Un faisceau de lumière d'énergie I_0 est émis par une lampe dont la cathode creuse est constituée par l'élément à doser. Le faisceau passe à travers le milieu contenant l'échantillon atomisé. Ces atomes absorbent les raies émises réduisant ainsi le signal de la radiation spectrale. La réduction du signal est proportionnelle à la quantité de l'élément présent dans une cellule photosensible transformant l'énergie lumineuse en énergie électrique. Il est possible ainsi de mesurer l'absorbance.

l'absorbance obéit à la loi de "BEER - LAMBERT" :

$$I = I_0 e^{-KCL} \Leftrightarrow D_0 = \text{Log} \frac{I_0}{I} = KCL .$$

I_0 : énergie incidente.

I : intensité de la radiation émergente.

K : Coefficient d'extinction moléculaire.

C : Concentration dans la solution de l'élément considéré.

L : Longueur de la source d'atomisation.

IV - 2- L'atomisation par réduction chimique (vapeurs froides) : (fig. 16)

Cette méthode est utilisée pour le dosage du mercure, car à une température ambiante, le mercure sous forme métallique est très volatil et s'évapore

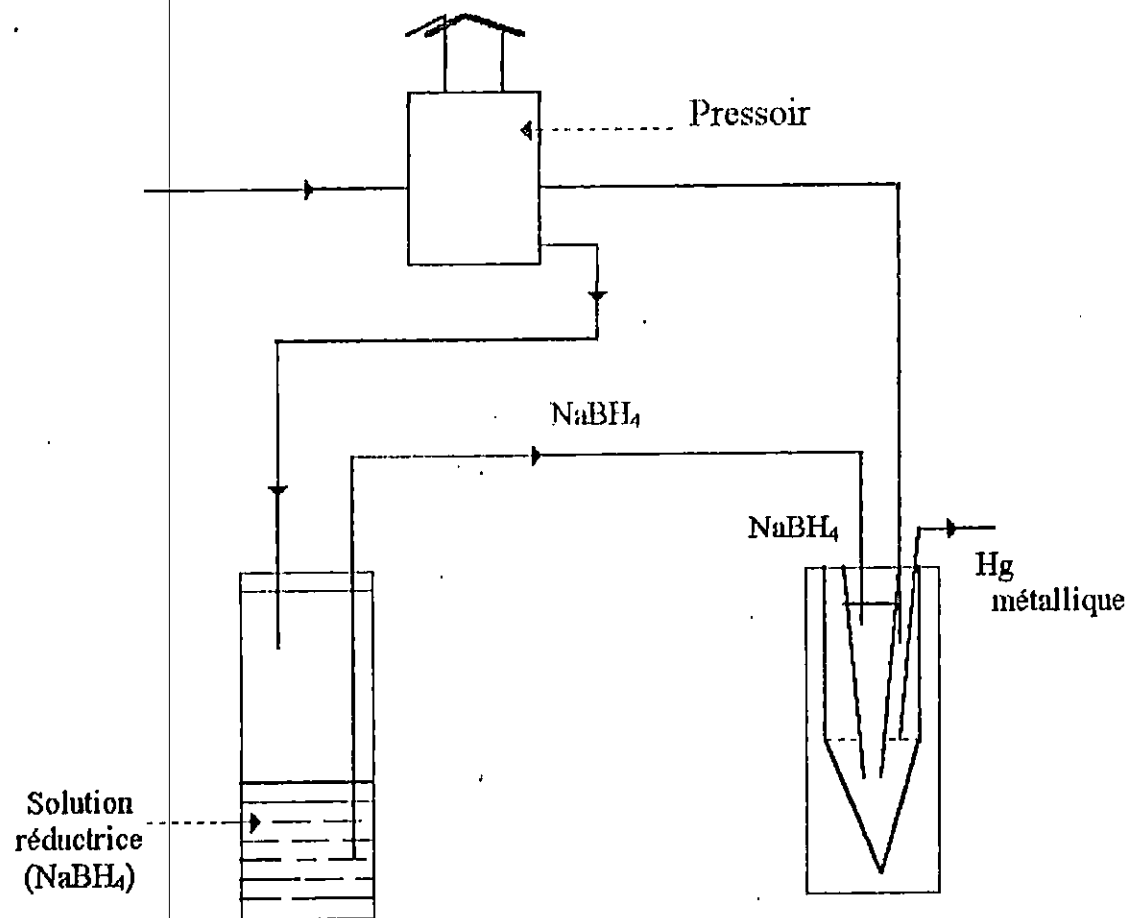


Fig. 16: Réduction Chimique du Hg.

facilement. Dans ce cas le mercure est atomisé par la réduction chimique par Na BH_4 .

La solution réductrice est préparée par 3g de Na BH_4 (Borohydrure de sodium) et 1g de Na OH (soude), et est complétée par 100 ml d'eau bidistillée.

Le Borohydrure de sodium sert à libérer le mercure sous forme de vapeur. La soude aide à dissoudre facilement le Borohydrure de sodium dans l'eau bidistillée.

Une fois que la solution réductrice est prête pour l'analyse, on place dans la salle d'analyse un piègeur de mercure : soit ce piègeur 5g de permanganate de potassium (KMNO_4) dilué dans 100 ml d' H_2O ; soit dans une solution de 5 % de KMNO_4 .

V- Etalonnage :

La méthode utilisée est celle des standards seuls. Pour le dosage de chaque métal, une préparation de gammes étalons est préalable juste avant l'analyse à partir des solutions mères à 1g / l de l'élément à doser (Tableau n° 6)

Donc la concentration des éléments dosés est déterminée à partir des courbes d'étalonnage (Fig. 17a, 17b, 17c, 17c, 17D, 17E, 17F, 17G, 17H, 17I, 17J, 17K) ajustés à l'aide des solutions standards.

Tableau n°6 : Concentrations des solutions standards en métaux analysés dans la M.E.S et dans le sédiment.

ELEMENTS	MATRICE	Concentrations en ng / ml		
		S ₁	S ₂	S ₃
Mercure (Hg)	Sédiment	5	10	15
	M. E. S	3	6	9
Chrome (Cr)	Sédiment	200	400	600
Cuivre (Cu)	Sédiment	100	200	300
Zinc (Zn)	Sédiment	400	800	1 200
	M. E. S	250	500	750
Fer (Fe)	Sédiment	4 000	8 000	12 000
	M. E. S	1 000	2 000	3 000
Manganèse (Mn)	Sédiment	2 000	4 000	6 000

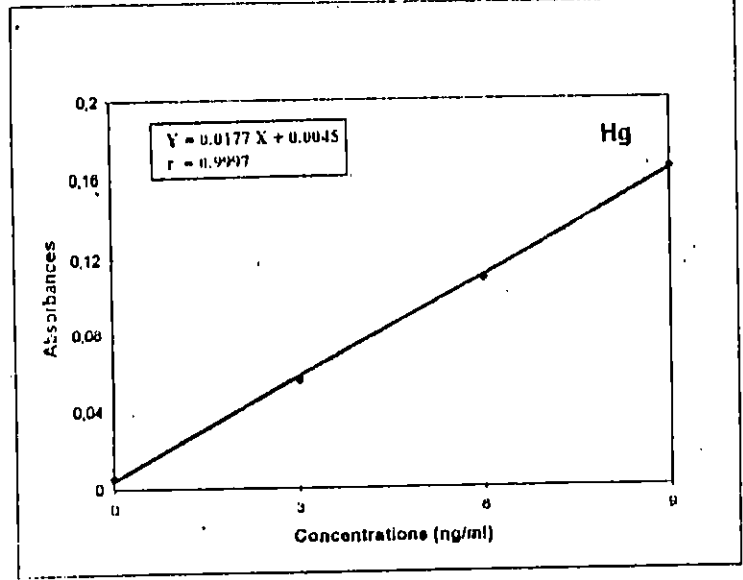


Fig. 17a: Courbe d'étalonnage du mercure (série 1,2)

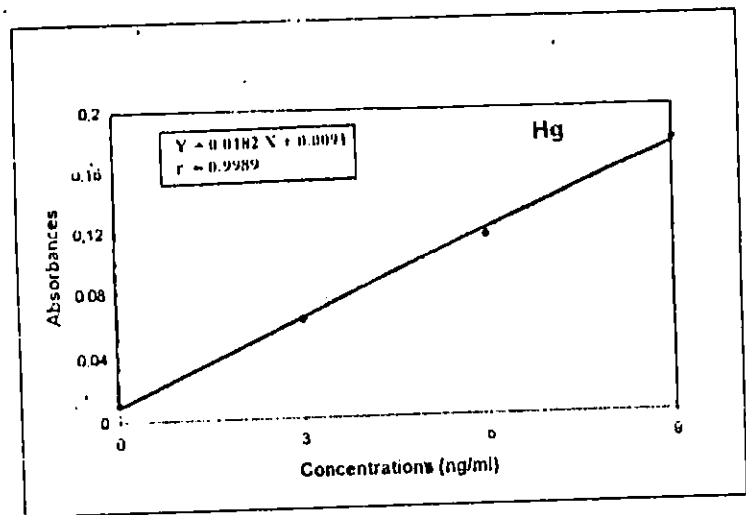


Fig.17b: Courbe d'étalonnage du mercure (série 3)

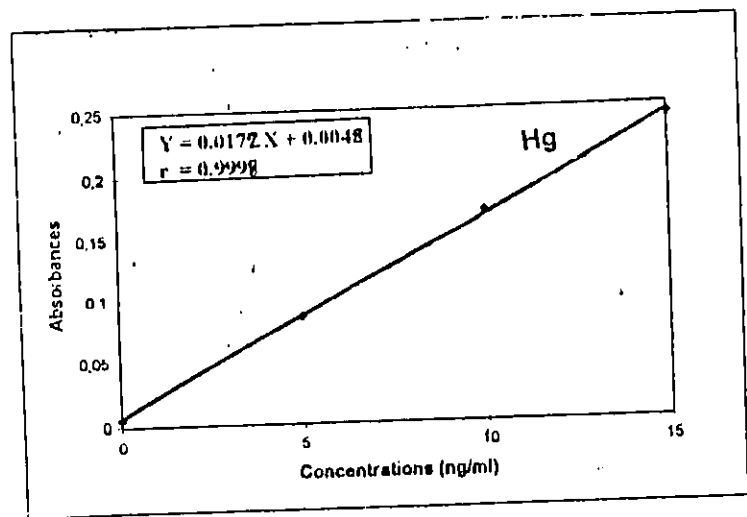


Fig.17c : Courbe d'étalonnage du mercure (série 4)

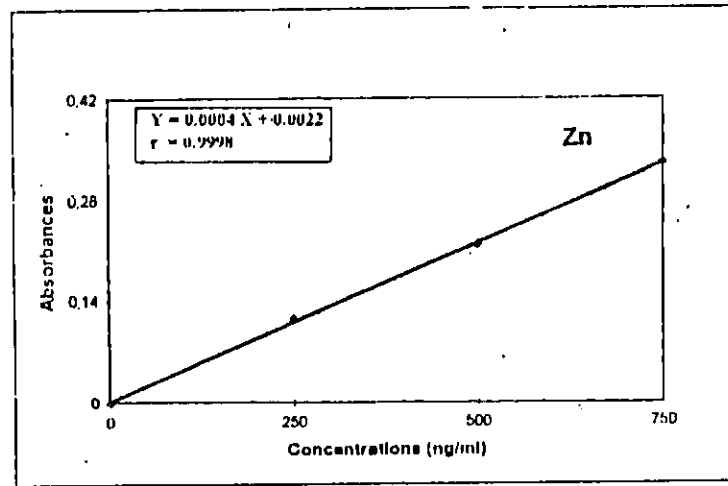


Fig. 17d: Courbe d'étalonnage du zinc (série 1,2,3)

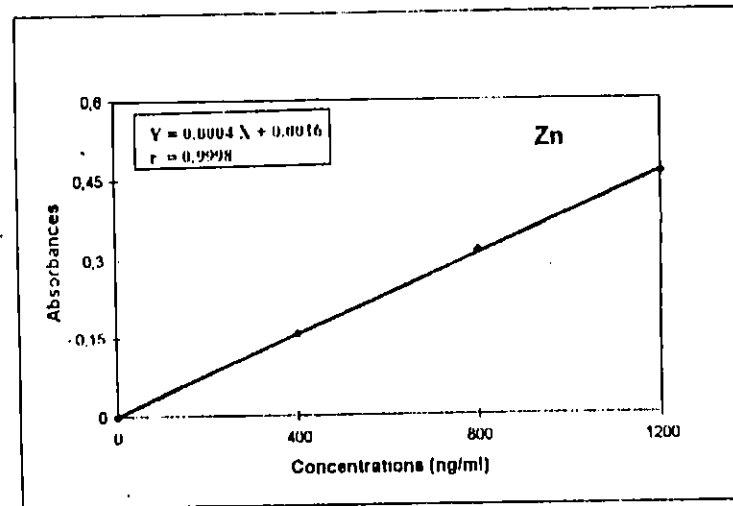


Fig. 17e: Courbe d'étalonnage du zinc (série 4)

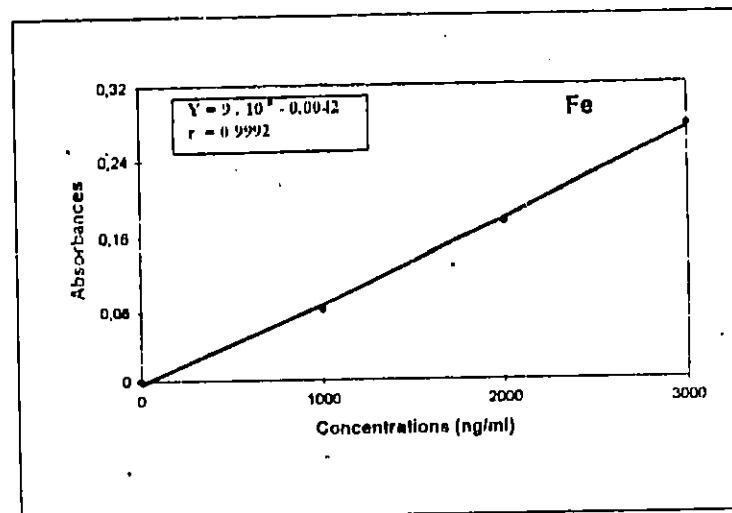


Fig. 17f: Courbe d'étalonnage du fer (série 1,2,3)

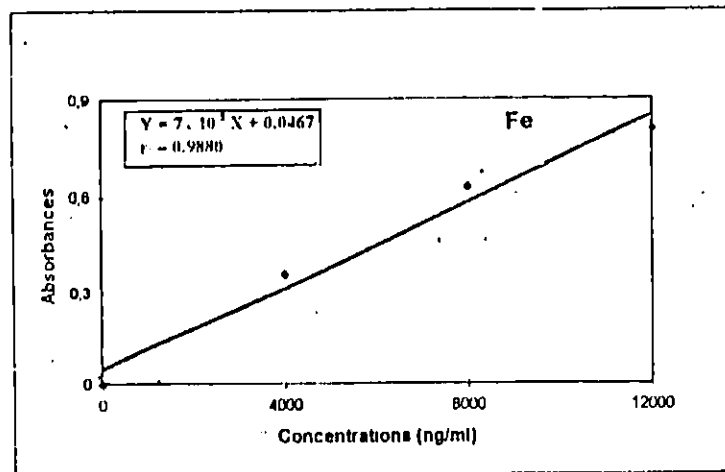


Fig. 17g: Courbe d'étalonnage du fer (série 4)

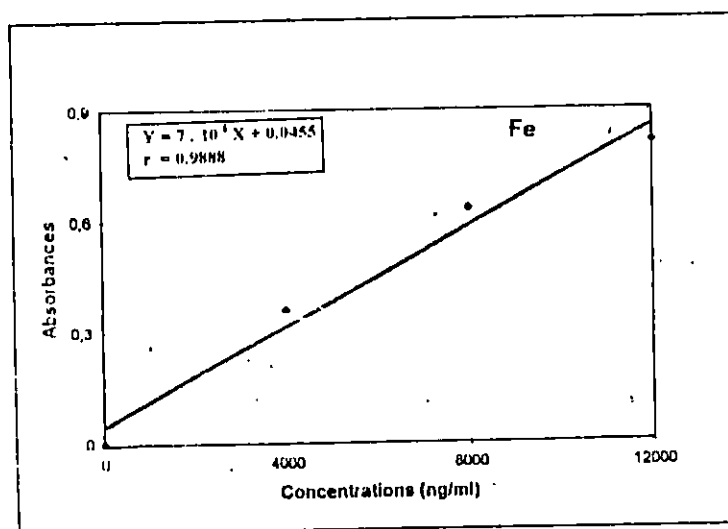


Fig. 17h: Courbe d'étalonnage du fer (SDM/2TM)

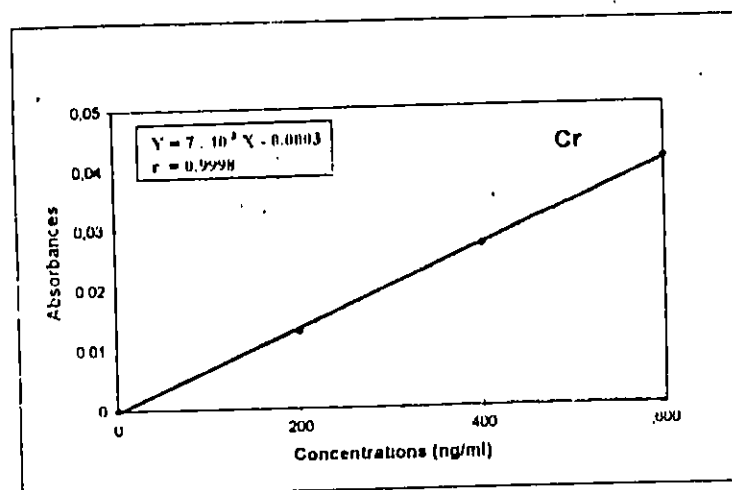


Fig. 17i: Courbe d'étalonnage du chrome

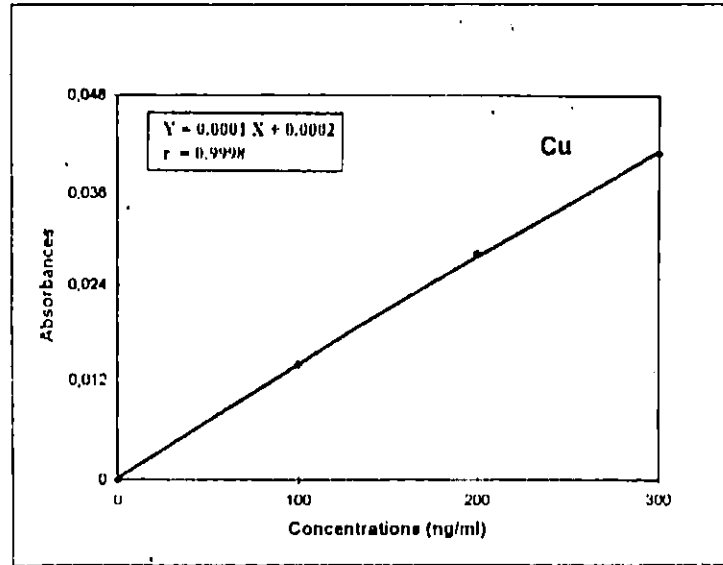


Fig. 17j: Courbe d'étalonnage du cuivre (série 4)

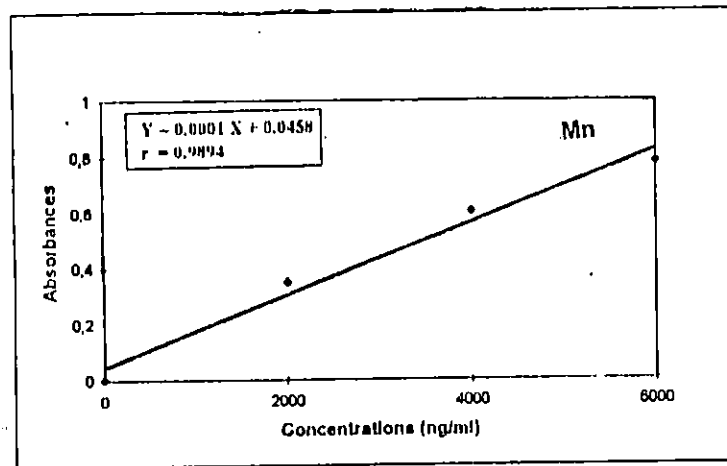


Fig. 17k: Courbe d'étalonnage du manganèse (série 4)

- Mode de calcul :

La concentration d'un élément métallique dans un échantillon est donnée dans la plupart des cas par la méthode graphique. Mais dans des cas plus précis on utilise une calculatrice programmable, dans laquelle on introduit les concentrations des solutions standards et leurs absorbances (densités optiques).

La machine donne le coefficient de régression (la pente a), l'ordonné à l'origine et le coefficient de corrélation (r). Une fois programmée, la machine affiche la concentration correspondante d'un élément donné après avoir introduit sa densité optique.

La concentration finale est exprimée selon la formule suivante :

$$C_F = \frac{C(x) - C(\text{blanc}) \times V}{P}$$

C_F : Concentration du métal dans 0,5 g de sédiment exprimée en $\mu\text{g} / \text{g}$.

$C(x)$: Concentration donnée par la calculatrice en $\mu\text{g} / \text{g}$.

$C(\text{blanc})$: Concentration du blanc donnée par la calculatrice en $\mu\text{g} / \text{g}$.

V : Volume de la solution finale après minéralisation en ml.

P : Poids de sédiment (0,5 g).

Pour la matière en suspension, la concentration finale en un élément métallique donné est déterminée comme suit :

$$C_F = (C(x) - C(\text{blanc})) \times V$$

C_F : Concentration finale en $\mu\text{g} / \text{g}$ pour la M. E. S.

$C(x)$: Concentration donnée par la calculatrice en $\mu\text{g} / \text{g}$.

$C(\text{blanc})$: Concentration du blanc donnée par la calculatrice en $\mu\text{g} / \text{g}$.

V : Volume de la solution finale après minéralisation en ml.

VI- Exercice d'intercalibration et test de reproductibilité :

Dans le but de voir la fiabilité de la méthode analytique adoptée et la précision de l'appareillage utilisé, on a procédé à des exercices d'intercalibration et des tests de reproductibilité. Ainsi un échantillon Standard fourni par le laboratoire MESL (Marine Environnement Study Laboratory) de l'A. I. E. A (Agence Internationale de l'Energie Atomique, Monaco, France) est codé SDM_2 / TM et a subit le même traitement tels que les échantillons de Sédiment.

VI- 1- Exercices d'intercalibration :

Pour les quatre séries d'échantillons on procède à un dosage supplémentaire sur un échantillon standard SDM_2 / TM déjà défini.

Nous comparons d'abord les valeurs obtenues à celles données par le laboratoire de l'A.I.E.A, puis nous calculons le pourcentage de variation selon l'expression suivante :

$$\Omega \% = \frac{V_t - V_r}{V_r} \times 100$$

Ω : pourcentage de variation.

V_t : valeur trouvée.

V_r : valeur réelle.

Les résultats exprimés dans le tableau n°7 montrent que les valeurs enregistrées pour le mercure, le chrome et le fer sont inclus dans l'intervalle de confiance fixé par l'A.I.E.A. Cependant, le manganèse, le cuivre et le zinc ne rentrent pas dans cet intervalle. D'autre part, le calcul de l'écart indique des contaminations pour le mercure avec une valeur de l'ordre de 14,8 %. Des pertes sont observées pour le chrome, le cuivre et le zinc. Ceci peut être dû aux durées de conservation, aux interférences du cuivre et du zinc avec d'autres éléments, ou bien au pouvoir d'absorption du chrome. Ces pertes peuvent se produire ainsi pendant la minéralisation (Au changement d'eau bidistillée d'une digestion à une autre). Les écarts de manganèse et de fer sont faibles. D'une manière générale, la méthode d'analyse adoptée pour l'analyse de ces métaux s'est avérée acceptable et fiable.

Tableau n° 7 : Exercices d'intercalibrations sur l'échantillon standard SDM₂ / TM.

Eléments	Valeurs de l'A.A.I.E.A		Valeurs trouvées moyennes	Ecart pourcent
	Intervalle de confiance	Moyenne	\pm Ecart type	%
Hg	0,046 – 0,064	0,054	0,062 \pm 0,019	14,8
Mn*	1,10 – 1,19	1,170	1,206 \pm 0,090	3,07
Fe*	25,0 – 28,5	27,1	27,823 \pm 0	2,65
Cr	64,00 – 82,80	77,20	68,80 \pm 2,31	10,88
Cu	31,70 – 34,20	32,70	29,72 \pm 1,424	- 9,11
Zn	72,00 – 74,30	74,80	61,60 \pm 3,606	-17,64

* exprimée en g / Kg.

VI- 2- Test de reproductibilité de la méthode d'analyse utilisée :

Afin de définir la fiabilité de la méthode d'analyse adoptée pour la détermination des teneurs en éléments traces, plusieurs minéralisations ont été effectuées sur l'échantillon standard SDM₂ / TM fourni par le laboratoire MESL de l'A.I.E.A à Monaco et dont les résultats sont regroupés dans le tableau n° 8. Ce dernier montre la fiabilité de la méthode adoptée pour le traitement des sédiments pour le cuivre et le zinc, ainsi que pour le chrome. Par contre l'importance de l'erreur relatives enregistrée pour le mercure paraît être due :

- A la durée de la conservation des échantillons minéralisés, durant laquelle peuvent se manifester des réactions physiques ou chimiques, qui faussent la teneur exacte de l'élément à doser.
- Au changement de l'eau bidistillée d'une digestion à une autre.

VI- 3- Test de reproductibilité de l'appareil utilisé :

Dans le but de tester la reproductibilité de l'appareil utilisé (la Spectrophotométrie d'absorption Atomique, PERKIN-ELMER modèle 2 380), plusieurs lectures ont été effectuées sur un échantillon pendant le dosage de manganèse. Les résultats obtenus (Tableau n° 9) indiquent que l'erreur n'est pas très importante. Ceci évoque la bonne reproductibilité de l'appareil.

VII- L'état de pollution :

Les niveaux de contamination dans la baie de Bou-Ismaïl en face de Berard et au droit des embouchures des oueds (Beni Messous, Mazafran et Nador) sont exprimés en indice de contamination (IC) adopté par l'agence du bassin, 1988 : *In* pollution du Rhône, 1990) tels que :

$$I.C = \frac{\text{Valeur observée}}{\text{Valeur supposée normale}}$$

Si I.C < 3 la zone est dite normale ; Si 3 < I.C < 10 la zone est dite polluée ;
Si I.C > 10 la zone est dite à risques.

Tableau n° 8 : Test de reproductibilité de la méthode d'analyse adoptée sur un échantillon standard (SDM₂/TM) (Concentrations exprimées en µg / g - P. S).

TESTS	METAUX	Cu	Zn	Cr	Hg
1		26,19	85,12	32,33	0,20
2		27,01	84,17	32,50	0,225
3		26,68	85,22	32,50	0,216
4		26,51	85,70	32,55	0,225
5		26,39	85,90	32,60	0,216
6		26,34	85,68	32,49	0,217
Moyenne *		26,52	85,28	32,49	0,216
Ecart type S.D		0,291	0,576	0,090	0,0091
Er (%)		1,097	0,67	0,277	4,2
Précision ± Er (%)		98,903 ± 1,097	99,33 ± 0,67	99,72 ± 0,277	95,8 ± 4,2

* : Moyenne.

S. D : Ecart type.

Er % : Erreur relative.

Tableau n° 9 : Tests de reproductibilité de l'appareil utilisé. Concentrations exprimées en (µg / g - P. S).

TESTS	METAUX	Mn
1		495
2		495
3		495
4		507,5
5		495
6		472,5
Moyenne *		493,33
Ecart type S. D		11,365
Er %		2,3
Préci ± Er (%)		97,7 ± 2,3

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION .

. Préambule :

Les résultats qui feront l'objet de ce chapitre ont été acquis lors de la campagne océanographique du mois de Juin 1996, réalisée dans la baie de Bou-Ismaïl par la département de Molysmologie (Laboratoire de pollution marine) dans le cadre de l'unité de recherche de l'I.S.M.A.L. Ces résultats partie intégrale d'un programme " L'ETUDE DE LA POLLUTION ET DE LA FERTILITE DES EAUX COTIERES CENTRALES ET ORIENTALES EN ALGERIE " sont à diffusion restreinte. Ainsi , les données obtenues pour les paramètres physico-chimiques (T°C, S (P.S.U), O₂ dissous, et pH) dans l'eau de mer, la matière organique, les carbonates et les métaux traces (Hg , Fe, Zn, Cu, Mn, Cr) dans la matrice sédimentaire et les particules en suspension, sont consignées dans un rapport interne, au niveau du laboratoire de pollution marine de l'I.S.M.A.L.

1- Variation générale des paramètres mesurés dans la Baie de Bou-Ismaïl :

1- 1- Les paramètres physico-chimiques :

1- 1- 1- La température :

Les valeurs de température sont comprises entre 17,00 et 21,3°C avec une moyenne de 19,15°C et un écart type de 0,82.

La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station G₂₀ à 1m de profondeur en face de l'embouchure de l'oued Mazafran.

Cependant la température minimale est située au niveau de la station D₁₁ en face Berard à une profondeur de 100m. Ceci est normal est étant donné que la température diminue avec la profondeur.

D'une manière générale, les températures enregistrées restent uniformes au niveau des autres stations et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

1-1-2. La salinité :

Les valeurs de salinité appartiennent à l'intervalle [36,57 - 37,10 P.S.U] avec une moyenne de l'ordre de 37,1 P.S.U et un écart type de 0,28.

La valeur élevée de 37,70 P.S.U est observée au niveau de la station D₁₁ à 100 m de profondeur, face à Berard. A cette même station on observe une légère augmentation de salinité entre la surface et le fond, ceci est normal du fait que la salinité augmente avec la profondeur.

La teneur minimale de 36,57 P.S.U est marquée au niveau de la station C₇ (face à l'anse de Koali).

Les valeurs enregistrées sont normales pour la période d'échantillonnage.

1- 1- 3- L'oxygène dissous :

Les valeurs de l'oxygène dissous varient de 5,80 à 9,00 mg / l avec une moyenne de 7,55 mg / l et un écart type de 0,66.

La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station G₁₈ (face à Mazafran).

La teneur minimale est observée au niveau de la station J₂₅ soit au droit de l'embouchure de l'oued Beni-Messous, cette concentration s'explique par l'intense consommation d'oxygène dans le processus de minéralisation de la matière organique.

Au niveau de la station D₁₁, face à Berard, les teneurs en oxygène dissous diminuent légèrement avec la profondeur.

1- 1- 4- Le potentiel d'hydrogène :

Les valeurs du pH sont comprises entre 7,82 et 8,2 et sont presque toutes homogènes dans l'ensemble des stations, avec une moyenne de 8,13 et un écart type de 0,11.

La faible valeur trouvée au niveau de la station G₂₀ en face de l'embouchure de l'oued Mazafran coïncide avec la température élevée à ce niveau.

La valeur la plus élevée en pH est observée au niveau de la station D₁₁ en face de Berard à une profondeur de 100m.

1- 1- 5- La matière en suspension :

La répartition de la matière en suspension dans l'eau de mer, dépend des paramètres physico-chimiques et des facteurs hydrodynamiques.

En effet, la charge solide en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl (dans les eaux de surface) varie de 4,64 à 13,48 mg / l avec une moyenne de 6,65 mg / l et un écart type de 1,86.

La valeur maximale de 13,48 mg / l est enregistrée au niveau de la station A₁ en face de Chénoua (Fig. 18). Ceci peut être expliqué par le phénomène de ruissellement, et les apports telluriques.

La faible valeur est située au niveau de la station B₃ au droit de l'embouchure de l'Oued Nador et qui est de 4,56 mg / l.

Les concentrations en matières en suspension dans les eaux de surface de la Baie de Bou-Ismaïl sont comparables à celles trouvées par (MALLEM et al, 1993) dans les eaux de surface du secteur central et oriental de la Baie d'Alger.

1- 2- La matière organique et les carbonates de Calcium :

1- 2- 1- La matière organique (M.O %) :

Le maximum en matières organiques a été relevé au niveau de la station E₁₂ en face de Berard (Fig. 19) avec un taux de 8,02 %. Ceci peut s'expliquer par les rejets directs d'eaux usées domestiques à ce niveau.

La valeur minimale est observée au droit de l'oued Mazafran (Station G₁₈) avec un taux de 3,28 %. Cette valeur est accompagnée de la valeur maximale de l'oxygène à cet endroit.

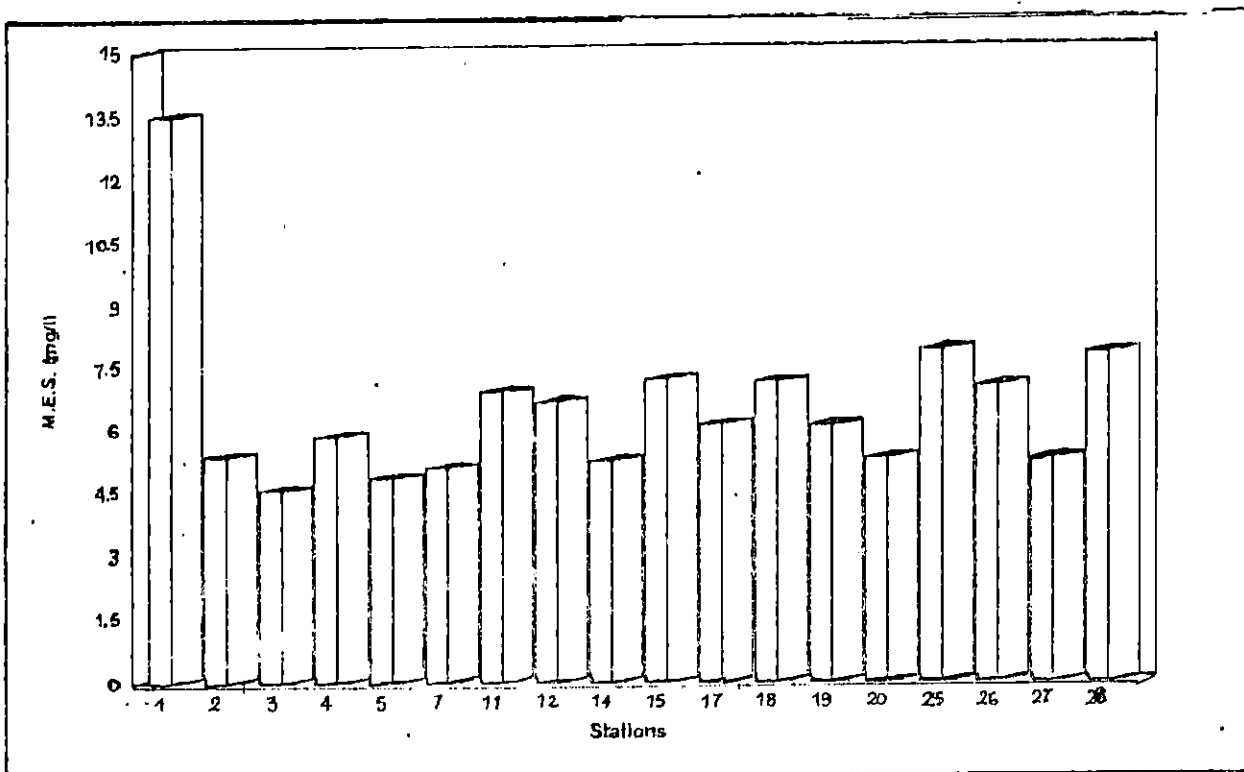


Fig. 18: Variation des concentrations en matière en suspension dans les eaux de surface de la Baie de Bou-Ismaïl.

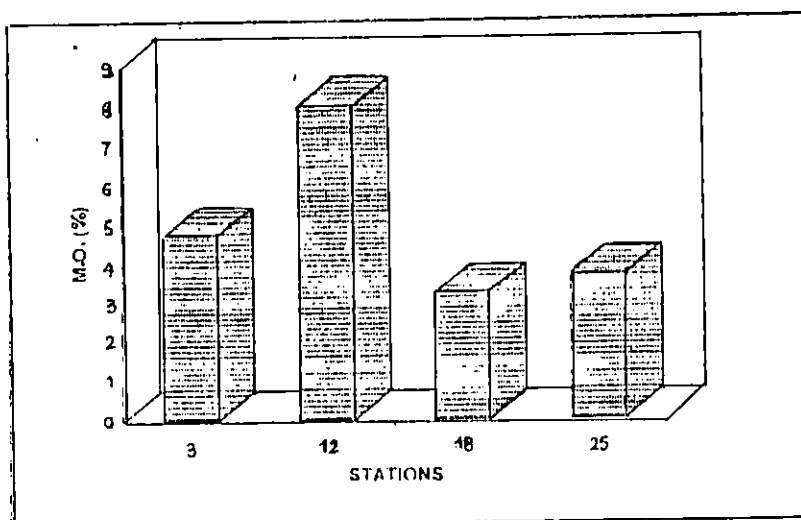


Fig. 19: Variation des concentrations en matière organique dans la Baie de Bou-Ismaïl.

1-2-2- Le taux des carbonates (Ca CO₃ %) :

C'est dans le sédiment superficiel de la station E₁₂ en face de Berard (Fig. 20) que nous avons relevé un taux plus élevé en carbonates et qui est de 12,34 %. Ceci s'explique probablement par la présence des débris de Calcaires dans cette région (MURAOUR et HOLLANDS, 1951) et (DURAND 1952 et 1958).

Le minimum de Ca CO₃ est retrouvé au niveau de la station J₂₅ en face de l'Oued Beni-Messous avec un taux de 3,10 %.

Si on observe le pourcentage de variation des taux de carbonates dans le sédiment superficiel de la station 18 en face de l'embouchure de l'Oued Mazafran (Fig. 21), on remarque que le taux en Ca CO₃ est plus important dans la fraction de sédiment inférieur à 63 µm. Ceci peut expliquer que les carbonates ont une affinité pour les sédiments fins.

Au niveau de la station 12 en face de Berard et selon la Fig. (20), on observe que le taux élevé en Ca CO₃ est suivie d'un taux important en matière organique.

1-3- Les métaux lourds dans la matière en suspension :

1-3-1- Le Mercure :

Les teneurs en Mercure dans la matière en suspension au niveau de la Baie de Bou-Ismaïl sont très variables. Elles varient de 0,001 à 0,0084 µg / l (Fig. 22), avec une moyenne de 0,028 µg / l et un écart type de 0,05.

La concentration maximale en Mercure est relevée au niveau de la station G₂₀ en face de Oued Mazafran, cette valeur est très importante par rapport à la moyenne trouvée par (Ould-Hocine et al, 1997) dans les feuilles de *Posidonia oceanica*

et qui est estimée à 0,05 µg / l. Cependant, la valeur la plus faible en Mercure est de 0,001 µg / l et est localisée au niveau de la station J₂₆ en face de l'Oued Beni-Messous.

Les valeurs trouvées en mercure dans la matière en suspension de la Baie de Bou-Ismaïl sont élevées par rapport à celles trouvées par (REZZOUG, 1997) dans le Golf de Skikda, dont la moyenne est estimée à 0,0119 µg / l, et dans le Golf de Bédjaïa avec une moyenne de 0,0135 µg / l.

1-3-2- Le zinc :

Les concentrations en zinc varient d'une façon très importante au niveau de la Baie, elles vont de 0,012 à 10,1 µg / l (Fig. 23) avec une moyenne de 2,58 µg / l et un écart type de 2,29.

La teneur la plus élevée est localisée au niveau de la station A₂ en face de Chenoua, alors que la concentration minimale est observée au niveau de la station K₂₈ à Cap Caxine.

Les valeurs en zinc sont faibles par rapport à celles trouvées par REZZOUG (1997) dans le Golf de Skikda dont la moyenne en cet élément est de 4,82µg/ l.

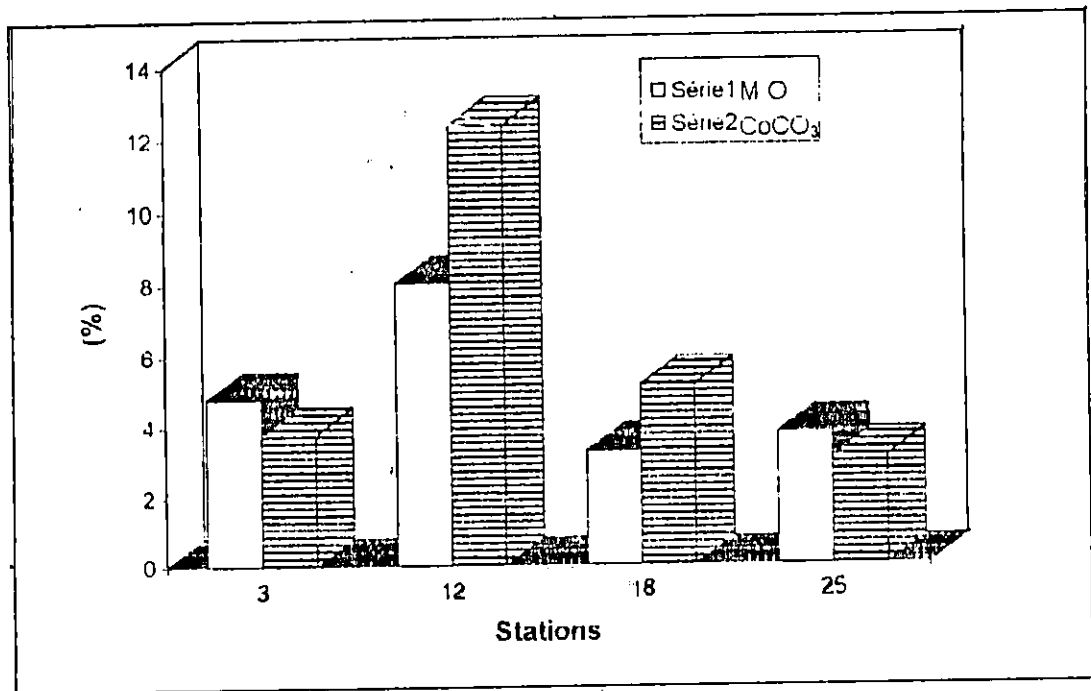


Fig.20: Variation des concentrations en calcaire et en matière organique dans la Baie de Bou-Ismaïl.

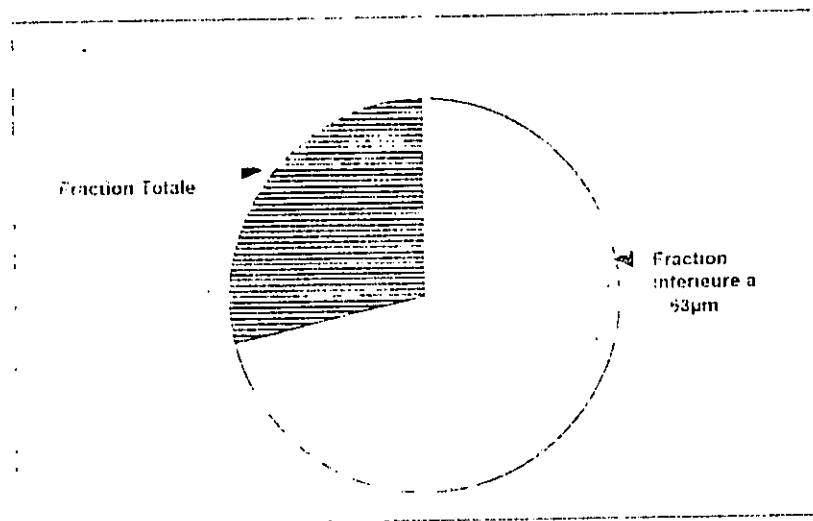


Fig.21: Pourcentage de variation des taux de carbonates dans le sédiment de fraction totale et de fraction inférieure à 63 µm de la station 18.

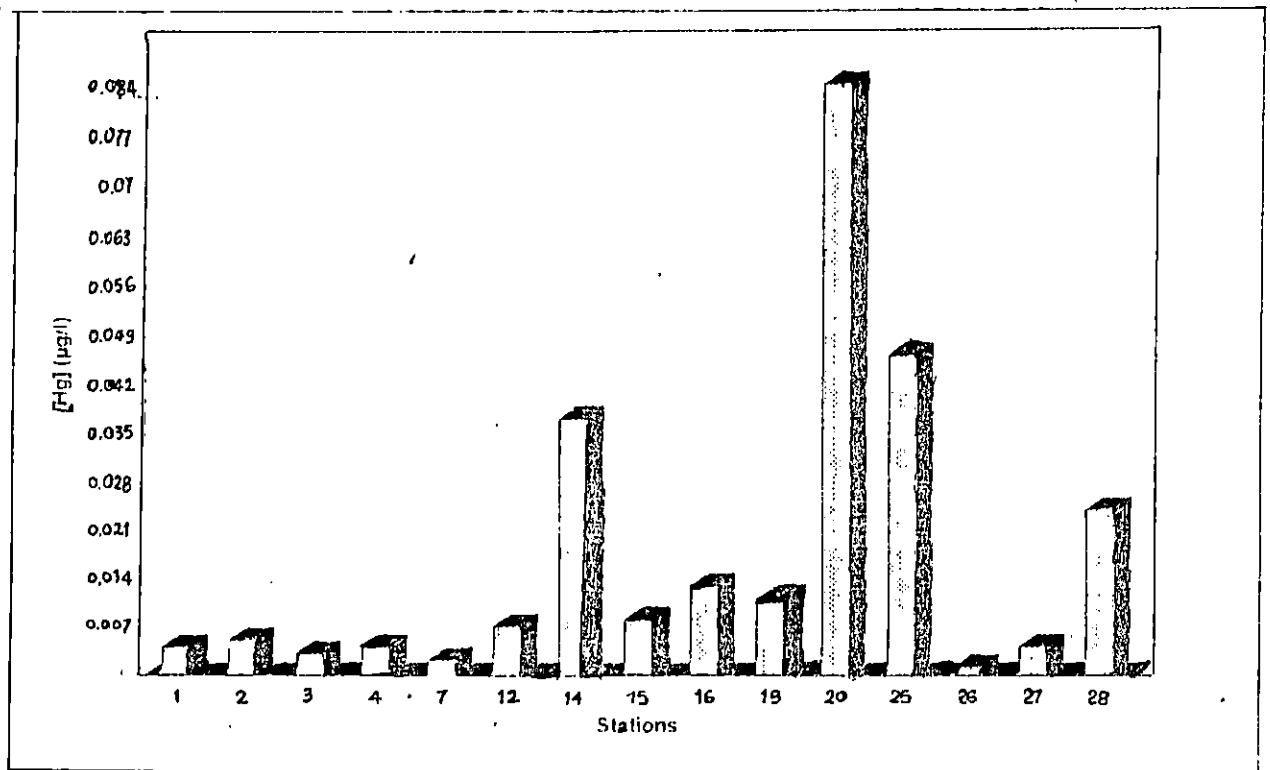


Fig. 22: Variation des concentrations en mercure dans la Baie de Bou-Ismaïl (M.E.S).

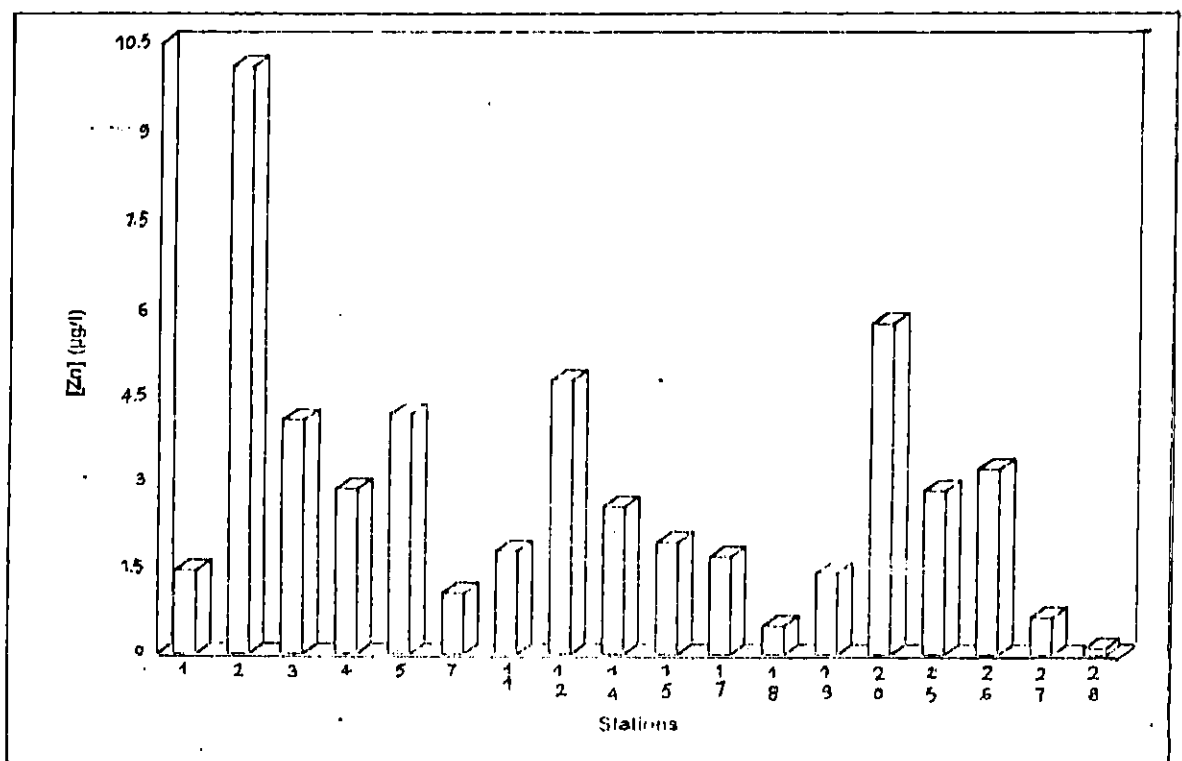


Fig. 23: Variation des concentrations en zinc dans la Baie de Bou-Ismaïl (M.E.S)

1- 3- 3- Le Fer :

Les valeurs du fer s'échelonnent entre 3,057 et 54,684 $\mu\text{g} / \text{l}$ (Fig.24) avec une moyenne de 30,31 $\mu\text{g} / \text{l}$ et un écart type de 13,42.

La teneur en Fer est maximale au niveau de la station F₁₅ en face de Fouka, par contre la concentration la plus faible est de 3,057 $\mu\text{g} / \text{l}$ se localise au niveau de la station G₁₈ en face de Mazafran. Cette grande variation en Fer témoigne bien de l'existence de sources localisées en apports terrigènes.

Les valeurs trouvées en Fer sont faibles par rapport à celles estimées par REZZOUG (1997) dans le golf de Bédjaïa dont la moyenne est de 71,39 $\mu\text{g} / \text{l}$.

1- 4- Les métaux lourds dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl :

1- 4- 1- Le Mercure :

Les teneurs en Mercure dans les sédiments de la Baie de Bou-Ismaïl varient entre 0,016 et 0,123 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 25) avec une moyenne de 0,0695 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 0,033.

La concentration maximale est observée au niveau de la station B₃ en face de l'embouchure de l'Oued Nador, ceci peut être expliqué par la présence d'un fond vaseux. Cette valeur est conforme à celle obtenue par Ould Hocine et al (1994) dans la même région.

Au droit de l'Oued Mazafran on observe une diminution de la teneur en mercure de la côte vers le large, ceci peut s'expliquer probablement à la contribution de cet Oued à l'apport en ce métal.

La faible valeur est enregistrée au niveau de la station J₂₅ en face de l'embouchure de l'Oued Beni-Messous.

1- 4- 2- Le zinc :

Les teneurs en zinc s'échelonnent de 88,85 à 95,06 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 26) et présentent une moyenne de 86,43 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 8,82.

La valeur la plus élevée est relevée à la station B₃ en face de l'Oued Nador et qui peut être due à un apport Anthropique occasionné par cet Oued. Par contre la valeur minimale est signalée au niveau de la station E₁₂ en face de Berard.

Les concentrations en Zinc dans les sédiments de la Baie de Bou-Ismaïl sont faibles par rapport à celles observées par Boulahdid et al (1992) dans les sédiments des côtes occidentales d'Algérie.

1- 4- 3- Le Fer :

Les teneurs en Fer varient entre 2053 et 3150 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 27) avec une moyenne de 2090 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 0,81.

La valeur élevée est marquée au niveau de la station G₂₀ en face de l'embouchure de l'Oued Mazafran ce qui s'explique par le lessivage des sols

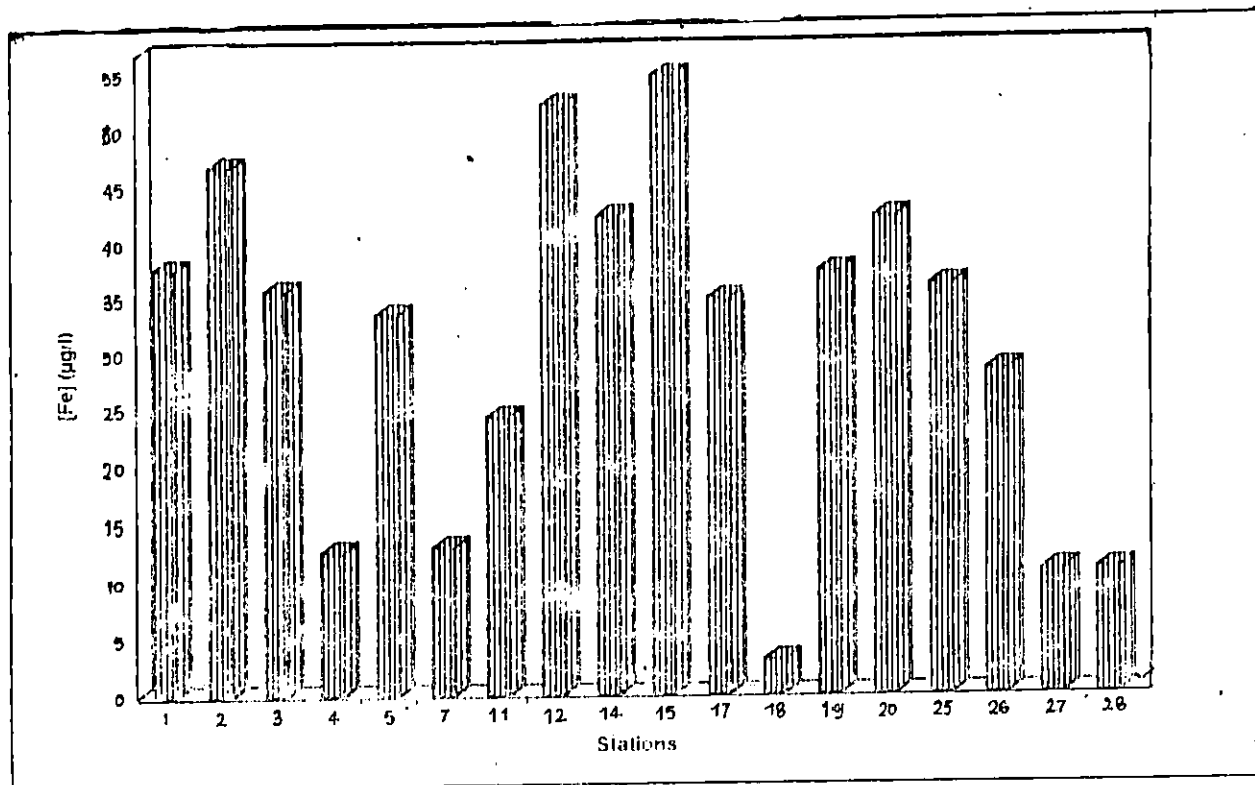


Fig. 24: Variation des concentrations en fer dans la Baie de Bou-Ismaïl (M.E.S)

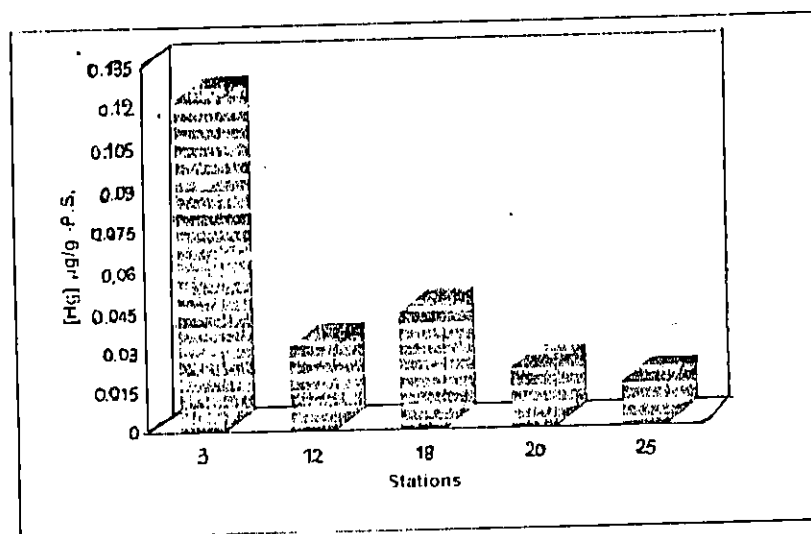


Fig. 25: Variation des concentrations en mercure dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

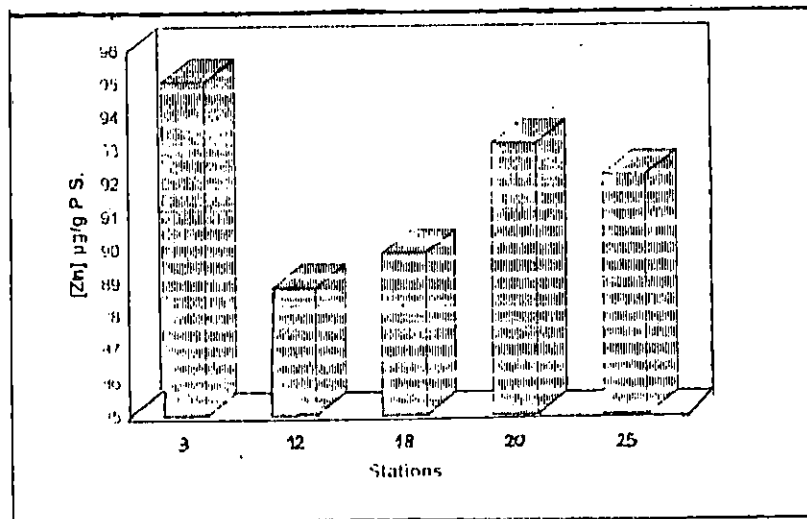


Fig. 26: Variation des concentrations en zinc dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

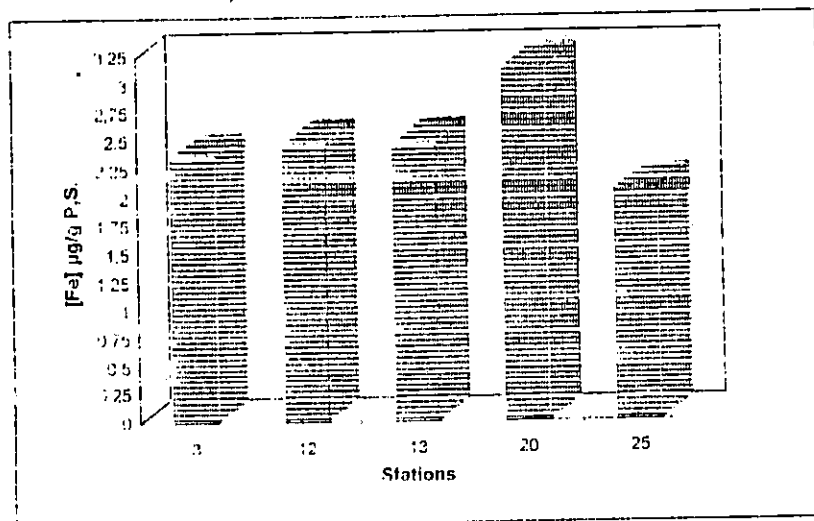


Fig. 27: Variation des concentrations en fer dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

agricoles. La faible valeur est observée au niveau de la station J₂₅ en face de l'Oued Beni-Messous.

On observe comme pour le Zinc, une légère augmentation de la concentration en Fer de la côte vers le large et cela au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran, ceci s'explique par l'affinité de ce métal pour la vase.

1- 4- 4- Le Chrome :

Les concentrations en chrome varient entre 22,336 et 26,683 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 28) avec une moyenne de 21,270 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 4,1.

La teneur maximale en chrome est obtenue au niveau de la station E₁₂ en face de Berard, ceci est lié aux rejets d'eaux usées et aux apports telluriques.

La concentration minimale est observée au niveau de la station B₃ en face de l'Oued Nador.

1- 4- 5- Le Manganèse :

Par rapport aux autres polluants, le Manganèse se comporte différemment, il évolue dans l'intervalle de [207 à 291 $\mu\text{g} / \text{g}$] (Fig. 29) avec une moyenne de 229 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 0,028.

La concentration la plus élevée est signalée au niveau de la station G₁₈ en face de l'embouchure de l'Oued Mazafran, à ce niveau les teneurs en Manganèse marquent un gradient décroissant cote-large et plus précisément dans la station G₂₀, ce qui nous laisse penser que la distribution de cet élément ne semble pas régie par le faciès sédimentaire, mais à sa précipitation à l'interface eau douce - eau salée (CHESTER et STONER, 1971).

La faible valeur est observée au niveau de la station E₁₂.

D'une manière générale, ces valeurs sont conformes à celles obtenues par (BOUDJELLAL et AL, 1993) dans la Baie d'Alger.

1- 4- 6- Le cuivre :

Les teneurs en cuivre varient entre 17,497 et 23,38 $\mu\text{g} / \text{g}$ (Fig. 30) avec une moyenne de 16,98 $\mu\text{g} / \text{g}$ et un écart type de 3,8.

La valeur la plus élevée en cuivre est marquée au niveau de la station B₃ au droit de l'embouchure de l'Oued Nador, ceci peut être expliqué par un apport terrigène.

La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station E₁₂ en face de Berard. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par OULD-HOCINE et AL (1994) dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

2- La variation spatiale des paramètres mesurés :

La distribution spatiale des paramètres étudiés est analysée à partir de l'établissement des cartes de leur répartition horizontale.

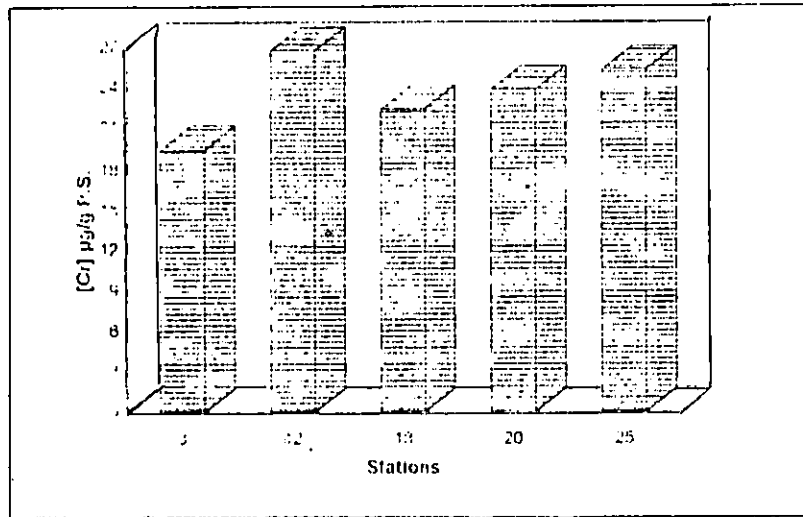


Fig. 28: Variation des concentrations en chrome dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

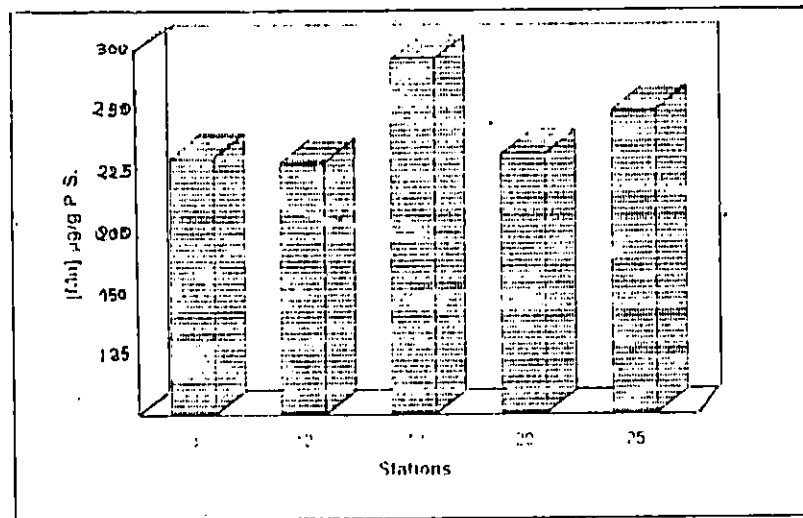


Fig. 29: Variation des concentrations en manganèse dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

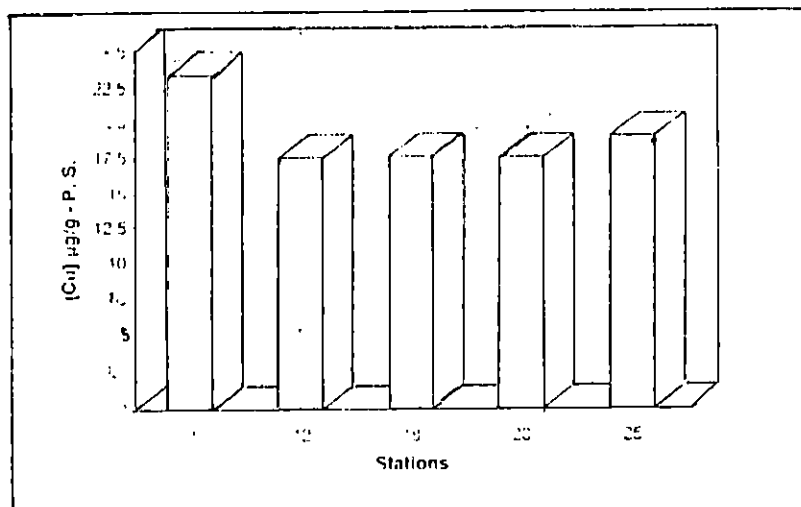


Fig.30: Variation des concentrations en cuivre dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl.

2- 1- La température :

La température montre une variation dans un intervalle de 18,6 à 21,3°C. Cette dernière est la valeur maximale et se localise au large de l'Oued Mazafran (Fig. 31).

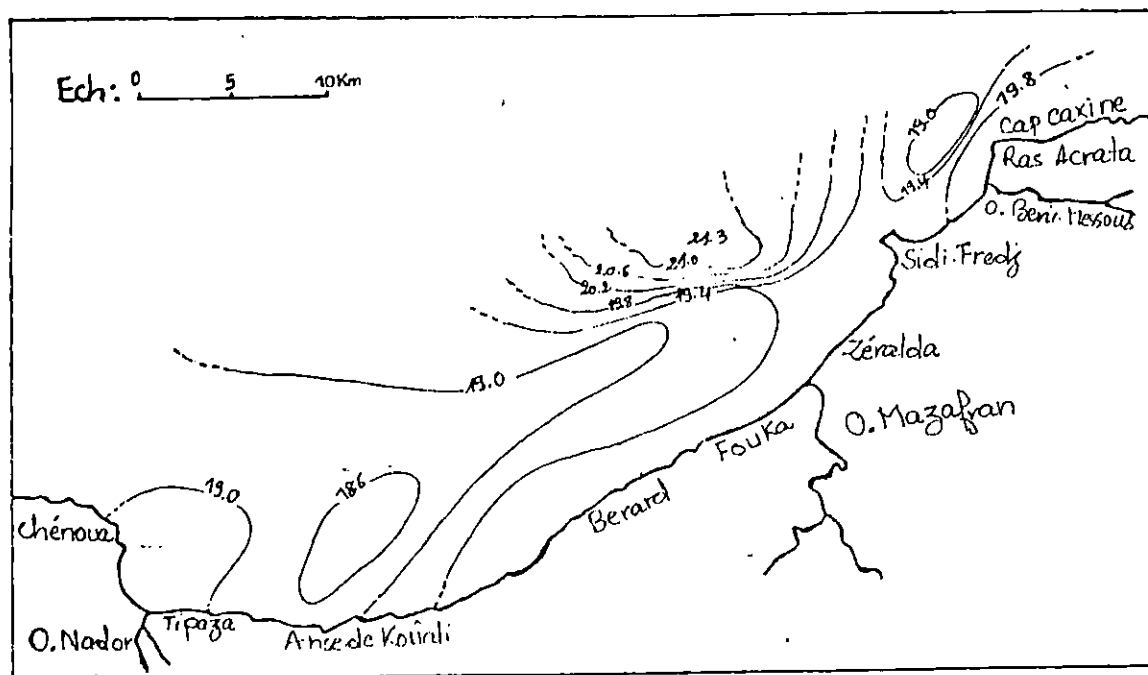


Fig.31: Variation spatiale de la température dans la Baie de Bou-Ismaïl(°C).

Au niveau de la partie Ouest de la Baie s'observe une température de 18,6°C et correspond à une remontée d'eau profonde et froide à ce niveau (Brahmia et Brinis, 1997).

À l'extrémité Est de la Baie, la configuration des isohalines correspond à une remontée d'eau signalée aussi par Brahmia et Brinis (1997).

2- 2- La salinité :

On remarque de faibles salinités au niveau des embouchures des Oueds (Fig. 32).

Cette déssalure est plus prononcée au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran avec une teneur de 36,85 P.S.U, probablement liée à l'effet de dilution par le débit de cet Oued.

Donc on observe à son embouchure un gradient de salinité croissant de la côte vers le large. L'eau continentale, par l'effet de densité s'étale en surface en se mélangeant progressivement avec l'eau de mer.

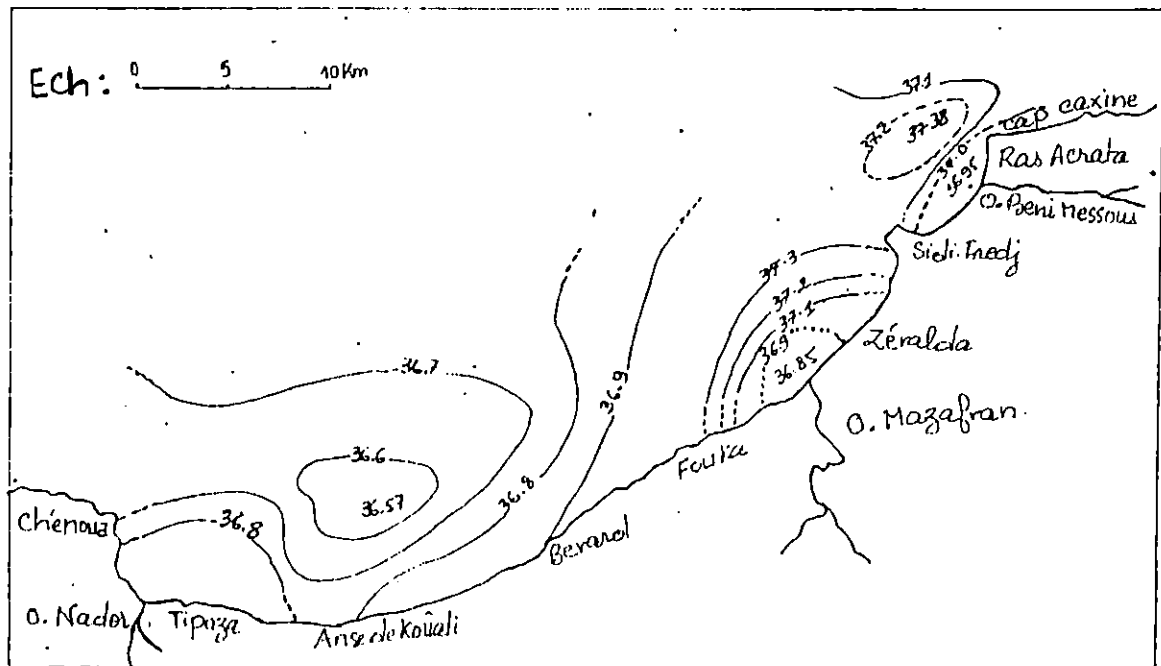


Fig.32: Variation spatiale de la salinité dans la Baie de Bou-Ismaïl.

C'est un cas similaire à celui trouvé par Boulahdid et Al (1989) dans les eaux de surface de la Baie d'Alger et plus précisément dans l'eau qui s'étend de l'embouchure de l'Oued El HARRACH vers l'Est de la Baie d'Alger.

Par ailleurs, un maximum de salinité est observé au large de l'embouchure de l'Oued Beni-Messous.

2- 3- L'oxygène dissous :

En ce qui concerne l'oxygène dissous, le maximum de 9,0 mg / l est observé au niveau de l'embouchure de l'Oued Mazafran (Fig. 33).

Ceci est lié probablement à l'eau douce d'origine fluviale rapportée par l'Oued même.

En effet le drainage des eaux météoriques le long du bassin versant, leur permet de s'enrichir en oxygène dissous.

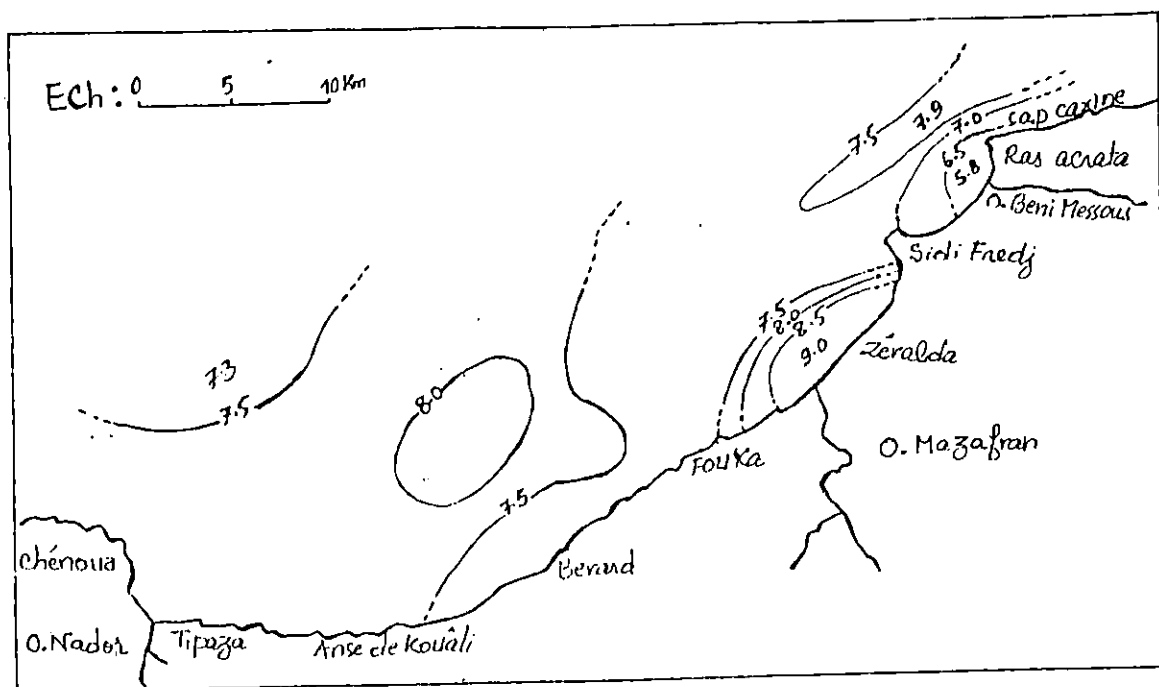


Fig.33: Variation spatiale de l'oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismaïl (mg/l)

Un minimum d'oxygène de l'ordre de 5,8 mg / l est observé au droit de l'embouchure de l'Oued Beni-Messous. Ceci peut être en relation avec les rejets urbains et l'oxydation de la matière organique.

Des teneurs assez élevées en oxygène dissous sont également retrouvées au large de Beni-Messous et de Berard, liées probablement à l'agitation qui favorise la dissolution de l'oxygène atmosphérique.

2- 4- Le potentiel d'hydrogène :

Les valeurs du pH sont homogènes dans l'ensemble de la Baie, à l'exception d'un minimum de 7,85 observé au large de Mazafran (Fig. 34).

Corroboré aux fortes Températures observées précédemment à ce même site, ceci est normal étant donné que sa variation dépend de plusieurs paramètres parmi lesquels se trouve la température.

En effet, l'augmentation de la Température est accompagnée d'une diminution du pH.

Cependant, malgré ces variations l'eau de mer conserve son caractère alcalin (Aminot et Chaussepied, 1983).

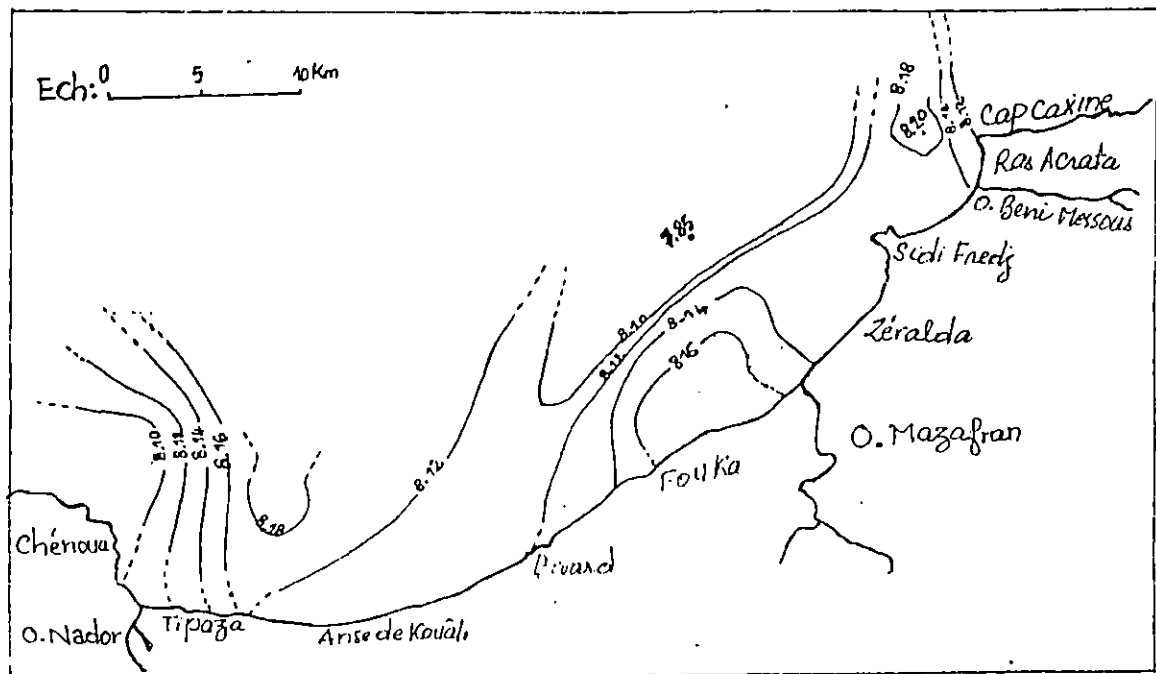


Fig.34: Variation spatiale du potentiel d'hydrogène dans la Baie de Bou-Ismaïl.

La forte valeur en pH est de 8,20. Elle est observée au droit de l'embouchure de l'Oued Beni-Messous.

2- 5- La matière en suspension :

La teneur maximale en matière en suspension est observée au large de Chenoua avec une valeur de 13,48 mg / l et peut être liée aux ruissellements naturels. Des valeurs de matières en suspension modérément élevées sont retrouvées tout le long de la côte, de Cap Caxine jusqu'à Fouka, probablement en relation avec l'apport fluvial des Oueds Beni-Messous et Mazafran.

Ainsi que de nombreux rejets domestiques et industriels concentrés essentiellement dans ces parties de la Baie (Fig. 35).

Par ailleurs les teneurs en matière en suspension diminuent de la côte vers le large dans la partie Est de la Baie en raison peut être de l'effet de dilution par les eaux du large beaucoup moins concentrées en ces particules.

De faibles valeurs en matières en suspension sont observées à l'Anse de Kouali. Cette dernière est une zone abritée (Boumaza, 1995), ce qui nous laisse penser que les particules en suspension à ce niveau ont tendance à se décanter.

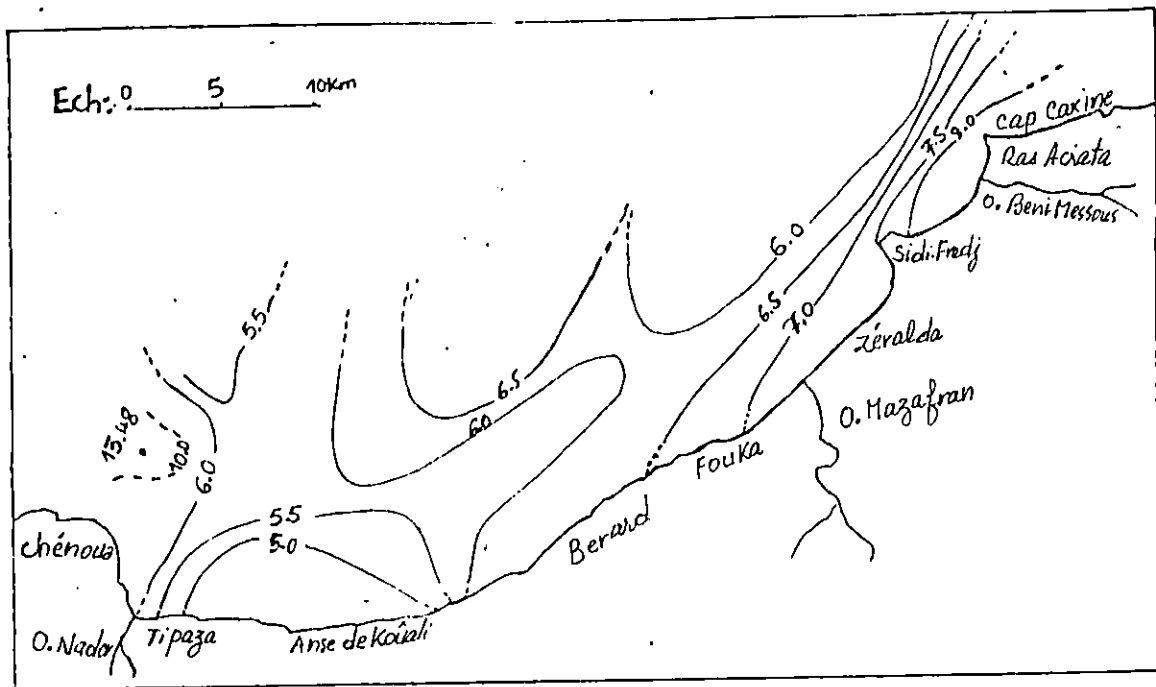


Fig.35: Variation spatiale de la matière en suspension dans la Baie de Bou-Ismaïl (mg/l).

2- 6- Le Mercure :

Les teneurs en mercure sont faibles dans l'ensemble de la Baie de Bou-Ismaïl. Ceci est normal étant donné que ce métal est un élément Toxique.

Sa valeur maximale est localisée à l'Anse de Kouali, elle est de 0,219 ~~mg~~ **µg/l** (Fig. 36).

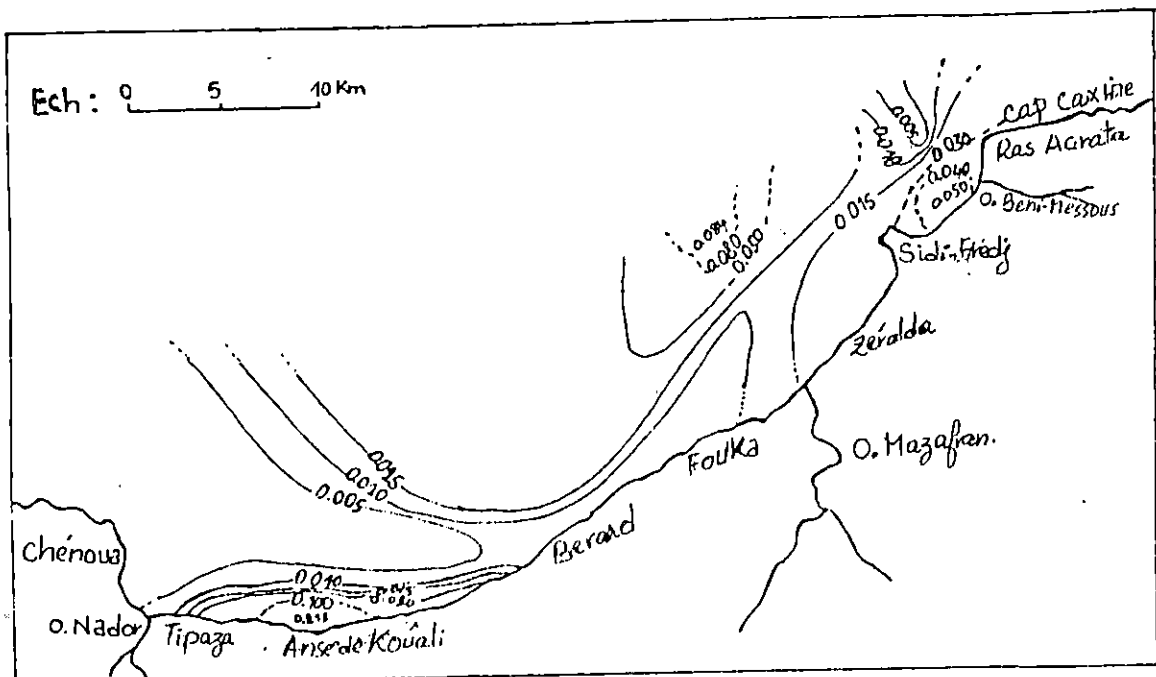


Fig.36: Variation spatiale du mercure dans la Baie de Bou-Ismaïl (**µg/l**)

Les teneurs à ce niveau diminuent vers le large ce qui explique probablement une origine Anthropique.

Au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran, les teneurs en Mercure marquent un gradient croissant côte-large. Ceci peut s'expliquer par le phénomène de dilution. Par contre à l'Ouest de Sidi Fredj, les concentrations en mercure diminuent de la côte vers le large. Ceci est à l'origine peut être des déversements Urbains et industriels à ce niveau, et l'hôpital Beni-Messous qui déverse chaque jour des quantités importantes de déchets.

2- 7- Le zinc :

Les teneurs en ce métal semblent être homogènes dans l'ensemble de la baie. La valeur maximale est de $10,1 \mu\text{g/l}$ (Fig. 37) et se localise au large de Chenoua où les phénomènes hydrodynamiques sont importants (Coummes et Rousseau, 1967).

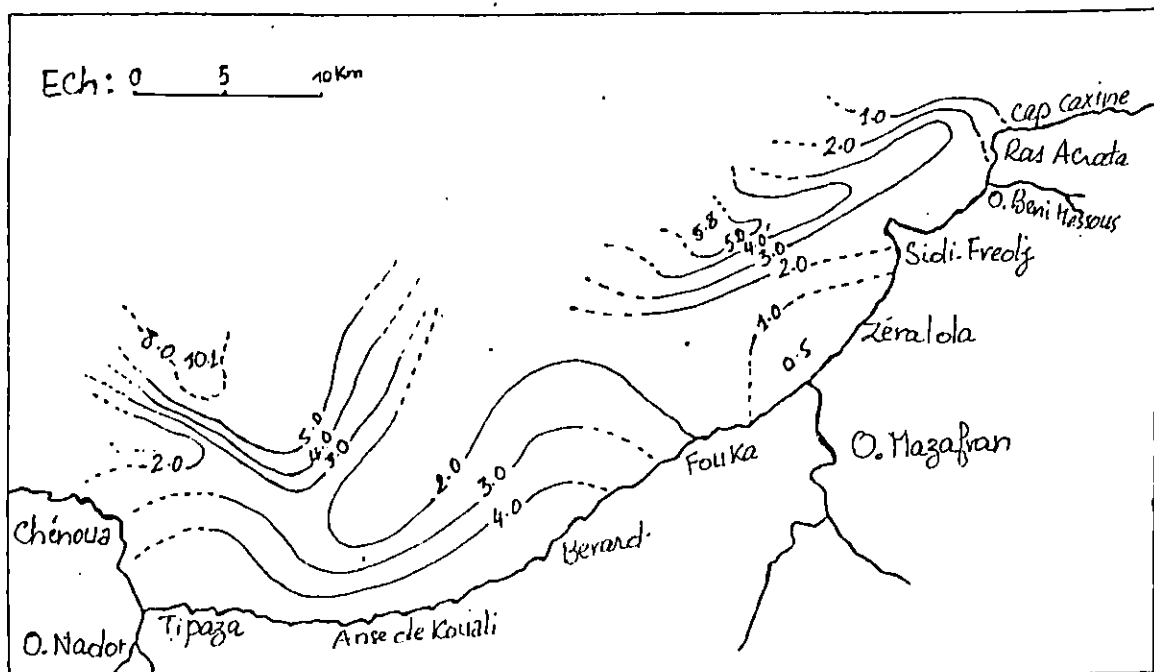


Fig.37: Variation spatiale du zinc dans la Baie de Bou-Ismaïl ($\mu\text{g/l}$)

Ceci peut être la cause principale des fortes concentrations à ce niveau.

Au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran, les concentrations augmentent vers le large, ceci donne une explication au phénomène de dilution et confirme l'évolution des valeurs de salinité à ce niveau.

Les fortes concentrations au large de Mazafran peuvent être expliquées soit par la richesse de ce secteur en matières organiques, soit par la richesse de la matière en suspension en Zinc.

Les faibles teneurs en Zinc en face de Berard peuvent s'expliquer par la remontée d'eau profonde qui est pauvre en matières en suspension et par conséquent en cet élément.

Ceci peut confirmer les résultats trouvés par Brahmia et Brinis (1997).

Au droit de l'Oued Beni-Messous, les teneurs en Zinc augmentent de la côte vers le large.

2- 8- Le Fer :

le Fer est un élément essentiel et ses teneurs sont importantes dans la Baie par rapport aux autres métaux. La plus forte concentration est de $46,90 \mu\text{g/l}$ et se localise au large de Chenoua (Fig. 38).

Ceci s'explique par le fort hydrodynamisme à ce niveau et la richesse de ce secteur en matières organiques.

Les valeurs en Fer diminuent du large vers la côte en face de l'Oued Beni-Messous.

La concentration minimale est de $3,05 \mu\text{g/l}$ et se localise à l'embouchure de l'Oued Mazafran. Ceci s'explique probablement par le phénomène de dilution.

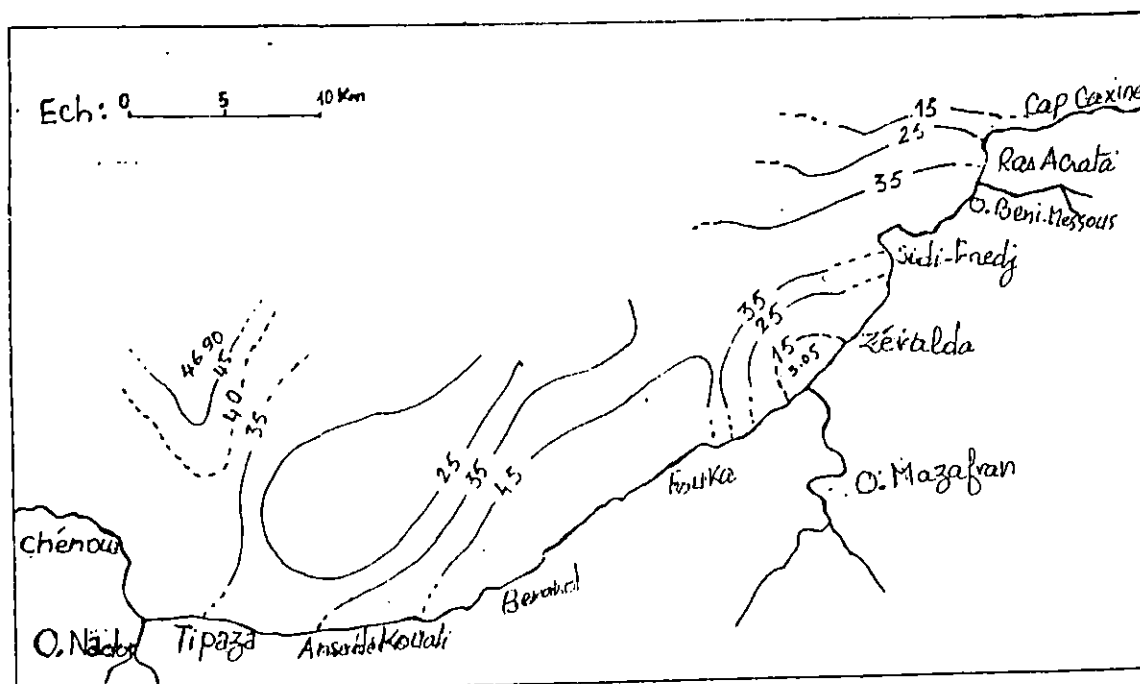


Fig. 38: Variation spatiale du fer dans la Baie de Bou-Ismaïl ($\mu\text{g/l}$)

3- DISCUSSION GENERALE.

L'analyse de six (06) éléments métalliques dans les sédiments superficiels des trois (03) Oueds (Mazafran, Beni-Messous et l'Oued Nador) de la Baie de Bou-Ismaïl et en face de Berard, révèle des concentrations modérées en Mercure, Zinc et en Cuivre au droit de l'embouchure de l'Oued Nador, mettant en évidence d'une part, l'apport Anthropique causé par cet Oued (l'influence du noyau agricole et domestique) dans la région, et d'autre part la nature du faciès sédimentaire (vaseux).

* En face de Berard de fortes concentrations en chrome sont enregistrées, liées probablement aux rejets urbains. Des taux élevés en matières organiques et en carbonates sont observés à ce même niveau.

* Concernant le Fer et le Manganèse, des teneurs élevées sont signalées en face de l'Oued Mazafran.

Les teneurs en Fer tendent à augmenter en allant vers le large avec un faciès vaseux.

Pour le Manganèse, les fortes teneurs se localisent aux embouchures des Oueds dû à la précipitation rapide de cet élément sous l'effet du phénomène de floculation qui se produit dans le mélange eau douce - eau salée, comme cela a été trouvé par CHEBSTER et STONER (1975).

* Les fortes variations du Zinc, Cuivre et du Chrome témoignent bien de l'existence de sources localisées, ainsi on peut citer l'Oued Mazafran , Beni-Messous et l'Oued Nador.

L'analyse des paramètres physico-chimiques révèle leur homogénéité au niveau des eaux de surface de la Baie de Bou-Ismaïl.

* La forte valeur de température (21,3°C) est observée au large de l'Oued Mazafran (la température diminue en allant vers la côte. Ceci est dû au phénomène de dilution).

Une température minimale (18,6°C) est signalée au niveau de la partie Ouest de la Baie, elle correspond à une remontée d'eaux profondes à ce niveau (BRAHMIA et BRINIS, 1997).

* Le phénomène de dilution donne aussi une explication à la diminution de la salinité du large vers la côte au droit des embouchures des Oueds (Mazafran, Beni-Messous).

* Une teneur élevée de 9,0 mg / l en oxygène dissous est observée au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran et a tendance à diminuer en allant vers le large, ceci est dû à l'apport de cet Oued en eau douce riche en oxygène dissous. Une teneur minimale de 5,8 mg / l est observée à l'embouchure de l'Oued Beni-Messous liées probablement aux rejets urbains et à l'oxydation de la matière organique.

* Les fluctuations en plI ne sont pas importantes et cela malgré l'importance des apports d'eaux douces des principaux Oueds de la Baie de Bou Ismaïl, l'effet tampon de l'eau de mer en est la cause principale.

* Pour ce qui est de la matière en suspension, les fortes teneurs sont signalées au large du Chénoua et sont liées probablement aux ruissellements naturels et au fort hydrodynamisme dans cette région. Par ailleurs des teneurs modérément élevées sont retrouvées tout le long de la côte, de Cap Caxine jusqu'à Fouka, probablement liées à l'apport fluvial des Oueds Beni-Messous et Mazafran, ainsi que de nombreux rejets domestiques et industriels concentrés dans cette partie de la Baie.

A l'anse de Kouali qui est une zone abritée (BOUMAZA, 1995), des faibles teneurs en matières en suspension sont observées, donc à ce niveau les particules en suspension ont tendance à se décanter.

* Des teneurs maximales en Mercure sont relevées à l'Anse de Kouali, les teneurs à ce niveau diminuent de la côte vers le large ce qui donne probablement une explication à un apport Anthropique. Par contre, face à l'Oued Mazafran, les teneurs en cet élément marquent un gradient croissant côté - large, ceci peut être dû au phénomène de dilution.

* Concernant le Fer et le Zinc, les teneurs augmentent de la côte vers le large en face de Mazafran, donnant ainsi une explication probable au phénomène de dilution et enfin des teneurs élevées en Zinc et en Fer sont observées au large du Chénoua liées probablement au fort hydrodynamisme de cette région.

4- Diagrammes de corrélation :

Afin de vérifier l'affinité qui peut exister entre les différents métaux étudiés, nous avons procédé à l'établissement des diagrammes de corrélation, donnant ainsi le coefficient de corrélation r et la pente a .

Et dans le but de vérifier la signification du r , le test de Student a été réalisé.

4- 1- Diagramme de corrélation Fe-Zn (M.E.S) :

Le couple Fe-Zn présente un coefficient de corrélation significatif $r = 0,57$ (Fig. 39). Ceci a été vérifié par le test de Student avec une pente positive.

Au niveau de la matière en suspension, les concentrations en Fer et en Zinc évoluent dans le même sens, Ainsi le Fer et le Zinc semblent provenir d'une même source qui peut être naturelle. Cependant, certains points s'écartent du nuage de points et semblent renseigner sur d'autres sources (Polluantes) comme la station (2).

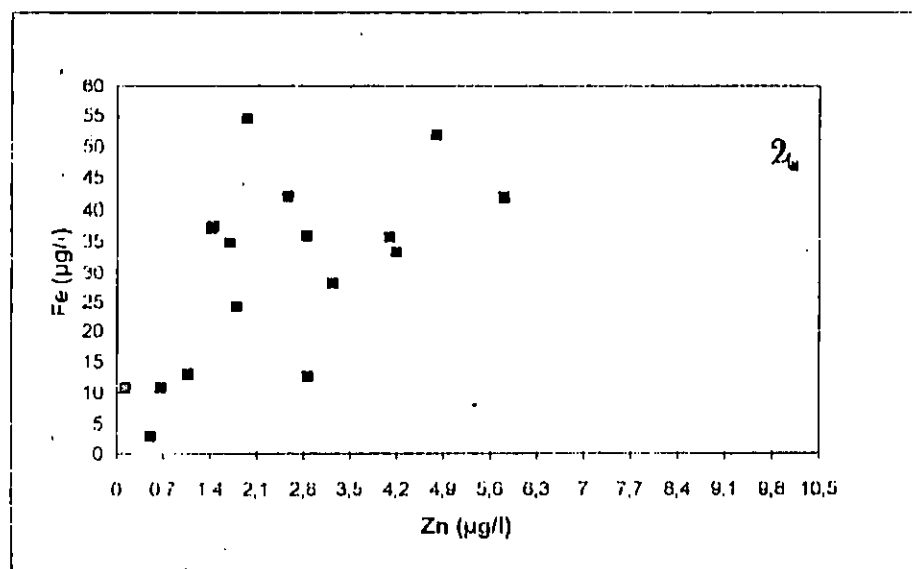


Fig. 39: Diagramme de corrélation Fe-Zn (M.E.S.)

4.2- Diagramme de corrélation Zn - Hg (M.E.S):

Le couple Zn-Hg ne présente pas de corrélation significative avec un coefficient de corrélation $r = 0,17$ (fig.40). Ceci a été confirmé par le test de Student, le même cas a été observé pour le couple Fe - Hg où le coefficient de corrélation $r = 0,12$ (fig.41).

4.3- Diagramme de corrélation Cu.Hg (Sédiments):

Dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl, le diagramme de corrélation Cu-Hg ne montre aucune corrélation significative avec $r = 0,4$ (Fig.42) vérifié par le test de Student.

5- l'état de pollution dans la Baie de Bou-Ismaïl:

Comparées aux concentrations considérées comme « normales », les teneurs signalées dans les sidements superficiels de la Baie de Bou-Smaïl ne présentent pas de contamination alarmante (tab n° 10). Ainsi l'examen des indices de contamination (I.C) des métaux étudiés ne présente pas des valeurs de pollution, on a (I.C < 3).

TABLEAU N° 10: Comparaison des teneurs en métaux lourds calculés dans la Baie de Bou-Ismaïl avec des normes admises comme normales (exprimées en $\mu\text{g/g}$ - P.S) : Agence de Bassin 1988 : In pollution du Rhône, 1990).

Eléments	Stations	Indice de contamination (I-C)	Normes admises comme normales	Notre étude (moyenne)
Hg	3	0,6	0,2	0,0695
	12	0,16		
	18	0,22		
	20	0,11		
	25	0,08		
Cu	3	0,9	26	16,98
	12	0,67		
	18	0,67		
	20	0,67		
	25	0,73		
Mu	3	0,53	400	229
	12	0,52		
	18	0,73		
	20	0,53		
	25	0,62		
Cr	3	0,43	45	21,270
	12	0,52		
	18	0,50		
	20	0,53		
	25	0,62		
Zu	3	1,08	88	86,43
	02	1,00		
	18	1,02		
	20	1,09		
	25	1,08		
Fe	3	1,18	2000	2090
	13	1,23		
	10	1,24		
	20	1,57		
	25	1,03		

d'une manière générale, la Baie de Bou-Ismaïl peut être considérée comme zone non polluée d'autant plus que la majorité des stations analysées en métaux lourds présentent des indices de contamination inférieurs ou se situant au voisinage de 1.

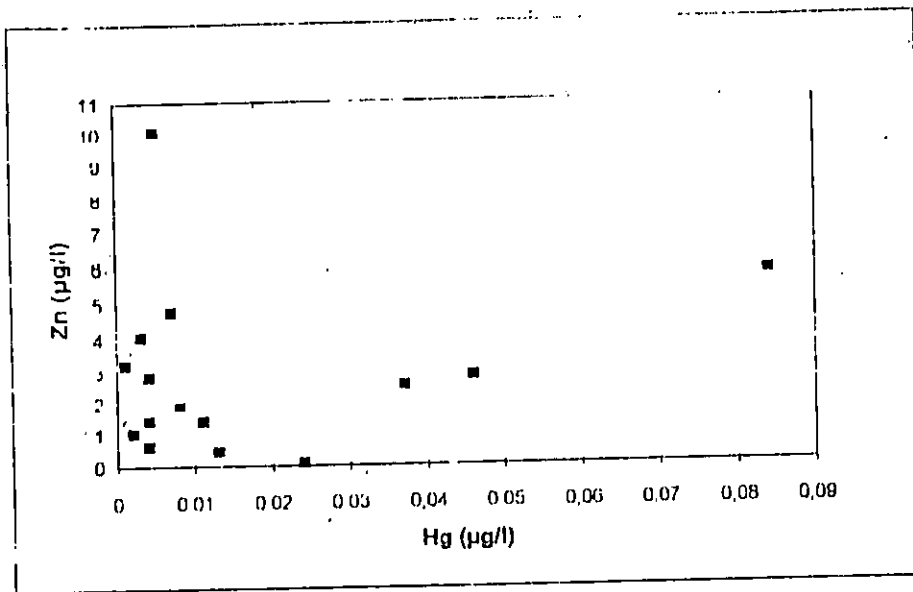


Fig. 40: Diagramme de corrélation Zn-Hg (M.E.S.)

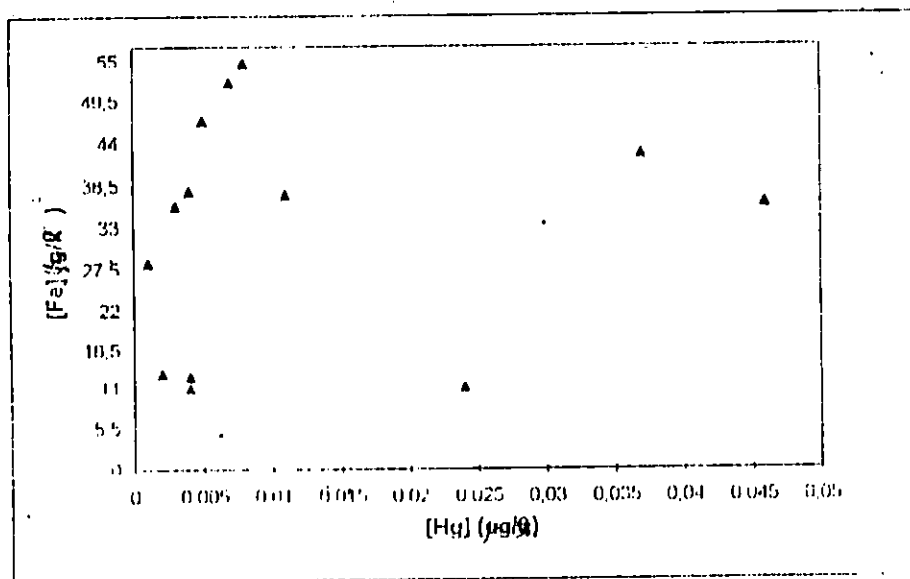


Fig. 41: Diagramme de corrélation Fe-Hg (M.E.S.)

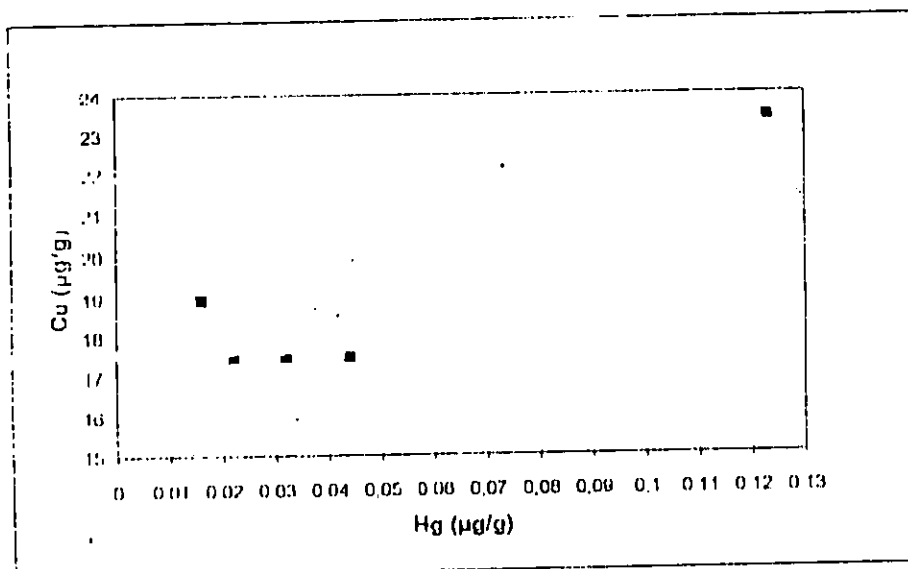


Fig. 42: Diagramme de corrélation Cu-Hg (sédiments)

6- Comparaison des teneurs en métaux lourds obtenues dans la Baie de Bou-Ismaïl, avec celles signalées dans d'autres régions de la Méditerranée :

Afin de donner une approche aux teneurs en métaux lourds obtenus dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl, nous avons procédé à une comparaison avec les données trouvées par d'autres auteurs (Tableau. N°11)

Tableau n°11: Comparaison des teneurs en éléments métalliques avec celles obtenues dans d'autres régions de la Méditerranée ($\mu\text{g} / \text{g}$) P.S :

Eléments Régions	Hg	Zn	Cu	Fe	Cr	Mn	Références
Baie de Mersin (Turquie Médi)	—	25,0 — 178,0	14,0 — 47,00	—	22,0 — 57,00	236 — 550,00	ERGIN 1988
Golf D'olbia (Italie)	6,70 — 17,10	40,20	5,00 — 78,52	3 000 — 4 120	2,00 — 12,00	—	CONTU et Al 1988.
Baiede Patraikos (Greece)	—	104 — 430,0	23,0 — 10,1	—	70,0 — 210,0	—	VARNAVIS et Al 1982
Baie de Bou- Ismaïl (Algérie)	0,016 — 0,123	88,85 — 95,06	17,497 — 23,38	2 053 — 3 150	22,336 — 26,683	207 — 291	Notre étude

* Les valeurs du Mercure enregistrées au niveau des sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl sont largement inférieures à celles obtenues dans le Golf d'Olbia (Italie).

* Pour le Zinc, les teneurs obtenues sont supérieures à celles trouvées dans le Golf d'Olbia (Italie), cependant ces teneurs sont inférieurs à celles obtenues par les autres auteurs dans d'autres régions.

* Concernant le Cuivre, les concentrations obtenues sont comparables à celles obtenues dans d'autres sites de la Méditerranée.

* Le Fer présente des teneurs comparables à celles obtenues dans le Golf d'Olbia (Italie).

* Les teneurs en Cr sont comparables à celles trouvées dans la Baie de Mersin (Turquie). Elles sont inférieurs à celles obtenues dans la Baie de PATRAIKOS (Greece). Cependant, ces teneurs en Cr sont largement supérieures à celles trouvées dans le Golf d'Olbia (Italie).

* Et enfin pour le Mn, les concentrations enregistrées sont comparables à celles trouvées dans les autres sites de la Méditerranée.

D'une manière générale, les valeurs rencontrées dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl sont comparables à celles signalées dans les autres régions de la Méditerranée.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude préliminaire réalisée au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, nous a permis, dans un premier temps, de maîtriser les différentes techniques utilisées pour le dosage des métaux lourds dans les particules en suspension et les sédiments superficiels, et de mesurer les autres paramètres physico-chimiques dans l'eau dans un deuxième temps, et d'avoir une idée générale sur l'état de la pollution marine dans la Baie.

Ainsi, la méthode de traitement adoptée et l'appareillage utilisé s'est avéré fiable. Ceci a été confirmé par la mise en oeuvre d'un test de reproductibilité et des exercices d'intercalibration par les métaux lourds.

L'analyse des eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl montre une homogénéité au niveau du PH.

Des teneurs assez élevées en matière en suspension, en Fer et en Zinc sont détectées au large du Chenoua et sont liées au fort hydrodynamisme dans cette zone.

Par ailleurs, les valeurs de la température, salinité, Fer, Zinc, et Mercure, marquent un gradient croissant côte-large, en face de l'Oued Mazafran. A l'opposé l'oxygène diminue de la côte vers le large. Ceci peut s'expliquer par le phénomène de la dilution liée aux apports de cet Oued en eaux douces.

Au niveau des sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl, les teneurs élevées en CaCO_3 et en matière organique sont localisées en face de Berard.

Les teneurs les plus élevées en Fer, Chrome, et en Manganèse sont localisées au large de Mazafran influencées par les rejets de cet Oued et liées au faciès sédimentaire (faciès vaseux).

Pour le Mercure, Zinc et le Cuivre, les valeurs élevées sont rencontrées au droit de l'embouchure de l'Oued Nador.

Les teneurs en mercures diminuent avec la profondeur en face de l'Oued Mazafran.

Concernant le Manganèse, les teneurs diminuent avec la profondeur au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran. Ceci est en relation avec le

phénomène de floculation et de précipitation qui se manifeste à l'interface eau douce-eau salée.

Les teneurs en métaux lourds étudiés dans les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl restent inférieures aux valeurs trouvées dans la Baie d'Alger, site considéré comme relativement pollué.

A la lumière des résultats obtenus, il ressort que le niveau de pollution par les métaux étudiés dans la Baie de Bou-Ismaïl n'atteint pas encore des limites alarmantes. Cependant, il conviendrait de continuer la surveillance de la zone, et pour être fiable, les contrôles de pollution doivent être nombreux et judicieusement répartis dans l'espace et dans le temps.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE:

- **A.I.E.A** (Agence Internationale de l'énergie Atomique), 1986. Intercalibration of Analytical méthode on marine samples.
- **Aît Kaci D. Et PAUC H.**, 1981. Le rôle de l'Oued Mazafran dans la sédimentation fine en baie de Bou-Ismaïl. Pelagos 6 (1), pp1-14
- **Aît Kaci D. Et PAUC H.**, 1983. La couverture sédimentaire récente en baie de Bou-Ismaïl: nature et structure . Rapp.et PV. CIESM 28 (4): 203-204.
- **AMIARD- TRIQUET C.**, 1989. Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces marines. Bull. ECOL., T20, 2: 129-151.
- **AMINOT A., CHAUSSEPIED M.**, 1983. Manuel des analyses Chimiques en milieu marin. cent . Nat. Exp. OCEANS, 395p
- **A.N.R.H.** , 1996. Agence Nationale des ressources hydrologiques à Bir Mourad Raïs.
- **ARNOUX A.**, 1993. « Qualité du milieu marin - Indicateurs biologiques et physico-chimiques ». Boudouresque. Ed. DOIN, Tome 2, 144p
- **ASSO A.**, 1982. Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule perna perna L. Dans la région d'Alger. Thèse de Doctorat en Océanographie biologique, Université Aix. Marseille II. 138 p.
- **BOUDJELLAL B: SELLAH B, BENOUD D., MALLEM M.T.**, 1992. Métaux lourds dans le sédiment superficiel de la baie d'Alger. Rapport du Workshop N°1: la circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. Rabat. Maroc.
- **BOULAHDID M., KHETIB N., REZZOUG S., AZZOUZ M., BOUDJELLAL.**, 1992. Les métaux lourds dans le sédiment des côtes Occidentales d'Algérie. Rapp. Comm. Int. Mer Médit.33.C.I.E.S.M. TRIEST (ITALIE), p .168.

- **BOUMAZA S.** , 1995. Phénologie , biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à posidonia océanica (L.) Delile de l'Anse de Kôali, Tipaza (Algérie). Magistère en Océanologie. I.S.M.A.L, p.106.
- **BRAHMIA A. Et BRINIS A.** (1997). Caractéristiques hydrologiques et niveaux de fertilité des eaux de la baie de Bou-Ismaïl. Ingenieur d'Etat en biologie marine, p.116+Annexe.
- **BRAIK D.**, 1989. Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl- Sédimentologie- Morphologie-problèmes d'érosion du littoral - Aménagement thèse Magistère. U.S.T.H.B, 165 P.
- BRAYAN G.W.**, 1984. Pollution due To heavy metals and their Compounds in: Marine ecology, O. Kinne (ed.), 5, chap ., John Wiley et sons LTd. New York: 1289-1431.
- **CAULET J.**, 1972. Les sédiments organogènes du précontinent Algérien. Mémoire national Histoire naturelle. Paris, Série Science de la Terre. Fascicule unique.Tome XXV, 289p.
- **CHARLOU J.L. et JOUANNY M.**, 1983. Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb,Zn,Cu,Cd,Co,Ni,Cr,Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique in CNEXO (1983), manuel des analyses chimiques en milieu marin. Ed Aminot et Chaussepeid M. Brest, pp. 285-295.
- CHESTER R., STONER J.M.**, 1975 Trace éléments in total particulate material from surface sea water. Nature, 255, p50-51.
- **CHOUIKHI A.**, 1980. Choix et mise au point de chaines alimentaires 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.
- **CONTU A., SARRTZU. G, BORDIGONI. M, MELONI. Paris SCHINTU .M.**1988. Heavy metals concentrations in superficial sédiments from the golf of olbia, sardinia. Rapp, comm, int, mer medit, 31,2. P38.

- **COUMES F., ROUSSEAU P.**, 1967. Étude de la sédimentation actuelle de la baie de BOU-Ismaïl (Ouest Alger). Annales Algériens de géographie, n°7, pp73-78.
- **DAGORNE A.**, 1973. Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl. Magos, 6 (2), pp40-53.
- **DURAAND J.**, 1952. Étude de quelques sédiments de la baie de Castiglione. Bull., Trav., Station aquaculture et pêche, Castiglione N 59. pp203-229-
- **FABRE R., TRUIHAUT. R.**, 1971. Précis de Toxicologie SEDES Paris. Tome 2. Pp 646-690.
- **IVANOFF A.**, 1972. Propriétés physico-chimiques des eaux de mer. Librairie Vuibert. Tome I. P208.
- **JENNE E.A.** , 1968 Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water : the significant rôle of Adv. Chem.Ser., 67. pp337-387-
- **JERNELOV A.**, 1972. Turnover of mercury in aquatic systems, in environment Research 1969-1971, report by the national swedis environment protection bond, Stockholm, pp26-27-
- **KADARI MEZIANE Y.**, 1994. Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl. Thèse Magister. I.S.M.A.L., 226 p
- **KORICHI H.S.**, 1988. Contribution à l'étude biologique de deux espèces de Saurels: Trachurus Trachurus méditerranéens et la dynamique de trachurus trachurus en baie de Bou-Ismaïl (Alger) thèse de Magister en Océanographie I.S.M.A.L., (Alger), pp260
- **MC DUFFIE B., EL-BARBARYI., HOLLODG.J et TIBERIOR.D.**, 1976. Trace Metals in riviers - speciations. Transportand rôle of sediments. Trace substances and environnement al heath, 10, pp85,95

- MILLOT C., TAUPIER-LETAGE I., BENZOHIRA M., 1989. The Algerian éddies. Elsevier Science Publishers B.V, 17p.
- OUELD HOCINE B., et HEDROUG S., 1993. Contribution à l'étude de quelques métaux lourds présents dans les matières en suspension, l'herbier à posidonie et les sédiments superficiels de la Baie de Bou-Ismaïl. Ingénieur d'Etat en chimie Industrielle. U.S.T.H.B., 115p
- OUELD HOCINE B., SEMROUD R., KHIARI N., et BOUMAZA S., 1995. Evaluation des métaux traces par posidonia Oceanica (L.) Delile et dans le sédiment de l'Anse de Kouali, Tipaza (Algérie). Premières journées maghrébines des sciences de la mer. Salombo (Tunisie)-pp.1-4.
- OUELD HOCINE B., SEMROUD R., KHIARI N., et BOUMAZA S., 1997.
La mémorisation des métaux traces par posidonia océanica: Résultats préliminaires. Journées scientifiques sur l'environnement et biodiversité. Société d'Histoire d'Afrique du Nord. U.R.S.A, palais de culture Algérie.
- O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé), 1979. Principes et directives applicables au déversement de déchets dans le milieu marin. Plan d'action pour la Méditerranée, 555 p
- PINEL R., ASTRUC M. Et DONRD O., 1990. Les Organométalliques en trace dans l'environnement aquatique. Actualité chimique, Mai-Juin 1990. P 109-117-
- POLLUTION DU RÔHNE,, 1990. Projet Mer Méditerranée. GREENPEACE, 62p-
- RAMADE F., 1979. Ecotoxicologie. 2ème édition Masson, 5p
- REZZOUG S., 1997. Contribution à l'étude de la contamination des sédiments et des particules en suspension par les éléments métalliques des Golfs de Bédjaïa et Skikda. Thèse de Magister (Sous-presse)-
- RODIER J., 1984. L'Analyse de l'eau. Tome 1, DU NOD Technique. 713p.
- UNEP/ IAEA, 1985 (a)- Détermination of total Chromium in marine sédiments by flameless atomic absorption spectrophotométry. (Draft) Référence Methods for Marine Pollution Studies, N° 31, UNEP.

- **UNEP / IAEA, 1985 (b) - Détermination of total Copper in marine sediments by flameless Atomic absorption spectrophotometry. (Draft) Référence Methods for marine pollution studies , n°33, UNEP.**

- **UNEP / IAEA, 1986. Détermination of total manganese in marine sediments by flameless atomic absorption spectrophotometry. (Draft) Référence Méthods for marine pollution studies, n°38, UNEP.**

- **VARNAVAS S.P.and FEREN TINO S., 1982 Heavy metals distribution in the surface sediments of PATRAIKOS by.Creec. VI journées. Etud. Pollution, CANNES, CIESM.**