

République Algérienne Démocratique et Populaire

May 143/1

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD - TLEMCEM

FACULTE DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE & ENVIRONNEMENT

Mémoire en vue de l'obtention
du Diplôme de Magister en Biologie

Option : Ecologie animale



THEME
**EVALUATION DE LA POLLUTION METALLIQUE
DANS L'EAU, LES SEDIMENTS ET ORGANISMES VIVANTS
DU LITTORAL DE GHAZAOUET (EXTREME OUEST ALGERIEN)**

Présenté par :

Mr BELLAÏDJ Hichem

Soutenu le : 30/11/ 2008 devant la commission de jury composée de :

Mr MAHDJOUR Tewfik
Mme YACOUTA NOUR Aïcha
Mme BENGUEDDA Wacila
Mme KAID SLIMANE Nacéra
Mme BELAÏDI Nouria

M.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen
C.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen

Président
Promoteur
Co-Promoteur
Examinatrice
Examinatrice

Année universitaire : 2007-2008

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID - TLEMCEM

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE & ENVIRONNEMENT

*Mémoire en vue de l'obtention
du Diplôme de Magister en Biologie*

Option : Ecologie animale

THEME

**EVALUATION DE LA POLLUTION METALLIQUE
DANS L'EAU, LES SEDIMENTS ET ORGANISMES VIVANTS
DU LITTORAL DE GHAZAOUET (EXTREME OUEST ALGERIEN)**

Présenté par :

Mr BELHADJ Hichem

Soutenu le : 30/11/ 2008 devant la commission de jury composée de :

Mr MAHDJOUR Tewfik
Mme YACOUTA NOUR Aïcha
Mme BENGUEDDA Wacila
Mme KAID SLIMANE Nacéra
Mme BELAÏDI Nouria

M.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen
C.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen
M.C, Université de Tlemcen

Président
Promoteur
Co-Promoteur
Examinatrice
Examinatrice

Année universitaire : 2007-2008

DEDICACES

*A ma chère Mère,
A mon cher Père,
A toute ma Famille...*

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais faire part de mes vifs remerciements aux personnes qui ont eu la gentillesse de m'aider et de me soutenir spécialement :

Mme YACOUTA NOUR Aïcha qui a accepté de m'encadrer et m'a accueilli au sein du Laboratoire de Chimie inorganique & Environnement et qui a su me laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de mes travaux, tout en y gardant un oeil critique et avisé. Qu'elle trouve ici la marque de ma gratitude pour sa confiance et son soutien

Mme BENGUEDDA Wacila, mon co-promoteur, qui m'a réservée les meilleures conditions de travail ainsi que pour sa contribution à l'évaluation de ce mémoire par ses remarques tout a fait pertinentes.

J'espère que ce travail soit un remerciement suffisant pour le soutien et la confiance dont elles ont fait preuve à mon égard.

Mes remerciements les plus vifs vont à Mr MAHDJOUR Tewfik pour avoir bien voulu présider le jury.

J'adresse aussi mes remerciements à Mme KAID SLIMANE Nacéra qui m'a fait profiter de sa vision complémentaire indispensable dans ce travail interdisciplinaire. Egalement un merci pour Mme BELAIDI Nouria qui a accepté d'examiner ce mémoire et de participer à ce Jury.

Qu'ils trouvent ici tous le témoignage de ma gratitude et l'expression de mon profond respect.

Par ailleurs, je m'empresse de remercier chaleureusement:

Mr KADI Med, Président Directeur Général d'Alzinc, Mme MEGHABAR Widad Chef de Service du Laboratoire de Contrôle de Qualité, ainsi que Mr BESSEDIK Arselane, et Mr SIDHOUM, pour m'avoir bien accueilli et permis d'effectuer les analyses de métaux lourds au sein d'Alzinc - Ghazaouet.

Mr TALBI, Directeur du L.T.P.O –Tlemcen, ainsi que Mr CHEIKH et Mme SELMI et toute l'équipe du L.T.P.O –Tlemcen qui par leur gentillesse ont consenti à me laisser profiter des équipements disponibles pour l'analyse physique des sédiments.

Mr HALIS Mohamed, qui m'a prêté aide au niveau du Port de Ghazaouet.

Mr FRIHA Houcine, Ex-responsable du Laboratoire de GNL₁ – Sonatrach pour son aide et ses conseils précieux.

Au personnel de l'Agence Algérienne des Eaux - Tlemcen, j'aimerais exprimer ma reconnaissance à Mr HAZEL M. et Mme ZENAGUI.

Je remercie également toutes les personnes qui ont eu la gentillesse de me conseiller tout au long de mon travail, en particulier les doctorants du laboratoire de Chimie inorganique & Environnement en particulier Melle BOUHADJERA (M.C), Mr BENGUELLA B., et Mr BABA AHMED A.

Enfin, je présente mes remerciements à tous mes amis, en particulier, BENDIMERAD S., BECHLAGHEM H., AMARA A., HENAOUI A., ainsi que toute l'équipe Copy Center.

- HICHEM-

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I- GENERALITES SUR LA POLLUTION	3
1. Définition de la pollution:.....	3
2. Historique de la pollution:	3
3. Sources et types de Pollutions:	4
4. Les formes de pollution:	4
5. La pollution marine:.....	5
a- Définition de la pollution marine.....	5
b- La pollution marine en méditerranée:.....	5
c- Aperçu sur la pollution marine en Algérie:	6
II – QUELQUES PROPRIETES DES METAUX LOURDS :	8
1. Définition :	8
2. Origine	9
3. Utilisation et toxicité:.....	9
4. Présentation des métaux étudiés:	11
a- Cadmium:	11
b- Cuivre:	11
c- Fer :.....	12
d- Plomb :.....	13
e- Zinc :.....	13
f- Nickel :	14
g- Chrome	15
5- Répartition, itinéraires et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique	16
III- DESCRIPTION DES ELEMENTS DU MILIEU PHYSIQUE (EAU, SEDIMENTS) ET DU MATERIEL BIOLOGIQUE ETUDIES (ALGUES, GASTEROPODE):	18
1) Caractérisation physicochimiques des eaux et des sédiments marins :	18
A- Quelques propriétés physicochimiques des eaux marines:.....	18
1. La température:	18
2. Le pH:	18
3. La conductivité électrique:.....	18
4. La salinité:.....	19
5. Les gaz dissous dans l'eau de mer:	20
6. Les teneurs en éléments métalliques:.....	21
B- Propriétés Physicochimiques des sédiments marins:.....	21
1. Granulométrie	22
2. Composition.....	22
3. Teneurs en éléments métalliques:	23
2- Quelques caractéristiques du matériels biologiques étudiés:	25
A- Les algues:	25
1) Généralités:.....	25
2) Ecologie des algues:	25
3) Classification des algues:	25
4) Les algues en Algérie:	26
5) Domaines d'utilisation des algues en méditerranée:	27
6) Les espèces d'algues étudiées:	28

B- Le gastéropode : Patella ferruginea :	37
1) Description et écologie :	37
2) Rang taxonomique :	37
3) Aire de répartition :	37
4) Morphologie:	38
5) Anatomie:	38
6) Biologie de la patelle :	40
CHAPITRE II - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :	43
I- DONNEES GENERALES:	43
1- Situation géographique	43
2- Hydrographie et hydrologie:	45
3- Relief & Géologie:	47
4- Le climat:	48
4.1. Les précipitations :	48
4.2. Les températures:	49
4.3 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN:	52
4.4 Le quotient pluviothermique d'EMBERGER:	52
4.6 Les vents:	55
5- Courantologie:	55
6- Houles:	55
7- Marée:	55
II- LES ACTIVITES HUMAINES DANS LA REGION DE GHAZAOUET:	56
1- Démographie:	56
2- Tissu industriel :	59
3- Le Port et la pêche:	64
4- Autres activités importantes dans la région:	67
CHAPITRE III - MATERIELS ET METHODES	72
I- L'ECHANTILLONNAGE:	72
1- Choix des stations de prélèvement:	72
2- Choix des échantillons :	72
3- Choix des contaminants	74
II - METHODES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE	74
1- Prélèvements :	74
a- Prélèvement d'eau :	74
b- Prélèvement des sédiments :	74
c- Prélèvement d'Algues :	75
d- Prélèvement de la patelle :	75
2- Analyse	75
a) Minéralisation	75
1- La Minéralisation des sédiments :	75
2- La Minéralisation des algues:	76
3- La Minéralisation de la patelle :	76
b) Dosage des métaux :	77
1- Dosage:	77
2- Calcul des concentrations :	80
c) L'analyse statistique	80

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	82
A- EVOLUTION SPATIALE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	82
I- Qualité physico-chimique des eaux marines :.....	82
II- Distribution des teneurs métalliques dans l'eau :	87
III- Résultats de l'analyse granulométrique des sédiments marins:	98
IV- Distribution des teneurs métalliques dans les sédiments:	101
V - Distribution spatiale des teneurs métalliques chez <i>Enteromorpha linza</i>	111
IV - Distribution spatiale des teneurs métalliques chez <i>Corallina officinalis</i> :	120
V- Comparaison entre les résultats des deux méthodes de minéralisation chez <i>Patella ferruginea</i> :	129
B- EVOLUTION TEMPORELLE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	138
I- Evolution des paramètres physico-chimiques de l'eau :	138
1- La température de l'air et de l'eau.....	138
2- Le pH :.....	141
3- La conductivité électrique :	141
4- La salinité :	144
5- L'oxygène dissous :.....	144
II- Evolution des métaux dans l'eau	147
III- Evolution des métaux dans les sédiments	161
IV- Evolution des métaux chez <i>Enteromorpha linza</i> :	175
V- Evolution temporelle des métaux chez <i>Corallina officinalis</i> :	189
VI- Evolution des métaux chez <i>Patella ferruginea</i> :	203
C- ETUDE COMPARATIVE.....	214
1) Comparaison entre différents échantillons d'étude	214
a- Enteromorphe – coralline (algues):	214
b- Sédiment – Algues :.....	216
c- Algues –Patelle :	219
d- Sédiment- patelle :.....	221
e- Eau – échantillons.....	221
2) Comparaison de nos résultats avec des normes en vigueur et quelques études antérieures:.....	223
a- Eaux de mer :	223
b- Les sédiments :	225
c- Les algues :	227
d- La patelle	231
DISCUSSION	233
CONCLUSION	237
BIBLIOGRAPHIE.....	239

INTRODUCTION

INTRODUCTION

De nos jours, et pour des raisons économiques et stratégiques, les activités humaines sont devenues si intenses et variées que les rejets découlant connaissent eux aussi une croissance effrénée et un élargissement sans précédent de la gamme des polluants générés de ces activités.

A cet effet, dans la wilaya de Tlemcen, comme partout ailleurs dans le pays, les problèmes environnementaux ont vu le jour et se sont accumulés, malgré la présence de quelques règles de protection. Il n'est pas sans intérêt de rappeler qu'en Algérie le rapport du Conseil National Economique et Social (C.N.E.S) de 1997 a estimé que 38 millions de tonnes de déchets sont stockés sur le territoire algérien dont 65% des déchets dangereux sur la seule Wilaya de Tlemcen. Cette situation n'est pas étonnante, en fait, pour notre wilaya si on connaît, par exemple, que le processus de traitement du Complexe d'Alzinc (Ghazaouet) a généré, à lui seul, entre sa mise en service (Décembre 1974) et l'arrêt d'exploitation du site de stockage (en juin 2001) un stock important de 410 000 tonnes environ. Ce stock se trouve actuellement en sommet de la falaise surplombant la mer et l'usine dans un périmètre urbain et sans couverture (**M.A.T.E, 2006**).

Face à cette réalité inquiétante et dans le cadre des efforts scientifiques alloués par le Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement (Dept. de Chimie) et celui de Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement et Application en Santé Publique (Dépt de Biologie et Environnement) de l'Université de Tlemcen pour la sensibilisation des communautés scientifiques et autres afin de protéger notre environnement, nous avons estimé qu'il est important de connaître la qualité des rejets déversés dans le golfe de Ghazaouet que l'on a d'ailleurs choisi comme zone d'étude. En effet, ces rejets se font souvent sans traitement préalable menaçant ainsi notre milieu d'altérations multiples. Certaines études menées sur la région de Ghazaouet (**Chouikhi et al., 1993; A.N.A.T, 2000; D.P.R.H.T, 2004; D.E.T, 2006**) ont déjà montrés que cette dernière est soumise aux phénomènes de pollution engendrés essentiellement par les rejets urbains, industriels et portuaires. D'autres études ont pu mettre en évidence la présence de contaminants dangereux tels que les métaux lourds, polluants qui se distinguent des autres polluants chimiques par une faible biodégradabilité et un important pouvoir de bio-accumulation le long de la chaîne trophique, ce qui pourrait être nuisible aussi bien à la population qu'à la faune et la flore de notre région. Ces métaux ont fait aussi l'objet de plusieurs suivis dans la région ces derniers temps dont les plus importants sont ceux de : **L.E.M (1997); M.A.T.E (2006) et M.A.T.E (2007)**.

Cependant, le but de notre contribution est d'acquérir le maximum d'informations sur l'état actuel de la pollution métallique et d'apprécier éventuellement son évolution spatio-temporelle dans certains échantillons biotiques et abiotiques du milieu marin. Les analyses mises en œuvre ont permis le suivi de sept métaux (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr) respectivement dans l'eau, les sédiments, deux algues (*Enteromorpha linza*, *Corallina*

officinalis), et un gastéropode (*Patella ferruginea*) durant la période allant de Décembre 2005-septembre 2006.

Le présent travail et après cette introduction est répartie en quatre (04) chapitres et une conclusion.

Le premier chapitre qui est une synthèse bibliographique a permis de définir la pollution d'une manière générale pour arriver à la pollution marine. En outre ce chapitre présente une fiche de données pour chacun des sept métaux de cette étude, et une synthèse des principales caractéristiques des compartiments abiotiques (eaux, sédiments) pour terminer avec une description du matériel biologique étudié (algues, gastéropode).

Le deuxième chapitre a décrit avec des figures et des photos prises et sur plusieurs plans (géographique, géologique, climatique, activités humaines) la zone d'étude.

Le troisième chapitre qui est matériels et méthodes comporte une présentation des différentes analyses mises en œuvre concernant les différents échantillons de notre étude.

Le dernier chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus, à leur présentation par des représentations graphiques et moyennant également des tests statistiques (ANOVA, ACP) ainsi qu'à leur discussion. Ces résultats ont pu être également comparés aux normes en vigueur et aux travaux antérieurs lorsque ces normes n'existaient pas.

CHAPITRE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I- GÉNÉRALITÉS SUR LA POLLUTION

1. DÉFINITION DE LA POLLUTION:

Selon le dictionnaire du bon usage (**Robert, 1992**), «polluer» c'est "salir en rendant malsain, dangereux". «Polluer» signifie étymologiquement: profaner, souiller, salir, dégrader.

La définition la plus générale du terme pollution a été donnée par le premier rapport du Conseil sur la Qualité de l'Environnement de la Maison Blanche (1965) «la Pollution» dit ce rapport *«est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît, en totalité ou en partie, comme un sous produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu».*

D'autres définitions, limitent l'usage du terme de pollution au rejets de produits chimiques ou radioactifs dans l'environnement et désignent sous le vocable général de nuisances les autres altérations du milieu ambiant provoquées par l'homme (on parlera alors, par exemple, de nuisance sonore, ou de nuisance esthétique). **Ramade (2000)** a donné une définition plus restrictive de ce terme qui est: *«constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme».*

2. HISTORIQUE DE LA POLLUTION:

Malgré une opinion fort répandue, les pollutions ne constituent en aucun cas un problème récent, leurs origines remontent aux époques protohistoriques (entre la préhistoire et l'histoire). Plus exactement, selon **Ramade (1992)**, les premières causes de contamination de l'environnement appaurent au Néolithique. A cette époque, la découverte de l'agriculture permit la sédentarisation des groupes humains et donc la création de cités. Cependant, les sources de pollution demeurèrent des plus limitées. Elles provenaient de la contamination microbiologique des eaux par les effluents domestiques et plus rarement de la manipulation de divers métaux non ferreux toxiques par des méthodes primitives.

Il faut attendre la naissance de la grande industrie, au milieu du 19^{ème} siècle pour que la contamination de l'eau, de l'air et parfois des sols devienne préoccupante dans les alentours des installations minières ou métalliques et dans les grandes cités industrielles surpeuplées.

Aux anciennes causes de pollution, viennent aujourd'hui s'ajouter de nouvelles qui résultent en particulier du développement spectaculaire de la chimie et de l'industrie nucléaire.

3. SOURCES ET TYPES DE POLLUTIONS:

Les pollutions peuvent être classées suivant différents critères :

- En fonction de l'origine de la pollution;
- Selon la nature des polluants ;
- Selon la répartition géographique ;
- En fonction de la répartition dans le temps.

a- En fonction de l'origine de la pollution:

- Urbaine: due principalement aux rejets d'eaux usées domestiques, eaux pluviales, eaux d'infiltration sous les dépôts d'ordures et autres;
- Industrielle: liée aux eaux usées, eaux d'infiltration sous dépôts industriels, liquides dangereux tels les hydrocarbures, eaux des bassins de lagunage, et autres;
- Agricole: causée par les eaux d'infiltration et de ruissellement dans les limites des périmètres irrigués, les sites d'élevages, de lisiers, d'épandages d'engrais et produits phytosanitaires.

b- Selon la nature ou type des polluants:

- Physiques: chaleur, matières en suspension, radioactivité et autres;
- Chimiques: sels minéraux, métaux lourds, pesticides, détergents, hydrocarbures et autres;
- Microbiologiques: virus, bactéries

c- Selon la répartition géographique:

- Pollution diffuse;
- Pollution ponctuelle.

d-En fonction de la répartition dans le temps :

- Pollution permanente (chronique) ;
- Pollution accidentelle;
- Pollution saisonnière (sels de déneigement, etc.).

4. LES FORMES DE POLLUTION:

a- La pollution atmosphérique:

« On parle de pollution atmosphérique lorsqu'une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présents dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telles qu'ils sont dangereux pour les hommes, les animaux, les plantes ou les biens, qu'elles contribuent à leur mise en péril ou nuisent à l'activité et au bien-être des personnes» (O.M.S). (Heinrich et Hergt, 1990).

b- La pollution des sols:

Elle résulte de nombreuses causes, retombées de polluants atmosphériques, d'origine agricole (engrais, pesticides) ou par des apports de produits industriels (métaux lourds, ...) (Ramade, 2000).

c- La pollution des eaux:

La pollution des eaux est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux.

Par le jeu de la circulation hydrique à la surface des continents, les fleuves et les apports telluriques directs dus au ruissellement et au lessivage des terres émergées dans les zones côtières apportent de nombreux polluants dans les eaux littorales causant ainsi un grand problème environnemental qui est la pollution marine. (Ramade, 2000).

5. LA POLLUTION MARINE:

a- Définition de la pollution marine

Selon le G.E.S.A.M.P (1990) [United Nations Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection], la pollution marine est «*l'introduction, directement ou indirectement, dans le milieu marin (estuaires compris), de substances ou d'énergie provoquant des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, risques pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, notamment la pêche, altération de la qualité d'utilisation de l'eau de mer et réduction des agréments*». (Lacaze, 1996).

b- La pollution marine en méditerranée:

La mer méditerranée est peu profonde dans son ensemble en moyenne 1500 m. C'est un bassin presque entièrement fermé ou le faible afflux d'eau superficielle provenant de l'océan atlantique constitue sa source majeure de renouvellement. Son renouvellement complet prend plus d'un siècle par le détroit de Gibraltar (profond seulement de 300 m). Ce faible flux, couplé avec une forte évaporation, rend la Mer Méditerranée plus salée que l'océan atlantique.

Bien que cette mer ne représente que 1% de la surface totale couverte par les océans dans le monde, l'activité humaine y exerce une pression considérable. L'urbanisation du littoral, l'activité industrielle, l'agriculture intensive, les ports et la navigation sont les principaux facteurs de la pollution marine nuisibles aux ressources naturelles.

En effet, la méditerranée représente 30% du transport maritime, elle connaît à elle seule 1/5 des accidents pétroliers mondiaux. La méditerranée est la première destination touristique au monde (30 % du tourisme mondial). Plus de 500 millions de tonnes d'égouts

sont évacuées dans la mer chaque année, dont 120 000 tonnes d'huiles minérales, 60 000 tonnes de plomb et 3600 tonnes de phosphates. L'industrie de la pêche exerce elle aussi une pression constante sur l'environnement. (P.N.U.E, 2004)

c- Aperçu sur la pollution marine en Algérie:

La côte algérienne accueille environ 12,5 millions d'habitants (1998), représentant 45% de la population nationale. Pendant les mois d'été, les touristes s'ajoutent à la population fixe. Alger, Oran, Annaba, Ghazaouet, Mostaganem, Arzew, Bejaia et Skikda sont les villes côtières les plus importantes (Figure 1, 2).

Les principaux problèmes de pollution incluent les eaux usées urbaines et industrielles non traitées, les nappes d'hydrocarbures, de pétrole, et l'érosion côtière. La plupart des eaux usées urbaines sont directement rejetées en mer sans traitement. Bien que 17 stations d'épuration des eaux usées urbaines aient été construites dans la zone côtière algérienne, cinq seulement fonctionnent normalement, ce qui représente environ 25 % de la capacité de traitement totale. On rencontre des micro-organismes fécaux sur la plupart des plages de baignade algériennes, qui ne sont pas conformes aux normes sanitaires requises. De même, la pollution par les hydrocarbures de pétrole est très courante le long du littoral algérien, compte tenu des voies du trafic maritime pétrolier qui passent à proximité. En effet, 150 millions de tonnes d'hydrocarbures y sont transportées chaque année (sur les 500 millions de tonnes/an d'hydrocarbures transportés au total en mer Méditerranée), ce qui correspond au transit de 1800 pétroliers par an. En outre, plus de 50 millions de tonnes d'hydrocarbures empruntent chaque année les terminaux pétroliers des principaux ports algériens (Arzew, Bethioua, Bejaia et Skikda), avec d'importantes fuites d'exploitation en mer (10.000 tonnes/an). Les opérations de déballastage sont également responsables du déversement de quelque 12 000 tonnes supplémentaires d'hydrocarbures par an dans les eaux côtières du fait que les installations de réception disponibles ne peuvent pas répondre aux quantités de ballast.

En raison de la présence d'activités pétrolières en Algérie, les sédiments portuaires et côtiers présentent de fortes concentrations en hydrocarbures pétroliers.

L'érosion constitue également un gros problème. Sur les 250–300 km de plages de sable que possède l'Algérie, 85 % sont en recul, perdant du sable à raison de 0,30 à 10,4 m/an. (A.E.E, 2006).

Tableau 1 : Les zones présentant préoccupation de pollution marine en Algérie (A.E.E, 2006).

Zone	Types de rejets
LA BAIE D'ALGER	Eaux usées urbaines et industrielles, cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc dans les sédiments.
ORAN	Eaux usées urbaines et industrielles (terminal et raffinerie pétroliers, tanneries).
SKIKDA	Eaux usées urbaines et industrielles (gaz naturel, production de mercure, terminal et raffinerie pétroliers, industrie chimique), métaux lourds.
ANNABA	Eaux usées urbaines et industrielles (engrais, chrome).
GHAZAOUET	Eaux usées urbaines et industrielles (zinc et acide sulfurique).
MOSTAGANEM	Eaux usées urbaines et industrielles, plomb, mercure.
ARZEW	Eaux usées urbaines et industrielles, gaz liquéfié, déversements d'hydro-carbures, engrais.
BEJAIA	Eaux usées urbaines et industrielles (oléoduc).

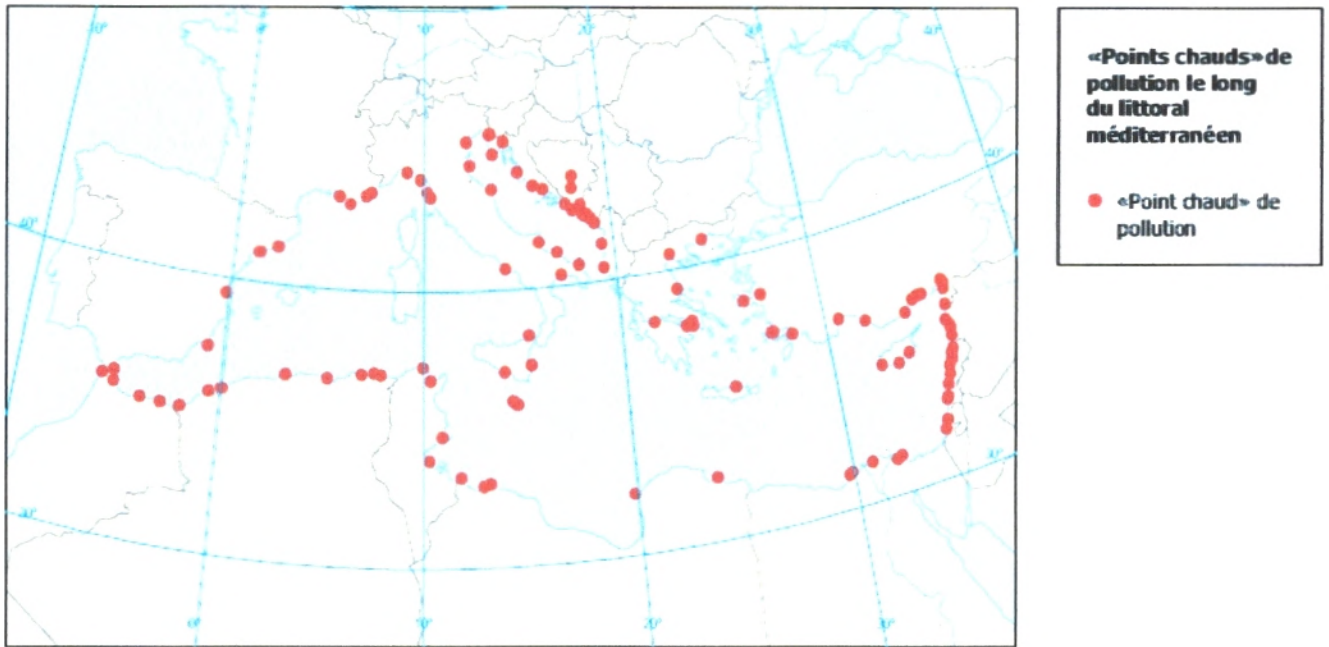


Figure 1: Points chauds de pollution le long du littoral méditerranéen.
(A.E.E, 2006)

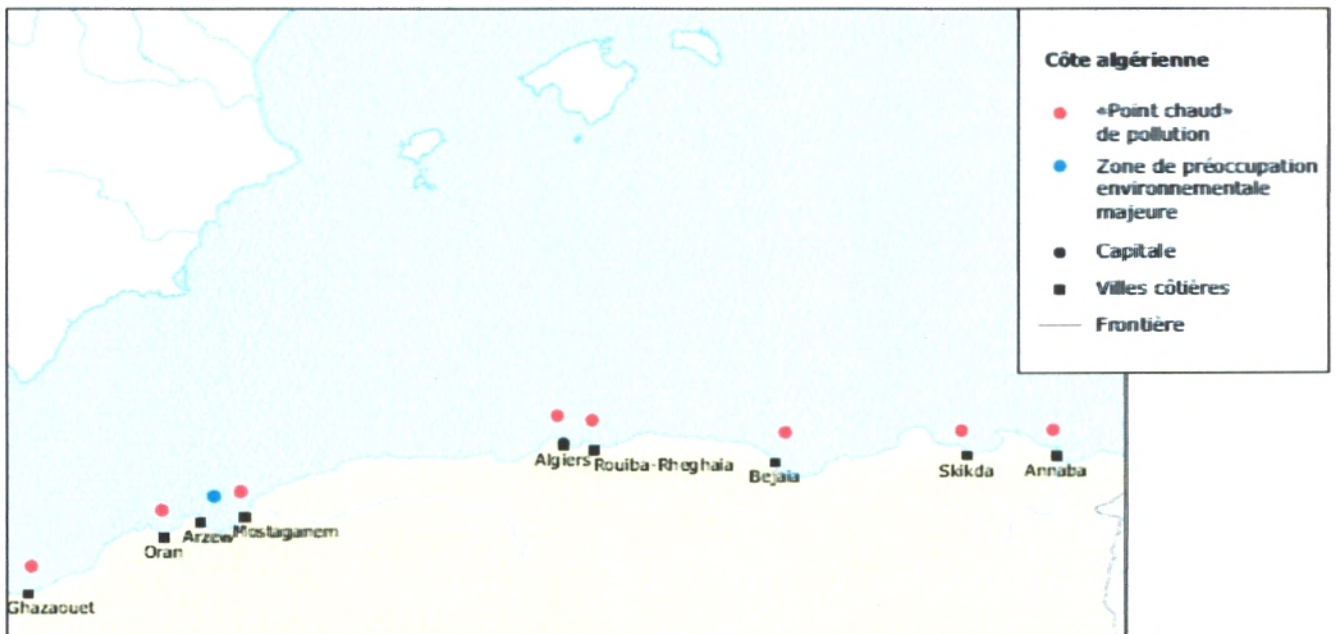


Figure 2: Côte algérienne avec les zones de préoccupation environnementale majeure et les «points chauds» de pollution.
(A.E.E, 2006)

II – QUELQUES PROPRIETES DES METAUX LOURDS :

1. DEFINITION :

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement «lourds» (par exemple le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde). Ce terme générique désigne donc indistinctement des métaux et métalloïdes réputés toxiques. Pour ces différentes raisons, l'appellation «éléments traces métalliques» -ETM- ou par extension «éléments traces» est préférable pour certains à celle de métaux lourds qui est une appellation courante, qui n'a ni fondement scientifique ni application juridique, et discutable.

Donc, on parle généralement de «métaux lourds» pour désigner les éléments métalliques naturels, métaux ou métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 kg par décimètre cube.

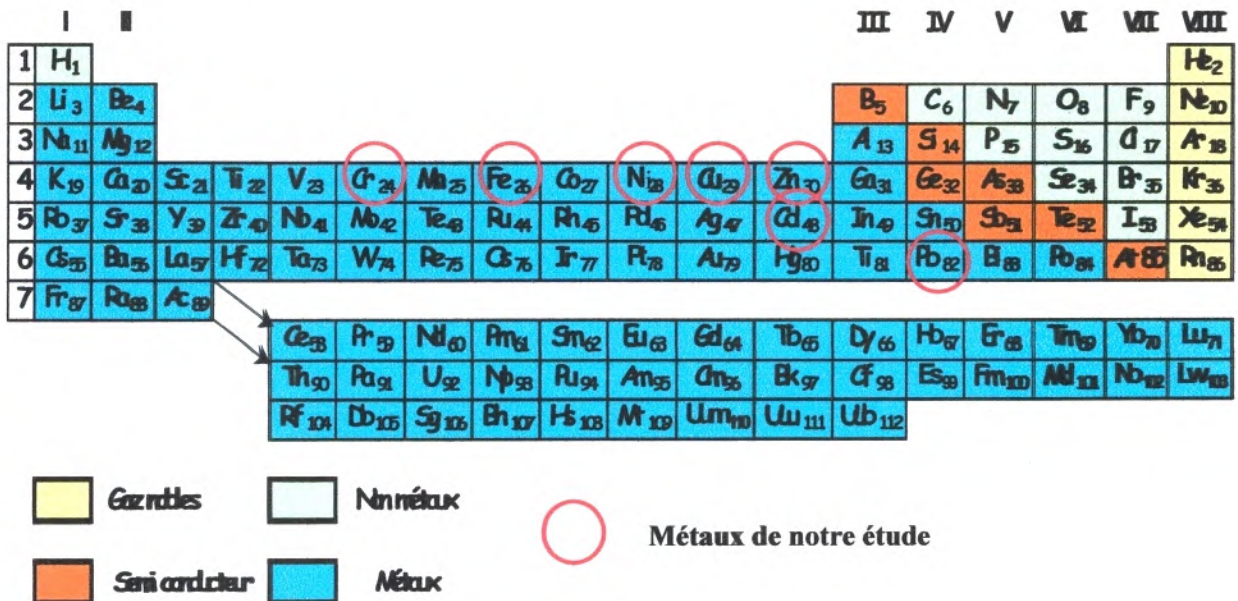


Figure 3: Tableau périodique des éléments.

2. ORIGINE

- *Source naturelle:*

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents «en traces». Ils sont aussi «la trace» du passé géologique et de l'activité de l'homme.

Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène et soufre en particulier). Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques. Par ailleurs, les volcans et les incendies de forêts, constituent aussi des sources naturelles importantes de métaux. **(Chiffoleau et al., 2001).**

- *Source anthropique:*

En dehors de concentration de fond (ou concentration naturelle), il existe trois sources principales de métaux lourds:

- Apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides).
- Résidus industriels et urbains.
- Retombés atmosphériques. **(Duchaufour, 1997).**

De ce fait, l'exploitation et l'utilisation des métaux par l'homme peuvent exagérément augmenter leur dissémination dans des écosystèmes qui n'y sont pas exposés naturellement. **(INERIS, 2004).**

3. UTILISATION ET TOXICITE:

Les métaux généralement sont des corps simples, doués d'un éclat particulier (l'éclat métallique), bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. Ils sont abondamment utilisés par l'homme depuis l'antiquité, d'abord pour sa survie, puis son confort et ses loisirs.

Les utilisations des métaux sont multiples et très diversifiées, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires. Les sources de contamination le sont par conséquent aussi. Durant toutes les phases d'élaboration et/ou de recyclage de ces produits, des métaux sont malencontreusement rejetés, parfois en abondance, dans l'environnement, soit directement dans les eaux continentales ou marines, soit dans l'atmosphère où ils peuvent être transportés par les vents à des milliers de kilomètres, associés aux poussières avant de se déposer par voie sèche ou par voie humide, bien que la majeure partie de ces émissions atteigne le sol à proximité des sources, à la surface de la terre ou de l'océan. L'utilisation de produits finis contenant des métaux (l'automobile, la photographie, l'agriculture, pour ne citer que ces domaines) en dissémine des quantités importantes dans l'environnement.

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombre d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti).

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (**Tableau 2, 3**).

Les composés métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau). (**Chiffolleau et al., 2001**).

Tableau 2: Classification des métaux et métalloïdes en fonction de leur toxicité et de leur disponibilité (**Geffard, 2001**).

Pas toxiques			Toxiques, mais peu solubles ou rares			Très toxiques et relativement disponibles	
Na	C	F	Ti	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Tl
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pb	Sb
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Bi
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	
N			Re	Ba		Pt	

Tableau 3: Eléments métalliques traces indispensables aux organismes biologiques (animaux et végétaux) (**Devez, 2004**).

Eléments	Symbole	Indispensable à faibles conc.		Toxiques à fortes conc.	
		Végétaux	Animaux	Végétaux	Animaux
Arsenic	As		✓	✓	✓
Bore	B	✓		✓	
Cobalt	Co	✓			✓
Chrome	Cr		✓	✓	✓
Cuivre	Cu	✓		✓	✓
Etain	Sn		✓		✓
Fluor	F		✓		
Fer	Fe	✓			
Iode	I		✓		✓
Manganèse	Mn	✓		✓	
Molybdène	Mo	✓			✓
Nickel	Ni	✓		✓	✓
Sélénium	Se		✓		✓
Silicium	Si		✓		✓
Vanadium	V		✓	✓	✓
Zinc	Zn	✓		✓	✓
Cadmium	Cd			✓	✓
Mercur	Hg			✓	✓
Plomb	Pb			✓	✓
Thallium	Tl			✓	✓

4. PRESENTATION DES METAUX ETUDIES:

a- Cadmium:

1) Présentation:

Dans la nature le cadmium n'existe pas à l'état natif. C'est un élément relativement rare qui se rencontre en tant que constituant mineur dans divers minerais, son minerai est un sulfure, la Greenockite (CdS).

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Cadmium	du grec, Kadmia, terre	Cd	1817	48	112,4	8,7

(Rodier, 1996).

2) Utilisations

Le cadmium est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surface des aciers (revêtements anti-corrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchouterie. (Ifremer, 2001). Enfin, les engrais chimiques peuvent constituer une cause de contamination des sols selon leur origine géologique et leur degré de purification (Ramade, 1992).

3) Toxicité

Le cadmium ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau subléthal, des concentrations de 0,05 à 1,2 µg/l peuvent provoquer des effets physiologiques pour les larves de crustacés (respiration, stimulation enzymatique) et des inhibitions de croissance pour le phytoplancton.

Le cadmium présente des risques chez le consommateur humain. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées. (Chiffolleau et al., 2001).

b- Cuivre:

1) Présentation:

Le cuivre est extrait d'une grande variété de minerais (165) d'une teneur de 0,7 à 2 %. De nombreux autres éléments métalliques (Fe, Ni, Zn, Pb, Co, ..) sont souvent associés au cuivre.

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Cuivre	de Cyprium, ancien nom de l'île de Chypre	Cu	/	29	63,54	8,96

(Rodier, 1996).

2) Utilisations

Son emploi est extrêmement diversifié, l'industrie apporte de grandes quantités de cuivre aux rivières et à l'atmosphère, le réceptacle final étant l'océan. L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire. Cet élément est aussi utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides).

3) Toxicité :

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. En particulier, la concentration létale en 48h pour 50% des larves d'huîtres plates ($CL_{50}/48h$) serait de 1 à 3 $\mu g/l$ et des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4 microgrammes par litre. (Chiffolleau et al. , 2001).

Selon Gaujous (1995), le cuivre diminue l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide), provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons. Il provoque aussi le verdissement des huîtres.

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine. Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate). (Pichard, 2005).

c- Fer :

1) Présentation:

Très répandu, le fer se classe au 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre.

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm^3)
Fer	du latin, Ferrum	Fe	/	26	55,847	7,87

(Rodier, 1996)

2) Utilisations :

Il est largement utilisé dans la métallurgie, et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées.

3) Toxicité :

Sa toxicité pour la vie aquatique est fonction de son état chimique, le fer ferreux (Fe^{2+}) étant beaucoup plus toxique que le fer ferrique (Fe^{3+}), et de la présence de précipité d'hydroxyde de fer qui tend à se déposer sur les branchies des poissons et à entraîner leur colmatage (Rodier, 1996).

Selon **Gaujous (1995)**, le fer a des effets esthétiques pour le milieu: coloration rouge et goût métallique, goût et odeur de poissons pourris (décomposition des bactéries ferrugineuses).

d- Plomb :

1) *Présentation:*

Le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais mais aussi à de nombreux autres éléments: Fe, Cu, Cd, As, Ag, Au, qui sont en grande partie (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Le principal minerai de plomb est la galène (PbS), très souvent associée à la blende et la pyrite.

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Plomb	du latin, Plumbum	Pb	/	82	207,2	11,34

(Rodier, 1996).

2) *Utilisations:*

En milieu marin, les apports de plomb se font majoritairement par voie atmosphérique, la source principale étant encore à l'heure actuelle la combustion des carburants automobiles.

3) *Toxicité :*

Bien que les seuils toxiques du plomb inorganique en milieu aquatique semblent nettement supérieurs aux concentrations habituellement rencontrées dans l'environnement, on peut cependant observer un retard de croissance chez le phytoplancton à partir de 0,5 microgramme par litre. De plus, les niveaux de bioaccumulation dans les produits marins, mollusques en particulier, sont à prendre en considération pour la santé des consommateurs.

Chez l'homme, les ions Pb²⁺ entrent en compétition avec Ca²⁺ dans la formation des os (saturnisme) et peuvent aussi bloquer plusieurs enzymes. (**Chiffolleau et al., 2001**).

e- Zinc :

1) *Présentation:*

Le zinc est très souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 pour cent. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie.

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Zinc	De zink, nom allemand de l'étain	Zn	16 ^{ème} siècle	30	65,38	7,133

(Rodier, 1996)

2) *Utilisations:*

Les principaux secteurs d'utilisation étant la couverture de bâtiments (40%), les barres et profilés (20%), la chimie, notamment du caoutchouc (12%).

L'apport de zinc au milieu marin est essentiellement imputable à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons. Dans les zones portuaires, le zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion. De plus, le zinc est contenu dans certaines peintures antisalissures.

3) *Toxicité:*

Les sels de zinc sont moins toxiques que ceux du cuivre ou du cadmium et présentent la particularité d'être moins nocifs pour les organismes marins que pour ceux des eaux douces, en raison de l'action protectrice des ions calcium.

Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves. (Ifremer, 2001).

Selon **Gaujous, 1995**, le zinc est toxique pour les organismes marins à des doses inférieures au mg/l, il détériore l'appareil chlorophyllien, provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons.

Les besoins pour l'organisme humain sont de 15 mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc. Sa déficience entraîne le nanisme. (Chiffolleau et al., 2001).

f- Nickel :

1) *Présentation:*

Le nickel est souvent associé au Fe, Cu, Cr et Co dans les minerais de zinc. Il existe des minerais sulfurés (65 % de la production) avec une teneur en nickel de 0,7 à 3 % et des minerais oxydés (35 % de la production) contenant 1 à 3 % de nickel.

<i>Elément</i>	<i>Etymologie d'élément</i>	<i>Symbole</i>	<i>Année de découverte</i>	<i>Numéro atomique (Z)</i>	<i>Masse atomique (Ar)</i>	<i>Masse volumique (g/cm³)</i>
Nickel	De l'allemand, kupfernickel, faux cuivre	Ni	1817	28	58,7	8,908

(Rodier, 1996)

2) *Utilisations :*

Les principaux secteurs d'utilisation étant les aciers inoxydables (62 %), les alliages et superalliages (12 %), les aciers et fontes alliées (11 %), les traitements de surface (10 %).

Les apports de nickel au milieu marin par les fleuves sont essentiellement sous forme particulaire. L'introduction de nickel anthropique vers l'atmosphère provient de la combustion du pétrole et du charbon, et de l'industrie des métaux non ferreux.

3) Toxicité:

La toxicité du nickel pour les organismes marins est considérée comme faible. Des effets sur la reproduction des bivalves ont été observés à des concentrations supérieures à 300 µg/l. (Chiffoleau et al., 2001).

g- Chrome

1) Présentation:

Le chrome est présent en petites quantités dans la nature. Il est plus important dans les roches de type basique que dans celles de types siliceux. Le chrome est extrait essentiellement de la chromite et qui est riche en fer.

Elément	Étymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm ³)
Chrome	du grec, chroma, couleur	Cr	1797	24	51,99	7,19

(Rodier, 1996)

2) Utilisations:

Le chrome fait partie des métaux les plus utilisés dans le monde, il est utilisé en industrie chimique, métallurgie, technologie des réfractaires. La majeure partie du chrome parvenant à la mer depuis le continent provient des fleuves, l'atmosphère constituant une source beaucoup moins importante.

Les apports de chrome aux eaux continentales et côtières sont essentiellement des effluents industriels (traitements de surface, placage), des eaux de refroidissement, des eaux de blanchissage et des rejets de teinturerie. L'atmosphère est une voie importante de transfert à l'océan des émissions de la métallurgie et de la combustion du pétrole et du charbon.

3) Toxicité:

Sa forme réduite trivalent Cr(III) fait partie des éléments essentiels dans la vie animale, la forme oxydée tétravalent Cr(VI) est par contre extrêmement toxique, cancérigène à forte dose pour l'homme; elle provoque aussi des anomalies dans le développement larvaire des bivalves. (Chiffoleau et al., 2001; Ifremer, 2001).

5- REPARTITION, ITINERAIRES ET DEVENIR DES METAUX LOURDS DANS L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE :

A la différence de la grande majorité des polluants, les métaux ne sont pas synthétisés par l'homme. En revanche, leur distribution dans l'environnement et leurs formes chimiques peuvent être modifiées par les activités anthropiques.

Une diversité quasiment infinie de mécanismes et de voies permettent aux métaux de parvenir dans le milieu marin.

Véhiculés généralement par les eaux de ruissellement ou par l'atmosphère (poussières, pluies) les métaux vont contaminer progressivement le milieu aquatique. (INERIS, 2004).

Cependant, une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments de cet environnement (l'eau, les solides en suspension, les sédiments et le biote) et peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions (**figure 4**).

Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds en milieu marin sont:

Précipitation: phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin.

Adsorption: phénomène qui a lieu quand les molécules ou les ions métalliques se fixent à la surface des composantes marines (particules, organismes marins, sédiments).

Absorption: c'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin.

Sédimentation: phénomène qui s'effectue lorsque les ions métalliques se superposent formant ainsi des couches sédimentées. Les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et leurs métaux associés en les consolidant dans les matières fécales.

Concentrations des métaux par les êtres vivants: Les métaux lourds sont absorbés tant par la faune que par la flore. Cette absorption pourrait provoquer une augmentation de la concentration du métal dans l'organisme. Si la phase d'excrétion est lente, il peut en résulter un phénomène d'accumulation biologique. Il a été démontré que quelques métaux, comme le mercure, subissent une amplification biologique au cours de leur progression dans la chaîne alimentaire. On parle dans le cas des êtres vivants de:

Bioaccumulation: Phénomène par lequel une substance présente dans un biotope pénètre dans un organisme. Dans ce processus il y a simple transfert d'une fraction de la substance contenue dans le biotope dans l'organisme de sorte que la concentration dans ce dernier est généralement inférieure ou égale à celle où le polluant contrera dans l'eau ou le sol.

Bioamplification (bio magnification): phénomène par lequel un contaminant présent dans un biotope connaît un accroissement de sa concentration au fur et à mesure qu'il circule vers les maillons supérieurs d'un réseau trophique.

Bioconcentration: phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances naturellement présentes dans leur biotope ou polluantes et les accumulent dans leur organisme à des concentrations supérieures aux quelles elles se rencontrent dans le milieu naturel. Il

diffère en ce sens de la bioaccumulation dans laquelle le contaminant sera l'objet d'un simple transfert dans l'organisme considéré, conduisant au mieux à une concentration égale à celle à laquelle il se rencontre dans le biotope concerné. (Ramade, 2000).

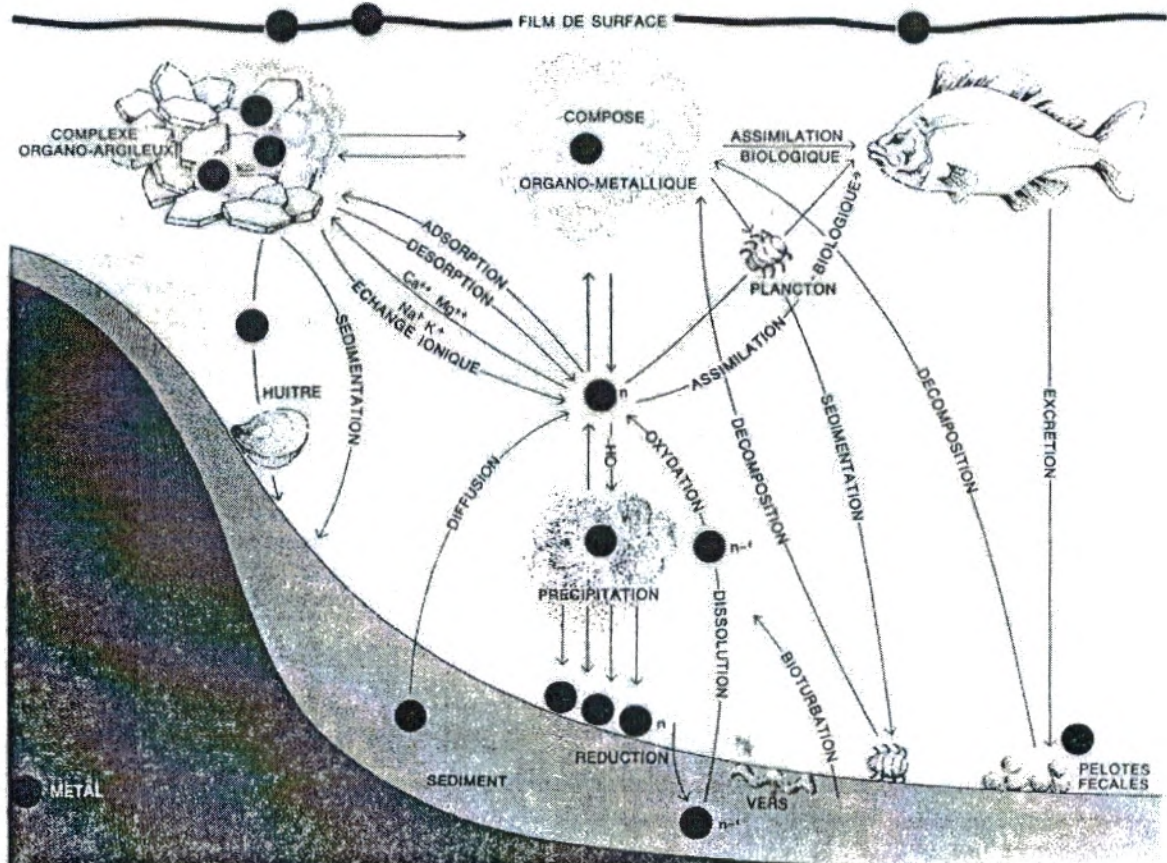


Figure 4: Cycle schématique des métaux en milieu estuarien, montrant les principales réactions physicochimiques et biologiques affectant leur transfert entre les phases dissoutes et particulières (Lacaze, 1996).

III- DESCRIPTION DES ELEMENTS DU MILIEU PHYSIQUE (EAU, SEDIMENTS) ET DU MATERIELS BIOLOGIQUES ETUDIES (ALGUES, GASTEROPODE):

1) CARACTERISATION PHYSICOCHIMIQUES DES EAUX ET DES SEDIMENTS MARINS :

A- Quelques propriétés physicochimiques des eaux marines:

1. La température:

La température est un facteur écologique important du milieu, elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des mers (thermocline) (**Gaujous, 1995**).

Ce facteur physico-chimique détermine un grand nombre de processus biologiques et chimiques qui se déroulent dans l'eau.

Une température plus élevée de l'eau par exemple augmente la production primaire et augmente ainsi le risque d'apparition des crises dystrophiques ce qui influence la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. (**Anonyme, 2005**).

La température peut également jouer sur les constantes d'équilibres des réactions qui régissent la spéciation des métaux lourds. Généralement, une température élevée augmente la mobilité des métaux lourds en facilitant leur solubilisation. (**Sabra, 1998**).

2. Le pH:

Le pH abréviation de potentiel hydrogène d'une eau exprime la concentration des ions hydrogènes définie par l'expression $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \text{ ou } [\text{H}_3\text{O}^+]$. Il représente son acidité ou son alcalinité. Le pH de l'eau de mer varie entre 7,9 et 8,3 selon les zones. Ce paramètre est très fortement influencé par la photosynthèse, et influence lui-même un grand nombre de processus biologiques et chimiques (**Barnabé, 1991; Rodier, 1996**).

Selon **Sabra (1998)**, le pH affecte la toxicité des métaux lourds en influençant la forme sous laquelle ces métaux existent en solution.

3. La conductivité électrique:

La conductivité est un paramètre permettant d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau naturelle (**Ramade, 2000**). La conductivité varie en fonction de la température, et elle est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. (**Rodier, 1979**). Généralement les rejets domestiques entraînent une hausse de la conductivité. (**Gaujous, 1995**). Ce même auteur précise que cette mesure qui est la conductivité peut renseigner sur la minéralisation qui est la quantité de sels minéraux contenus dans l'eau (**Tableau 4**). En milieu marin, la minéralisation est de type chloruré sodique.

Tableau 4 : Relation entre la conductivité et la minéralisation
(Rodier, 1979).

Conductivité	Minéralisation
Conductivité <100µS/cm	Très faible
100 µS/cm < conductivité <200 µS/cm	Faible
200 µS/cm < conductivité <333 µS/cm	Moyenne
333 µS/cm < conductivité <666 µS/cm	Moyenne accentuée
666 µS/cm < conductivité <1000 µS/cm	Importante
Conductivité >1000 µS/cm	Élevée

4. La salinité:

La salinité est un facteur écologique constitué par la teneur en sel (NaCl) des eaux.

Ces derniers sont parmi les principaux constituants de l'eau de mer c'est à dire ceux qui se trouvent particulièrement abondants. (**Tableau 5**)

Tableau 5: Pourcentage massique des principales espèces présentes dans une eau de mer de salinité 35g/l. (Barnabé, 1991).

Composition en ions	Pourcentage % en masse
Cl ⁻ (Chlore)	55.2
Na ⁺ (Sodium)	30.4
SO ₄ ²⁻ (Sulfate)	7.7
Mg ⁺⁺ (Magnésium)	3.7
Ca ⁺⁺ (Calcium)	1.16
K ⁺ (Potassium)	1.1
Br ⁻ (Brome)	0.1
Sr ⁺⁺ (Strontium)	0.04
H ₃ BO ₃ (Acide borique)	0.07
HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ (Acide carbonique et carbonates)	0.035

Dans de nombreux écosystèmes, la salinité est un facteur limitant. En milieu aquatique, on distingue des écosystèmes euryhalins dont la teneur en sel varie beaucoup au cours du cycle des saisons (biotopes lagunaires) et des écosystèmes sténohalins dans lesquels la concentration en sel est constante. (**Ramade, 2000**).

La salinité est une mesure biologique importante, car le sel se dissout dans les liquides organiques de tous les êtres vivants. Le taux de sels dissous dans un fluide contrôle le processus biochimique de l'osmose ainsi que de nombreux processus métaboliques.

En plus des constituants ci-dessus signalés, l'eau de mer contient de petites quantités de beaucoup d'autres éléments, mais leur teneur ne dépasse pas 0.025% des constituants principaux. (Barnabé, 1991).

Certains de ces ions sont impliqués dans les phénomènes de compétitions avec les métaux. C'est par exemple le cas de Na^+ , K^+ ou Cl^- remarquables pour leurs effets protecteurs sur la toxicité des métaux vis-à-vis des organismes, effets moins marqués pour d'autres ions tels que Ca^{2+} et CO_3^{2-} . (Le Goff et Bonnomet, 2004).

5. Les gaz dissous dans l'eau de mer:

L'eau de mer contient les gaz de l'air en dissolution. Les plus abondants sont: l'azote, l'oxygène, l'Argon et le gaz carbonique (Tableau 6).

Tableau 6 : Pourcentage en volume des divers gaz dans l'atmosphère et dans une eau de mer de salinité 35 ‰ (supposée neutre dans le cas du gaz carbonique) à 10°C (Ivanoff, 1975).

Gaz	Dans l'atmosphère	Dans une eau de mer de salinité 35 ‰ à 10°C
N_2 (Azote)	78.08%	62.1%
O_2 (Oxygène)	20.95%	34.4%
Ar (Argon)	0.93%	1.7%
CO_2 (Gaz carbonique)	0.03%	1.8%

Dans notre étude nous nous limiterons à l'oxygène dissous.

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène présente dans l'eau à l'état dissous. Celle-ci est généralement faible de sorte que la teneur en oxygène dissous constitue dans les systèmes marins un facteur limitant. La concentration de l'oxygène dissous dans une eau naturelle dépend de plusieurs paramètres physicochimiques qui sont: la température, la pression atmosphérique,... Enfin dans un biotope aquatique donné, la solubilité potentielle de l'oxygène va être réduite par des facteurs écologiques tels que la salinité et la demande totale en oxygène (DTO). Cette teneur peut dépendre également de l'agitation et, dans les eaux polluées, de la charge en matières organiques fermentescibles d'origine anthropique. (Ramade, 2000).

Notons par ailleurs que la teneur des eaux en O_2 dissous décroît lorsque la température s'élève, de sorte que celle-ci est deux fois plus faible à 30° qu'à 0°C. (Ramade, 2003).

6. Les teneurs en éléments métalliques:

Dissous ou en suspension, la concentration des métaux dans l'eau est faible, de l'ordre du ng/l au µg/l. Dans les eaux naturelles, la source principale est l'érosion des roches, mais dans certains endroits les activités industrielles et domestiques constituent maintenant la source principale de beaucoup de ces éléments. (Levêque, 1996).

Plusieurs auteurs ont montré que certains métaux peuvent exister naturellement dans les eaux non pollués. Ces auteurs ont donné des valeurs correspondantes à ces métaux (Tableau 7, 8).

Tableau 7 : Les éléments métalliques rencontrés dans l'eau de mer. (Rodier, 1996).

Eléments métalliques	F.A.O (1971) en mg/l	Concentration en mg/l (Goldberg, 1963)	Quantité totale (en tonnes) (Goldberg, 1963)
Fer	0,010	0,010	16.10 ⁹
Zinc	0,005	0,010	16.10 ⁹
Cuivre	0,001	0,003	5.10 ⁹
Nickel	/	0,002	3.10 ⁹
Cobalt	/	0,0005	0,8.10 ⁹
Cadmium	0,00002	0,0001	150.10 ⁶
Chrome	0,00004	0,00005	78.10 ⁶
Plomb	0,00002	0,00003	46.20 ⁶

Tableau 8: Concentrations moyennes de métaux dissous dans les eaux côtières. (Biney et al., 1994)

Eléments (mg/l)	Cd	Pb	As	Cu	Zn	Mn	Fe	Référence
Eaux côtières	0,00001	0,00003	0,0015	0,001	0,0025	0,0004	0,002	Martin et Whitfield, 1983

B- Propriétés Physicochimiques des sédiments marins:

Les sédiments proviennent du dépôt des particules en suspension dans l'eau dérivant elles mêmes de l'érosion des roches et des sols, de matériaux détritiques organiques et de la floculation d'éléments colloïdaux. Ces particules parviennent au milieu aquatique par les cours d'eau et par voie atmosphérique. Ces éléments sont dits d'origine allochtone quand ils sont issus de l'érosion du bassin versant par des agents dynamiques externes comme l'eau ou le vent et d'origine autochtone quand ils sont dus à la sédimentation de composés minéraux (carbonates, phosphates, évaporites) et organiques (organismes planctoniques morts) (Ramade, 1998). L'occupation humaine des bassins versants peut influencer cette composition naturelle. (Bonnet, 2000).

Les sédiments sont essentiellement caractérisés par leur granulométrie et leur composition.

1. Granulométrie

Les sédiments sont classés en fonction de la taille de leurs particules:

- Les particules d'un diamètre supérieur à 63 μm caractérisent les sédiments grossiers qui sont principalement constitués de sable et de matériel inorganique silicaté. Ces sédiments présentent une faible cohésion, les surfaces de contact des différentes particules sont peu importantes et donc sont peu associées aux contaminants. On distingue généralement les graviers (diamètre supérieur à 2 mm) et les sables (diamètre compris entre 63 μm et 2 mm).

- Les particules d'une taille inférieure à 63 μm sont constituées de minéraux argileux ayant un diamètre compris entre 0,2 et 2 μm et de Silt ayant un diamètre compris entre 2 μm et 63 μm . Cette fraction fine peut également contenir de la matière organique. Les particules fines sont très cohésives, elles sont chargées négativement et leur surface de contact est importante; ces caractéristiques leur donnent un grand pouvoir adsorbant vis à vis des contaminants métalliques.

La matière organique sédimentaire, caractérisée par le carbone organique, est constituée de macromolécules polymérisées hétérogènes; elle possède des sites hydrophiles qui lui permet de s'adsorber à la surface des particules argileuses et de complexer de nombreux contaminants. (Bonnet, 2000).

2. Composition

Le sédiment est une matrice très hétérogène, constitué de matériaux détritiques inorganiques et organiques. Il présente principalement 3 composants:

- **Eau interstitielle:** elle correspond à l'eau qui occupe l'espace entre les particules sédimentaires et représente une fraction importante du sédiment avec généralement plus de 50 % de son volume.

- **Phase inorganique:** elle est formée de minéraux provenant de l'érosion de l'écorce terrestre et de débris coquilliers. Ses composés sont principalement, les argiles, carbonates et les silicates. Les particules inorganiques sont généralement enrobées d'hydroxyde de fer et de manganèse et de substances organiques qui leur confèrent une grande capacité d'adsorption vis à vis des contaminants.

- **Phase organique:** elle n'occupe qu'un faible volume du sédiment (quelques %), mais joue un rôle primordial puisqu'elle régule la mobilité et donc la biodisponibilité d'un grand nombre de contaminants, en particulier les composés organiques non ioniques. (Bonnet, 2000).

Les sédiments sont aussi caractérisés par leur pH, leur potentiel redox, leur salinité, leur teneur en oxygène et en sulfures. Ces paramètres gèrent la répartition des contaminants entre les différentes phases d'un sédiment, ainsi que leur biodisponibilité. (Geffard, 2001).

3. Teneurs en éléments métalliques:

Le sédiment est une matrice relativement hétérogène constitué d'eau, de matériaux inorganiques et organiques et de composés anthropiques.

Les sédiments sont composés à 80 % d'éléments chimiques principaux (Si, Al, K, Na, Mg) et à 20 % d'éléments carbonatés (CaCO₃, MgCO₃,...) de nutriments (carbone organique, N, P) et d'éléments mobiles (Mn, Fe, ...).

Les éléments traces (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Ag,...) représentent moins de 0,1% des éléments présents dans les sédiments (**Bonnet, 2000**).

Dans les sédiments, ces éléments métalliques peuvent exister naturellement dans le milieu ou être d'origine anthropique: métaux provenant d'industries minières et métallurgiques, des rejets industriels, domestiques et urbains.

Pour avoir une idée approximative sur la teneur de certains métaux dans les sédiments naturels non pollués, certains travaux ont donnés des valeurs correspondantes aux différents types de sédiments (**Tableau 9, 10**).

Tableau 9: Teneurs naturelles en métaux traces dans le matériel sédimentaire, exprimées en µg/g (**Boust,1981**).

Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn	Références
0,3	90	45	-	0,4	850	68	20	-	130	95	Sédiments vaseux Turekian et Wedepohl, 1961 in Förstner et Wittmann, 1979.
0,02	35	15	-	0,03	390	2	7	-	20	16	Sédiments sableux Turekian et Wedepohl, 1961 in Förstner et Wittmann, 1979
0,035	11	4	-	0,04	1100	20	9	-	20	20	Sédiments carbonatés Turekian et Wedepohl, 1961 in Förstner et Wittmann, 1979
-	100	100	48000	-	1050	90	150	5600	170	350	Suspensions d'estuaires non pollués Martin et Meyberck, 1979

Tableau 10 : Métaux dans les sédiments fluviatiles et marins naturels non pollués.
(Martin et Meybeck, 1979).

Eléments Majeurs (mg/g)	Fluviatiles	Marins	Eléments Traces (µg/g)	Fluviatiles	Marins
Si	285	283	Zn	250	120
Al	94	95	Cu	100	200
Fe	48	60	Pb	100	200
Ca	21.5	10	Cr	100	200
K	20	28	Ni	90	20
Mg	11.8	18	Cd	1	0.2
Na	7.1	20	-	-	-
Ti	5.6	5.7	-	-	-
Mn	1.05	6	-	-	-

2- QUELQUES CARACTERISTIQUES DU MATERIEL BIOLOGIQUE ETUDIE:

A- Les algues:

1) Généralités:

D'après **Arzel et al., (1992)**, les algues sont des végétaux pourvus de chlorophylle. Elles sont autotrophes, c'est-à-dire capables d'élaborer leur propre substance à partir d'éléments minéraux. Au soleil elles absorbent le gaz carbonique dissous dans l'eau, dégagent l'oxygène, et fabriquent des substances carbonées.

Les algues sont constitués soit par des organismes unicellulaires (algues phytoplanctoniques) soit par des organismes pluricellulaires, souvent de grande taille, aussi dénommés algues macrophytiques ou macrophytes pourvus de cystes qui interviennent dans leurs divers processus reproducteurs.

Les algues sont appelées thallophytes quand leurs organismes sont pluricellulaires et ne présentent pas d'organes différenciés (racines, tiges ou feuilles). Le thalle étant un appareil végétatif ne présentant pas de tissus conducteurs ou vaisseaux. Ce sont des végétaux essentiellement aquatiques, très ubiquistes: on en trouve tant en eau douce qu'en eau de mer.

Donc, au plan morphologique, on distingue les microalgues, unicellulaires, isolées ou parfois groupées en colonies filamenteuses ou non, et les macro algues aussi dénommées macrophytes.

2) Ecologie des algues:

On distingue deux grands groupes d'algues:

Les unes se trouvant en surface ou en pleine eau, sont pélagiques; elles sont dans ce cas essentiellement unicellulaires.

Les autres étant sur le fond sont benthiques. Certaines d'entre elles sont des algues de grande taille. Elles sont distribuées sur les substrats marins selon un schéma précis.

Les algues sont considérées comme producteur primaire de la chaîne alimentaire. Leur limite inférieure de répartition est marquée par la limite de pénétration de la lumière dans l'eau. D'autres facteurs jouent un rôle dans la répartition des différentes espèces: nature du fond, agitation de l'eau, température, salinité (**Arzel et al., 1992**).

3) Classification des algues:

Les algues appartiennent à plusieurs entités taxonomiques distinctes. On distingue des procaryotes constituant le phylum des cyanophytes (cyanophycées encore dénommées cyanobactéries = algues bleues), des eucaryotes unicellulaires (prototista) qui représentent les constituants majeurs du phytoplancton et du périphyton, appartenant soit au phylum des Chromophytes, soit aux Chlorophytes, Classe des Chlorophycées unicellulaire et des Prasinophycées (Phytoflagellés pourvus de quatre flagelles).

Les algues macrophytiques appartiennent à l'embranchement des Cryptogames Thallophytes, constitué par des espèces chlorophylliennes.

La classification biologique des grandes algues se base sur le pigment surnuméraire qui accompagne la chlorophylle.

On distingue ainsi quatre grandes classes, chacune d'entre elles comportant plusieurs familles dont certaines ont un intérêt commercial ou sont bien connues du public:

- Cyanophycées ou algues bleues.
- Rhodophycées ou algues rouges.
- Chlorophycées ou algues vertes.
- Phéophycées ou algues brunes.

Dans les eaux de la zone littorale s'observe en milieu benthique une zonation en profondeur de ces dernières, les divers groupes taxonomiques présentant des différences dans leurs exigences écologiques relativement aux facteurs abiotiques. (**Ramade, 2000**).

4) Les algues en Algérie:

D'après **M.A.T.E (2002)**, les premiers inventaires des algues marines benthiques de l'Algérie proviennent d'observations datant du 19^{ème} siècle.

Des travaux postérieurs sont venus confirmer les signalisations d'origine. Des études floristiques et phytocénologiques plus récentes de quelques régions ont été réalisées le long des côtes algéroises et kabyles, dans la région d'Alger, dans celle d'Arzew ainsi que dans celle de Bou-Ismaïl. Ces travaux constituent l'essentiel des connaissances sur la flore algale benthique des côtes algériennes, soit au total, une centaine de références.

L'inventaire des algues marines des côtes algériennes (**Tableau 11**) a permis de dénombrer 495 taxa au total, ce qui incite à davantage de recherches dans ce domaine puisqu'il existerait près de 1000 espèces de végétaux macrophytes en Méditerranée.

Tableau 11 : Principaux groupes d'algues de la zone néritique* en Algérie.
(M.A.T.E, 2002)

<i>Division</i>	<i>Famille</i>	<i>Nombre d'espèces</i>
RHODOPHYTES	Bangiphyceae	10
	Floridophyceae	304
CHROMOPHYTES	Fucophyceae	97
	Xantophyceae	02
CHLOROPHYTES	Chlorophyceae	03
	Ulvophyceae	79
Total	495	

* Zone néritique: au dessus du plateau continental.

Tableau 12: Diversité de la flore marine recensée dans la Wilaya de Tlemcen (A.N.A.T, 2004)

Groupes systématiques	Nombre d'espèces
Algues vertes	16
Algues rouges	81
Algues bleues	1
Algues brunes	41
Total des algues	139
Total des phanérogames	2
Total plantes marines	141

5) Domaines d'utilisation des algues:

Les différents domaines d'utilisation des végétaux marins sont:

1. *Alimentation humaine* : Pour ce domaine, le nombre d'espèces actuellement exploitées est d'environ 30. A titre d'exemples, citons les *Spirulina* (Cyanobactéries) consommées par certaines populations (Tchad et Mexique), les *Porphyra*, les *Undaria*, les *Laminaria*, les *Ulva*, etc, consommées dans les pays riverains de la Méditerranée et de la mer Noire.

2. *Alimentation animale* : Il ne semble pas exister d'industries exploitant les algues méditerranéennes. L'utilisation, beaucoup plus facile, de farines d'algues comme complément alimentaire a montrée des gains réels en vitamines et oligoéléments.

3. *Agriculture et horticulture*: Le potentiel des végétaux marins est certain (une dizaine d'espèces). Un grand nombre de peuples riverains ont utilise les épaves rejetées par la mer pour fertiliser les champs souvent sablonneux. Maintenant, on s'oriente vers l'utilisation d'extraits qui assurent un rôle non seulement fertilisant mais accélérateur de croissance et protecteur de cultures en limitant, semble-t-il, l'action des épiphytes ou parasites, comme les champignons.

4. *Médecine et Pharmacie* : Un très grand potentiel dans ce domaine est montré (plus de 50 espèces) lié à la mise en évidence d'action antimicrobienne et à la découverte de différents types de substances biochimiques. C'est d'ailleurs dans ce domaine que l'augmentation du nombre de produits commercialisés a été la plus rapide.

5. *Production d'énergie*: L'existence de "marées vertes", fournissant ainsi de grandes quantités d'algues (principalement sur les côtes à marées), a orienté les recherches vers la valorisation de cette biomasse indésirable.

6. *Epuration des eaux*: Ce domaine est complémentaire et associé au précédent (dans la mesure où les algues épurent les eaux en utilisant les sels nutritifs souvent en excès en raison des pollutions) à condition de les récolter avant leur décomposition par les bactéries, et donc avant l'eutrophisation du milieu.

7. *Autres utilisations possibles*: Parmi celles-ci, citons l'extraction et la fabrication de pigments naturels qui peuvent prendre de l'importance dans un proche avenir, par exemple le pigment bleu (phycocyanine) des Spirulines ou le pigment rouge (phycoérythrine) des algues rouges. (F.A.O, 1987).

6) Les espèces d'algues étudiées:

a- *Enteromorpha linza*

1- Description:

Les Enteromorphes sont des Chlorophycées constituant le groupe le plus important et le plus varié de l'embranchement des algues vertes représentant environ 10000 espèces caractérisées surtout par :

- Appareil végétatif varié.
- Plastides verts renfermant de la chlorophylle «a» et de la chlorophylle «b» associé à du β – carotène et à des xanthophylles identiques à celles des plantes supérieures.
- Produit d'assimilation est typiquement l'amidon d'origine intra-plastidiale.
- Cellules mobiles, végétatives ou reproductrices, sont caractérisées par un appareil flagellaire formé de 2 ou 4 flagelles égaux.
- Mode de reproduction sexuée variable, mais jamais par cystogamie.

L'enteromorphe est un thalle en tube creux (tubuleux) très souvent aplati (**figure 5**), plus ou moins ramifié fixé à sa base, caractérisé aussi par l'accolement des parois du tube dans sa partie médiane et atteignant plusieurs centimètres de longueur (10 à 20 cm) (**Gayral, 1975**).

Ce thalle est parenchymateux (**figure 6**), formé d'une seule assise de cellules polygonales arrangées en files longitudinales, sont grandes (22 x 14 μm) avec un plaste pariétal, urcéolé, ayant au moins un pyrénocyste. (F.A.O, 1987).

Enteromorpha linza est caractérisée par sa croissance rapide entre l'hiver et le début de l'été où elle apparaît comme un épais tapis vert (F.A.O, 1987).

2- Rang taxonomique:

S.Règne:	Thallophytes
Phylum:	Chlorophytes
Classe :	Chlorophycées
S.classe:	Ulothricophycées
Ordre :	Ulothricales
Famille:	Ulothricacées (ulvacées)
Genre espèce:	<i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus, 1883)

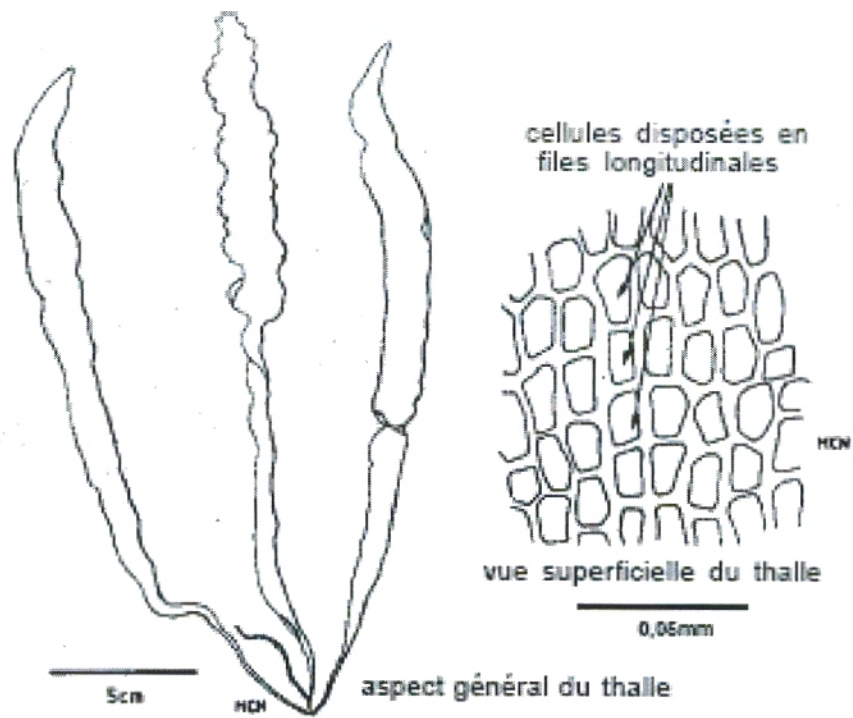


Figure 5: Schéma de disposition longitudinale des cellules.
(F.A.O, 1987)

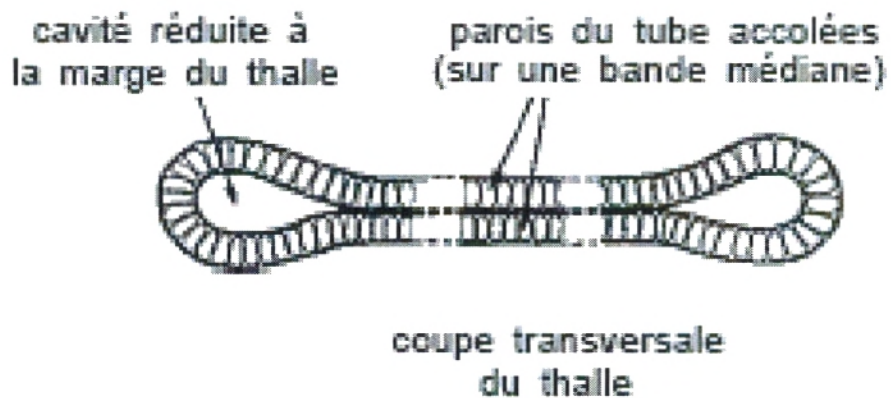


Figure 6 : Schéma de thalle accolement des parois en tube creux.
(F.A.O, 1987)

3 – *Reproduction:*

La reproduction sexuée se fait par iso ou anisogamie de gamètes biflagellés, ces algues sont hétérothalliques et il y a une alternance de générations isomorphes elles sont digénétiques haplo-diploïde, c'est-à-dire avec alternance régulière de sporophytes diploïdes et de gamétophytes haploïdes (**Bourelly, 1972**).

La reproduction résulte de la rencontre des gamètes qui sont morphologiquement identiques de structure et de taille (isogamie) (**figure 8**), ceux-ci sont formés dans ces cellules banales transformées en gamétocystes (spermacystes et oocystes). (**Gayral, 1975**)

4- *Ecologie et distribution géographique:*

Les Enteromorphes sont exclusivement marines. D'une manière générale, elles occupent les niveaux supérieurs de l'étage littoral, et elles vivent dans les cuvettes et sur les rochers de l'étage littoral moyen et supérieur.

D'après **Goyer, (1998)** l'enteromorphe est une algue annuelle que l'on rencontre toute l'année avec un maximum au printemps, et présente une caractéristique remarquable qui est sa résistance au dessèchement. Les enteromorphes jouent un rôle primordial dans le milieu, car elles constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire qui conditionne l'équilibre biologique (**Gayral, 1975**).

Enfin, les enteromorphes se trouvent dans toutes les latitudes (**figure 7**) et dans toutes les mers du globe, elles sont particulièrement tolérantes, s'adaptent à une grande variété de conditions écologiques et que l'on qualifie d'ubiquistes, eurythermes et euryhalines (**Augier**).

5- *Utilisation:*

L'enteromorphe présente une utilisation potentielle en médecine en raison de la présence des vitamines A, B₁, B₂ et des substances antimicrobiennes (**F.A.O, 1987**).

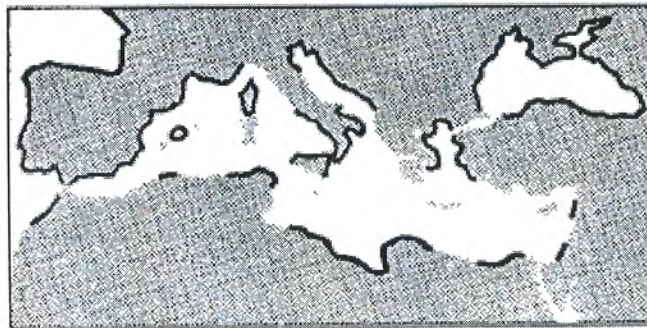
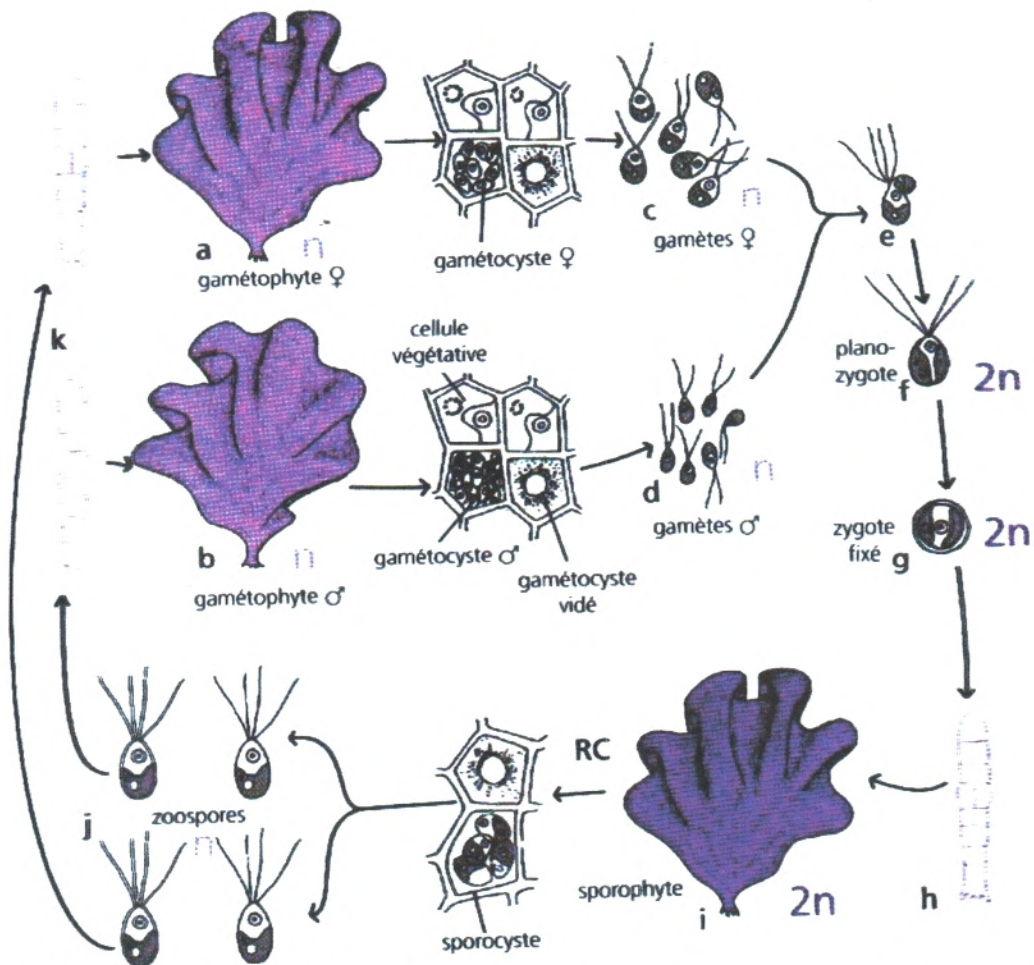


Figure 7: Aire de répartition de *Enteromorpha linza* (bordure noire) (**F.A.O, 1987**).



a. Gamétophyte femelle haploïde et détails de quelques cellules marginales différenciées en gamétocystes. **b.** Gamétophyte mâle et détails de quelques cellules marginales différenciées en gamétocystes. **c.** Gamètes femelles biflagellées. **d.** Gamètes mâles biflagellées. **e.** Copulation. **f.** Planozygote diploïde. **g.** le zygote perd ses flagelles et se fixe. **h.** Germination du zygote. **i.** Sporophyte diploïde, morphologiquement semblable au zygote. **j.** Spores haploïdes quadriflagellées. **k.** Germination des spores. **RC** = réduction chromatique.

Figure 8 : Cycle de reproduction d'*Ulva* sp. (algue verte) (identique à celui d'*Enteromorpha linza*) (De reviers, 2002).

b- Corallina officinalis:

1- Description:

Les Corallines sont des Rhodophycées, eucaryotes, en majorité des algues marines, on en connaît plus de 4000 espèces réparties dans 600 genres environ, caractérisés par :

- Une structure cladomienne, pluricellulaire qui présente une morphologie très complexe et une taille modeste ne mesurant que quelques centimètres de long.
- Des plastes colorés en rouge par des pigments surnuméraires renferment de la chlorophylle «a » des caroténoïdes.
- Une reproduction sexuée.
- L'absence constante de cellules reproductrices flagellées.
- Leur cycle d'alternance de génération est en général trigénétique.

La coralline est un thalle dressé, ramifié très régulièrement et constitué d'éléments calcifiés unis par des portions non minéralisées, son axe est cylindrique condensé avec des frondes articulées et pennées (**figure 13**).

Les plastes n'existent que dans les assises superficielles colorées, la croissance chez la coralline est de forme très variable (**Guiry, 1998**).

Sa taille varie de 4 à 5 cm de hauteur, les parois de leurs cellules sont entièrement imprégnées de cristaux. La couleur violette de la coralline (**figure 14, 16**) est due à la présence des pigments phycoérythrine et phycocyanine, respectivement rouge et bleue qui masquent la chlorophylle.

Cette algue marine présente un aspect assez rigide. Elle ne tolère pas l'effet desséchant de l'air et devient blanche en s'exposant au soleil. (**Michael, 1985**).

2- Rang taxonomique:

S.Règne: Thallophytes
Phylum: Rhodophytes
Classe: Rhodophycées
S.classe: Floridées
Ordre: Cryptonémiales
Famille: Corallinacées
Genre espèce: ***Corallina officinalis* (Linné, 1758)**

(**F.A.O, 1987**).

3- Reproduction:

La reproduction sexuée se fait par trichogamie, elle ressemble beaucoup à celle de la majorité des algues rouges. On peut distinguer trois phases dans le cycle de reproduction (**figure 13**), deux phases sont libres et l'une est fixée sur le thalle femelle. Les deux stades libres sont identiques ils ne diffèrent que par leurs organes reproducteurs qui sont localisés dans des cavités appelées conceptacles. Ces gamétophytes libèrent les gamètes qui après fécondation donnent le carposporophyte. Celui – ci n'est pas calcifié et se développe sur le gamétophyte femelle. Il produit des carpospores qui sont libérées et germent pour donner une nouvelle génération : le tétrasporophyte celui-ci est identique aux gamétophytes, il donne après méiose des tétra spores qui germent pour donner un gamétophyte (**Huchet, 1992**).

4- Ecologie et distribution géographique:

Comme toutes les autres algues, elle constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire, ses branches présentent un excellent habitat pour une variété de petits invertébrés animaux **(Gayral, 1975)**.

Elle est très tolérante vis-à-vis de la pollution, on la rencontre souvent dans les milieux portuaires pollués, c'est une espèce opportuniste. La coralline est une espèce pérennante que l'on rencontre dans les zones bien éclairées notamment dans les flaques d'eau du littoral **(Huchet, 1992)**.

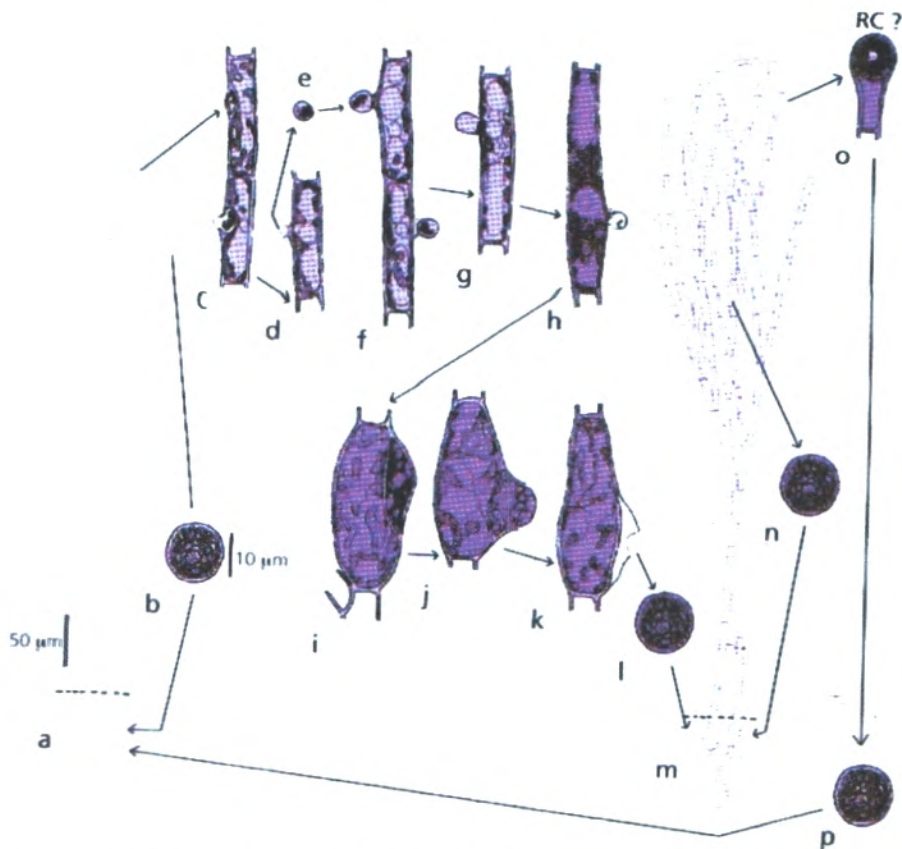
5 - Utilisation:

On utilisait les corallines autre fois en pharmacie pour leurs propriétés vermifuges à cause de son squelette calcaire **(Huchet, 1992)**.

Des corallines peuvent aussi être exploités comme amendement calcaire. En raison de leur microstructure alvéolaire, des corallines peuvent aussi être utilisées pour la constitution de prothèses osseuses. Les corallines ont, par ailleurs, un rôle de cimentage indispensable à la constitution et à la survie des récifs de corail. **(De Reviere, 2002)**.



Figure 12: Distribution de *Corallina officinalis* dans la méditerranée (CAR/ASP, 2000)



a. Gamétophyte haploïde montrant la base. b. Multiplication végétative par monospores haploïdes issues d'un sporocyste formé au moyen d'une cloison en verre de montre. c. formation de spermaties. d. libération d'une spermatie issue d'un gamétocyste formé au moyen d'une cloison en verre de montre. e. Spermatic. f. spermaties accolées contre des cellules femelles. g. fécondation. h. Zygote. i-j. Formation du carposporocyste au moyen d'une cloison courbe. k. émission d'une carpospore (diploïde). l. Carpospore (diploïde). m. sporophyte diploïde n. multiplication végétative par monospores diploïdes. o. formation de spores. p. spore probablement méiotique. RC ? = réduction chromatique hypothétique.

επιωματιδης μωποθηριου

μονοσπορες διπλοϊδες. ο. formation de spores. p. spore probablement μειοτική. RC ? = reduction chromatique hypothétique. Formation du carposporocyste au moyen d'une cloison courbe. k. émission d'une carpospore (diploïde). l. Carpospore (diploïde). m. sporophyte diploïde n. multiplication végétative par monospores diploïdes. o. formation de spores. p. spore probablement méiotique. RC ? = réduction chromatique hypothétique.

Figure 13 : Cycle de reproduction de *Blaugospira*...



Figure 14 : *Corallina officinalis* (algue rouge) au niveau du Port (Photo : Belhadj, 10/07/2006)



Figure 15 : *Corallina officinalis* au niveau de l'embouchure de l'Oued Ghazouana (Photo : Belhadj, 27/09/2006)



Figure 16 : *Corallina officinalis* au niveau de l'embouchure de l'Oued Abdellah (Photo : Belhadj, 10/07/2006)

B- Le gastéropode : *Patella ferruginea* :

1) Description et écologie :

La patelle: appelée bernique en Bretagne, arapède en méditerranée est un mollusque appartenant à la classe des gastéropodes à coquille conique.

Ce mollusque brouteur ne se trouve que dans une très étroite bande du littoral rocheux, juste au-dessus du niveau de la mer (zone médiolittoral). (**Beaufort, 1987; Laborel-Deguen et Laborel, 1990**).

Ce petit gastéropode en forme de chapeau chinois (**figure 17**), résiste à l'émersion en emprisonnant de l'eau dans sa cavité palléale et sous sa coquille qui est alors fortement appliquée sur le rocher. Il est capable de mener une vie ralentie, de supporter de longues dessiccations et des variations importantes de la salinité et de la température. Capable de résister aussi à l'arrachement et aux chocs des vagues. La patelle peut vivre plus de 10 ans selon **Nakhlé (2003)**.

2) Rang taxonomique :

Sous règne:	Métazoaires
Emb:	Mollusques
Classe:	Gastéropodes
Sous classe:	Prosobranches
Ordre:	Archéogastéropodes
Famille:	Patellidae

***Patella ferruginea* (Linné, 1758)**

3) Aire de répartition :

Patella ferruginea est endémique à la Méditerranée occidentale (**figure 20**), c'est son aire de distribution originelle (**Beaufort, 1987 ; Laborel-Deguen et Laborel, 1990**).

Cette patelle endémique, était autrefois très répandue; mais elle a disparu de nombreuses parties de cette zone. Elle est maintenant classée parmi les espèces rares.

Actuellement, la présence de *Patella ferruginea* (ou la patelle géante) est limitée à quelques côtes en méditerranée (**figure 20**): côtes corses, localités de Sardaigne, sur les îles toscanes, et quelques côtes Nord africaines (**Culioli, 2003**).

En Algérie, cette espèce est aussi classée comme rare, même si elle est encore citée en plusieurs endroits (îles Habibas, El Kala). Son biotope et sa grande taille en font une victime privilégiée (consommation humaine, appâts pour la pêche), elle est fragilisée aussi par son hermaphrodisme. Ces individus atteignent des tailles remarquables au niveau de certains sites relativement difficiles d'accès (îles Habibas). Un inventaire des substrats durs sur lesquels elle se fixe est fortement souhaitable, sur la base des signalisations antérieures difficiles d'accès, comme l'île de la fourmi à Gouraya (01° 51' 00'' W) et les différents îlots de l'Oranie (à l'Ouest de Cap Falcon jusqu'à Ghazaouet). (**M.A.T.E, 2002**).

4) Morphologie:

La patelle est protégée par une coquille conique non spiralée essentiellement calcaire secrétée par le manteau (**figure 17**).

Le corps est mou, non segmenté et se compose de :

Partie dorsale viscérale enveloppé par une tunique : manteau qui secrète la coquille.

Région antérieure céphalique : présente une tête bien définie renfermant la bouche et les tentacules sensorielles.

Région ventrale musculaire : présente un pied aplati en forme de sole servant à la reptation (**Boue et Chanton, 1978**)

5) Anatomie:

a- Appareil respiratoire:

Il est formé de branchies situées en avant du cœur, la branchie de la cavité palléale disparaît au profit des branchies secondaires qui bordent la gouttière palléale entourant le pied (**Boue et Chanton, 1978**).

b- Système nerveux :

La chaîne nerveuse de la patelle montre un croisement en X caractéristique, le système nerveux comporte :

- des ganglions cérébraux
- des ganglions pédieux
- des ganglions palléaux (**Boue et Chanton, 1978**).

c- Appareil circulatoire:

Le cœur est enveloppé par le coelome réno-péricardiaque, il a typiquement deux oreillettes latérales et un ventricule médian. (**Boue et Chanton, 1978**).

d- Appareil digestif:

La cavité buccale est munie d'un appareil masticateur comprenant la radula qui est un long ruban portant de nombreuses dents très dures (**figure 19**), à cette cavité fait suite l'œsophage puis un estomac qui reçoit une glande volumineuse «l'hépatopancréas». L'intestin prend la forme d'un «U», il traverse le ventricule du cœur et se termine par l'anus. (**Cuisin, 1977**).

e- Appareil excréteur:

Constitué de deux reins situés à gauche du péricarde, le rein droit débouche à l'extérieur par un canal assez court à droite du rectum (**Grasse et doumenc, 1995**).

f- Organes génitaux:

Les gonades sont logées dans une cavité génitale, la glande génitale est verdâtre chez la femelle et blanche rosée chez le mâle (**Grasse et doumenc, 1995**).

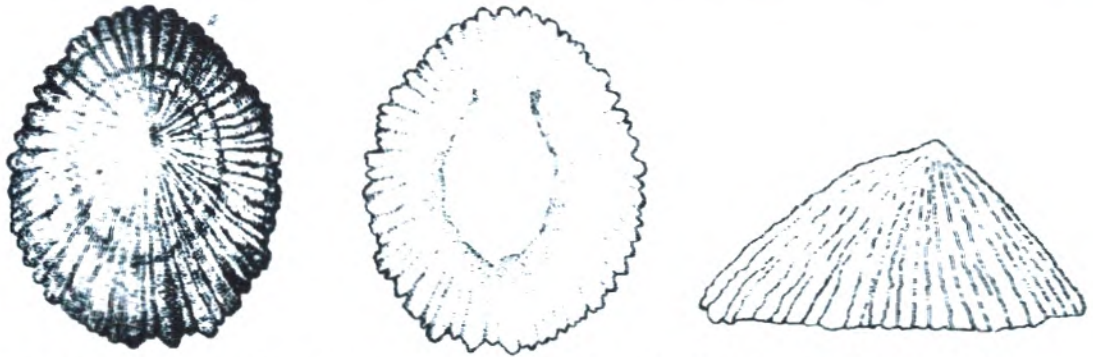
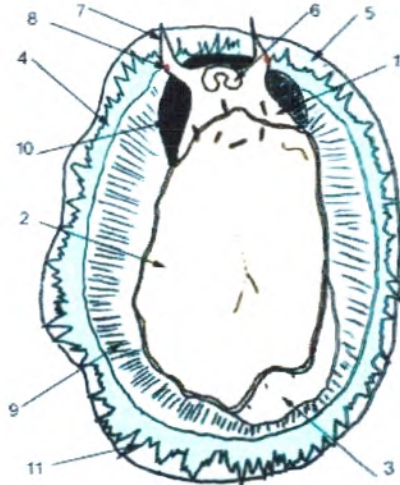


Figure 17 : vue externe, interne et latérale de *Patella ferruginea* (F.A.O, 1987)



- 1 = tête
- 2 = pied
- 3 = masse viscérale
- 4 = manteau
- 5 = coquille
- 6 = lèvre entourant la bouche

- 7 = tentacule
- 8 = œil
- 9 = branchie
- 10 = cavité palléale
- 11 = papilles sensibles

Figure 18 : Face ventrale de *Patella ferruginea* (Anonyme, 2005)

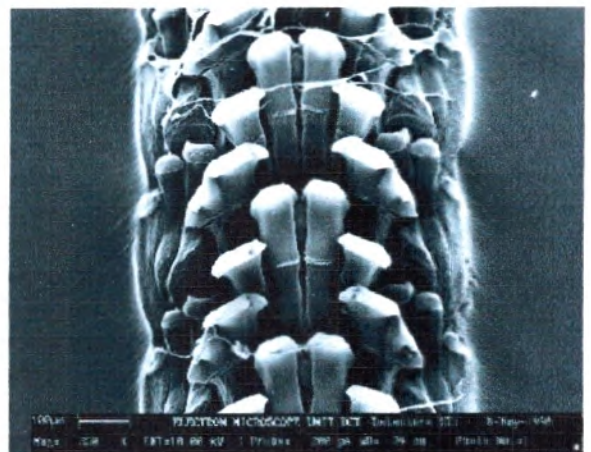
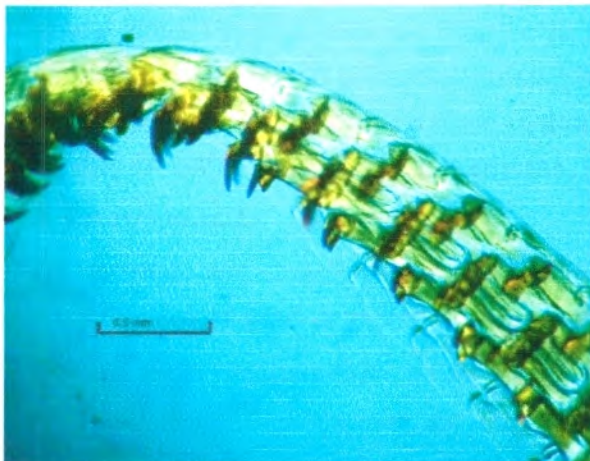


Figure 19 : Radula de la patelle.

Photo gauche: vue de profil avec les dents mises en valeur (unité d'échelle sur la photo : 0.5mm) (Cavan, 2006).

Photo droite: Microscopie électronique de la radula de patelle (unité d'échelle sur la photo : 100µm) (Nakhlé, 2003)

2- HYDROGRAPHIE ET HYDROLOGIE:

Trois bassins versants concernent le territoire de la ville de Ghazaouet et ses cinq communes avoisinantes (Nedroma, Dar Yaghmoracene, Souahlia, Tient et Djebella), respectivement et par ordre d'importance (**figure 24**) sont celui de l'Oued Ghazouana qui couvre 285 km², de l'Oued Abdellah d'une superficie de 15 km² et d'El Kelba qui couvre 7.5 km². (**M.A.T.E, 2007**).

Les cours d'eau qui débouchent sur la côte de Ghazaouet sont principalement:

- *Oued Ghazouana* (anciennement appelé *Oued El Marsa*), passant au centre de la ville, il est considéré comme le plus grand Oued de la région.
- *Oued Arkoub* débouchant dans la petite plage du même nom.
- *Oued Abdellah*, se situe vers l'Ouest, il est presque parallèle à Oued Ghazouana, et qui longe les quartiers Ouest de la ville. Il débouche dans la petite plage dite du «premier ravin».
- *Oued El Ayadna* en provenance du massif montagneux des Traras, il est plus petit que les autres Oueds. (**A.N.A.T, 2000**).

Plus de la moitié du bassin hydrographique est constitué de roches peu ou pas perméables (granite, marne, schiste). Le faible couvert végétal, combiné aux fortes pentes, favorise le ruissellement, ce qui à plusieurs conséquences directes:

- une très importante quantité d'eau douce est perdue en transitant rapidement vers la mer à chaque crue,
- la réalimentation des nappes concerne d'abord et principalement la nappe des alluvions,
- le fort ruissellement se traduit par un risque élevé d'érosion et d'inondation.

L'évolution climatique récente, marquée par une phase de sécheresse, a renforcé le caractère temporaire de l'essentiel du réseau hydrographique, qui n'est actif que de façon intermittente. (**M.A.T.E, 2006**)

3- RELIEF & GEOLOGIE:

Au plan orographique, mis à part le site abritant le port et le vieux centre urbain, la totalité de la côte est constituée de falaises très abruptes. Un relief similaire se prolonge à l'intérieur du territoire de la commune avec quelques replats au niveau de l'Oued Ziri, de Arkoub et Sidi Amar. (METAP, 2000).

Sur le plan géologique, le massif de Traras au sens large est la principale unité structurale de la zone côtière, il comprend deux grandes régions:

Le massif de Traras proprement dit et le massif de Fillaoucene, séparés par une bosse granitique.

La carte géologique (feuille de Nemours 1/50.000^{ème}), établie par F. Doumergue, donne la stratification suivante pour la région de Ghazaouet:

Terrains primaires: ils sont remarquables essentiellement par le Permien (schistes, grès et poudingues) caractérisés par la diversité de leurs couleurs, dominé par le rouge. C'est le substratum de toute la région de Ghazaouet. Ils sont nus sur de vastes étendues: les schistes au sud-est de Sidi Amar, les poudings et grès au sud-est des Béni-Ménir.

Terrains secondaires : ce sont essentiellement les Trias, représentés par des marnes bariolées où le rouge domine, peu étendu dans la zone. Il est souvent traversé par des pointements d'une roche éruptive verte, ophite, assez bien visible sur la route Ghazaouet-Nedroma. Avec, les schistes et poudings permien, le Trias contribue à l'aspect ferrique aux couleurs vives du paysage particulier des Traras qui scintillent sous les rayons du soleil.

Le lias: est présent sous forme de calcaires massifs, gris ou bleuâtre. En se rapprochant de la côte on peut constater que le lias moyen (couleur plus claire) est superposé aux schistes.

Le crétacé: (ou jurassique) apparaît dans les ravins depuis le fond des Traras jusqu'au bord de la mer, peu visible et variables dans leurs colorations.

Terrains tertiaires : on retrouve dans cette strate le Miocène inférieur, les basaltes et le miocène moyen.

* ***Le miocène inférieur*** est représenté par des marnes dures, gréseuses blanchâtres ou rougeâtres. Il s'étale sur la partie Est et Sud/Est parfois en lambeaux (Beni Ménir, pont des Trembles...)

* ***Les basaltes*** sont le résultat des manifestations volcaniques intenses qu'a connues la région d'âge Helvétien. Elles recouvrent de vastes étendus, notamment dans le plateau de Souahlia où se trouve le cratère du volcan éteint de Tigraou. Un dépôt de centre curieux attire l'attention des géologues, dans le ravin de Oued Abdallah, signalant de remarquables coulées basaltiques aux colonnes prismatiques.

* ***Le miocène moyen*** est représenté par les grès de l'Helvétien supérieur, s'étendant des falaises de la ville jusqu'à Sidi Amar. A l'Ouest, ils constituent en partie la formation essentielle des falaises abruptes. Ces Grès Helvétiques argilo-sableux sont d'une grande épaisseur, renferment de nombreux fossiles. Ils sont surmontés d'une couche très épaisse de terre limoneuse rouge et de dunes à Helix (quaternaire).

Ainsi, sur le plan géologique, les pointes Ouest de la baie de Ghazaouet constituent un site paléontologique remarquable, où plusieurs échantillons de la faune marine ont été découverts (conservés dans le Musée de Tlemcen).

· **Terrains quaternaires**: ils sont peu développés dans la région, représentés par des dépôts alluvionnaires au niveau des fonds de vallées, très étroites. Par contre, le quaternaire d'origine marine est représenté par des dunes consolidées non apparentes qui ont donné, par désagrégation, des sables mouvants sur les replats Ouest de la ville. (A.N.A.T, 2000).

4- LE CLIMAT:

La zone d'étude se situe sur la côte de la mer Méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux: les précipitations et les températures. Ce climat est aussi influencé par des paramètres propres à cette région à savoir: son exposition découverte au Nord sur le littoral, et sa position abritée par les monts de Traras au sud ce qui lui confère un contexte bioclimatique semi-aride avec des hivers tempérés à doux (A.N.A.T, 2000 ; M.E.T.A.P ,2000).

Tableau 13 : Données climatiques de la station située dans la zone d'étude (Ghazaouet - Port : 1996-2006)

Station Ghazaouet Alt: 04 m Long: 01° 52' 2'' W Lat : 35°06'00'' N

Station	Moyennes mensuelles des précipitations et des températures												
		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Ghazaouet (1996/2006)	P(mm)	45,75	45,27	36,68	28,45	27,3	1,39	0,30	4,98	12,01	32,29	70,76	41,23
	T(°C)	16,04	15,78	16,69	18,07	21,42	24,8	27,72	28,56	26,38	22,4	18,26	16,03

4.1. Les précipitations :

Sur les **tableau 13, 14** figurent les quantités moyennes (en mm) de précipitations mensuelles pour la période 1996-2006.

En se basant sur ses résultats, on constate déjà que le climat de Ghazaouet est marqué par une alternance de deux saisons, l'une pluvieuse et l'autre sèche.

La saison pluvieuse est caractérisée par une irrégularité interannuelle, elle débute généralement à partir du mois de Septembre et se prolonge jusqu'au mois de Mai, alors que la saison sèche s'étale du mois de Juin jusqu'au mois d'Août.

Le **tableau 14** montre que les précipitations moyennes sont de 346,42 mm/an durant la période choisie (1996-2006). La saison hivernale de 2003 est la plus pluvieuse avec une moyenne de 41,78 mm/mois alors qu'un pic de 123,2mm est enregistré au mois de Novembre. Par contre, l'été est presque sec.

Cependant, on peut signaler que la carte pluviométrique établie par **Bouanani (2004)** a pu comparée entre deux périodes différentes, cette carte montre que la région de Ghazaouet se trouve entre les isohyètes 350mm et 400 mm pour la période (1970-1998), alors qu'elle se situait entre 400 et 450mm d'après les données de Seltzer durant la période 1913-1938. (fig.26, 27).

4.2. Les températures:

Les températures relevées sur notre région durant la période allant de 1996-2006 sont illustrés dans le **tableau n° 13, 15**.

A partir de ces tableaux, on peut tirer les remarques suivantes:

Les mois les plus chauds sont les mois: juin, juillet, août, septembre et octobre durant lesquels les températures moyennes dépassent les 20° C. Pour le reste des mois de l'année, les moyennes de température ne descendent pas au-dessous de 15° C, le mois de Février étant le plus froid.

La température moyenne annuelle est de 21,01°C. Le rythme moyen de variation de température, ressemble selon les observateurs, à celui d'Alger.

Ainsi, les bulletins météorologiques de l'Algérie montrent que c'est à Ghazaouet que la température est plus douce, et que les écarts thermiques sont moins sensibles. Cette situation climatique privilégiée tient à la position géographique et à la latitude sous la quelle se trouve Ghazaouet.

Fait marquant du climat de Ghazaouet, l'absence totale de la gelée. Par ailleurs, les jours brumeux sont assez nombreux en printemps et en été. Quant au brouillard, on enregistre une moyenne d'un jour par mois. La neige et la grêle sont par contre très rares. **(A.N.A.T, 2000)**.

Tableau 14 : Précipitations mensuelles exprimées en (mm) de la région de Ghazaouet (période: 1996-2006)

Mois Année	Janv	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Total	Moy
1996	48,4	61,2	24,1	23,2	25,2	1,2	1,2	7,5	27,4	8,8	3,7	39,9	271,80	22,65
1997	88,6	0,0	1,2	52,7	30,0	0,7	1,5	2,4	52,6	10,5	48,8	45,7	334,70	27,89
1998	14,6	26,7	50,0	15,4	13,0	4,1	0,0	5,8	8,2	5,6	58,5	3,0	204,90	17,08
1999	99,1	76,2	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	18,1	30,1	127,6	48,4	437,20	36,43
2000	2,0	0,0	3,5	15,1	30,3	0,0	0,4	0,0	4,2	92,4	73,5	36,8	258,20	21,52
2001	35,3	61,0	4,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	13,3	17,5	134,9	28,1	306,10	25,51
2002	5,3	3,3	31,9	87,3	63,3	1,7	0,0	37,6	0,3	26,4	89,5	16,0	362,60	30,22
2003	85,3	112,4	17,3	21,1	12,5	1,8	0,2	0,0	0,0	51,3	123,2	76,3	501,40	41,78
2004	51,1	38,5	142,2	38,6	38,7	5,5	0,0	0,3	0,0	53,0	34,8	62,6	465,30	38,78
2005	15,9	65,6	67,6	18,9	1,0	0,3	0,0	0,0	2,7	49,5	78,8	12,8	313,10	26,09
2006	57,6	53,1	25,0	40,7	74,3	0,0	0,0	0,2	5,3	10,1	5,1	83,9	355,30	29,61
Total	503,2	498,0	403,5	313,0	300,3	15,3	3,3	54,8	132,1	355,2	778,4	453,5	3810,60	317,55
Moyenne	45,75	45,27	36,68	28,45	27,30	1,39	0,30	4,98	12,01	32,29	70,76	41,23	346,42	28,87

Tableau 15 : Températures moyennes exprimées en (°C) de la région de Ghazaouet (période : 1996-2006)

Mois Année	Temp.(°C)	Janv	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Total	Moy
1996- 2006	T. Min	11,64	9,80	11,94	13,60	17,19	21,44	24,57	24,90	21,98	18,42	14,09	11,26	200,83	16,74
	T. Max	20,44	21,76	21,45	22,55	25,66	28,16	30,88	32,22	30,78	36,38	22,44	20,80	313,52	26,13
	T. Moy	16,04	15,78	16,69	18,07	21,42	24,80	27,72	28,56	26,38	22,40	18,26	16,03	252,15	21,01

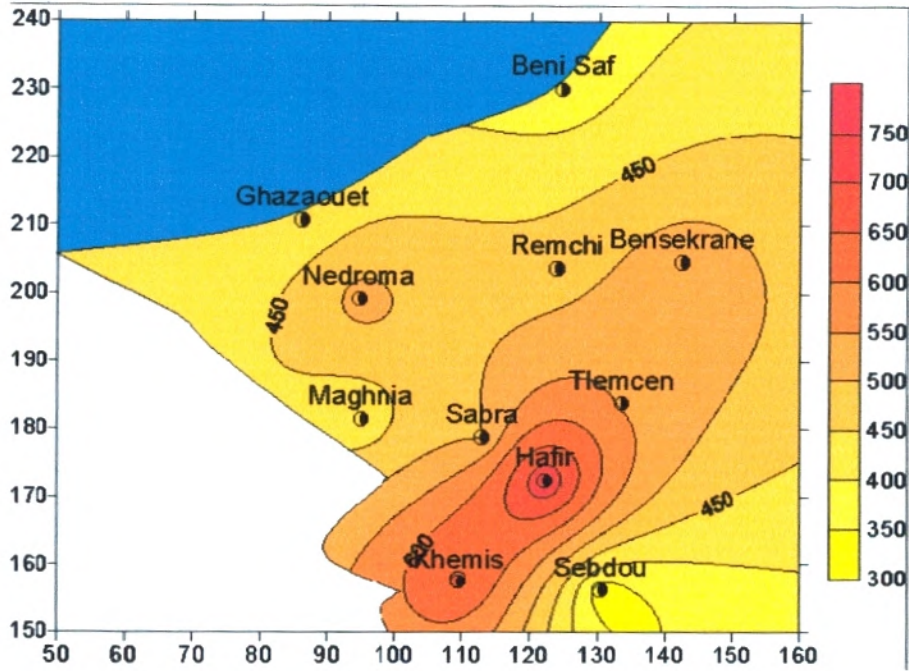


Figure 26: Carte en isohyètes de la Tafna (données Seltzer 1913/1938)
(Bouanani, 2004)

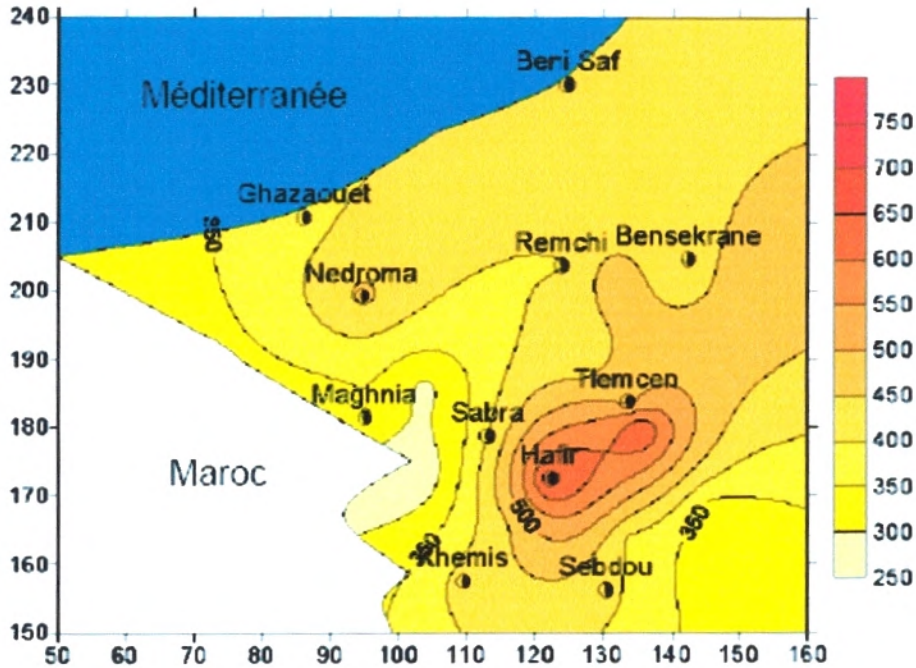


Figure 27: Carte en isohyète de la Tafna (1970/1998)
(Bouanani, 2004)

4.3 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN:

Bagnouls et Gausсен (1953) ont établi un diagramme qui permet de représenter la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures en °C avec celles des précipitations en mm; en admettant que le mois est sec lorsque «**P est inférieur ou égal à 2T**».

Pour présenter ces diagrammes; ces auteurs proposent en utilisant une double échelle en ordonnée à gauche des précipitations et à droite les températures de sorte que l'échelle des températures soit double des précipitations (1°C = 2mm). En considérant la période de sécheresse; lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de la courbe de températures.

On doit se référer au diagramme ombrothermique, pour la détermination de la période sèche (**Figure 28**).

Avec P: précipitation moyenne du mois (en mm).

T: température moyenne du même mois en (°C).

Le climat est sec quand la courbe des températures est au dessus de celle des précipitations, et humide dans le cas contraire.

4.4 Le quotient pluviothermique d'EMBERGER:

Le quotient pluviothermique Q_2 est établi par Emberger (1952). Il est spécifique au climat méditerranéen et fréquemment utilisé en Afrique du Nord et en France méditerranéenne.

Ce quotient permet de positionner la station d'étude parmi les étages de la végétation tracés sur un climagramme pluviothermique et d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes.

Les valeurs du Q_2 étant d'autant plus basses lorsque le climat est plus sec (**Figure 29**). Le quotient (Q_2) a été formulé de la façon suivante:

$$Q_2 = \frac{1000.P}{(M - m) \left(\frac{M + m}{2} \right)} = \frac{2000.P}{M^2 - m^2}$$

P: pluviosité moyenne annuelle (somme des moyennes de précipitations annuelles).

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud (Température en K=T°C+273)

m: moyenne des minima du mois le plus froid (Température en K).

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} = 52,52$$

Le calcul du Q_2 d'Emberger nous a permis de situer Ghazaouet dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud. (**Fig. 29**).

Tableau 16 : Synthèse des données climatiques de la station située dans la zone d'étude (Ghazaouet - Port : 1996-2006)

Régime saisonnier				Type	P (mm) et Temp. Moyenne (°C)	M (°C)	m (°C)	Q ₂
H	P	E	A					
114,4	90,6	6,26	99,6	HAPE	346.42	32.22	9.8	52.52
					21,01			

H: hiver, P: printemps, E: été, A: automne, Q2: Quotient pluviothermique d'Emberger.

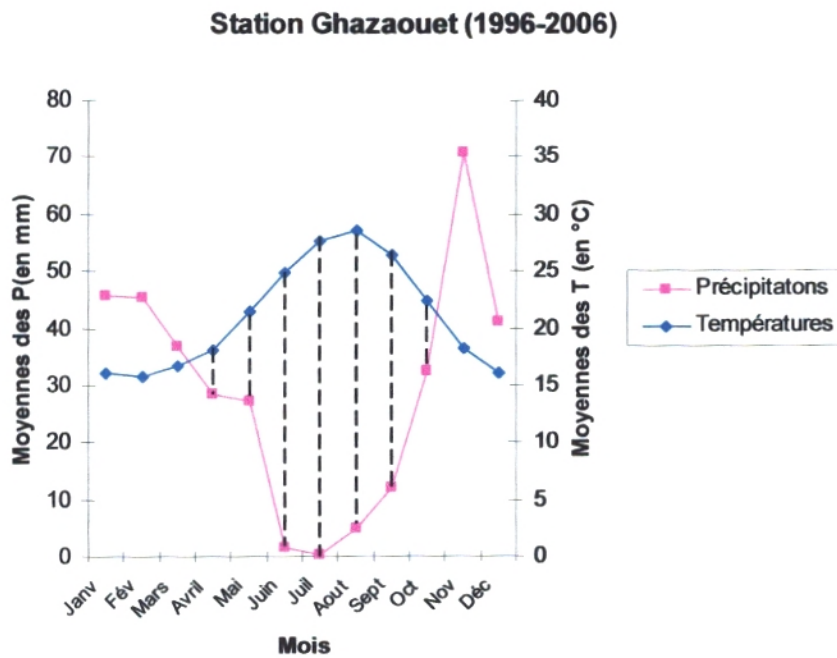


Figure 28: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

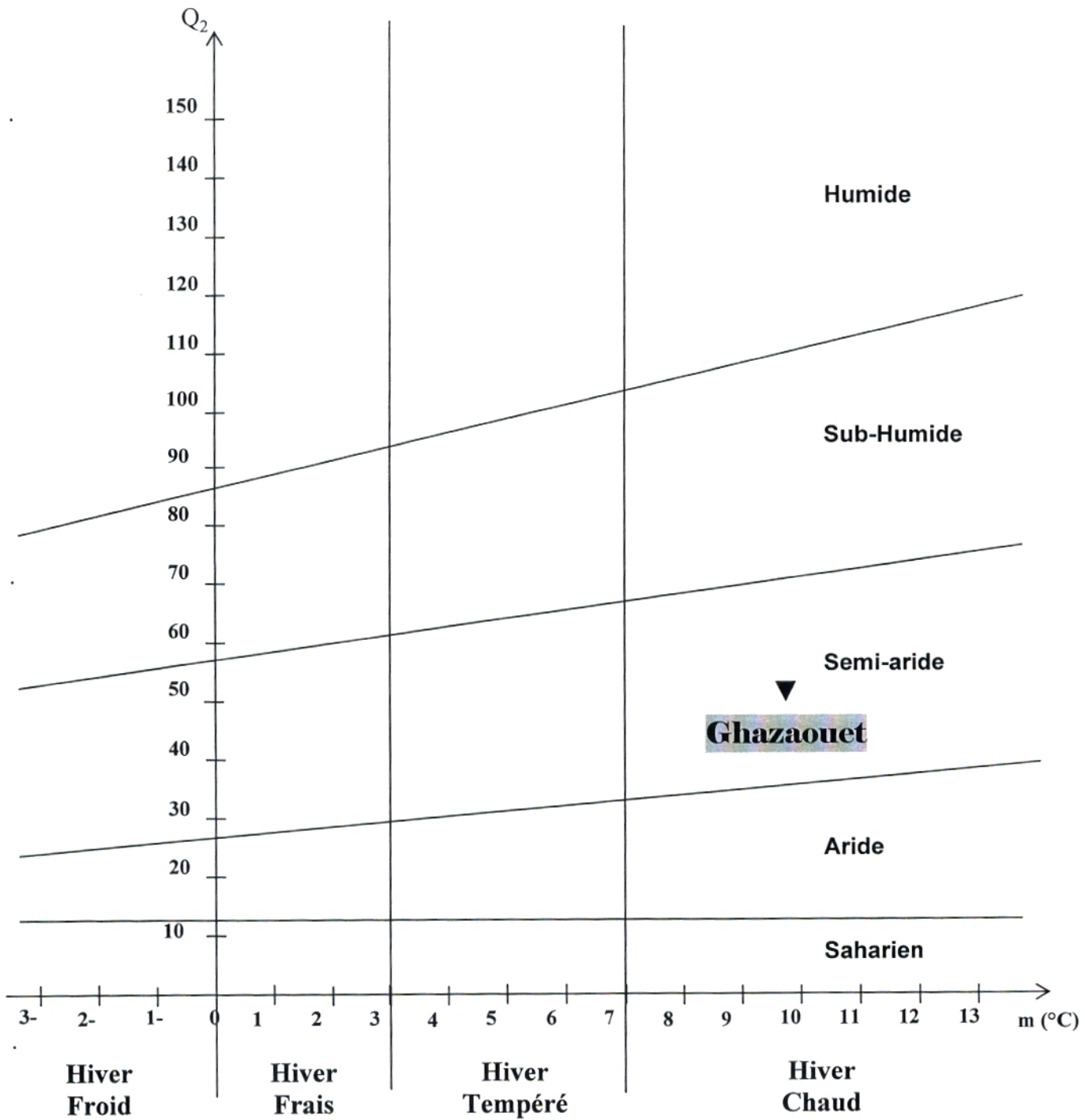


Figure 29: Climagramme pluviométrique du Quotient d'Emberger (Q₂)

4.6 Les vents:

Les données de la station météorologique de Ghazaouet indiquent pour une année moyenne une dominance des vents de mer, en provenance soit du Nord/Est (35%) ou du Nord/Ouest (36%). Ces vents sont généralement réguliers surtout en été. Les vents humides d'Ouest et du Nord-Ouest sont très fréquents et très intenses et influent considérablement sur le bilan pluviométrique.

Les vents du Sud sont aussi importants avec des fréquences variables (en moyenne 29%). Ces derniers ont une influence desséchante qui se fait sentir surtout en été.

Notons que des changements de direction des vents sont observés au cours de la même journée. La vitesse moyenne du vent est de 20Km/h.

En général dès que les vents dominants cessent, il se produit un calme du à l'égale pression de la mer et du continent; les vents reprennent dès que l'équilibre est rompu. A Ghazaouet, ce calme est enregistré entre 8h jusqu'à une heure de l'après midi.

Enfin Ghazaouet reçoit rarement les vents brûlants (Sirocco), soit en moyenne une fois par an avec des durées assez courtes et cela est dû à sa barrière naturelle représentée par les Monts de Traras, culminant à Djebel Fillaoucène (1136m) (A.N.A.T, 2000).

5- COURANTOLOGIE:

Le rôle des conditions hydrodynamiques est considérable dans la pollution des mers.

Les courants jouent un rôle primordial dans la circulation des eaux et leur brassage; et par conséquent sur la dispersion de la pollution. (Lacaze, 1996).

La partie occidentale de la méditerranée présente deux principaux courants: le courant du Nord et le courant algérien. (Millot, 1987).

Les instructions nautiques signalent l'existence d'un courant général au large de vitesse comprise entre 0,5 et 1m/s, se dirigeant d'Ouest vers l'Est, et engendrant un contre courant côtier d'une vitesse moyenne de 0.2 m/s.

Dans la baie de Ghazaouet, par vent soufflant de l'Ouest, un courant est issu de l'étranglement formé par les îlots des deux frères et des deux sœurs, et la pointe Ouest.

Ces courants influent sur l'épandage des polluants dans la région. (L.E.M, 1997).

6- HOULES:

Les houles sont les mouvements ondulatoires de la mer. L'analyse des houles faite à partir des résultats fournis par les données de l'U.S Naval Weather Service Command (S.S.M.O) et les données de l'Institut Hollandais de Météorologie (K.N.M.I) nous montre que le port de Ghazaouet est exposé aux houles du secteur Ouest à Nord –Est.

- les périodes de houles les plus longues se produisent pour la direction N.N.W.

- les houles de direction Nord arrivent sans changement de direction. (L.E.M, 1997).

7- MAREE:

La marée est peu apparente dans notre région en raison d'une part de sa faible amplitude vue que la méditerranée est une mer presque sans marée et d'autre part de sa jonction avec les variations du niveau marin dû à l'effet du vent et de la pression atmosphérique. (L.E.M, 1997).

II- LES ACTIVITES HUMAINES DANS LA REGION DE GHAZAOUET:

1- DEMOGRAPHIE:

La commune de Ghazaouet s'étendant sur une superficie de 28Km² a connue une croissance importante de sa population entre les différents recensements. En effet, elle est passée de 26.664 habitants en 1984 à 33.034 habitants en 1998, sa population a été estimée en fin 2005 à 42.000 habitants avec 5 agglomérations secondaires et un taux d'agglomération des populations de l'ordre de 95%.

De ce fait, et tenant compte que la ville de Ghazaouet repose sur un site très accidenté, le réseau d'assainissement y est de type séparatif ou unitaire collectant 30 % des eaux usées et les nombreux collecteurs qui le composent atterrissent séparément dans les Oueds de Ghazaouana et Abdellah qui traversent la localité (**figure 30**). En l'absence d'un dispositif d'épuration, les eaux usées sont rejetées en l'état et déversées à la mer par ces deux exutoires (**tableau 17**). Le volume des rejets, de l'ordre de 3000m³/j résulte d'un faible taux de satisfaction des besoins en eau potable de la ville. (**D.E.T, 2006**).

Les apports des rejets urbains au milieu marin:

Les rejets urbains sur le golfe de Ghazaouet apportent plusieurs éléments au milieu marin (**tableau 18, 19**):

1. Apport de macro déchets dans la mer (plastiques, verre, boîtes métalliques) lors des épisodes pluvieux liés à la présence permanente de ces déchets dans les Oueds,
2. Apport de matières organiques et particulaires dans les sédiments.
3. Apport d'hydrocarbures,
4. Apport de substances nutritives (N et P),
5. Apport de métaux lourds d'origine anthropique (Zn, Pb, Cu, etc.),
6. Apport de sable ou d'argile lors des épisodes de pluie ou de crues,
7. Contamination bactériologique et virale des eaux marines.

(**M.A.T.E, 2007**)



Figure 30: Oued Ghazouana
Vue à partir du pont de la route principale ramenant à Alzind.
(Photo. Belhadj 04/04/2007)

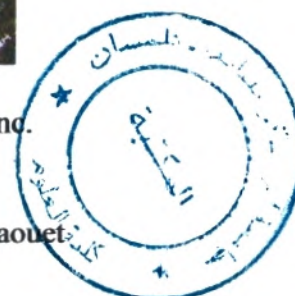


Tableau 17: Les rejets d'eaux usées de la commune de Ghazaouet.
(M.A.T.E, 2006).

N° Rejet	Centre concerné	Nb. Habitants	Type de rejet	Débit (m ³ /j)	Exutoire	Exutoire (B.V)	Mode de traitement
G1	Vill de Ghazaouet	23 000	Domestique	2 760	Mer	Mer	Sans
G2	Orfak	1 500	Domestique	180	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	Bassin de décantation
G3	Aodas	2 500	Domestique	300	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	Bassin de décantation
G4	Draouche et Meston	1 500	Domestique	180	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	Sans
G5	ECO	-	Domestique	-	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	-
G6	Bridaa	600	Domestique	72	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	Sans
G7	Orziri	600	Domestique	72	Oued Abdal ah	Oued Abdallah	Sans
G8	Krakar	250	Domestique	30	Oued Ghazouana	Oued Ghazouana	Sans
G9	Demine	100	Domestique	12	Oued mellaha	Oued Ghazouana	Sans
G10	Ain Kolla	350	Domestique	42	Oued Ghazouana	Oued Ghazouana	Sans
G11	Djamaa Sakhar	500	Domestique	60	Oued Ghazouana	Oued Ghazouana	Sans
G12	Lot Wisam	600	Domestique	72	Ain boudjana	Oued Ghazouana	Sans

Volume total rejeté
(m³/jour)

3 780

Tableau 18: Analyses ponctuelles effectuées sur les rejets directs de GHAZAOUET (M.A.T.E, 2007)

Paramètres	Unités	R2	A17	GHAZAOUET W
Qj	m ³ /j	80	400	1150
DCO	mg/l	480	2026	1354
DBO5	mg/l	130	600	460
DCO/DBO5		3,7	3,4	2,9
MES	mg/l	1146	1520	1073
NTK	mg/l	112	182	133
PT	ma/l	42,4	50,3	45,4
As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Cu	mg/l	0,006	0,005	0,005
Ni	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zn	mg/l	0,005	0,007	0,004
Pb	mg/l	0,01	0,01	0,01
Cr	mg/l	0,005	0,005	0,005
Hg	mg/l	0,01	0,01	0,01
Cd	mg/l	0,01	0,01	0,01
Fe	mg/l	1,56	5,1	2,25
Mg	mg/l	37,91	88,45	40,82

(Qj : quantité/j)

<i>Commune</i>	<i>Milieu récepteur</i>	<i>Zones collectées</i>	<i>Situation du point de rejet</i>
<i>Ghazaouet</i>	Mer (grotte)	Est Ghazaouet	Regard A17
<i>Ghazaouet</i>	Oued Abdallah	Quartier Chfek	Aval Bassin décantation R2
<i>Ghazaouet</i>	Embouchure	Oued Ghazouana	Ouest Ghazaouet Usine Alzinc

Tableau 19: Rejets de métaux lourds d'origine domestique (M.A.T.E, 2007)

Estimation des rejets en métaux lourds en mer	Zone ouest	G13 et G14	Zone Est et front de mer	Total rejet en mer	Total rejet en mer
unités	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /an
Volume	1150	100	400	1650	602 250
unités	g/j	g/j	g/j	g/j	kg/an
As	57,5	5	20	82,5	30,1
Cu	5,75	0,5	2	8,25	3,0
Ni	11,5	1	4	16,5	6,0
Zn	4,6	0,4	2,8	7,8	2,8
Pb	11,5	1	4	16,5	6,0
Cr	5,75	0,5	2	8,25	3,0
Hg	11,5	1	4	16,5	6,0
Cd	11,5	1	4	16,5	6,0
Fe	2 588	225	2 040	4 853	1 771
Mg	46 943	4 082	35 380	86 405	31 538

G13, G14: centre ville de Ghazaouet, exutoire O.Ghazouana

2- TISSU INDUSTRIEL :

La région de Ghazaouet présente un tissu industriel plus ou moins diversifié, représenté par un certain nombre d'entreprises (**tableau 20, 21**), dont l'unité ALZINC qui occupe une place importante dans la région offrant 599 emplois (2003) pour la ville de Ghazaouet et ses environs, et en participant largement à l'activité portuaire en assurant le trafic de marchandises soit 130.000 tonnes/an de produits débarqués et embarqués.

- Le Complexe ALZINC:

La Société Algérienne de Zinc par abréviation ALZINC est une filiale de l'entreprise METANOF rattachée à la SGP TRANSLOB (**D.E.T, 2004**).

L'usine a été construite en 1974 par l'ingénierie Belge «La vieille montagne». L'installation était conçue, initialement pour traiter essentiellement le concentré minier d'El-Abed située à environ 200km au sud-Ouest de Ghazaouet (**M.E.T.A.P, 2000**).

La société ALZINC a pour objet, conformément à ses statuts, la production et la commercialisation du Zinc et de ses alliages (Zamac, pastilles de Zinc...), de l'acide sulfurique, du cuivre cathodique et généralement de toutes les opérations se rattachant directement ou indirectement à son objet.

Le complexe d'électrolyse de Zinc est entré en production en décembre 1974.

Cette société est limitée au Nord par la mer, à l'Ouest par une falaise (≈80 m de haut), au Sud-Est et à l'Est par la ville et le port, elle est intégrée dans le périmètre du port de Ghazaouet.

1- Gamme de production

La production du complexe est composée de zinc, de cuivre et d'acide sulfurique, la gamme et les quantités produites sont sous les formes suivantes:

- Lingots de Zinc de 25 Kg.
- Zinc pré plombé, pré aluminé en jumbo de deux (02) tonnes.
- Alliages de Zinc (Zamac 3 et 5) sous forme de lingots de 17Kg.
- Cuivre cathodique sous forme de feuilles de 120 Kg.
- Pastilles de zinc (rondes et hexagonales).
- Acide sulfurique.

Tableau 20 : Les principales unités industrielles qui activent dans la bande littorale. (**D.E.T, 2006**)

Entreprise	Date de mise en service	Localisation	Production		Type de pollution
			Type	Quantité/an	
ALZINC (Ex-METANOF)	1974	Ghazaouet	Zinc	40.000T/an	Solide Liquide Gazeux
CERAMG (ECO)	1977	Ghazaouet	Céramique sanitaire	655.000 articles	Solide (casse)
ENAMARBRE	1985	Honaine	Agrégats poudre de marbre		Sonores Poussière
SOBRIT	1974	Tounane	Briques	100.000U/an	/

Tableau 21 : Répartition des petites et moyennes entreprises privées
(M.E.T.A.P, 2000)

Secteur d'Entreprise	Communes		
	Nedroma	Souahlia	Ghazaouet
Branches d'Activités			
Plastique, Verre, Chimie	2	-	-
Menuiserie	81	29	45
Agro-Alimentaire	5	1	5
Imprimerie, Papier, Carton	1	-	-
Transformation, non-Ferreux	1	1	2
Cuir de chaussures	13	2	1
Textile	110	-	1
Matériaux de construction	18	-	4
Carrière	5	-	3
Total Unités	236	33	61

2- Principaux rejets de l'unité d'ALZINC

Rejets d'eaux usées:

L'ensemble des rejets liquides provenant du complexe sont déversés dans un réseau de collecte composé de deux caniveaux qui aboutissent tous les deux en mer.

Ces rejets sont composés des eaux de lavage, de refroidissement (saumures issues de l'unité de dessalement), de process et également des eaux domestiques.

Les principaux paramètres mesurés lors du suivi qualitatif effectué régulièrement au niveau du complexe sont principalement les métaux lourds (Fe, Cu, Pb, Zn, Cd) mais également le pH en raison de l'acidité probable de certains rejets.

Les déchets de type huiles usagées sont en grande partie stockées dans les fûts et remises à Naftal, pour leur recyclage éventuel. Quant aux huiles askarels, elles sont stockées au niveau du site dans un local fermé (D.E.T, 2004).

Rejets atmosphériques:

Les principaux rejets gazeux vers l'atmosphère sont identifiables principalement au niveau de l'unité d'acide sulfurique quand il y a une mauvaise conversion de SO₂ ou durant des arrêts et redémarrages de cette unité.

Les émissions de matières toxiques dans l'air se produisent lors de la production de Zinc selon le procédé d'électrolyse, il s'agit:

* de poussières contenant du Zinc et du cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes.

* de poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage.

* des aérosols, contenant du Zinc, du cadmium et de l'acide sulfurique provenant du lessivage de l'épuration des lessives et du traitement des résidus.

* des aérosols contenant du zinc et du cadmium provenant de l'installation de production de cadmium.

* du gaz perdu, contenant de l'anhydride sulfurique (H_2SO_3) provenant de la production de l'acide sulfurique.

Ces émissions sont cependant largement réduites depuis la rénovation de l'unité réalisée à partir de septembre 2001.

Les rejets de SO_2 à la source (cheminée) sont estimés par le complexe d'une manière très approximative à environ 2000ppm.

Il est important de signaler que les émissions de SO_2 vers l'atmosphère ont donné lieu avant la rénovation de l'unité à diverses plaintes en raison des pics de pollution survenus durant certaines phases d'exploitation. **(D.E.T, 2004).**

Rejets solides:

Près de 500.000 tonnes de boues de lixiviation (lessivage) de Zinc sont stockées sauvagement sur des falaises surplombant la mer, 20.000 t/an continuent d'être produites.

Plus de 8000 tonnes de boues cuivriques obtenues sur l'atelier de purification, elles sont actuellement recyclées au sein de l'usine pour la fabrication de cuivre.

Les drosses de plomb argentifère, lingots usés titrant 0,75% en argent et 99,25% de plomb utilisés pour la fabrication d'anodes nécessaires à la fabrication du Zinc métal. Ces déchets valorisables ont été vendus à l'exportation.

Les crasses de Zinc (3000 tonnes environ) valorisables en cours d'exportation vers l'Espagne.

Les résidus de Thallium, hautement toxiques, provenant de l'atelier de cadmium, sont actuellement stockés au sein de l'usine dans deux cuves souterraines étanches revêtues de plomb à ouverture par trappes, d'une contenance d'un mètre cube chacune. Une cuve est déjà pleine, l'autre en cours. **(D.E.T, 2004).**

Les apports des rejets industriels au milieu marin:

En plus des rejets urbains, le milieu marin de Ghazaouet reçoit les eaux résiduaires industrielles recyclées en provenance de l'unité d'électrolyse de Zinc à raison de $3.5m^3$ /heure, ces rejets chargés de métaux lourds, sont déversés dans le milieu marin et ils ont participé à la contamination de la vase du fond aggravés par le stockage sauvage des déchets de lixiviation de Zinc sur la falaise surplombant la mer et l'usine. **(D.P.R.H.T, 2004).**

La décharge située au-dessus de l'usine en sommet de falaise (**figure 31**) a été mise en service en 1976. Ce site de stockage est situé dans le périmètre urbain et les déchets ne sont pas protégés par une couverture, ce qui les rend facilement remobilisables soit sous forme de poussières, soit par entraînement sous l'effet des eaux météoriques (ruissellement).

D'après le **tableau 22**, les composants majeurs des déchets de la décharge (en terme de concentration et d'effets) sont le cuivre, le zinc, le cadmium, le plomb, le fer. **(M.A.T.E, 2007).**



Figure 31: Vue du port industriel de Ghazaouet (en crête de falaise, au dessus des installations ALZINC, on voit le talus de déchets de l'ancienne décharge d'ALZINC) (M.A.T.E, 2006)

Tableau 22: Echantillon moyen des résidus de lixiviation stockés sur la falaise (Septembre 2006). (M.A.T.E, 2007)

Elements (‰)	Résidus de lixiviation séché à 105°C	Résidus de lixiviation après perte au feu à 1000°C
Zn	21.57	25.11
Zn (H ₂ O)	6.18	1.09
Zn (H ₂ SO ₄)	11.19	11.35
S(SO ₄)	5.85	1.82
S(S)	0.92	0.09
Pb	4.28	4.85
Fe	28.83	25.74
Cu	0.23	0.27
Cd	0.105	0.107
SiO ₂	6.89	8.53
Al	1.25	1.27
Mn	0.44	0.43
Mg	0.71	0.75
Ca	0.96	1.02
Ba	0.87	0.78
As	0.112	0.118
Cr	0.011	0.016
Sn	0.0114	0.0138
Sb	0.048	0.055
Na	0.044	0.039
K	0.13	0.12
Cl	0.014	0.0071
F	0.0062	0.007
Ge	0.004	0.0050
Tl	0.0024	0.0022
Ni	0.0034	0.0037
Ag (g tonne)	320	380

3- Réalisations en matière d'environnement (investissements):

Outre la réhabilitation de ses instruments de travail Alzinc ne baisse pas les bras et essaie d'améliorer son image quand à la protection de l'environnement. Pour ce faire Alzinc s'est fixé pour objectif de réhabiliter l'entreprise à travers un certain nombre d'investissement qui ont été réalisés dans le passé. Ils ont contribué d'une manière directe ou indirecte à une meilleure protection de l'environnement. Ces investissements ainsi que les impacts positifs qui en résultent sur l'environnement sont présentés ci-dessous (**tableau 23**) :

Tableau 23 : Actions entreprises par Alzinc en matière d'environnement.
(D.E.T, 2004)

Type d'action	Montant de l'investissement	Année de réalisation	Effet obtenu
Réhabilitation de l'atelier grillage acide	751MDA	2001	Réduction des émissions des SO ₂
Traitement des gaz de queue	188 MDA	2000	Réduction plus poussée des émissions de SO ₂
Dessalement d'eau de mer	129 MDA	1994	Autonomie totale en eau de process
Renouvellement des tours de séchage et d'absorption	47 MDA	2000/2002	Meilleur rendement de conversion d'où réduction des rejets de SO ₂
Installation d'un atelier de neutralisation	32 MDA	1987	Neutralisation des rejets liquides

Pour ce qui est des déchets industriels spéciaux, une partie importante a été stockée sauvagement sur la falaise surplombant l'usine et la mer (environ 500.000 tonnes). Une autre partie (boues cuivriques et ciment de cadmium) est stockée temporairement sur le site du complexe en attendant sa valorisation.

Le stockage sur la falaise a certes cessé depuis juillet 2001: date de mise en service de la décharge industrielle contrôlée de Ghazaouet au niveau du plateau de Addas, mais la dépollution du site souillé de métaux lourds toxiques tarde à voir le jour. (D.E.T, 2006).

4- Evolution des pratiques

- 1995: Mise en place d'un dispositif de neutralisation à la chaux (4 à 5 tonnes consommées par jour) des effluents acides avant rejet,
- 2001: Mise en place d'un dispositif de réduction des émissions gazeuses (SO₂),
- Réhabilitation de l'atelier de dégrillage (réduction du taux de soufre rejeté de 0,2 à 0,04%),
- Renouvellement des fours de séchage et d'adsorption (réduction du SO₂),
- ALZINC a été certifié ISO 14001 en 2006,
- La Direction de l'Environnement a préconisé la mise en place d'une surveillance de la qualité des effluents gazeux,
- 2005: création d'un nouveau site de stockage des résidus de traitement dont la durée de vie est estimée à 10 ans. La teneur en eau de ces produits est estimée à 47%,
- A venir: transfert des déchets stockés sur la crête de falaise avec la création d'un Centre de Stockage de Déchets Ultimes (CSDU) hors de la bande littorale en concertation avec la Direction de l'Environnement de la Wilaya et du MATE. (M.A.T.E, 2006).



Figure 32: Vue générale d'ALZINC à partir du port.
(M.A.T.E, 2006)

3- LE PORT ET LA PECHE:

Le port de Ghazaouet (**figure 33, 34**) se situe dans la partie Est de la baie de Ghazaouet, à 1200 m à l'Est du phare, entre l'Oued Ghazouana et la falaise de Touent plus exactement à 35° 6' 00 de latitude Nord et à 1° 52' 21 de longitude Ouest.

C'est un port mixte (commerce/pêche) d'une superficie de 48ha, réparti en un plan d'eau de 25 ha sur 4 bassins et de 23 ha de terres pleins sur 05 môles. Une petite darse pour les navires de pêche, qui est situé à l'est du deuxième bassin, dont la superficie n'excède pas 1ha, ne peut contenir que les senneurs et les petits métiers. (L.E.M, 1997).

Ce port est doté d'infrastructures nécessaires à l'industrie de la pêche (**figure 35**) tels que: 107 embarcations (34 petits métiers, 34 sardiniers et 39 chalutiers), ateliers privés de réparation navale, station d'avitaillement NAFTAL d'une capacité de 120000 litres, chambre froide, etc. (D.E.T, 2004).

En outre, de part, sa proximité du détroit de Gibraltar, favorisée par les courants froids de l'atlantique, le plateau continental de Ghazaouet est considéré comme l'une des zones les plus poissonneuses du pays (**tableau 24**).

Les stocks en biomasses de cette zone côtière de 2000 km² sont estimés à 51 000 tonnes –campagne IFREMER, 1987- (M.E.T.A.P, 2000; A.N.A.T, 2000).

Ainsi, ce port de GHAZAOUET concentre l'essentiel de l'activité de pêche de la Wilaya, puisqu'à l'exception de cette localité, seule Honaine (55 embarcations) affiche une activité significative dans ce domaine. (M.A.T.E, 2006).

La production du port de pêche de Ghazaouet représente près de 12% de la production nationale et quelque 3000 familles vivent de la pêche. (D.E.T, 2004).

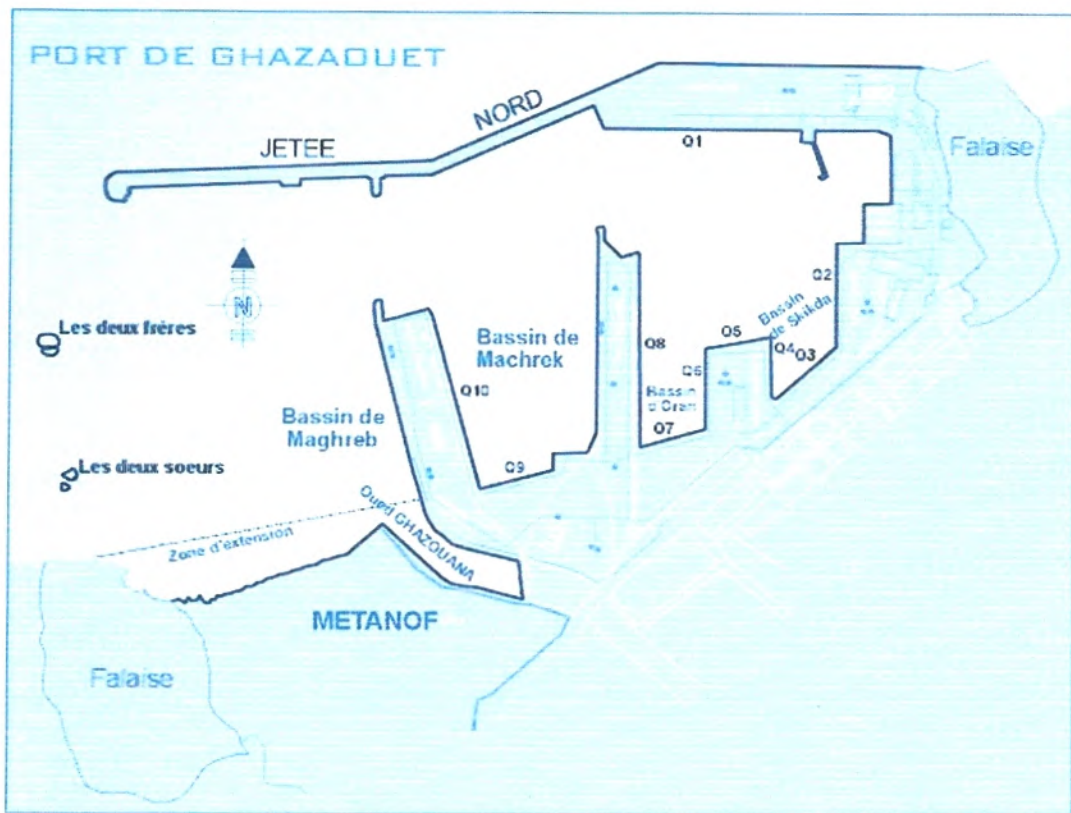


Figure 33 : Schéma détaillé des composantes du port de Ghazaouet.



Figure 34 : Vue générale du Port de Ghazaouet (D.P.R.H.T, 2006).



Figure 35: Vue générale du Port de Ghazaouet (D.P.R.H.T, 2006).

Tableau 24: Evaluation de la production de pêche du port de GHAZAOUET entre 1990 – 2004 (en tonnes). (M.A.T.E, 2006)

Année	Poisson blanc		Poisson bleu		Crevettes		Crustacés		Total
	Quantité	%	Quantité	%	Quantité	%	Quantité	%	
1990	1 780	21.15	6 594	77.84	36	0.43	47	0.55	8 413.5
1991	1 736	20.51	6 603	79	97	1.15	28	0.34	8 466
1992	1 388	13.49	8 646	84.02	111	1.08	143	1.39	10 289
1993	1 077	9.31	10 350	89.12	22	0.19	158	1.36	11 608
1994	990	7.94	11 343	30.96	11	0.09	124	1	12 470
1995	163	13	1 055	84.61	5	0.42	24	1.92	1 274
1996	182	15.63	947	81.61	11	1.02	26	2.24	1 168
1997	1 861	19.63	7 362	77.67	234	2.47	20	0.2	9 478
1998	2 311	19.58	8 956	75.88	507	4.3	30	0.25	11 805
1999	224	20.19	811	72.89	75	6.78	1	0.13	1 112
2000	157	15.72	780	77.66	62	6.23	3	0.37	1 004
2001	119	8.94	1 181	86.31	48	3.6	15	1.13	1 364
2002	103	8.91	959	85.53	29	2.52	35	3.02	1 127
2003	810	7.94	8 545	83.7	197	1.93	655	6.41	10 208
2004	929	10.03	7 518	81.15	164	1.77	650	7.02	9 263

4- AUTRES ACTIVITES IMPORTANTES DANS LA REGION:

Vu la fertilité des sols de la région (vallée de O. Ghazouana), le secteur agricole y est aussi considérable avec un domaine de 125.150 ha reparti entre 18.687 ha de forêt et 6.455 ha de terres agricoles, et la production végétale, elle, est souvent liée à l'usage des engrais chimiques et des pesticides notamment les organochlorés réputés très toxiques (**D.P.R.H.T, 2004**).

En outre, la plupart des gisements et indices inventoriés se situent dans un rayon de 40 km de Ghazaouet, d'où l'importance des substances utiles se marquant par un large éventail (24 au total a même de promouvoir des créneaux liés aux matériaux de construction tels que briqueteries, carrières de graviers, ciments, pierres monumentales, chaux, céramiques).

Par ailleurs, les potentialités touristiques sont très importantes à Ghazaouet, il convient de noter que le littoral de Ghazaouet, d'une longueur de 8 km, est constitué de falaises qui le destine à être un espace recherché pour de futurs aménagements côtiers. En effet, Ghazaouet figure parmi les régions pour lesquelles une option en faveur «la création de zone franche» est retenue (18 ha à 1,5 km du port sont déjà réservés à cet effet). (**M.E.T.A.P, 2000**).

Cependant, les déchets ménagers urbains, commerciaux et d'abattoir sont stockés dans une décharge publique communale implantée en sommet de falaise au lieu dit «ADDAS». La décharge (153 500 m²) est située à l'Ouest de la ville de Ghazaouet au sur la rive gauche de l'Oued Abdellah. Ce site, qui a été ouvert dans les années 1990, est encore exploité. Les déchets ne sont ni recouverts ni compactés. Le site n'est pas clôturé et l'accès en est libre.

Les communes limitrophes stockent leurs déchets sur des sites similaires mais de moindre importance, et plus éloignés de la côte.

A cela il faut ajouter que l'accroissement des besoins des populations en eau a fait que l'alimentation en eau de la ville de GHAZAOUET est assurée par:

- une station de dessalement d'eau de mer de capacité 2 500 m³/j.
- deux forages (Sidi Amar et Ouled Ziri) avec un débit global de 6 l/s,
- cinq puits totalisant un débit de 10 l/s,
- un transfert d'eau à partir de l'adduction Maghnia – Ghazaouet (débit de 7 à 10 l/s),
- 395 Points d'eau.

La Daira de Ghazaouet ne dispose d'aucune ressource superficielle (barrages, retenues collinaires...).

Une deuxième station de dessalement d'eau de mer pour alimenter en eau potable près de 40.000 habitants de la ville portuaire de Ghazaouet vient d'être mise en service (2004). Garantissant un débit journalier de 2500 m³/jour, cette nouvelle station s'ajoute à celle déjà opérationnelle avec les mêmes capacités et normes techniques (**figure 36**). Elle vient renforcer le secteur de distribution d'eau potable au profit de cette collectivité locale, confrontée depuis plusieurs années à la rareté des ressources hydrauliques.

Les deux stations sont construites par l'entreprise allemande "Linde Kca Dressen-Gmbh" assureront un débit quotidien de 5000 m³.

Ces stations de dessalement ne sont pas sans effets sur l'environnement aquatique vu qu'elles produisent de l'eau sursalée, et du chlore utilisé pour empêcher le colmatage des canalisations par les organismes marins en plus des éléments chimiques qu'elles génèrent (tableau 25). (M.A.T.E, 2007)



Figure 36 : Vue de la station de dessalement à Oued Abdellah (Photo Belhadj, 10/07/2006).

Tableau 25: Rejets de métaux lourds de la station de dessalement. (M.A.T.E, 2007)

Station de dessalement: Estimation des rejets en métaux lourds	Total rejet en mer	Total rejet en mer
unités	m ³ /j	m ³ /an
Volume	4500	1 642 500
unités	g/j	kg/an
As	225	82,1
Cu	31,5	11,5
Ni	45	16,4
Zn	13,5	4,9
Pb	45	16,4
Cr	22,5	8,2
Hg	45	16,4
Cd	45	16,4
Fe	436,5	159
Mg	5 652 000	2 062 980

En conclusion, il est évident que suite à ces activités variées et intenses, accompagnées de déversements d'eaux usées domestiques, industriels et d'agents contaminant lessivés à partir des sols agricoles, les écosystèmes aquatiques de la région (**figure 37**) n'ont pas échappés aux phénomènes de pollution.

Les Oueds de notre région ainsi que le port constituent des collecteurs de tous les polluants issus des activités humaines (**fig.38-42**). Ils charrient des effluents domestiques à dominance organique, riches en germes divers parfois pathogènes ainsi que des produits chimiques. On y trouve également toute la gamme des polluants industriels organiques et minéraux, des huiles, des hydrocarbures et des engrais minéraux et organiques lessivés à partir des sols et provenant des activités agricoles des bassins.

Les cours d'eau débouchant sur la côte de Ghazaouet, bien qu'ils présentent tous une barre difficile à franchir voir même assèchement en été ils ont une très grande importance par leurs apports en contaminants dont les métaux lourds qui constituent la gamme la plus menaçante dans ces derniers.

L'Oued Ghazouana, par exemple, draine vers la mer les eaux usées de l'agglomération locale, les rejets industriels, notamment ceux d'Alzinc arrivant à $3.5\text{m}^3/\text{heure}$ selon **D.P.R.H.T, (2004)**, et les débits solides de cet Oued sont estimés à $40.000\text{m}^3/\text{an}$ (**L.E.M, 1997**).

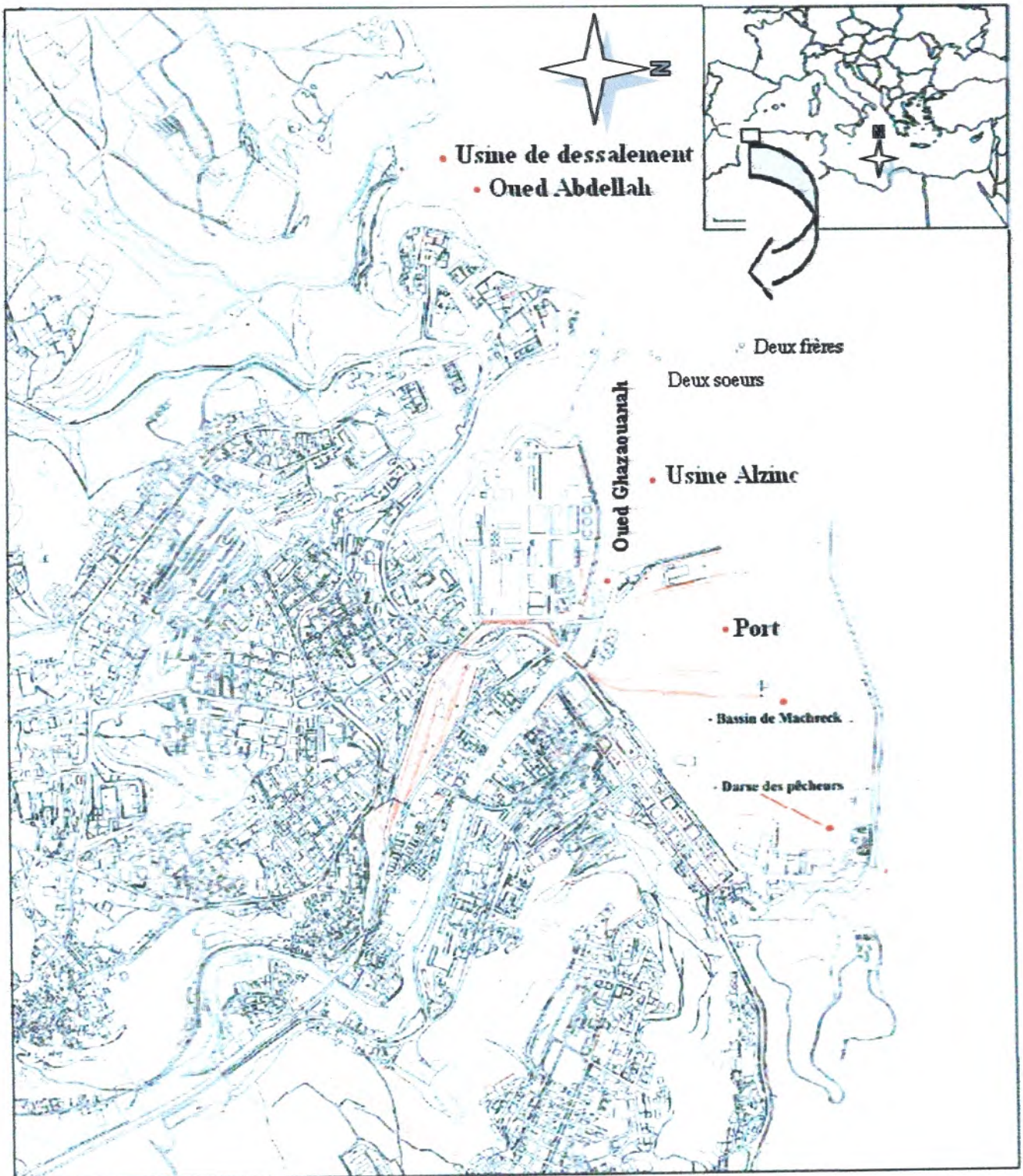


Figure 37 : Carte de la zone d'étude
(M.A.T.E, 2007 modifiée)



Figure 38 : Les chalutiers au Port de Ghazaouet. (Photo. Belhadj. 10/07/2006).



Figure 39 : Vue du poste d'approvisionnement en carburant - Port de pêche Ghazaouet. (M.A.T.E, 2006)



Figure 40: Action de dérivation de l'Oued Ghazouana pour évacuation des déchets liquides rougeâtres et de la vase noire en provenance d'ALZINC vers la plage d'Oued Ghazouana (voir importance du débit.) (Photos. Belhadj. 10/07/2006)



Figure 41 : Action de pompage des eaux de mer brutes et rejets liquides par la station de dessalement d'Oued Abdallah. (Photos. Belhadj. 26/07/2006).



Figure 42: Période estivale caractérisée par l'élévation de la température de l'eau de mer et l'accroissement de la pression humaine sur la plage d'Oued Abdallah. (Photo. Belhadj.10/07/2006).

CHAPITRE III

MATERIEL & METHODES

CHAPITRE III - MATERIEL ET METHODES

I- L'ECHANTILLONNAGE:

1- CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT:

Trois stations de prélèvements ont été retenues sur le littoral de Ghazaouet pour effectuer notre suivi. La carte (**figure 43**) présente les différentes stations de prélèvement.

La zone d'étude s'étend entre l'Oued Abdallah à l'Ouest et la baie Ouest du plateau de Touent, selon les coordonnées géographiques 1°50'20'' Ouest et 35°06'07'' N à 1° 52'05'' Ouest et 35°05'09' Nord. (L.E.M, 1997).

Les stations de prélèvement ont été choisies afin de couvrir les principaux secteurs potentiellement soumis à des pollutions ou à des perturbations (**figure37**).

Le port à une structure semi fermée qui empêche la libre circulation des courants marins, entraînant une concentration des polluants à l'intérieur de celui. La station du port «SP» permet d'estimer le degré de concentration des éléments métalliques à ce niveau.

La station d'Oued Ghazouana «SG», se situe à proximité du point de rejet des eaux industrielles d'ALZINC. Cette station subit l'influence de l'usine et des divers rejets urbains et industriels effectués dans l'Oued Ghazaouana.

Par ailleurs, la station retenue à l'embouchure de l'Oued Abdallah se trouve vers l'Ouest de la baie de Ghazaouet plus loin des deux premières stations et permet d'estimer les teneurs métalliques provenant des rejets de la station de dessalement principalement.

2- CHOIX DES ECHANTILLONS :

Notre étude a porté sur trois compartiments du milieu marin à savoir les eaux, les sédiments, et la matière vivante (végétale, animale).

Le suivi est réalisé sur la base d'un échantillonnage effectué trimestriellement sur une période d'une année.

La possibilité de récolte, l'emplacement et les espèces retenues sont illustrés dans le **tableau 26**:

Tableau 26 : Possibilités d'échantillonnage au niveau des stations choisies

<i>Stations de prélèvement</i>	<i>Station Port (SP)</i>	<i>Station embouchure Oued Ghazouana (SG)</i>	<i>Station embouchure Oued Abdallah (SA)</i>
<i>Echantillonnage</i>			
Eau de mer	Présence	Présence	Présence
Sédiment marin	Présence	Présence	Présence
<i>Enteromorpha linza</i>	Présence	Présence	Présence
<i>Corallina officinalis</i>	Présence	Présence	Présence
<i>Patella ferruginea</i>	Absence	Absence	Présence

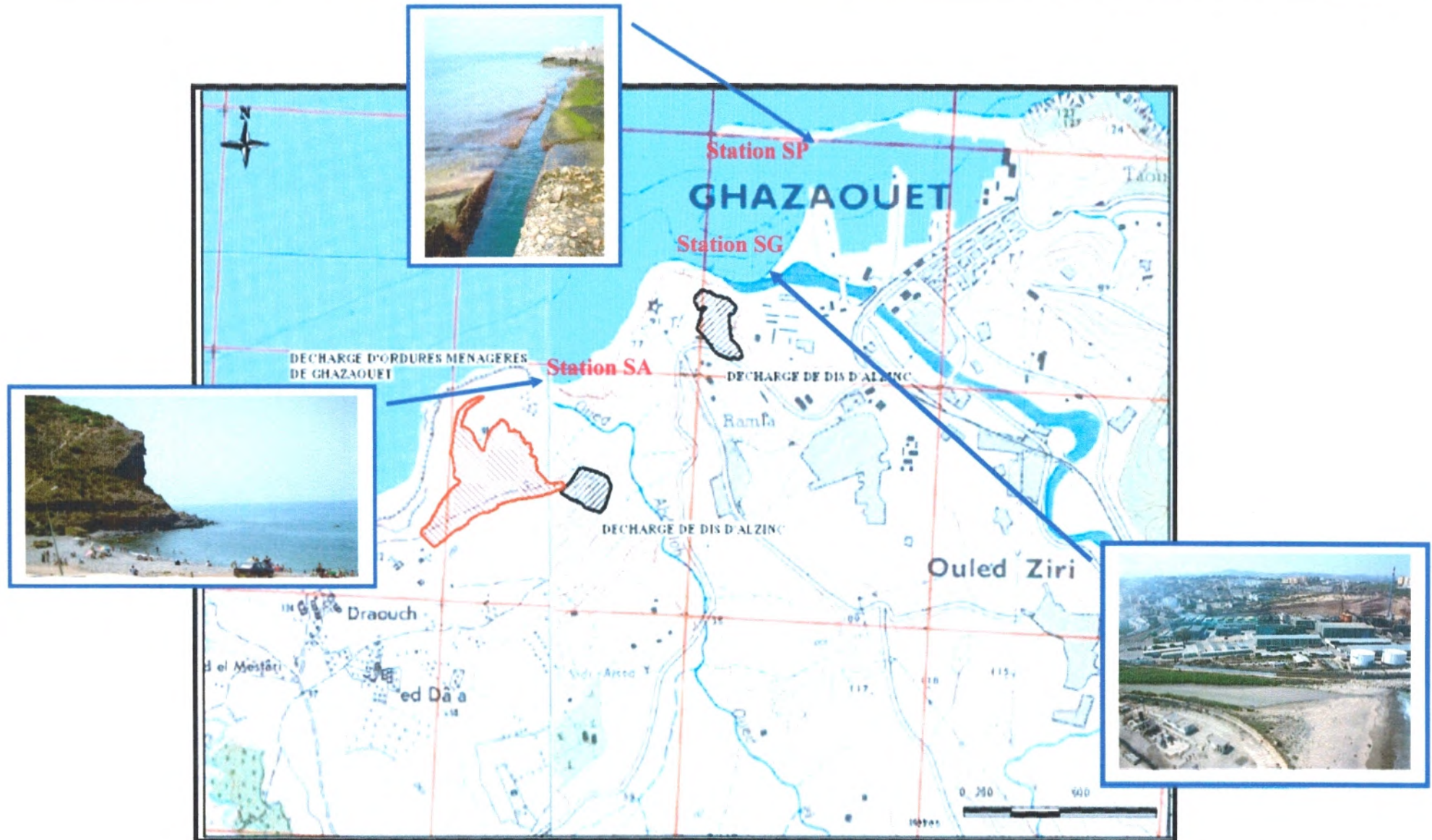


Figure 43: Localisation des stations de prélèvements (Carte : M.A.T.E, 2007)

Les espèces retenues dans cette étude répondent à plusieurs critères de sélection de bio-indicateurs: elles sont sessiles ou sédentaires afin de représenter la région où elles se développent, abondantes, faciles à identifier, présentes tout le long de l'année et de taille suffisante pour offrir une quantité adéquate de tissus pour les analyses. (Ramade, 1992).

Le manque de prélèvement de la patelle au niveau de la station port (SP) et celle de Oued Ghazouana (SG) est du à l'absence de cette espèce à ces points de prélèvement, ceci peut être expliquer soit parce que ces stations sont faciles d'accès et fréquentées par les pêcheurs à pieds, soit qu'elles n'offrent pas des conditions de vie adaptées à cette espèce (Laborel-Deguen, 1986 ; Loques et Obolensky, 1992).

3- CHOIX DES CONTAMINANTS

Le choix des éléments métalliques est basé d'une part sur les bilans d'analyses menés par plusieurs travaux effectués préalablement sur la région et d'autre part sur les possibilités d'analyse permises au laboratoire d'ALZINC au sein duquel nous avons effectués les différents dosages.

En considérant ces paramètres, sept contaminants ont été retenus pour notre étude à savoir le Cadmium, le Cuivre, le Fer, le Plomb, le Zinc, le Nickel, et le Chrome.

II - METHODES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE

1- PRELEVEMENTS :

Quatre campagnes de prélèvement d'échantillons ont été effectuées au niveau de nos stations d'étude durant la période allant de Décembre 2005 à Septembre 2006.

a- Prélèvement d'eau :

Les échantillons d'eau superficielle ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène de capacité d'un litre, en respectant les précautions d'usage suivantes :

Après rinçage des bouteilles trois fois avec de l'eau a analysée, les échantillons ont été prélevés.

2ml d'acide nitrique sont ajoutés aux prélèvements afin d'éviter les absorptions de métaux sur les parois du flacon et certaines précipitations.

Ces échantillons, une fois prélevés, ont été stockés au froid et transportés jusqu'au laboratoire.

En outre, cinq paramètres physicochimiques (Température, pH, conductivité, salinité, O₂ dissous) sont mesurés parallèlement et in situ. Ces paramètres sont analysés avec un multi paramètre de type Multi 340i/SET N°O: 2F30-114B22 (figure 44).

b- Prélèvement des sédiments :

Les sédiments sont prélevés par un dispositif en plastique (pelle) qui permet de racler la surface (cinq premiers centimètres). Pour le sédiment du port, le prélèvement a nécessité des plongées sous marine qui sont effectués entre 8-10m de profondeur. Les différents

échantillons de sédiments sont transportés dans des sachets en plastique. Ensuite, ils sont séchés puis légèrement broyés, tamisés à 63 μ m, et stockés jusqu'à leur analyse.

Afin de connaître la composition granulométrique des sédiments, nous avons procédé par l'établissement de la courbe du pourcentage des tamisas cumulés, ainsi que la méthode dite «Granulométrie par densimétrie» définie par **Casacrande (1934)**. Cette dernière méthode est basée sur la vitesse de sédimentation des éléments du sol (Argiles, Limons, Sables). Ces derniers, une fois quantifiés en pourcentage, la texture correspondante est définie grâce à un diagramme à coordonnées trilineaire (Triangle de Demelon, 1966).

En effet, cette analyse est intéressante pour discuter des capacités d'adsorption de métaux lourds par les sédiments (**Bontoux, 1993**). Cette analyse physique du sédiment est réalisée au sein du Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (L.T.P.O – Tlemcen).

c- Prélèvement d'Algues :

Les échantillons de notre étude ont été récoltés à la main sur les trois sites de prélèvements.

Les thalles prélevés sont mis dans des bocaux en verre puis ils sont transportés dans une glacière.

Au laboratoire les algues sont séchées, broyées, et tamisées (63 μ m) et pesées pour procéder à l'étape de minéralisation.

d- Prélèvement de la patelle :

Une quinzaine d'individus de patelle environ sont détachés des rochers à l'aide d'un couteau en acier inoxydable, puis mis dans des sachets en plastique et conservés au congélateur après étiquetage.

La taille des patelles prélevées au niveau de la station de l'Oued Abdellah est de 2.5 cm de longueur en moyenne (avec coquille) et 1g de poids humide en moyenne (poids sans coquille).

2- ANALYSE

a) Minéralisation

A l'exception des eaux de mer tous les échantillons ont subis une minéralisation. Le matériel destiné à la manutention est en verre et en téflon.

1- La Minéralisation des sédiments :

Le but de la minéralisation des sédiments est la destruction de la matière organique, puis la mise en solution des métaux organiquement liés par leur oxydation dans un milieu d'acides forts qui les transforme en ions métalliques libres.

Mode opératoire de l'attaque totale:

La technique de digestion totale envisagée consiste à peser 1g de sédiment broyé, dans des béchers tarés en téflon de 100ml.

Dans un premier temps nous ajoutons 10 ml d'acide fluorhydrique (HF à 40 %) et nous procédons à l'attaque du matériel sédimentaire à une température de 100°C pendant 8 heures. Nous minéralisons ainsi les silicates, les aluminosilicates et les carbonates. Après évaporation quasi-totale, nous ajoutons un mélange de 6 ml d'acide chlorhydrique (HCl) et 2 ml d'acide nitrique (HNO₃), la réaction se fait toujours à chaud à 100° C. Après disparition du solide, nous évaporons l'excès d'acide comme précédemment. Enfin, nous introduisons 5 ml d'eau distillée afin de solubiliser les métaux et on ajuste à 20ml. La solution obtenue est conservée dans des godets pour l'analyse spectrophotométrique. (Dali Youcef, 2005).

2- La Minéralisation des algues:

Les échantillons tamisés (63µm), sont pesés (850mg), et mis dans des béchers en téflon.

On ajoute 5 ml d'acide perchlorique (HClO₄ à 60%) et on chauffe à 80° environ 1H. Retirer du feu et laisser refroidir (acide foncé). Ensuite évaporer à la goutte en remuant sur feu (80°C).

Reprendre le résidu par l'eau régale (3ml HCl+1mlHNO₃), laisser pendant 8H à 80°C. Après évaporation et apparition des points noirs au fond du bécher on ajuste à 20 ml avec de l'eau distillée.

La solution est conservée dans des godets pour le dosage (Kut & al.,1999).

3- La Minéralisation de la patelle :

A l'aide d'un scalpel, on retire la partie molle de la coquille et on pèse 3 à 4 g de matière fraîche.

Cette matière fraîche prélevée est soumise ensuite à une digestion, selon deux méthodes :

- Méthode 01 : voie sèche.

* Séchage : les échantillons pesés précédemment sont placés dans des capsules en porcelaine à l'étuve à une température de 110°C pendant environ 3 heures.

* Calcination (réduction en cendres) : les échantillons séchés sont mis dans un four à moufle pendant 15min à 450°C, puis après refroidissement dans un dessiccateur, ils sont humectés avec de l'acide nitrique (HNO₃) et ensuite replacés dans le four à 350°C pendant 1H30min.

* Filtration et mise en solution : les cendres obtenues sont filtrées par une solution d'acide nitrique (1%) et puis on ajuste à 25ml. La solution est mise dans des godets et elle est conservée au frais. (Calapaj, 1978)

- Méthode 02 : voie humide.

Environ 3g de matière fraîche sont traités dans des capsules en porcelaine avec 7ml d'un mélange d'acide perchlorique et d'acide nitrique concentré (selon la proportion 5 : 1).

Après 2 heures de pré digestion, les échantillons sont placés dans l'étuve à une température de 70°C pendant 12 heures.

La solution de digestion devenue ainsi limpide, est ajustée à 25ml avec de l'eau distillée et conservée au frais. (Johansson, 1975).

Signalons que ces deux méthodes ont pour but de détruire la matière organique du matériel biologique et de transformer en ions libres, les métaux organiquement liés.

b) Dosage des métaux :

1- Dosage:

Le dosage des métaux est réalisé par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF). Cette analyse est effectuée au niveau du laboratoire de contrôle de qualité (ALZINC).

▪ **Principe :**

Proposée par WALSH en 1955, la spectrométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée.

La solution de l'élément à analyser est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation de l'élément sous forme de combinaisons chimiques, la dissociation de ces combinaisons avec production d'atomes libres à l'état fondamental.

La vapeur atomique est alors exposée à une radiation produite par un élément identique à celui à analyser.

L'absorption de la radiation est proportionnelle à la concentration de la vapeur atomique selon la loi de Beer-Lambert suivante :

$$A = \epsilon \cdot L \cdot C$$

A : absorbance (sans unité)

ϵ : coefficient d'absorption moléculaire ($l \cdot mole^{-1} \cdot cm^{-1}$ ou $cm^2 \cdot mole^{-1}$) ou coefficient d'extinction molaire.

L : trajet optique (cm)

C : concentration de la substance dans la solution (mole/l).

▪ **Appareillage :**

L'appareil de mesure comporte cinq constituants (**figure 45**):

Source de radiation : émettant le spectre de l'élément à analyser, lampe à cathode creuse comportant :

- une cathode cylindrique creuse contenant un élément identique à celui à analyser.
- Une anode de zirconium.
- Une atmosphère de gaz inerte sous pression réduite.
- Dispositif d'atomisation : c'est un dispositif de production de vapeur atomique comportant successivement :
 - un nébuliseur (a) produisant sous l'action d'un gaz carburant : air (b), un aérosol de la solution à analyser.
 - Une chambre de nébulisation (c) dans laquelle a lieu le mélange de l'aérosol avec le gaz carburant : acétylène (d).
 - Un brûleur (e) où la flamme air-acétylène atteint la température de 2300°C.
- Monochromateur : est destiné à définir la sélection de la longueur d'onde émise modifiée par la traversée au niveau du brûleur.
- Enregistreur : constitué par un photomultiplicateur associé à un amplificateur linéaire ou logarithmique, fournit la valeur de l'absorption.
- Afficheur de l'absorbance.



Figure 44: Mallette pour mesure des paramètres physicochimiques de l'eau Multi 340i/SET N°O: 2F30-114B22.
(Photos Belhadj. 04/04/2007)

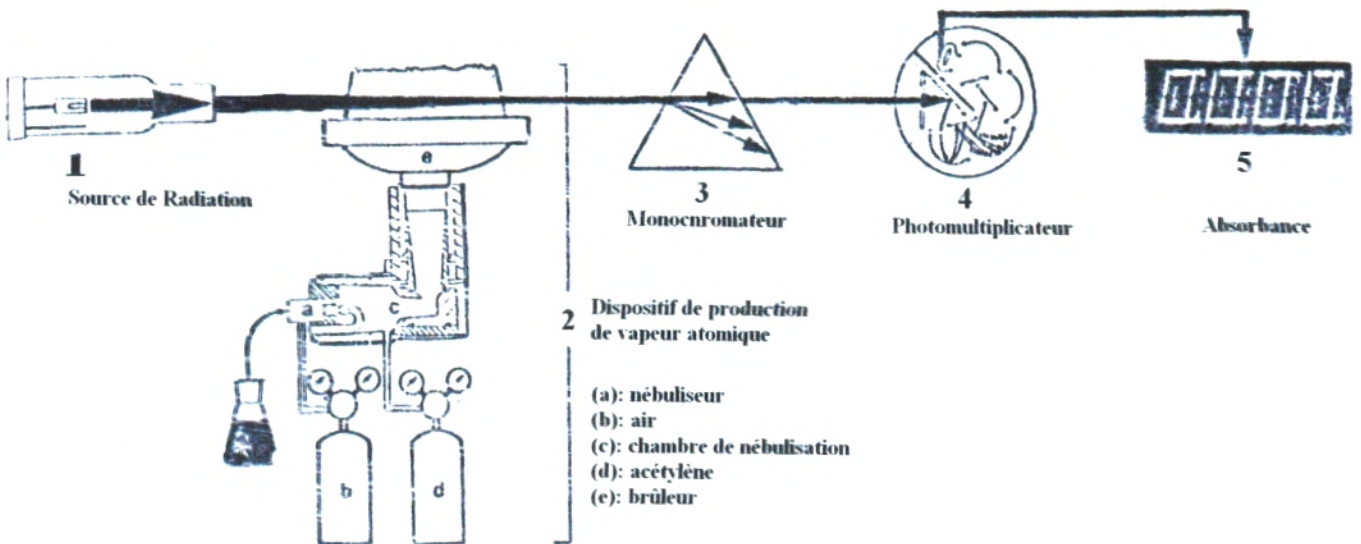


Figure 45: Schéma de principe d'un spectrophotomètre d'absorption atomique

▪ Propriétés de l'appareil de mesure (Alzinc)

L'appareil utilisé est de type AURORA AI 1200 (2006)

Tableau 27 : Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés.

Eléments	Raie principale (nm)
Cadmium	228.8
Cuivre	324.7
Fer	248.3
Plomb	283.3
Zinc	213.9
Nickel	232
Chrome	357.9

2- Calcul des concentrations :

La concentration du métal dans l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$C = \frac{C_1 \times V}{P \times D}$$

- C : Concentration finale de l'échantillon en mg/kg
- C₁ : Concentration de la solution échantillon en mg/l
- V : Volume final de la solution de minéralisation en ml.
- P : Prise ou masse d'échantillon en g.
- D : Facteur de dilution en ml.

c) L'analyse statistique

Si les moyennes de deux ou de plusieurs échantillons diffèrent il ne faut pas en conclure que les moyennes des populations d'où sont extraits les échantillons sont différentes. En effet, les écarts observés entre les estimations peuvent être uniquement le fruit des fluctuations fortuites d'échantillonnage. Pour s'en assurer, des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA), ont été développés.

Cette méthode s'applique indifféremment aux grands et aux petits échantillons. Elle présente l'avantage de vérifier en un seul test si les différences observées au niveau des moyennes d'un ensemble d'échantillon sont imputables aux fluctuations d'échantillonnage ou non. Le test ANOVA permet aussi de préciser les sources de variation donc de savoir, dans une étude à plusieurs variables comme la notre, laquelle de ces variables influe le plus sur les moyennes finales. Dans notre cas, il s'agit d'étudier l'influence des variables comme la station et la saison sur la teneur moyenne en métaux. Pour le faire on a eu recours au test ANOVA1 (à un seul facteur) pratiqué à l'aide du logiciel « MINITAB, version12».

Cette analyse consiste à tester l'hypothèse nulle H₀

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3 = \dots M_n$$

Cela se fait par le calcul de p (probabilité de rejet de H_0)

La lecture du tableau des résultats de l'analyse de la variance permet de vérifier la valeur de F et sa probabilité " p ": Si la valeur du F de Fisher présente un seuil de probabilité inférieur à 5 % ($p < 0,05$), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative.

On a testé, successivement pour tous les métaux les facteurs, station, et date de prélèvement. (Nakhlé, 2003).

Par ailleurs, nous avons aussi effectué en utilisant un ordinateur Macintosh une analyse en composantes principales (ACP) qui est une technique qui permet de faire la synthèse de l'information contenue dans un grand nombre de variables. Les composantes principales autorisent en outre la représentation graphique de grands tableaux de données trop complexes à décrire par les méthodes graphiques habituelles. C'est incontestablement cette propriété qui est à l'origine de sa large utilisation (Falissard, 1998).

L'ACP cherche un indice qui permet de voir au mieux les individus, c'est-à-dire celui pour lequel la variance des individus est maximale : c'est le premier axe principal. La deuxième composante recherchée doit avoir une corrélation linéaire nulle avec la première et avoir à son tour la plus grande variance.

CHAPITRE IV
RESULTATS &
INTERPRETATIONS

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

A- VARIATION SPATIALE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

I- QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX MARINES :

Les résultats des paramètres physicochimiques analysés dans l'eau de mer sont illustrés dans le **tableau 28** et les **figures (46-51)**.

Au vu de nos résultats, il s'avère que la température de l'eau relevée aux différentes stations étudiées montre des variations importantes liées principalement aux oscillations saisonnières de la température de l'air. En effet, les températures maximales (26-28°C) coïncident avec la saison d'été, notons cependant que la température moyenne la plus élevée (22,65°C) est observée au niveau des eaux de l'embouchure de Oued Ghazouana ce qui est probablement due à l'influence des eaux de refroidissement provenant d'Alzinc. Par contre, et dans l'ensemble des stations, les températures minimales de l'eau (15,40-16,2°C) sont enregistrées pendant la saison hivernale.

Les eaux de notre région d'étude présentent un pH moyen au dessous de la normale (pH entre 8,2-8,3) selon **Gaujous (1995)**, dont on pourrait penser que les eaux légèrement basique de la station d'Oued Ghazouana (SG) seraient la cause. Les eaux de cette station ont la valeur moyenne la plus faible (pH=7,96) du fait des eaux usées urbaines et industrielles qu'elle reçoit provenant de la ville de Ghazaouet et du complexe industriel d'Alzinc.

Par ailleurs, nos stations présentent une eau très minéralisée. Cette dernière est exprimée nettement par une conductivité moyenne supérieure à 54 mS/cm, les eaux de la station de l'Oued Abdellah sont caractérisées par la valeur maximale relevée (55,3 mS/cm) ce qui est vraisemblablement rapproché aux rejets des eaux sursalées à partir des stations de dessalement qui se trouvent à ce point de prélèvement, d'ailleurs, les valeurs de salinité révèlent que les eaux de cette station sont légèrement plus élevées avec une concentration moyenne de 35,98g/l par rapport aux eaux du port (35,81g/l) ou à celle des eaux de la station de l'Oued Ghazouana (35,78g/l).

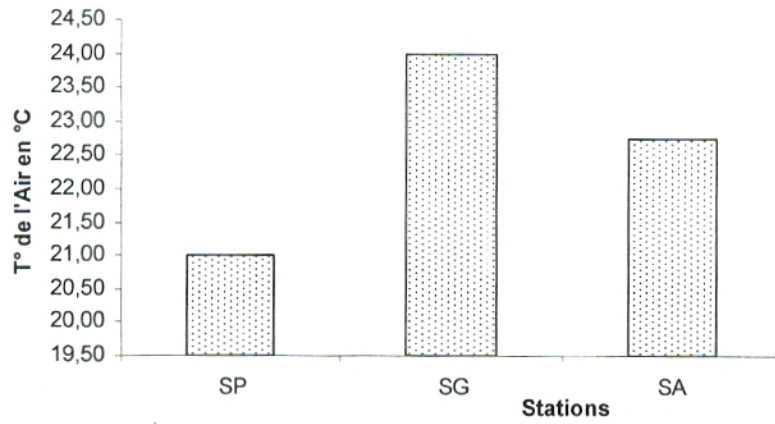


Figure 46 : Distribution spatiale des températures moyennes de l'air

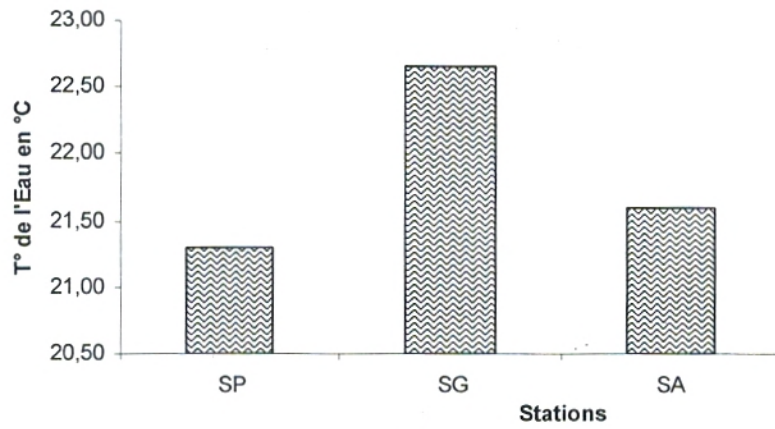


Figure 47 : Distribution spatiale des températures moyennes de l'eau

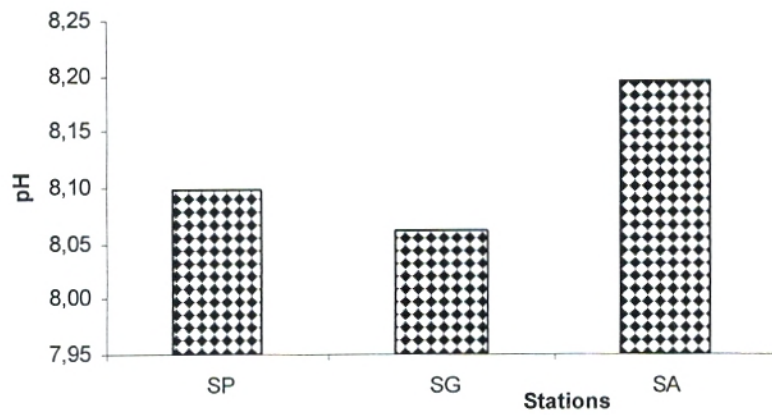


Figure 48 : Distribution spatiale des pH moyens de l'eau

De plus, ces résultats d'analyses montrent des taux moyens d'oxygène dissous inférieurs à une valeur moyenne de 6,22mg/l teneur maximale correspondant aux eaux du Port (SP) ce qui est en relation probable avec l'heure du prélèvement (effectué au début de la journée la T° de l'eau est faible, la solubilité de l'O₂ est plus importante selon **Ramade (2003)** plutôt que d'autres facteurs vu la situation du port proche des eaux d'Oued Ghazouana présentant le taux moyen minimal = 4,96mg/l d'une part. D'autre part, plusieurs travaux réalisés sur notre région dont les plus récents ceux de **M.A.T.E (2006)**, **M.A.T.E (2007)** ont signalés plutôt la présence anormale d'un certain nombre de paramètres physicochimiques indicateurs de pollution organique tels que: DBO₅, DCO, MES, carbone organique total (COT), hydrocarbures et matières organiques (substances azotées et phosphorées). Ces derniers en particulier, sont d'origine domestique et se trouvent initialement déversés puis accumulés dans les Oueds par temps sec. Ensuite, elles sont remobilisées partiellement lors des périodes de crues et rejetées en définitive vers la mer.

Cette pollution organique élevée que connaît le port provient également en partie des déchets liés aux activités de pêche, et en autre partie des égouts de la ville qui se déversent soit directement en mer au niveau du point dit «la grotte», soit indirectement à partir des apports de l'Oued Ghazouana.

De ce qui précède, il se peut que cette présence d'oxygène dissous ne reflète pas fidèlement l'état actuel de la pollution organique que connaît les eaux de cette région, ces valeurs d'oxygène dissous des eaux superficielles notamment au port seraient liées principalement aux échanges atmosphériques à l'interface eau-air et à la présence des végétaux tels que les algues (**Rodier, 1996**).

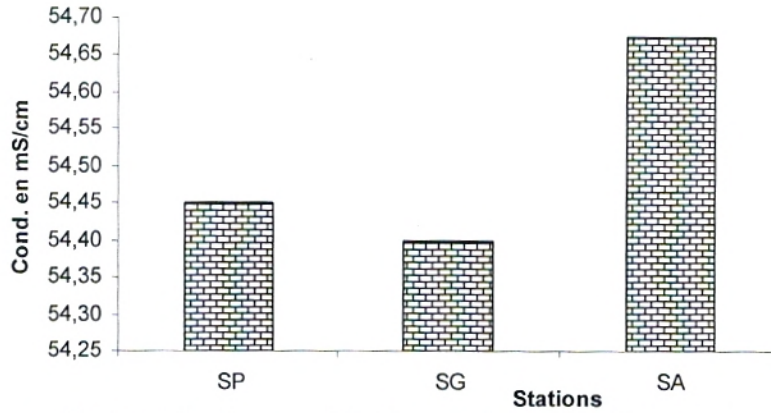


Figure 49 : Distribution spatiale des conductivités électriques moyennes.

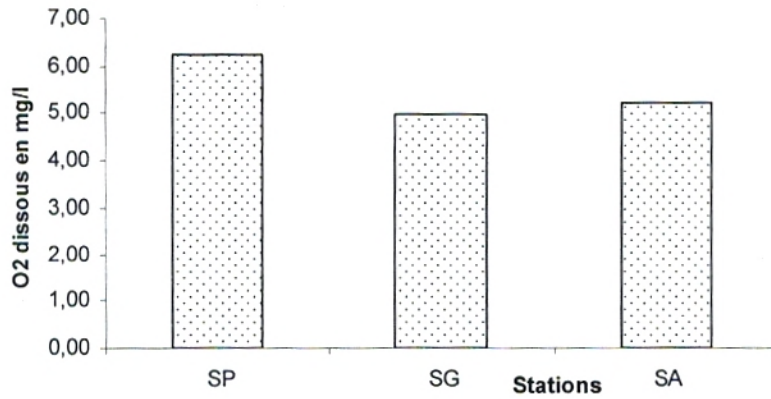


Figure 50 : Distribution spatiale des concentrations moyennes d'oxygène dissous.

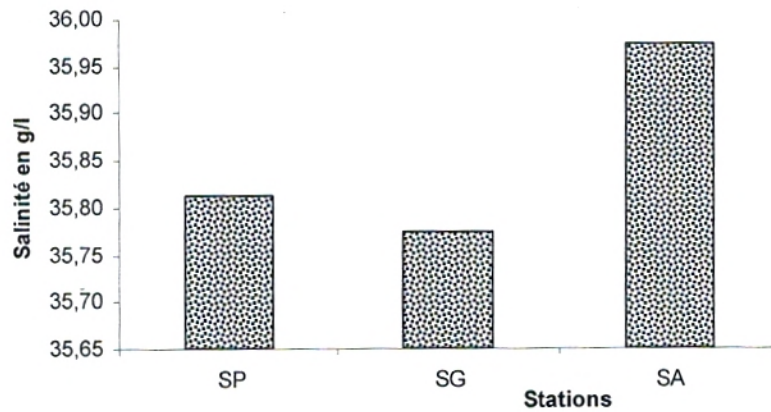


Figure 51: Distribution spatiale des salinités moyennes.

Stations		Station Port (SP)	Station Oued Ghazouana (SG)	Station Oued Abdellah (SA)
Paramètres physico-chimiques				
	Température de l'air (°C)	Max	26	28
Moy		21	24	22,75
Min		17	18	18
σ		3,240	4,243	3,491
Température de l'eau (°C)	Max	24,20	25	25
	Moy	21,30	22,65	21,60
	Min	15,40	15,90	16,2
	σ	3,50	3,899	3,458
pH	Max	8,20	8,25	8,39
	Moy	8,10	8,06	8,20
	Min	8	7,96	8,04
	σ	0,071	0,11	0,126
Conductivité électrique (mS/cm)	Max	55	55	55,3
	Moy	54,45	54,40	54,68
	Min	54,10	53,60	54,1
	σ	0,35	0,51	0,46
Salinité (g/l)	Max	36,50	36,50	36,60
	Moy	35,81	35,78	35,98
	Min	35,45	35,40	35,6
	σ	0,407	0,45	0,377
Oxygène dissous (mg/l)	Max	8,11	5,84	6,19
	Moy	6,22	4,96	5,31
	Min	4,86	4,05	4,46
	σ	1,179	0,66	0,721

Tableau 28: Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des paramètres physiques analysés dans les eaux des trois stations pendant la durée d'échantillonnage (Décembre 2005 – Sept 2006).

Max : Maximum
Moy : Moyenne
Min : Minimum
 σ : Ecart type

II- DISTRIBUTION DES TENEURS METALLIQUES DANS L'EAU :

Le Cadmium :

Les résultats obtenus de l'analyse du cadmium (**figure 52, tableau 29**) montrent que celui-ci est présent dans les eaux de toutes les stations prospectées avec des moyennes supérieures à 0,080 mg/l. Ces valeurs dépassent ainsi le seuil de potabilité de 0,003mg/l préconisée par l'OMS pour les eaux marines (**M.A.T.E, 2007**). Selon **Gaujous (1995)**, les eaux naturelles n'en contiennent que quelques $\mu\text{g/l}$ où le cadmium est peu soluble à pH normal.

Les concentrations du Cd enregistrées dans nos stations peuvent être liées aux apports d'engrais (organochlorés) ramenés par les eaux de ruissellement à partir des terrains agricoles avoisinants (**D.P.R.H.T, 2004**), mais elles sont surtout liées aux rejets domestiques et industriels. La station du port (SP) présente la valeur moyenne la plus élevée qui est de 0,115mg/l ($\text{pH}_{\text{moy}} = 8,10$) provenant essentiellement de l'installation de production du cadmium (unité d'Alzinc). La station de l'embouchure d'Oued Ghazouana (SG) et celle d'Oued Abdellah (SA) notent respectivement des valeurs moyennes de 0,081mg/l et 0,082 mg/l avec une valeur maximale enregistrée pour cette dernière station (0,180mg/l) ce qui est probablement dû au fait que ses eaux reçoivent des rejets de dessalement en outre des rejets industriels qui peuvent provenir soit sous forme de poussières à partir de la falaise surplombant l'usine et la mer (**Ramade, 1992**) ou directement par la mer de ceux contenant du Cd issues des procédés de traitements et de production du Cd à Alzinc (**A.N.A.T, 2000**).

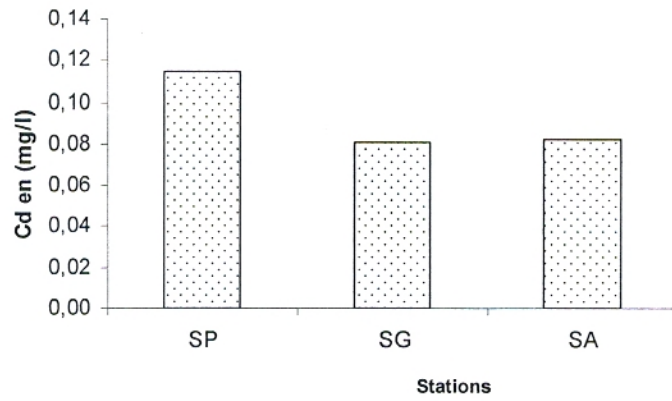


Figure 52 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cadmium dans l'eau en mg/l.

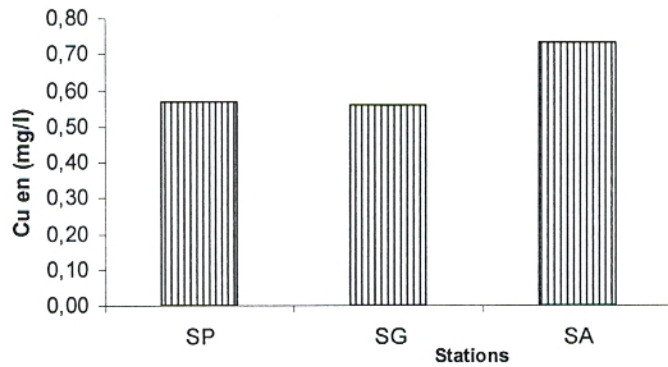


Figure 53 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cuivre dans l'eau en mg/l.

Le cuivre :

Les concentrations en cuivre relevées dans les eaux de nos stations d'étude sont variables. Cependant, les valeurs maximales dépassent dans l'ensemble la valeur du seuil de potabilité prévue par l'OMS pour les eaux naturelles qui est de 2mg/l (**M.A.T.E, 2007**).

Ces taux peuvent être attribués aux apports de Cu provenant de l'érosion des roches du bassin (**Loué, 1986**). Toutefois, les teneurs moyennes enregistrées (**figure 53**) pour nos stations (0,562-0,732 mg/l) sont supérieures aux teneurs dites naturelles de 0,050 mg/l (**Gaujous, 1995**) indiquant d'autres origines de cet élément dans la zone d'étude. En effet, le cuivre atteint une valeur maximale de 2,124 mg/l à la station (SP) d'où l'activité portuaire (notamment les peintures antisalissures) peut contribuer énormément à cet état en plus des eaux industrielles chargées en cuivre issues du recyclage des boues cuivriques au sein d'Alzinc; on note déjà à la station SG une valeur moyenne de 0,562mg/l. Par ailleurs, le pic de concentration arrivant à 2,417 mg/l à la station (SA) ne peut avoir comme causes que les rejets de dessalement qui s'ajoutent par proximité aux flux des eaux industrielles provenant de la région du port et de l'embouchure de l'Oued Ghazouana.

Le fer :

Dans les eaux des stations d'étude, le fer existe à des valeurs moyennes supérieures à la valeur limite de potabilité pour les eaux naturelles qui est de 2mg/l. (**tableau 29**).

La valeur moyenne la plus élevée 2,508 mg/l est observée au niveau de la station (SG) avec une concentration optimale de 3,611 mg/l (**figure 54**) provenant en grande partie des déversements domestiques (alimentation et conditionnement de l'eau potable en réservoir métalliques) et industriels notamment ceux d'Alzinc qui dépassent parfois les 1600mg/l, (novembre 2005) ; la norme algérienne requise pour le fer dans les rejets industriels est de 5mg/l (**R.A.D.P, 1993**). Cette valeur moyenne reste aussi importante (Moy = 2,081mg/l) voir excessive quant à sa valeur maximale enregistrée atteignant 6,25mg/l ce qui laisse supposer que le fer pourrait provenir aussi des eaux de dessalement rejetées à ce niveau, et des poussières ramenées par les vents à partir des stocks de la falaise surplombant l'usine d'Alzinc et la mer. Les eaux du port sont aussi influencées par ses apports et ceux de l'Oued Ghazouana, la concentration moyenne en fer est de 1,28 mg/l. Notre prise de photo du 10/07/2006 montre des eaux rouges à la station SG du fait que le fer développe une turbidité rougeâtre selon **Gaujous (1995)** et **Rodier (1996)**.

Le plomb :

En général, les stations étudiées présentent des concentrations en Pb assez élevées dépassant en moyenne la norme de potabilité retenue pour cet élément pour les eaux naturelles qui est de 0,01 mg/l (**M.A.T.E, 2007**).

Les teneurs moyennes les plus élevées (**figure 55**) sont enregistrées au niveau de la station SP (0,725 mg/l) et la station SG (0,723 mg/l). La station SP est marquée par la valeur maximale observée qui est de 1,199 mg/l. Ces concentrations sont dues principalement aux différentes activités portuaires (additifs d'essence, peintures,..) qui sembleraient s'ajouter à

ceux des eaux résiduaires et industrielles charriées par l'Oued Ghazouana et provenant de la ville de Ghazaouet et de l'unité d'Alzinc (les dross de plomb argentifères titrent 99,25% de Pb utilisés dans les anodes pour la fabrication du zinc métal, **D.P.R.H.T, 2004**). Quant à la station SA, ses concentrations variantes entre 0,080 et 0,923 mg/l témoignent d'une contamination importante de ses eaux par le Pb vraisemblablement à cause des rejets de la station de dessalement. Notons que cette contamination des eaux en Pb n'est pas exempte de l'influence des apports atmosphériques en Pb susceptibles d'être contenue dans les rejets atmosphériques d'Alzinc (**M.A.T.E, 2007**).

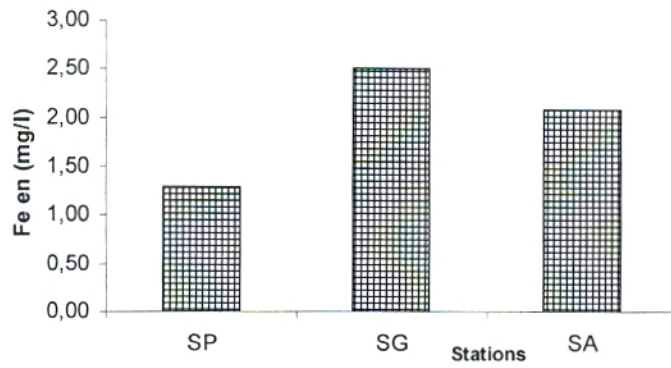


Figure 54 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Fer dans l'eau en mg/l.

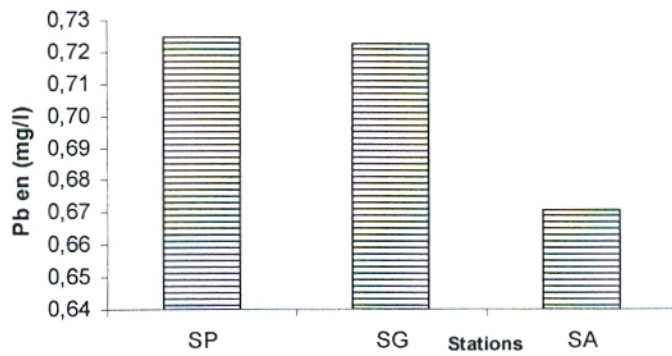


Figure 55 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Plomb dans l'eau en mg/l.

Le zinc :

Dans l'ensemble, le zinc est présent dans les eaux des trois stations prospectées (**tableau 29**) avec des teneurs remarquables (absence de valeur pour le seuil de potabilité).

La station SG présente les teneurs les plus importantes en Zinc avec une concentration maximale de 1,23mg/l ce qui est en relation probable avec les eaux résiduelles d'Alzinc (L'unité de traitement de zinc contribue pour plus de 98% aux apports en Zinc dans les eaux du Golfe, selon **M.A.T.E, 2007**). Cette concentration moyenne en Zn diminue au niveau des eaux de la station du Port SP (Moy = 0,108 mg/l), puis elle s'élève à 0,259mg/l au niveau de la station de l'embouchure de l'Oued Abdellah (SA) (**figure 56**) du fait d'additionnement des apports de la station de dessalement à ceux provenant de l'embouchure de l'Oued Ghazaouana.

Le nickel :

Les résultats obtenus durant notre étude montrent des concentrations moyennes de Nickel qui se situent entre 0,272 mg/l et 0,307 mg/l (**figure 57**). Ces valeurs sont très élevées par rapport au seuil de potabilité (0,02 mg/l), voir excessives comparées aux valeurs présentées par **Rodier (1996)** pour les eaux de mer non polluées (0,0001-0,0005 mg/l).

Au niveau de la station du Port (Max = 0,800mg/l) et la station de l'embouchure d'Oued Ghazouana (Max = 0,810 mg/l) les pics enregistrés doivent correspondre aux déchets liquides provenant des activités portuaires et industrielles (le Ni est parmi les composants majoritairement présents dans les déchets stockés et le minerai), alors qu'on rajoute la possibilité d'une contamination des eaux par les rejets de la station de dessalement où la valeur maximale de 0,890 mg/l est notée à la station d'embouchure de l'Oued Abdellah (SA).

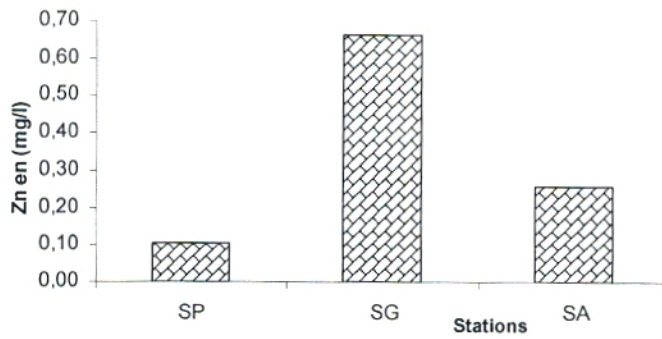


Figure 56 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Zinc dans l'eau en mg/l.

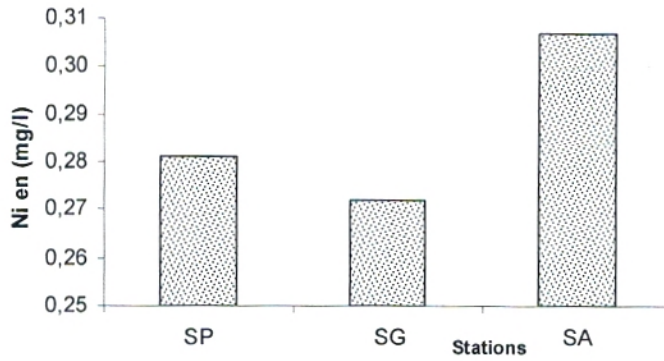


Figure 57 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Nickel dans l'eau en mg/l.

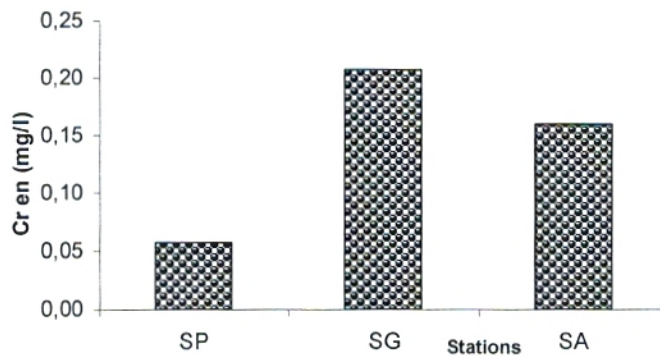


Figure 58 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Chrome dans l'eau en mg/l.

Le chrome :

D'après le **tableau 29**, le chrome est présent dans les eaux de toutes nos stations d'étude avec des concentrations très éloignées des valeurs proposées par **Rodier (1996)** pour les eaux brutes (0,005-0,015mg/l) et en dessus du seuil de potabilité limité à 0,05 mg/l.

En fait, nos valeurs oscillent entre une valeur moyenne de 0,057 mg/l relevée au niveau des eaux du port (SP) et une valeur moyenne de 0,208 mg/l pour la station (SG) (**figure 58**). Dans cette dernière le chrome provient essentiellement des effluents industriels d'Alzinc et d'eaux usées domestiques, la concentration maximale atteinte est de 0,410mg/l. Au niveau de la station d'embouchure d'Oued Abdellah une autre source probable du chrome serait la cause de la concentration moyenne enregistrée (0,160mg/l) dont on pourrait penser aux eaux provenant du dessalement où le chrome est rajouté à l'eau industrielle de refroidissement comme élément anticorrosion (**Rodier, 1996**).

Tableau 29: Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des différents éléments métalliques en mg/l dans l'eau prélevée dans nos stations durant la période d'étude (Décembre 2005 – Sept 2006).

Stations		Station Port	Station Oued Ghazouana	Station Oued Abdellah
Eléments (mg/l)				
Cadmium	Max	0,135	0,140	0,180
	Moy	0,115	0,081	0,082
	Min	0,084	0,036	0,021
	σ	0,019	0,038	0,060
Cuivre	Max	2,124	1,961	2,714
	Moy	0,570	0,562	0,732
	Min	0,020	0,042	0,029
	σ	0,898	0,809	1,145
Fer	Max	3,513	3,611	6,252
	Moy	1,286	2,508	2,081
	Min	0,460	1,620	0,520
	σ	1,286	0,723	2,414
Plomb	Max	1,199	0,961	0,923
	Moy	0,725	0,723	0,671
	Min	0,130	0,240	0,080
	σ	0,383	0,289	0,343
Zinc	Max	0,240	1,230	0,836
	Moy	0,108	0,665	0,259
	Min	0	0	0
	σ	0,105	0,439	0,342
Nickel	Max	0,800	0,810	0,890
	Moy	0,281	0,272	0,307
	Min	0	0	0
	σ	0,314	0,320	0,351
Chrome	Max	0,120	0,410	0,340
	Moy	0,057	0,208	0,160
	Min	0,004	0,005	0,004
	σ	0,053	0,203	0,156

Max : Maximum

Moy : Moyenne

Min : Minimum

σ : Ecart type

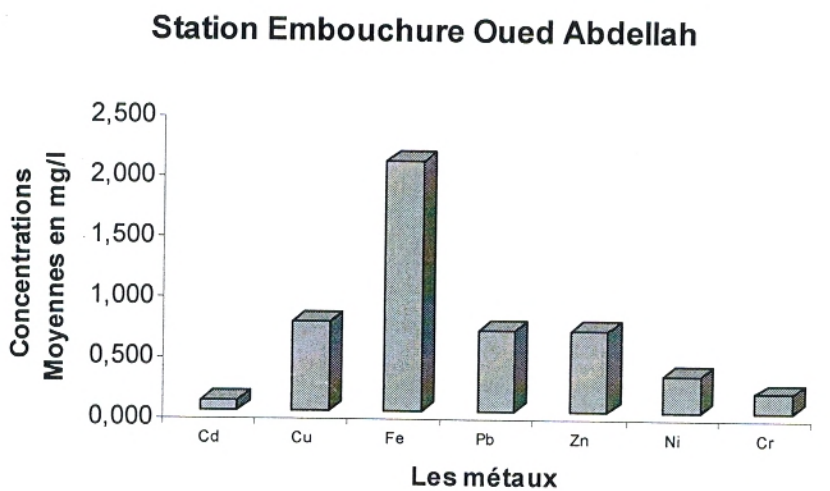
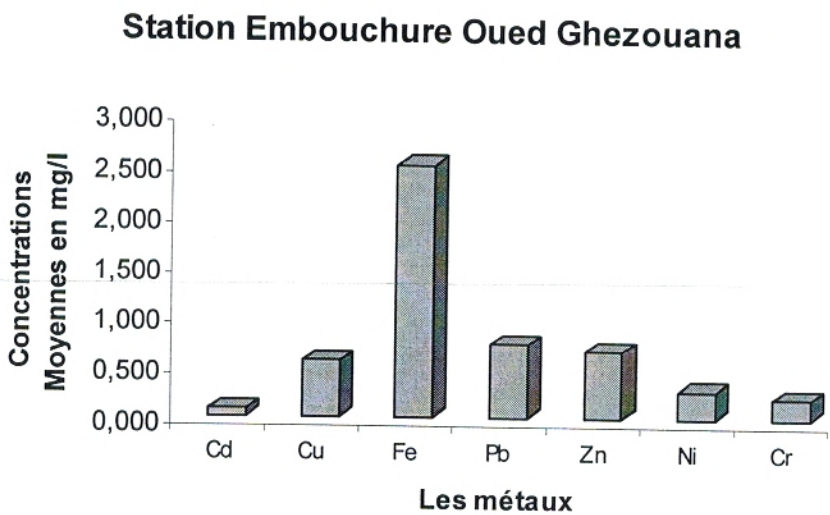
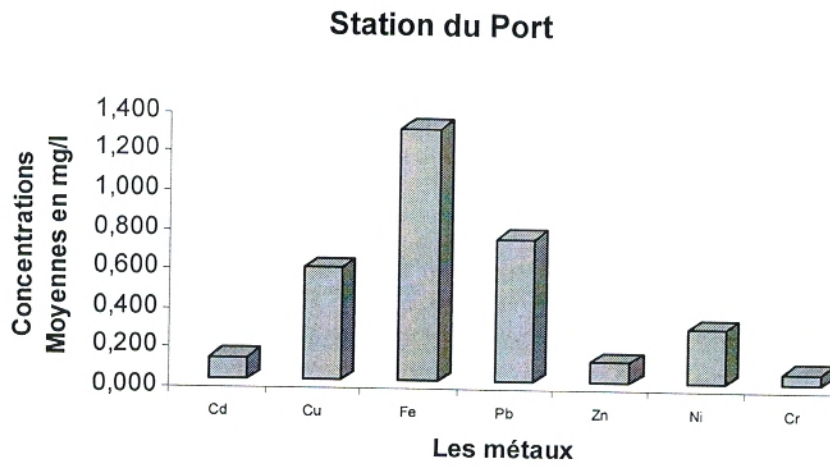


Figure 59: Comparaison des teneurs moyennes métalliques au niveau de chaque station d'étude.

LE GRADIENT DE CONCENTRATION DES METAUX DANS L'EAU DE MER:

D'après les résultats précédemment cités, on note le gradient de concentration métallique pour les eaux de mer comme suit aux différentes stations d'étude (Fig. 59) :

Station port (SP) : **Fe>Pb>Cu>Ni>Cd>Zn>Cr**

Station embouchure Oued Ghazouana (SG): **Fe>Pb>Zn> Cu>Ni> Cr>Cd**

Station embouchure Oued Abdellah (SA): **Fe> Cu>Pb>Ni> Zn>Cr>Cd**

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR (ANOVA1)

Statistiquement vue, l'analyse de nos résultats par le test de la variance à un facteur (ANOVA1), qui est la « station » dans ce cas (voir annexe), montre que la valeur de p (probabilité de rejet de H_0) est comme suit pour les différents éléments métalliques retenus dans cette étude.

Cd : $p = 0,559$;

Cu : $p = 0,971$;

Fe : $p = 0,662$;

Pb : $p = 0,981$;

Zn : $p = 0,153$;

Ni : $p = 0,983$;

Cr : $p = 0,488$.

Autrement dit, la valeur de $p > 0,05$ pour tous les métaux ceci indique que quelque soit la station les concentrations moyennes des métaux ne présentent pas une différence significative donc le facteur station n'est pas perceptible dans la contamination métallique de l'eau.

III- RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SEDIMENTS MARINS:

D'après le **tableau 30**, et les **figures 61, 62, 63** montrant les pourcentages des tamis cumulés de nos échantillons, on note des variations remarquables du pourcentage des fractions fines et grossières des sédiments prélevés aux différentes stations d'étude.

Ces résultats nous ont permis de regrouper en classes les argiles de taille inférieure à $2\mu\text{m}$, les limons de $2\text{ à }50\mu\text{m}$, et les sables de $50\mu\text{m}$ à 2mm , et typés nos échantillons selon la teneur respective de ces trois composants en utilisant un système de coordonnées triangulaires (**Fig. 60**).

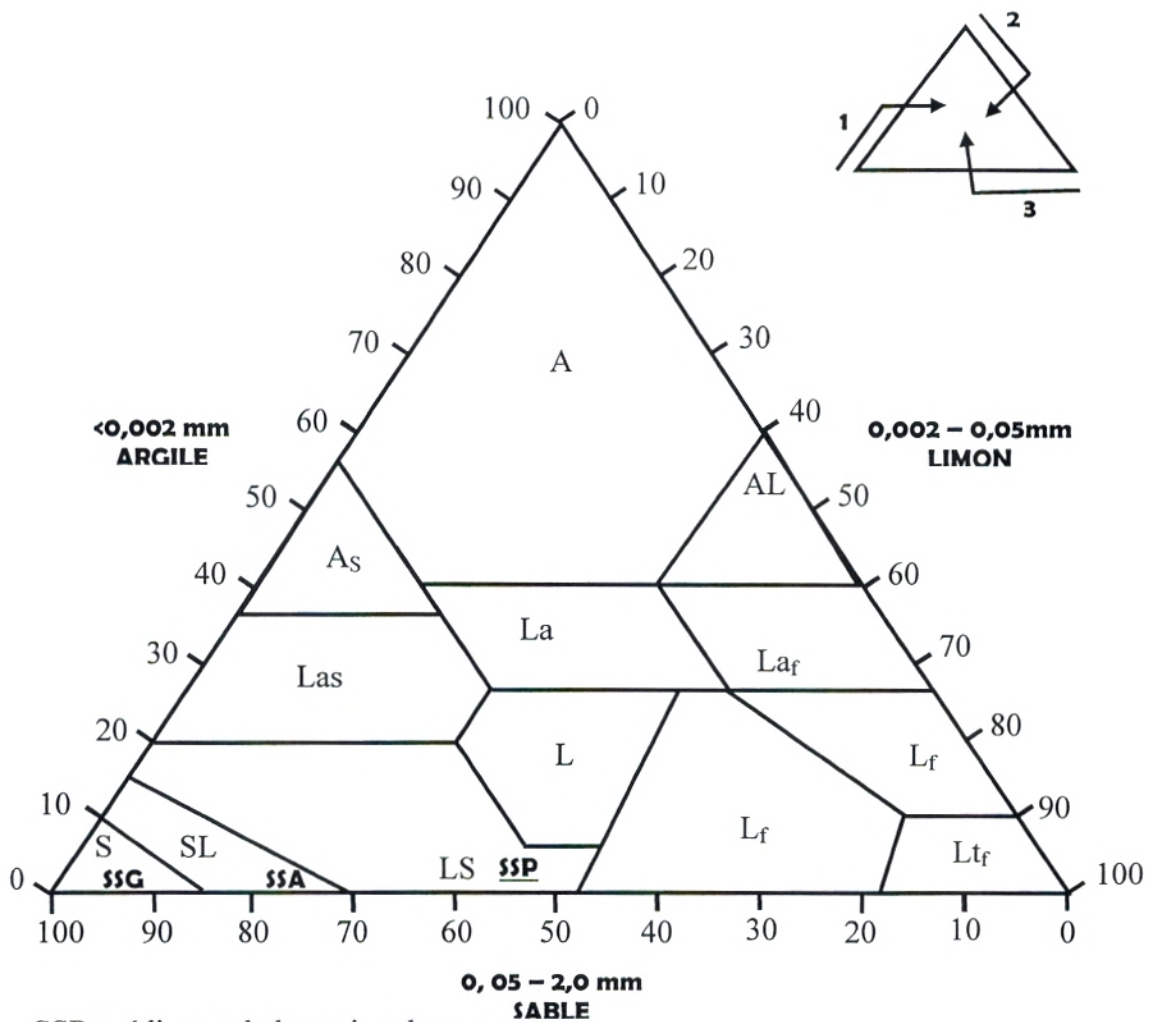
D'une manière générale, les sédiments de la station SG et ceux de la station SA sont presque similaires caractérisées par des textures grossières dominées totalement par les sables reflétant ainsi la nature côtière du sédiment superficiel prélevé à ces points d'échantillonnage. On a aussi remarqué sur le terrain la présence de galets parfois volumineux au niveau de la station d'Oued Abdellah (SA).

Inversement, les sédiments de la station du port (SP) (réceptrice des rejets d'Oued Ghazouana) présentent une texture plus ou moins fines (+45% d'éléments fins) ce qui est vraisemblablement du fait des débits solides de l'Oued Ghazouana charriés vers l'aval et qui sont constitués essentiellement d'éléments à granulométrie fine et moyenne. De plus la structure du port comme réceptacle semi fermé, et le courant engendré par les houles du secteur Ouest Nord ont très probablement pour effet de refouler les sédiments transportés par l'Oued vers l'intérieur du port où ils se déposent.

Nos résultats coïncident, en fait, avec l'étude sédimentologique réalisée par l'**I.S.M.A.L (1994)** notamment en ce qui concerne le caractère vaseux des sédiments du port de Ghazaouet composés de matériaux fins. Ce dépôt de matières fines serait toujours d'après cette étude responsable d'attirer des contaminants et qui s'accrue encore avec la présence importante de matières organiques dans le sédiment du port qui constitue l'exutoire principal de l'essentiel des rejets liquides provenant des différentes sources potentielles de contamination dans la baie de Ghazaouet.

Tableau 30: Résultats d'analyse granulométriques des sédiments.

Points de Prélèvement	Fractions Granulométriques				Textures
	Argiles (%) (0,002 mm)	Limons (%) (0,002 – 0,05 mm)	Sables (%) (0,05 – 2 mm)	Graviers (%) (>2 mm)	
Station Port	4	43	47	6	Limono-Sableuse LS
Station Oued Ghazouana	0	0	93	7	S : Sableuse
Station Oued Abdellah	0	0	72	28	SL : Sableux-limoneuse



SSP : sédiment de la station du port
 SSG : sédiment de la station de l'embouchure Oued Ghazouana
 SSA : sédiment de la station de l'embouchure Oued Abdellah

TEXTURES	
A : Argileuse	Lfa : Limons fins argileux
AL : Argilo-Limoneuse	Lt _f : Limons très fins
AS : Argilo-Sableuse	L _f : Limons fins
La : Limono-argileuse	La _s : Limono argileux sableux
Laf : Limono-argileuse fine	LS : Limono sableuse
L : Limoneuse	S L : Sable limoneuse
	S : Sableuse

Figure 60 : Présentation des Sédiments sur le Diagramme Textural (DEMELON 1966)

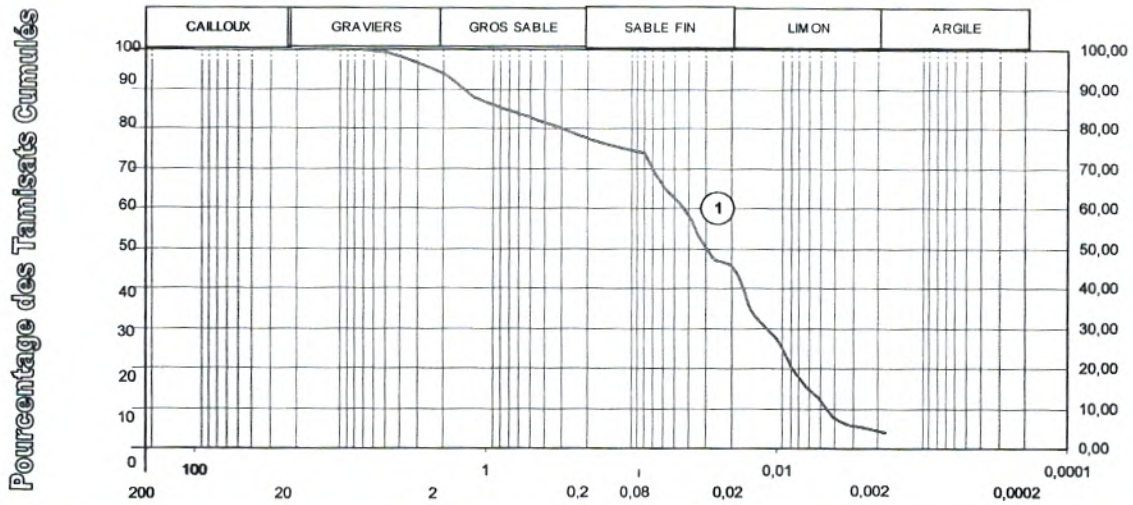


Figure 61 : Pourcentage des tamisats cumulés du sédiment de la station du Port (SP)

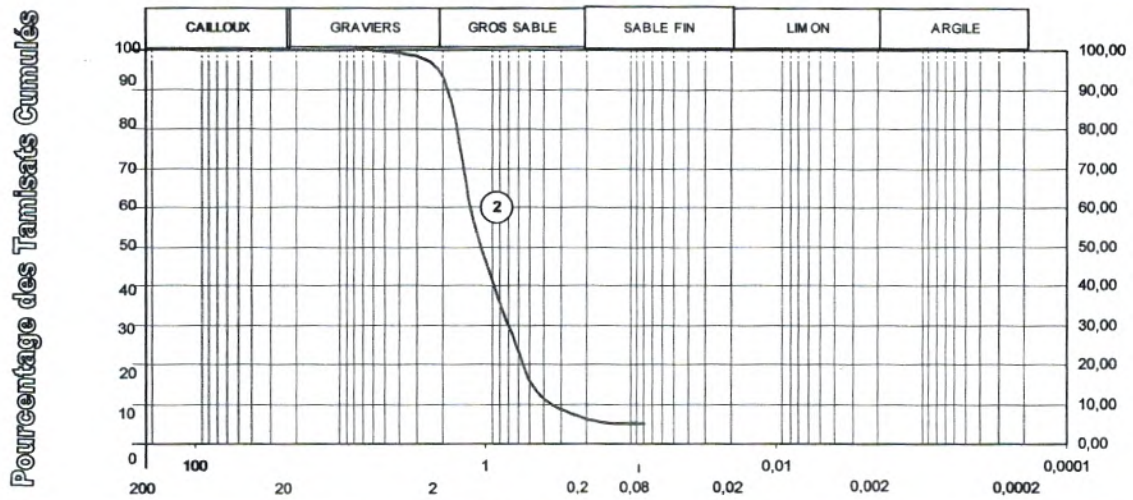


Figure 62 : Pourcentage des tamisats cumulés du sédiment de la station de l'Oued Ghazouana (SG)

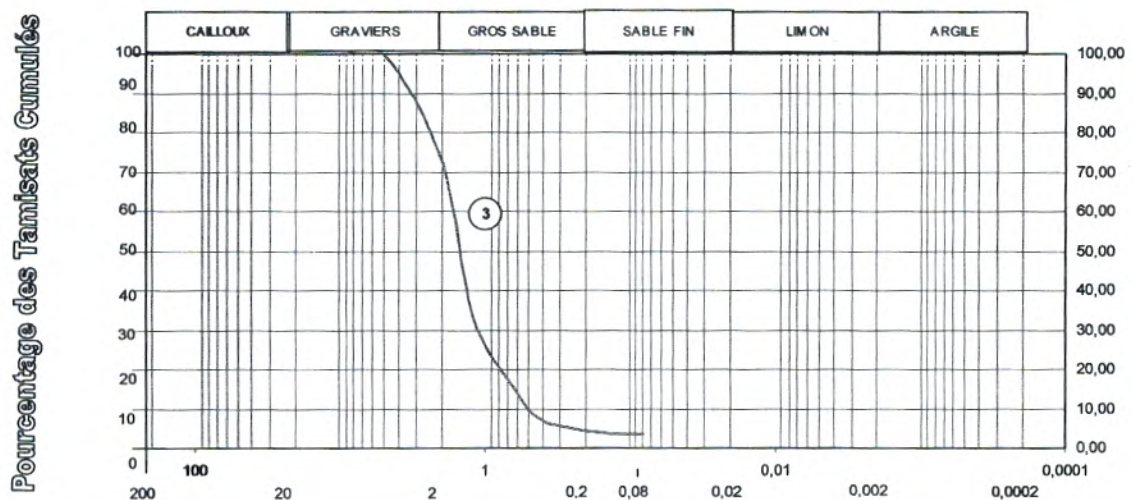


Figure 63 : Pourcentage des tamisats cumulés du sédiment de la station de l'Oued Abdellah (SA)

IV- DISTRIBUTION DES TENEURS METALLIQUES DANS LES SEDIMENTS:

Le cadmium

Les résultats d'analyses de nos différents sédiments superficiels montrent que le cadmium est présent dans toutes les stations d'étude avec des teneurs moyennes et des maxima assez élevées par rapport aux normes en vigueur (**figure 64, tableau 31**). En effet, au niveau des embouchures de l'Oued Ghazouana (SG) et de l'Oued Abdallah (SA), les teneurs sont élevées respectivement de 0,165mg/kg et 0,145mg/kg avec des maxima approximatives de 0,3mg/kg, dépassant ainsi les valeurs dites naturelles décrites dans la bibliographie et qui restent inférieure à 0,2mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961; Martin et Meybeck, 1979**). Cependant, la station du port est caractérisée par une concentration moyenne de 1,95mg/kg et une valeur maximale de 2,80mg/kg alors que la norme algérienne pour les sédiments portuaires est de 2mg/kg (**L.E.M, 1997**). La variation de ce métal reflète l'importance des sources de pollution (Alzinc, eaux usées,...) et une accumulation du Cd dans le sédiment du port qui pourrait être liée au type sédimentaire (vase constituée de particules fines).

Le cuivre :

Dans les sédiments prélevés aux différentes stations d'étude le cuivre est présent avec des concentrations considérables comparées aux seuils normatifs retenus.

Au niveau de la station de l'embouchure de l'Oued Ghazouana (SG), et celle de l'embouchure de l'Oued Abdallah (SA) présentant tous deux des textures sableuses les teneurs moyennes sont élevées respectivement de 23,05 et 14,95mg/kg (**figure 65, tableau 31**). Cette dernière valeur se situe proche de la valeur limitée à 15mg/kg pour les sédiments non pollués (**Turekian et Wedepohl, 1961**), alors qu'elle est nettement élevée pour celle du sédiment de l'Oued Ghazouana ce qui est du à une accumulation du cuivre provenant essentiellement des eaux usées urbaines et industrielles.

Cette teneur moyenne en cuivre s'accroît au niveau des sédiments du port (SP) avec une teneur moyenne relevée de 39,95mg/kg. Cependant, seule la valeur maximale de cette station (75,60mg/kg) franchit la normale de 45mg/kg limitée pour les sédiments vaseux (**Turekian et Wedepohl, 1961**). La valeur de la norme algérienne pour les sédiments portuaires est de 150mg/kg (**L.E.M, 1997**). Cette distribution peut être mise en relation avec le faciès sédimentaire d'où les vases portuaires accumulent le plus de cet élément.

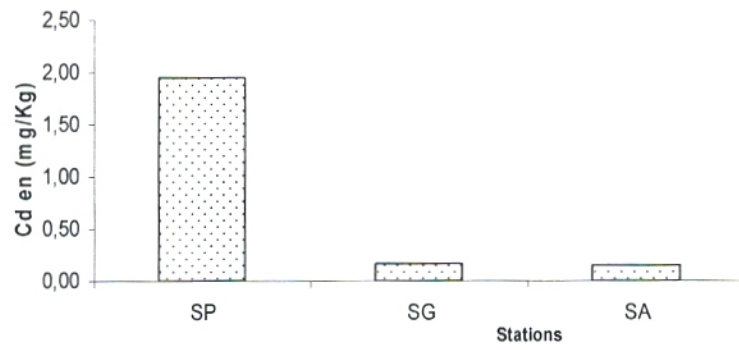


Figure 64 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cadmium dans les sédiments en mg/Kg.

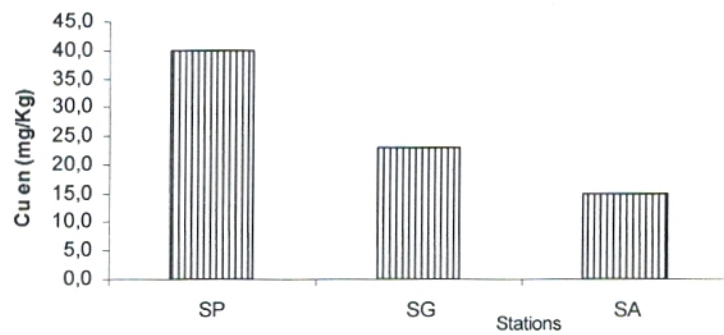


Figure 65 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cuivre dans les sédiments en mg/Kg.

Le fer :

Les concentrations du fer enregistrées dans les sédiments superficiels sont variables d'une station à une autre avec des valeurs qui dépassent en moyenne les 1900mg/kg (**tableau 31**). Effectivement, le fer est naturellement abondant dans les sédiments marins, c'est un élément majeur constituant des minéraux argileux sous forme d'oxyde et d'hydroxyde (**Rodier, 1996**), mais la variabilité spatiale des concentrations observée pour nos stations (**figure 66**) montre une contribution importante des sources de pollution, bien que les teneurs moyennes relevées restent en deçà de la valeur de 60.000mg/kg citée en référence pour des sédiments non pollués selon **Martin et Meybeck, (1979)**.

En effet, la valeur maximale relevée (3000 mg/kg) correspond au sédiment du port tandis que la valeur moyenne la plus élevée (2037,75mg/kg) est notée au niveau de la station d'Oued Abdellah. Cette concentration du fer pourrait être mise en relation avec les eaux de dessalement rejetées à cette station, et des poussières ramenées par les vents à partir des stocks de la falaise surplombant l'usine d'Alzinc et la mer. La station SG enregistre également un taux élevé de 2028,9mg/kg essentiellement en provenance des apports urbains et industriels de l'Oued Ghazouana.

Le plomb :

Au vu des résultats présentés au **tableau 31** et la **fig. 67**, on note la présence du plomb dans les sédiments de toutes nos stations prospectées.

Toutefois les teneurs moyennes relevées au niveau de la station (SG) et la station (SA) atteignant respectivement 13,75 et 10,20 mg/kg dépassent la valeur limite retenue pour les sédiments sableux non pollués qui est de 7mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961**).

Par ailleurs, la valeur relevée pour la station du port bien qu'elle soit la plus élevée 31,95 mg/kg dépassant la valeur naturelle de 20mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961**) en provenance d'une accumulation des rejets divers ramenés par Ghazouana en plus des activités portuaires, elle reste inférieure à la limite de 250 mg/kg fixée pour les sédiments portuaires (norme algérienne, **L.E.M, 1997**). Cette distribution spatiale des concentrations du Pb pourrait être favorisée également par le faciès sédimentaire d'où la fraction fine (vase portuaire) serait le facteur responsable (**Boudjellal et al., 1993**).

Le zinc :

Le zinc est présent dans les sédiments de toutes les stations d'étude (**figure 68**) avec des teneurs variables supérieures aux normes préconisées pour cet élément. Certes, le zinc est un élément naturellement présent dans les roches en partie dans la structure à fine granulométrie et en partie des minéraux argileux (**Loué, 1986**), seulement les concentrations trouvées témoignent bien de l'existence d'autres sources localisées dans la région.

En effet, les taux élevés au niveau de la station SG (183,45mg/kg) et la station SA (61,65mg/kg) tous deux présentant des granulométries sableuses ne sont dues qu'à l'exposition directe du sédiment aux apports telluriques (Alzinc, stations de dessalement). Ces valeurs sont largement en dessous de la teneur admise de (16mg/kg) pour les sédiments

sableux non pollués (**Turekian et Wedepohl, 1961**), alors que la contamination excessive du sédiment portuaire (Moy=1572,80mg/kg, Max=4500mg/kg) en zinc reflète l'influence combinée des apports de l'Oued Ghazouana et des rejets portuaires.

Cette accumulation du zinc dépasse la valeur naturelle de 95mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961**) ainsi que la norme algérienne requise pour le sédiment portuaire (500mg/kg) et serait probablement facilitée par la granulométrie fine du sédiment du port ainsi que la présence de substances organiques deux paramètres favorisant l'adsorption du zinc (**Dali Youcef, 2005**).

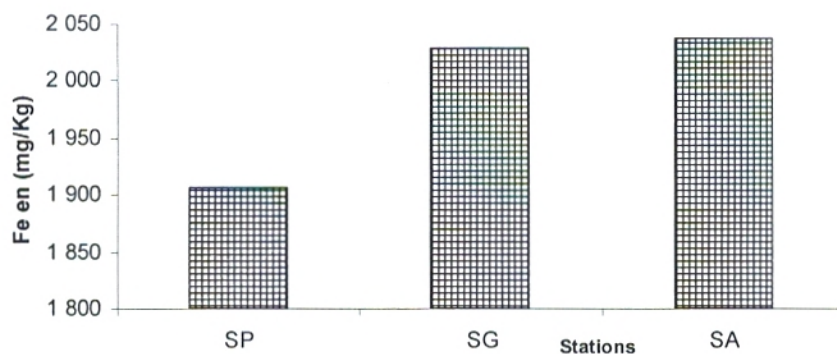


Figure 66 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Fer dans les sédiments en mg/Kg.

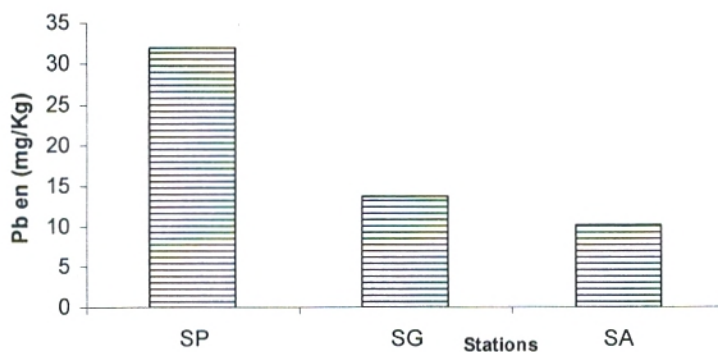


Figure 67 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Plomb dans les sédiments en mg/Kg.

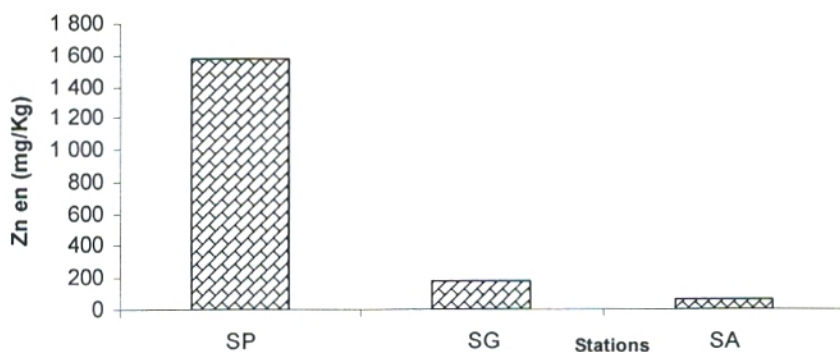


Figure 68 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Zinc dans les sédiments en mg/Kg.

Le nickel :

La **figure 69** et le **tableau 31** montrent la présence du nickel dans nos sédiments avec des teneurs moyennes fluctuantes entre 2mg/kg et 15mg/kg. Ces concentrations dépassent, en fait, la valeur de référence dite naturelle pour les sédiments sableux qui est de 2mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961**) où on enregistre une teneur moyenne de 9,45mg/kg pour la station SG. La station SA est marquée par sa concentration la plus élevée (15mg/kg), et un pic de concentration atteignant 60mg/kg due en grande partie aux utilisations multiples de cet élément en industrie en particulier dans les rejets liquides de la station de dessalement.

Cependant, la concentration moyenne du sédiment en Ni est plus faible au niveau des sédiments du port (Moy=2mg/kg) bien que ce dernier reçoit des rejets de sources diverses ce qui laisse supposer que la source principale de cet élément dans le secteur serait les eaux usées provenant du dessalement d'eau de mer (absence de valeur pour la norme algérienne des sédiments portuaires).

Le chrome :

Au vu de nos résultats d'analyse du chrome (**fig. 70, tab.31**) nous relevons l'existence de cet élément dans les sédiments de toutes les stations d'étude. Excepté les valeurs maximales enregistrées respectivement pour la station SG et la station SA arrivant à 37,80mg/kg et 42,20mg/kg qui dépassent la valeur naturelle pour les sédiments sableux limitée à 35mg/kg (**Turekian et Wedepohl, 1961**), les valeurs moyennes de ces deux stations restent en dessous de cette normale.

Vers la partie est de la baie de Ghazaouet, la concentration moyenne du chrome relevée pour le sédiment du port diminue avec une valeur moyenne enregistrée de 6mg/kg. Cette moyenne reste en deçà de celle décrite dans les normes algériennes pour les sédiments portuaires qui est de 250mg/kg (**L.E.M, 1997**).

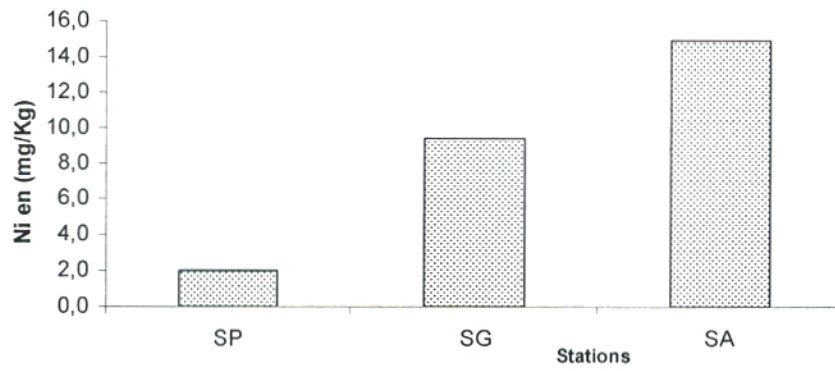


Figure 69 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Nickel dans les sédiments en mg/Kg.

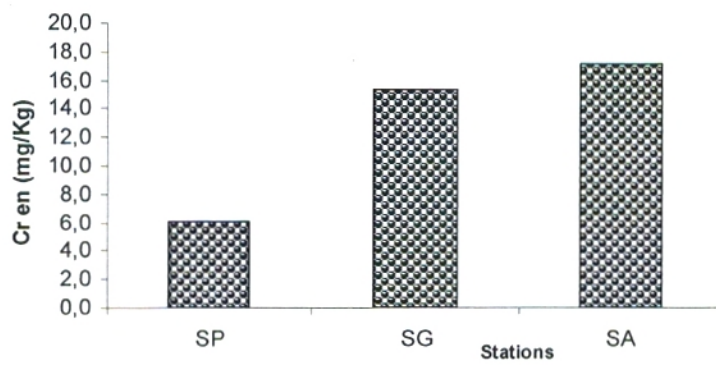


Figure 70 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Chrome dans les sédiments en mg/Kg.

Tableau 31: Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des différents éléments métalliques en mg/kg du poids sec du sédiment prélevé dans nos stations durant la période d'étude (Décembre 2005 – Sept 2006).

Eléments (mg/kg)	Stations			
		Station Port	Station Oued Ghazouana	Station Oued bdellah
Cadmium	Max	2,80	0,30	0,36
	Moy	1,95	0,165	0,145
	Min	1,20	0,10	0
	σ	0,669	0,093	0,145
Cuivre	Max	75,60	75,60	46,80
	Moy	39,95	23,05	14,95
	Min	18,20	4,40	2,40
	σ	21,867	30,352	18,457
Fer	Max	3000,00	2360,00	2420,00
	Moy	1906,15	2028,90	2037,75
	Min	784,60	1600,00	1025,00
	σ	871,488	280,788	640,297
Plomb	Max	77,60	22,80	18,80
	Moy	31,950	13,750	10,20
	Min	13,80	5,80	2,40
	σ	26,419	6,077	6,055
Zinc	Max	4500,00	500,00	106,00
	Moy	1572,80	183,45	61,65
	Min	211,20	69,00	15,60
	σ	1720,84	182,87	34,284
Nickel	Max	8,00	37,00	60,00
	Moy	2,00	9,45	15,00
	Min	0	0	0
	σ	3,464	16,368	25,981
Chrome	Max	11,00	37,80	42,20
	Moy	6,050	15,40	17,15
	Min	4,00	3,40	3,20
	σ	2,90	13,276	15,854

Abdellah

Max : Maximum
 Moy : Moyenne
 Min : Minimum
 σ : Ecart type

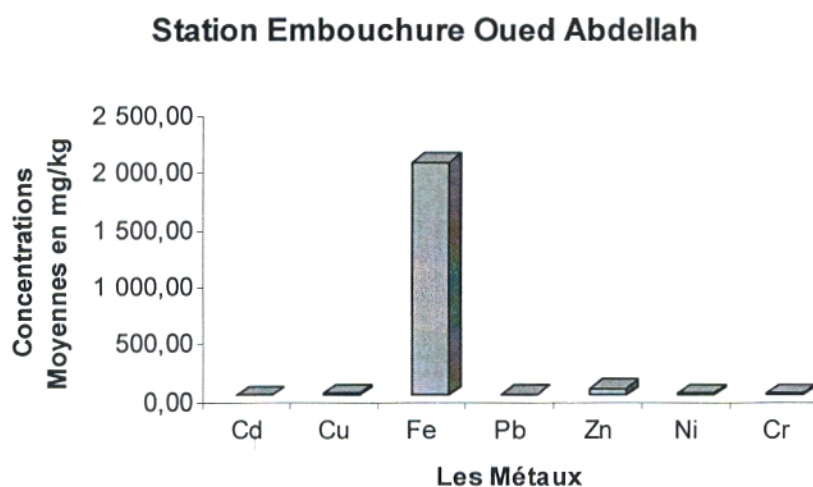
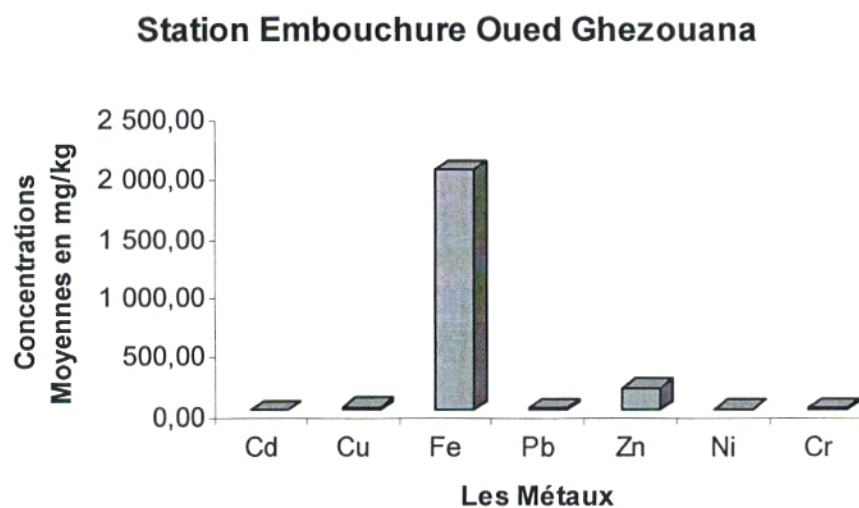
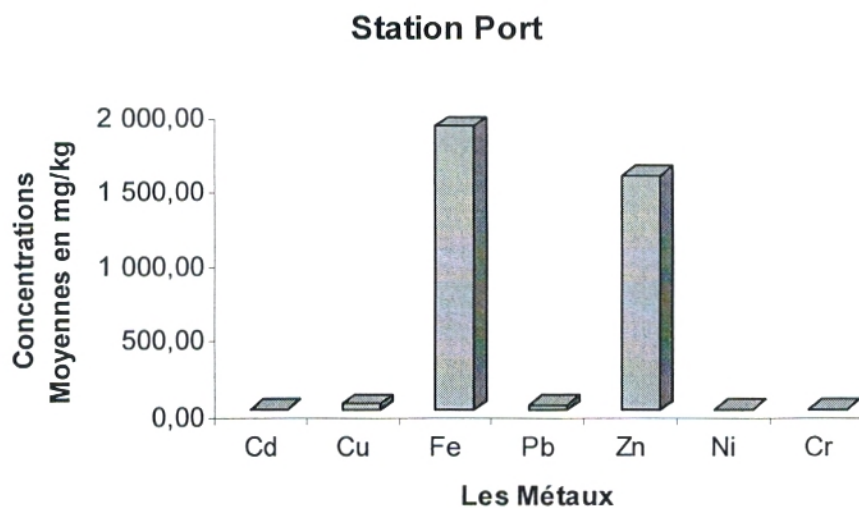


Figure 71: Comparaison des teneurs moyennes métalliques dans les sédiments au niveau de chaque station d'étude.

LE GRADIENT DE CONCENTRATION DES METAUX DANS LES SEDIMENTS:

Les teneurs moyennes métalliques concentrées dans les sédiments des stations retenues sont présentées comme suit par un gradient de concentration (**Fig. 71**):

Station port (SP) : **Fe>Zn>Cu>Pb>Cr>Ni>Cd**

Station embouchure Oued Ghazouana (SG): **Fe>Zn>Cu>Cr>Pb>Ni>Cd**

Station embouchure Oued Abdellah (SA): **Fe>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb>Cd**

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR (ANOVA1)

La lecture des résultats de l'analyse de la variance (ANOVA1) (voir annexe) a permis la vérification de la valeur de la probabilité "p" qui se présente comme suit :

Cd : $p = 0,00$;

Cu : $p = 0,462$;

Fe : $p = 0,962$;

Pb : $p = 0,257$;

Zn : $p = 0,176$;

Ni : $p = 0,681$;

Cr : $p = 0,506$.

D'après ces résultats, et excepté pour le cadmium ($p= 0 (<0.05)$, cette valeur est due à l'utilisation du MINITAB qui donne une valeur tronquée) où on considère que le facteur « station » influe sur la contamination du sédiment par cet élément, il se voit clairement par des valeurs de $p>0,05$ que pour les autres éléments métalliques ce facteur (station) n'influe pas significativement sur la contamination du sédiment.

V - DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS METALLIQUES CHEZ *ENTEROMORPHA LINZA*

Le cadmium :

D'après le **tableau 32** et la **figure 72**, on constate une accumulation remarquable du cadmium chez *Enteromorpha linza*. Les concentrations moyennes du Cd enregistrées sont comprises entre 0,02mg/kg valeur relevée pour la station d'Oued Abdellah (SA) et 0,13 mg/kg valeur notée respectivement pour la station du port (SP) et la station d'embouchure de l'Oued Ghazouana (SG). Cette dernière station est aussi caractérisée par le pic de concentration observé (0.211mg/kg) qui reflète vraisemblablement l'importance du Cd dans les rejets de l'Oued Ghazouana.

Le cuivre :

Outre sa présence marquée (**tableau 32**), une variation est observée pour l'accumulation du cuivre chez l'enteromorphe aux différents points de prélèvements de cette algue (**fig.73**). La partie Est de la baie de Ghazaouet présente les concentrations les plus élevées particulièrement à la station d'embouchure d'Oued Ghazouana (SG) (Moy=7,8 mg/kg), ainsi qu'au niveau de la station du port où on enregistre une valeur moyenne de 6,22 mg/kg. La teneur moyenne en cuivre devient trois fois plus faible en se dirigeant vers l'Ouest où on note une valeur moyenne de 2,87 mg/kg pour la station d'embouchure d'Oued Abdellah.

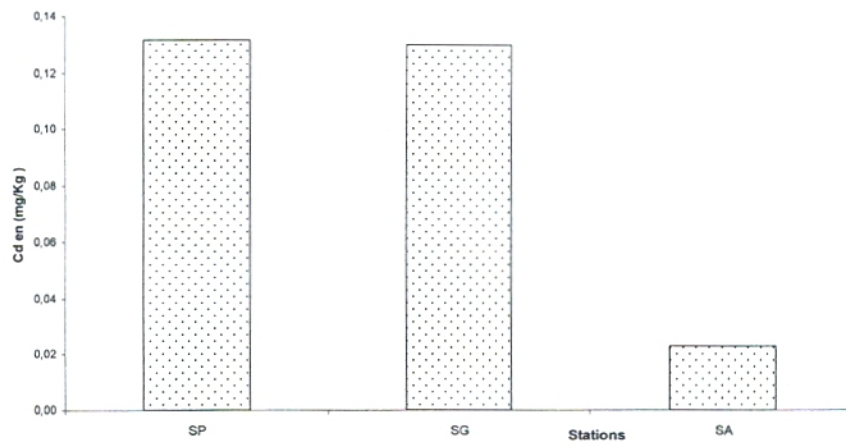


Figure 72 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cadmium chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

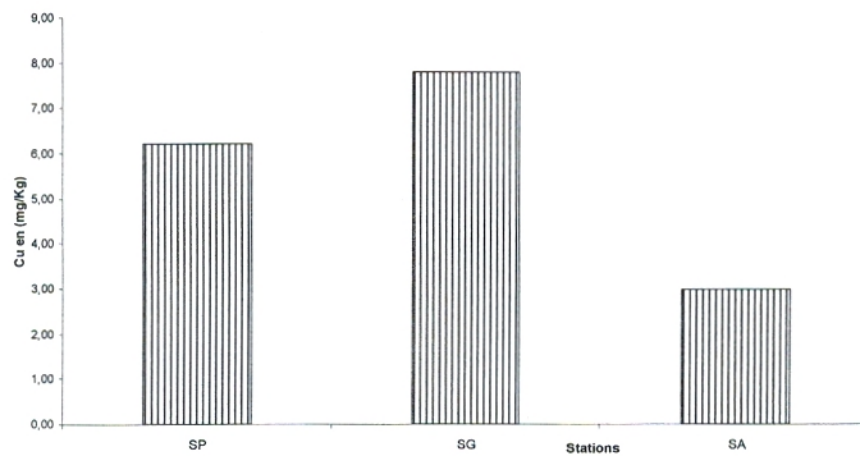


Figure 73 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cuivre chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

Le fer :

La concentration moyenne du fer aux différentes stations d'étude varie entre 133,54 et 165,59 mg/kg (**tableau 32**). Cependant, le taux moyen le plus élevé d'accumulation du fer se localise au niveau de la station de Ghazouana (SG) réceptrice des rejets urbains et industriels de la région de Ghazaouet (**fig.74**). Ce taux reste aussi important au niveau de la station (SA) marquée par le pic d'accumulation du fer (Max=371,75mg/kg; Moy=156,54mg/kg), et diminue légèrement pour la station du port (SP) où la valeur moyenne avoisine les 133,5mg/kg.

Le plomb :

Selon le **tableau 32**, 3,37mg/kg et 3,71mg/kg constituent les valeurs limites de plomb rencontrées chez *Enteromorpha linza*. Ces valeurs sont notées respectivement au niveau de la station du port (SP) et la station de Ghazouana (SG) où le taux moyen de ces derniers avoisine les 2mg/kg. Au niveau de la station d'Oued Abdellah (SA), la concentration moyenne est largement inférieure aux précédentes avec une valeur de 0,87mg/kg (**fig.75**).

Le zinc :

Les concentrations moyennes du Zinc obtenues de l'analyse de cet élément sont variables et comprises entre 105,91mg/kg et 7,87 mg/kg (**fig.76**). Cette grande variation témoigne bien de l'existence de sources du zinc localisées dans la région d'étude. En effet, au niveau de la station (SP), l'accumulation du zinc chez l'enteromorphe est très élevée atteignant une valeur maximale de 256,7 mg/kg du fait que le port reçoit en plus des rejets locaux provenant des activités portuaires les rejets de l'Oued Ghazouana où l'accumulation du zinc arrive à un taux moyen de 27,46 mg/kg. Par ailleurs, au niveau de la station de l'Oued Abdellah (SA) cette accumulation devient moins importante avec une moyenne de 7,87 mg/kg de Zn seulement.

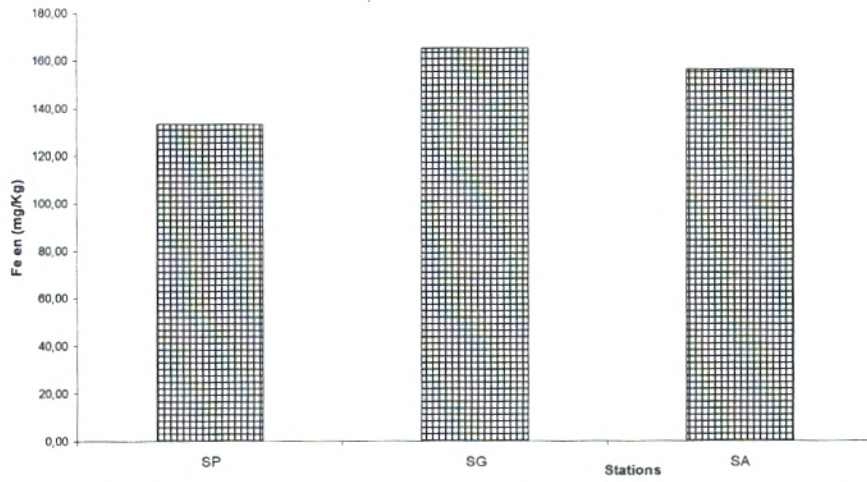


Figure 74 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Fer chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

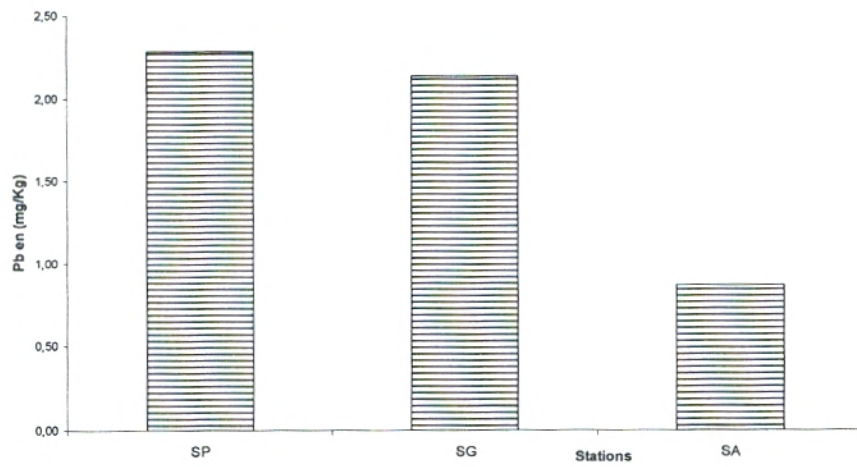


Figure 75 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Plomb chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

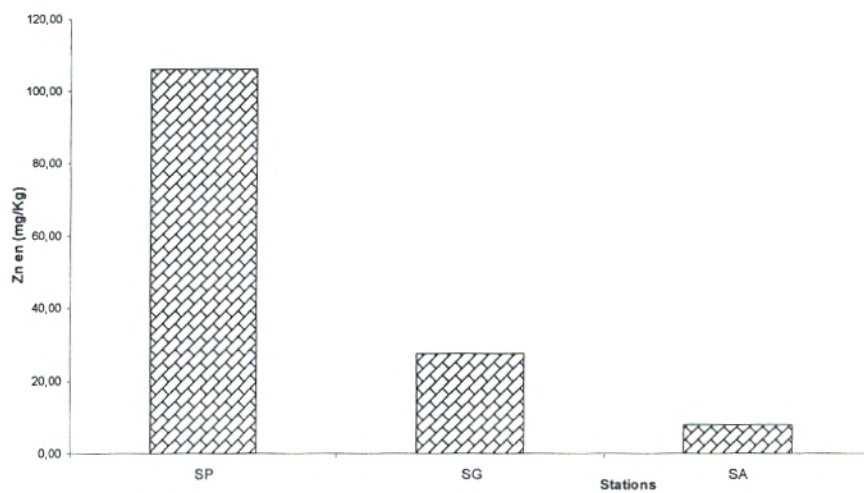


Figure 76 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Zinc chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg

Le nickel :

D'après nos résultats d'analyse (**tab. 32**), le Nickel présente une accumulation assez importante chez l'algue verte *Enteromorpha linza*. En fait, les taux moyens sont peu éloignés (**fig.77**) : 0,40 mg/kg pour la station (SP); 0,52 mg/kg pour la station (SG); et 0,66 mg/kg pour la station (SA) et pourraient renseigner sur l'origine de cet élément d'où la valeur maximale obtenue (Max=2,64mg/kg) est enregistrée au niveau de la station d'Oued Abdellah (saumures de dessalement) ainsi qu'au niveau de la station (SG) (Max=2,09mg/kg) réceptrice des effluents urbains et industriels de la ville de Ghazaouet.

Le chrome:

Le dosage du chrome chez l'enteromorphe a montré la présence de celui-ci avec des valeurs moyennes beaucoup plus élevées : 1,20 mg/kg et 1,17 mg/kg respectivement pour la station (SG) et la station (SA) par rapport à la station du port où l'accumulation du chrome est plus ou moins faible, la valeur moyenne enregistrée se situe à ce dernier point à 0,71mg/kg. (**fig.78**).

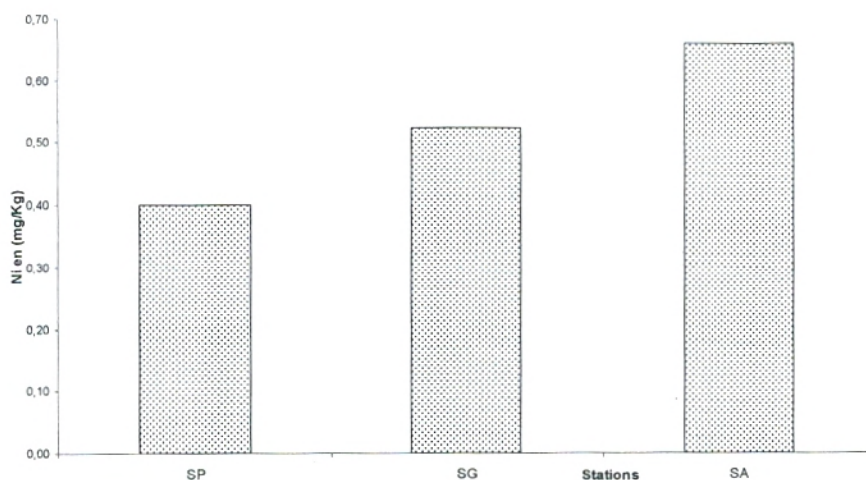


Figure 77 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Nickel chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

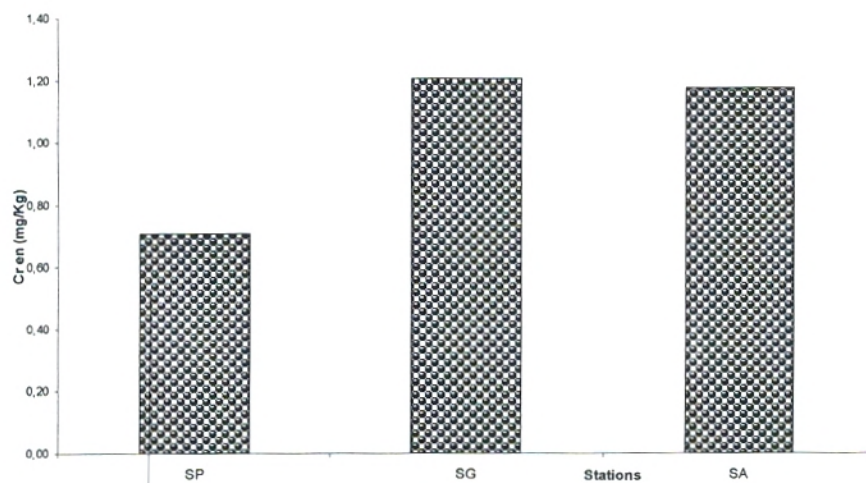


Figure 78 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Chrome chez *Enteromorpha linza* en mg/Kg.

Tableau 32: Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des différents éléments métalliques en mg/kg du poids sec d'*Enteromorpha linza* prélevés dans nos stations durant la période d'étude (Décembre 2005 – Sept 2006).

Eléments (mg/kg)	Stations	Station Port	Station Oued Ghazouana	Station Oued Abdellah
	Cadmium	Max	0,197	0,211
Moy		0,130	0,130	0,02
Min		0,070	0,061	0
σ		0,051	0,055	0,024
Cuivre	Max	17,86	27,18	10,94
	Moy	6,22	7,80	2,97
	Min	0,635	0,705	0,08
	σ	7,016	11,198	4,602
Fer	Max	296,47	266,40	371,76
	Moy	133,54	165,49	156,54
	Min	40,05	120,58	59,70
	σ	97,430	59,632	125,278
Plomb	Max	3,71	3,37	2,02
	Moy	2,28	2,13	0,87
	Min	0,87	1,323	0,037
	σ	1,389	0,791	0,725
Zinc	Max	256,47	54,12	13,08
	Moy	105,91	27,46	7,87
	Min	21,2	15,264	0
	σ	94,874	15,651	5,066
Nickel	Max	1,60	2,09	2,64
	Moy	0,40	0,52	0,66
	Min	0	0	0
	σ	0,693	0,907	1,141
Chrome	Max	1,20	1,98	2,45
	Moy	0,71	1,20	1,17
	Min	0,329	0,517	0,494
	σ	0,344	0,526	0,755

Max : Maximum
Moy : Moyenne
Min : Minimum
 σ : Ecart type.

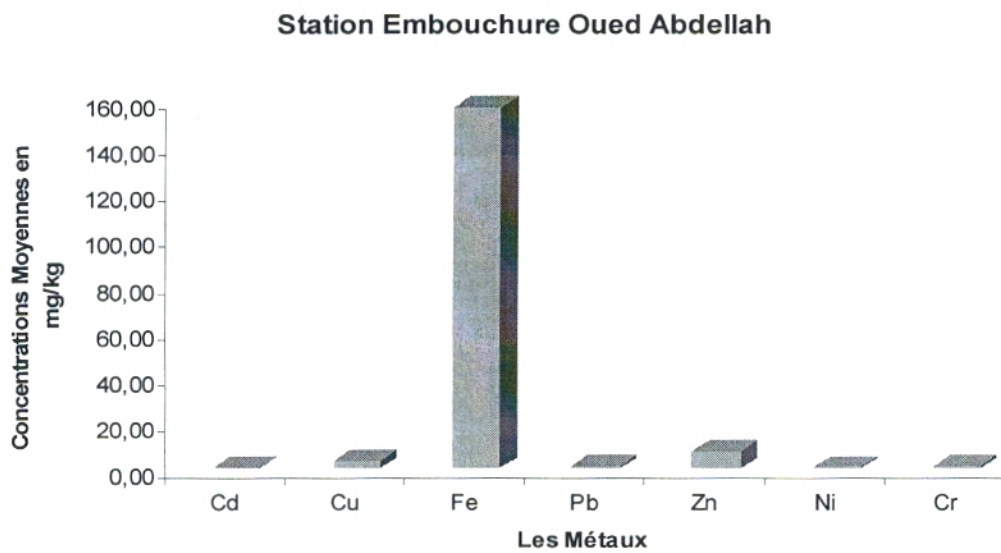
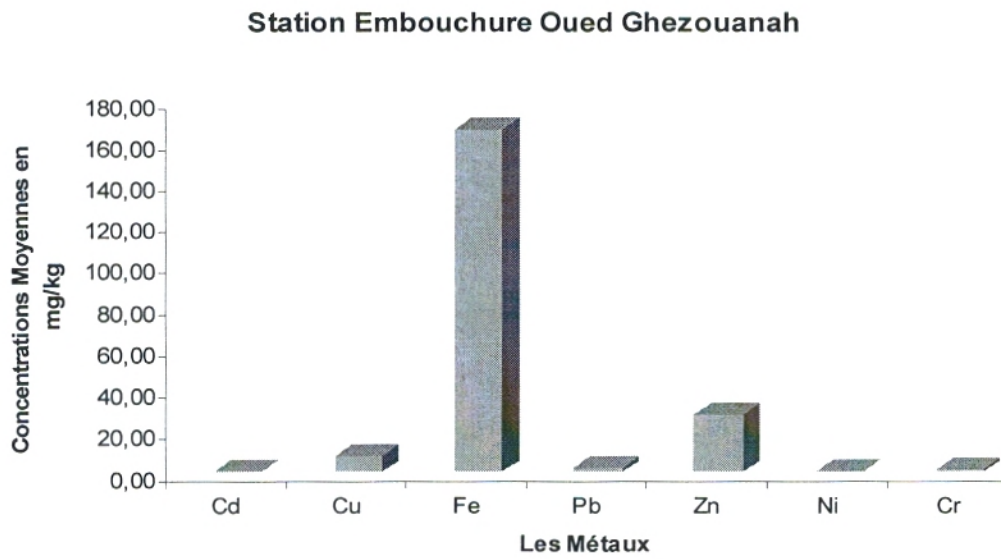
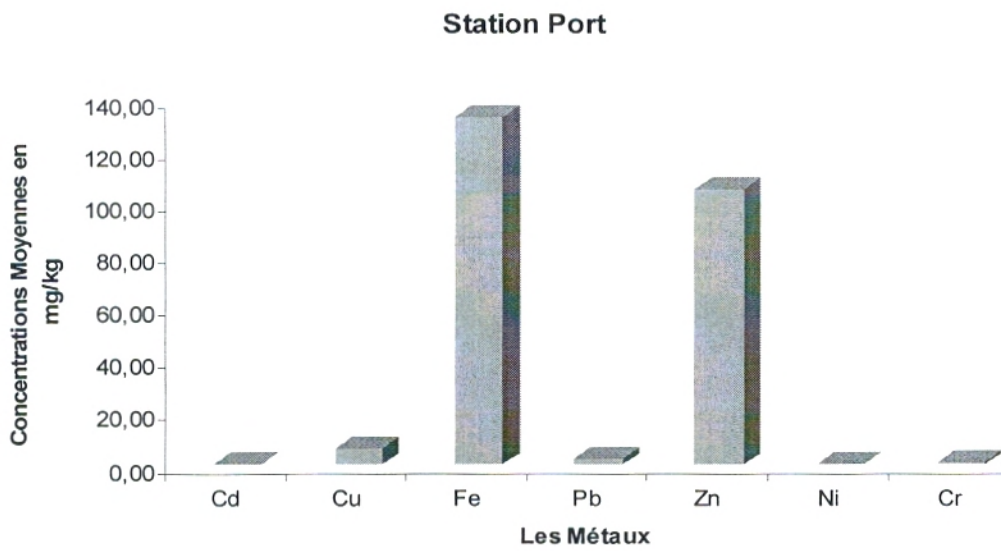


Figure 79: Comparaison des teneurs moyennes métalliques Chez l'entéromorphe au niveau de chaque station d'étude.

LE GRADIENT DE CONCENTRATION DES METAUX CHEZ *ENTEROMORPHA LINZA*:

Les résultats de l'accumulation moyenne des différents métaux par l'enteromorphe (fig.79), se résument ainsi par le gradient de concentration:

- Station port (SP) : **Fe>Zn>Cu>Pb>Cr>Ni>Cd**
- Station embouchure Oued Ghazouana (SG): **Fe>Zn>Cu>Pb>Cr>Ni>Cd**
- Station embouchure Oued Abdellah (SA): **Fe>Zn>Cu> Cr>Pb>Ni>Cd**

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR (ANOVA1)

L'analyse de variance pour le facteur station (voir annexe) a donné les résultats de probabilités « p » ci-dessous indiqués :

Cd : p = 0,027 ;

Cu : p = 0,764 ;

Fe : p = 0,919 ;

Pb : p = 0,226 ;

Zn : p = 0,127 ;

Ni : p = 0,925 ;

Cr : p = 0,511.

De ce qui précède, on peut conclure que seul le cadmium présente une valeur de $p < 0,05$ indiquant que le facteur station influe significativement sur la bioaccumulation du Cd chez l'enteromorphe.

VI - DISTRIBUTION SPATIALE DES TENEURS METALLIQUES CHEZ *Corallina officinalis*:

Le cadmium :

Le dosage du Cadmium chez la coralline aux différentes stations d'étude (**fig.80, tab.33**) a permis de mettre en évidence des concentrations moyennes qui s'échelonnent entre 0,18 mg/kg pour la station (SA), une moyenne de 0,54 mg/kg pour la station (SP), alors que la concentration la plus élevée correspond à la station (SG) (Moy=0,82mg/kg) valeur attribuée en grande partie aux divers rejets domestiques et industriels ramenés par l'oued Ghazouana. La valeur maximale du Cd relevée atteint à cette station une valeur de 1,95mg/kg.

Le cuivre :

Au vu des résultats d'analyse du cuivre chez l'algue rouge *Corallina officinalis* (**fig.81, tab.33**), il se montre que cet élément est présent avec des concentrations moyennes qui dépassent les 11mg/kg respectivement pour la station du port (11,44mg/kg) et la station d'oued Ghazouana (15,22 mg/kg) ce qui est mis en relation avec l'importance des apports d'origine urbaine et industrielle à ces points d'échantillonnage. Cette moyenne d'accumulation du cuivre diminue considérablement au niveau de la station d'oued Abdellah (SA) marquant une teneur moyenne de 2,60mg/kg.

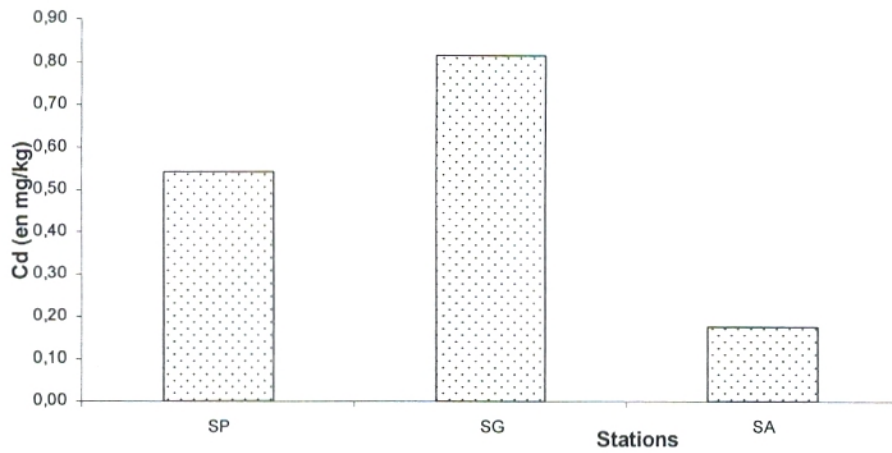


Figure 80 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cadmium chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

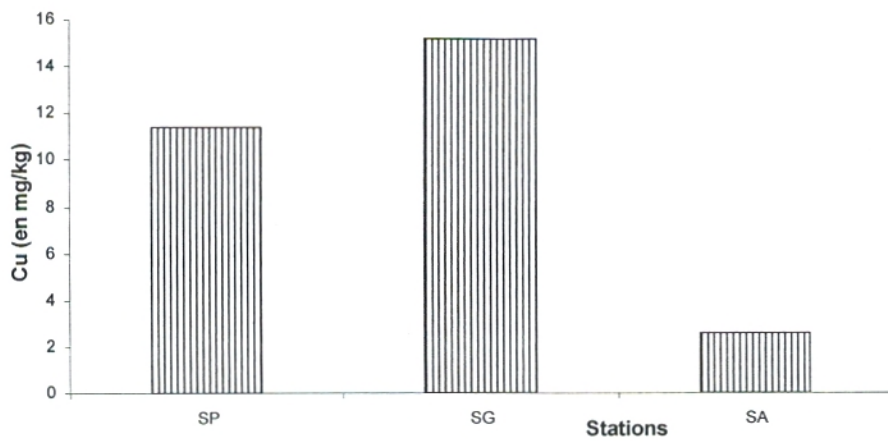


Figure 81 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Cuivre chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

Le fer :

Les teneurs moyennes en fer chez *Corallina officinalis* montrent une similitude avec des valeurs enregistrées autour de 110mg/kg au niveau de la station d'oued Abdellah (SA) et la station d'oued Ghazouana (SG), alors qu'on observe une légère diminution de l'accumulation du fer au niveau de la station du port (SP) la valeur moyenne est de 98,15mg/kg (**figure 82**).

Le plomb :

En comparant les résultats d'analyse du plomb chez la coralline aux différentes stations prospectées (**fig.83, tab.33**), ces résultats révèlent une légère différence d'accumulation du Pb entre la station du port (Moy=6,72mg/kg) et la station de l'oued Ghazouana (Moy=6,54mg/kg). Quant aux pics de concentrations au niveau de ces dernières ils avoisinent les 18,4mg/kg. Cette accumulation est supposée être liée aux sources locales de pollution par le Pb (Alzinc, Port). Cependant, le taux moyen du Pb au niveau de la station de l'embouchure d'oued Abdellah est beaucoup plus faible d'après la valeur moyenne notée de 1,78 mg/kg.

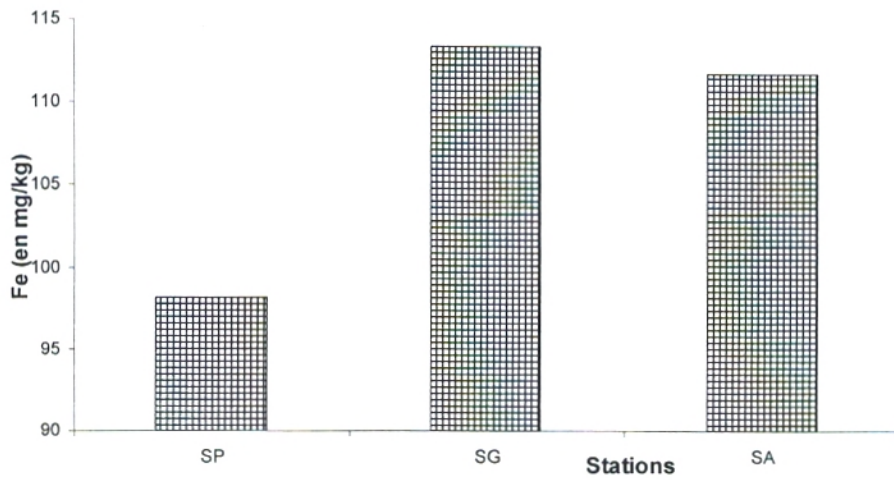


Figure 82 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Fer chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

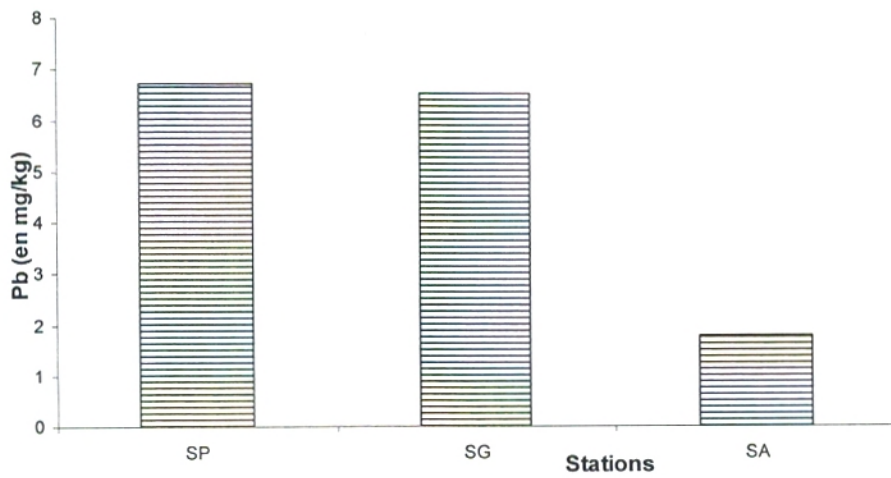


Figure 83 : Distribution spatiale des concentrations moyennes du Plomb chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

Le zinc :

Suivant le **tableau 33**, on trouve la plus forte teneur en Zn chez *Corallina officinalis* au niveau de la station (SP) avec une valeur de 211,44 mg/kg (Max=576,46). Cette teneur excessive ne peut être expliquée que par l'accumulation du zinc provenant essentiellement du complexe d'Alzinc et qui se trouve concentré dans cette structure semi fermée qui est le port. Cependant, la teneur moyenne relevée au niveau de la station d'embouchure de l'oued Ghazouana s'avère aussi élevée (89,16mg/kg) comparée à celle de l'oued Abdellah (SA) qui reste à la limite de 12,67 mg/kg (**fig.84**).

Le nickel :

La teneur moyenne maximale de nickel trouvée chez la coralline est de l'ordre de 0,75mg/kg. Cette valeur est enregistrée au niveau de la station de Ghazouana (SG) avec un maximum de 2,77 mg/kg (**tab.33**). Par ailleurs, la valeur moyenne obtenue pour les deux autres stations (SP) et (SA) montre une légère décroissance, on note respectivement pour ces dernières des valeurs oscillants entre 0-2,77mg/kg et 0-2,77mg/kg avec des teneurs moyennes se rapprochant de 0,69mg/kg (**fig.85**).

Le chrome:

Les résultats de détermination du chrome chez notre algue rouge aux différentes stations d'étude (**fig.86**) montrent que cet élément est déjà présent et relativement plus concentré au niveau des échantillons du port (SP) avec une valeur moyenne de 1,89 mg/kg par rapport à ceux de la station (SG) où la valeur moyenne est de 1,19mg/kg où encore à ceux de la station (SA) où la moyenne est de l'ordre de 1,07mg/kg. Les concentrations maximales, quant à elles, oscillent entre 2,094 et 2,47 mg/kg.

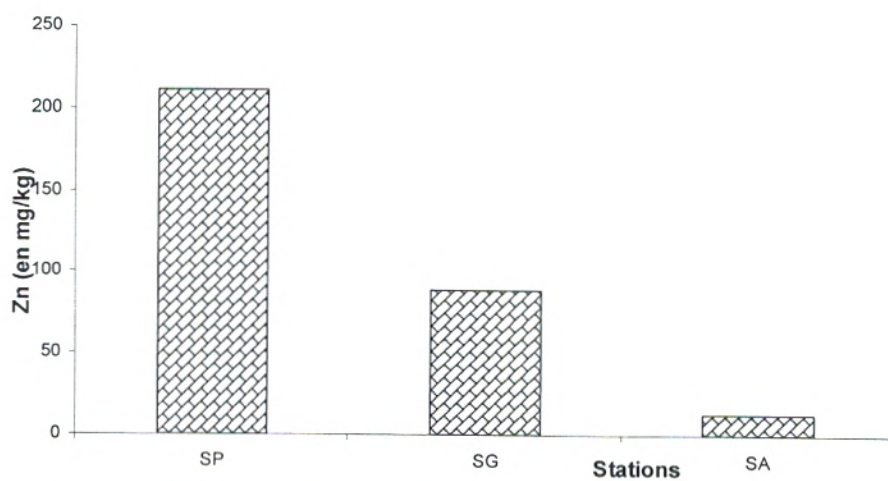


Figure 84: Distribution spatiale des concentrations moyennes du Zinc chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

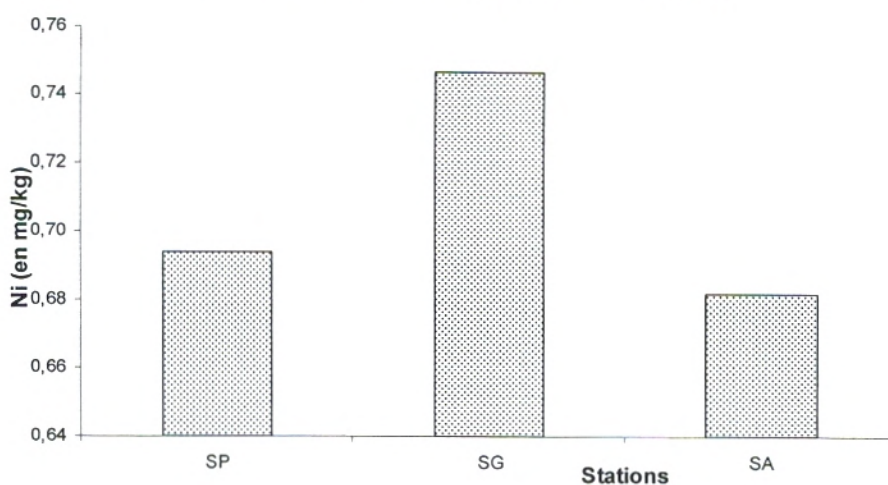


Figure 85: Distribution spatiale des concentrations moyennes du Nickel chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

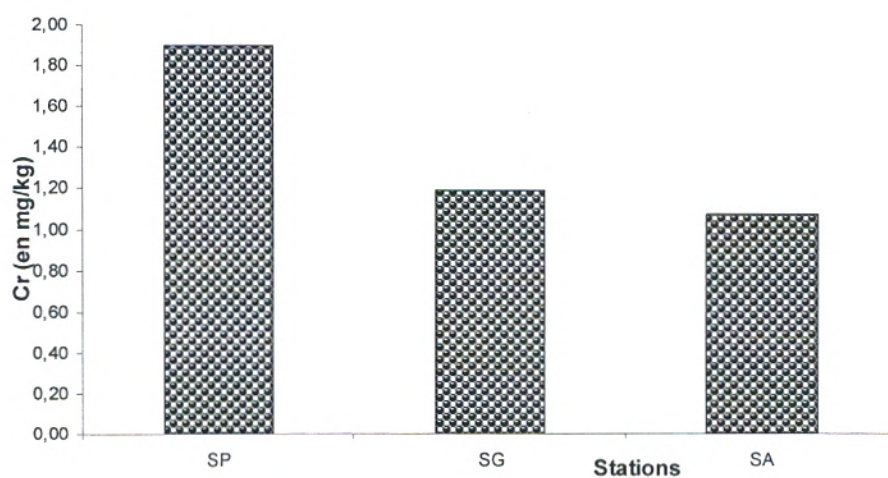


Figure 86: Distribution spatiale des concentrations moyennes du Chrome chez *Corallina officinalis* en mg/Kg.

Tableau 33 : Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des différents éléments métalliques en mg/kg du poids sec de *Corallina officinalis* prélevés dans nos stations durant la période d'étude (Décembre 2005 – Sept 2006).

Eléments (mg/kg)	Stations	Station Port	Station Oued Ghazouana	Station Oued Abdellah
	Cadmium	Max	1,365	1,95
Moy		0,54	0,82	0,18
Min		0,148	0,16	0,037
σ		0,491	0,714	0,186
Cuivre	Max	39,46	57,11	9,32
	Moy	11,44	15,22	2,60
	Min	1,12	0,75	0,32
	σ	16,208	24,187	3,880
Fer	Max	220,37	290,58	219,1
	Moy	98,15	113,33	111,73
	Min	35,29	21,55	16,04
	σ	74,535	108,046	84,020
Plomb	Max	18,45	18,35	4,14
	Moy	6,72	6,54	1,78
	Min	2,44	2,26	0,65
	σ	6,883	6,826	1,377
Zinc	Max	576,46	169,41	32,94
	Moy	211,44	89,16	12,67
	Min	14,49	18,89	4,30
	σ	215,94	67,962	11,745
Nickel	Max	2,776	2,99	2,73
	Moy	0,69	0,75	0,68
	Min	0	0	0
	σ	1,202	1,294	1,182
Chrome	Max	2,44	2,47	2,094
	Moy	1,89	1,19	1,07
	Min	0,56	0,28	0,37
	σ	0,777	0,944	0,645

Max : Maximum

Moy : Moyenne

Min : Minimum

σ : Ecart type.

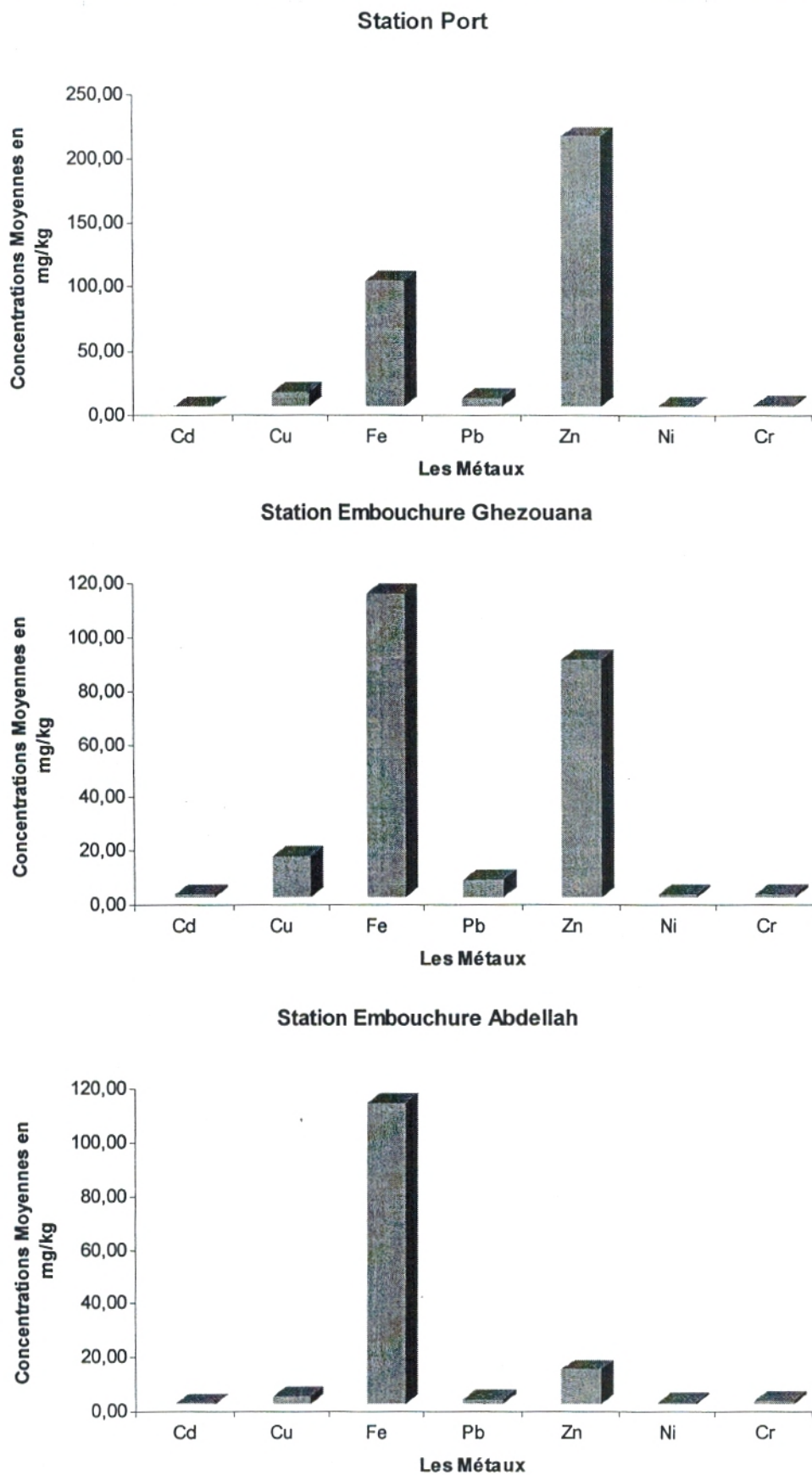


Figure 87: Comparaison des teneurs moyennes métalliques chez la coralline au niveau de chaque station d'étude.

LE GRADIENT DE CONCENTRATION DES METAUX CHEZ *CORALLINA OFFICINALIS* :

A partir des résultats d'analyse, les teneurs métalliques moyennes accumulées par *Corallina* sont présentées par un gradient de concentration métallique relatif à chaque station (**fig. 87**) :

- Station port (SP) : **Zn>Fe>Cu>Pb>Cr>Ni>Cd**
- Station embouchure oued Ghazouana (SG): **Fe> Zn>Cu>Pb>Cr>Cd>Ni**
- Station embouchure oued Abdellah (SA): **Fe> Zn>Cu>Pb>Cr>Ni>Cd**

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR (ANOVA1)

La synthèse des résultats de l'analyse de variance considérant le facteur station pour la coralline (voir annexe) se présente comme suit :

Cd : $p = 0,348$;

Cu : $p = 0,659$;

Fe : $p = 0,975$;

Pb : $p = 0,503$;

Zn : $p = 0,226$;

Ni : $p = 0,998$;

Cr : $p = 0,429$.

Ces résultats révèlent que quelque soit la station la différence entre les moyennes des concentrations n'est pas significative ($p > 0,05$).

V- COMPARAISON ENTRE LES RESULTATS DES DEUX METHODES DE MINERALISATION CHEZ *Patella ferruginea* :

Le cadmium :

D'après le **tableau 34** et la **figure 88**, on remarque l'accumulation du cadmium par la patelle au niveau de la seule station où l'espèce est prélevée (SA). Cette accumulation est mise en évidence par les deux méthodes de minéralisation voie sèche (VS) et voie humide (VH). Cependant, la concentration moyenne du cadmium enregistrée par la voie sèche (0,02mg/kg) s'avère légèrement plus élevée que celle observée en utilisant la voie humide (VH) et qui est de 0,01 mg/kg du poids sec. Les valeurs maximales notées pour les deux méthodes se trouvent entre 0,031 (VS) et 0,026 mg/kg (VH).

Le cuivre :

Le cuivre est présent chez la patelle au niveau de la station d'oued Abdellah (**fig.89**). Ce dernier s'exprime en général entre une moyenne de 0,03mg/kg par la voie sèche et 0,05 mg/kg par la voie humide. Les deux pics de concentrations observés sont respectivement de 0,052 mg/kg et 0,078 mg/kg (**tab.34**).

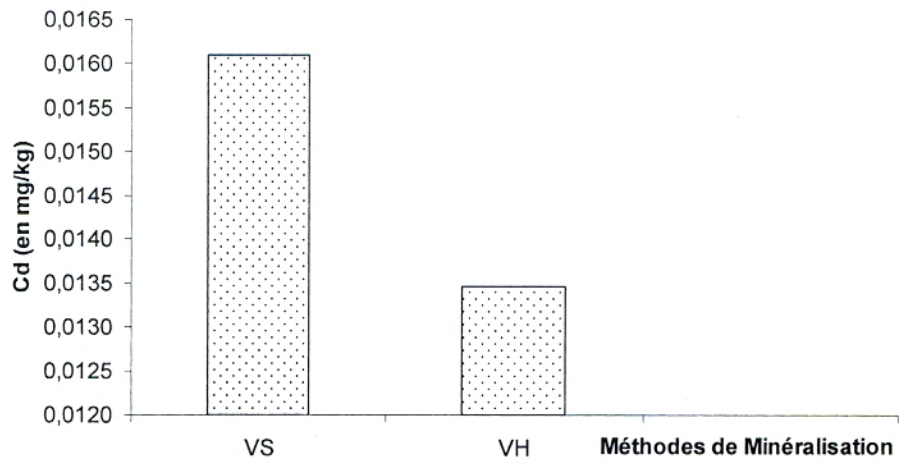


Figure 88: Comparaison des Concentrations moyennes du Cadmium chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

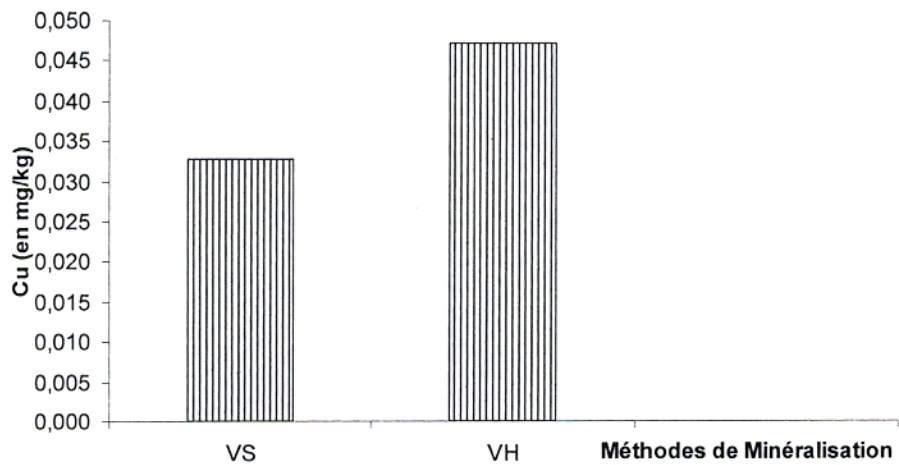


Figure 89: Comparaison des Concentrations moyennes du Cuivre chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

Le fer :

Le fer montre des teneurs plus élevées oscillants entre 14,26 mg/kg et 20,67mg/kg avec une moyenne de 16,74mg/kg en se servant de la voie humide comparés aux résultats de la voie sèche qui se situent entre 1,13 mg/kg et 13,46mg/kg avec une moyenne relevée de 7,42mg/kg (**fig.90**).

Le plomb :

Les concentrations obtenues du dosage du plomb (**fig. 91**) indiquent la présence de cet élément chez la patelle recueillie à l'embouchure de l'oued Abdellah. Par ailleurs, on voit clairement que ces concentrations sont légèrement plus élevées avec une moyenne de 0,66 mg/kg moyennant la voie humide de minéralisation par rapport à ceux obtenues par la voie sèche donnant une moyenne qui se limite à 0,61mg/kg.

Le zinc :

Les valeurs requises de l'analyse du zinc chez la patelle sont tous supérieures à 1mg/kg. La valeur moyenne la plus élevée (1,88mg/kg) est obtenue suite à l'utilisation de la voie humide avec une valeur maximale atteignant 2,34mg/kg. La concentration moyenne correspondant à la voie sèche se situe à 1,69 mg/kg avec un maximum de 1,936mg/kg (**fig.92**).

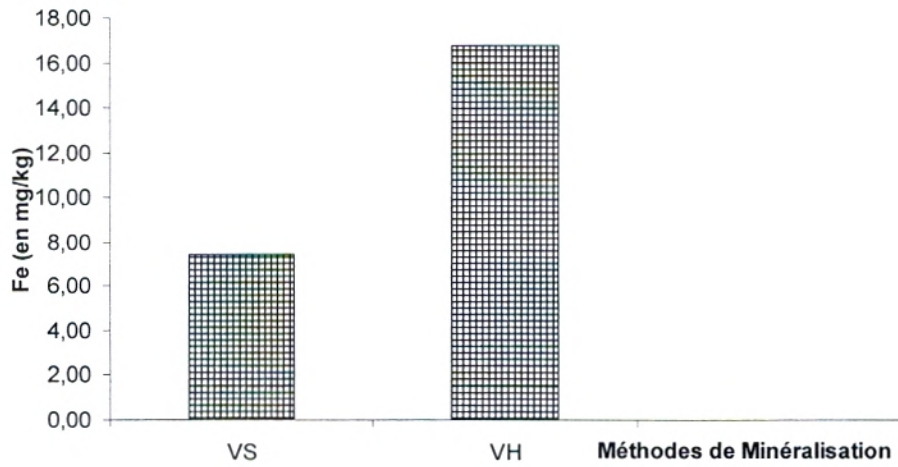


Figure 90: Comparaison des Concentrations moyennes du Fer chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

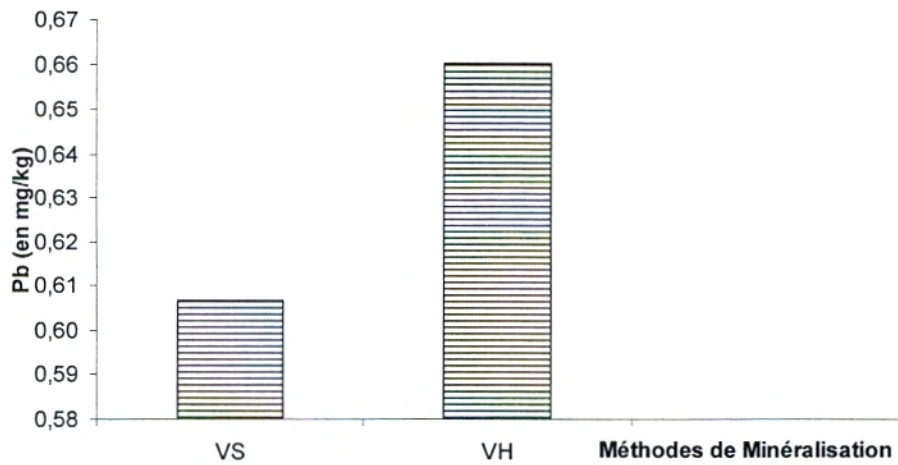


Figure 91: Comparaison des Concentrations moyennes du Plomb chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

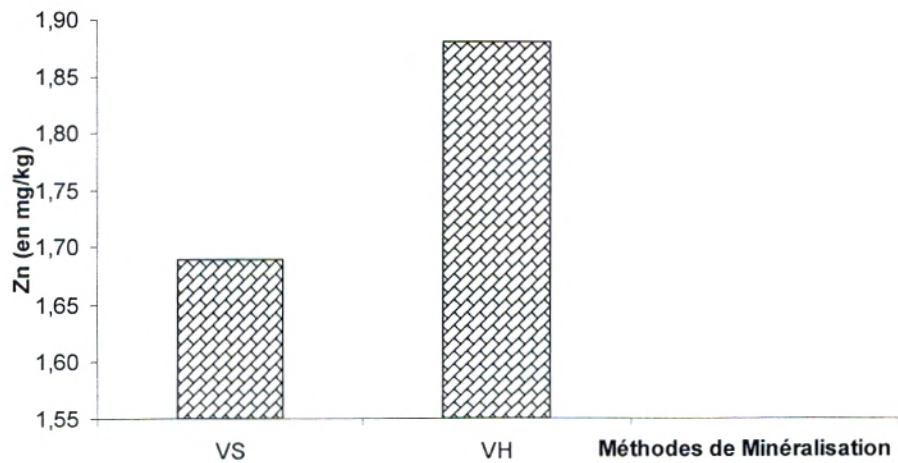


Figure 92: Comparaison des Concentrations moyennes du Zinc chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

Le nickel :

L'analyse du nickel a révélée l'absence de cet élément chez *Patella ferruginea* par les deux voies de minéralisation (**tab 34, fig. 93**).

Le chrome :

Selon les résultats d'analyse du chrome (**tab.34**), les concentrations enregistrées indiquent que cet élément existe chez la patelle. Son accumulation mise en évidence est beaucoup plus importante suite à l'utilisation de la voie sèche avec des valeurs variants entre 0,23-0,26mg/kg que pour la voie humide qui présentent des valeurs entre 0,126 et 0,392mg/kg (**fig.94**).

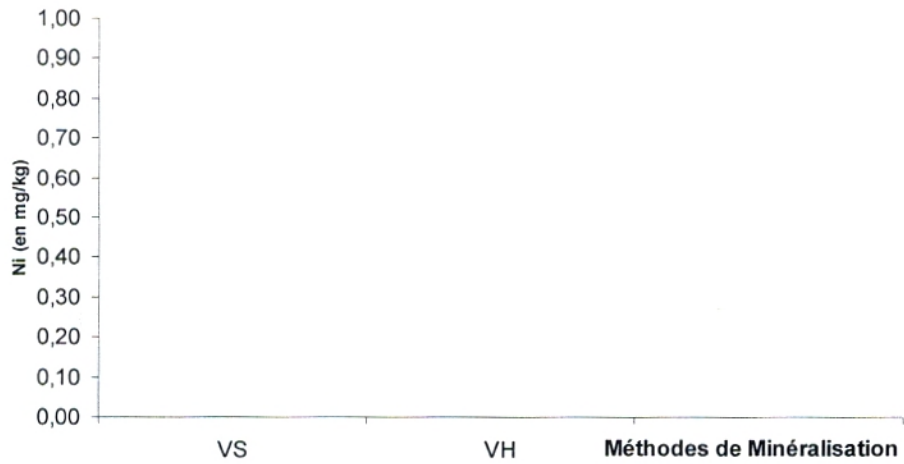


Figure 93: Comparaison des Concentrations moyennes du Nickel chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

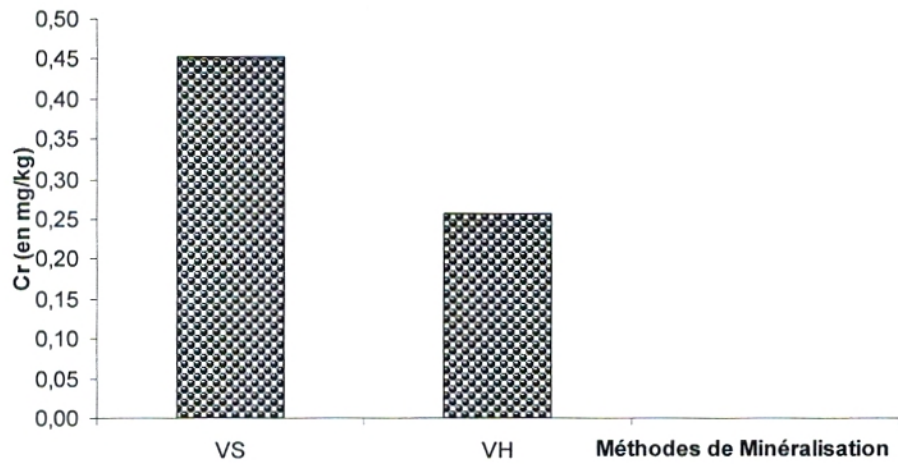


Figure 94: Comparaison des Concentrations moyennes du Chrome chez *Patella ferruginea* en mg/Kg selon la méthode de minéralisation (V.S, V.H)

Tableau 34 : Teneurs maximales, moyennes, minimales et écarts types des différents éléments métalliques par les deux voies de minéralisation (V.S :voie sèche, V.H : voie humide) en mg/kg chez *Patella ferruginea* prélevés à l'embouchure Oued Abdellah durant la période d'étude (Décembre 2005 – Sept 2006).

Eléments (mg/kg)		Méthodes de minéralisation	
		V.S	V.H
Cadmium	Max	0,031	0,026
	Moy	0,02	0,01
	Min	0	0,001
	σ	0,012	0,009
Cuivre	Max	0,052	0,078
	Moy	0,03	0,05
	Min	0,015	0,030
	σ	0,015	0,019
Fer	Max	13,46	20,67
	Moy	7,42	16,74
	Min	1,13	14,26
	σ	5,998	2,387
Plomb	Max	0,933	0,84
	Moy	0,61	0,66
	Min	0,379	0,52
	σ	0,204	0,117
Zinc	Max	1,936	2,346
	Moy	1,69	1,88
	Min	1,317	1,53
	σ	0,228	0,310
Nickel	Max	0	0
	Moy	0	0
	Min	0	0
	σ	0	0
Chrome	Max	0,69	0,392
	Moy	0,45	0,26
	Min	0,23	0,126
	σ	0,177	0,095

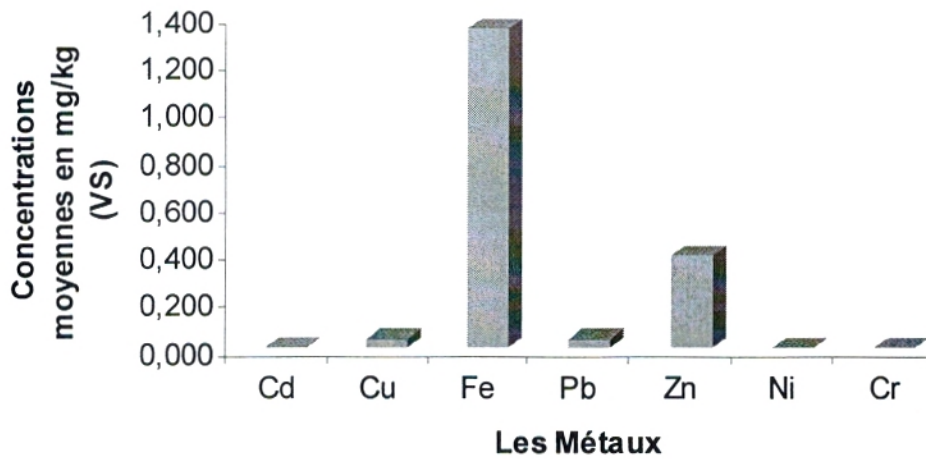
Max : Maximum

Moy : Moyenne

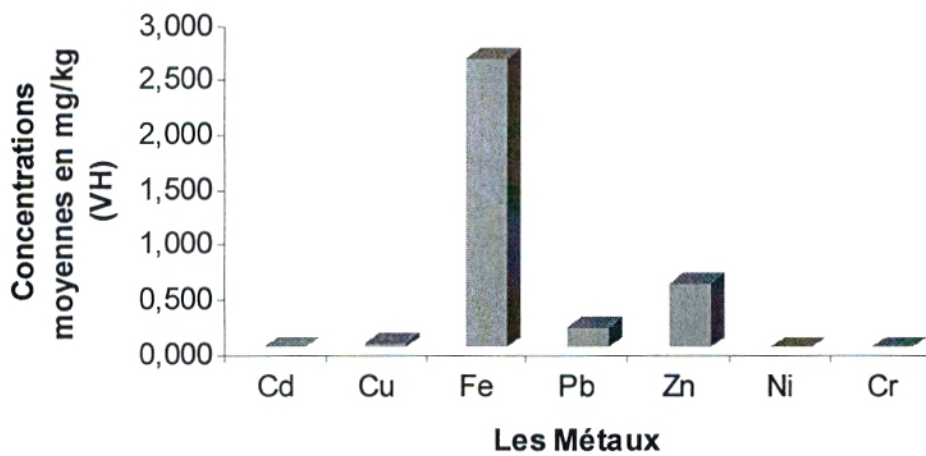
Min : Minimum

σ : Ecart type.

Station Embouchure Oued Abdellah



Station Embouchure Oued Abdellah



- VS : Voie sèche de minéralisation
- VH : Voie humide de minéralisation

Figure 95: Comparaison des teneurs moyennes métalliques
Chez la patelle suivant la méthode de minéralisation.

LE GRADIENT DE CONCENTRATION DES METAUX CHEZ *PATELLA FERRUGINEA*:

Chez la patelle, la teneur moyenne des métaux représentée suivant un gradient d'accumulation des métaux s'est avérée identique quelque soit la méthode de minéralisation utilisée (**Fig. 95**) :

- Station embouchure oued Abdellah (SA): **Fe > Zn > Pb > Cr > Cu > Cd > Ni**

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR (ANOVA1)

Les résultats de l'analyse de variance pour le facteur méthode d'analyse chez *Patella ferruginea* sont ci-dessous résumés (voir annexe):

Cd : p = 0,758 ;

Cu : p = 0,346 ;

Fe : p = 0,046 ;

Pb : p = 0,707 ;

Zn : p = 0,423 ;

Ni : * ;

Cr : p = 0,144.

De ce qui précède comme résultats, le fer seulement présente une différence significative ($p > 0,05$) entre les moyennes des concentrations moyennant les deux méthodes de minéralisations (sèche, humide). Pour les autres éléments métalliques la différence n'est pas significative.

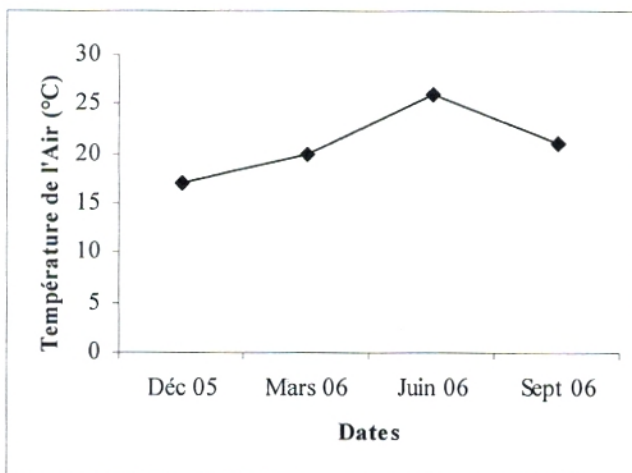
B- EVOLUTION TEMPORELLE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

I- EVOLUTION DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU :

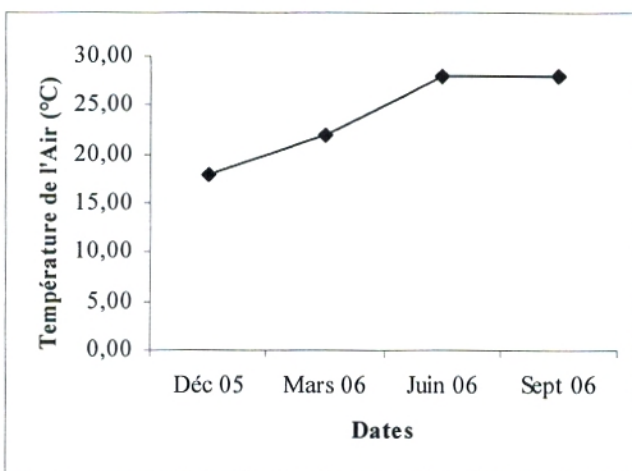
1- La température de l'air et de l'eau

D'après nos résultats de mesure, il s'avère que les températures enregistrées qu'elles soient de l'air ou de l'eau sont variables au cours des saisons (**fig. 96, fig. 97**). En effet, notre zone d'étude se situe sur la côte de la mer méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen. Cependant l'évolution similaire constatée est due à l'influence des températures de l'air sur celles de l'eau de mer.

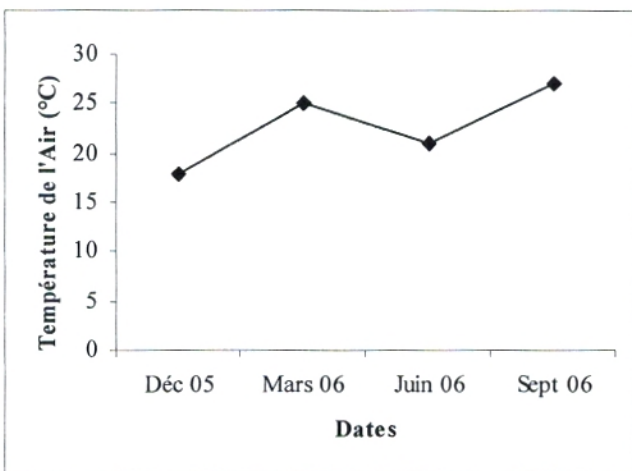
D'une manière générale, les températures les plus élevées sont observées pendant la période d'été (juin, septembre). Par contre, les températures les plus basses sont observées pendant l'hiver (décembre, mars).



STATION SP

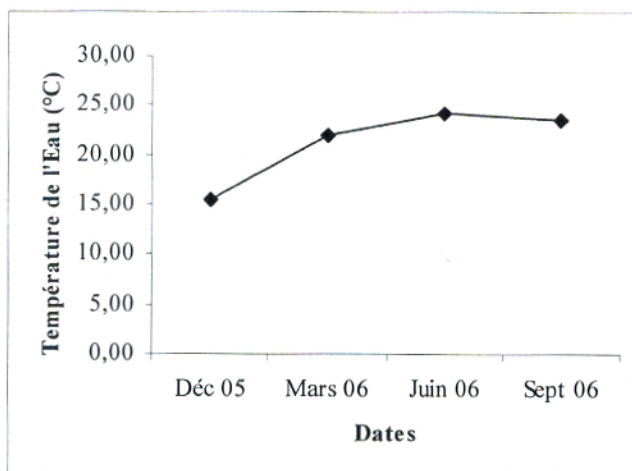


STATION SG

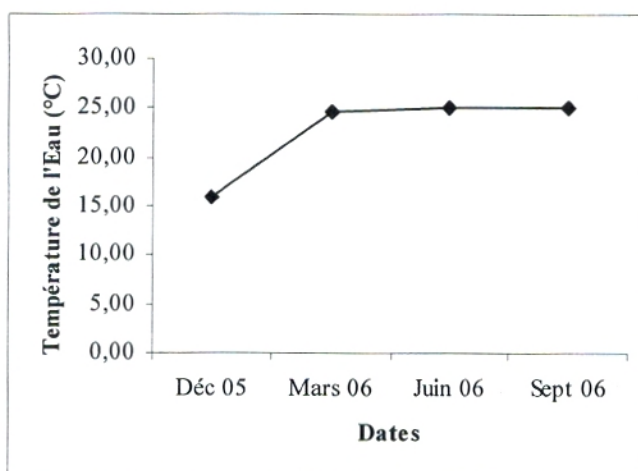


STATION SA

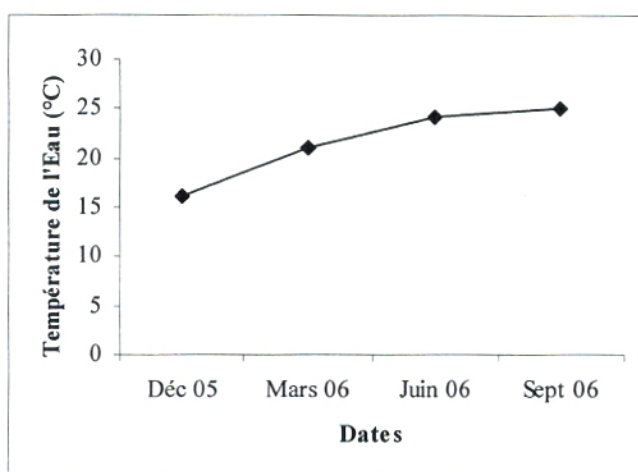
Figure 96 : Variations temporelles des températures de l'air (°C)



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 97 : Variations temporelles des températures de l'eau (°C)

2- Le pH :

Selon la **figure 98**, le pH de l'eau varie au niveau de la station (SA) entre 8,04-8,39, entre 8-8,20 pour la station (SP), et entre 7,96-8,25 pour la station (SG). Cette dernière station reçoit directement les rejets d'Alzinc légèrement basique (Moy =7,9 ; **M.A.T.E 2007**).

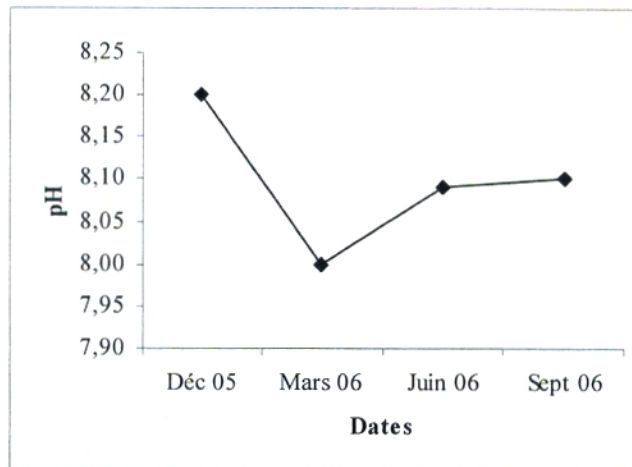
Par ailleurs, la variation du pH suivant les dates de prélèvement montre des valeurs qui se situent entre 8,20-8,39 au mois de décembre. Ces valeurs chutent au mois de mars (8-8,04) vraisemblablement à cause de l'activité photosynthétique et l'oxydation de la matière qui ont pour effet la libération du CO₂ (**Ivanoff, 1975**).

A partir du mois de juin, les valeurs du pH réaugmentent dans l'eau, elles oscillent en mois de septembre entre 8,10-8,19, la station (SG) montre une légère diminution attribuée probablement à un rejet d'Alzinc.

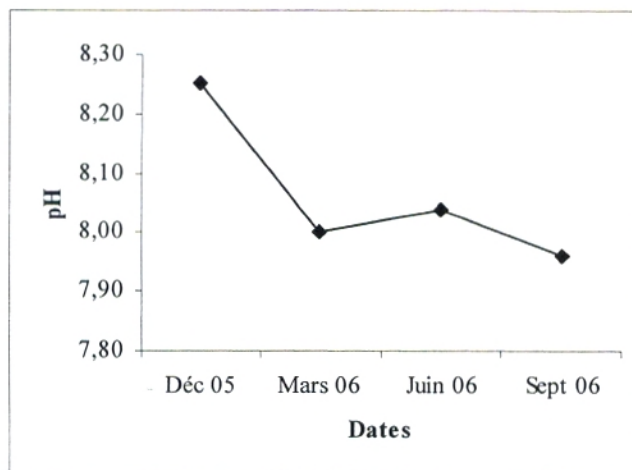
3- La conductivité électrique :

Les résultats de l'analyse de l'eau (**fig. 99**) montrent que la conductivité électrique dépasse en moyenne 54mS/cm pour tous les points de prélèvements et elle est variable au cours de l'année de suivi.

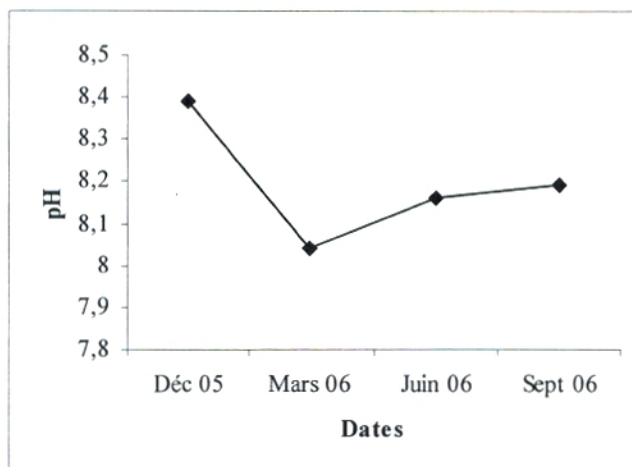
Cette conductivité montre des valeurs relativement faibles (54,2-54,4 mS/cm) lors de la période des crues (décembre-mars) qui augmentant légèrement en mois de mars (54,5-54,9 mS/cm). Par contre les valeurs extrêmes (55-55,3mS/cm) sont observées en mois de juin ce qui est lié à l'augmentation de la salinité de l'eau (**fig 100**). Ces teneurs diminuent en mois de septembre, les valeurs notées se situent entre 53,6-54,1 mS/cm. Cette diminution est attribuée probablement à des apports pluvieux qui diluent les concentrations.



STATION SP

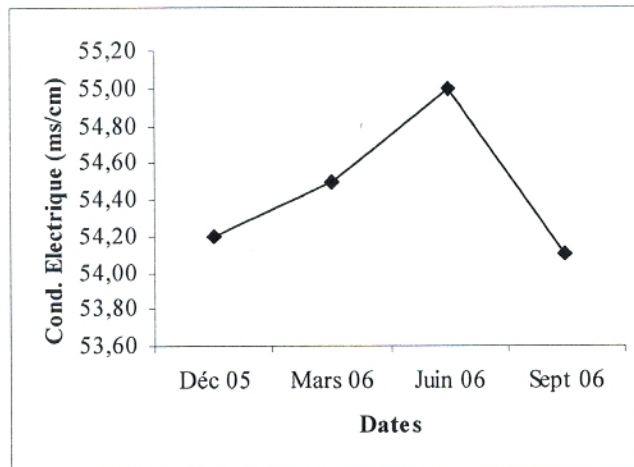


STATION SG

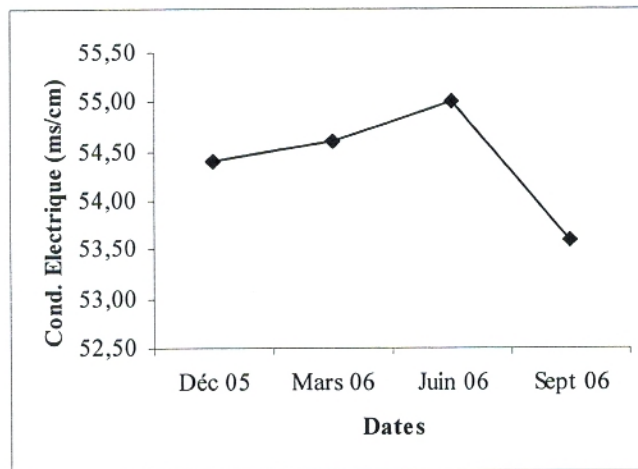


STATION SA

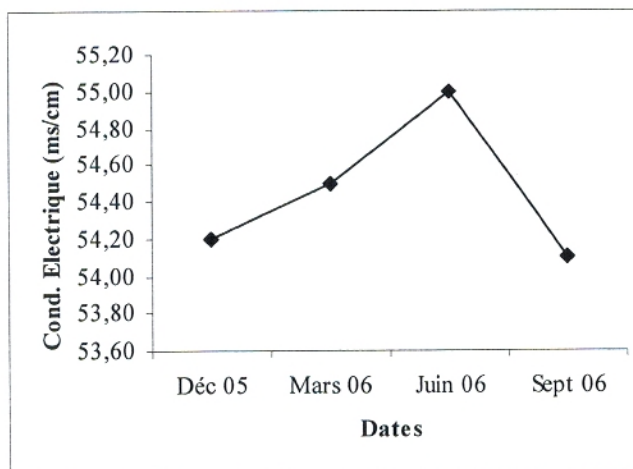
Figure 98 : Variations temporelles du pH de l'eau



STATION SP



STATION SG



STATION SA

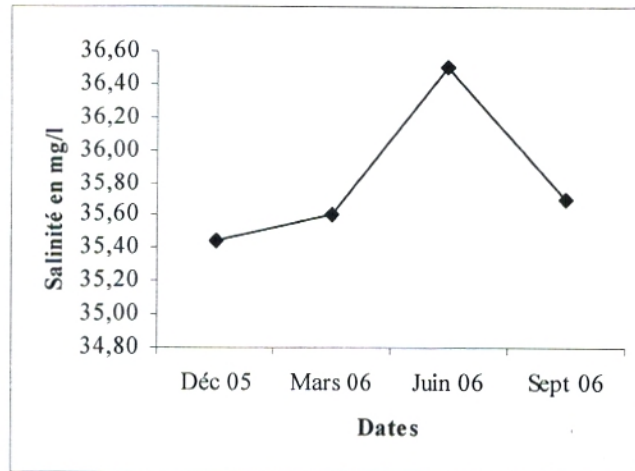
Figure 99 : Variations temporelles de la conductivité électrique (mS/cm)

4- La salinité :

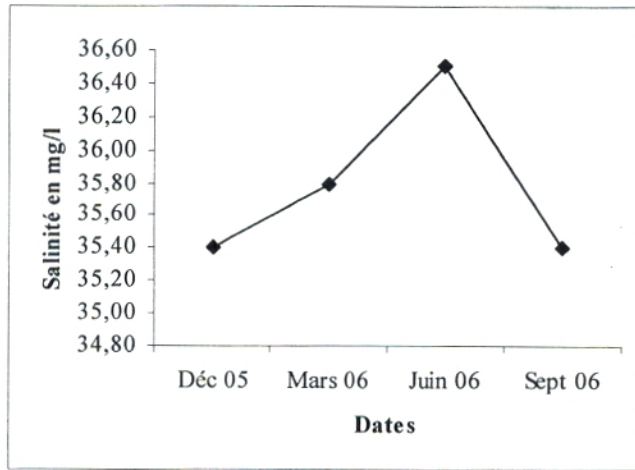
L'évolution de la salinité au cours des saisons (**fig. 100**) est marquée par une augmentation progressive à partir du mois de décembre (35,4 - 35,6mg/l) jusqu'au mois de mars (35,6 – 35,9 mg/l). La salinité de l'eau arrive à ses valeurs maximales relevées en mois de juin (36,5 – 36,6mg/l) puis elle diminue pour toutes les eaux au mois de septembre, les valeurs enregistrées en ce mois ci se situent entre 35,4 – 35,8 mg/l. Cette évolution dépend fort probablement du bilan hydrique entre les apports d'eau douce à partir de nos oueds et d'eau marine ainsi que l'importance de l'évaporation et de la pluviosité.

5- L'oxygène dissous :

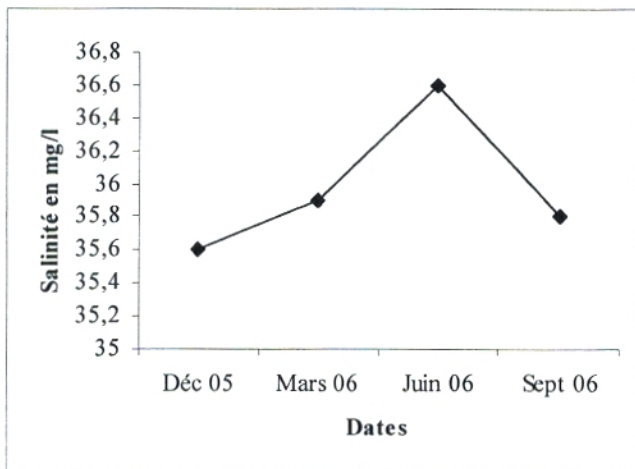
L'évolution temporelle de l'oxygène dissous dans l'eau est caractérisée par des teneurs assez élevées au mois de décembre (5,83-5,92mg/l) qui se suivent généralement par des diminutions de teneurs observées au mois de mars et au mois de juin (**fig. 101**), on enregistre pour ce dernier mois de valeurs entre 4,05-4,86 mg/l. Au contraire, on constate une augmentation des teneurs au mois de septembre (5,25- 8,11mg/l). Les causes de cette évolution pouvant être la température qui exerce une action directe sur la salinité et l'oxygène (**Chouikhi et al, 2003**). En outre l'influence de l'activité photosynthétique et la pollution par rejets de matières organiques ainsi que les variations des échanges atmosphériques à l'interface ne sont pas à écarter. (**Rodier, 1979**).



STATION SP

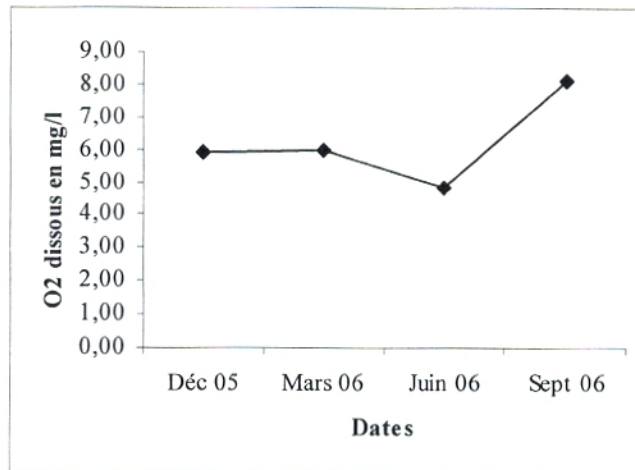


STATION SG

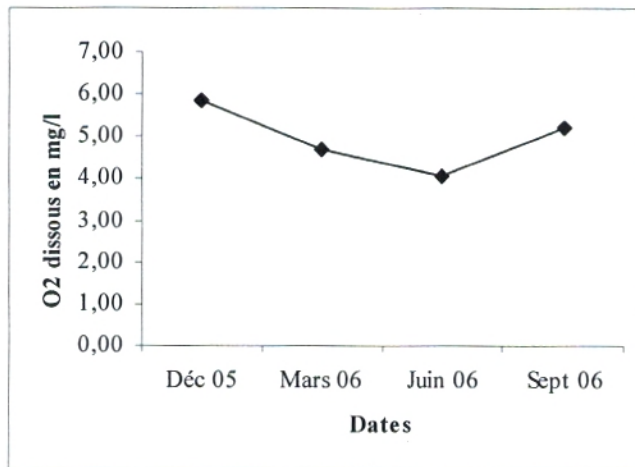


STATION SA

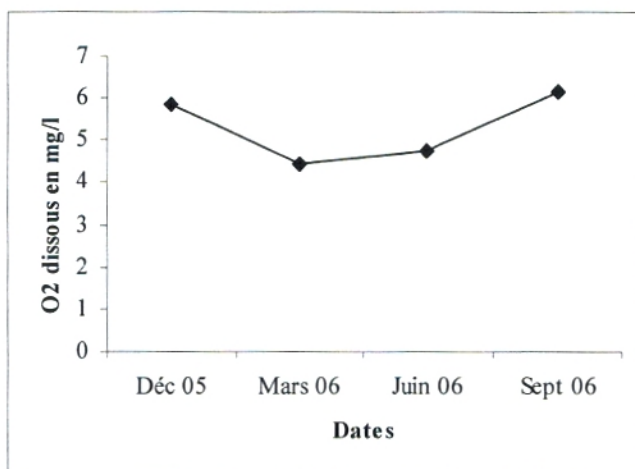
Figure 100 : Variations temporelles de la salinité (mg/l)



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 101 : Variations temporelles de l'oxygène dissous (mg/l)

II- EVOLUTION DES METAUX DANS L'EAU

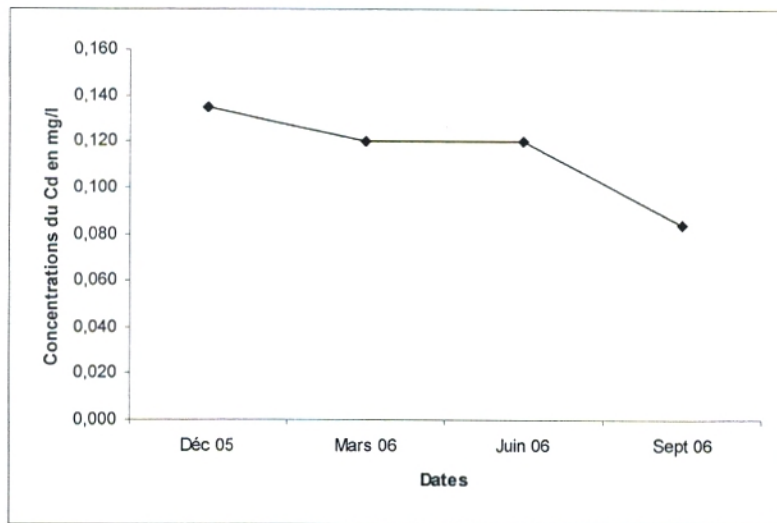
1) *Le cadmium :*

D'après la **figure 102**, des variations importantes du Cd sont observées pour les eaux de surface de nos stations d'étude.

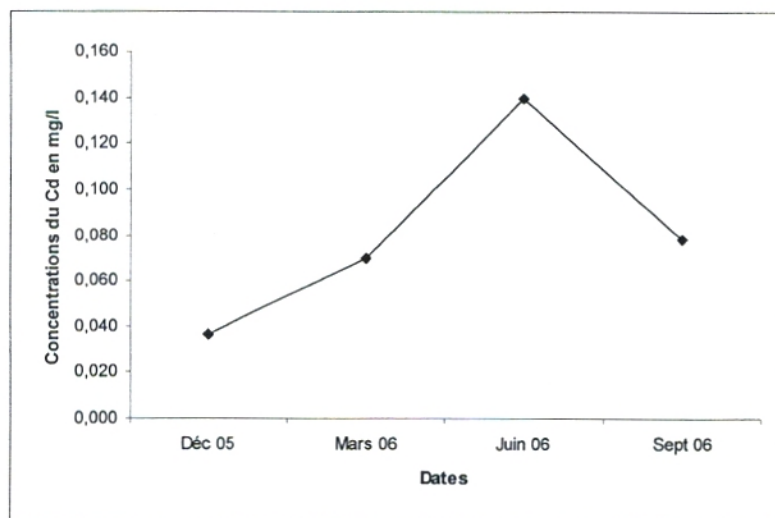
Les variations enregistrées au niveau de l'embouchure de l'oued Abdellah (SA) sont dues probablement à la variabilité des rejets de la station de dessalement d'une part, alors que la période des crues (Déc2005-mars2006) peut provoquer des remises en suspension du Cd préalablement déposés au fond (sédiments) notamment au mois de mars où le pic de concentration est enregistré (0,180mg/l). Pour les autres stations plus proches des agglomérations urbaines et industrielles (SP) et (SG) l'évolution du Cd est marquée par des teneurs assez élevées en période des crues avec une légère augmentation qui se fait sentir en mois de juin et une diminution de concentration en mois de septembre ceci laisse supposer que, la solubilisation du Cd s'accroît en cette période estivale coïncidant avec l'augmentation de la salinité (formation de Chlorocomplexes de Cd solubles) (**Chiffolleau et al., 1999**).

2) *Le cuivre :*

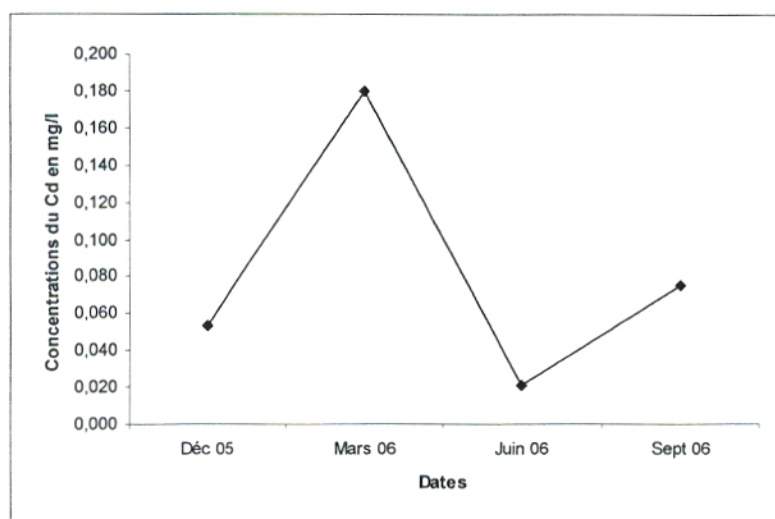
L'évolution du cuivre au niveau des eaux prélevées pour notre étude est marquée par une similitude de variations temporelles au niveau des trois stations prospectées (**fig. 103**). Cette similitude se traduit par des valeurs exceptionnellement élevées enregistrées en mois de décembre 2005 par rapport aux concentrations relevées durant le reste de la période de suivi. Ces pics observés (1,961-2,714mg/l) sont liés soit à un relargage du cuivre à partir des sédiments remis en suspension lors des crues survenues à cette période, soit à des rejets industriels contenant du cuivre en particulier à partir d'Alzinc (station de traitement en panne en nov.2005). Si on exclut ces valeurs, les concentrations en cuivre varient entre 0,020 et 0,150mg/l dans toutes les stations avec une augmentation légère signalée en mois de juin 2006.



STATION SP

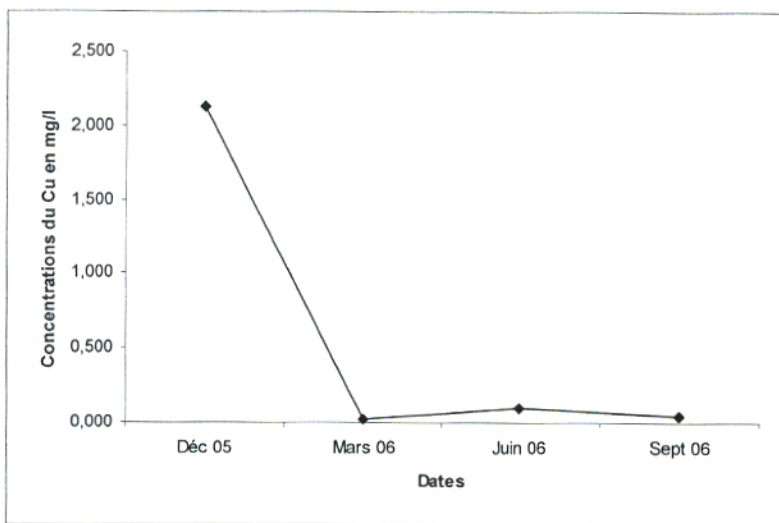


STATION SG

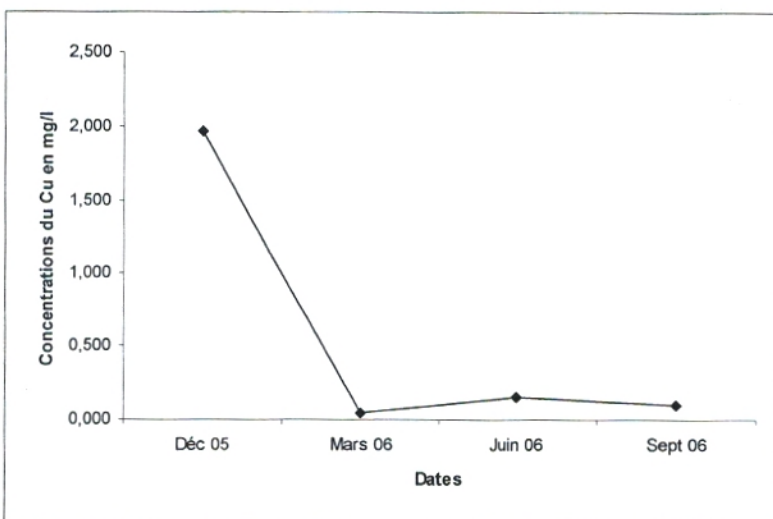


STATION SA

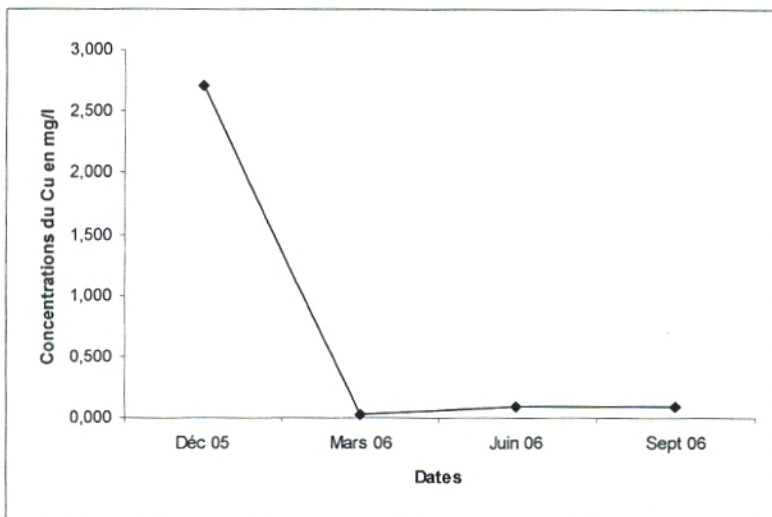
Figure 102 : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/l) dans l'eau



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 103 : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/l) dans l'eau

3) Le fer :

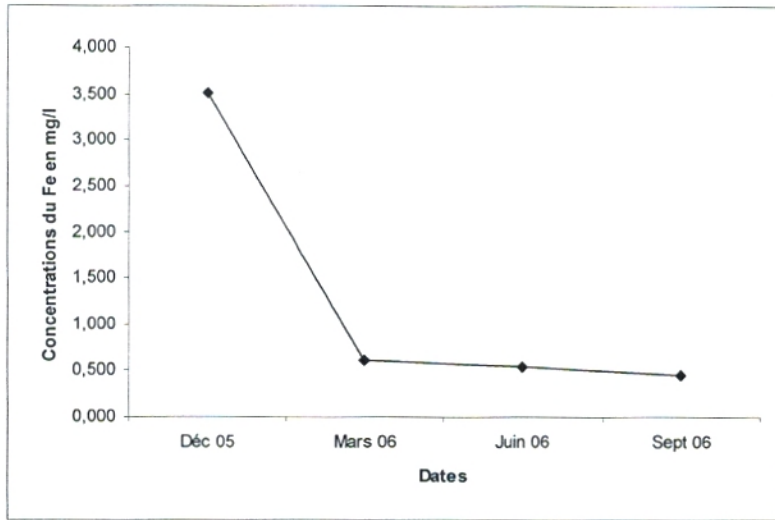
Le fer montre de grandes variations au cours des saisons au niveau de nos stations d'étude (**fig.104**) ce qui est vraisemblablement en relation avec la variabilité des rejets et la forme sous laquelle se présente cet élément dans le milieu.

En effet, pour l'ensemble des stations les pics de concentrations (3-6mg/l) sont observés en mois de décembre ce qui semble être lié soit à une remise en suspension du fer à partir des sédiments, soit aux différentes rejets et apports des oueds lors des crues. Ces concentrations du fer diminuent considérablement en mois de mars par rapport à ceux du mois de décembre probablement du fait de la dilution en cette période des crues, puis une légère augmentation de concentrations s'observe en mois de juin et septembre respectivement pour la station (SA) et (SG) en relation probable avec les rejets importants des unités industriels (Station dessalement, complexe Alzinc).

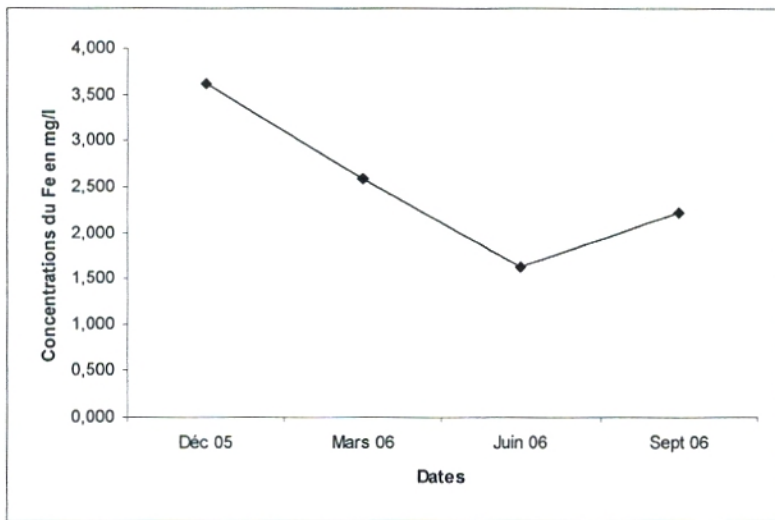
4) Le plomb :

Les concentrations en plomb présentent de fortes fluctuations qui semblent identiques pour les eaux de nos stations durant la période d'étude (**fig.105**).

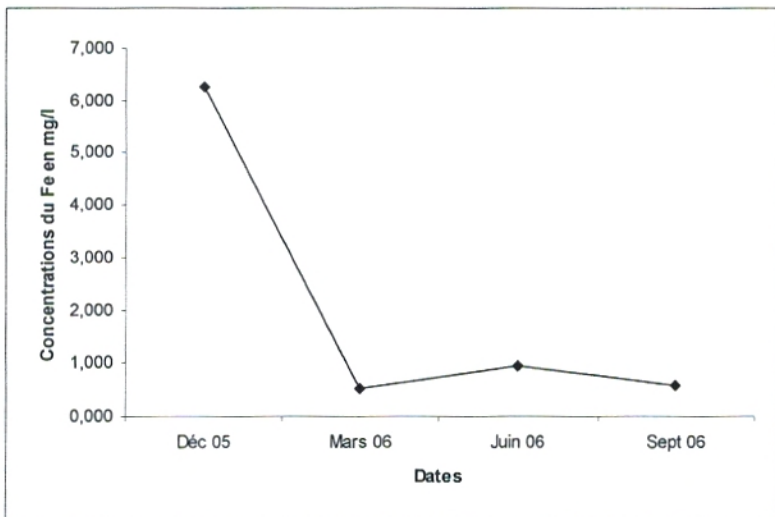
Dans l'ensemble, les concentrations atteignent les valeurs maximales enregistrées en mois de décembre causée probablement par une libération du Pb piégé (relargage) à partir des sédiments par les premières crues survenues en cette période. Contrairement à cette situation, les concentrations chutent et atteignent les valeurs minimales enregistrées en mois de mars (0,080-0,130mg/l) dont la cause serait une dilution cette fois-ci. En mois de juin, et pour toutes nos eaux les concentrations marquent un accroissement de la teneur en Pb qui se suit jusqu'en mois de septembre où les valeurs reviennent proches des concentrations initiales à cause de l'importance des rejets reçus à partir des localités urbaines et industrielles. Cependant, il se peut que la solubilité du Pb en eau aurait augmentée avec l'élévation de la température de l'eau en période estivale (**Rodier, 1996**).



STATION SP

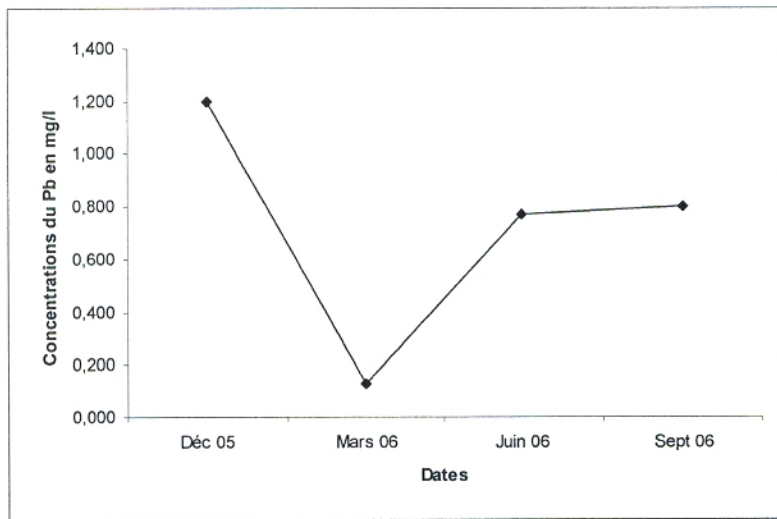


STATION SG

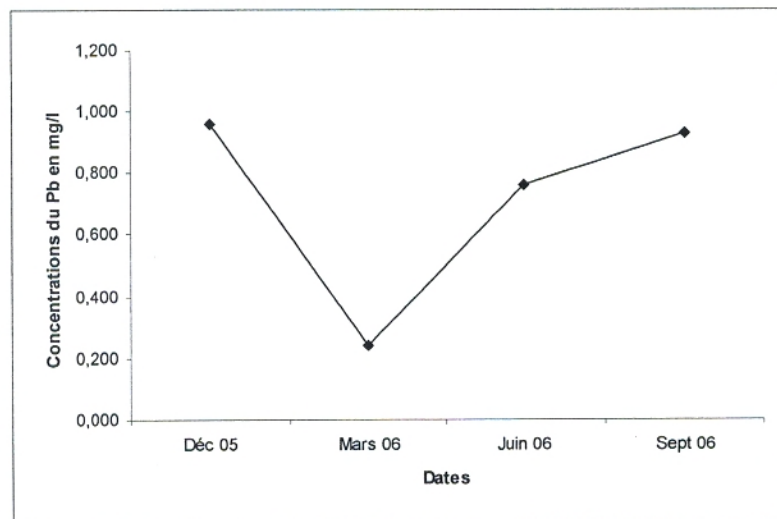


STATION SA

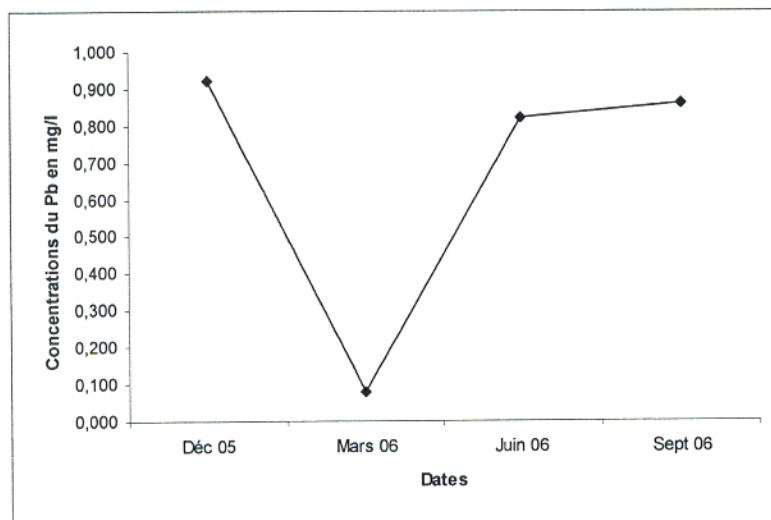
Figure 104 : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/l) dans l'eau



STATION SP



STATION SG



STATION SA

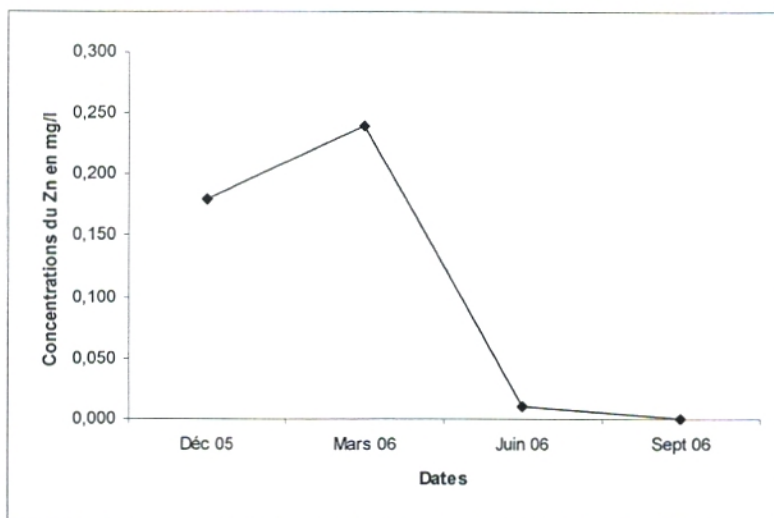
Figure 105 : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/l) dans l'eau

5) Le zinc :

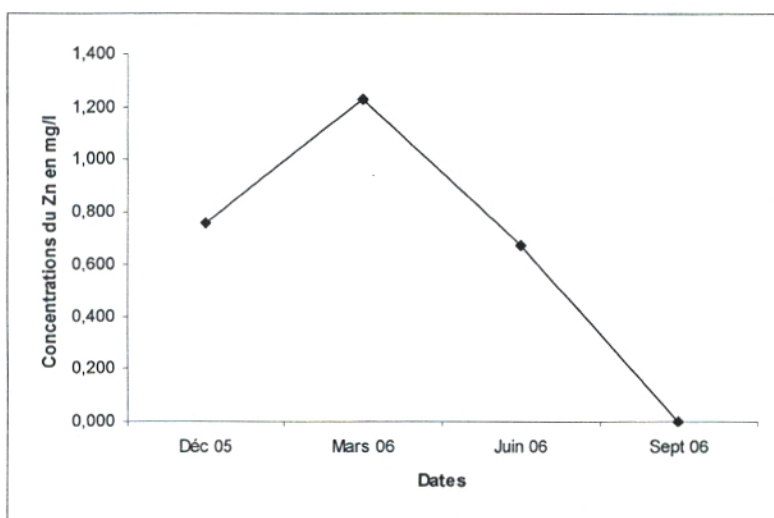
Durant la période du suivi de l'évolution du zinc, les concentrations relevées de cet élément en eaux de surface s'avèrent très fluctuantes d'une saison à une autre pour l'ensemble des stations retenues (**fig. 106**), ce qui est à mettre en relation avec l'importance des rejets, et la variabilité des apports pluviaux (crues, décrues).

Pour la station du port (SP) et la station d'embouchure d'Oued Ghazouana (SG), tous deux en grande partie influencés par les rejets d'Alzinc reçus directement par l'oued Ghazouana, les concentrations enregistrées lors de la période des crues (Décembre – Mars) sont beaucoup plus élevées (0,180-1,230mg/l) que celles observées pour la période de juin et septembre, ce qui pourrait être lié aux libérations importantes du zinc effectuées à partir des sédiments par remise en suspension de ces derniers en période hivernale.

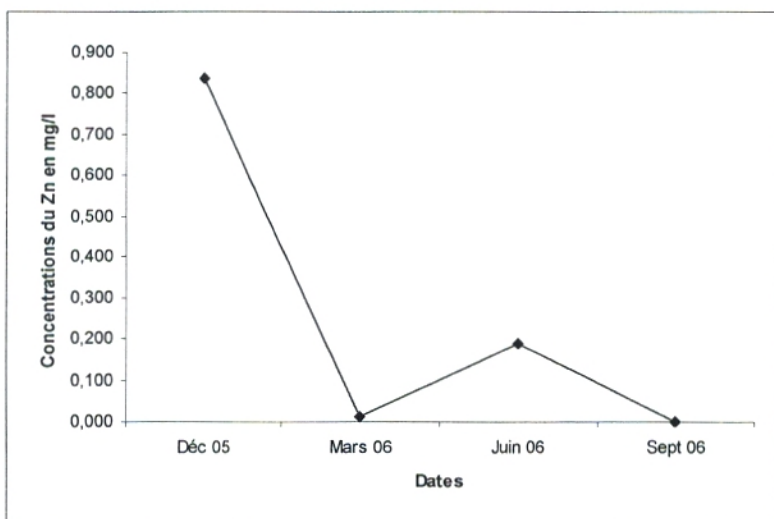
De même, l'évolution du zinc dans la station de l'embouchure d'Oued Abdellah (SA) réceptrice de rejets de dessalement et des eaux d'assainissement des localités avoisinantes montre un pic de concentration en mois de décembre et variation de concentration marquée par une chute de concentration en mois de mars voir absence même en septembre et un accroissement de teneur notée du fait probable d'un effluent contaminé en mois de juin.



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 106 : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/l) dans l'eau

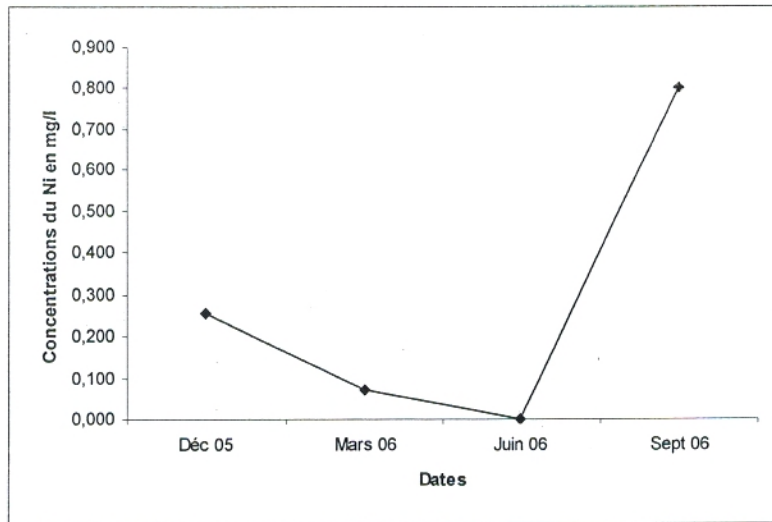
6) Le nickel :

D'après nos résultats, il se montre que le nickel est sujet à de grandes variations au cours du temps qui sont aussi similaires au niveau des différentes eaux superficielles de nos stations d'étude (**fig. 107**).

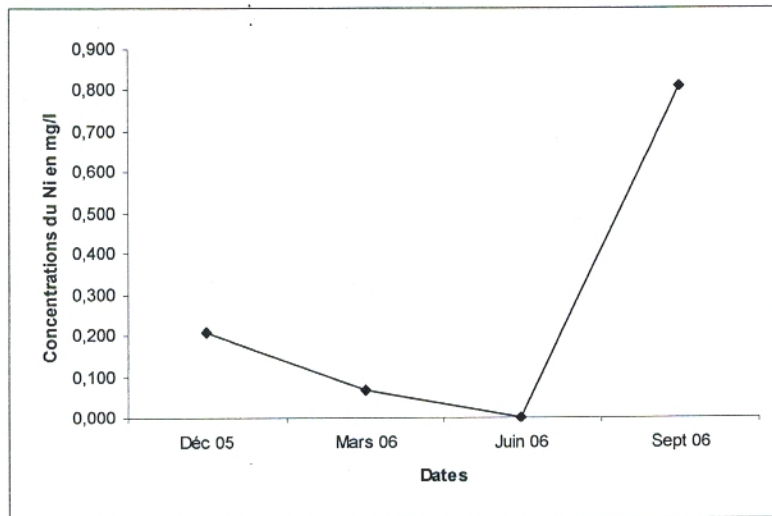
En effet, les concentrations observées en mois de décembre sont relativement élevées (0,209-0,271mg/l) et correspondent probablement à une remise en suspension du nickel à partir des sédiments ou à des rejets effectués en cette période. En mois de mars, les concentrations marquent une diminution ce qui correspond probablement à une dilution effectuée en cette période de pluies. Cette diminution s'accroît jusqu'à une absence de cet élément relevée en mois de juin. En mois de septembre, une augmentation brutale des concentrations est constatée (0,800-0,890mg/l) dû à des apports de nickel d'origine domestiques et industriels.

7) Le chrome :

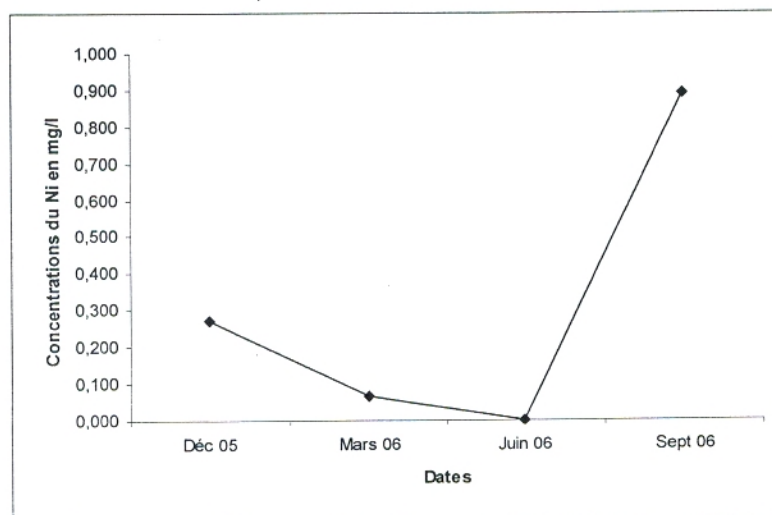
Les concentrations en chrome des eaux superficielles montrent une variabilité identique observée pour toutes les stations de notre étude (**fig.108**). Les concentrations relevées lors de la période des crues (décembre- mars) sont largement plus faibles entre 0,004 – 0,005mg/l comparées à celles trouvées au mois de juin et septembre (0,100-0,410mg/l). Cette augmentation des concentrations en ces mois ci est vraisemblablement due aux rejets provenant essentiellement du complexe Alzinc et la station de dessalement.



STATION SP

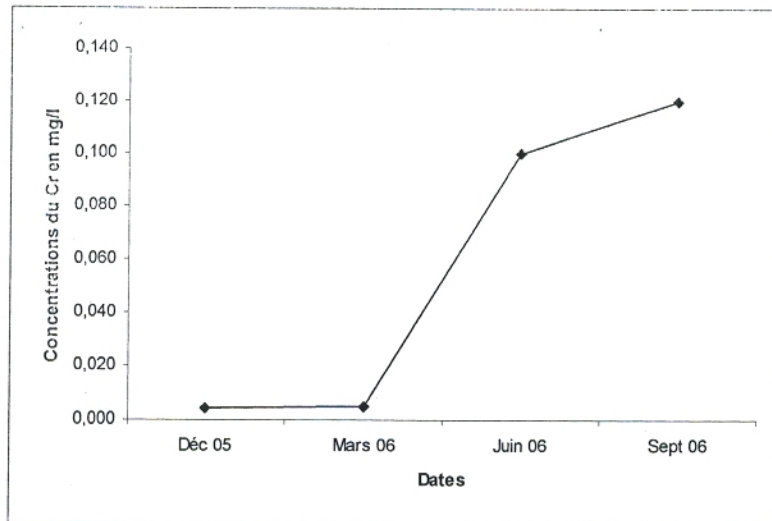


STATION SG

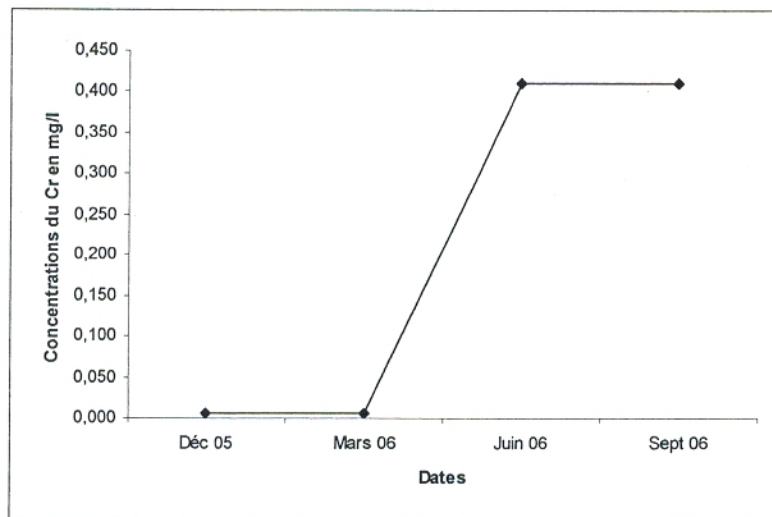


STATION SA

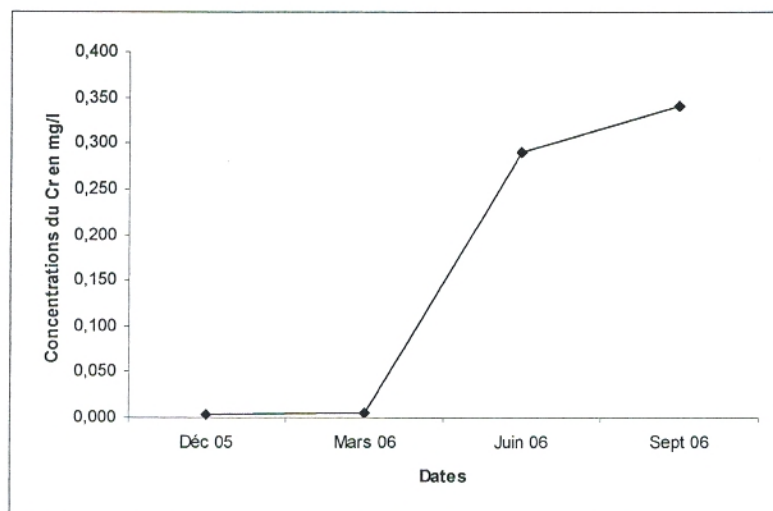
Figure 107 : Variations temporelles des concentrations du nickel dans l'eau



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 108 : Variations temporelles des concentrations du chrome (mg/l) dans l'eau

Analyse de la Variance à un Facteur (ANOVA1)

On a testé par une analyse de variance nos concentrations métalliques relevées aux différentes stations pour l'eau, successivement pour tous les métaux de notre étude en considérant cette fois ci le facteur «date» (voir annexe). Les résultats de la valeur de p (probabilité de rejet de H_0) se présentent comme suit :

Cd : $p = 0,641$,

Cu : $p = 0,00$;

Fe : $p = 0,014$;

Pb : $p = 0,00$;

Zn : $p = 0,360$;

Ni : $p = 0,00$;

Cr : $p = 0,016$.

(les valeurs de $p=0,00$ sont du fait que le Minitab a donné une valeur tronquée)

D'après ces résultats, et excepté le cas du Cd et du Zn où $p > 0,05$, l'analyse des autres métaux montre que la différence de la concentration métallique suivant la date de prélèvement dans l'eau est significative, donc le facteur temps influe pour ces derniers sur la contamination de ces eaux.

Corrélation entre les métaux dans l'eau de mer :

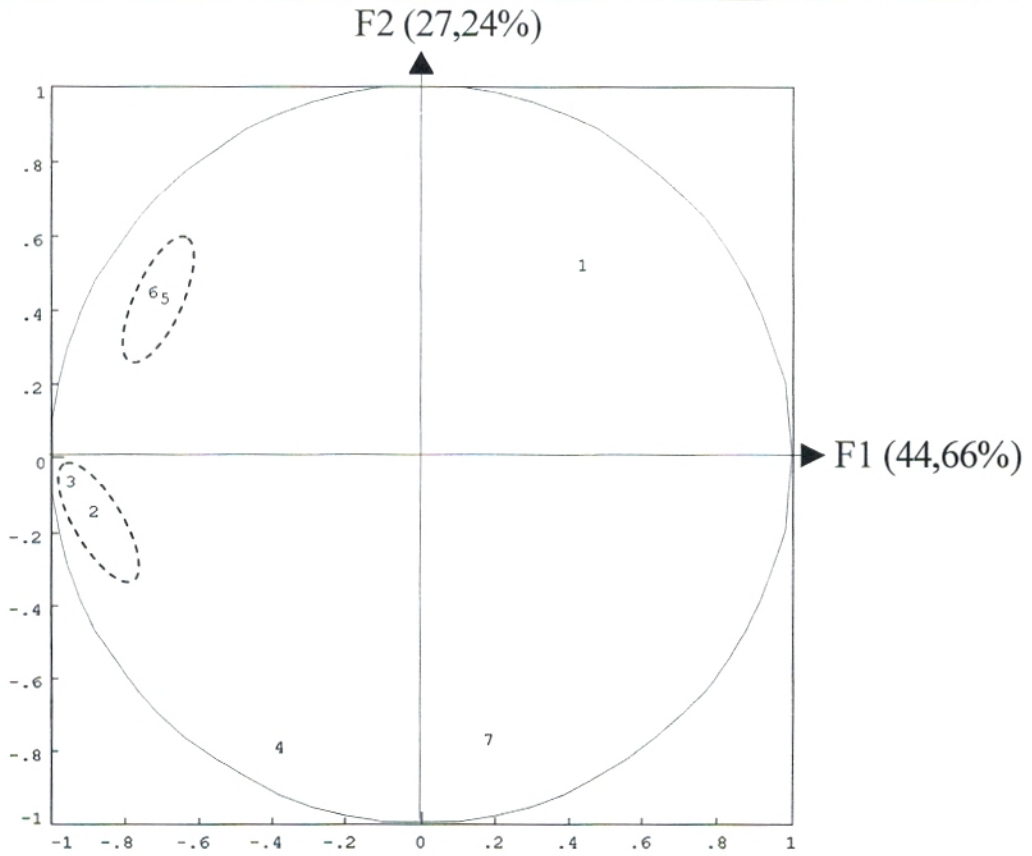
La projection des sept variables et des échantillons d'eaux sur le plan des composantes principales a été effectuée sur deux axes qui représentent 71,9% de la variance totale (fig. 109).

L'axe F_1 contribue à 44,66% de l'inertie du nuage de points, et l'axe F_2 à 27,24%.

L'axe F_1 est défini par le cuivre et le fer respectivement avec 25,69 % et 29,38%, alors que le plomb (33,93%) et le nickel (32,08%) contribuent en grande partie à la définition de l'axe F_2 .

Sur l'axe F_1 , il se montre que le Cd s'oppose au Zn et au Cr. De même, le Ni s'oppose au Cu et au Fe sur cet axe. Ces éléments sont négativement corrélés dans l'eau. le cuivre et le fer présentent une liaison positive.

Sur l'axe F_2 , une corrélation négative est également observée entre le Cd et le Ni, et entre le Zn, Cr d'une part et le Cu et le Fe d'autre part.



Absolute contributions of columns.
Factors are in columns.

	F1	F2
1	567.	1356.
2	2569.	128.
3	2938.	32.
4	496.	3393.
5	1601.	912.
6	1736.	971.
7	94.	3208.

Dosage du Cd	1
Dosage du Cu	2
Dosage du Fe	3
Dosage du Pb	4
Dosage du Zn	5
Dosage du Cr	6
Dosage du Ni	7

Relative contributions of columns
Factors are in columns.

	F1	F2
1	1771.	2586.
2	8031.	245.
3	9183.	61.
4	1551.	6469.
5	5005.	1739.
6	5426.	1850.
7	293.	6115.

Figure 109 : Résultats d'ACP des éléments métalliques en eau de mer.

III- EVOLUTION DES METAUX DANS LES SEDIMENTS

1) *Le cadmium :*

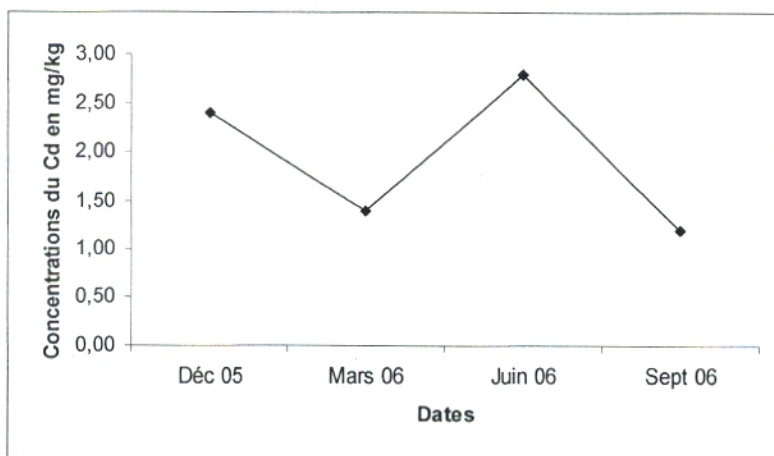
L'analyse des variations temporelles du Cd dans les sédiments superficiels aux différentes stations d'étude montre que la présence de cet élément est marquée par une variabilité saisonnière due en grande partie à l'irrégularité des rejets.

Comme le montre la **figure 110**, les concentrations enregistrées en mois de décembre 2005 sont relativement élevées (0,14-2,40mg/kg) et témoignent d'une contamination en Cd en provenance des installations urbaines et industrielles. Ces concentrations diminuent en mois de mars probablement par un nettoyage effectué par les crues lors de cette période. En mois de juin, deux pics de concentrations sont relevés (2,80 et 0,36 mg/kg) respectivement pour la station (SP) et la station (SA) puis une diminution de teneurs en Cd caractérise ces sédiments en mois de septembre. Cependant, la station de l'embouchure Ghazouana marque une évolution inverse des précédentes à savoir une diminution de teneurs en mois de juin qui s'en suit d'une augmentation de concentration en mois de septembre.

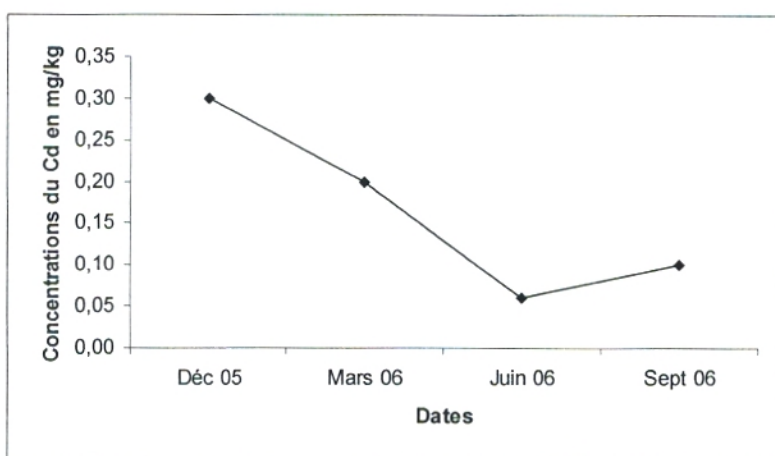
2) *Le cuivre :*

Les concentrations de cuivre dans les sédiments superficiels présentent une évolution qui semble identique au niveau de nos stations au cours des dates de prélèvements (**fig.111**). Les valeurs les plus élevées du cuivre sont observées (46,80-75,60mg/kg) en mois de mars ce qui est probablement dû à des effluents contaminés provenant à partir des localités urbaines et industrielles de proximité. Cette augmentation de teneurs pourrait également avoir d'autre origine en cette période de crues comme les apports de cuivre provenant par ruissellement à partir des terrains agricoles ou bien à partir des remises suspensions des quantités de cuivre déjà stockés dans les oueds qui sont ramenés aux embouchures (100 tonnes d'azote et 30 tonnes de phosphore sont rejetés directement dans les oueds de la zone d'étude ; **M.A.T.E 2007**).

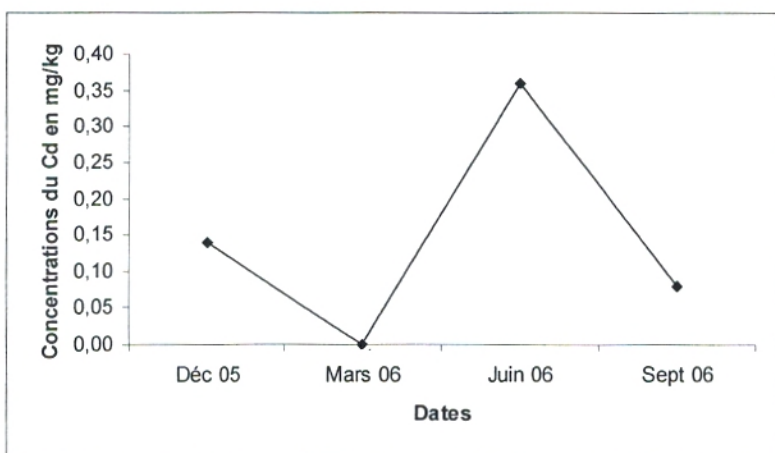
Durant le reste de la période de suivi, les concentrations en cuivre sont relativement faibles fluctuants entre 18,20 et 39,00 mg/kg pour la station (SP) et de 2,40 à 6,80 mg/kg pour les deux stations (SG) et (SA).



STATION SP

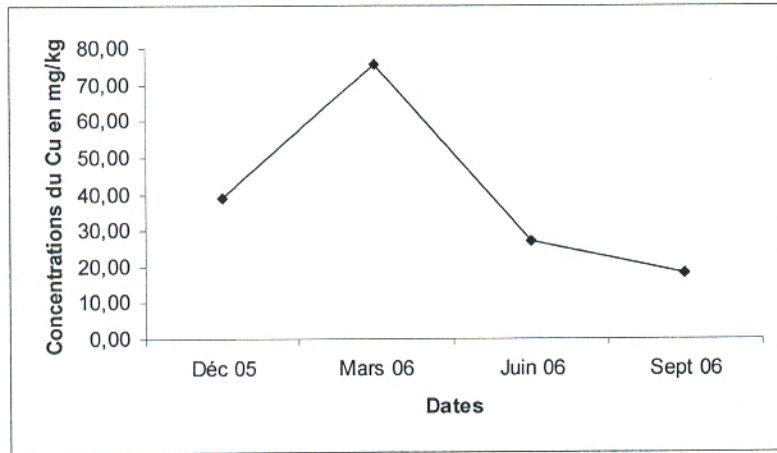


STATION SG

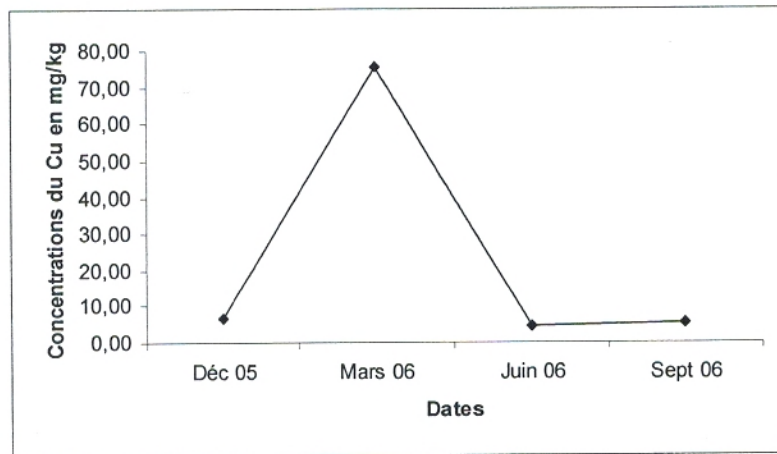


STATION SA

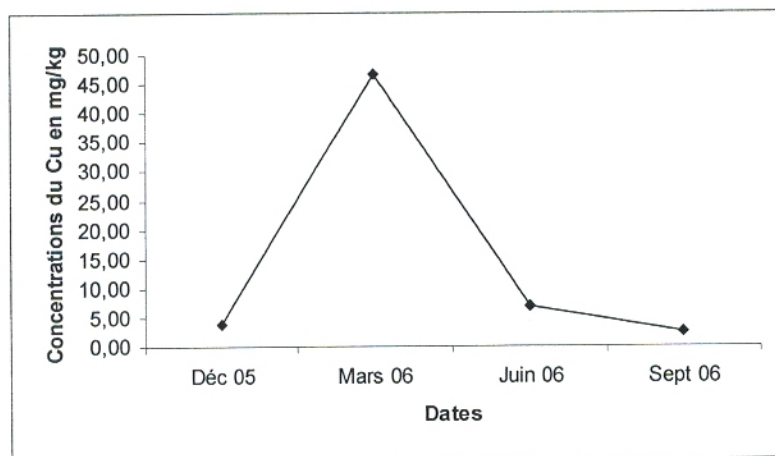
Figure 110 : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/kg) dans les sédiments



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 111 : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) dans les sédiments

3) Le fer :

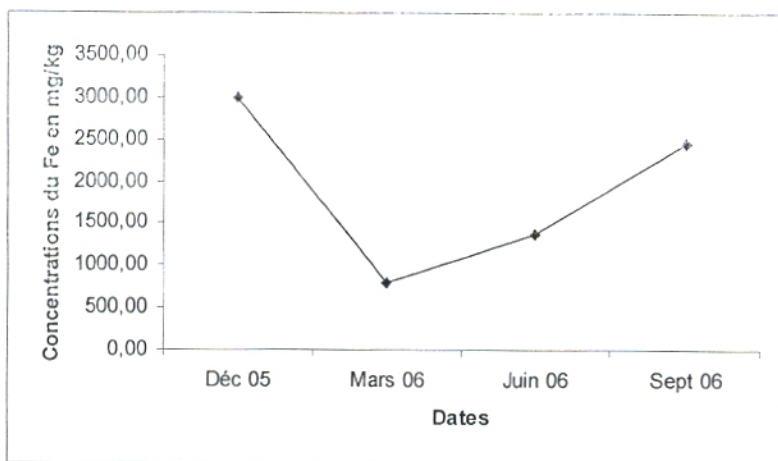
Selon la **figure 112**, les stations étudiées présentent des variations importantes de teneurs en fer des sédiments superficiels.

Dans l'ensemble, les teneurs observées en mois de décembre sont beaucoup plus élevées voir des maxima relevés (3000mg/kg et 2360mg/kg) respectivement pour la station du port (SP) et la station Ghazouana (SG). Cette situation traduit nettement l'importance des apports en fer charriés par nos oueds à partir des installations urbaines et industrielles de la région. En mois de mars, et par les crues survenants, un effet contraire est observé probablement un relargage qui s'est effectué donnant une diminution de la teneur en fer du sédiment. A partir de juin et jusqu'au mois de septembre, les concentrations en fer sont beaucoup plus influencées par les rejets directs (oueds asséchés), on note un pic de concentration pour la station SA (2720mg/kg) et des élévations considérables des teneurs en fer respectivement pour la station du port (SP) et la station Ghazouana (SG).

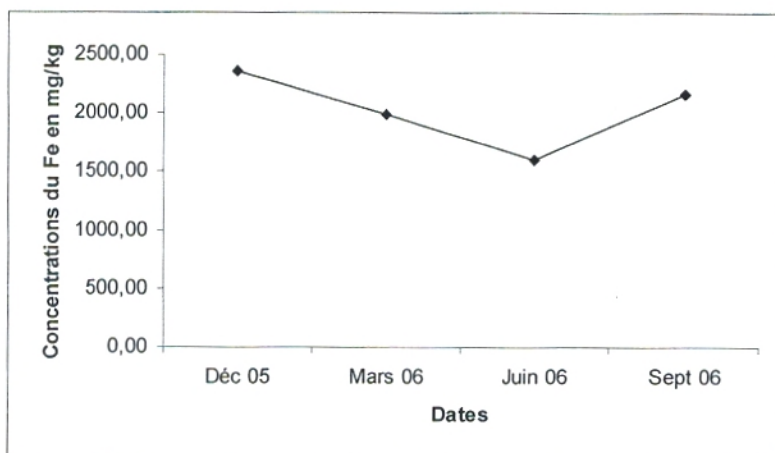
4) Le plomb :

L'évolution saisonnière du Pb dans les sédiments superficiels est marquée par une variabilité de teneurs durant la période d'étude qui diffère selon la station (**fig.113**).

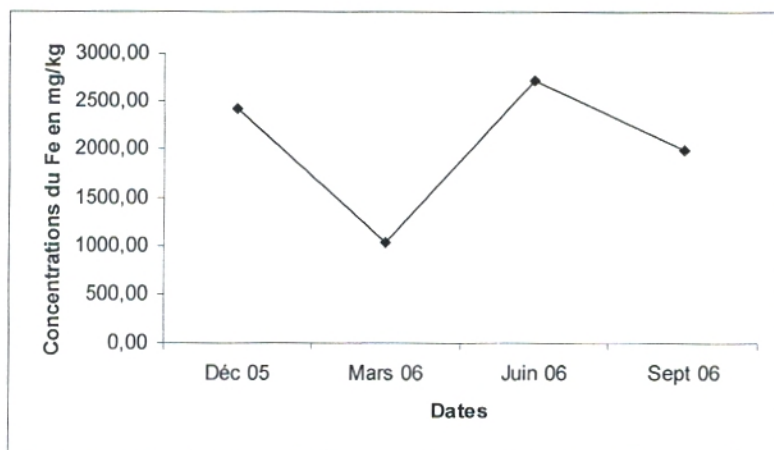
Dans l'ensemble, les concentrations observées en période des crues sont beaucoup plus importantes notamment en mois de décembre pour la (SP) et la station (SA) ce qui est lié en grande partie à des rejets importants en cette période (station de traitement d'Alzinc a connu un arrêt en novembre 2005). En période estivale, et à l'exception de la station du port (SP) caractérisée par sa granulométrie fine, les sédiments au niveau des autres stations (SG, SA) montrent une diminution de teneurs en Pb probablement à cause d'une remobilisation du Pb qui peut se produire par sa solubilisation sous l'effet de l'augmentation de la température de l'eau et de la salinité en cette période. (**Rodier, 1996; Sabra, 1998**).



STATION SP

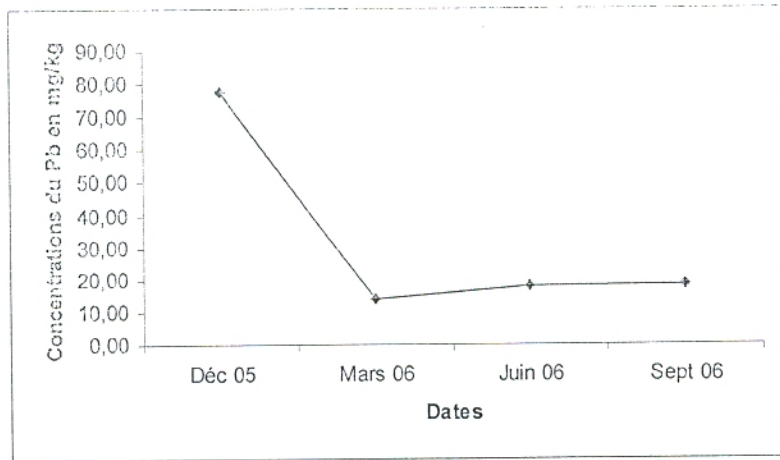


STATION SG

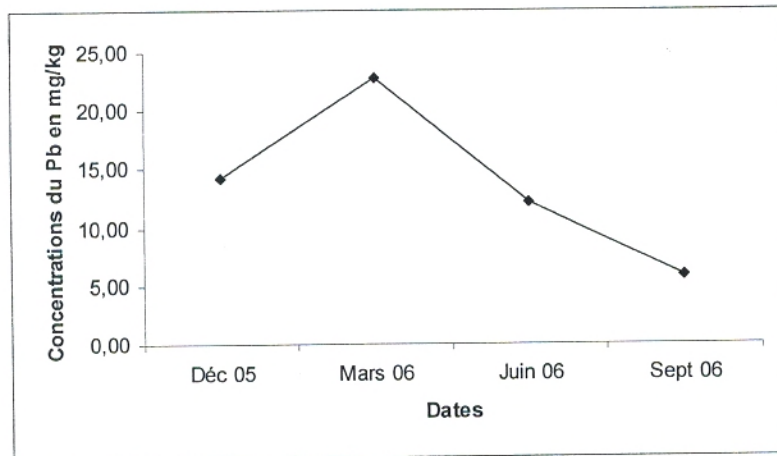


STATION SA

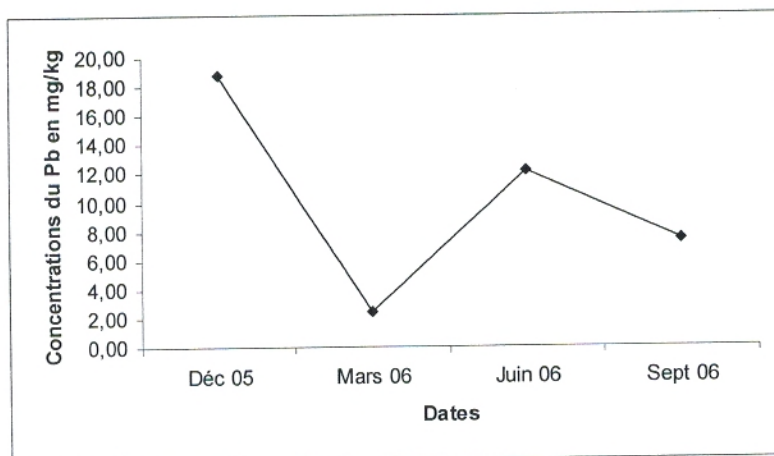
Figure 112 : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) dans les sédiments



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 113 : Variation saisonnière des concentrations du plomb (mg/kg) dans les sédiments

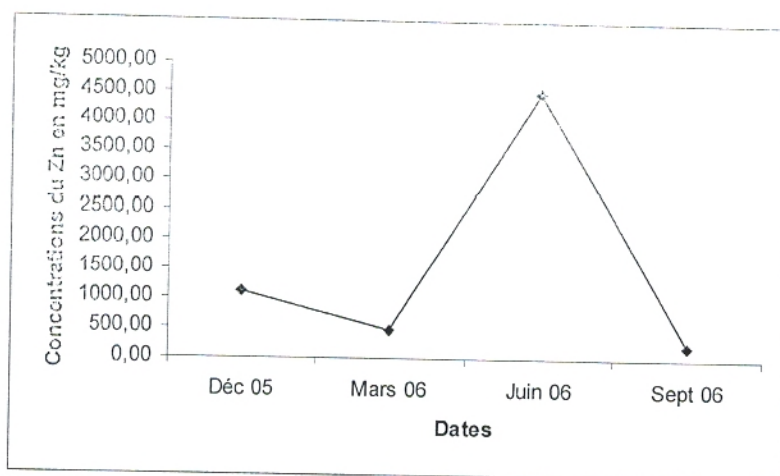
5) Le zinc :

Les teneurs en Zinc des sédiments superficiels montrent des variations assez importantes au cours des saisons en relation probable avec l'importance des rejets reçus à partir des localités avoisinantes (**fig.114**).

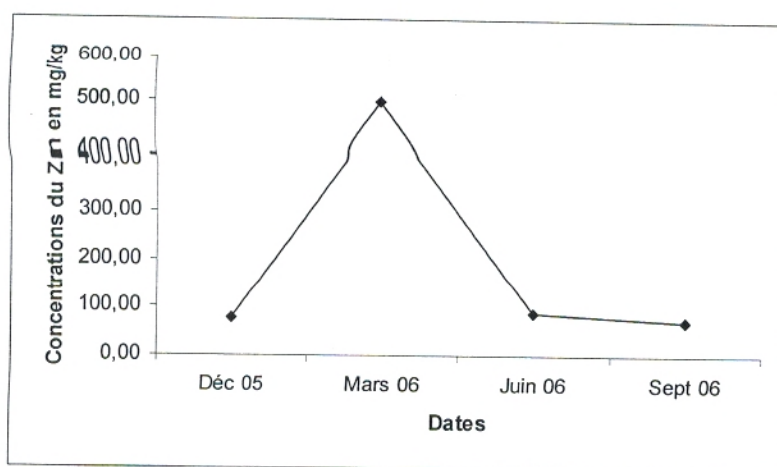
Au niveau de la station d'embouchure d'Oued Ghazouana réceptrice des rejets d'Alzinc le pic de concentration (500mg/kg) est relevé en mois de mars, les teneurs en zinc chutent à partir du mois de juin jusqu'au mois de septembre pour devenir proche à celle observée en mois de décembre (69-77mg/kg). La station du port (SP) présente sa valeur maximale en mois de juin (4500mg/kg), cette accumulation intense du zinc provenant de différentes sources (7000 tonnes de matières premières de zinc est déchargée par les navires chaque mois d'où la possibilité de déversements, **M.A.T.E, 2006**) et aussi favorisée par la granulométrie fine riche en matières organiques du sédiment portuaire. Quant à la station d'embouchure d'oued Abdellah (SA), la teneur du sédiment en zinc montre sa valeur la plus élevée en mois de décembre puis une décroissance continue de concentration s'observe jusqu'au mois de septembre.

6) Le nickel :

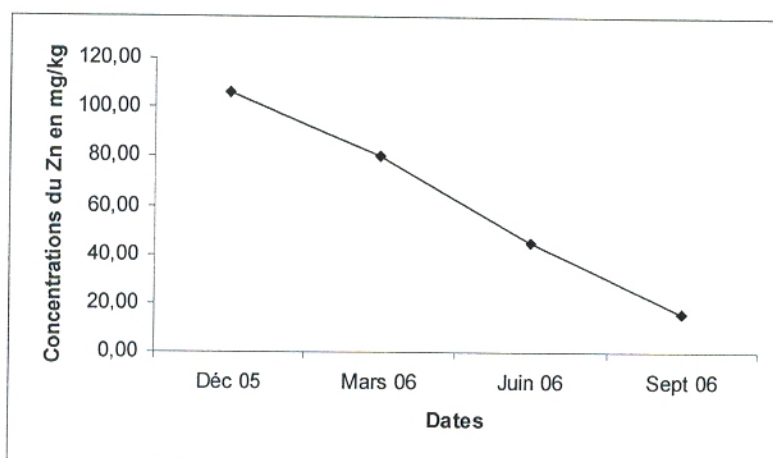
L'évolution temporelle du Nickel dans le sédiment superficiel s'exprime par des variations semblables au niveau des stations retenues pour notre étude (**fig.115**). Cette évolution se limite à une présence nettement marquée par des valeurs entre (8-60mg/kg) en mois de mars. En fait, ces valeurs correspondent vraisemblablement aux apports des oueds remis en suspension lors de cette période de crues qui s'ajoutent aux rejets domestiques et industriels (on estime 16,5 g/jour de Ni d'origine domestique, **M.A.T.E, 2007**). Tandis qu'une absence généralisée caractérise nos sédiments durant le reste de la période. Une explication avancée pour ce cas serait l'augmentation de la mobilité du nickel en milieu estuarien (**Su et Wong, 2003**).



STATION SP

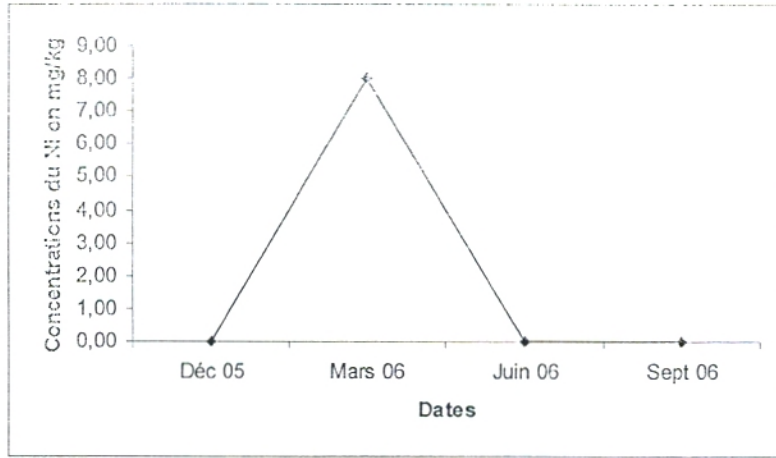


STATION SG

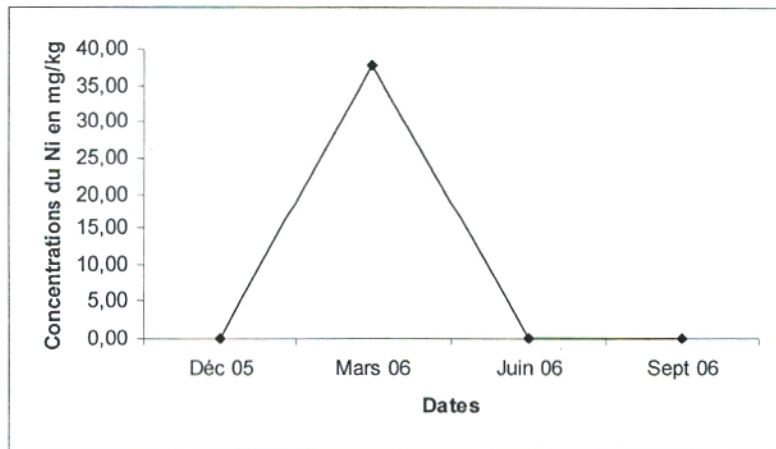


STATION SA

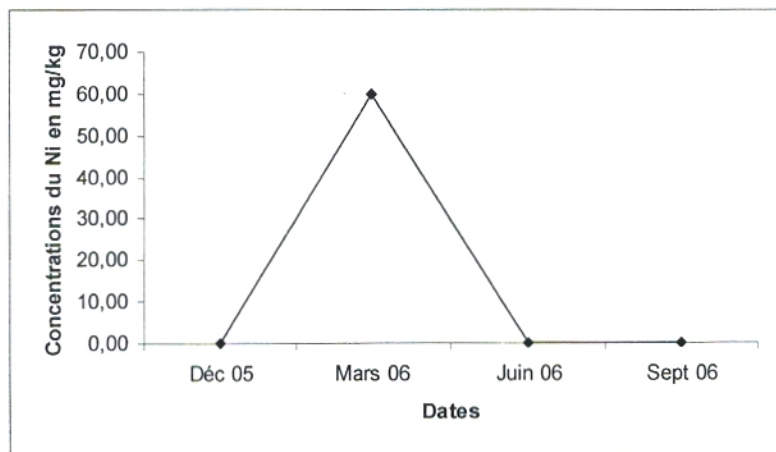
Figure 114 : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) dans les sédiments



STATION SP



STATION SG

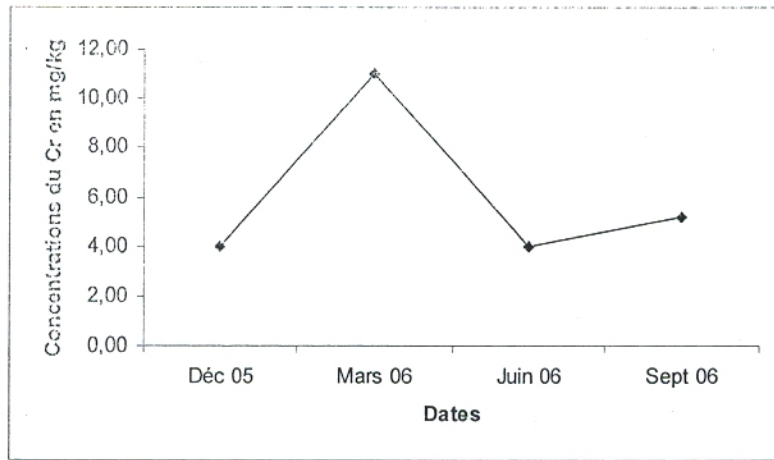


STATION SA

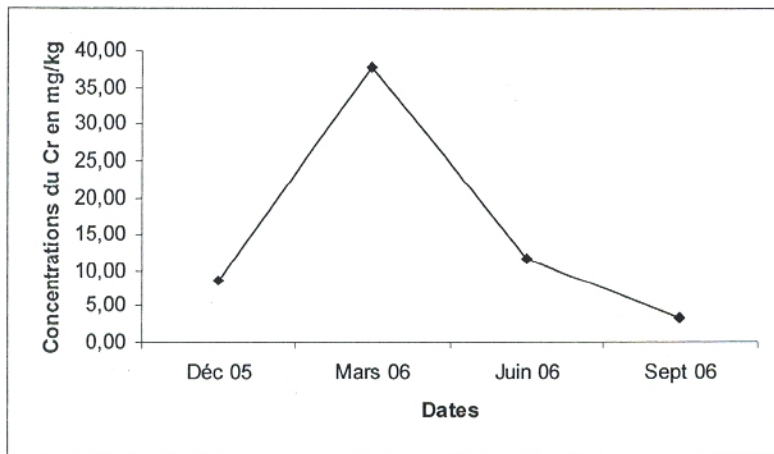
Figure 115 : Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) dans les sédiments

7) Le chrome :

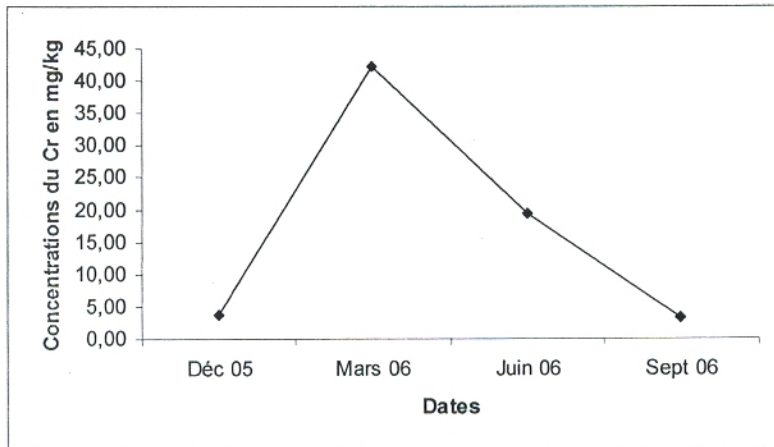
Le suivi saisonnier de l'évolution du chrome dans les sédiments superficiels a montré une variabilité importante de cet élément au niveau des stations prospectées (**fig.116**). En effet, lors de la période des crues, les concentrations relevées en mois de décembre sont largement plus faibles à celles enregistrées en mois de mars. En fait, ces derniers sont des pics enregistrés suite à l'arrivée des effluents contaminés par le chrome à partir des oueds collecteurs des différents rejets. Par contre la période d'étiage est marquée par une diminution de teneurs en Cr au niveau de tous les points de prélèvements en mois de juin. Cette chute de concentration continue en mois de septembre pour atteindre des valeurs proches à celles observées en mois de décembre, ceci à l'exception de la station du port marquée par une légère augmentation en ce mois-ci.



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 116 : Variations temporelles des concentrations du chrome (mg/kg) dans les sédiments

Analyse de la Variance à un Facteur (ANOVA1)

Pour l'analyse de la variance à un facteur «date » effectuée pour les différents métaux dans les sédiments (voir annexe), celle-ci a donnée les valeurs de «p» sous indiquées:

Cd : $p = 0,875$,

Cu : $p = 0,005$;

Fe : $p = 0,073$;

Pb : $p = 0,348$;

Zn : $p = 0,573$;

Ni : $p = 0,024$;

Cr : $p = 0,031$.

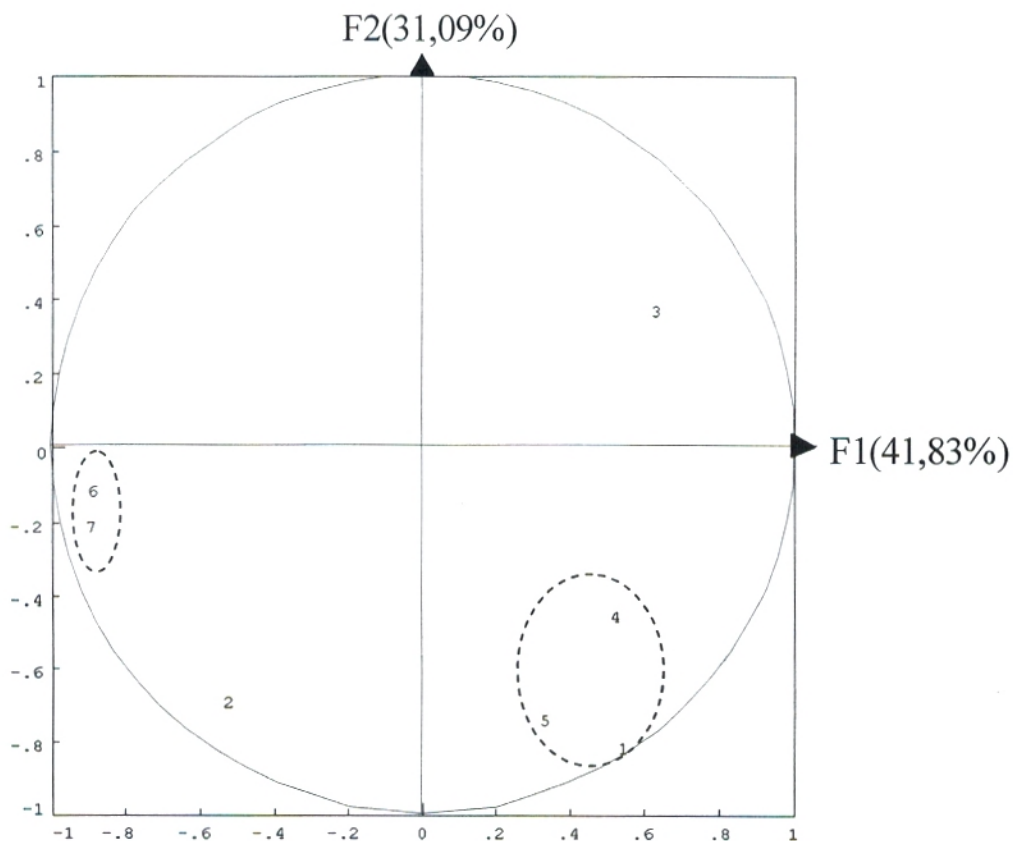
D'après ces valeurs, il est intéressant de noter que les effets testées (date, concentration) ne sont significatives que dans le cas du cuivre, nickel, chrome pour lesquels l'effet « date » est considérable durant la période de notre étude (2005-2006). Au contraire, pour les autres éléments métalliques ($p > 0,05$), il semble que le facteur temps n'est pas considéré dans la contamination métallique du sédiment.

Corrélation entre les métaux dans les sédiments

L'ACP se présente sur 72,92% de la variation totale. Sa projection est réalisée sur deux axes à savoir l'axe F_1 (41,83% de la variation) qui est défini par le chrome (27,56%) et le nickel (27,88%) et l'axe F_2 (31,09%) déterminé lui aussi par le cadmium (31,50%) et le zinc (26,37%).

D'après la **figure 117**, et sur l'axe F_1 , le Cr et le Ni se montrent fortement corrélés entre eux et inversement liés au Cd.

Sur l'axe F_2 , le Cd qui se trouve à l'extrémité positive de l'axe est fortement corrélé au Zn et au plomb alors que leurs liaisons au fer sont très faibles.



Absolute contributions of columns.

Factors are in columns.

	F1	F2
1	951.	3150.
2	975.	2300.
3	1292.	567.
4	889.	1024.
5	350.	2637.
6	2756.	80.
7	2788.	243.

Dosage du Cd	1
Dosage du Cu	2
Dosage du Fe	3
Dosage du Pb	4
Dosage du Zn	5
Dosage du Cr	6
Dosage du Ni	7

Relative contributions of columns

Factors are in columns.

	F1	F2
1	2783.	6855.
2	2854.	5006.
3	3782.	1235.
4	2604.	2228.
5	1024.	5738.
6	8068.	173.
7	8163.	529.

Figure 117 : Résultats d'ACP des éléments métalliques dans les sédiments.

IV- EVOLUTION DES METAUX CHEZ *ENTEROMORPHA LINZA*:

1) *Le cadmium* :

Durant la période de prélèvement, les teneurs en Cd chez l'enteromorphe sont variables. Les fluctuations saisonnières observées (**fig.118**) sont dues en grande partie aux variations de la charge de contamination dans le milieu, probablement du également à la dynamique de croissance de l'espèce dans son emplacement (station). Rappelons, à cet effet, que le cadmium n'a aucun rôle métabolique connu et ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants (**Chiffoleau et al., 1999**).

Pour la station (SP) et (SG), les concentrations relevées en mois décembre–mars sont considérables respectivement entre 0,165-0,197 mg/kg et 0,06 – 0,14mg/kg, ces teneurs diminuent en mois de juin puis une élévation d'accumulation est marquée en mois de septembre bien que la biomasse d'enteromorphe était basse en ce mois ci.

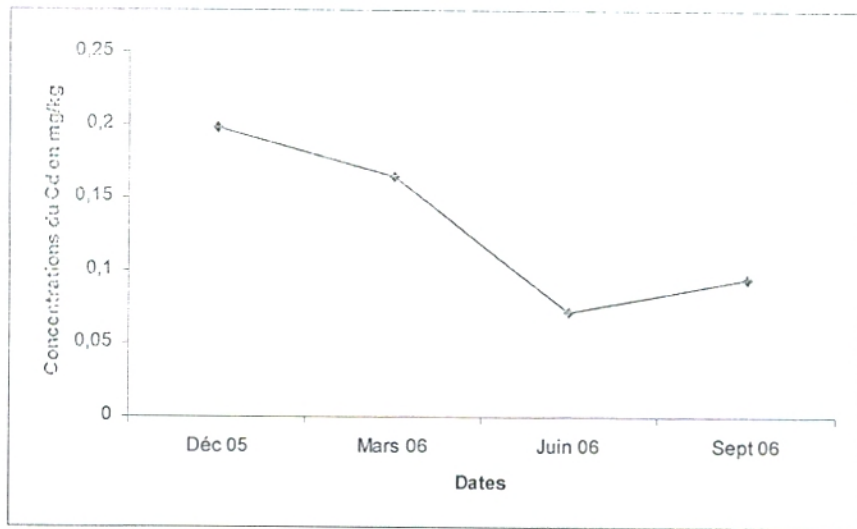
Quant à la station (SA), elle est marquée par deux situations opposées, à savoir absence de concentration en mois de mars et septembre et une accumulation de cd observée respectivement en mois de décembre et juin.

2) *Le cuivre* :

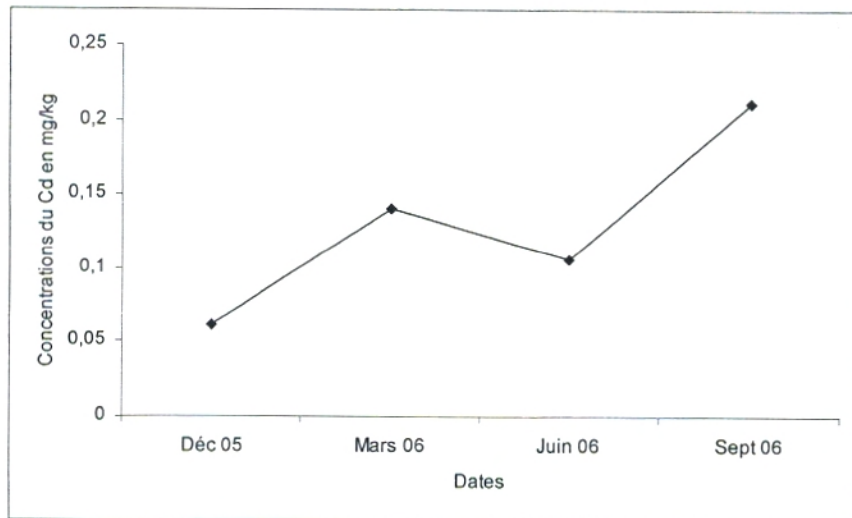
Comme peut être vu dans la **figure 119**, l'évolution du cuivre chez l'enteromorphe est similaire au niveau des stations d'étude durant la période de suivi.

Les concentrations relevées en mois de décembre oscillent entre 0,49 – 5,69mg/kg. Puis ces concentrations marquent une augmentation brutale exprimée par des pics se situant entre 10,94-27,18 mg/kg en mois de mars. Ces derniers coïncident d'une part les pics observés dans les sédiments en ce mois ci, d'autre part, il se peut que ces concentrations soient dues à une prise effectuée par l'algue verte en cette période (début du printemps). En fait, le cuivre est un constituant essentiel d'enzymes intervenant dans plusieurs voies métaboliques (**Devez, 2004**).

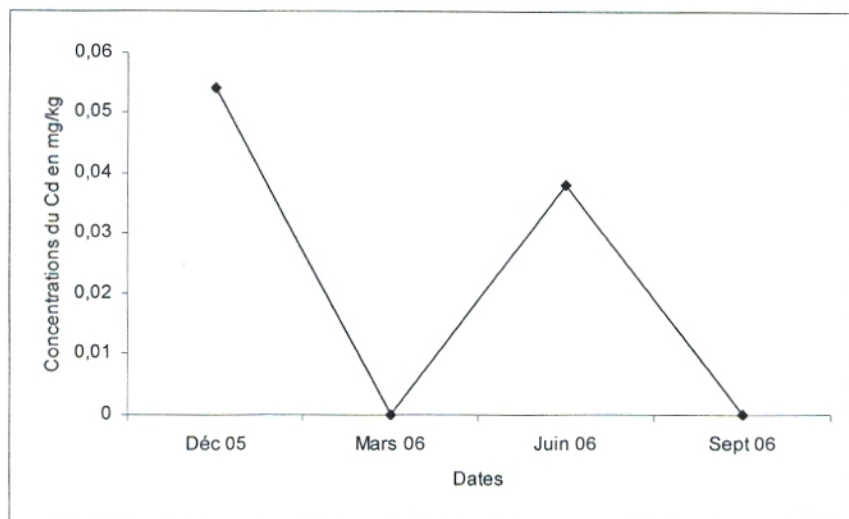
Les teneurs en cuivre diminuent considérablement en mois de juin. Cette diminution se poursuit jusqu'en mois de septembre avec des valeurs enregistrées entre 0,08-0,75 mg/kg ce qui est vraisemblablement lié à une dilution effectuée par l'augmentation de la biomasse de l'algue en été. Par ailleurs, cette évolution est aussi proche à celle du cuivre dans le milieu (eaux, sédiments).



STATION SP

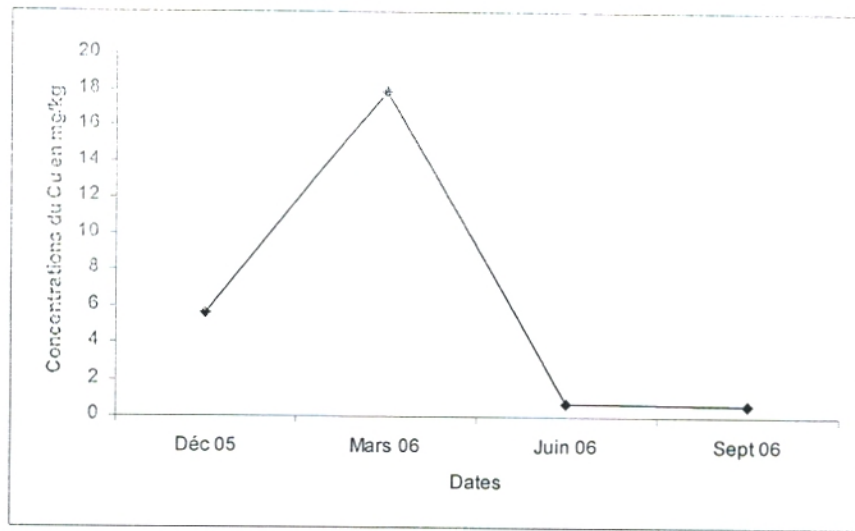


STATION SG

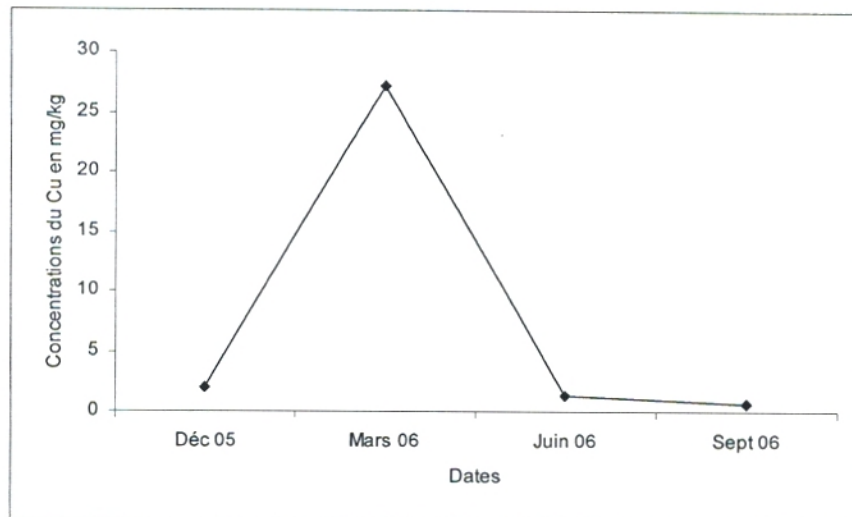


STATION SA

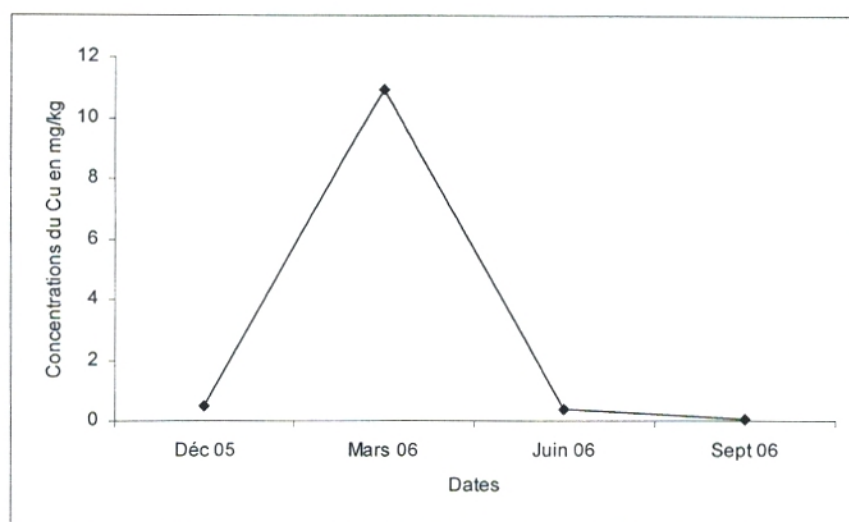
Figure 118 : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*



STATION SP

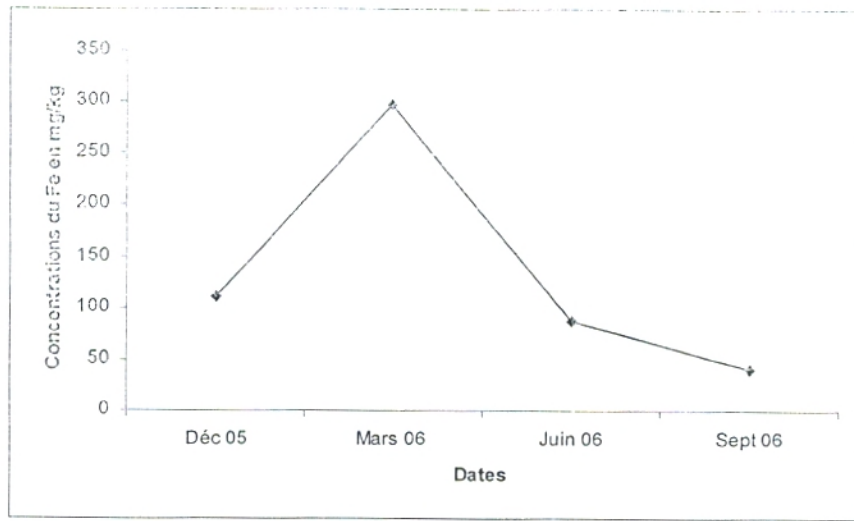


STATION SG

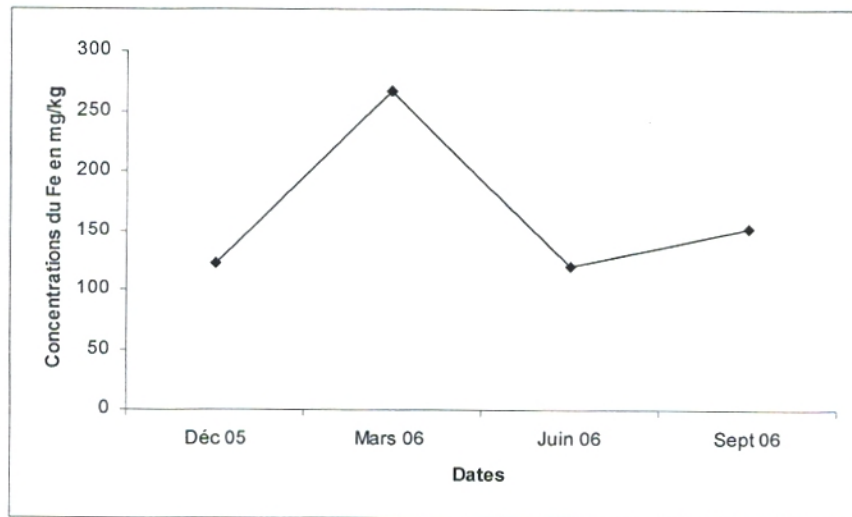


STATION SA

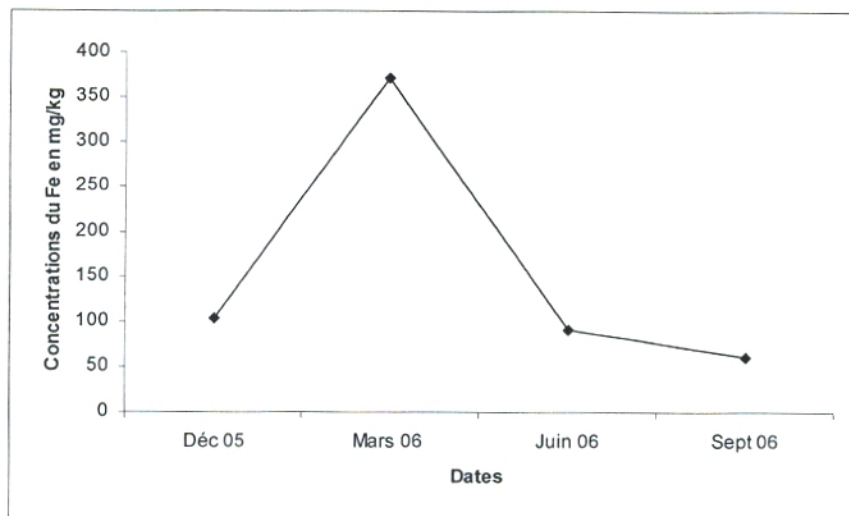
Figure 119 : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*



STATION SP

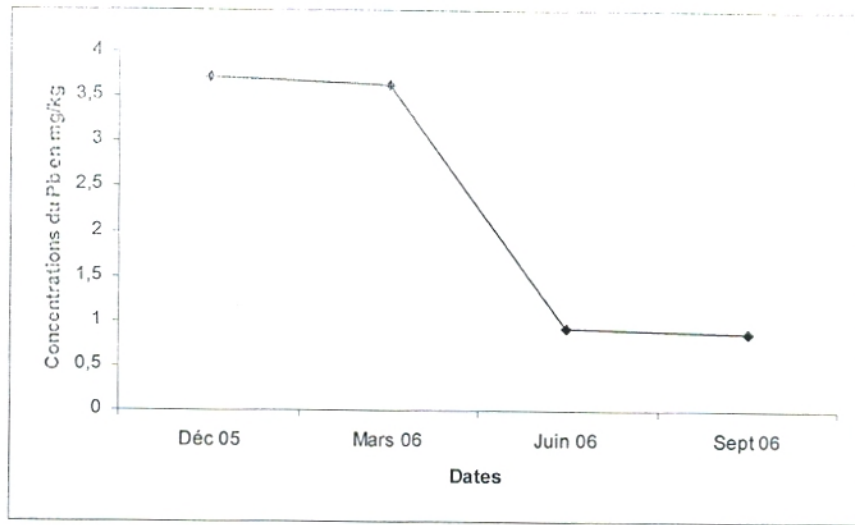


STATION SG

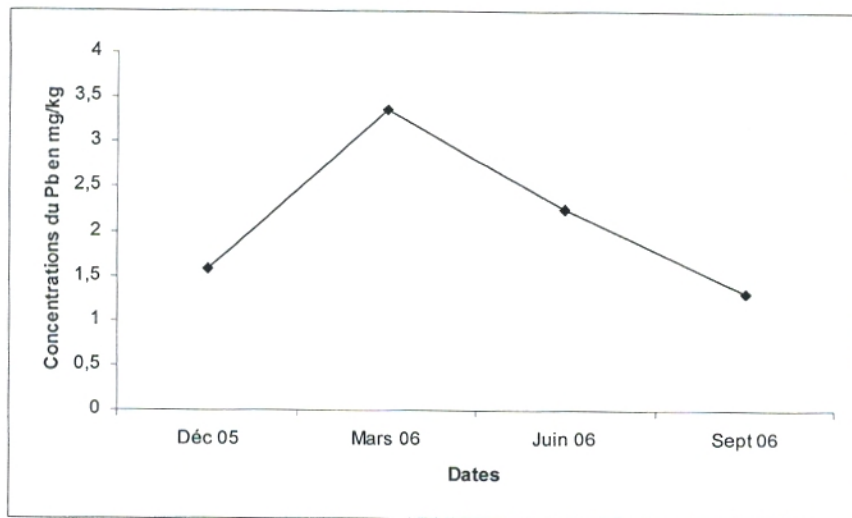


STATION SA

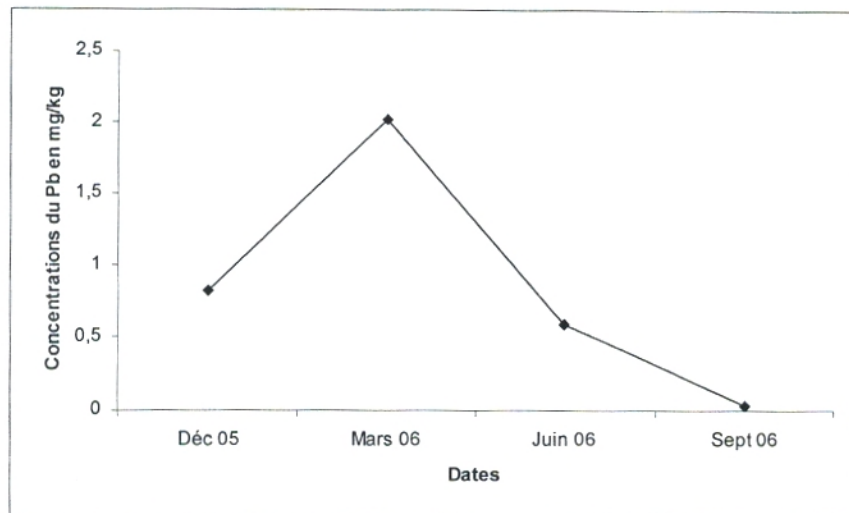
Figure 120 : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*



STATION SP



STATION SG



STATION SA

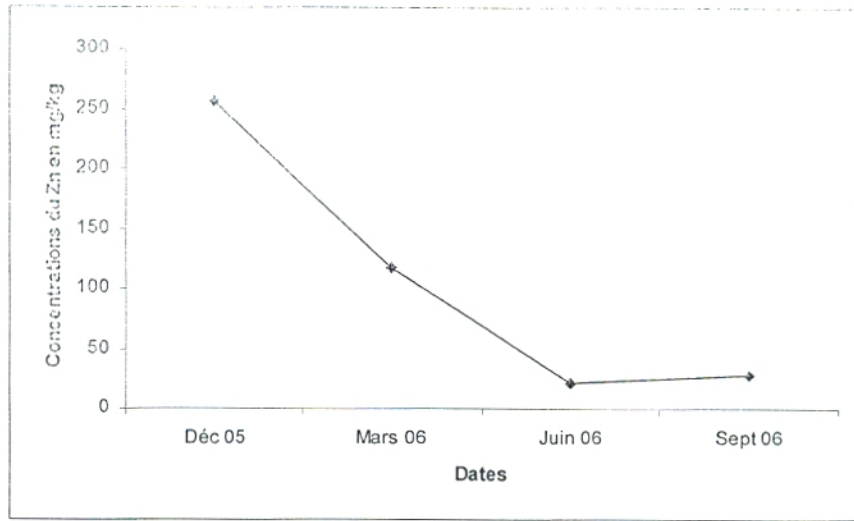
Figure 121 : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*

5) Le zinc :

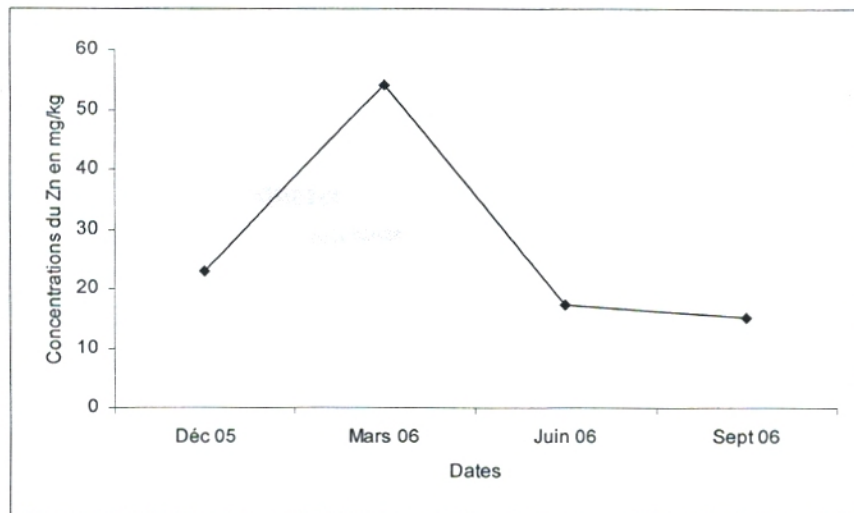
Le suivi de l'évolution du zinc chez l'*Enteromorpha linza* (**fig.122**) montre que les concentrations relevées en mois de mars sont plus élevées. En effet, excepté la station (SP) où la valeur maximale (256,47mg/kg) est observée en coïncidence avec la contamination du milieu en mois de décembre, la station SG (54mg/kg) et la station SA (13,08mg/kg) présentent leurs pics d'accumulation du zinc en mois de mars. Par la suite, les concentrations du zinc se caractérisent dans l'ensemble par des diminutions de teneurs. Cette évolution du zinc chez l'enteromorphe peut se traduire outre le degré de contamination du milieu par les besoins de l'algue en cet élément en fonction de sa croissance, le zinc est essentiel dans le métabolisme des cellules et dans les réactions enzymatiques comme cofacteur (**Devez, 2004**).

6) Le nickel :

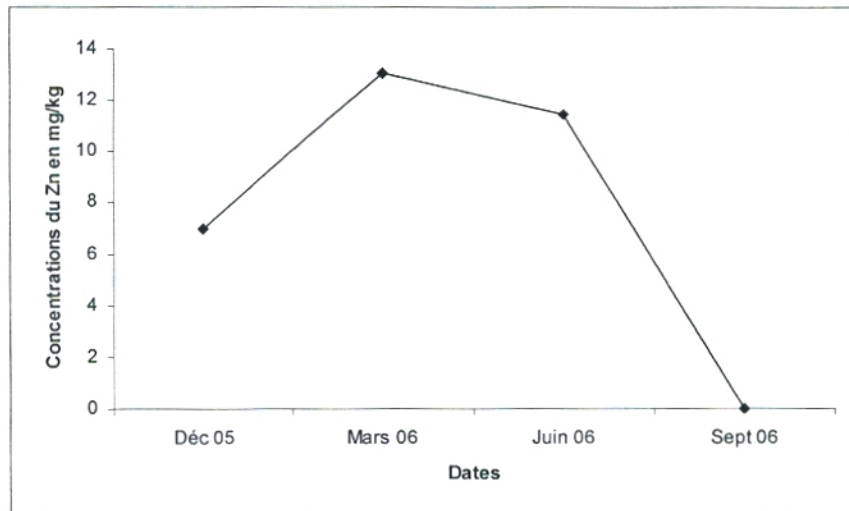
L'observation de l'évolution du Nickel chez l'enteromorphe (**fig. 123**) a montrée que l'accumulation de cet élément n'étant que temporaire se limitant au début du printemps (mois de mars) contrairement au reste de la période de suivi où une absence généralisée du nickel est constatée au niveau de toutes les stations d'étude. Cette évolution peut être expliquée par une rétention du nickel effectuée par l'enteromorphe en début de croissance, le nickel est indispensable pour les processus biologiques (**Casas, 2005**). Cette évolution du nickel coïncide également celle du nickel dans le milieu (sédiment en particulier).



STATION SP

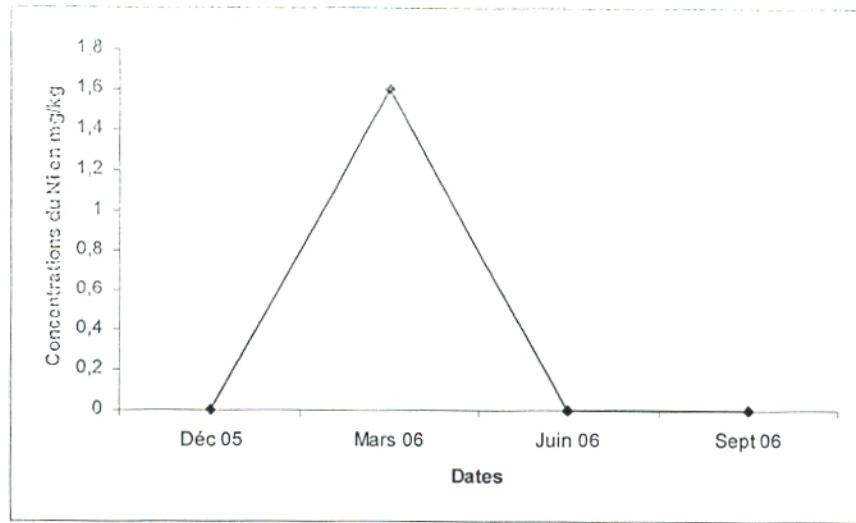


STATION SG

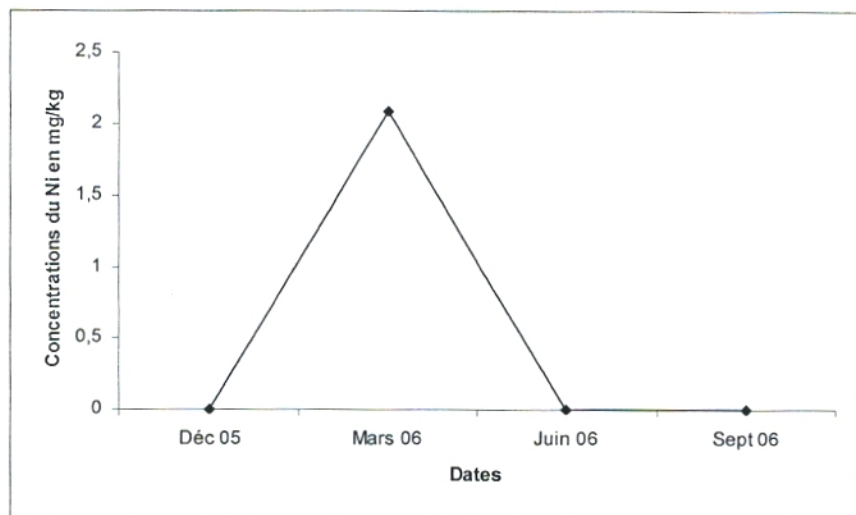


STATION SA

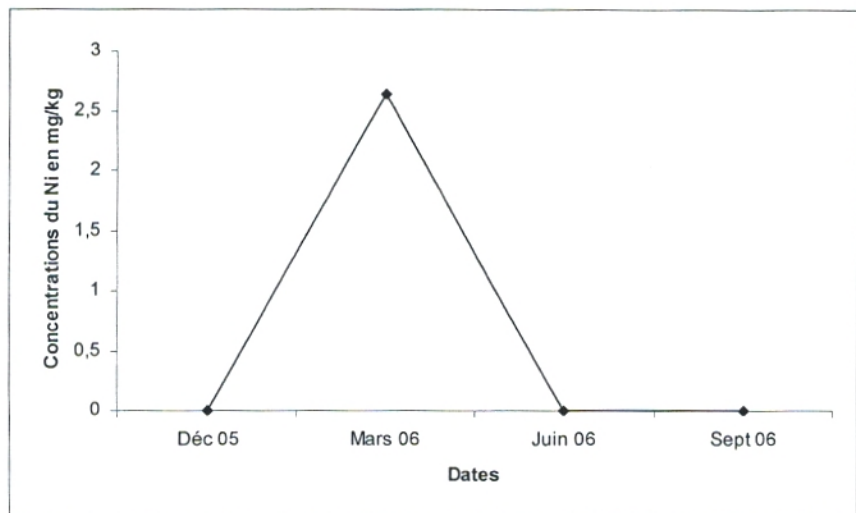
Figure 122 : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*



STATION SP



STATION SG

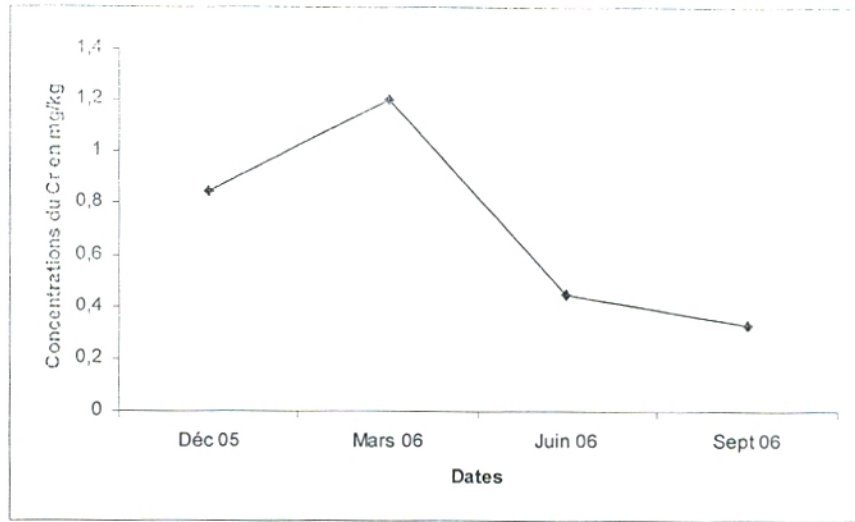


STATION SA

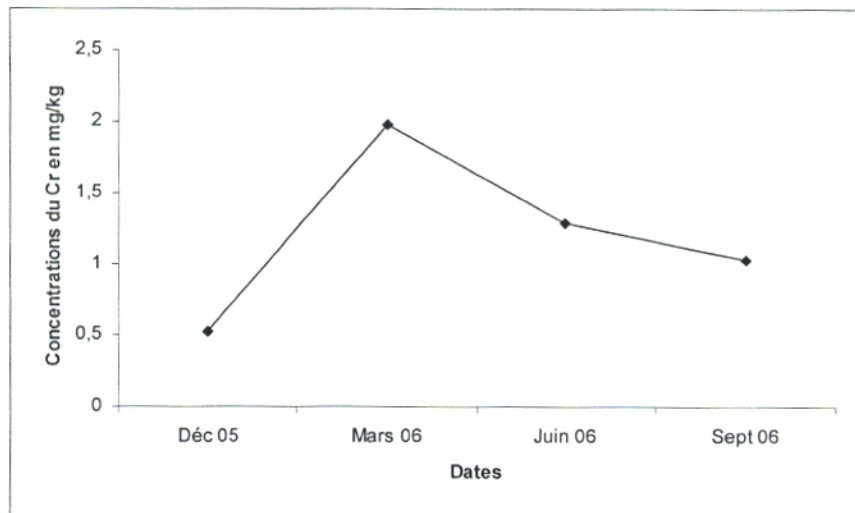
Figure 123 : Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*

7) Le chrome :

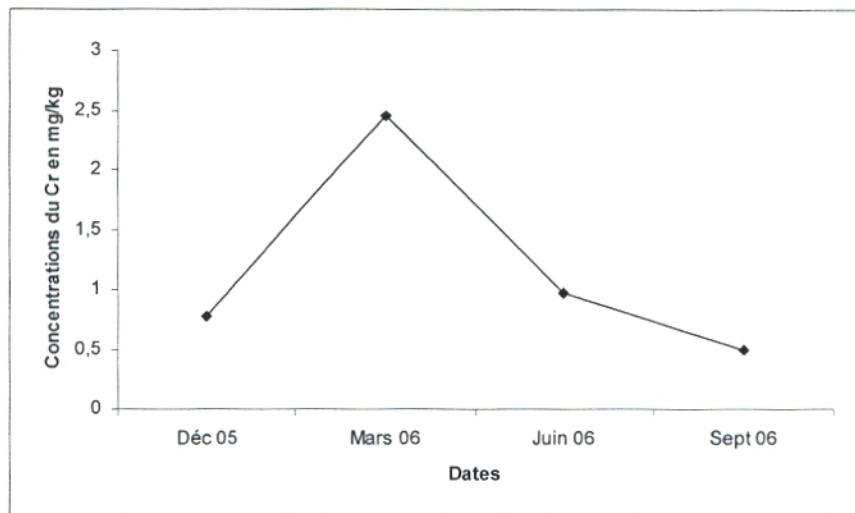
En ce qui concerne l'évolution temporelle de la teneur en chrome chez l'enteromorphe (**fig. 124**), on observe des variations identiques au niveau des stations retenues. Ces variations se traduisent par une augmentation de teneurs en mois de mars pour arriver aux valeurs maximales enregistrées en ce mois ci (1,20-2,45mg/kg) ce qui est du probablement à une accumulation importante effectuée par l'algue en cette période de croissance coïncidant une contamination du milieu (sédiments). Ces concentrations élevées diminuent en mois de juin avec des valeurs variant entre 0,447-1,29 mg/kg et deviennent plus faibles encore en mois de septembre (0,70-1,20mg/kg), diminutions à mettre en relation avec une dilution des teneurs en chrome précédemment accumulés par augmentation de la biomasse algale en été.



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 124 : Variations temporelles des concentrations du chrome (mg/kg) chez *Enteromorpha linza*

Analyse de la Variance à un Facteur (ANOVA1)

Dans le cas de l'enteromorphe, le test de la variance à un facteur «date » pour les métaux étudiés (voir annexe), a révélé les résultats de probabilités de rejets de l'hypothèse H_0 suivants:

Cd : $p = 0,951$;

Cu : $p = 0,002$;

Fe : $p = 0,00$;

Pb : $p = 0,111$;

Zn : $p = 0,525$;

Ni : $p = 0,00$;

Cr : $p = 0,025$.

Ces résultats montrent clairement que le facteur «date » est important dans la bioaccumulation du cuivre, fer, nickel, chrome chez l'enteromorphe (les probabilités de rejets $< 0,05$) durant la période de notre suivi (2005-2006).

Inversement, le facteur «date » ne l'est pas pour le reste des métaux chez l'algue verte.

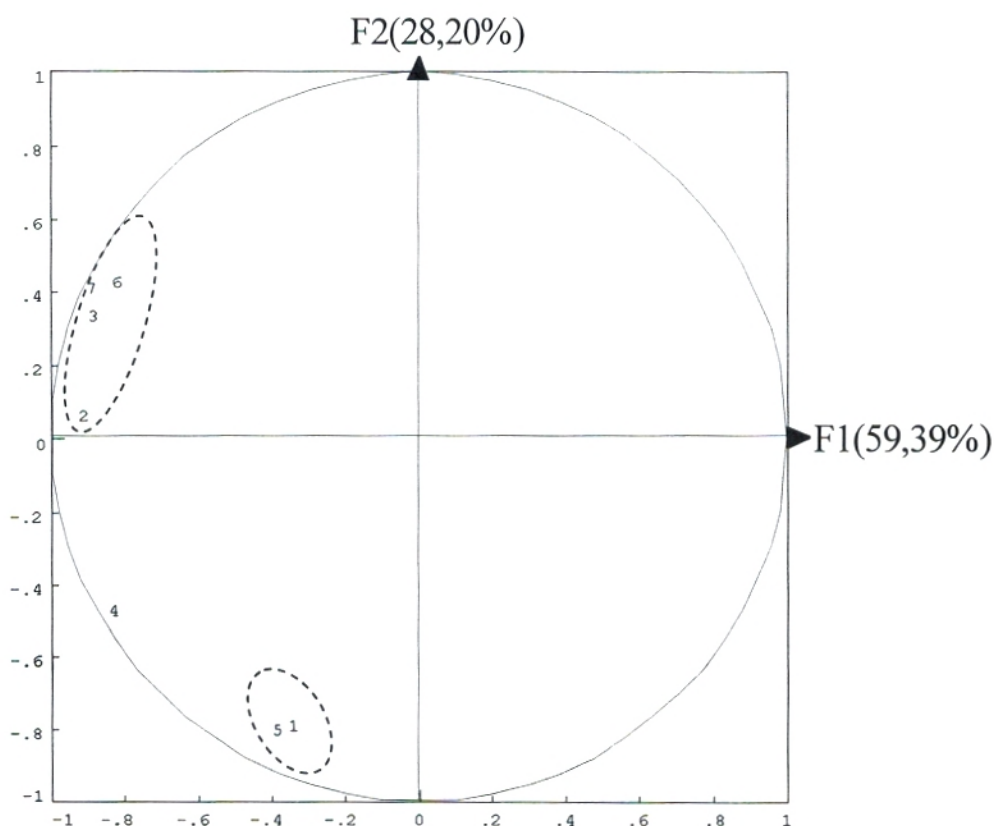
Corrélation entre les métaux chez l'enteromorphe :

L'analyse des données effectuée sur les variables et les échantillons chez l'enteromorphe a donné une projection d'ACP figurant sur deux axes F1 x F2. Ces deux axes représentent 85,59% (59,39% + 28,20%) de l'inertie du nuage de points.

Le cadmium (32,58%) et le Zinc (33,57%) contribuent majoritairement dans la définition de l'axe F₂. Le reste des métaux participent avec des proportions différentes dans l'axe F₁ (Cu : 20,50%, Ni : 19,40%, Fe= 19,38%). Plusieurs relations entre les éléments métalliques ont été observées.

Dans la **figure 125**, on observe que le Cu, Cr, Fe, et Ni se trouvent groupés dans l'extrémité négative de l'axe F₁ présentant une corrélation positive entre eux chez l'enteromorphe.

Sur l'axe F₂, le Cd est fortement lié au Zn. Ces deux éléments sont négativement liés au Cu, Cr, Fe, Ni.



Milieu: entéro

Absolute contributions of columns.

Factors are in columns.

	F1	F2
1	311.	3258.
2	2050.	10.
3	1938.	514.
4	1707.	1205.
5	387.	3357.
6	1666.	864.
7	1940.	792.

Dosage du Cd	1
Dosage du Cu	2
Dosage du Fe	3
Dosage du Pb	4
Dosage du Zn	5
Dosage du Cr	6
Dosage du Ni	7

Relative contributions of columns

Factors are in columns.

	F1	F2
1	1293.	6431.
2	8524.	20.
3	8058.	1015.
4	7096.	2378.
5	1611.	6628.
6	6928.	1706.
7	8065.	1564.

Figure 125 : Résultats d'ACP des éléments métalliques chez *Enteromorpha linza*.

V- EVOLUTION TEMPORELLE DES METAUX CHEZ *CORALLINA OFFICINALIS*:**1) Le cadmium :**

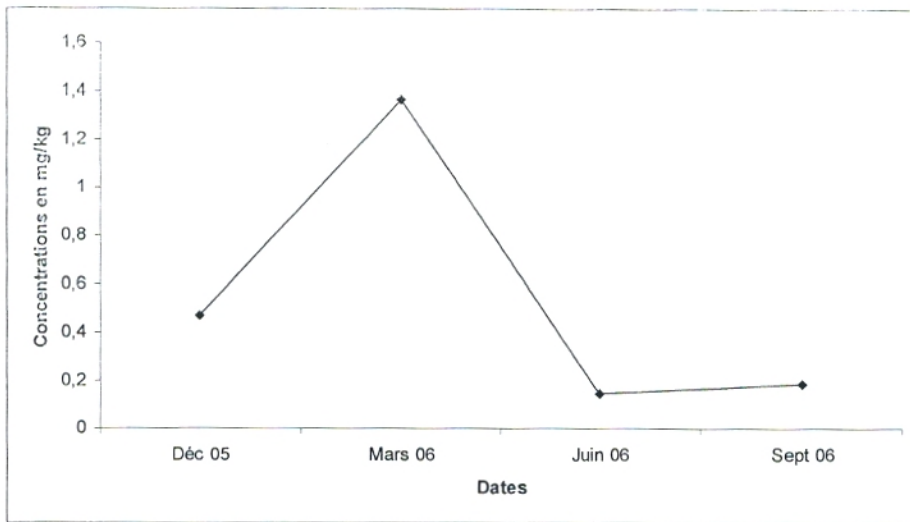
Selon la **figure 126**, les teneurs en cadmium chez la coralline montrent de grandes fluctuations au cours des saisons aux différentes stations de la présente étude.

Globalement, les concentrations notées en mois de décembre sont plus faibles (0,03-0,47mg/kg) comparées aux valeurs maximales enregistrées en mois de mars (0,49-1,95mg/kg). Ces derniers sont dus possiblement à une bioaccumulation du Cd effectuée en cette période par l'algue rouge concordant avec une présence importante du Cd dans le milieu et une dynamique de croissance de l'algue au début du printemps. Ces teneurs diminuent en mois de juin atteignant des valeurs qui se situent entre (0,12-0,26mg/kg) probablement par effet de dilution par augmentation de la masse pondérale de l'algue. Cet abaissement continu en mois de septembre au niveau de l'algue de la station (SA), tandis qu'on observe une augmentation de concentrations en Cd respectivement au niveau de la station (SP) et (SG). Cette prise de Cd par l'algue est à mettre en relation avec des effluents contaminés provenant de la zone urbaine et industrielle.

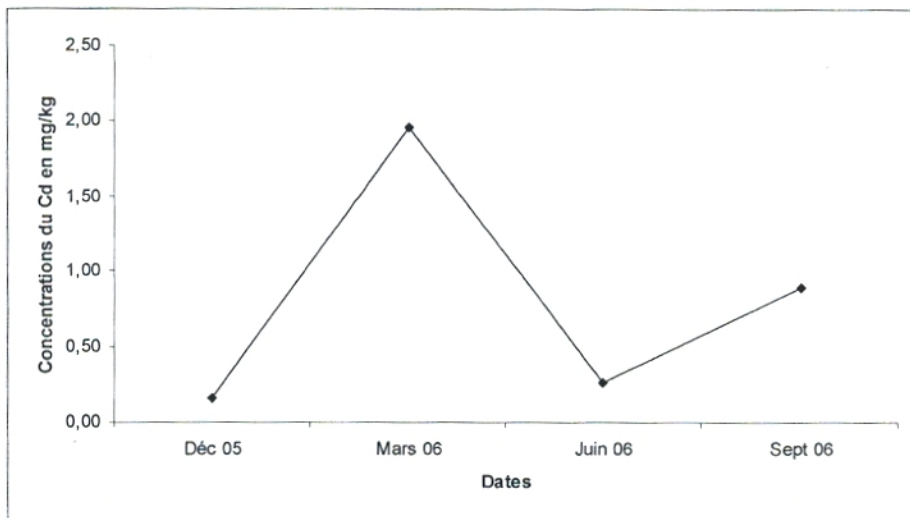
2) Le cuivre :

L'évolution du cuivre chez la coralline montre d'une part la présence de cet élément durant la période d'échantillonnage probablement du fait que le cuivre à faibles concentrations est un élément essentiel pour les algues (**Devez, 2004**).

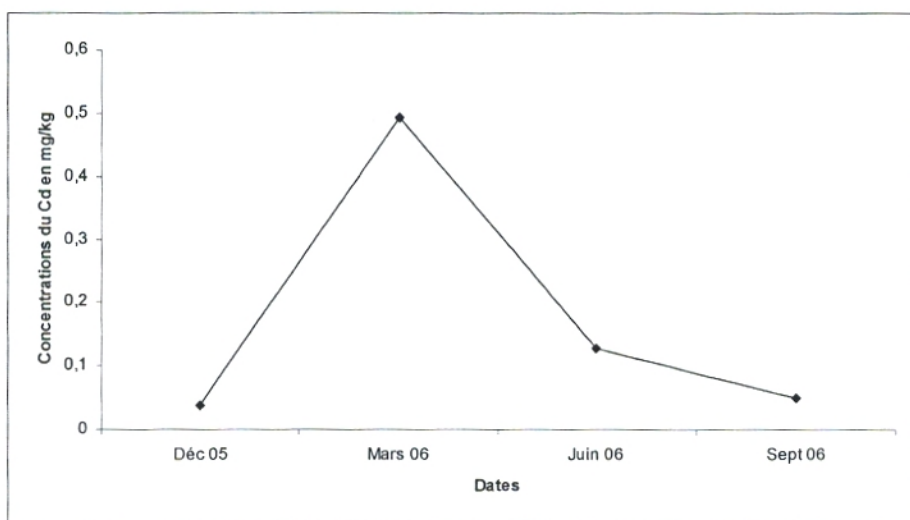
D'autre part, il se montre aussi que les variations saisonnières du Cu observées aux différentes stations sont similaires (**fig.127**) marquées par les teneurs maximales (9,23 – 57,11mg/kg) observées en fin mars, alors que ces derniers étaient beaucoup plus faibles en mois de décembre (0,56-3,64mg/kg). Cependant, bien qu'une légère augmentation des teneurs en Cu se fait observée en mois de septembre pour la station (SP) et (SG), les valeurs enregistrées en cette période estivale (juin-septembre) restent faibles et ce depuis leur chute en mois de juin par effet de dilution liée à la croissance végétale de la coralline.



STATION SP

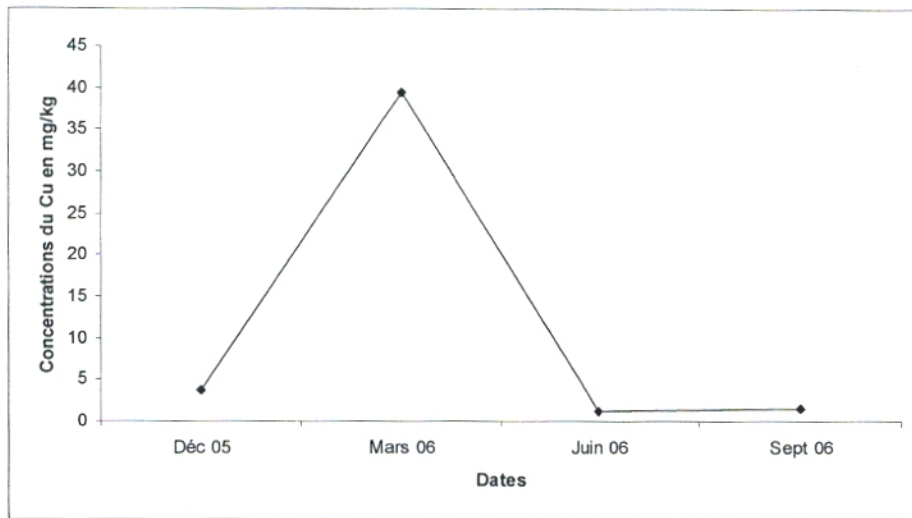


STATION SG

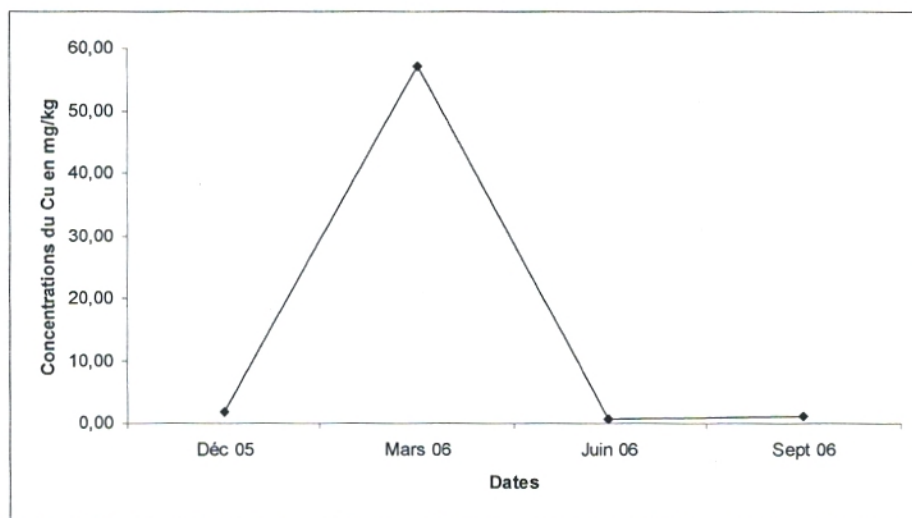


STATION SA

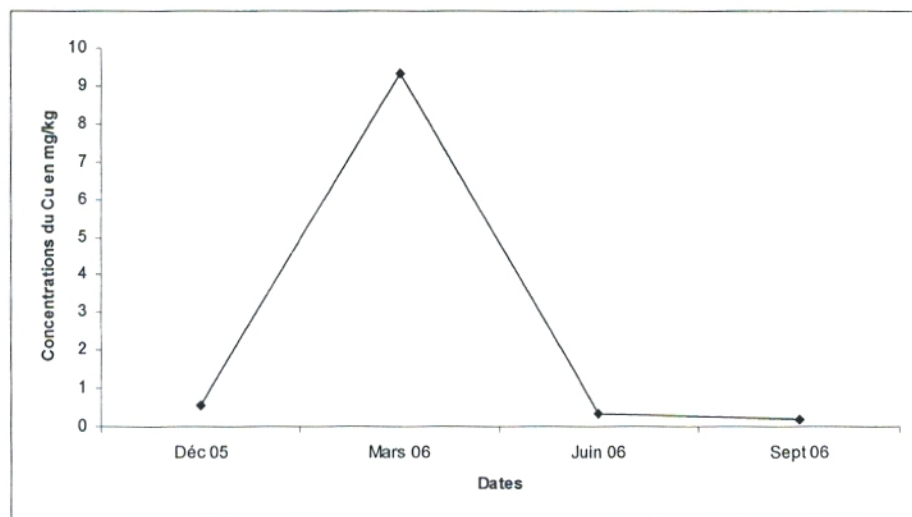
Figure 126 : Variations temporelles des concentrations du cadmium (mg/kg) chez *Corallina officinalis*



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 127 : Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) chez *Corallina officinalis*

3) Le fer :

Au suivi de l'évolution du fer chez la coralline (**fig. 128**), on constate clairement que le fer varie saisonnièrement. Les fluctuations saisonnières observées s'avèrent, dans l'ensemble, parallèles pour nos stations d'étude.

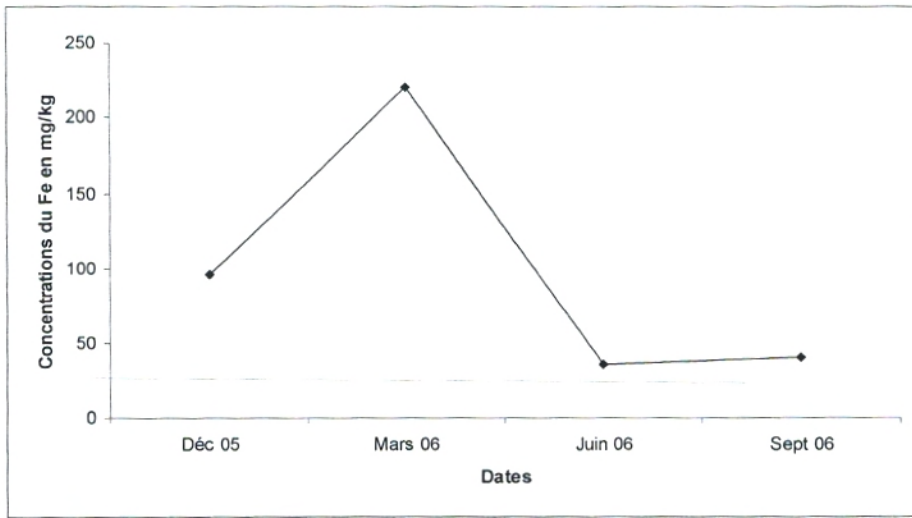
En mois de décembre, les teneurs en fer sont assez importantes entre 96,46-167,05 mg/kg, cette accumulation est attribuée à la contamination du milieu en fer en cette période.

En mois de mars, les concentrations arrivent à leurs maximums (219,1-290,58mg/kg). Cette rétention du fer par la coralline synchronise, en fait, avec la période de croissance de l'algue où le fer est un élément essentiel pour la croissance (**Gilbin, 2001; Devez, 2004**). Ces concentrations diminuent considérablement à partir du mois de juin et jusqu'au mois de septembre du fait de l'augmentation de la biomasse algale causant une dilution du fer chez l'algue. Cependant, une légère élévation est observée au niveau de la station (SP) qui serait liée probablement à un rejet contaminé dans le port.

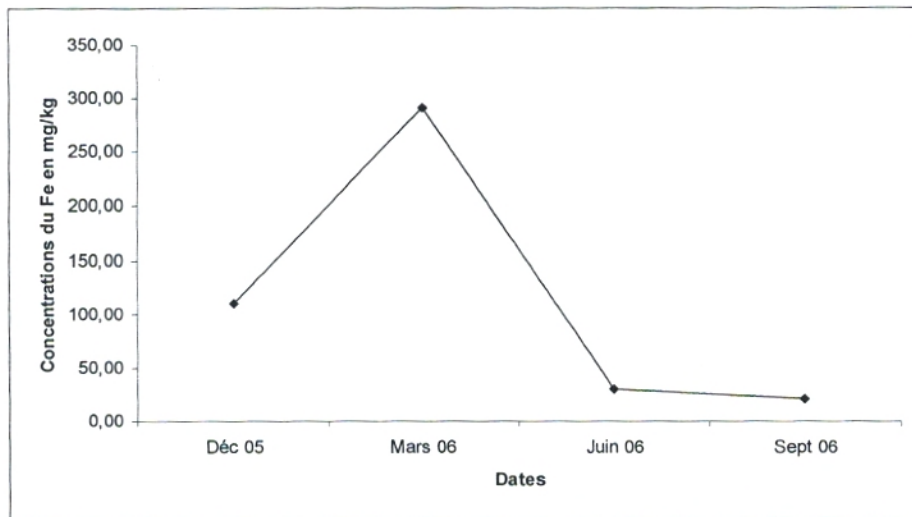
4) Le plomb :

Les concentrations en Pb chez la coralline aux différentes stations d'échantillonnage marquent la présence de cet élément quelque soit la date de prélèvement et fluctuent de façon très importante durant les saisons (**fig. 129**).

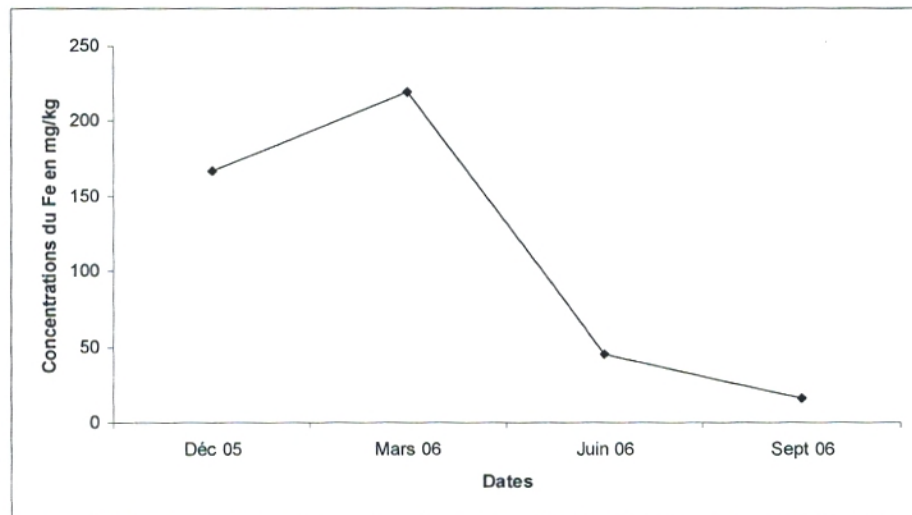
Les niveaux de concentrations atteints en mois de décembre (1,15-4,28mg/kg) sont supérieurs à ceux de la période estivale (juin – septembre) et sont vraisemblablement dus au contenu haut en métal dans l'eau de mer en cette période. Alors que les valeurs observées en mois de mars sont les plus élevées avec des maxima (4,14-18,45mg/kg) coïncidant la remontée d'algue en cette période. A partir du mois de juin l'accumulation du Pb par l'algue rouge décroît significativement et continue cette diminution en mois de septembre exceptée pour la station (SP) qui est marquée par un léger accroissement en ce mois ci. Cependant, les concentrations relevées se situent entre 0,65-2,44 mg/kg et on suppose pour ce cas que le taux élevé de croissance de l'algue en été favorise plutôt une dilution du Pb chez la coralline.



STATION SP

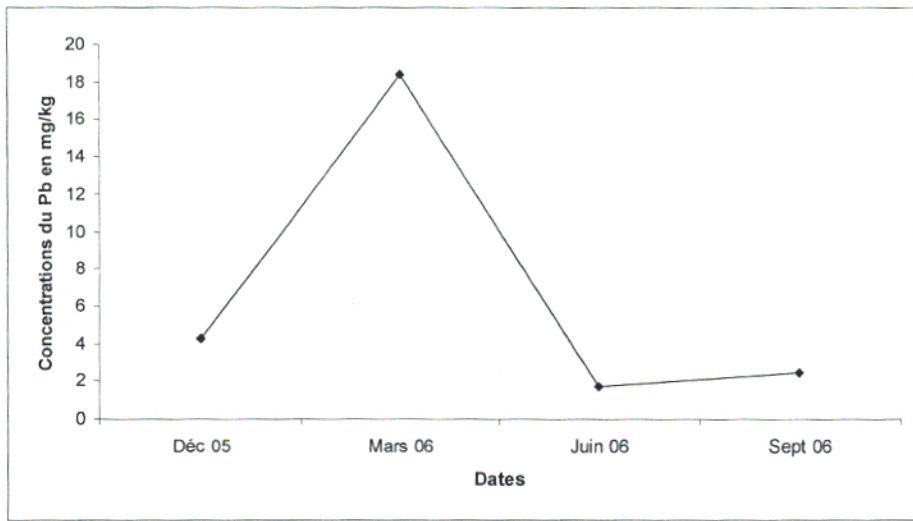


STATION SG

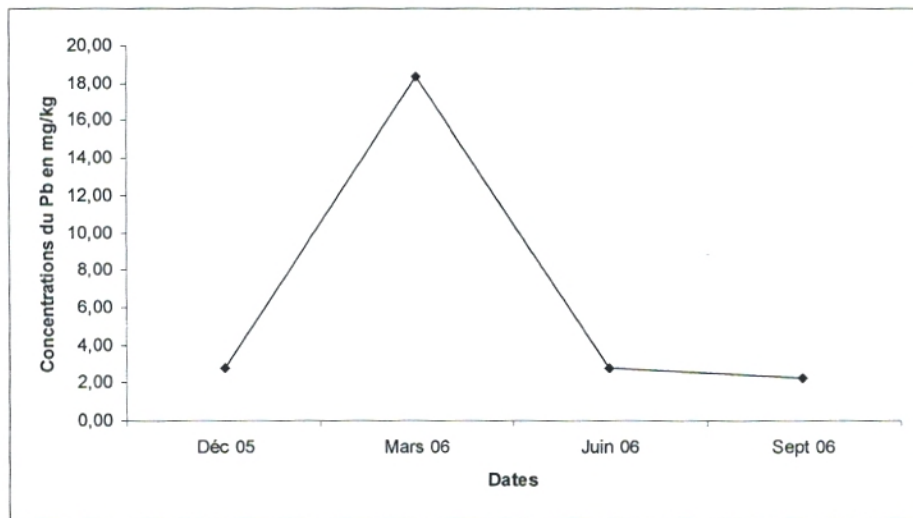


STATION SA

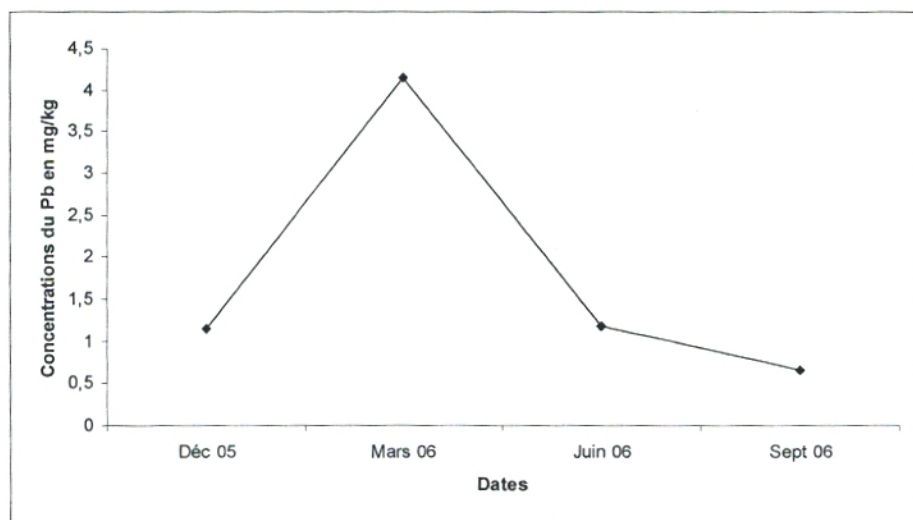
Figure 128 : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) chez *Corallina officinalis*



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 129 : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/kg) chez *Corallina officinalis*

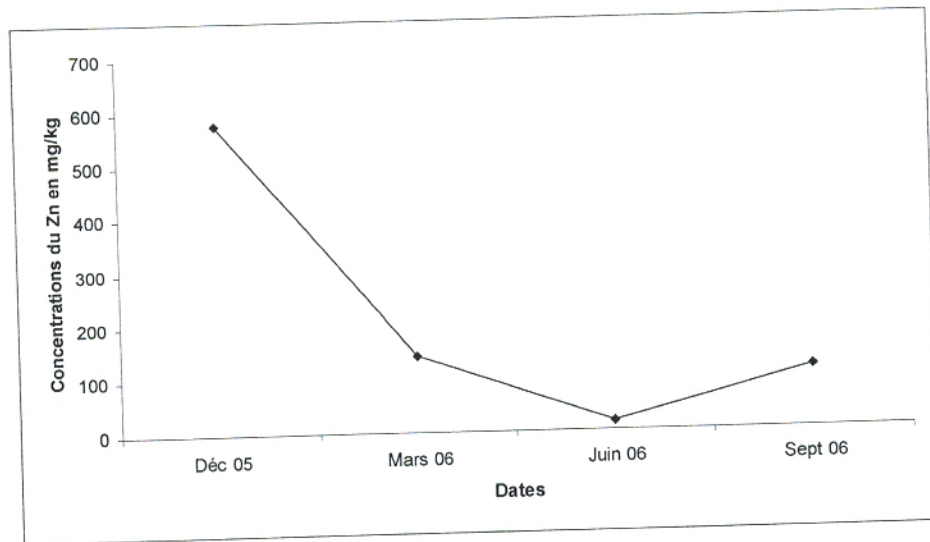
5) Le zinc :

Le zinc chez *Corallina officinalis* présente une variabilité temporelle considérable au cours des saisons (**fig. 130**) en relation avec la proximité de la source de contamination et la dynamique de croissance de l'algue.

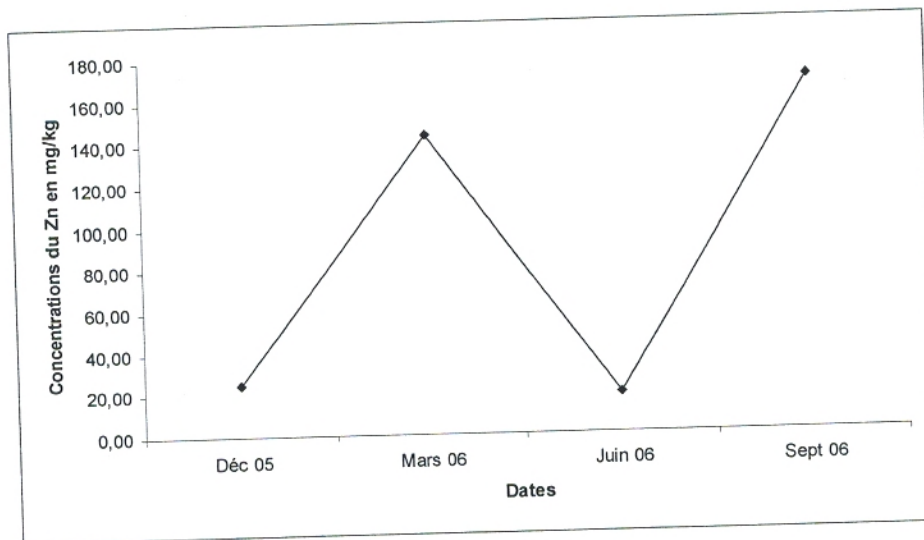
Pour les deux stations (SP) et (SG) plus proches de l'unité Alzinc, les concentrations sont fluctuantes dépendantes de l'importance des rejets survenants, on observe pour la station (SP) un pic de (576,46 mg/kg) et une augmentation de teneurs en mois de septembre, le reste du suivi est marqué par une diminution d'accumulation du zinc. Au niveau de la station (SG) qui reçoit directement les rejets d'Alzinc, la teneur en Zn est caractérisée par deux valeurs maximales (143,53 ; 169,41mg/kg) notées respectivement en mars et septembre tandis qu'au reste de la période les valeurs restent en dessous de 25 mg/kg. Pour la station (SA) plus éloignée des rejets d'Alzinc, l'évolution du zinc chez l'algue rouge se traduit par une bioaccumulation maximale exprimée par un pic (32,94mg/kg) observée en mois de mars qui se suit d'une décroissance de teneur à partir de juin, la valeur minimale est observée en mois de septembre (4,30mg/kg).

6) Le nickel :

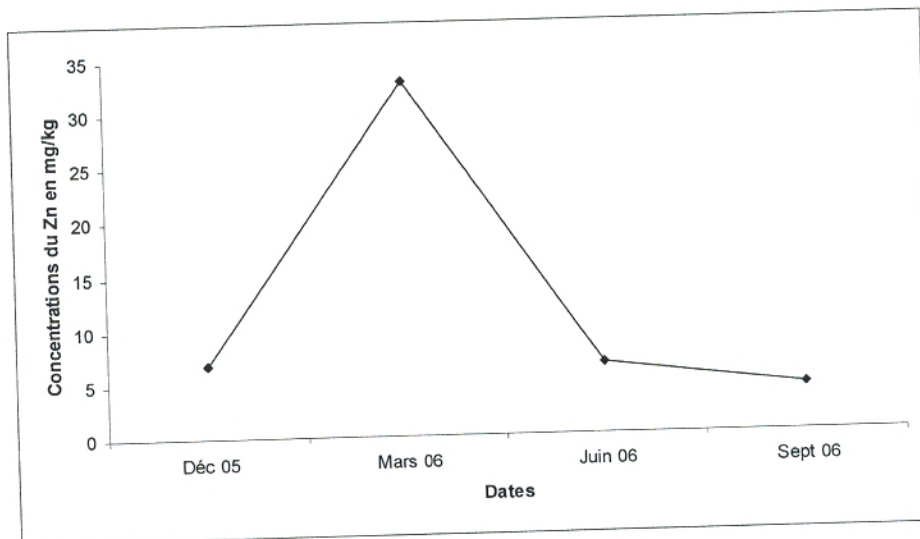
L'analyse temporelle du nickel chez *Corallina officinalis* montre que cette évolution est identique pour les stations de notre étude (**fig.131**). Elle s'exprime par deux situations distinctes observées à savoir une absence d'accumulation du nickel par l'algue constatée durant la majorité des dates de prélèvement. Tandis qu'on note une seule fois l'accumulation du nickel par l'algue rouge en mois de mars, les teneurs enregistrées en ce mois ci se situent entre 2,7-2,9mg/kg. Cette évolution si elle suit de près celle du nickel pour les sédiments, elle peut correspondre également à une prise du métal effectuée par l'algue au début du printemps. Rappelons à ce propos que le nickel est un oligoélément essentiel pour les processus biologiques (**Casas, 2005**).



STATION SP

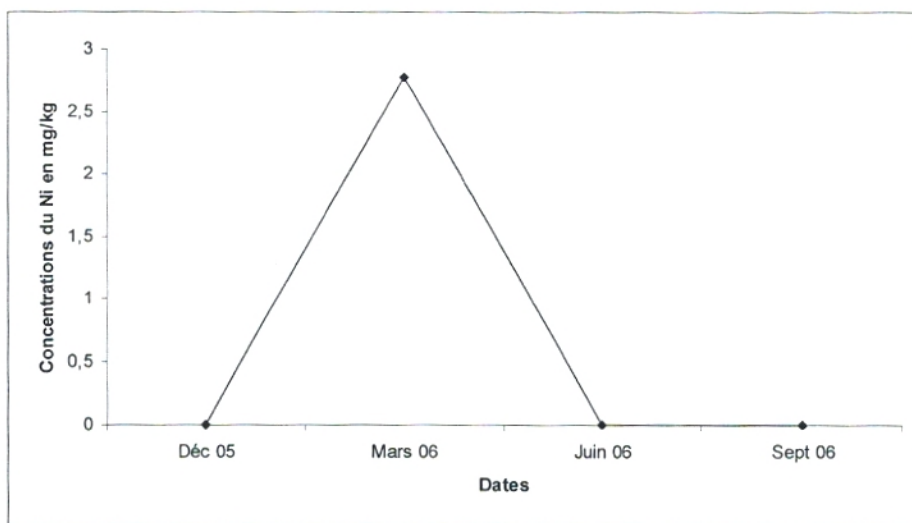


STATION SG

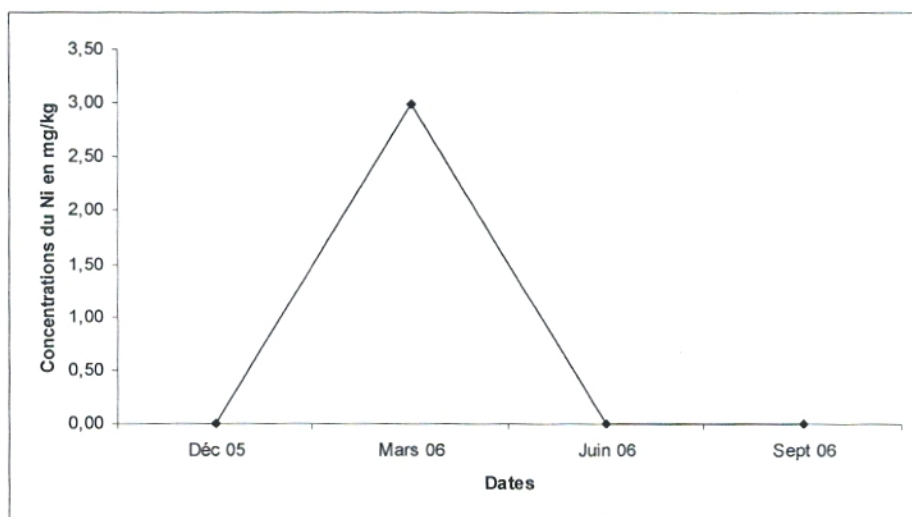


STATION SA

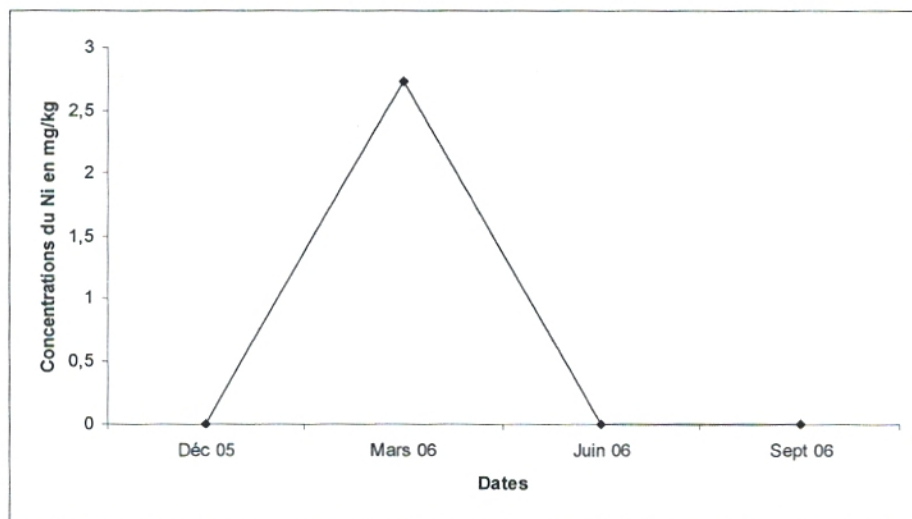
Figure 130 : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) chez *Corallina officinalis*



STATION SP



STATION SG

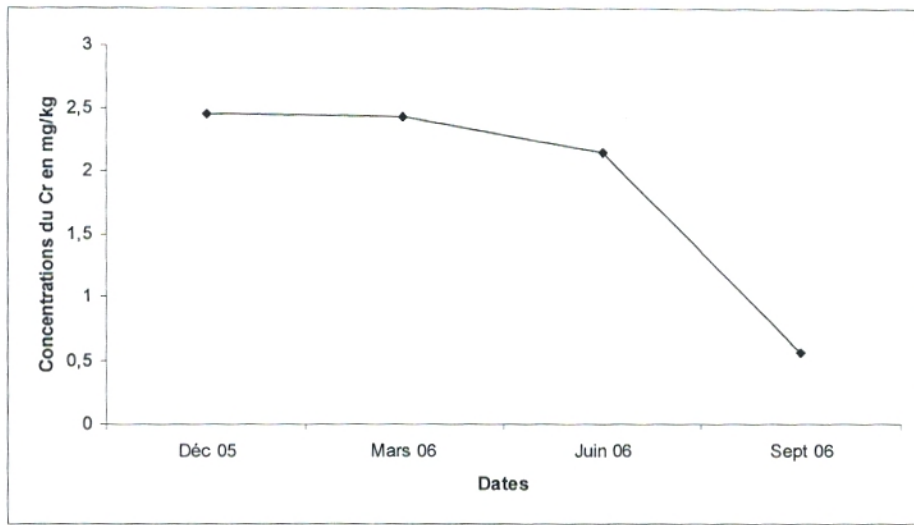


STATION SA

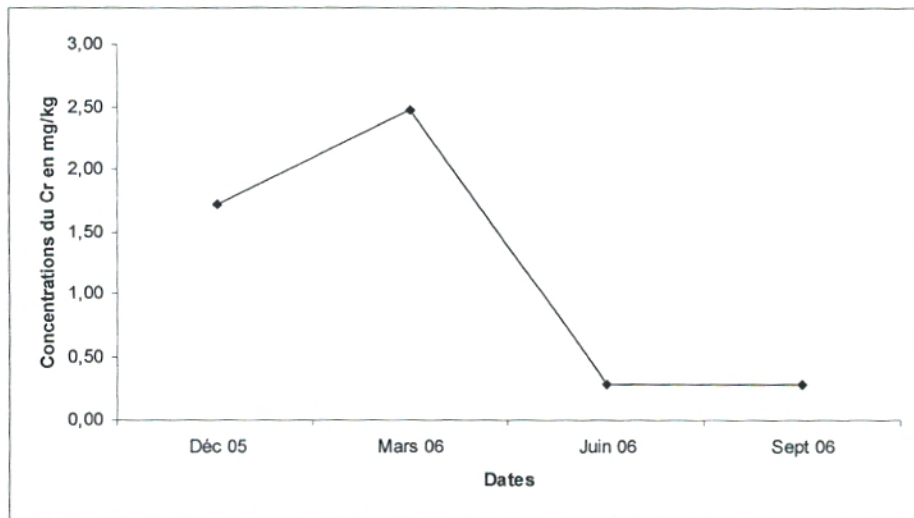
Figure 131 : Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) chez *Corallina officinalis*

7) Le chrome:

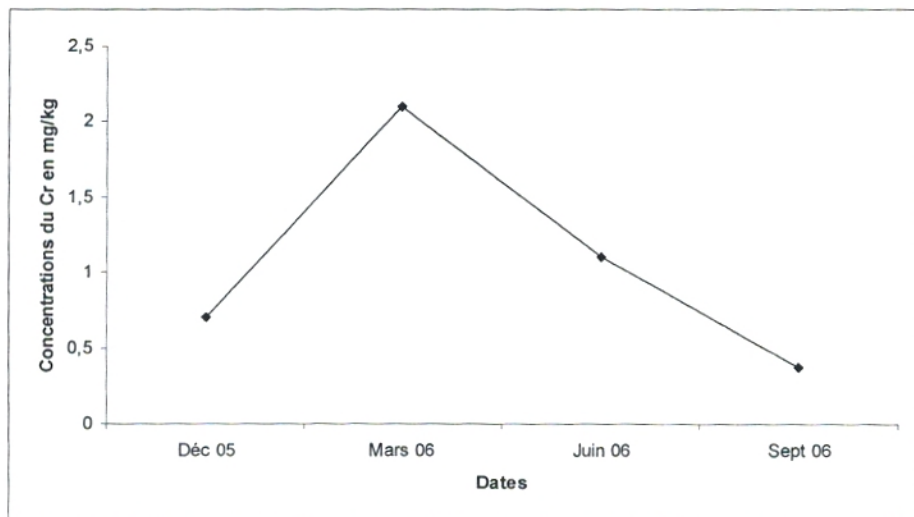
La bioaccumulation du chrome par la coralline présente une variabilité remarquable au cours des saisons (**fig. 132**). Les concentrations du chrome observées en mois de décembre sont importantes (0,705-2,44mg/kg) on note également un pic de concentration (2,44mg/kg) pour la station SP. En fait, la concentration du chrome à cette station varie peu jusqu'au juin du fait possible de l'importance du chrome qu'elle reçoit. Au niveau des autres stations, les autres stations les valeurs maximales sont atteintes au mois de mars. Après, une tendance générale de diminution est observée probablement du fait de la dilution. De ce fait, les valeurs minimales (0,28-0,567 mg/kg) sont observées en mois de septembre.



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 132 : Variations temporelles des concentrations du chrome (mg/kg) chez *Corallina officinalis*

Analyse de la Variance à un Facteur (ANOVA1)

L'analyse statistique (ANOVA1) comparant la concentration métallique en considérant le facteur « date » chez la coralline (voir annexe) a montrée les conclusions de probabilités suivantes:

Cd : $p = 0,052$;

Cu : $p = 0,020$;

Fe : $p = 0,00$;

Pb : $p = 0,023$;

Zn : $p = 0,620$;

Ni : $p = 0,00$;

Cr : $p = 0,038$.

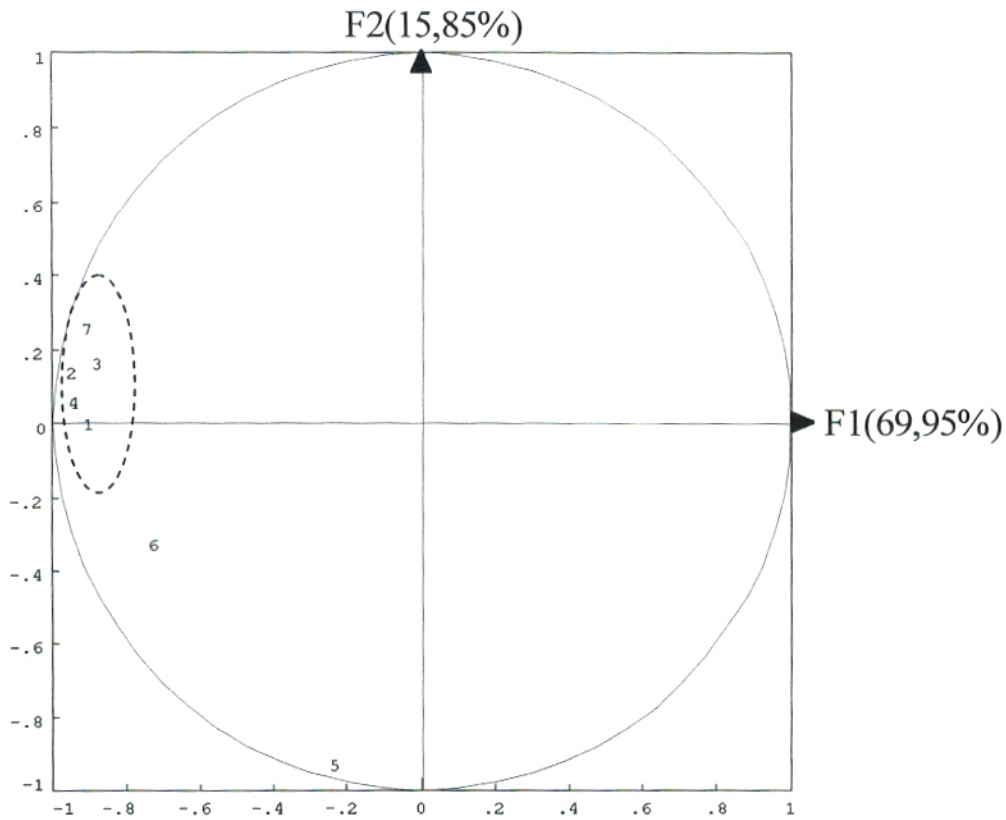
La comparaison des concentrations métalliques en fonction du temps a permis de mettre en évidence le fait que la bioaccumulation du cuivre, du fer, du plomb, du nickel, et du chrome d'une saison à une autre est différente chez la coralline ($p < 0,05$) au cours de cette étude (2005-2006).

Corrélation entre les métaux chez la coralline

L'étude statistique des résultats de métaux (sept variables) par l'analyse en composantes principales (ACP) a donnée une projection des variables sur deux axes avec une variance totale de 85,8%.

L'axe F_1 est défini essentiellement par le zinc (80,36%). Par ailleurs, l'axe F_2 est représenté par les autres métaux avec des pourcentages différents (<19%).

La projection de ces variables sur le plan F_1 - F_2 (**fig. 133**) montre l'existence d'un ensemble de métaux (Cd, Cu, Fe, Pb, Ni) qui possèdent des relations positives entre eux, et une corrélation négative avec le zinc.



Milieu: coraline

Absolute contributions of columns.

Factors are in columns.

	F1	F2
1	1687.	3.
2	1884.	137.
3	1610.	197.
4	1867.	14.
5	127.	8036.
6	1112.	1091.
7	1713.	523.

Dosage du Cd	1
Dosage du Cu	2
Dosage du Fe	3
Dosage du Pb	4
Dosage du Zn	5
Dosage du Cr	6
Dosage du Ni	7

Relative contributions of columns

Factors are in columns.

	F1	F2
1	8261.	3.
2	9226.	152.
3	7884.	218.
4	9142.	16.
5	620.	8916.
6	5444.	1211.
7	8390.	580.

Figure 133 : Résultats d'ACP des éléments métalliques chez *Corallina officinalis*.

VI- EVOLUTION DES METAUX CHEZ *PATELLA FERRUGINEA* :**1) Le cadmium:**

Les résultats des deux méthodes d'analyse (sèche, humide) montrent que les concentrations du Cd chez *Patella ferruginea* sont variables au cours des saisons au niveau de la seule station de récolte de cette espèce SA (embouchure Oued Abdellah). D'après la **figure 134**, l'accumulation du Cd est beaucoup plus faible voir absente en mois de décembre. Inversement, en mois de mars les valeurs observées atteignent des maxima oscillant entre 0,026-0,031mg/kg. A partir du mois de juin l'accumulation du Cd présente des diminutions successives et atteignent des valeurs de 0,023 et 0,030 mg/kg relevées en mois de septembre. De ce qui précède, on suppose que cette évolution est probablement due à la disponibilité du Cd dans le milieu (en particulier eaux, coralline), alors que selon **Nakhlé (2003)** l'augmentation du poids du gastéropode lors du cycle de reproduction (septembre-décembre) se traduit par une dilution pondérale du Cd accumulé.

2) Le cuivre :

Au suivi de l'évolution temporelle du cuivre détecté par les deux méthodes de minéralisation (VS,VH) chez la patelle (**fig. 135**), il se montre que cet élément est présent durant la période d'échantillonnage probablement du fait que le cuivre est un élément indispensable au déroulement des processus biologiques, chez les mollusques, le sang renferme un pigment respiratoire à base de cuivre: l'hémocyanine (**Casas, 2005**). Par ailleurs, les concentrations observées au cours du temps révèlent des variations importantes quelque soit la méthode d'analyse utilisée. Ces concentrations s'expriment, en général, par une augmentation de teneurs signalée au début du printemps avec des pics de (0,052 et 0,078mg/kg) qui se suit par des diminutions d'accumulation avec des teneurs plus faibles relevées durant la période juin –septembre qui se trouvent entre 0,015 et 0,044 mg/kg. Cette évolution est semblable à celle observée pour les eaux et la coralline au niveau de cette station (SA).

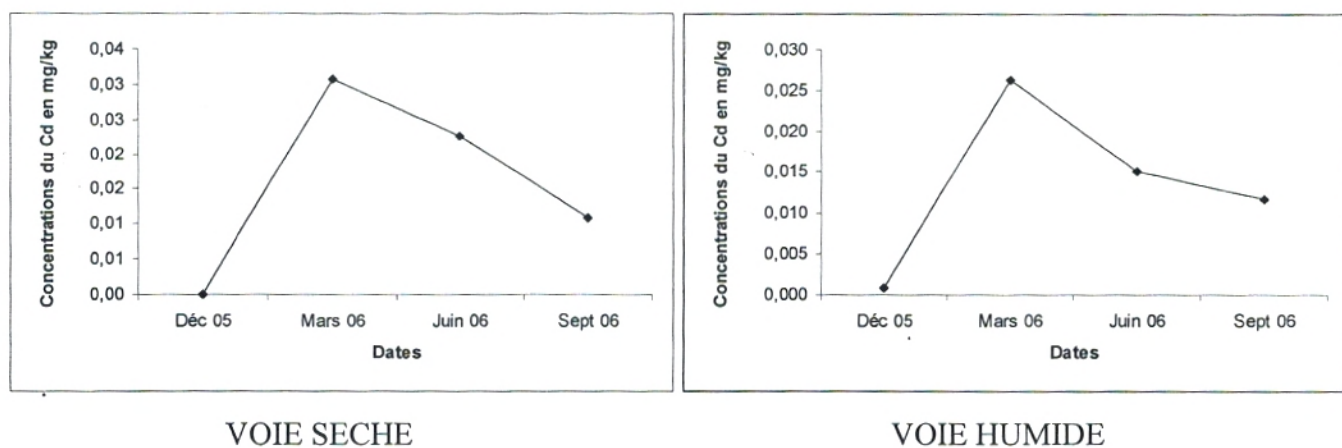


Figure 134 : Variations temporelles les concentrations du cadmium (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA

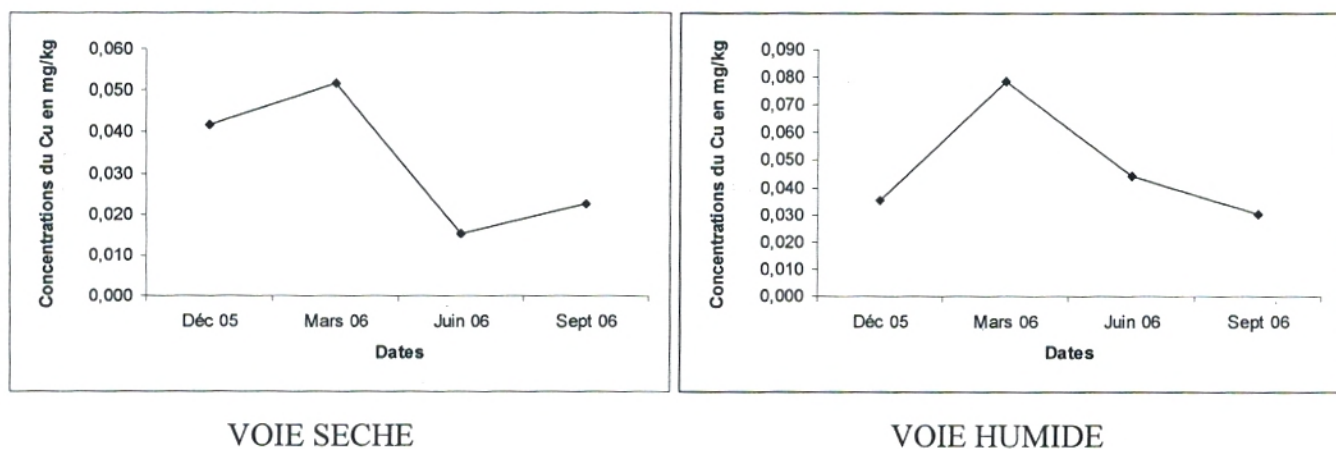


Figure 135 Variations temporelles des concentrations du cuivre (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA

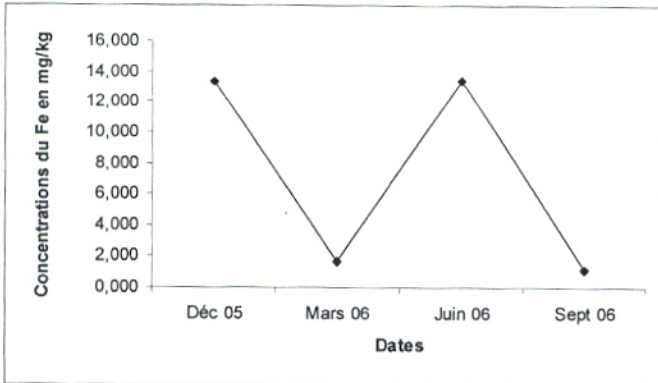
3) Le fer :

Selon la **figure 136**, le fer marque sa présence chez la patelle durant les dates de prélèvement du fait probable que cet élément est essentiel pour les êtres vivants, chez la patelle, le fer se trouve, par exemple comme agent durcissant de la radula (**Davies & al.,2004**). Cependant, et d'après les résultats obtenues, le fer a montré plus de variabilité par la voie sèche de minéralisation. Cette variabilité s'exprime par des pics de concentrations observés en décembre et juin (13,35; 13,46mg/kg) séparés par des chutes de teneurs en mars et septembre (1,70; 1,13mg/kg). Inversement, les résultats de la voie humide montrent des variations moins brutales au cours des saisons où les teneurs en fer fluctuent entre 14,26-20,67mg/kg.

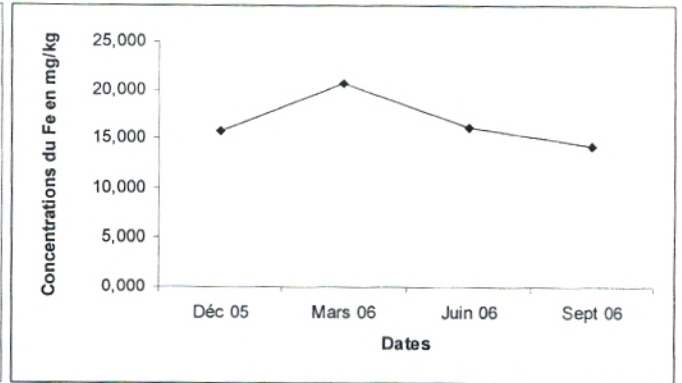
4) Le plomb :

La représentation graphique de la concentration en Pb chez la patelle par rapport au temps montre la présence de cet élément durant la période de suivi (**fig. 137**), et ce, pour les deux méthodes de minéralisation (sèche, humide) bien que le plomb n'est pas indispensable à la vie des êtres vivants (**Casas, 2005**), ce qui est relié à l'importance des sources de cet élément dans le milieu.

Par ailleurs, les concentrations en Pb fluctuent pour chaque méthode utilisée. Les teneurs relevées moyennant la voie sèche se situent entre un maximum de 0,933mg/kg noté en mois de mars et un minimum de 0,379 mg/kg en mois de juin. Inversement, les teneurs enregistrées par la voie humide marquent la valeur maximale en juin (0,844mg/kg) et la valeur minimale en mois de mars (0,521mg/kg).

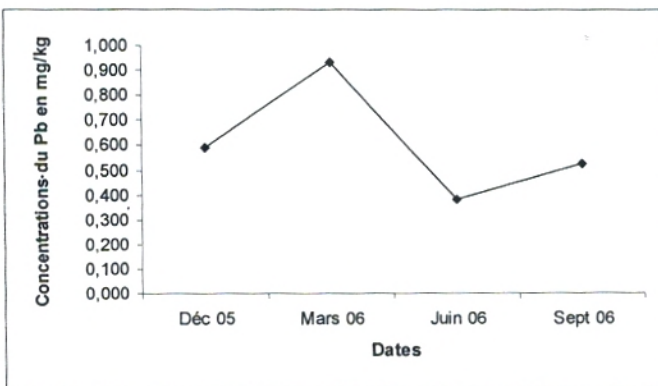


VOIE SECHE

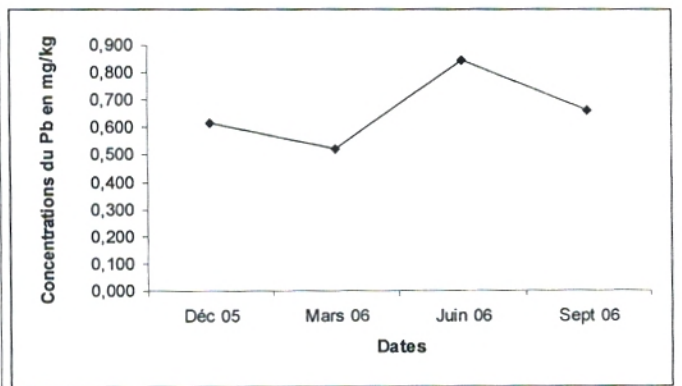


VOIE HUMIDE

Figure 136 : Variations temporelles des concentrations du fer (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA



VOIE SECHE



VOIE HUMIDE

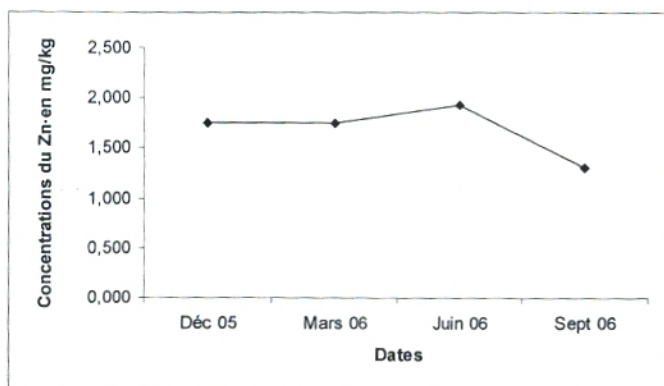
Figure 137 : Variations temporelles des concentrations du plomb (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA

5) Le zinc :

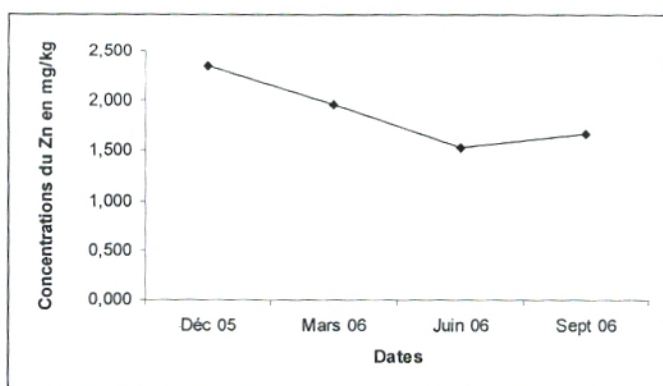
Quelque soit la méthode d'analyse utilisée, les résultats obtenues montrent que l'accumulation du zinc par *Patella ferruginea* varie au cours du temps et restent assez importantes puisque la valeur minimale observée par la voie sèche de minéralisation est de 1,317mg/kg, alors que la valeur maximale enregistrée correspond à une valeur de 2,346mg/kg notée par la voie humide de minéralisation en mois de décembre (**fig.138**). Cette accumulation importante du zinc n'est pas sans relation avec la contamination du milieu par le zinc, bien que le mollusque puisse contenir des quantités de cet élément puisque cet élément est indispensable à faibles concentrations pour les organismes vivants (**Devez, 2004**).

6) Le nickel :

Pour le nickel (**fig.139**), on a constaté l'absence de cet élément chez la patelle par les deux méthodes d'analyse ce qui probablement du fait que le milieu n'est pas assez contaminé par cet élément ou bien que *Patella ferruginea* n'arrive pas à concentrer des quantités de cet élément du fait que le nickel est un élément faiblement bioaccumulable (**Ifremer, 2001**).

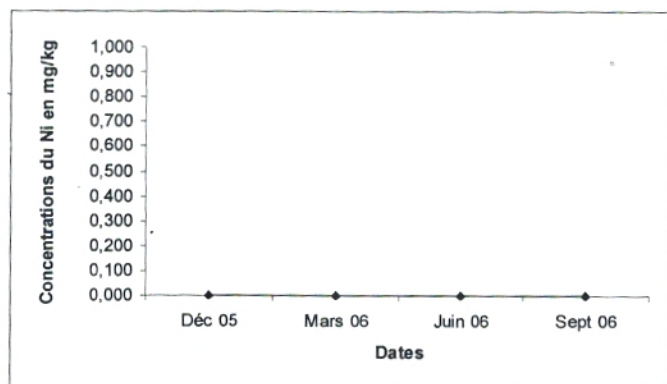


VOIE SECHE

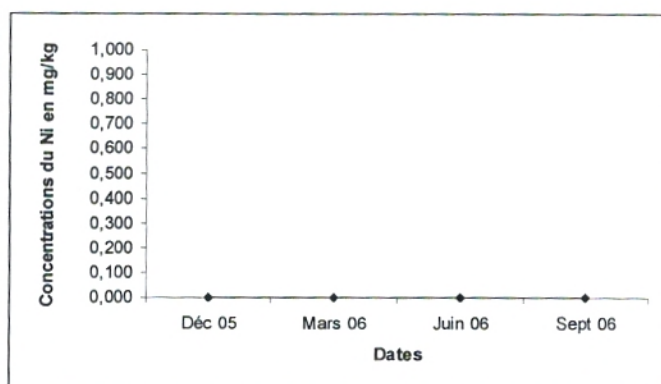


VOIE HUMIDE

Figure 138 : Variations temporelles des concentrations du zinc (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA



VOIE SECHE



VOIE HUMIDE

Figure 139 Variations temporelles des concentrations du nickel (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA

7) Le chrome :

En ce qui concerne l'évolution temporelle de la teneur en chrome chez la patelle (**fig.140**), on observe que les résultats de la voie sèche de minéralisation présentent une accumulation marquée par deux pics (0,693 ; 0,539mg/kg) observés respectivement en mois de décembre et juin, le reste de la période de suivi l'accumulation du chrome se situe entre 0,233 et 0,343mg/kg. Les résultats de la voie humide présentent un seul pic de chrome noté en mois de mars et des teneurs qui ne décroissent pas au dessous de 0,126 mg/kg valeur minimale observée en mois de décembre. Le chrome est connu en fait comme élément essentiel à la vie animale (**Ifremer, 2001**).

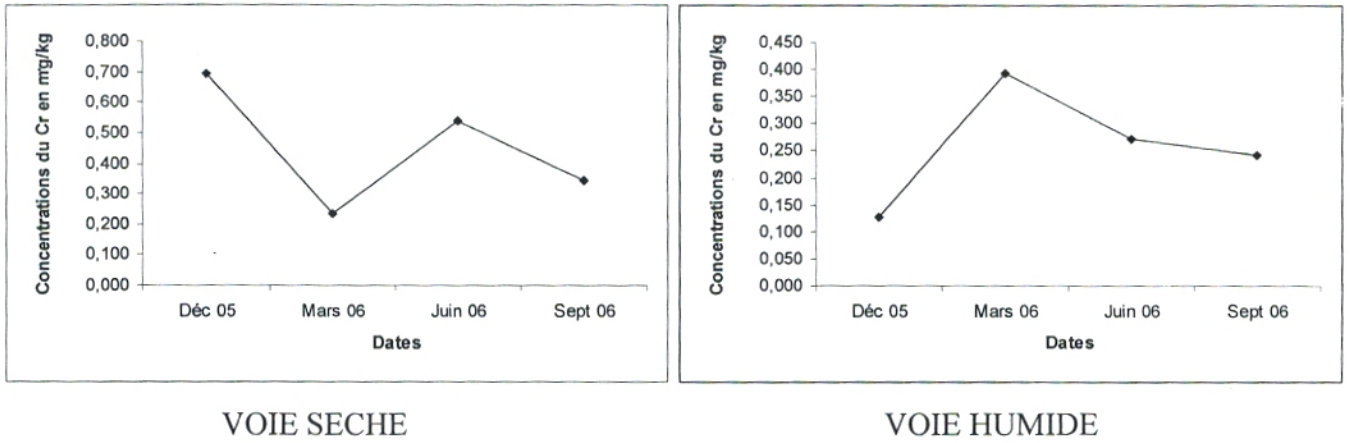


Figure 140 : Variations temporelles des concentrations du chrome (mg/kg) chez *Patella ferruginea* au niveau de la station SA

Analyse de la Variance à un Facteur (ANOVA1)

Les résultats de l'analyse de variance à un facteur (ANOVA1) pour la totalité des concentrations métalliques obtenues (voie sèche, voie humide) en fonction du facteur « date » chez la patelle se présentent comme suit:

Cd : $p = 0,005$;

Cu : $p = 0,154$;

Fe : $p = 0,805$;

Pb : $p = 0,920$;

Zn : $p = 0,403$;

Ni : * (absent);

Cr : $p = 0,932$.

Cependant, il se montre d'après ces résultats que la bioaccumulation en fonction du temps n'est significative que dans le cas du cadmium chez la patelle ($p < 0,05$) au cours de la période d'étude qui s'étale entre 2005-2006.

*Corrélation entre les métaux chez *Patella ferruginea**

Cette analyse a été menée sur les résultats métalliques des individus de patelle de la station (SA) pour expliquer la variation de six variables (nickel absent). La projection des variables a été effectuée sur trois axes avec une variance totale de 78,17% (**fig. 141**).

La projection sur le plan $F_1 - F_2$:

L'axe F_1 (31,28% de la variance totale) est défini en grande partie par le plomb (34,19%) et le fer (22,30%).

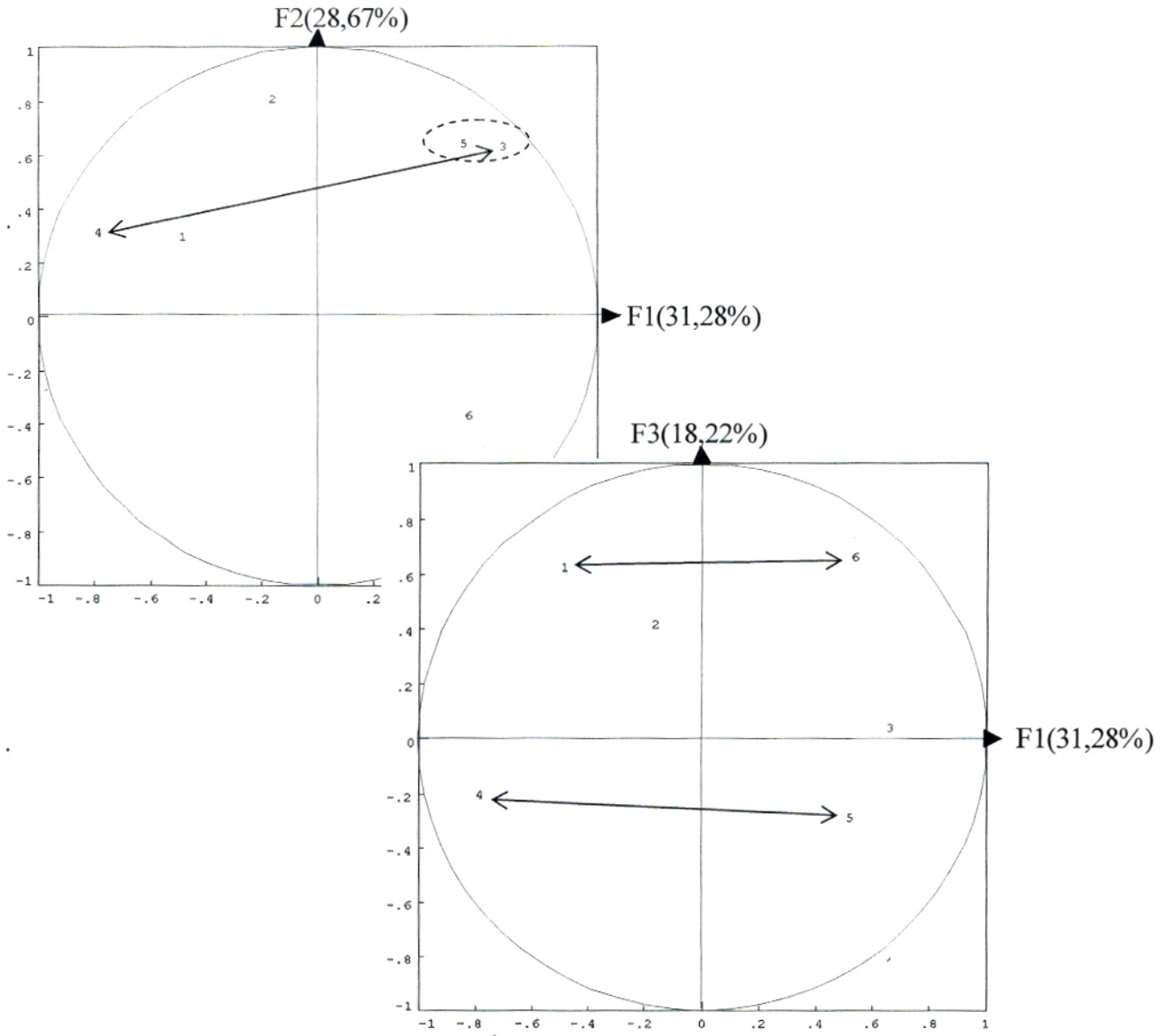
L'axe F_2 (28,67% de la variance totale) est représenté majoritairement par le cuivre (36,57%), le zinc (22,94%) et le fer (22,21%).

Sur ce plan, le Pb est corrélé négativement au Fe tous deux se trouvant aux extrémités de l'axe F_1 .

La projection sur le plan $F_1 - F_3$:

L'axe F_3 (18,22% de la variance totale) est défini surtout par le chrome (38,53%) et le cadmium (34,05%).

Sur cet axe, le Cr s'oppose au Cd et au Cu. De même, et sur l'axe F_1 le Pb est négativement corrélé au Zn.



Absolute contributions of columns.
Factors are in columns.

	F1	F2	F3
1	1330.	458.	3405.
2	167.	3657.	1463.
3	2230.	2221.	6.
4	3419.	511.	424.
5	1383.	2294.	850.
6	1472.	859.	3853.

Relative contributions of columns
Factors are in columns.

	F1	F2	F3
1	2495.	787.	3722.
2	313.	6290.	1599.
3	4185.	3821.	7.
4	6415.	879.	463.
5	2594.	3947.	929.
6	2763.	1478.	4211.

Dosage du Cd	1
Dosage du Cu	2
Dosage du Fe	3
Dosage du Pb	4
Dosage du Zn	5
Dosage du Cr	6
Dosage du Ni	7

Figure 141: Résultats d'ACP des éléments métalliques chez *Patella ferruginea*.

C- ETUDE COMPARATIVE

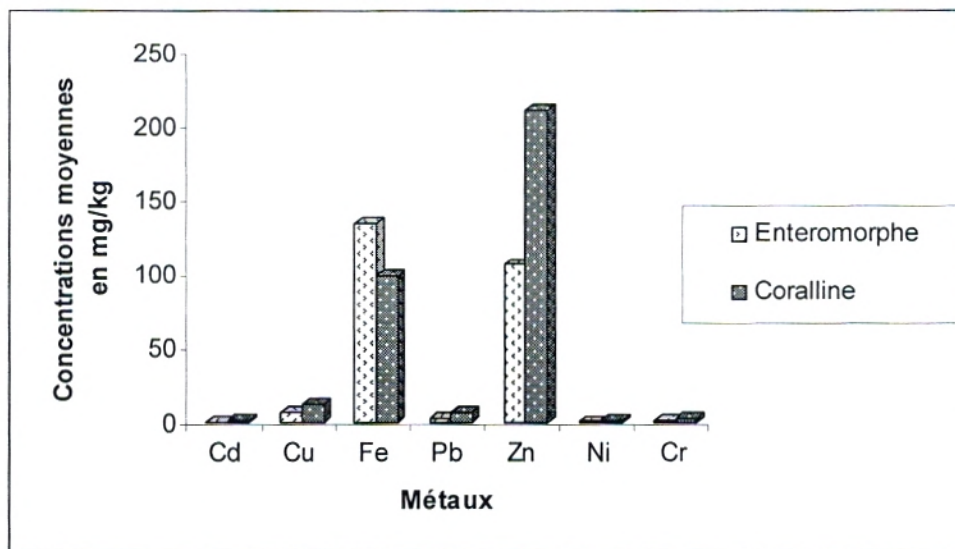
1) COMPARAISON ENTRE DIFFERENTS ECHANTILLONS D'ETUDE

a- *Enteromorpha* – coralline (algues):

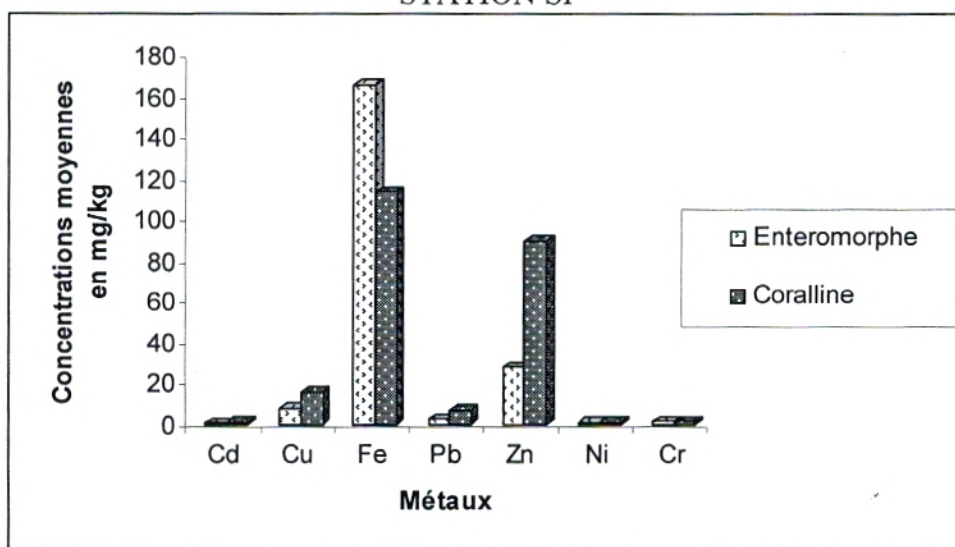
D'après les résultats de comparaison entre les deux algues retenues pour notre étude dans chaque emplacement de prélèvement (**fig.142**) il se montre que les concentrations moyennes des différents métaux chez *Corallina officinalis* sont sensiblement plus élevées que celles observées chez *Enteromorpha linza* sauf pour le cas du fer où les valeurs étaient inférieures pour la coralline.

Cette variabilité de concentration est due en grande partie aux activités métaboliques des algues qui sont spécifiques pour chaque espèce donnée (**Devez, 2004**).

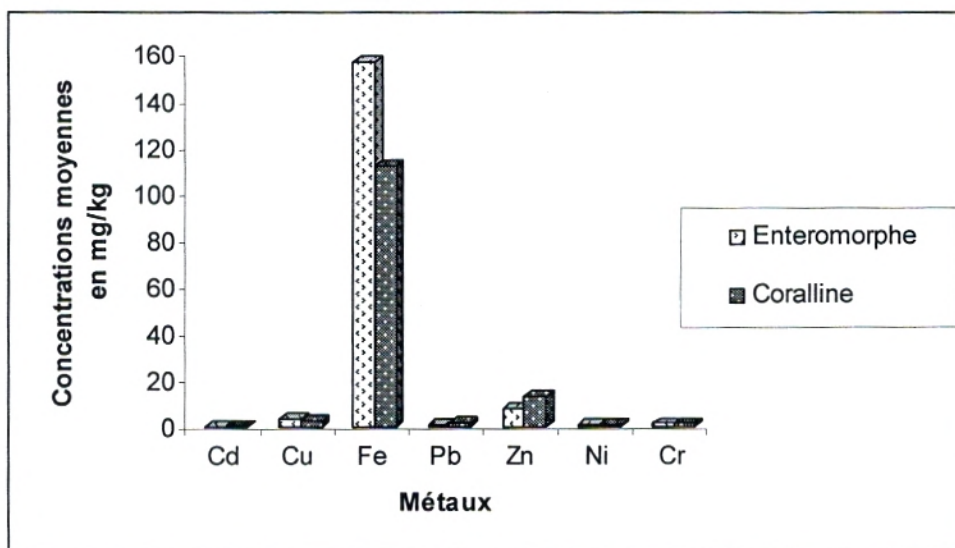
Le taux d'accumulation métallique élevé chez la coralline (algue rouge calcaire) peut être liée à la physiologie de l'espèce. Par exemple, une calcification rapide chez la coralline notamment en période chaude a comme conséquence une régulation moins stricte dans la prise d'éléments traces (**Mohamed & Khaled, 2004**). Cependant, le taux élevé de fer chez l'enteromorphe par rapport à la coralline est probablement dû à l'affinité de l'algue verte pour le métal, puisque les algues montrent différentes affinités envers les métaux. Ces affinités dépendent à leur tour de la structure chimique du biosorbant (**Hamdy, 2000**).



STATION SP



STATION SG

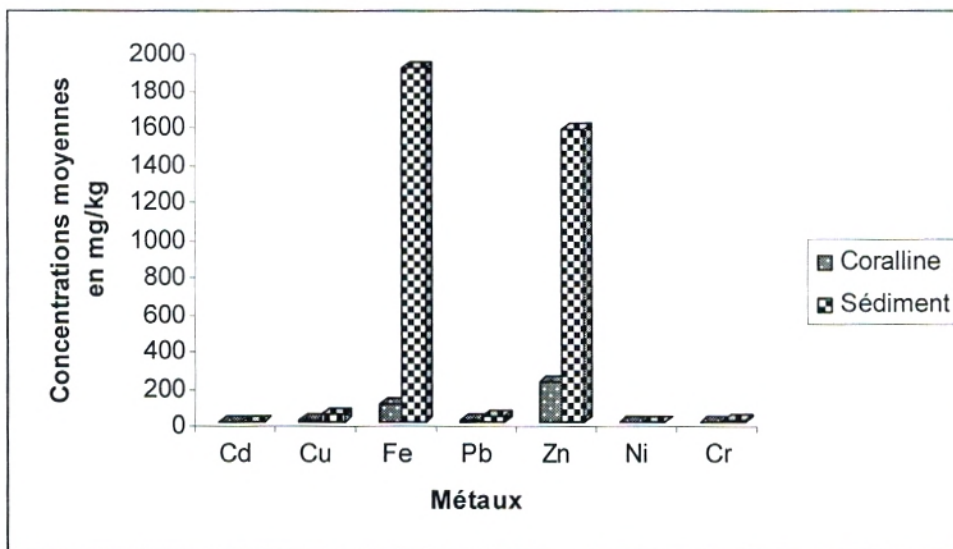


STATION SA

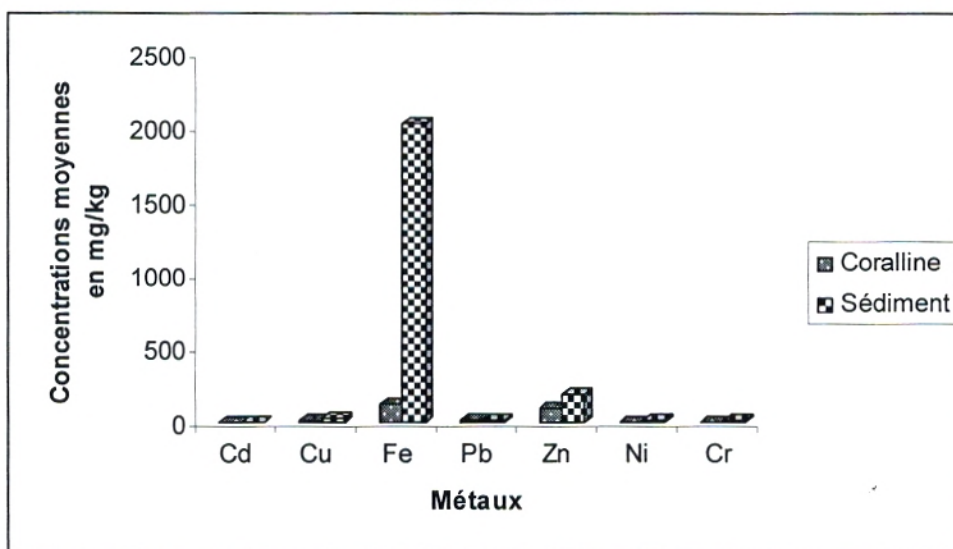
Figure 142 : Comparaison des concentrations moyennes chez *Enteromorpha linza* et *Corallina officinalis* aux différentes stations d'étude.

b- Sédiment – Algues :

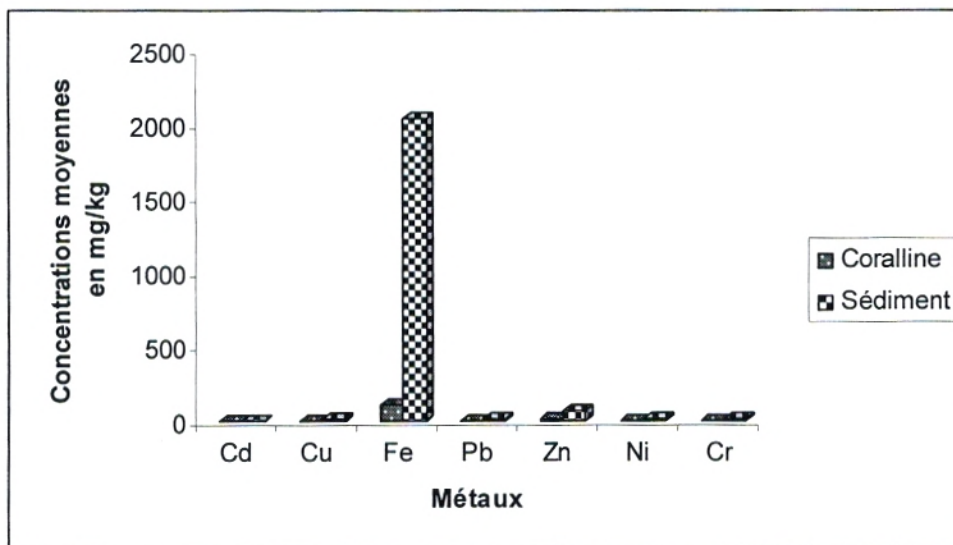
En comparant les concentrations moyennes des différents métaux dans les sédiments avec les concentrations dans les deux espèces d'algues *Enteromorpha linza* et *Corallina officinalis* (**fig.143, 144**), on constate qu'à l'exception de la valeur du Cd relevée au niveau de la station (SA) où la coralline accumule plus de Cd que le sédiment, les autres moyennes métalliques indiquent que les taux d'accumulation dans les sédiments sont considérablement plus élevés que chez les deux algues dans les différentes stations d'étude. Cela est probablement du fait que les métaux ont tendance à se concentrer au cours du temps dans le compartiment sédimentaire (**Coquery & al., 2005**), et que les sédiments par leurs propriétés physico-chimiques tels que la texture, contenu en hydroxyde de fer, matière organique agissent souvent comme source de contaminants aux différents organismes (**Villares & al., 2001**).



STATION SP

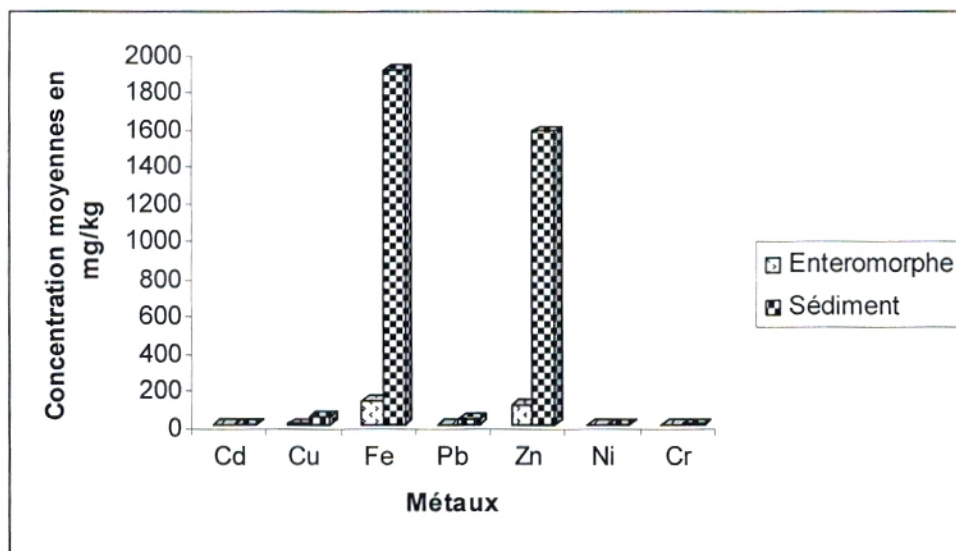


STATION SG

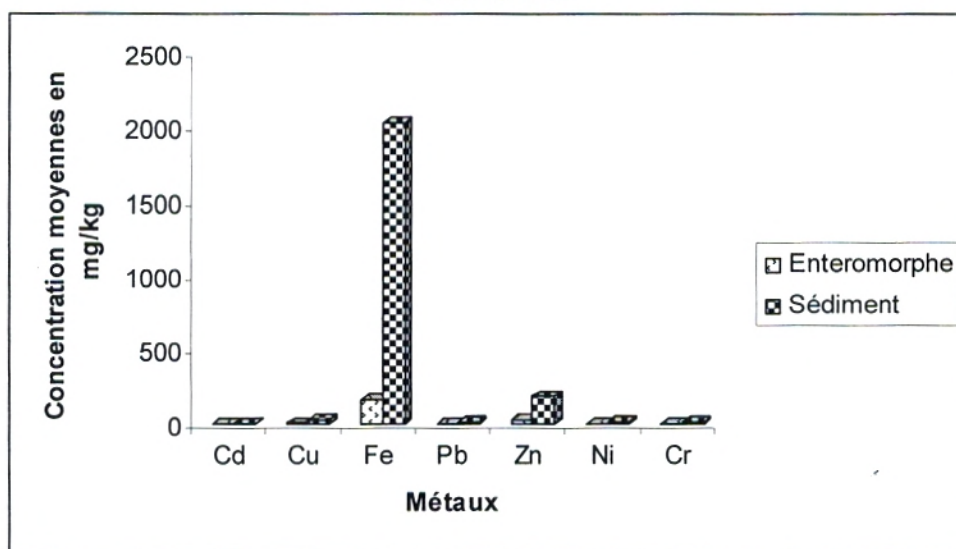


STATION SA

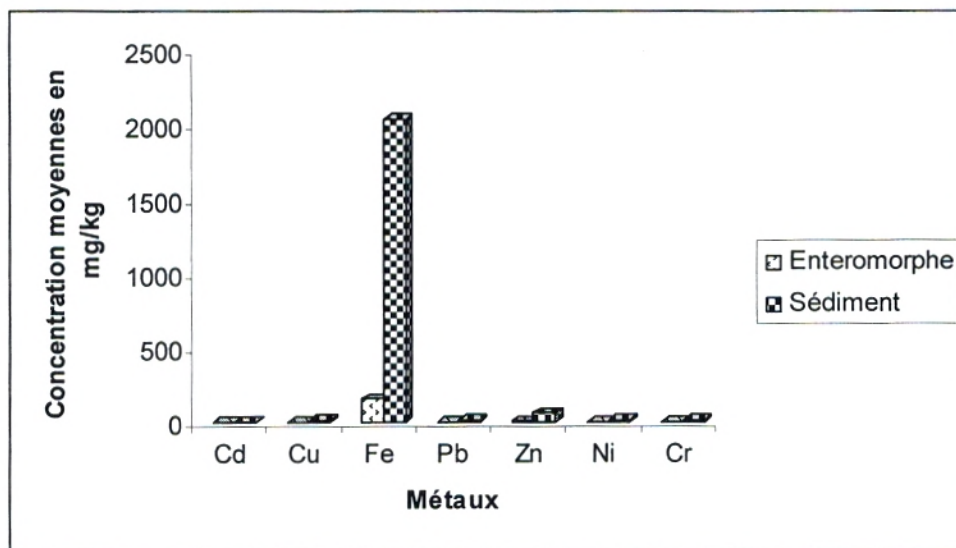
Figure 143 : Comparaison des concentrations moyennes chez *Corallina officinalis* et les sédiments aux différentes stations d'étude.



STATION SP



STATION SG



STATION SA

Figure 144 : Comparaison des concentrations moyennes chez *Enteromorpha linza* et les sédiments aux différentes stations d'étude.

c- Algues –Patelle :

Comme il peut être vu dans la **figure 145** et la **figure 146**, les taux d'accumulation métallique chez la patelle au niveau de la station (SA) où se limite la présence de ce gastéropode, étaient généralement plus faibles comparés aux taux de métaux accumulés qu'ils soient chez l'algue verte (enteromorphe) ou encore chez l'algue rouge (la coralline) provenant de la même station considérée (SA). Ceci est dû au fait que les algues semblent plus sensibles aux contaminations que les invertébrés par leur membrane cellulaire en contact direct avec le milieu d'exposition, alors qu'une bonne partie du corps de la patelle est protégée par la coquille. En plus que les algues absorbent très probablement les ions métalliques directement de l'eau de mer, mais pourraient également absorber des particules en métal d'entrée atmosphérique selon **Shiber (1979)**. Ceci d'une part, d'autre part la taille de l'animal est importante (dans notre cas la taille mesurée est de 2,5cm en moyenne, la patelle atteint jusqu'à 11cm), cette taille de l'individu détermine les processus physiologiques qui influencent le taux de prise, la distribution et l'élimination des polluants (**Storelli & Marcotrigiano, 2004**).

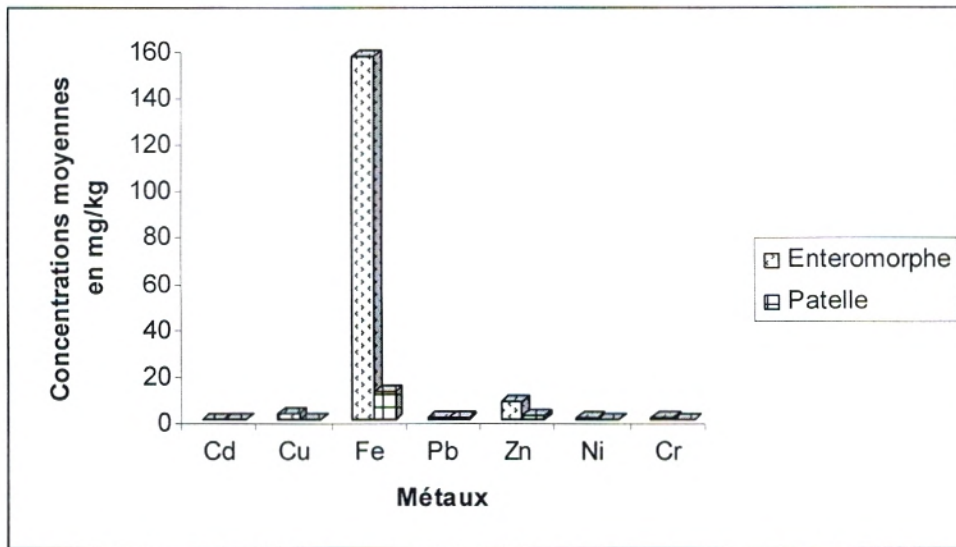


Figure 145 : Comparaison des concentrations moyennes chez *Patella ferruginea* et *Enteromorpha linza* au niveau de la station d’embouchure d’oued Abdallah (SA)

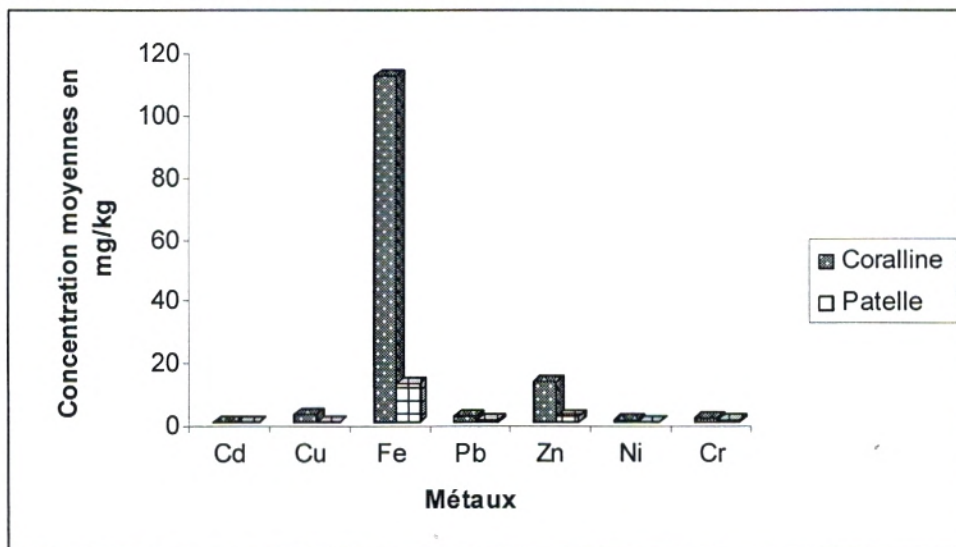


Figure 146: Comparaison des concentrations moyennes chez *Patella ferruginea* et *Corallina officinalis* au niveau de la station d’embouchure d’oued Abdallah (SA)

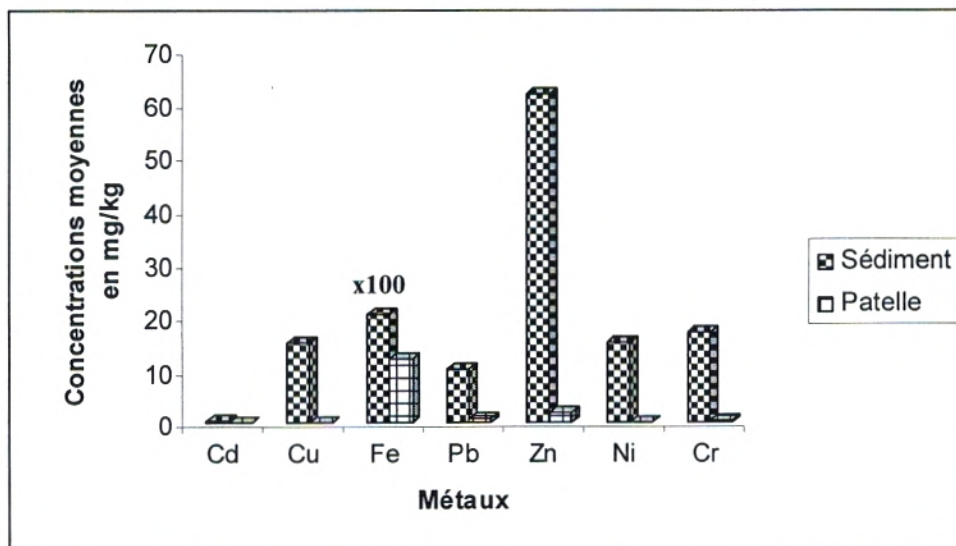


Figure 147 : Comparaison des concentrations moyennes chez *Patella ferruginea* et les sédiments au niveau de la station d’embouchure d’oued Abdallah (SA)

d- Sédiment- patelle :

En s'appuyant sur les résultats de comparaison entre les taux moyens de métaux accumulés chez la patelle et ceux accumulés dans les sédiments superficiels au niveau de la station SA (**fig.147**), il se trouve que l'accumulation de métaux lourds est prédominante dans les sédiments par rapport aux mollusques. Ceci est expliqué par le fait que les sédiments agissent en tant que réservoir pour les contaminants, en plus que la majorité de la matière organique morte de l'écosystème ci-dessus sédimente et se trouve finalement dans les sédiments (**Hamed & Emara, 2006**).

e- Eau – échantillons

D'une manière générale, et à l'exception d'une seule valeur relevée à la station SA pour le Cd où le taux accumulé dans l'eau est supérieur à celui observé chez l'enteromorphe, on a remarqué que les niveaux de concentrations des métaux lourds dans les eaux sont inférieures aux niveaux de concentrations métalliques chez les algues de notre étude (enteromorphe et coralline) bien évidemment ceci explique la bioconcentration observée chez les algues à partir du milieu. Cette situation est également le cas dans la comparaison des eaux aux sédiments où les taux enregistrés par les eaux sont beaucoup plus faibles encore par rapport aux concentrations moyennes du compartiment sédimentaire.

Cependant, en évaluant les valeurs moyennes des métaux dans l'eau de mer par rapport à celles trouvées chez la patelle, il semble que les teneurs sont plus ou moins rapprochées et on a constaté, en outre (au niveau de la station SA), que les taux moyens du Cd, Cu, Pb, Ni sont plus élevés dans l'eau que chez la patelle (**fig.148**), et inversement pour le reste des métaux ce qui veut dire que la patelle concentre essentiellement Fe, Zn, et Cr.

De ce qui précède comme résultats des différentes comparaisons effectuées entre nos échantillons on peut déduire un gradient d'accumulation des métaux (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr) qui se présente comme suit :

Sédiment > Coralline > Enteromorphe > Eau ≈ Patelle

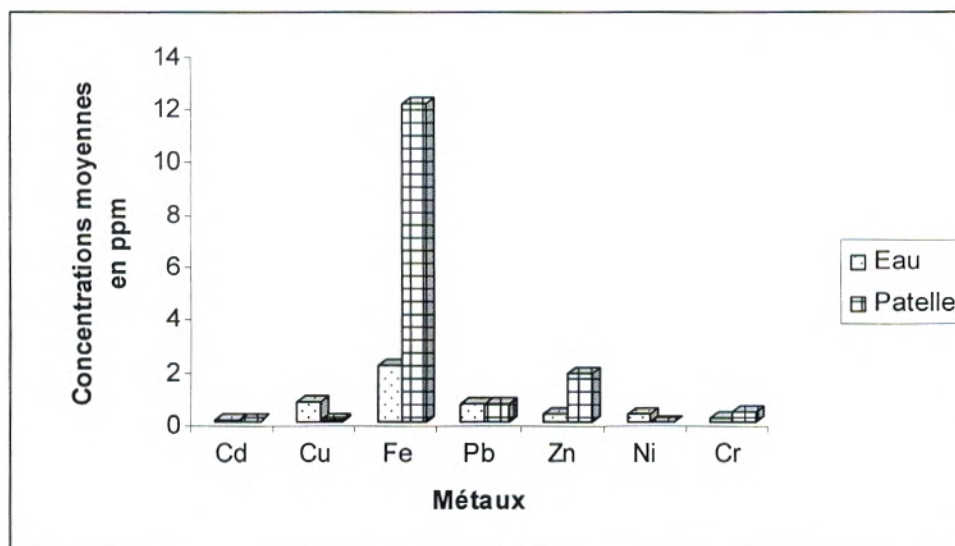


Figure 148: Comparaison des concentrations moyennes chez *Patella ferruginea* et les eaux au niveau de la station d’embouchure d’oued Abdellah (SA)

Tableau 35: Comparaison des concentrations moyennes de nos échantillons au niveau de nos stations d’étude pendant la durée d’échantillonnage (Décembre 2005 – Sept 2006).

Station SP

Eléments en ppm	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Ni	Cr
Eau	0,115	0,57	1,286	0,725	0,108	0,281	0,057
Sédiment	1,95	39,95	1906,15	31,95	1572,80	2,00	6,05
Enteromorphe	0,13	6,22	133,54	2,28	105,91	0,40	0,71
Coralline	0,54	11,44	98,15	6,72	211,44	0,69	1,89

Station SG

Eléments en ppm	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Ni	Cr
Eau	0,081	0,562	2,508	0,723	0,665	0,272	0,208
Sédiment	0,165	23,05	2028,90	13,75	183,45	9,45	15,40
Enteromorphe	0,13	7,80	165,49	2,13	27,46	0,52	1,20
Coralline	0,82	15,22	113,33	6,54	89,16	0,75	1,19

Station SA

Eléments en ppm	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Ni	Cr
Eau	0,082	0,732	2,081	0,671	0,259	0,307	0,16
Sédiment	0,145	14,95	2037,75	10,20	61,65	15,00	17,15
Enteromorphe	0,02	2,97	156,54	0,87	7,87	0,66	1,17
Coralline	0,18	2,60	111,73	1,78	12,67	0,68	1,07
Patelle *	0,015	0,04	12,08	0,63	1,785	0	0,355

*Concent final=(ValeurMoyVS+ValeurMoyVH)/2

2) COMPARAISON DE NOS RESULTATS AVEC DES NORMES EN VIGUEUR ET QUELQUES ETUDES ANTERIEURES:

Afin d'estimer le niveau de contamination de nos différents échantillons nous avons comparé ces derniers aux normes en vigueur. Dans le cas d'absence de ces normes nos résultats seront comparés à ceux d'études antérieures.

a- Eaux de mer :

Tableau 36 : Comparaison des eaux de mer des différentes stations d'étude aux valeurs normatives

SP: Station Port, SG : Station embouchure O.Ghazouana,
SA: Station embouchure O.Abdellah

Métaux	Valeurs de comparaison		Concentrations moyennes Dans nos stations d'étude (mg/l)		
	Concentrations moyennes des eaux de Proximité de Ghazaouet en mg/l	Seuils de potabilité en mg/l	SP	SG	SA
Cadmium	0,001	0,003	0,115	0,081	0,082
Cuivre	0,002	2	0,57	0,562	0,732
Fer	-	-	1,286	2,508	2,081
Plomb	0,011	0,01	0,725	0,723	0,671
Zinc	0,077	-	0,108	0,665	0,259
Nickel	0,002	0,02	0,281	0,272	0,307
Chrome	0,001	0,05	0,057	0,208	0,16

Si on considère les concentrations métalliques dites «concentrations moyennes des eaux de proximité de Ghazaouet» données par **M.A.T.E (2007)** comme valeur de références (théoriques) (**tab.36**), on pourrait apprécier la qualité de nos eaux par l'indice de contamination (I_c) qui est un rapport entre la valeur observée et la valeur théorique (**Mouvet, 1986**) :

$$I_c = \frac{\text{Valeur observée}}{\text{Valeur théorique}}$$

Les résultats de l'indice sont interprétées comme suit :

- $I_c < 3$ cas normal
- $3 < I_c < 10$ cas de pollution
- $I_c > 10$ zone à risque

(N.B: Ces valeurs de I_c ne sont utilisées par Mouvet (1986) que pour le cas des sédiments).

Tableau 37 : Indices de contamination des eaux de mer des différentes stations d'étude.

Métaux	Indices de contamination pour les eaux de nos stations d'étude		
	SP	SG	SA
Cadmium	115	81	82
Cuivre	285	281	366
Fer	/	/	/
Plomb	65,91	65,73	61
Zinc	1,40	8,64	3,36
Nickel	140,5	136	153,5
Chrome	57	208	160

D'après les résultats présentés dans le **tableau 37**, la majorité des éléments métalliques présentent des indices de contamination $I_c > 10$ indiquant que nos eaux de mer se situent dans une zone à risque du fait des diverses sources de contamination. Comme le fer est un élément majeur, la valeur de la norme n'est pas indiquée. Sa valeur moyenne maximale relevée dans nos eaux (2,508mg/l) est observée au niveau de la station d'embouchure d'oued Ghazouana.

b- Les sédiments :

Le groupe de travail GEODE (créé en France en 1990 par la Direction des Ports et de la Navigation Maritime) a défini des valeurs de bruit de fond géologique et des valeurs de seuil de rejet. Un arrêté interministériel de Juin 2000 reprend 8 éléments traces métalliques pour lesquels il définit deux seuils de concentration (N1 et N2) qui sont utilisés dans le cadre des opérations de dragage.

Le **tableau 38** compare nos données relevées dans cette étude avec ces valeurs référentielles. Cette comparaison fait apparaître des dépassements du niveau 1 pour le cadmium et niveau 1 et 2 pour le zinc (valeurs en gras souligné) au niveau de la station de prélèvement (SP) située dans le port. Cependant, les autres stations d'étude présentent des niveaux de concentration en dessous des deux niveaux de référence définis par GEODE (M.A.T.E, 2007).

Tableau 38: Comparaison des sédiments marins superficiels des différentes stations d'étude aux valeurs normatives

SP: Station Port, SG : Station embouchure O.Ghazouana,
SA: Station embouchure O.Abdellah

Métaux	Valeurs GEODE (mg/kg en MS)		Concentrations moyennes dans nos stations d'étude (mg/Kg en MS)		
	Niveau 1	Niveau 2	SP	SG	SA
Cadmium	1,2	2,4	<u>1,95</u>	0,165	0,145
Cuivre	45	90	39,95	23,05	14,95
Fer	-	-	1906,15	2028,9	2037,75
Plomb	100	200	31,95	13,75	10,2
Zinc	276	552	<u>1572,8</u>	183,45	61,65
Nickel	37	74	2	9,45	15
Chrome	90	180	6,05	15,4	17,15

Si on considère les concentrations métalliques dites «naturelles» présentées dans notre partie bibliographique comme valeur de références (**tab. 9, 10**), tout en considérant également que les sédiments des stations (SG) et (SA) sont des sédiments sableux et le sédiment de la station du port (SP) est de type vaseux, l'évaluation de la qualité de nos sédiments par l'indice de contamination (Ic) donne les résultats suivants:

Tableau 39: Comparaison des sédiments marins superficiels des différentes stations d'étude aux valeurs normatives (mg/kg)

SP: Station Port, SG : Station embouchure O.Ghazouana,
SA: Station embouchure O.Abdellah

Métaux	Valeurs dites naturelles (mg/kg MS)*		Concentrations moyennes dans nos stations d'étude (mg/Kg MS)		
	Sédiment sableux	Sédiments vaseux	SP	SG	SA
Cadmium	0,02	0,3	1,95	0,165	0,145
Cuivre	15	45	39,95	23,05	14,95
Fer	60000	60000	1906,15	2028,9	2037,75
Plomb	7	20	31,95	13,75	10,2
Zinc	16	95	1572,8	183,45	61,65
Nickel	2	68	2	9,45	15
Chrome	35	90	6,05	15,4	17,15

* Turekian et Wedpohl, 1961 ; Martin et Meybeck, 1979

Tableau 40: Indices de contamination des sédiments superficiels des différentes stations d'étude.

Métaux	Indices de contamination pour les sédiments de nos stations d'étude		
	SP	SG	SA
Cadmium	6,50	8,25	7,250
Cuivre	0,88	1,53	0,99
Fer	0,03	0,03	0,03
Plomb	1,59	1,96	1,45
Zinc	16,55	11,46	3,85
Nickel	0,02	4,72	7,50
Chrome	0,06	0,44	0,49

De ces résultats (**tab.40**) on constate que les sédiments de SP et SG se présentent dans une zone à risque pour le zinc ($I_c > 10$). Un cas de pollution généralisée est noté pour le Cd et des cas de pollution se limitant pour le nickel au niveau de SA et SG et pour le zinc au niveau de SA. Pour les autres métaux on peut dire qu'il y a une situation normale.

c- Les algues :

** Enteromorpha linza*

En comparant nos résultats avec des travaux antérieurs effectués dans notre zone d'étude (**tab. 41**), on remarque que les taux d'accumulation les plus élevés sont observés en 2002. En 2003, une tendance générale à la diminution caractérise l'enteromorphe dans la zone d'étude, puis une élévation du niveau de Zn et Cu se fait marquer en 2004.

Pour notre étude (2006), le niveau d'accumulation métallique par l'enteromorphe est marquée par une nette diminution de Cd, Cu, Fe (SG en particulier), Pb, Zn contrairement à une légère augmentation observée pour le Ni.

D'une manière générale, les taux d'accumulation métallique chez l'enteromorphe notent une variabilité interannuelle due en grande partie à la variabilité des rejets et leurs apports métalliques dans le milieu.

Le **tableau 42** présente des comparaisons de nos concentrations avec ceux de quelques sites pollués (Turquie, Grèce, Espagne, Egypte) à l'échelle du bassin méditerranéen. Nos valeurs enregistrées sont inférieures par rapport à ces sites à l'exception de la valeur du Cu et du Fe qui dépassent ceux relevées en Grèce. En outre, il n'est pas sans intérêt de constater que, par rapport au reste des régions, une valeur excessivement élevée de Zinc (105mg/kg) a été trouvée dans nos algues vertes provenant de la station du port (SP).

Tableau 41: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Enteromorpha linza* (mg/kg) de notre étude avec d'autres travaux dans la région de Ghazaouet.

Lieux	Messaoudi et Bettioui, 2002			Gourmala et Belarbi, 2003		Tianti et Bouklikha, 2004		Notre étude		
	SP	SG	SA	SP	SG	SP	SG	SP	SG	SA
Cadmium	2.16	2.14	1.23	0.189	0.656	0.34	0.51	0,13	0,13	0,02
Cuivre	50.14	37.96	24.85	2.05	6.06	12.74	13.03	6,22	7,8	2,97
Fer	/	/	/	133.73	526.03	/	/	133,54	165,49	156,54
Plomb	34.39	36.55	15.92	23.76	47.85	4.03	8.73	2,28	2,13	0,87
Zinc	403.12	332.54	63.84	16.93	18.76	49.16	95.28	105,91	27,46	7,87
Nickel	/	/	/	/	/	0.19	0.41	0,40	0,52	0,66
Chrome	/	/	/	/	/	/	/	0,71	1,2	1,17

Tableau 42: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Enteromorpha linza* (mg/kg) de notre étude avec d'autres travaux dans la méditerranée.

Lieux	Kut & al., 1999	Malea & Haritonidis, 1999	Villares & al., 2001	Mohamed & Khaled, 2004	Notre étude		
	(Garipçe Bosphore, Turquie)	(Golfe de Thermaikos Grèce)	(Cote Nord Ouest d'Espagne)	(El Mex-Alexandria Egypte)	SP	SG	SA
Cadmium	0.8	0.8	/	0.733	0,13	0,13	0,02
Cuivre	7.98	2.9	10.58	14.61	6,22	7,8	2,97
Fer	281	110.6	696	327.30	133,54	165,49	156,54
Plomb	7.8	28.8	/	14.26	2,28	2,13	0,87
Zinc	16.9	79.3	41.3	29.71	105,91	27,46	7,87
Nickel		/	3.23	9.95	0,4	0,52	0,66
Chrome	4.7	/	1.59	/	0,71	1,2	1,17

** Corallina officinalis*

A partir du **tableau 43** on compare l'accumulation des métaux chez la coralline dans notre étude par rapport à d'autres études antérieures effectuées sur la même région d'étude (Ghazaouet).

D'une manière générale, on s'aperçoit déjà que le prélèvement de la coralline n'a pas eu lieu dans ces études antérieures à la station SG soit du fait du niveau élevée de la pollution à cette station (les thalles de l'algue montrent une croissance limitée), soit du fait d'accessibilité difficile aux points de prélèvement (vagues et roches glissantes). Par ailleurs, et pour le reste des stations on remarque que le niveau d'accumulation du Zn, Pb, Ni, a augmenté dans notre étude par rapport aux travaux effectués par **Tianti et Bouklikha (2004)**, bien que ces taux métalliques restent beaucoup plus faibles que ceux présentés par **Messaoudi et Bettioui (2002)** qui exposent les valeurs les plus élevées.

Par rapport à des régions polluées de la méditerranée (**tab. 44**), on a constaté que la coralline provenant de Ghazaouet concentre plus de Cd, Cu, Pb, Zn, et Ni que la coralline de Turquie (Bosphore, cote de mer noire). Nos valeurs sont aussi supérieures pour le Zn, et Cu par rapport à ceux relevés à Alexandria (Egypte) notamment au niveau de la station SP et SG. Pour les autres métaux nos valeurs sont comparables ou largement inférieures.

Tableau 43 : Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Corallina officinalis* (mg/kg) de notre étude avec d'autres travaux dans la région.

Lieux	Messaoudi et Bettoui 2002			Gourmala et Belarbi, 2003		Tianti et Bouklikha, 2004		Notre étude		
	SP	SG	SA	SP	SG	SP	SG	SP	SG	SA
Cadmium	6.05	/	2.18	1.18	/	1.05	/	0,54	0,82	0,18
Cuivre	48.57	/	22.53	2.61	/	13.73	/	11,44	15,22	2,6
Fer	/	/	/	/	/	/	/	98,15	113,33	111,73
Plomb	101.71	/	31.07	87.9	/	5.09	/	6,72	6,54	1,78
Zinc	1262.56	/	205.15	17.05	/	51.74	/	211,44	89,16	12,67
Nickel	/	/	/	/	/	0.47	/	0,69	0,75	0,68
Chrome	/	/	/	/	/	/	/	1,89	1,19	1,07

Tableau 44: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Corallina officinalis* (mg/kg) de notre étude avec d'autres travaux dans la méditerranée.

Lieux	Kut & al., 1999	Topcuoglu & al.,2003	Mohamed & Khaled, 2004	Notre étude		
	(Garipçe Bosphore, Turquie)	(Cote Turque de la mer noire)*	(El Mex-Alexandria Egypte)*	SP	SG	SA
Cadmium	0.28	<0.02	7.175	0,54	0,82	0,18
Cuivre	3.23	<0.03	8.064	11,44	15,22	2,6
Fer	499	173	427.29	98,15	113,33	111,73
Plomb	3.2	<0.1	26.50	6,72	6,54	1,78
Zinc	23.00	22.5	53.00	211,44	89,16	12,67
Nickel	/	<0.1	15.38	0,69	0,75	0,68
Chrome	1.9	<0.06	/	1,89	1,19	1,07

* L'espèce comparée est *Corallina mediterranea*

d- La patelle

Le **tableau 45** présente des comparaisons entre les concentrations de métaux lourds observées chez *Patella ferruginea* dans la station d'embouchure d'oued Abdellah (Ghazaouet) qui est notre étude, et ceux observées chez la même espèce dans le littoral de Rachgoun (est, Ouest) ainsi que dans la baie de Benisaf.

A première vue, on constate dans ces travaux que la méthode de minéralisation par voie humide permet une meilleure perception des éléments métalliques par rapport à la méthode de minéralisation par voie sèche. Cette constatation est partagée dans notre cas pour le Cu, Fe, Pb, Zn.

Par ailleurs, il s'avère que tous les métaux sauf le zinc accusent des valeurs plus élevées dans le littoral de Rachgoun et la baie de Benisaf que dans notre région ce qui est probablement dû au fait que la patelle dans notre étude a une présence limitée à la station d'embouchure oued Abdellah. Cette dernière est en fait relativement moins contaminée que les autres stations de notre étude (SP, SG). Malgré cela notre patelle accumule le zinc en quantité supérieure par rapport au littoral de Rachgoun indiquant la contamination importante du milieu par cet élément.

Par rapport aux études effectuées dans la méditerranée (**tab. 46**), nos résultats sont faibles une fois comparés à ceux relevés chez la patelle en Egypte ou en Espagne, alors qu'elles sont supérieures à ceux d'Italie pour le Pb, Cr.

Tableau 45: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Patella ferruginea* (mg/kg du P.S) de notre étude avec d'autres études de régions avoisinantes.

Lieux	Dahaoui, 2003 (littoral de Rachgoun)				Soussi et Bellaredj, 2003 (Benisaf, A.Temouchent)		Notre étude Station SA	
	Ouest		Est		Voie sèche	Voie humide	Voie sèche	Voie humide
Voie de minéralisation	Voie sèche	Voie humide	Voie sèche	Voie humide	Voie sèche	Voie humide	Voie sèche	Voie humide
Cadmium	0.06	0.14	0.06	0.105	0.076	0.151	0.02	0.01
Cuivre	0.103	0.17	0.082	0.24	0.04	0.271	0.03	0.05
Fer	15.4	38.2	10.8	23	5.75	19.77	7.42	16.74
Plomb	8.52	18.2	9.26	16.9	8.75	19.04	0.61	0.66
Zinc	0.205	0.28	0.059	0.275	2.10	3.56	1.69	1.88
Nickel	/	/	/	/	/	/	0	0
Chrome	/	/	/	/	/	/	0.45	0.26

Tableau 46: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Patella ferruginea* (mg/kg du P.S) de notre étude avec d'autres études dans la méditerranée.

Lieux	Hamed & Emara, 2006 (Golfe de Suez, mer rouge, Egypte)*	Cubadda & al., 2000 (Côte de l'île de Favignana, la Sicile, Italie)*	Bergasa & al., 2006 (Îles Canaries, Espagne)**	Notre étude SA
Cadmium	0.63-2.13	3.5	0.363	0,015
Cuivre	1.61-12.17	1.67	2.051	0,04
Fer	1.24-2.94	/	/	12,08
Plomb	6.23-70.91	0.10	1.578	0,63
Zinc	56.47-191.42	3.9	10.37	1,78
Nickel	3.06-9.88	/	/	0
Chrome	2.34-7.99	0.19	/	0,355

* l'espèce étudiée *Patella caerulea*
 ** l'espèce étudiée *Patella piperata*

DISCUSSION

DISCUSSION

En se basant sur les résultats des différentes analyses physicochimiques effectués dans la baie de Ghazaouet sur l'eau et les sédiments superficiels, deux algues (*Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*) et un gastéropode (*Patella ferruginea*) au cours de notre étude qui s'est déroulée entre décembre 2005 et septembre 2006, il s'avère que les teneurs d'un certain nombre de paramètres examinés sont fluctuantes et anormalement élevés ce qui confirme la persistance de l'état de pollution métallique déjà mis en évidence par des études antérieures sur la région (A.N.A.T, 2000; D.P.R.H.T, 2004; D.E.T, 2006).

Pour les eaux de mer, cet état se traduit essentiellement par des teneurs métalliques qui dépassent les seuils de potabilité et des indices de contamination ($I_c > 10$) qui qualifient la région comme zone à risque. On a constaté que les teneurs moyennes maximales du Fe, Zn, Cr sont trouvées à la station d'embouchure d'oued Ghazouana (SG), celles du Pb et du Cd sont localisés à la station du port (SP), tandis que les valeurs moyennes supérieures du Cu et du Ni se trouvent à la station d'embouchure de l'oued Abdellah (SA). Cette distribution explique la diversité des sources d'apports métalliques (agricoles, urbains, industriels) au littoral dont on suppose que le complexe d'Alzinc contribue énormément à ces apports par la quantité ($1200\text{m}^3/\text{j}$) et la qualité de ses rejets et par sa proximité du milieu marin, pour lequel, en fait, on a pas estimé dans cette étude la part des apports atmosphériques. Par ailleurs, l'étude statistique a montré qu'aucun métal n'a présenté une variation spatiale significative ($p > 0,05$). Contrairement, la variation des métaux est significative pour le facteur date à l'exception pour le Zn, et le Cd. Les fluctuations saisonnières observées ont pour cause la variabilité des rejets d'une part. D'autre part, l'effet des saisons ainsi que les facteurs hydrodynamiques influent sur les paramètres physicochimiques du milieu (température, pH, salinité...) et la mobilité des métaux qui peut être induite par les crues notamment des premières pluies en remettant en suspension des sédiments contaminés.

Parallèlement, les résultats d'analyses des sédiments ont permis de classer la station SP et SG dans une zone à risque pour le zinc et de signaler un cas de pollution généralisée pour le Cd, ainsi que des cas limités de pollution pour le Ni au niveau de la SA et SG et pour le Zn au niveau de la SA. Nos valeurs sont supérieures aux seuils de GEODE pour le Cd, et le Zn.

Les effets testés par ANOVA1 (date-concentration et station-concentration) ont montré que les variations sont significatives pour le cas du Cu, Ni, et Cr pour l'effet date, tandis que l'effet station n'est significatif que pour le cas du Cd.

Quatre sur sept des métaux à savoir le Cd, Cu, Pb, Zn ont présentés leurs moyennes supérieures au niveau de la station SP. Certes, cette station se trouve à proximité des sources de contamination dans un port à structure semi fermée, mais il est fort probable que la texture de son sédiment (+45% d'éléments fins) accroît cette accumulation métallique. Dans ce cas on suppose qu'une proportion importante des éléments métalliques qui se trouvait sous forme dissoute ou en suspension est retenue à cette station dont le mécanisme de rétention pourrait être l'adsorption dans lequel sont impliqués les argiles, et hydroxydes de fer (Boust, 1979 ;

Robbé, 1984 ; Bontoux et al., 1992). Notons que les argiles sont capables de retenir les cations métalliques grâce à leur capacité d'échange cationique (C.E.C), leur affinité est également accentuée par leurs associations aux acides humiques (complexes argilo-humiques). D'autre part, les hydroxydes de fer fixent préférentiellement le cuivre, le plomb, et le zinc (**Sabra, 1998; Louhi et al., 1998**). Cependant, il n'est pas sans intérêt de rappeler que notre région connaît un état critique de pollution organique. De tel état (apports de matières organiques) et autres (changement de température, pH, O₂ dissous..) comme modifications anthropiques du milieu aquatique accentuée, dans bien des cas, la pollution chimique en contrôlant le comportement, la biodisponibilité et la toxicité des micropolluants (**Carré et al., 1986; Bourg et al., 1992; Roux, 1992 ; Lacaze, 1996**).

Pour les algues, c'est au niveau de la station de Ghazouana que l'enteromorphe accumule de plus le Cd, Cu, Fe, et Cr. L'enteromorphe du port accumule de même ordre que celle de Ghazouana le Cd, mais elle concentre en quantités maximales le Pb et le Zn. Cependant le pic de nickel relevé correspond à des algues vertes provenant de l'embouchure de l'oued Abdellah. Nos analyses statistiques ont montré que le seul cas où le facteur station influe significativement sur la bioaccumulation chez l'enteromorphe est celui du Cd. Le facteur date, quant à lui, est important dans la bioaccumulation du Cu, Fe, Ni, Cr ($p < 0,05$) chez l'enteromorphe.

Chez la coralline, les résultats obtenus montrent que les algues de la station SG concentrent les taux élevés du Cd, Cu, Fe, Ni. Pour le reste des métaux (Pb, Zn, Cr), leurs valeurs optimales sont localisées au niveau de la station SP. Les données statistiques ont révélées qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des concentrations métalliques quand le facteur station est considéré ($p > 0,05$). Contrairement, les différences étaient significatives pour le facteur date dans le cas du Cu, Fe, Pb, Ni.

D'une manière générale, ces résultats ont permis de démontrer que la contamination métallique chez ces deux algues est répartie spatialement entre la station SG qui vient en premier lieu puis la station SP qui vient en deuxième lieu. D'après le suivi des évolutions temporelles des différents métaux, il se trouve qu'un modèle d'accumulation caractérise, dans l'ensemble, nos deux algues suivant les saisons. Celui-ci s'exprime généralement par une augmentation de concentration pour atteindre le maximum d'accumulation au mois de mars puis une diminution se fait sentir en été et se poursuit, à quelques exceptions, jusqu'au mois de septembre. En fait, nos observations sont semblables à celles faites par **Malea & Haritonidis, (1999)** pour l'enteromorphe au golfe de Thermaikos (Grèce). Ces auteurs ont attribués ces variations saisonnières d'accumulation des métaux (Cu, Fe, Pb, Zn) à la dynamique de croissance de l'algue, et que de jeunes individus d'enteromorphe apparus en septembre seraient la cause de l'augmentation de teneurs observées en ce mois ci puisque selon ces mêmes auteurs ces jeunes individus d'enteromorphe accumulent plus de métaux que les anciennes pièces. D'autres travaux de ces auteurs (**Haritonidis & Malea, 1994**) ont rajoutés sur la dynamique de croissance et l'âge du tissu algal les facteurs physicochimiques du milieu (T°, pH, salinité, lumière...) qui affectent la disponibilité du métal aux algues ainsi que la variation de métaux dans l'environnement. Pour ce dernier facteur, on a souvent

constaté des similarités entre l'évolution du métal chez l'algue et son évolution dans l'eau et même avec les sédiments bien qu'un système de racine soit absent chez les algues, **Shiber (1979)** va plus loin pour dire que les algues pourraient également absorber des particules en métal d'entrée atmosphérique. **Zbikowski et al., 2005** ont conclu qu'il est difficile de déterminer sans équivoque les principaux facteurs affectant les changements saisonniers dans l'accumulation du métal lourd dans les macrophytes parce qu'ils peuvent être du aux interactions entre eux.

Enfin, en comparant nos deux algues, il s'est montré qu'à l'exception du fer, *Corallina officinalis* (algue rouge) a concentré des taux plus élevés de métaux qu'*Enteromorpha linza* (algue verte). Cette constatation est identique à celle observée par **Mohamed & Khaled (2004)** à Alexandria (Egypte) et qui est due à la spécificité des activités métaboliques pour chaque espèce et l'affinité de l'algue pour le métal selon (**Haritonidis & Malea, 1994; Tabudravu & al., 2001**).

Concernant la patelle, bien que sa présence est limitée durant notre étude à la station d'embouchure d'oued Abdallah (SA) du fait probable du degré de contamination qui est moins accentué à cette station comparé aux autres (SG, SP) ou encore du fait de sa préférence aux habitats à roches naturelles (roches granitiques, substrats calcaires ou schisteux) comparés aux habitats du port d'après **Guerra-Garcia & al., 2003**. Malgré cela on a pu tirer quelques remarques la dessus.

Sur le plan analytique, il se voit clairement que la minéralisation par voie humide permet une meilleure perception des métaux par rapport à la minéralisation par voie sèche. Cette constatation qui n'est d'ailleurs confirmée dans notre cas que pour le fer par analyse statistique (probablement à cause du nombre limité de données) est déjà faite par des études antérieures (**Soussi et Belaredj, 2003 ; Dahaoui, 2003**) pour le Cd, Cu, Fe, Pb, Zn et s'observe également dans cette étude pour le Cu, Fe, Pb, Zn (Ni absent).

En observant les résultats d'analyses quelque soit la voie de minéralisation, il se voit que le fer était clairement le métal dominant chez la patelle, le zinc vient en seconde position, alors que les taux des autres métaux étaient considérablement bas. En effet, certains travaux comme ceux de **Devies & al., (2004); Hamed & Emara, (2006)** ont fait ressortir des résultats pareils expliquant que ces taux sont dus, hors toute contamination, au fait que le fer est naturellement secrété chez la patelle notamment comme agent durcissant de la radula, alors qu'il y a une tendance générale pour le Zn à être préférentiellement incorporé dans les tissus des patelles.

Sur le plan évolution temporelle, le test d'ANOVA1 a montré que la bioaccumulation en fonction des saisons n'est significative que pour le Cd. Ceci ne nous empêche pas de noter que quatre métaux sur six (Ni absent) ont montré des valeurs maximales au mois de mars (début du printemps), ces maxima sont parallèles avec ceux observés chez les algues et dont la patelle pourrait être influencés par la consommation de ses algues (**Shiber, 1979**).

Par ailleurs, il doit être maintenu dans l'esprit, que le mécanisme réel de prise des métaux chez la patelle est plutôt compliqué et que ces variations saisonnières sont la conséquence d'une combinaison de facteurs directement corrélés au poids (cycle sexuel,

abondance de nourriture, température) mais aussi d'autres indépendants, tels que la biodisponibilité des métaux dans le milieu (Nakhlé, 2003; Storelli & Marcotrigiano, 2004; Bergasa & al., 2006).

Enfin, il nous reste un aspect qui semble intéressant à discuter qui est l'effet même des métaux sur les organismes. Par définition l'écotoxicologie étudie les processus de transfert et de bioaccumulation des substances polluantes au sein des écosystèmes, et les effets qu'elles induisent. Dans notre étude, cette propriété néfaste des métaux n'est pas considérée précisément, si ce n'est dans la valeur globale des paramètres qu'on a mesurée. Si non pour cela la connaissance des différentes formes chimiques du métal «la spéciation» est nécessaire. Cette spéciation du métal contrôle, en fait, sa toxicité et son assimilation par les organismes marins et affecte donc sa biodisponibilité (Casas, 2005).

Malgré ça, on peut dire que la présence de ces métaux posent un problème majeur d'ordre écotoxicologique parce qu'ils ne sont pas biodégradables (Sterrit & Lester, 1980) et peuvent s'accumuler dans les organismes situés dans différents niveaux de la chaîne alimentaire (Ramade, 1979). Selon Gaujous (1995), le Cd et le Pb ont une toxicité aigue sur les organismes à partir de 0,1mg/l, le Cu et le Zn sont toxiques à des valeurs inférieures au mg/l. Le fer est indésirable parce qu'il est responsable du mauvais goût et de la coloration du milieu (rougeâtre pour l'eau, noire pour la vase). Le Ni est toxique pour des doses de 1mg/l pour les algues et les poissons. Ces valeurs limites sont à maintes fois dépassées durant notre étude.

Concluant qu'à cet effet, l'étude récemment réalisée sur la baie de Ghazaouet par M.A.T.E (2007) a clairement affirmée que le périmètre de l'usine Alzinc et de l'oued Ghazouana est considéré comme station azoïque (indice de pollution maximal). Le port a été considéré comme fortement pollué, deux points à l'intérieur de celui «Bassin de Machrek» et «Darse des Pêcheurs» sont des sites où la diversité spécifique est faible. Par ailleurs, les prélèvements réalisés aux alentours de la station de dessalement ont présentés une biomasse, une abondance et une diversité relativement élevées.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude s'est proposée pour contribuer à connaître l'état actuel de la contamination métallique dans la baie de Ghazaouet, une des régions connue aujourd'hui sur la rive sud de la méditerranée occidentale comme étant «HOT SPOT» (point chaud) de pollution.

Effectivement, les résultats de notre étude ont pu mettre en évidence cette contamination du milieu qui persiste déjà depuis quelques décennies dans cette région.

Le degré de pollution évalué par sept métaux (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr) et dont les résultats sont obtenus suite à des comparaisons aux normes en vigueur et aux travaux précédents a situé nos eaux de surface dans la zone à risque pour l'ensemble des métaux.

Les sédiments superficiels sont aussi classés dans cette zone à risque pour le cas du Zn respectivement au niveau de la station SP et la station SG. En outre, ces sédiments connaissent également un cas de pollution généralisé pour tous les emplacements prospectés ainsi que des cas localisés de pollution observés pour le Ni au niveau de la SA et SG et pour le Zn au niveau de la SA.

D'une manière générale, il s'est avéré que cette contamination est plus prononcée dans le cas du port (SP) et de l'embouchure Ghazouana (SG) deux stations réceptrices des égouts de la ville de Ghazaouet et du complexe ALZINC. Cependant, la station d'embouchure de l'oued Abdellah n'est pas exempte de sources de pollution notamment celles issues de la station de dessalement et des apports d'eaux usées provenant des agglomérations avoisinantes charriés par l'oued Abdellah en particulier lors de la période pluvieuse.

Par ailleurs, l'état de pollution organique résultant principalement des apports d'oueds ainsi que des déversements non traités d'égouts qui se font au niveau du port au lieu dit «la grotte» accentue cette pollution polymétallique du milieu par la présence anormale d'un certain nombre de paramètres physicochimiques (matières organiques, conditions réductrices, MES, ...) qui sont souvent connus par leur implication dans plusieurs processus chimiques tels que la solubilisation et la remise en suspension des métaux dans l'eau, l'accumulation des métaux dans les sédiments ainsi que leur biodisponibilité pour les organismes marins.

En parlant de ces organismes, nos résultats ont démontré que la contamination métallique des deux algues retenues comme bio indicateurs dans notre étude (*Enteromorpha linza* et *Corallina officinalis*) est plus ressentie au niveau de la station de Ghazouana et la station du port qu'au niveau de la station d'embouchure d'oued Abdellah résultat qui est déjà observé quant à la contamination des deux compartiments abiotiques (eaux, sédiments). Pour le bioindicateur animal (*Patella ferruginea*), dont la présence est limitée à la station SA on a pu constater que ce gastéropode concentre en quantité importante le fer et puis en second le zinc, deux éléments nécessaires pour la vie des organismes, mais leurs concentrations doivent être suivies en permanence.

Enfin, cette étude a besoin d'une suite approfondie sur le plan biologique qui tient compte du cycle et du comportement des bioindicateurs vis-à-vis des contaminants, sur le plan analytique la spéciation des contaminants pour les différents compartiments s'impose, ainsi que l'extension des analyses à d'autres contaminants chimiques et substances organiques

présents dans le milieu aboutissant ainsi à l'enrichissement de la banque de données sur ce sujet et peut être à l'élaboration des normes spécifiques à notre région.

Pour conclure, ce travail a montré qu'une partie des effets néfastes des rejets et il apparaît primordial de mettre un terme à cette pollution en adoptant des mesures nécessaires qui sont en fait multiples et à plusieurs niveaux (eaux usées non traitées, rejets divers d'Alzinc, rejets de la station de dessalement, décharges incontrôlés...). A vrai dire, notre région mérite tout un projet d'investissement pour la réduction de la pollution des différentes origines dans le golfe de Ghazaouet. D'après des données de MATE (2007) celui-ci est en cours de préparation par une étude dont l'objet porte sur la «*Détermination d'actions prioritaires pour l'élaboration et l'exécution du Programme d'Action Stratégique en Méditerranée*». Elle fait suite à la convention des Pays riverains de la Méditerranée, qui s'est tenue en 1992 à Barcelone (Espagne). Espérant de notre part, que la certification d'Alzinc tout dernièrement et au cours de la réalisation de cette étude (2006) par la norme environnementale *ISO 14001* serait un bon signe de départ qui attend d'autres sur le terrain, Inchallah...

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

A.E.E. (Agence Européenne pour l'Environnement), 2006. Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen. Rapport n° 04/2006. 93p.

A.N.A.T (Agence Nationale d'Aménagement du Territoire), 2000. Schéma d'organisation de l'armature urbaine «Nord- Ouest» - Ville de Ghazaouet, Mission 1: Diagnostic et état des lieux. 53p.

A.N.A.T, 2004. Etude de protection et de valorisation du littoral – Bilan écologique (W. Tlemcen – C. Ghazaouet). pp 1-63.

ANONYME, 2005. Le protocole de surveillance FOGEM : la surveillance FOGEM des zones humides côtières du Languedoc- Roussillon 2000-2005. pp 245-251.

ARZEL P., BAUD J.P, BERTHOU P., 1992. Les algues et invertébrés marins des pêches françaises. 1^{ère} partie. Edt. Ifremer. 115p.

AUGIER H. Les particularités de la mer Méditerranée: son origine, son cadre, ses eaux, sa flore, sa faune, ses peuplements, sa fragilité écologique. Edt. CIHEAM- options méditerranéennes – n°19. pp 27-53.

BARNABE G., 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Edit. Lavoisier- Tec & Doc. Paris. pp 1-66.

BEAUFORT F., 1987. Livre rouge des espèces menacées en France: tome 2, espèces marines et littorales menacées. Édt. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum national d'histoire naturelle. Paris. 356 p.

BERGASA O., RAMIREZ R., COLLADO C., HERNANDEZ-BRITO J. J., DOLORES M., CABALLERO G., RODRIGUEZ-SOMOZAS M., HAROUN R. J., 2006. Study of metals concentration levels in *Patella piperata* throughout the Canary Islands, Spain. *Environ. Monit. Assess.* Springer. 7p.

BINEY C. et al., 1994. Etude des métaux lourds. Document technique du CPCA 25. *Rev. de la pollution dans l'environnement aquatique africain.* Archive de document de la F.A.O, Rome. 27p.

BONNET C., 2000. Développement de bioessais sur sédiments et applications à l'étude, en laboratoire, de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés. Thèse de Doctorat en Toxicologie de l'environnement. Univ. de Metz – France. 198 p.

BONTOUX J., PICOT B. et PENA G., 1992. Contamination métallique des sédiments d'une lagune méditerranéenne : l'étang de Thau, Résumés des résultats de recherches sur les sédiments. *Recherches Etudes Environnement Développement.* pp 27-33.

BONTOUX J., 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edt. CEBEDOC. 169 p.

BOUANANI A., 2004. Hydrologie, transport solide et modélisation- Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse de Doctorat en Géologie appliquée: Option hydrogéologie. Univ. de Tlemcen. 250 p.

BOUDJELLAL B., SELALI B., BENOUD D., MALLEM T. 1993. Métaux lourds dans le sédiment superficiel de la baie d'Alger. Circulation des eaux et pollution des cotes méditerranéennes des pays du Maghreb. pp 153-156.

BOUE H., CHANTON R., 1978. Zoologie 1-2. Doin éditeurs. Paris. pp 9-78.

BOURG A., BOUTIER B., MOUCHEL J.M, 1992. Caractérisation de la mobilité des métaux lourds dans les sédiments. *Recherches Etudes Environnement Développement.* pp 27-33.

BOURRELLY P., 1972. Les algues d'eau douce (tome 1). Paris. pp 255-256.

BOUST D., 1979. La dynamique sédimentaire en baie de Seine déduite de la répartition des oligo-éléments, *J. Rech. Océanog.* 4. 18 p.

BOUST D., 1981. Métaux traces dans l'estuaire de la seine et ses abords. Thèse 3^{ème} cycle. Univ. de Caen – France.

CALAPAJ R., 1978. Le contenu en Hg, Pb, Cd, Cr, Cu , Fe, Zn de certains poissons bathyfiles et d'un crustacé du détroit de messive . *Rev. Int. Océanogr. Med.*, Tome LI-LII.

CAR/ASP (Regional Activity Centre for Specially Protected Areas), 2000. Actes du premier symposium méditerranéen sur la végétation marine (MEDNATURE1). 208p.

CARRE J., BARON D., LEGEAS M. et MARVIN J., 1986. Charges en métaux lourds, bactéries et virus, présentes dans les boues d'une station d'épuration par lagunage naturel. *Environ. Technol. lett.* 7.

CASACRANDE A., 1934. Die oraomete- methode Zur Best immug der karuverteilung von boden. Berlin.

CASAS S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de Doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. Univ. du Sud Toulon Var. 301 p.

CASSIER P., LAFONT R., DESCAMPS M., PORCHET M., SOYEZ D., 1997. La reproduction des invertébrés (stratégies, modalités et régulation. Intérêt fondamental et appliqué). Edt. Masson. Paris. pp 153-154.

- CAVAN J.M, 2006. Radula de patelle. Observations-animaux. <http://mikroskopia.com>.
- CHIFFOLEAU J.F et al., 2001. La contamination métallique. Edt. Ifremer.39p.
- COQUERY M., MAGAUD H., BONNOMET V., LE GOFF F., et MONBET P., 2004. Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse. Edt. INERIS. 27 p.
- CHOUIKHI A., IZDAR E., et MENIOUI M., 1993. Circulation des eaux et pollution des cotes méditerranéennes des pays du Maghreb. Edt. INOC, Izmir – Turquie. 307p.
- CUBADDA F., CONTI M.E., CAMPANELLA L., 2000. Size-dependent concentrations of traces metals in four Mediterranean gastropods. *Chemosphere* 45 (2001). pp 561-569.
- CUISIN M., 1977. Le monde de la nature. Larousse édition. Paris. 246 p.
- CULIOLI J.M, 2003. L'actualité à la pointe- pointe du Cap Corse. Dossier n°02: la Patelle Géante. 09 p.
- DAHAOUI L., 2003. Comparaison entre différentes méthodes de minéralisation pour l'étude de la bioaccumulation métallique (Pb, Zn, Fe, Cd, Cu) chez l'ulve (*Ulva lactuca*) et la patelle (*Patella ferruginea*) sur le littoral de Rachgoun. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. 74p.
- DALI YUCEF N., 2005. Contribution à l'étude des polluants métalliques dans les sédiments de Oued Tafna (Ouest Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat en chimie. Univ. de Tlemcen. 198p.
- DAVIES M.S., PROUDLOCK D. J. and MISTRY A., 2004. Metal Concentrations in the Radula of the Common Limpet, *Patella vulgata* L., from 10 Sites in the U.K. *Ecotoxicology*, 14, 2005. pp 465–475.
- DECHELETTE M., et PALVADEAU S., 2004. Mise en place d'une campagne de prélèvement: projet Ecodyn. Maîtrise en chimie. Univ. de Toulon & du Var. 28p.
- DE REVIERS B., 2002. Biologie et phylogénie des algues. Tome 1. Edt. Belin. 351p.
- D.E.T (Direction de l'Environnement de la wilaya de Tlemcen), 2004. Rapport sur le diagnostic et état des lieux de la ville de Ghazaouet. 11p.
- D.E.T, 2006. Rapport de présentation sur l'état de l'environnement de la zone côtière du golfe de Ghazaouet. 11p.
- DEVEZ A., 2004. Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de Doctorat en Sciences de l'eau. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Montpellier – France. 239p.
- DUCHAUFOR P., 1997. Abrégé de pédologie. 5^{ème} édit. Masson.

- D.P.R.H.T (Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Tlemcen), 2004.** Le secteur de la pêche et l'état environnemental du littoral de la Wilaya de Tlemcen. 41p.
- F.A.O (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1987.** Fiches d'identifications des espèces pour les besoins de la pêche – méditerranée et mer noire, zone de pêche 37. révision1. Volume 1. 760p.
- FALISSARD B., 1998.** Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie, 2^{ème}. Edt. Masson, Paris. 332p.
- × **GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide – mémoire. Edt. Technique et documentation – Lavoisier. 220p.
- GAYRAL P., 1975.** Les algues: morphologie – cytologie – reproduction – écologie, Doin éditeurs, Paris. 167p.
- GEFFARD O., 2001.** Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés: évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse de Doctorat en Ecotoxicologie. Univ. Bordeaux I – France. 351p.
- GILBIN R., 2001.** Caractérisation de l'exposition des écosystèmes aquatiques à des produits phytosanitaires: spéciation, biodisponibilité et toxicité. Exemple du cuivre dans les eaux de ruissellement de parcelles viticoles (Roujan, Hérault, France). Thèse de doctorat en cotutelle : Univ. de Genève et Univ. de Montpellier I en biologie des population et écologie. 192 p.
- GOURMALA O. Y., BELARBI M.L., 2003.** Evaluation de la contamination par les métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd, Cd, Fe) chez les deux espèces d'algues : *Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis* et chez l'oursin commun : *Paracentrotus lividus* dans la baie de Ghazaouet. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. 125p.
- GOYER M., 1998.** Cité de la mer. Association Estran (site internet).
- GRASSE P. P., DOUMENC D., 1995.** Zoologie 1. Invertébrés. Edit. Masson. Paris. pp 126-136.
- GUERRA-GARCIA J. M., CORZO J., ESPINOSA F., GARCIA-GOMEZ J. C., 2003.** Assessing habitat use of the endangered marine mollusc *Patella ferruginea* (Gastropoda, Patellidae) in northern Africa: preliminary results and implications for conservation. *Biological Conservation* 116 (2004). pp 319–326.
- GUIRY, 1998.** Sea-weed: *Corallina officinalis* (site internet).
- HAMDY A. A., 2000.** Biosorption of heavy metals by marine algae. *Current Microbiology*. Vol. 41. pp 232–238.
- HAMED M. A. and EMARA A. M., 2006.** Marine molluscs as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red Sea (Egypt). *Journal of Marine Systems*, 60. pp 220–234.

- HARITONIDIS S. and MALEA P., 1994.** Seasonal and local variation of Cr, Ni and Co concentrations in *Ulva rigida* C. (Agardh) and *Enteromorpha linza* (Linnaeus) from Thermaikos gulf, Greece. *Environmental Pollution*. Vol. 89, N° 3 1995. pp. 319-327.
- HEINRICH D. et HERGT M., 1990.** Atlas de l'Ecologie. Edt. La pocheothèque. 286p.
- HUCHET M.P, 1992.** La coralline de méditerranée (site internet).
- ✕ **IFREMER, 2001.** Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée: résultats de la campagne 2000 – Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO). 93p.
- ✕ **INERIS, 2004.** Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse n° INERIS DRC-03-46822-HMa/JL-03.0681. 27p.
- INERIS, 2006.** Eléments traces métalliques - Guide méthodologique. Rapport d'étude n° INERIS-DRC-06-66246/DESP-R01A. 119p.
- I.S.M.A.L (Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral) 1994.** Etude de la qualité du sédiment du port de Ghazaouet, qualité chimique et bio sédimentaire. Rapport final. Alger. 50p.
- IVANOFF A., 1975.** Introduction à l'océanographie :propriétés physiques et chimiques des eaux de mer. Tome I. Edt. Vuiber, Paris.
- JOHANSSON C.T., 1975.** Digestion methods for the determination of the total contents of heavy metals. Manual of methods in aquatic environments. Research, F.A.O, Fish. Tech. Pap. p 137, 200.
- KUT D., TOPCUOĞLU S., ESEN N., KÜÇÜKCEZZAR R. and GÜVEN K. C., 1999.** Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus (Turkey). *Water, Air, and Soil Pollution* 118. 2000. pp 27–33.
- LABOREL-DEGUEN F. et LABOREL J., 1990.** Nouvelles données sur la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. Statut, répartition et étude des populations. *Haliotis*, 20. pp 41-54.
- LACAZE J.C, 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edit. Ellipses. Paris. 191p.
- L.E.M (Laboratoire d'Etudes Maritimes), 1997.** Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de Ghazaouet. Alger. 34p.
- ✕ **LE GOFF F. et BONNOMET V., 2004.** Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM – rapport technique – INERIS. 85p.
- ✕ **LEVEQUE C., 1996.** Les fondamentaux – Ecosystèmes aquatiques. Edt. Hachette. Paris. 159p.

LOQUES F. et OBOLENSKY G., 1992. Grand site naturel de Campomoro/Senetosa. Étude du domaine maritime. Étude réalisée sous convention avec l'AGENC par le Laboratoire Environnement Marin Littoral, Fac. Sci. Univ. Nice Sophia-Antipolis, pp 102.

LOUE A., 1986. Les oligo-éléments en agriculture. Edt. Agri-Nathan International. Paris. 339p.

LOUHI A., ALI MOKHNACHE S., DJABRI L., GHEID A. et MESSADI D., 1998. Pollution des oueds Meboudja et Seybouse dans la zone industrielle de Annaba (Nord – Est Algérien). *J. Soc. Alger. Chim.* 8 (1). pp 45-55.

MARTIN J.M., MEYBECK M., 1979. Elemental mass balance of mineral carried by major world rivers. *Marine chemistry* 7. pp 173-206.

M.A.T.E (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement), 2002. Plan d'action stratégique pour la conservation de la diversité biologique en région méditerranéenne. CAR/ASP-PAS BIOALGERIE. Rapport national. 187p.

M.A.T.E, 2006. Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase I. 67p.

M.A.T.E, 2007. Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase II. 217p.

MALEA P. & HARITONIDIS S., 1999. Metal content in *Enteromorpha linza* (Linnaeus) in Thermaikos Gulf (Greece). *Aristotle University of Thessaloniki, Hydrobiologia* 394. pp 103–112,

M.E.T.A.P (Mediterranean Environmental Technical Assistance Program) 2000. Estimation du degré de la pollution atmosphérique occasionnée par l'usine d'électrolyse de zinc de Ghazaouet en Algérie : son impact et des solutions possibles. Univ. Harvard, Cambridge, MA 02138. Etats-Unis.101p.

MESSAOUDI N., BETTIOUI R.A., 2002. Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds (Zn, Pb, Cu, Cd) chez deux espèces d'algues et dans le sédiment superficiel de la région de Ghazaouet. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. 62p.

MICHAEL D., 1985. Les algues marines. Southern Africa botany (site internet).

MILLOT C., 1987. La circulation générale en méditerranée occidentale. *Annale de géographie* n°549. Marseille. pp 497-515.

MOHAMED L. A., & KHALED A., 2004. Comparative study of heavy metal distribution in some coastal seaweeds of Alexandria, Egypt. National institute of oceanography and fisheries, Alexandria, Egypt. 22 p.

MOUVET C., 1986. Métaux lourds et mousses aquatiques, synthèse méthodologique. Rapport du laboratoire d'écologie. Agence de l'eau Rhin-Meuse et Rhone Méditerranée-Corse. Univ. de Metz - France.

NAKHLE F.K, 2003. Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises: apports et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (éponges, bivalves et gastéropodes). Thèse de doctorat en interactions toxiques dans les écosystèmes. Univ. Paris 7. 246 p.

OZENDA P., 1990. Abrégés – les organismes végétaux. 1 végétaux inférieurs. Edt. Masson. Paris. pp 18-76.

✕ **PICHARD A., 2005.** Cuivre et ses dérivés. Edit. INERIS –DRC-02-25590-02DF54 Version n°1-5. 66p.

P.N.U.E (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), 2004. Mers et océans – morts ou vivants? : La mer méditerranée. Publié par P.N.U.E Bruxelles. Edition spéciale. 16p.

R.A.D.P, 1993. Journal Officiel de la République Algérienne démocratique et Populaire, n° 46 du 14 juillet 1993.

RAMADE F., 1979. Ecotoxicologie. 2^{ème} edt. Masson.224p.

✕ **RAMADE F., 1992.** Précis d'écotoxicologie. Edt. Masson, Paris. 300p.

✕ **RAMADE F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Edt. Ediscience. Paris. 785p.

✕ **RAMADE F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions – les polluants de l'environnement à l'homme. Edt. Ediscience international. Paris. 690p.

✕ **RAMADE F., 2003.** Eléments d'écologie – écologie fondamentale. 3^{ème}. Edt. Dunod. 690 p.

ROBBE D., 1984. Pollutions métalliques du milieu naturel. Guide méthodologique étude à partir du sédiment. *Rapport bibliographique de recherche. L.P.C n° 104.* 83 p.

ROBERT. 1992. Dictionnaire du bon usage et de ses difficultés, Paris. p. 976.

✕ **RODIER J., 1979.** Analyse de l'eau de mer, édition Dunod.

RODIER J., 1996. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires – Eaux de mer. 8^{ème} edt. Dunod. 1383p.

ROUX J.L., 1992. Echange de métaux entre eau et sédiments – sédiments fluviaux : cas de la Morge (Isère), Résumés des résultats des recherches sur les sédiments. *Recherches Etudes Environnement Développement.* p 34.

✕ **SABRA N.Y., 1998.** Biosolubilisation des métaux lourds à partir de sédiments pollués. Thèse de Doctorat en Génie enzymatique, Bioconversion et Microbiologie. Univ. De Technologie de Compiègne – France. 227p.

SAN MARTIN G., 2007. *Patella ferruginea*. Edit. L'Agence pour la protection des espèces menacées.

SOUSSE F., BELLAREDJ N., 2003. Recherches des variations métalliques (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb) chez un mollusque la patelle (*Patella ferruginea*) et un échinoderme l'oursin (*Paracentrotus lividus*) dans la baie de Beni-saf (W. Ain Temouchent) Nord-Ouest Algérien. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. 117p.

STERRIT R.M and LESTER J.N, 1980. Interactions of heavy metals with bacteria. *Sci.Tot. Environ. 14.* pp 6-17.

STORELLI M. M. and MARCOTRIGIANO G.O., 2004. Bioindicator organisms: Heavy metal pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea—Italy). *Environmental Monitoring and Assessment, 102.* pp 159–166.

SHIBER J. G., 1979. Trace metals with seasonal considerations in coastal algae and molluscs from Beirut, Lebanon. *Hydrobiologia vol. 69, 1-2.* pp 147-162.

SU D.C, WONG J.W.C. 2003. Chemical speciation and phytoavailability of Zn, Cu, Ni and Cd in soil amended with fly ash-stabilized sewage sludge. *Environmental International. 1060.* pp 1-6.

TABUDRAVU J. N., GANGAIYA P., SOTHEESWARAN S. and SOUTH G. R., 2001. *Enteromorpha flexuosa* (WULFEN) J. AGARDH (Chlorophyta: Ulvales) – evaluation as an indicator of heavy metal contamination in a Tropical estuary. *Environmental Monitoring and Assessment 75 . 2002.* pp 201–213.

TIANTI S., BOUKLIKHA F., 2004. Bioaccumulation métallique chez deux espèces d'algues : *Enteromorpha linza* et *Corallina officinalis* et analyse physicochimique de l'eau de mer dans la baie de Ghazaouet. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. de Tlemcen. 110p.

TOPCUOGLU S., GUVEN K.C., BALKIS N., KIRBASOGLU C., 2003. Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea, 1998–2000. *Chemosphere 52.* 2003. pp 1683–1688.

TUREKIAN K. K., WEDEPOHL K. H., 1961. Distribution of the elements in some major units of earth's crust. *Bulletin Geol. Soc. AM.72.* pp 175-192.

VILLARES R., PUENTE X. & CARBALLEIRA A., 2001. *Ulva* and *Enteromorpha* as indicators of heavy metal pollution (N.W Spain). *Hydrobiologia 462.* 2001. pp 221–232.

ZBIKOWSKI R., SZEFER P., LATALA A., 2005. Distribution and relationships between selected chemical elements in green alga *Enteromorpha sp.* from the Southern Baltic. *Environmental Pollution. 143 2006.* pp 435-448.

ANNEXE

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE : STATION DANS L'EAU DE MER

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,00293	0,00146	0,62	0,559
Erreur	9	0,02126	0,00236		
Total	11	0,02419			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,11475	0,02169
2	4	0,08100	0,04334
3	4	0,08225	0,06883

Ecart-type groupé = 0,04860

0,040 0,080 0,120 0,160

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,07	0,04	0,03	0,971
Erreur	9	11,08	1,23		
Total	11	11,16			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,570	1,037
2	4	0,562	0,934
3	4	0,732	1,322

Ecart-type groupé = 1,110

0,00 0,80 1,60

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	3,08	1,54	0,43	0,662
Erreur	9	32,03	3,56		
Total	11	35,11			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	1,286	1,486
2	4	2,508	0,835
3	4	2,080	2,788

Ecart-type groupé = 1,887

0,0 1,5 3,0 4,5

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,006	0,003	0,02	0,981
Erreur	9	1,320	0,147		
Total	11	1,326			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,7048	0,4144
2	4	0,7227	0,3337
3	4	0,6708	0,3961

Ecart-type groupé = 0,3830

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,664	0,332	2,33	0,153
Erreur	9	1,281	0,142		
Total	11	1,945			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,1075	0,1209
2	4	0,6647	0,5067
3	4	0,2590	0,3944

Ecart-type groupé = 0,3773

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,0471	0,0236	0,78	0,488
Erreur	9	0,2730	0,0303		
Total	11	0,3202			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,0573	0,0615
2	4	0,2075	0,2338
3	4	0,1597	0,1804

Ecart-type groupé = 0,1742

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,003	0,001	0,01	0,991
Erreur	9	1,296	0,144		
Total	11	1,299			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,2810	0,3624
2	4	0,2718	0,3692
3	4	0,3067	0,4056

Ecart-type groupé = 0,3795

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE : STATION DANS LES SEDIMENTS MARINS

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	8,593	4,296	20,39	0,000
Erreur	9	1,896	0,211		
Total	11	10,489			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	1,9500	0,7724
2	4	0,1650	0,1075
3	4	0,1450	0,1544

Ecart-type groupé = 0,4590

Analyse de variance pour cu

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	1302	651	0,84	0,462
Erreur	9	6960	773		
Total	11	8262			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	39,95	25,25
2	4	23,05	35,05
3	4	14,95	21,31

Ecart-type groupé = 27,81

Analyse de variance pour fe

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	43286	21643	0,04	0,962
Erreur	9	4993253	554806		
Total	11	5036539			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	1906,1	1006,3
2	4	2028,9	324,2
3	4	2037,8	739,4

Ecart-type groupé = 744,9

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	1089	545	1,59	0,257
Erreur	9	3086	343		
Total	11	4175			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	31,95	30,51
2	4	13,75	7,02
3	4	10,20	6,99

Ecart-type groupé = 18,52

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	5638271	2819135	2,12	0,176
Erreur	9	11978675	1330964		
Total	11	17616945			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	1573	1987
2	4	183	211
3	4	62	40

Ecart-type groupé = 1154

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	285	142	0,74	0,506
Erreur	9	1744	194		
Total	11	2029			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	6,05	3,35
2	4	15,40	15,33
3	4	17,15	18,31

Ecart-type groupé = 13,92

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
station	2	340	170	0,40	0,681
Erreur	9	3820	424		
Total	11	4160			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	2,00	4,00
2	4	9,45	18,90
3	4	15,00	30,00

Ecart-type groupé = 20,60

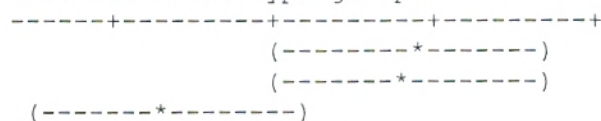
ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
STATION CHEZ *Enteromorpha linza*

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,03076	0,01538	5,56	0,027
Erreur	9	0,02489	0,00277		
Total	11	0,05564			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,13150	0,05944
2	4	0,12925	0,06336
3	4	0,02300	0,02735



Ecart-type groupé = 0,05259

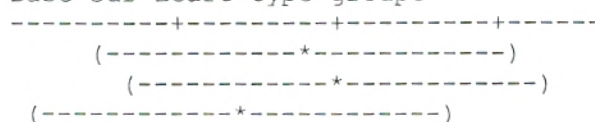
0,000 0,070 0,140 0,210

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	48,4	24,2	0,28	0,764
Erreur	9	783,4	87,0		
Total	11	831,8			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	6,217	8,102
2	4	7,796	12,933
3	4	2,974	5,314



Ecart-type groupé = 9,330

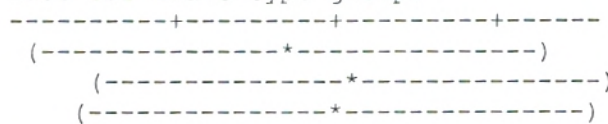
0,0 8,0 16,0

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	2173	1087	0,09	0,919
Erreur	9	114977	12775		
Total	11	117150			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	133,5	112,5
2	4	165,5	68,9
3	4	156,5	144,7



Ecart-type groupé = 113,0

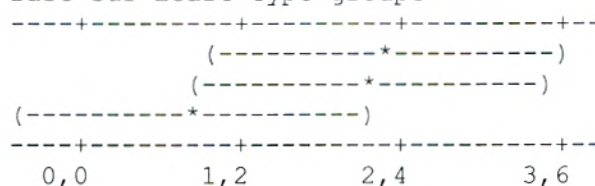
80 160 240

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	4,83	2,42	1,77	0,226
Erreur	9	12,32	1,37		
Total	11	17,15			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	2,281	1,603
2	4	2,133	0,915
3	4	0,867	0,836



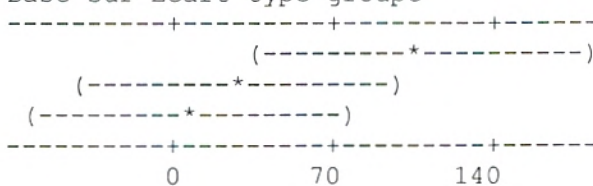
Ecart-type groupé = 1,170

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	21532	10766	2,61	0,127
Erreur	9	37087	4121		
Total	11	58619			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	105,91	109,55
2	4	27,46	18,07
3	4	7,87	5,85



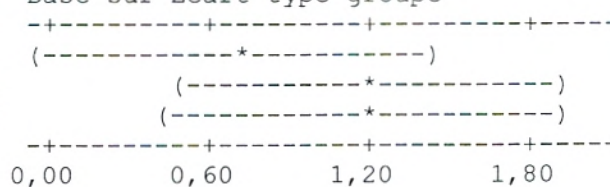
Ecart-type groupé = 64,19

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,624	0,312	0,72	0,511
Erreur	9	3,877	0,431		
Total	11	4,501			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,7057	0,3971
2	4	1,2050	0,6091
3	4	1,1725	0,8738



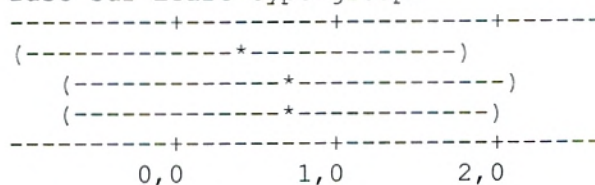
Ecart-type groupé = 0,6563

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,24	0,12	0,08	0,925
Erreur	9	13,45	1,49		
Total	11	13,69			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,400	0,800
2	4	0,725	1,450
3	4	0,660	1,320



Ecart-type groupé = 1,223

**ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
STATION CHEZ *Corallina officinalis***

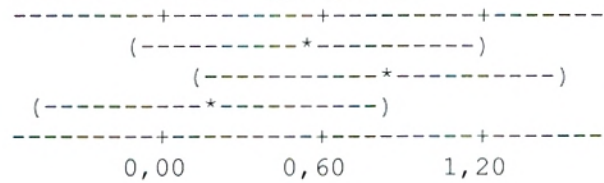
Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,829	0,414	1,19	0,348
Erreur	9	3,136	0,348		
Total	11	3,965			

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,5427	0,5666
2	4	0,8150	0,8228
3	4	0,1737	0,2174

Ecart-type groupé = 0,5903

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



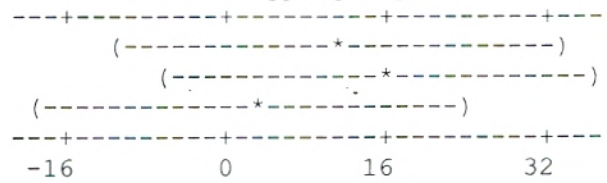
Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	335	168	0,44	0,659
Erreur	9	3452	384		
Total	11	3787			

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	11,44	18,72
2	4	15,22	27,93
3	4	2,60	4,48

Ecart-type groupé = 19,58

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



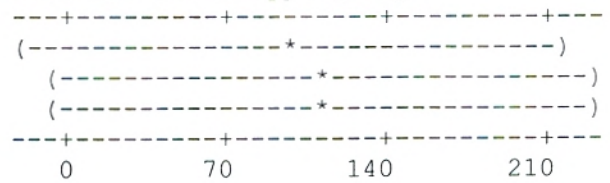
Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	557	278	0,03	0,975
Erreur	9	97153	10795		
Total	11	97710			

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	98,1	86,1
2	4	113,3	124,8
3	4	111,7	97,0

Ecart-type groupé = 103,9

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

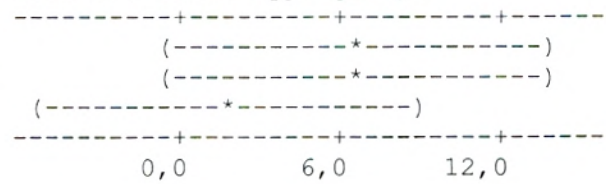


Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	62,7	31,4	0,74	0,503
Erreur	9	380,7	42,3		
Total	11	443,5			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	6,724	7,891
2	4	6,535	7,880
3	4	1,782	1,591



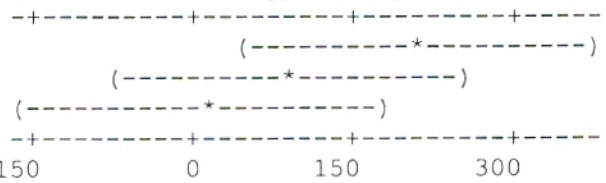
Ecart-type groupé = 6,504

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	80420	40210	1,76	0,226
Erreur	9	205557	22840		
Total	11	285977			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	211,4	249,4
2	4	89,2	78,5
3	4	12,7	13,6



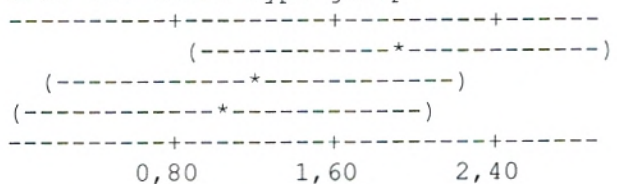
Ecart-type groupé = 151,1

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	1,585	0,793	0,93	0,429
Erreur	9	7,653	0,850		
Total	11	9,238			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	1,8930	0,8967
2	4	1,1875	1,0917
3	4	1,0700	0,7449



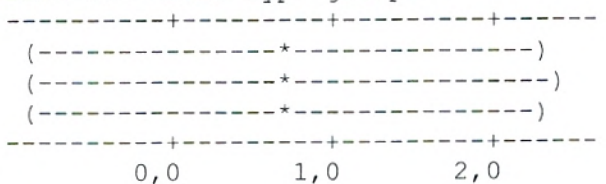
Ecart-type groupé = 0,9221

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Station	2	0,01	0,00	0,00	0,998
Erreur	9	18,07	2,01		
Total	11	18,08			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,694	1,388
2	4	0,747	1,495
3	4	0,682	1,365



Ecart-type groupé = 1,417

**ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
METHODE DE MINERALISATION CHEZ *Patella ferruginea***

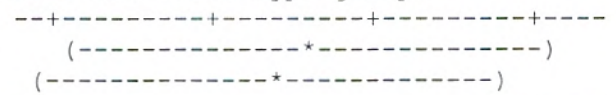
Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,000015	0,000015
Erreur	6	0,000872	0,000145
Total	7	0,000887	

F P
0,10 0,758

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,01625	0,01360
2	4	0,01350	0,01028



Ecart-type groupé = 0,01205

0,000 0,010 0,020 0,030

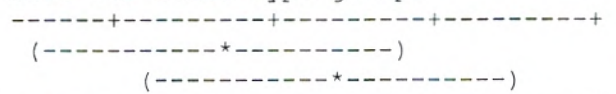
Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,000392	0,000392
Erreur	6	0,002246	0,000374
Total	7	0,002638	

F P
1,05 0,346

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,03300	0,01699
2	4	0,04700	0,02145



Ecart-type groupé = 0,01935

0,020 0,040 0,060 0,080

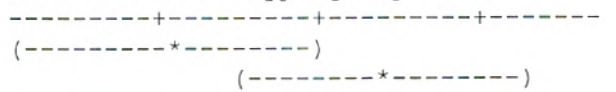
Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	173,9	173,9
Erreur	6	166,7	27,8
Total	7	340,6	

F P
6,26 0,046

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	7,418	6,926
2	4	16,743	2,756



Ecart-type groupé = 5,271

7,0 14,0 21,0

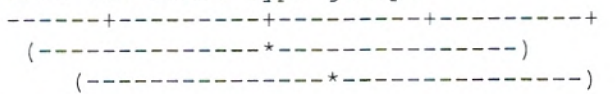
Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,0057	0,0057
Erreur	6	0,2208	0,0368
Total	7	0,2265	

F P
0,16 0,707

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	4	0,6067	0,2350
2	4	0,6603	0,1355



Ecart-type groupé = 0,1918

0,45 0,60 0,75 0,90

Analyse de variance pour Zn

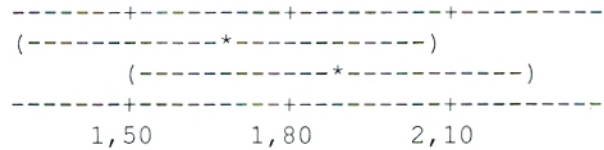
Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,0728	0,0728
Erreur	6	0,5909	0,0985

F P
0,74 0,423

Total 7 0,6636

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	1,6890	0,2628
2	4	1,8798	0,3576



Ecart-type groupé = 0,3138

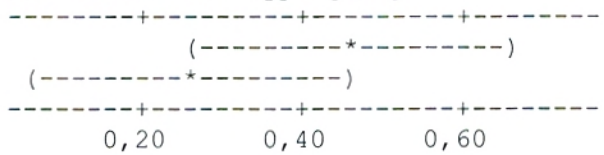
Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,0759	0,0759
Erreur	6	0,1613	0,0269
Total	7	0,2372	

F	P
2,82	0,144

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,4520	0,2045
2	4	0,2573	0,1093



Ecart-type groupé = 0,1640

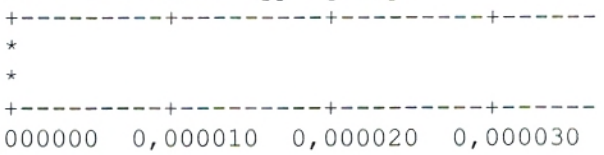
Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM
Méthode	1	0,0000000	0,0000000
Erreur	6	0,0000000	0,0000000
Total	7	0,0000000	

F	P
*	*

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	4	0,00E+00	0,00E+00
2	4	0,00E+00	0,00E+00



Ecart-type groupé = 0,00E+00

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE DATE DANS L'EAU DE MER

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,00436	0,00145	0,59	0,641
Erreur	8	0,01983	0,00248		
Total	11	0,02419			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,07467	0,05294
2	3	0,12333	0,05508
3	3	0,09367	0,06372
4	3	0,07900	0,00458

Ecart-type groupé = 0,04979

0,050 0,100 0,150

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	10,8375	3,6125	90,84	0,000
Erreur	8	0,3181	0,0398		
Total	11	11,1557			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	2,2663	0,3962
2	3	0,0303	0,0111
3	3	0,1123	0,0327
4	3	0,0753	0,0306

Ecart-type groupé = 0,1994

0,00 0,80 1,60 2,40

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	25,08	8,36	6,66	0,014
Erreur	8	10,03	1,25		
Total	11	35,11			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	4,459	1,554
2	3	1,240	1,162
3	3	1,043	0,540
4	3	1,090	0,981

Ecart-type groupé = 1,120

0,0 2,0 4,0 6,0

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	1,28017	0,42672	74,96	0,000
Erreur	8	0,04554	0,00569		
Total	11	1,32571			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	1,0010	0,1039
2	3	0,1500	0,0819
3	3	0,7833	0,0321
4	3	0,8633	0,0651

-----+-----+-----+-----
0,30 0,60 0,90

Ecart-type groupé = 0,0754

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,615	0,205	1,23	0,360
Erreur	8	1,330	0,166		
Total	11	1,945			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,5917	0,3586
2	3	0,4933	0,6483
3	3	0,2900	0,3412
4	3	0,0000	0,0000

-----+-----+-----+-----
-0,50 0,00 0,50 1,00

Ecart-type groupé = 0,4078

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,2255	0,0752	6,35	0,016
Erreur	8	0,0947	0,0118		
Total	11	0,3202			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,0043	0,0006
2	3	0,0050	0,0000
3	3	0,2667	0,1563
4	3	0,2900	0,1513

-----+-----+-----+-----
0,00 0,16 0,32

Ecart-type groupé = 0,1088

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	1,292158	0,430719	496,27	0,000
Erreur	8	0,006943	0,000868		
Total	11	1,299101			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,24500	0,03219
2	3	0,06767	0,00153
3	3	0,00000	0,00000
4	3	0,83333	0,04933

-----+-----+-----+-----
0,00 0,25 0,50 0,75

Ecart-type groupé = 0,02946

ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE DATE DANS LES SEDIMENTS MARINS

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	0,82	0,27	0,23	0,875
Erreur	8	9,67	1,21		
Total	11	10,49			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,947	1,261
2	3	0,533	0,757
3	3	1,073	1,503
4	3	0,460	0,641

Ecart-type groupé = 1,099

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	6498	2166	9,83	0,005
Erreur	8	1764	220		
Total	11	8262			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	16,53	19,51
2	3	66,00	16,63
3	3	12,73	12,41
4	3	8,67	8,39

Ecart-type groupé = 14,85

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	2832013	944004	3,43	0,073
Erreur	8	2204526	275566		
Total	11	5036539			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	2593,3	353,5
2	3	1265,1	635,5
3	3	1900,0	718,6
4	3	2205,3	239,0

Ecart-type groupé = 524,9

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	1349	450	1,27	0,348
Erreur	8	2827	353		
Total	11	4175			

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	36,87	35,35
2	3	13,00	10,22
3	3	14,07	3,23
4	3	10,60	6,97

Ecart-type groupé = 18,80

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



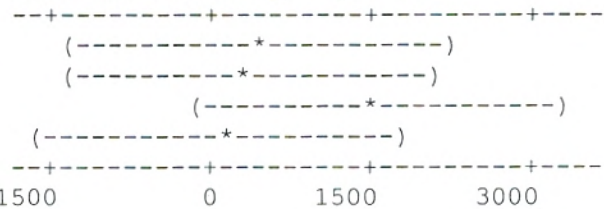
Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	3698541	1232847	0,71	0,573
Erreur	8	13918405	1739801		
Total	11	17616945			

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	428	582
2	3	353	237
3	3	1544	2560
4	3	99	101

Ecart-type groupé = 1319

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



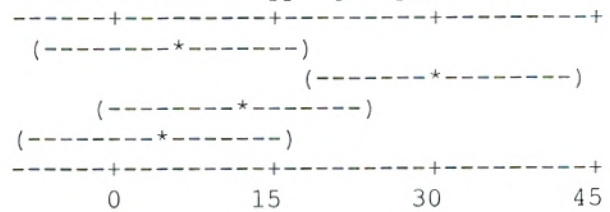
Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	1322,8	440,9	5,00	0,031
Erreur	8	706,1	88,3		
Total	11	2028,9			

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	5,467	2,715
2	3	30,333	16,887
3	3	11,733	7,700
4	3	3,933	1,102

Ecart-type groupé = 9,395

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



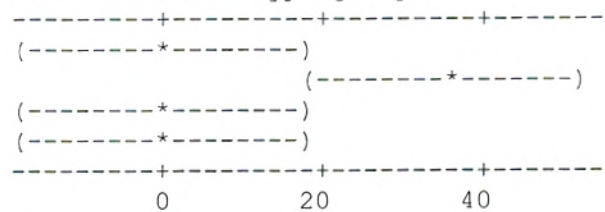
Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
date	3	2798	933	5,48	0,024
Erreur	8	1362	170		
Total	11	4160			

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	3	0,00	0,00
2	3	35,27	26,09
3	3	0,00	0,00
4	3	0,00	0,00

Ecart-type groupé = 13,05

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé



ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
DATE CHEZ *Enteromorpha linza*

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,00224	0,00075	0,11	0,951
Erreur	8	0,05341	0,00668		
Total	11	0,05564			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	0,10400	0,08062
2	3	0,10167	0,08893
3	3	0,07100	0,03351
4	3	0,10167	0,10571

Ecart-type groupé = 0,08171

0,000 0,070 0,140 0,210

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	684,3	228,1	12,38	0,002
Erreur	8	147,4	18,4		
Total	11	831,8			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	2,698	2,640
2	3	18,660	8,150
3	3	0,820	0,475
4	3	0,473	0,342

Ecart-type groupé = 4,293

0 10 20 30

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	103177	34392	19,69	0,000
Erreur	8	13974	1747		
Total	11	117150			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	112,16	9,51
2	3	311,54	54,27
3	3	99,61	18,29
4	3	84,13	60,14

Ecart-type groupé = 41,79

100 200 300

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	8,73	2,91	2,77	0,111
Erreur	8	8,42	1,05		
Total	11	17,15			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	2,039	1,501
2	3	3,003	0,861
3	3	1,256	0,888
4	3	0,743	0,652

Ecart-type groupé = 1,026

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	13616	4539	0,81	0,525
Erreur	8	45003	5625		
Total	11	58619			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	95,49	139,64
2	3	61,62	52,69
3	3	16,68	4,92
4	3	14,52	14,17

Ecart-type groupé = 75,00

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	3,010	1,003	5,38	0,025
Erreur	8	1,491	0,186		
Total	11	4,501			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	0,7133	0,1737
2	3	1,8767	0,6314
3	3	0,9037	0,4274
4	3	0,6173	0,3659

Ecart-type groupé = 0,4317

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	12,745	4,248	35,91	0,000
Erreur	8	0,946	0,118		
Total	11	13,691			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	0,0000	0,0000
2	3	2,3800	0,6879
3	3	0,0000	0,0000
4	3	0,0000	0,0000

Ecart-type groupé = 0,3439

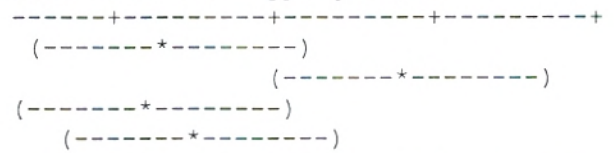
**ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
DATE CHEZ *Corallina officinalis***

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	2,376	0,792	3,99	0,052
Erreur	8	1,588	0,199		
Total	11	3,965			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	0,2223	0,2231
2	3	1,2703	0,7316
3	3	0,1736	0,0769
4	3	0,3757	0,4508



Ecart-type groupé = 0,4456

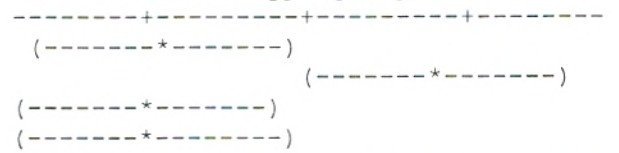
0,00 0,70 1,40 2,10

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	2613	871	5,94	0,020
Erreur	8	1174	147		
Total	11	3787			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	2,00	1,55
2	3	35,30	24,17
3	3	0,74	0,40
4	3	0,97	0,69



Ecart-type groupé = 12,11

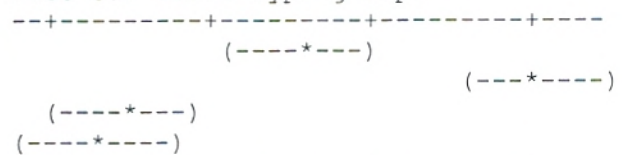
0 20 40

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	91142	30381	37,01	0,000
Erreur	8	6568	821		
Total	11	97710			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	124,70	37,35
2	3	243,35	40,91
3	3	36,86	7,19
4	3	26,01	12,80



Ecart-type groupé = 28,65

0 80 160 240

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	299,7	99,9	5,56	0,023
Erreur	8	143,7	18,0		
Total	11	443,5			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	2,728	1,565
2	3	13,647	8,233
3	3	1,891	0,816
4	3	1,788	0,983

0,0 7,0 14,0 21,0

Ecart-type groupé = 4,238

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	54095	18032	0,62	0,620
Erreur	8	231882	28985		
Total	11	285977			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	202,7	323,8
2	3	105,9	63,2
3	3	13,3	6,2
4	3	95,8	84,0

-200 0 200 400

Ecart-type groupé = 170,3

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	5,842	1,947	4,59	0,038
Erreur	8	3,395	0,424		
Total	11	9,238			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	1,6240	0,8750
2	3	2,3280	0,2042
3	3	1,1753	0,9325
4	3	0,4067	0,1445

0,0 1,0 2,0 3,0

Ecart-type groupé = 0,6515

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	18,04550	6,01517	1249,78	0,000
Erreur	8	0,03850	0,00481		
Total	11	18,08401			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	3	0,0000	0,0000
2	3	2,8320	0,1388
3	3	0,0000	0,0000
4	3	0,0000	0,0000

0,0 1,0 2,0 3,0

Ecart-type groupé = 0,0694

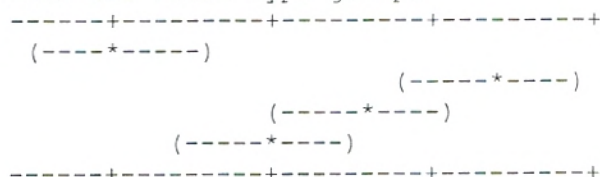
**ANALYSE DE LA VARIANCE A UN FACTEUR CONTROLE :
DATE CHEZ *Patella ferruginea***

Analyse de variance pour Cd

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,0008414	0,0002805	24,66	0,005
Erreur	4	0,0000455	0,0000114		
Total	7	0,0008869			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	2	0,000500	0,000707
2	2	0,028500	0,003536
3	2	0,019000	0,005657
4	2	0,011500	0,000707



Ecart-type groupé = 0,003373

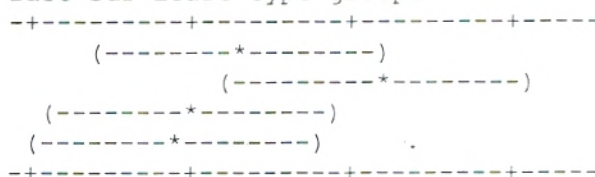
0,000 0,012 0,024 0,036

Analyse de variance pour Cu

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,001837	0,000612	3,06	0,154
Erreur	4	0,000801	0,000200		
Total	7	0,002638			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	2	0,03900	0,00424
2	2	0,06500	0,01838
3	2	0,02950	0,02051
4	2	0,02650	0,00495



Ecart-type groupé = 0,01415

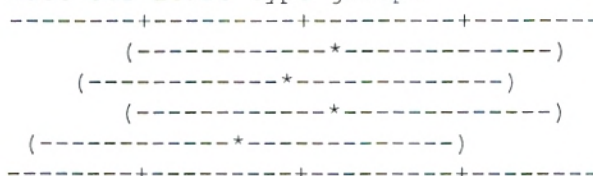
0,000 0,030 0,060 0,090

Analyse de variance pour Fe

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	67,7	22,6	0,33	0,805
Erreur	4	272,9	68,2		
Total	7	340,6			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
1	2	14,577	1,727
2	2	11,194	13,415
3	2	14,847	1,951
4	2	7,702	9,284



Ecart-type groupé = 8,260

0 12 24

Analyse de variance pour Pb

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,0237	0,0079	0,16	0,920
Erreur	4	0,2028	0,0507		
Total	7	0,2265			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	2	0,6045	0,0163
2	2	0,7270	0,2913
3	2	0,6115	0,3288
4	2	0,5910	0,0976

Ecart-type groupé = 0,2252

Analyse de variance pour Zn

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,3211	0,1070	1,25	0,403
Erreur	4	0,3425	0,0856		
Total	7	0,6636			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	2	2,0495	0,4193
2	2	1,8555	0,1492
3	2	1,7360	0,2828
4	2	1,4965	0,2539

Ecart-type groupé = 0,2926

Analyse de variance pour Cr

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,0224	0,0075	0,14	0,932
Erreur	4	0,2148	0,0537		
Total	7	0,2372			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	2	0,4095	0,4009
2	2	0,3125	0,1124
3	2	0,4045	0,1902
4	2	0,2920	0,0721

Ecart-type groupé = 0,2317

Analyse de variance pour Ni

Source	DL	SC	CM	F	P
Date	3	0,0000000	0,0000000	*	*
Erreur	4	0,0000000	0,0000000		
Total	7	0,0000000			

IC individuels à 95 % Pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType
1	2	0,00E+00	0,00E+00
2	2	0,00E+00	0,00E+00
3	2	0,00E+00	0,00E+00
4	2	0,00E+00	0,00E+00

Ecart-type groupé = 0,00E+00

ملخص

أجريت هذه الدراسة على منطقة الغزوات التي تعد منطقة ذات أهمية اقتصادية كبيرة بالنسبة لولاية تلمسان. هذه الأهمية ترجع إلى اثروة البيولوجية لها ومنها البحرية (السمكية بالخصوص) المشهود لها على المستوى الوطني. هذا من جهة، ومن جهة أخرى كبرن المنطقة تنوي عدة وحدات صناعية لعل أهمها رقي مركب "الزناك" المعروف بدوره "سوسيو اقتصادي في المنطقة ومسؤوليته التي لا تنافس في العديد من مجالات التلوث، والمشاكل الصحية لسكانه المنطقتي. مدينة الغزوات تضم كذلك ميناء هام بنشاطاته المختلفة (الصيد البحري، التجارة، نقل المسافرين) وبانفتاحه كذلك على البحر المتوسط.

دراسة هذه تساهم في تقييم الوضع الراهن للتلوث البحري للمنطقة خاصة بالمعادن الثقيلة التي تعتبر عناصر غير قابلة لتحلل إضافة إلى أنها تتراكم عبر مراحل السلسلة الغذائية. سببه تنامي من هذه المعادن الثقيلة (الكاديوم، النحاس، الحديد، الرصاص، الزنك، النيكل، الكروم) كانت موضوع تحاليل في كل من المياه البحرية السطحية، الرواسب السطحية، نوعين من الطحالب البحرية (*Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*) وقرقعة بحرية من نوع (*Patella ferruginea*).

نتائج التحاليل المحصل عليها طيلة مدة المراقبة أوضحت وجود تلوث جلي بالمياه والرواسب البحرية ببعض المعادن (الزنك، الكاديوم، النيكل) من خلال تجاوزات الكميات المحصل عليها للمقادير المسموحة. من جهة أخرى سجلنا تكديما بيولوجيا غير عادي لهذه المعادن من طرف الطحالب البحرية والتربة مما يؤكد أن الوسط الحي ليمر في مثنى عن التلوث الذي يجد مصادر متعددة في هذه المنطقة.

الكلمات الرئيسية: مياه البحر، الرواسب البحرية، *Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*, *Patella ferruginea*، تلوث المعادن الثقيلة، الغزوات.

RESUME

Cette étude est menée sur la région de Ghazaouet qui est une région de grande importance économique pour le Wilaya de Tlemcen. Cette importance vient de la richesse biologique de ses eaux marines (poissons en particulier) reconnues à l'échelle nationale d'une part, alors que d'autre part celle-ci regroupe plusieurs unités industrielles dont la plus importante reste le complexe d'Alzine connu pour son rôle socio-économique dans la région et sa responsabilité indiscutable dans plusieurs cas de pollution et problèmes de santé publique. La ville de Ghazaouet est dotée également d'un port important par ses diverses activités (pêche, commerce, transport de voyageurs) et par son ouverture sur la mer Méditerranéenne.

Notre étude contribue à évaluer l'état actuel de la pollution marine dans cette région notamment par les métaux lourds, éléments non biodégradables et s'accumulant dans les différents maillons alimentaires. Sept éléments métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr) ont fait l'objet d'analyses au niveau des eaux de surface, des sédiments superficiels, deux algues marines (*Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*) et un gastéropode (*Patella ferruginea*).

Les résultats obtenus durant la période de vie montrent une nette contamination métallique des eaux ainsi que les sédiments pour quelques métaux (Zn, Cd, Ni) par des dépassements observés de valeurs établies.

Par ailleurs, une accumulation anormale est observée certains métaux chez les algues et le gastéropode confirmant que le milieu vivant n'est pas exempté d'une telle contamination du milieu d'origine diverses dans cette région.

Mots clés: Eaux de mer, sédiments marins, *Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*, *Patella ferruginea*, pollution, métaux lourds, Ghazaouet.

SUMMARY

This study is undertaken on the area of Ghazaouet which is an area of great economic importance for the Wilaya of Tlemcen. This importance comes from the biological richness of its marine water (fish in particular) recognized on a national scale on the one hand, whereas on the other hand this one gathers several production facilities of which the most important remains the complex of Alzine known for its socio-economic role in the area and its indisputable responsibility in several cases for pollution and problems for public health. The town of Ghazaouet is also equipped with a significant port by its various activities (fishing, trade, passenger transport) and by its opening on the Mediterranean.

Our study contributes to evaluate the current state of marine pollution in this area in particular by heavy metals, non biodegradable elements and accumulating in the various food links. Seven metallic elements (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, Ni, Cr) were the subject of analyses on the level of surface water, of the surface sediments, two marine algae (*Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*) and a gastropod (*Patella ferruginea*).

The results obtained during the period of life showed a clear metal contamination of water as well as the sediments for some metals (Zn, Cd, Ni) by going beyond observed of the breaking values.

In addition, an abnormal bio-accumulation is observed certain metals at the algae and the gastropod confirming that the live medium is not free from such a contamination of the medium of various origins in this area.

Key words:

Sea waters, sediments, *Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis*, *Patella ferruginea*, pollution, heavy metals, Ghazaouet.