

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEM

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Laboratoires de recherches :

Gestion des écosystèmes naturels

&

Valorisation des actions de l'homme  
pour la protection de l'environnement  
Et application en santé publique

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

**MAGISTER**

En

**BIOLOGIE**

Option : ECOLOGIE VEGETALE

Par

Melle : ABI AYAD Linda

**THEME**

**Etude de la biodisponibilité des métaux lourds  
dans les sédiments et chez quelques espèces marines du littoral de  
l'extrême Ouest Algérien (Béni Saf)**

Soutenu le : 13 /09/ 09 devant la commission d'examen :

Président : KHELIL Mohammed Anouar  
Encadreur : KAID SLIMANE Nacera.  
Examinatrice : BENGUEDDA Wacila.  
Examineur : EL-HAITOUM Ahmed.  
Examinatrice : BOUHADJERA Keltoum

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

Année Universitaire 2008-2009

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCCEN**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**

Laboratoires de recherches :

**Gestion des écosystèmes naturels**

**&**

**Valorisation des actions de l'homme  
pour la protection de l'environnement  
Et application en santé publique**

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de

**MAGISTER**

**En**

**BIOLOGIE**

Option : ECOLOGIE VEGETALE

**Par**

**Melle : ABI AYAD Linda**

**THEME**

**Etude de la biodisponibilité des métaux lourds  
dans les sédiments et chez quelques espèces marines du littoral de  
l'extrême Ouest Algérien (Béni Saf)**

Soutenu le :13 /09/ 09 devant la commission d'examen :

**Président : KHELIL Mohammed Anouar**  
**Encadreur : KAID SLIMANE Nacera.**  
**Examinatrice : BENGUEDDA Wacila.**  
**Examinateur : El-HAITOUM Ahmed.**  
**Examinatrice : BOUHADJERA Keltoum**

**PR, Université de Tlemcen**  
**M.C, Université de Tlemcen**  
**C.C, Université de Tlemcen**  
**M.C, Université de Tlemcen**  
**M.C, Université de Tlemcen**

**Année Universitaire 2008-2009**

***POUR TOUS CEUX  
QUI ONT DU RESPECT  
POUR LA NATURE ET LA VIE  
SUR TERRE***

# ***DEDICACES***

*Je dédie ce mémoire*

*A tous ceux qui me sont très chers*

*Sans eux ce mémoire n'aurait pas pu voir le  
jour*

***LINDA***

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont permis de finaliser ce mémoire et de mettre à ce jour, ainsi qu' à l'ensemble des professeurs spécialement :

Mme KAID SLIMANE Nacera, mon encadreur qui m'a fait part de ses réflexions et ses conseils profitables, sa vision complémentaire surtout indispensable m'a permis de faire évoluer ce travail.

Mes remerciements les plus vifs pour le Président du jury Mr KHELIL Mohammed Anouar pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et aussi de m'avoir aidé matériellement.

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

Mes remerciements s'adressent à Monsieur MAHDJOUR Tewfik, pour ces conseils dans le domaine des statistiques.

J'adresse mes remerciements à Mr EL-HAITOUM, pour avoir bien voulu faire partie du jury.

Je voudrais remercier également l'examinatrice Melle BOUHADJERA Keltoum d'avoir accepté de participer et d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier l'équipe d'ALZINC de Ghazaouet, pour leur aide précieuse et inespérée spécialement :

Mr : KADI Med, Président Directeur Général d'ALZINC, Mme MEGHABAR Widad, Chef de Service de Laboratoire de Contrôle de Qualité, ainsi que Mr MESSEDIK Arselane, et Mr SIDHOUM, pour m'avoir bien accueilli et permis d'effectuer les analyses de métaux lourds au sein de cet organisme.

Je ne saurais remercier mon Professeur Mr BENABADJI Noury, pour son appui et ses encouragements, ses efforts et son aide précieuse dont il m'a fait part, tout au long de ce travail acharné.

Je voudrais témoigner de mon plus profond remerciement, à mon camarade Fayçal, demeurant à Béni Saf, pour sa présence, sa participation à ce travail tout au long de l'échantillonnage et son dévouement pour la science et l'environnement.

Je voudrais remercier Mr SLIMANE et son équipe : Chef de Laboratoire Central de l'Université de Biologie, pour son appui, sa gentillesse, et son aide.

Je tiens à remercier finalement ma famille, mes amis, et mes collègues pour leur soutien et leurs conseils.

**LINDA**

# **TABLE DES MATIERES**



II-2-1-1 Répartition géographique des Ulves.....	35
II-2-1-1-1 Description.....	35
II-2-1-1-2 Reproduction.....	36
II-2-1-1-3 Récolte et utilisation.....	36
II-2-1-2 Répartition géographique des Enteromorphes.....	37
II-2-1-2-1 Description.....	37
II-2-1-2-2 Reproduction.....	38
II-2-1-2-3 Récolte et utilisation.....	38
II-2-1-3 Répartition géographique de Corallines.....	39
II-2-1-3-1 Description.....	39
II-2-1-3-2 Reproduction.....	41
II-2-1-3-3 Récolte et utilisation.....	41
II-2-2 Aperçu général sur la faune aquatique.....	42
II-2-2-1 Patelles.....	43
II-2-2-2 Mulets.....	49

### **CHAPITRE III            CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE**

III-1 Situation géographique.....	58
III-2 Le port.....	60
III-2-1 Activité du port.....	62
III-2-2 Etat du port .....	64
III-3 Circulation générale des courants marins en Méditerranée.....	67
III-4 Structure géologique.....	68
III-5 Sédimentologie.....	68
III-6 Réseau hydrographique.....	69
III-7 Climatologie.....	69
III-7-1 Précipitations.....	70
III-7-2 Températures.....	72
III-7-2-1 Ecart thermique.....	75
III-7-2-2 Quotient pluviothermique d'Emberger(1955).....	76
III-7-2-3 Diagramme Ombrothermique (1953).....	77
III-7-3 Vents.....	78
III-7-4 Evaporation.....	79

### **CHAPITRE IV            MATERIEL ET METHODES**

IV-1 Choix des stations de prélèvements.....	83
IV-2 Choix du matériel d'échantillonnage.....	83
IV-3 Echantillonnage .....	85
IV-4 Caractéristiques physico-chimique.....	86
IV-4-1 pH.....	86
IV-4-2 Température.....	86
IV-4-3 Oxygène dissous.....	86
IV-4-4 Conductivité.....	87
IV-5 Minéralisation.....	87



IV-5-1 Minéralisation des sédiments.....	87
IV-5-2 Minéralisation des algues.....	88
IV-5-3 Minéralisation de la patelle et le mullet.....	88
IV-6 Analyses chimiques.....	90

## **CHAPITRE V**

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

V-1 Résultats et discussions.....	95
V-1-1 Paramètres physico chimique de l'eau.....	95
V-1-2 Sédiments.....	103
V-1-2-1 Indice de pollution.....	112
V-1-2-2 Comparaison des résultats avec ceux de littérature.....	114
V-1-3 Teneurs moyennes des métaux lourds dans la flore aquatique.....	116
V-1-3-1 Comparaison des résultats avec ceux de la littérature.....	143
V-1-3-2 Etude comparative de la flore aquatique.....	145
V-1-4 Teneurs moyennes des métaux lourds dans la faune aquatique.....	151
V-1-4-1 Comparaison des résultats de la patelle avec ceux de littérature.....	161
V-1-4-2 Comparaison des résultats du mullet avec ceux de littérature.....	166
V-2 Discussion globale.....	168

**CONCLUSION.....172**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....175**

**ANNEXES.....196**

# **LISTE DES TABLEAUX**

## Liste des Tableaux

### Chapitre I

<b>Tab. I-1</b> : Charge potentielles de pollution larguée dans la mer méditerranée par les dépotoirs de déchets solides (CDR/ECODIT-LAURIF, 1997).....	05
<b>Tab. I-2</b> : Source industrielles et agricoles de métaux présents dans l'environnement (FAO., 1988).....	12
<b>Tab. I-3</b> : Polluants émis en 1985 (en rase compagne a 120 Km de Paris) (Leroy., 1992).....	19

### Chapitre II

<b>Tab. II-1</b> : Teneurs en ETM de boues en mg/kg (ADEME, 1985).....	30
<b>Tab. II-2</b> : Valeurs de références du niveau de contamination des sédiments proposés par GEODE (Lamy.Envi., 1996).....	32
<b>Tab. II-3</b> : Teneurs naturelles en métaux traces dans le matériels sédimentaires exprimées en $\mu\text{g.g}^{-1}$ (Boust, 1981b).....	33
<b>Tab. II-4</b> : Présence de mullet en Algérie (Karali & Echikh, 2005).....	52
<b>Tab. II-5</b> : Analyse nutritionnelle moyenne en 100g de mullet (FIOM., 1992).....	54
<b>Tab. II-6</b> : Longueur moyenne en (cm) en fonction du sexe chez <i>Mugil cephalus</i> (Brulhet, 1974).....	55

### Chapitre III

<b>Tab. III-1</b> : Tissu industriel de Béni Saf (DGBAT., 2004) W. Ain Témouchent.....	63
<b>Tab. III-2</b> : Précipitations mensuelles moyennes exprimées en (mm) allant de 1996-2006 de la région de Béni Saf d'après l'O.N.M).....	71
<b>Tab. III-3</b> : Températures mensuelles moyennes exprimées en ( $^{\circ}\text{C}$ ) allant de 1996-2006 de la région de Béni Saf d'après l'O.N.M).....	73
<b>Tab. III-4</b> : Températures mensuelles maximales moyennes (M), minimales (m) exprimées en ( $^{\circ}\text{C}$ ) allant de 1996-2006 de la région de Béni Saf d'après l'O.N.M).....	74
<b>Tab. III-5</b> : Tableau récapitulatif des données météorologiques annuelles de la région de Béni Saf durant l'année 2006 d'après (l'O.N.M).....	81

### Chapitre IV

<b>Tab. IV-1</b> : Représentation de la disponibilité des échantillons dans chaque point de prélèvements.....	85
<b>Tab. IV-2</b> : Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés.....	91

### Chapitre V

<b>Tab. V-1</b> : Représentation des caractères physico chimiques présent du 08/03/06 au 16/03/06 (Hiver).....	192
<b>Tab. V-2</b> : Représentation des caractères physico chimiques présent du 08/06/06 au 11/06/06 (Printemps).....	193
<b>Tab. V-3</b> : Représentation des caractères physico chimiques présent du 17/09/06(Eté).....	194
<b>Tab. V-4</b> : Représentation des caractères physico chimiques présent du 09/12/06 au 06/01/07 (Automne).....	195

<b>Tab. V-5 :</b> Comparaisons des concentrations moyennes des métaux lourds dans les sédiments marins avec ceux de la littérature (mg/kg poids sec).....	115
<b>Tab. V-6 :</b> Comparaisons des concentrations moyennes des métaux lourds dans les algues marines avec ceux de la littérature en (mg/kg).....	144
<b>Tab. V-7 :</b> Comparaison métallique en moyenne des ulves dans la région du littoral de Rachgoun et Béni Saf.....	149
<b>Tab. V-8 :</b> Comparaison des résultats en moyennes obtenus pour la patelle avec les données bibliographiques exprimés en (mg/kg).....	162
<b>Tab. V-9 :</b> Doses maximales admissibles (D.M.A) et doses toxiques pour l'homme.....	165
<b>Tab. V-10 :</b> Capacité de bioconcentration de quelques espèces marines (Miquel, 2001).....	166
<b>Tab. V-11 :</b> Comparaison des résultats des concentrations moyennes exprimés en (mg/kg) obtenus pour le mullet avec les données bibliographiques.....	167
<b>Tab. V-12 :</b> Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans les sédiments provenant des deux principales zones : port – plage en mg/kg MS.....	196
<b>Tab. V-13 :</b> Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans la flore aquatique provenant des deux principales zones : port – plage en mg/kg MS.....	197
<b>Tab. V-14 :</b> Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans la faune aquatique provenant des deux principales zones : port – plage en mg/kg PF.....	198
<b>Tab. V-15 :</b> Comparaisons des Concentrations des métaux lourds dans les sédiments marins de la région Africaine ( $\mu\text{g/g}$ ) de poids sec (F.A.O, 1988).....	199
<b>Tab. V-16 :</b> Concentrations moyennes des métaux lourds dans la flore aquatiques de la zone côtière du nord ouest Africains exprimées en $\mu\text{g/g}$ poids sec (F.A.O., 1988).....	200
<b>Tab. V-17 :</b> Concentrations moyennes des métaux lourds dans les mollusques de la région nord Africaine ouest ( $\mu\text{g/g}$ ) de poids frais, F.A.O., 1988.....	201

# **LISTE DES FIGURES**

## Liste des Figures

### Chapitre I

<b>Fig. I-1</b> : Impacts possibles de divers apports en milieu littoral (Berraho, 2006).....	04
<b>Fig. I-2</b> : Circulation des mouvements des substance d'hydrocarbures chlorés dans l'environnement aquatiques (Edwards, 1977).....	07
<b>Fig. I-3</b> : Etat du littoral méditerranéen des cotes françaises (D.C.I., 2006).....	08
<b>Fig. I-4</b> : Accumulation des déchets solides rejetés dans le port de Béni Saf (08/06/06).....	09
<b>Fig. I-5</b> : Circuit général du cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin (Aouamer, 1990).....	22

### Chapitre II

<b>Fig. II-1</b> : <i>Ulva lactuca</i> « Laitue de mer » (Encarta, 2002).....	36
<b>Fig. II-2</b> : Aspect général cytologique de l'Ulve (FAO., 1987).....	37
<b>Fig. II-3</b> : Présentation des Enteromorphes en plein récolte au niveau du port (Période d'Automne : 19/12/06).....	39
<b>Fig. II-4</b> : Algue coralline encroûtante rouge « <i>Corallina officinalis</i> ».....	41
<b>Fig. II-5</b> : <i>Corallina elongata</i> « Rodobiante » (Veriaque).....	41
<b>Fig. II-6</b> : Présentation de la coralline au niveau de l'aquarium (Période d'Automne : 19/12/06).....	42
<b>Fig. II-7</b> : Disponibilité de patelles sur les rochers des côtes méditerranéennes.....	43
<b>Fig. II-8</b> : Face interne et externe de <i>Patella coerulea</i> .....	44
<b>Fig. II-9</b> : Morphologie externe de la patelle.....	45
<b>Fig. II-10</b> : Face interne de <i>Patella ferruginea</i> dans la zone côtière de Béni Saf (ABI-AYAD, 2006).....	47
<b>Fig. II-11</b> : Microscopie électronique de la radula de la patelle (Nakhlé, 2003).....	48
<b>Fig. II-12</b> : Présentation du mulot à grosse tête « <i>Mugil cephalus</i> » (Linné, 1758).....	51
<b>Fig. II-13</b> : Morphologie externe de « <i>Mugil cephalus</i> » (FAO., 1987).....	51

### Chapitre III

<b>Fig. III-1</b> : Vue par satellite sur la côte de Béni Saf (08/04/06).....	58
<b>Fig. III-2</b> : Situation géographique de la région.....	59
<b>Fig. III-3</b> : Vue sur la quai du port de la région (19/12/06).....	61
<b>Fig. III-4</b> : Présentation du port de Béni Saf contaminé par les rejets de déchets (11/06/06).....	65
<b>Fig. III-5</b> : Etat du port de Béni Saf en plein travaux mécaniques (11/06/06).....	66
<b>Fig. III-6</b> : Carte sédimentaire du nord ouest Algérien de la région (Eclairé, 1972).....	69
<b>Fig. III-7</b> : Variations mensuelles des précipitations de la période (1996-2006).....	72
<b>Fig. III-8</b> : Variations mensuelles des températures de la période (1996-2006).....	75
<b>Fig. III-9</b> : Climagramme pluviométrique du quotient d'Emberger (Q2) de la région.....	78
<b>Fig. III-10</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gausen (1953) P=2T de la période (1996-2006).....	79
<b>Fig. III-11</b> : Variations mensuelles de l'évaporation au cours de l'année 2006.....	80

**Chapitre IV**

<b>Fig. IV-1</b> : Localisation des points de prélèvements dans la zone portuaire de Béni Saf 2006.....	84
<b>Fig. IV-2</b> : Présentation de la partie encadrées de la patelle.....	89
<b>Fig. IV-3</b> : Présentation de la partie encadrées du mulet.....	89
<b>Fig. IV-4</b> : Spectrophotométrie à absorption atomique (SAA) « Aurora AL., 1200 ».....	90
<b>Fig. IV-5</b> : Malette de mesure des paramètres de physicochimie de l'eau (ABI-AYAD, 2006)....	93
<b>Fig. IV-6</b> : Présentation du principe d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.....	94

**Chapitre V**

<b>Fig.V-1</b> : Variations spatiales du Ph du littoral de Béni Saf.....	95
<b>Fig.V-2</b> : Variations spatiales des températures du littoral de Béni Saf.....	96
<b>Fig.V-3</b> : Variations spatiales de l'oxygène du littoral de Béni Saf .....	96
<b>Fig.V-4</b> : Variations spatiales de la conductivité électrique du littoral de Béni Saf .....	97
<b>Fig.V-5</b> : Variations temporelles du Ph du littoral de Béni Saf.....	99
<b>Fig.V-6</b> : Variations temporelles des températures du littoral de Béni Saf.....	100
<b>Fig.V-7</b> : Variations temporelles de l'oxygène du littoral de Béni Saf .....	100
<b>Fig.V-8</b> : Variations temporelles de la conductivité électrique du littoral de Béni Saf.....	101
<b>Fig.V-9-a</b> : Variations spatiales des concentrations en zinc dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	103
<b>Fig. V-9-b</b> : Variations spatiales des concentrations en cuivre dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	104
<b>Fig. V-9-c</b> : Variations spatiales des concentrations en fer dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	104
<b>Fig. V-9-d</b> : Variations spatiales des concentrations en cadmium dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	105
<b>Fig. V-9-e</b> : Variations spatiales des concentrations en plomb dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	105
<b>Fig. V-10-a</b> : Variations temporelles des concentrations en zinc dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points des prélèvements.....	109
<b>Fig. V-10-b</b> : Variations temporelles des concentrations en cuivre dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	110
<b>Fig. V-10-c</b> : Variations temporelles des concentrations en fer dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	110
<b>Fig. V-10-d</b> : Variations temporelles des concentrations en cadmium dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	111
<b>Fig. V-10-e</b> : Variations temporelles des concentrations en plomb dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	111
<b>Fig. V-11</b> : Résultats de l'indice de pollution (IP) dans les sédiments du littoral de Béni Saf.....	114
<b>Fig. V-12-a</b> : Variations temporelles des concentrations en zinc chez l'ulve du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	116
<b>Fig. V-12-b</b> : Variations temporelles des concentrations en cuivre chez l'ulve du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	117
<b>Fig. V-12-c</b> : Variations temporelles des concentrations en fer chez l'ulve du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	117

<b>Fig. V-12-d</b> : Variations temporelles des concentrations en cadmium chez l'ulve du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	118
<b>Fig. V-12-e</b> : Variations temporelles des concentrations en plomb chez l'ulve du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	118
<b>Fig. V-13</b> : Présentation de l'état de l'aquarium (06/01/2007).....	120
<b>Fig. V-14-a</b> : Variations spatiales des concentrations en zinc chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	122
<b>Fig. V-14-b</b> : Variations spatiales des concentrations en cuivre chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	122
<b>Fig. V-14-c</b> : Variations spatiales des concentrations en fer chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	123
<b>Fig. V-14-d</b> : Variations spatiales des concentrations en cadmium chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	124
<b>Fig. V-14-e</b> : Variations spatiales des concentrations en plomb chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	124
<b>Fig. V-15-a</b> : Variations temporelle des concentrations en zinc chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	125
<b>Fig. V-15-b</b> : Variations temporelles des concentrations en cuivre chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	125
<b>Fig. V-15-c</b> : Variations temporelles des concentrations en fer chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	127
<b>Fig. V-15-d</b> : Variations temporelles des concentrations en cadmium chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	128
<b>Fig. V-15-e</b> : Variations temporelles des concentrations en plomb chez l'enteromorphe du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	128
<b>Fig. V-16-a</b> : Variations spatiales des concentrations en zinc chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	133
<b>Fig. V-16-b</b> : Variations spatiales des concentrations en cuivre chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	133
<b>Fig. V-16-c</b> : Variations spatiales des concentrations en fer chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	134
<b>Fig. V-16-d</b> : Variations spatiales des concentrations en cadmium chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	134
<b>Fig. V-16-e</b> : Variations spatiales des concentrations en plomb chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	135
<b>Fig. V-17-a</b> : Variations temporelles des concentrations en zinc chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	137
<b>Fig. V-17-b</b> : Variations temporelles des concentrations en cuivre chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	138
<b>Fig. V-17-c</b> : Variations temporelles des concentrations en fer chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	138
<b>Fig. V-17-d</b> : Variations temporelles des concentrations en cadmium chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	139
<b>Fig. V-17-e</b> : Variations temporelles des concentrations en plomb chez la coralline du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.....	139
<b>Fig. V-18-a</b> : Comparaisons temporelles des concentrations en zinc dans la jetée du port chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf.....	145
<b>Fig. V-18-b</b> : Comparaisons temporelles des concentrations en cuivre dans la jetée du port chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf.....	146



<b>Fig. V-18-c</b> : Comparaisons temporelles des concentrations en fer dans la jetée du port chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf .....	146
<b>Fig. V-18-d</b> : Comparaisons temporelles des concentrations en cadmium dans la jetée du port chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf.....	147
<b>Fig. V-18-e</b> : Comparaisons temporelles des concentrations en plomb dans la jetée du port chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf .....	147
<b>Fig. V-19-a</b> : Variations spatiales des concentrations en zinc chez la patelle du littoral de Béni Saf..	151
<b>Fig. V-19-b</b> : Variations spatiales des concentrations en cuivre chez la patelle du littoral de Béni Saf	152
<b>Fig. V-19-c</b> : Variations spatiales des concentrations en fer chez la patelle du littoral de Béni Saf....	152
<b>Fig. V-19-d</b> : Variations spatiales des concentrations en cadmium chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	153
<b>Fig. V-19-e</b> : Variations spatiales des concentrations en plomb chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	156
<b>Fig. V-20-a</b> : Variations temporelles des concentrations en zinc chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	156
<b>Fig. V-20-b</b> : Variations temporelles des concentrations en cuivre chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	157
<b>Fig. V-20-c</b> : Variations temporelles des concentrations en fer chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	157
<b>Fig. V-20-d</b> : Variations temporelles des concentrations en cadmium chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	160
<b>Fig. V-20-e</b> : Variations temporelles des concentrations en plomb chez la patelle du littoral de Béni Saf.....	158
<b>Fig. V-21</b> : Variations temporelles des concentrations métalliques chez le mullet du littoral de Béni Saf.....	163

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

La contamination des milieux marins par les métaux s'est accélérée par les déversements de multiples polluants d'origines industrielles et urbaines qui peuvent modifier profondément les composantes physico-chimiques des écosystèmes aquatiques marins ainsi que leurs biocénoses.

Actuellement les zones du littoral algérien se trouvent menacées par ce type de pollution et qui représente aujourd'hui un sujet d'actualité. Les polluants métalliques sont stockés et accumulés dans le compartiment sédimentaire marin.

L'activité du trafic maritime aussi diverse qu'elle soit crée les phénomènes de brassage et d'agitation de l'eau, en conséquence les éléments métalliques remontent vers la surface et induisent directement vers une contamination des organismes en se concentrant progressivement au fur et à mesure qu'ils progressent dans les différents maillons des chaînes trophiques.

Le littoral de Béni Saf manifeste essentiellement cette source de pollution qui est émise par plusieurs inducteurs liés aux effets de l'usine de la cimenterie, l'ancienne mine de fer, l'unité de conserves de poissons et les déversements d'eaux usées qui progressent chaque année au niveau de la baie, ajouté à cela le nombre élevé d'estivants qui augmentent ces apports.

A ce propos, nous nous sommes intéressés principalement au compartiment sédimentaire marin qui représente une source importante d'accumulation métallique. En effet une grande partie des composés d'origines anthropiques ou naturelles s'adsorbent sur les particules en suspension, puis s'accumulent au niveau des sédiments. Ainsi, les dépôts sédimentaires, à l'interface des zones océaniques et continentales, constituent de véritables filtres et réservoirs pour les contaminants connus ou non et forment d'importantes sources de contamination, par ailleurs les organismes marins représentent aussi de véritables bioindicateurs de polluants métalliques notamment les mollusques, les poissons et les algues marines.

Nous nous sommes intéressés essentiellement à l'étude de la biodisponibilité de quelques éléments métalliques dans des sédiments du littoral de Béni Saf, et chez les algues vertes : (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza*) et l'algue rouge (*Corallina officinalis*), la patelle (*patella ferruginea*), et le mullet (*Mugil cephalus*). Ces organismes marins font d'eux d'excellents témoins et biomarqueurs de pollution marine.

Les métaux que nous avons recherchés sont pour la plupart des métaux essentiels à la vie tels que le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le fer (Fe), par contre certains d'entre-eux sont très toxiques même dangereux pour les organismes marins même à de faible dose d'ou: le cadmium (Cd) et le plomb (Pb). Nous avons ensuite effectués une série de prélèvements saisonniers qui ont été réalisés durant l'année (2006-2007) afin de suivre les concentrations métalliques dans les sédiments et les bio indicateurs dans le port et la plage.

Nous avons réalisé une minéralisation du matériel sédimentaire et biologique suivies par le dosage par la spectrophotométrie d'absorption atomique. Nous avons calculé l'indice de pollution pour les sédiments afin de connaître le niveau de pollution. Puis nous avons comparés les résultats avec ceux de la littérature.

Ce mémoire comporte cinq chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine par les métaux.

Le deuxième chapitre regroupe l'étude du matériel sédimentaire et biologique.

Le troisième chapitre rassemble les caractéristiques de la zone d'étude.

Dans le quatrième chapitre nous avons décrit les différentes techniques de minéralisations et d'analyse par la SAA (spectrophotométrie d'absorption atomique ) des différents substrats.

Et dans le cinquième chapitre nous avons présenté tous les résultats avec leurs interprétations détaillées.

Enfin, une conclusion achèvera ce travail.

# **CHAPITRE I**

## Généralités sur la pollution marine

### I-1 Pollution marine :

L'histoire de la pollution se confond avec l'évolution de ses trois causes essentielles : l'industrialisation, l'urbanisation et l'explosion démographique, elle peut être définie comme étant une modification quasi totale surtout défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous produit de l'action humaine (Ramade, 2000).

Elle comprend à la fois des notions qualitatives et quantitatives. A côté des polluants créés artificiellement par les activités humaines, il y'a ceux qui existent déjà dans la nature et dont l'homme augmente leur fréquence d'émission et leur quantités ( Viala, 1998). La pollution des eaux se rapporte à des déversements, des écoulements, des rejets, des dépôts directs de matières de toute nature susceptibles de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques.

La contamination du milieu naturel par les métaux lourds représente un danger plus important que celui du rejet d'hydrocarbures ou même d'éléments radioactifs (Grousset et Donard, 1989).

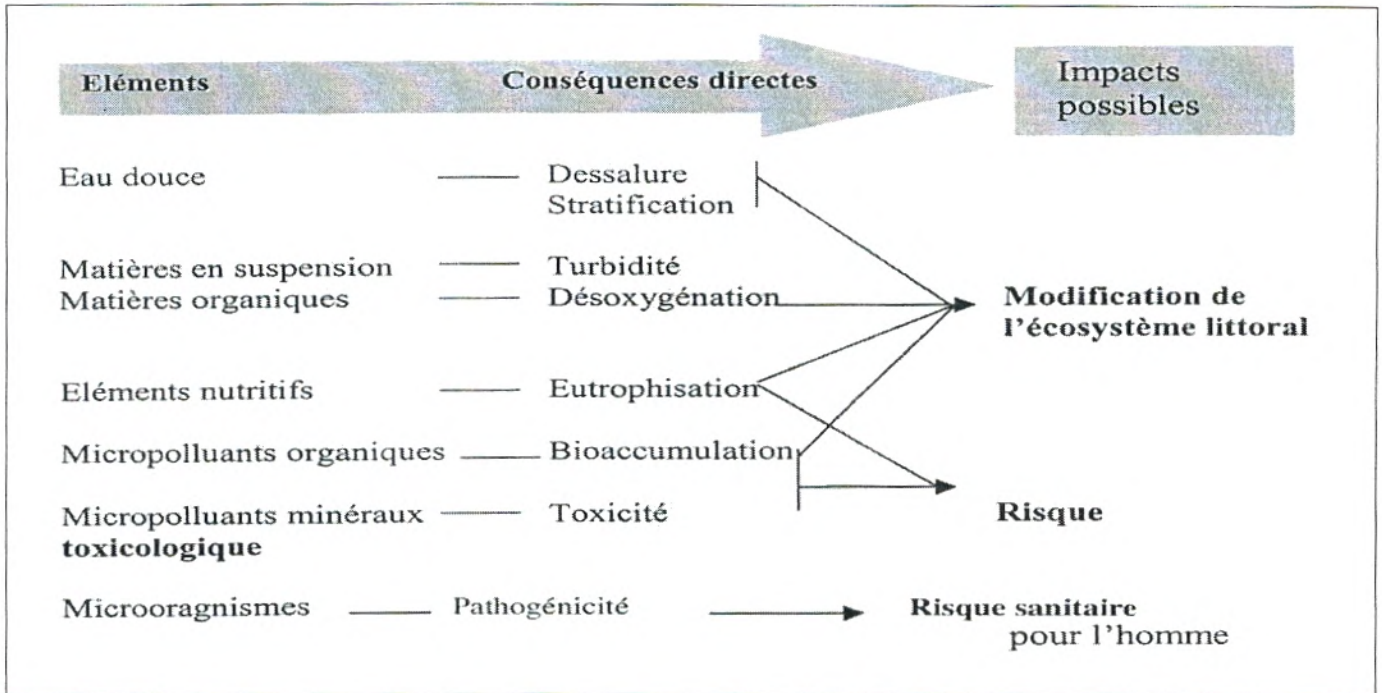
X Ces métaux ont un retentissement écologique considérable en raison de leur permanence chez les organismes et les phénomènes de concentration et de bioaccumulation à travers les divers échelons des chaînes alimentaires (Bittel, 1973).

L'apport de ces métaux en mer possède deux catégories :

Une origine naturelle en méditerranée provenant de l'érosion, du lessivage des sols, des activités sismiques et volcaniques non négligeables (Underwood, 1956 in Asso, 1982).

L'autre origine est l'apport terrigène élevé provenant d'une part des zones littorales riches en métaux et possédant diverses exploitations industrielles.

La dispersion et la répartition de ces produits sont conditionnées à la fois par leurs propriétés physico-chimiques (rémanence, solubilité,...) et par celles du milieu receveur (salinité, température, matière en suspension, courants, stratification,...) (fig. I-1).



**Fig. I-1 :** Impacts possibles de divers apports en milieu littoral  
(Berraho, 2006)

Actuellement dans les pays maghrébins, particulièrement les littoraux de l'ouest algérien, la pollution marine engendrée par les pôles urbains et industriels installés dans les zones côtières commence à devenir préoccupante et même alarmante provoquant une pollution bactériologique et physico chimique des eaux. En effet les eaux usées industrielles fortement contaminées sont déversées directement en mer. Ces contaminations sont liées essentiellement à l'installation des usines chimiques :

- L'usine chimique : Alzinc de Ghazaouet, et Sonatrach d'Arzew ;
- Cimenterie de Béni Saf ;
- L'Unité de raffinage du pétrole de Skikda ;
- Usine pétrochimique : Alger, Arzew, Bedjaia, Skikda ;
- Centrale thermique : Marsat et Hadjaj ;
- Usines de conserves et de pâte à papier « Chlef, Babali ».

Cependant, depuis les années 1999, les zones du littoral Algérien révèlent environ 199 plages menacées et même interdites à la baignade. Les plages sont saturées en été, ou on estime le nombre d'estivants pendant la période allant de juin à

septembre de 1.060.460 estivants pour les plages de Rachgoun , Madrid avec une occupation journalière de 7200 estivants (D.H.A.T, 2005).

Les décharges à « ciel ouvert » peuvent aussi être une importante source de pollution (déchets léger emportés par le vent) « usine de Cimenterie », sans oublier qu'en mer le commerce maritime et les activités de plaisances constituent également de véritable source d'émission de déchets (Tab. I-1).

**Tableau I-1 :** Charges potentielles de pollution larguées dans la mer méditerranée par les dépotoirs de déchets solides (CDR / ECODIT-TAUTIF, 1997).

<b>Paramètres</b>	<b>Normandie avant réhabilitation</b>	<b>Dora</b>	<b>Tripoli</b>	<b>Total</b>
<b>Surface de dépotoirs (na)</b>	10	15	3	28
<b>Décharges (Mt/an)</b>	80 000	120 000	24 000	224 000
<b>Polluants (Concentrations dans les décharges)</b>				
<b>Total azote (3g/l)</b>	240 Mt/an	360 Mt/an	72 Mt/an	672 Mt/an
<b>Métaux traces (3mg/l)</b>	0.24 Mt/an	0.36 Mt/an	0.072 Mt/an	0.672 Mt/an

Les risques d'une pollution métallique dans ces milieux affectent directement les organismes marins. Par ailleurs le suivi de leurs concentrations dans les sédiments et les fonds marins est très important vu leurs toxicités et leurs capacités de bioaccumulation le

long des chaînes alimentaires, contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement (I.B.G.E, 2005).

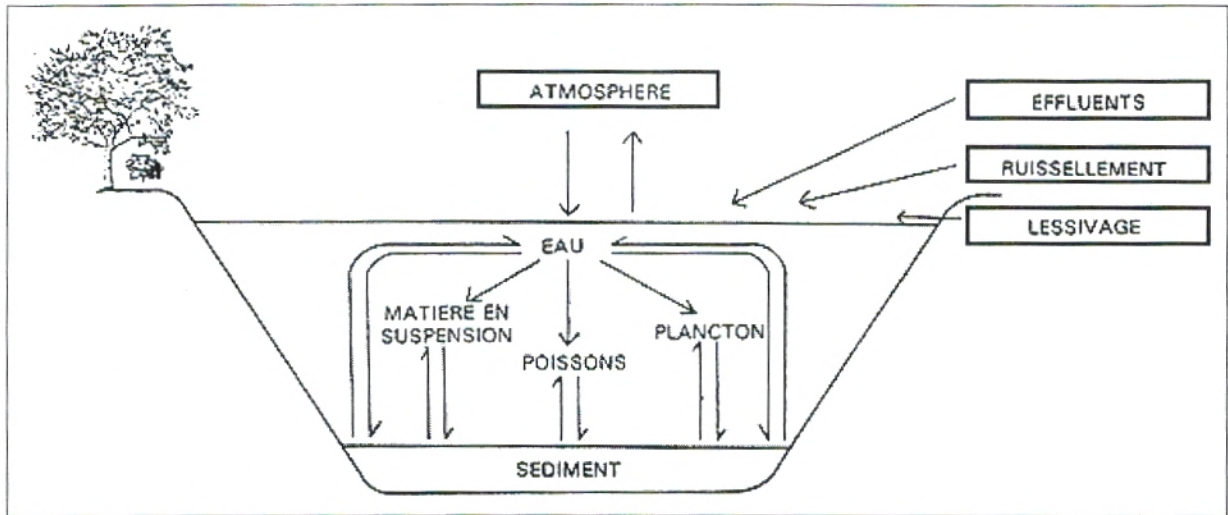


Ces derniers se dissolvent très bien dans une eau acide (pH faible) dans les eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide (boue). L'analyse de ses boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds, qui ont lieu tant en nature qu'en quantité (I.B.G.E, 2005).

### **I-1-1 Trafic et activités portuaires :**

Le trafic maritime semble entraîner un risque non négligeable pour les espaces littoraux et marins. Ces risques de pollution sont généralement liés aux opérations de chargements, déchargements ou aux dégazages des navires. L'ensemble de ces activités exerce des pressions considérables sur l'environnement local ainsi que sur la qualité des eaux marines. L'impact peut être dramatique dans le cas des marées noires (IFREMER, 2000).

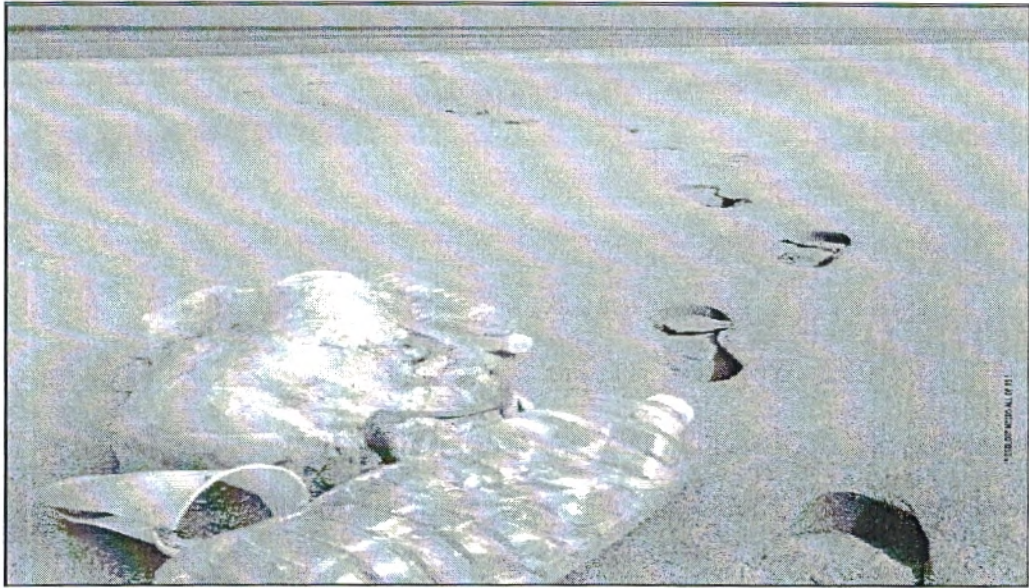
Le littoral ouest algérien regroupe trois grands ports : Oran, Ghazaouet et Beni Saf. Ce qui confère un trafic maritime important en plus des produits chimiques et des substances toxiques provenant des peintures anti-fouling, des émanations des vapeurs d'essences, des moteurs des bateaux, s'ajoutant aux déversements accidentels de pétrole et d'hydrocarbures (Fig. I-2).



**Fig. I-2 :** Circulation et mouvement des substances d'hydrocarbures chlorés dans l'environnement aquatique (Edwards, 1977)

### I-1-2 Etat de la pollution en Algérie :

Si de nombreux déchets sont abandonnés sur les plages ou jetés à la mer, d'autres proviennent de l'intérieur des terres, des sacs en plastiques, des bouteilles, des palettes jetées volontairement ou accidentellement dans les rivières et également les déchets jetés dans les égouts, se retrouvent ainsi dans la mer. Presque un demi million de mètres cubes d'ordures est ramassé quotidiennement dans les centres urbains du littoral méditerranéen, mais de nombreuses décharges sont mal conçues par infiltration des eaux souterraines (Ports et littoral propres., 2006). Le manque de civisme chez l'homme et une méconnaissance de l'écosystème en sont à l'origine (Fig. I-3).



**Fig. I-3** : Etat du littoral méditerranéen  
(D.C.I, 2006)

Les côtes algériennes étaient considérées comme étant les plus poissonneuses au niveau de la méditerranée, le rendement de la pêche à diminué de près de 80% ces deux dernières années (C.N.R.S., 2005). C'est la première conséquence de la pollution marine.

Aujourd'hui l'Algérie est confronté à de sérieux problèmes de pollution industrielle engendrées par les rejets d'eaux non traités, les émissions de gaz et la production de déchets dangereux, dont la gestion n'a pas encore trouvé des solutions, et posent de sérieux problèmes environnementaux (Fig. I-4).



Photo prise par Melle : ABI-AYAD (2006)

**Fig. I-4 :** Accumulation des déchets solides rejetés dans le port de Béni-Saf. (08/06/06)

### **I-2 Différents types de pollutions :**

Les différents types de pollutions sont :

#### **I-2-1 Pollution d'origine agricole :**

L'agriculture constitue la source anthropogénique de nutriments par l'apport des engrais, en fumier et purin des animaux fermiers, ainsi que l'aquaculture, du fait de la dispersion de la nourriture et des excréments des élevages de poissons dans le milieu marin (Zappeio, 2005).

La forte concentration de nutriments tels que les nitrates et les phosphates dans l'eau des mers se traduit essentiellement par une productivité primaire accrue pouvant potentiellement mener à des changements dans la diversité des espèces, à une croissance excessive des algues, à des réductions de l'oxygène dissous et à une mort consécutive des poissons due très probablement à la prévalence renforcée de la floraison d'algues toxiques ou autres en tant que phénomène d'eutrophisation.

### **I-2-2 Pollution d'origine thermique :**

Ce type de pollution entraîne une décomposition de matières organiques par les organismes aérobiques provoquant une grande consommation d'oxygène ainsi qu'un déséquilibre dans le rapport  $O_2/CO_2$  et par conséquent une diminution du pH.

Certaines implantations industrielles, en particulier les centrales électriques consomment de l'eau pour leur refroidissement qu'elles rejettent ensuite à une température supérieure. Une centrale de 1000 Mw utilise et rejette plusieurs dizaines de  $m^3$  d'eau par seconde dont la température se trouve élevée de 7 à 8 C°, en milieu semi fermé. Cette évaluation de température diminue la teneur de l'eau en oxygène et stimule la vitesse de l'élévation des algues unicellulaires entraînant l'eutrophisation (IFREMER., 2001).

### **I-2-3 Pollution d'origine microbienne :**

Véhiculés en quantités considérables au milieu marin par l'intermédiaire :

- Des rejets urbains : issus des eaux usées domestique et industrielle,
- Des effluents agricoles : les bactéries présentes dans les excréments des animaux survivent dans le lisier et après épandage, l'action conjuguée du ruissellement et de l'érosion leur fait tout naturellement suivre la direction des cours d'eau (Berraho., 2006).

### **I-2-4 Pollution d'origine domestique**

Elle est due aux déversements continus des eaux usées, urbaines et pluviales.

On estime dans les régions côtières de l'ouest algérien de Rachghoun un volume d'eau usées rejetées directement en mer égale à 259  $m^3$ /jour avec un pic estival de 1036  $m^3$ /jour et une production de déchets solides de 0.5 tonnes par jour (D.H.A.T., 2005).

### **I-2-5 Pollution d'origine industrielle**

L'industrie engendre des pollutions variées dont certaines sont claires et inquiétantes (bruit, risque d'explosion ...etc.) et d'autres sont discrètes et menaçantes (substances toxiques ...etc.)

Selon l'activité industrielle, on retrouve plusieurs types de pollutions aussi diverses que :

- des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...),
- des hydrocarbures (industries pétrolières, transports)
- des métaux (traitements de surface, métallurgie),
- des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...),
- des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques),
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)...

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agro-alimentaires, papetières, la chimie, les traitements de surface, l'industrie du cuir, etc.

### **I-3 Principaux polluants des eaux :**

#### **I-3-1 Polluants physiques :**

On parle de ce type de polluant quand le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs tels que la turbidité, la radio activité des paramètres physico-chimiques tel que le pH, la conductivité électrique et la dureté qui sont également importants à considérer (Equinoxe, 1990).

#### **I-3-2 Polluants chimiques :**

Il s'agit de substances étrangères qui peuvent provoquer une nuisance ou un effet toxique. Nous citons les chlorures, les fluorures les cyanures, les métaux lourds (cuivre, fer, manganèse, zinc ...), hydrocarbures... (Alain, 1998).

### **I-4 Métaux :**

Ce sont des éléments de fortes masses atomiques, toxiques, à l'état élémentaire ou combinés, à partir d'une concentration minime, ils sont présents normalement dans le milieu marin en faible dose. Ces métaux sont très employés depuis le début de l'ère industrielle, et s'accumulent dans la mer, les plus dangereux et les plus répandus sont le : mercure, plomb, et le chrome. Certains métaux sont essentiels au fonctionnement cellulaire, « d'autres sont non essentiels » tels que le mercure, le plomb et le cadmium, leur effets sur les organismes sont très

variés. Le mercure, le cadmium, le zinc, le nickel, le titane, le sélénium, le cuivre, le cobalt et l'aluminium sont des inhibiteurs enzymatiques, les intoxications par ces métaux peuvent provoquer des toxicités létales chez différents organismes aquatiques.

### - Métaux essentiels :

Une liste de 11 éléments classés comme étant essentiels pour les organismes vivants a été établie par SHROEDER et *al.*, (1967) : fer, cuivre, cobalt, manganèse, vanadium, chrome, bore, iode, nickel, zinc et étain.

La présence de métaux en quantités très faible dans l'eau est en général indispensable au développement des êtres vivants et leur absence peut entraîner des carences importantes, comme par exemple : le transfert d'oxygène est assuré par l'hémoglobine contenant du fer, par opposition au delà d'un certain seuil cette concentration confère à ces éléments un pouvoir inhibiteur voire toxique (Duquesne, 1992).

### - Métaux toxiques :

Ce groupe de métaux présente aucun intérêt pour les processus biologiques, une pénétration dans l'organisme même à des quantités infimes présentent des effets toxiques.

Ces métaux exercent souvent leur nocivité par l'inhibition du système enzymatique, la nature de leur toxicité peut varier selon la forme sous laquelle ils pénètrent dans l'organisme. La mise en circulation des métaux lourds, par les civilisations technologiques soulève dans les biotopes terrestres et aquatiques des propriétés cumulatives pouvant développer leurs effets délétères à terme (Viala, 1998). Ces métaux peuvent provenir de plusieurs sources dans l'environnement (Tab. I-2).

**Tableau I-2 :** Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (FAO, 1988).

Utilisations	Métaux
1-Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn , Ni ;
2-Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Ca, Al, As, Cu, Fe;
3-Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu ;
4-Biocides (pesticides,herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn;
5-Agents de catalyse	
6-Verre	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn ;
7-Engrais	As, Sn, Nn ;
8-Matières plastiques	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn ;
9-Produits dentaires et cosmétiques	Cd, Sn, Pb;
10-Textiles	Sn, Hg;
11-Raffineries	Cr, Fe, Al;
12-Carburants	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn.;
	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd.

Dans quelques pays Africains, les activités minières sont à l'origine d'importants apports de métaux lourds nous citons par exemple le mercure en Algérie, l'arsenic en Namibie et en Afrique du sud, l'étain au Nigeria et au Zaïre et le cuivre en Zambie (FAO, 1988).

Pour la plupart des métaux lourds, les émissions anthropogènes sont beaucoup plus importantes que les émissions naturelles, la combustion d'essence au plomb dans les automobiles, par exemple est responsable de la vaste diffusion du plomb dans le monde. Pour le mercure par contre plusieurs rapports (Hutchinson et *al.*, 1987) semblent indiquer que les émissions naturelles sont quantitativement plus importantes que les apports d'origine anthropogènes.

## I-5 Présentation des métaux étudiés :

### I-5-1 Zinc :

Le zinc se trouve généralement dans la nature sous forme de sulfure. Il est souvent associé avec des sulfures des métaux particulièrement le plomb, le cuivre, le cadmium et le fer. Il se rencontre aussi sous forme de complexe de silicates et carbonates peu solubles et de chlorures



et sulfates qui sont extrêmement solubles. D'un point de vue physiologique, le zinc est un métal jouant un rôle prédominant dans le métabolisme des acides nucléiques. Chez l'homme, ces derniers interviennent dans la réplication cellulaire et la croissance tissulaire (Boudene, 1986).

Le zinc représente après le fer, le plus abondant des métaux lourds fixés par le plancton, la littérature signale 10 à 50 ppm en général et parfois plus de 100 ppm (Viale-Pchod, 1977) La quantité de zinc tolérable dans l'eau est rapidement limitée par le goût désagréable de sels de zinc (au dessus de 5 à 10 µg/l), (Anonyme, 1978).

Des experts des principales institutions relevant de l'O.N.U ont estimés la charge polluante annuelle en zinc en Méditerranée à 25 000 tonnes (Timizar, 1988).

### **-Sources :**

#### **Sources naturelles**

La dissolution et les intempéries produisent 720 000 tonnes/an de zinc dans le monde (Anonyme, 1978).

#### **Sources anthropogéniques**

Les hautes concentrations de zinc dans les eaux de mer sont en corrélation avec les déchets industriels (mines de zinc, métallurgie, galvanisation, alliage, peintures, vernis, textiles,...)

### **- Toxicité :**

L'effet toxique du zinc n'est généralement pas immédiat. La présence du cuivre dans l'eau de mer semble produire un effet de synergie sur la toxicité du zinc.

La toxicité du zinc est extrêmement faible vis-à-vis des mammifères, l'homme en particulier, tout au moins lorsqu'il est introduit par voie digestive (Aubert et al ; 1982).

L'intoxication par le zinc se traduit par des vomissements, des diarrhées, des troubles respiratoires suivis de convulsions puis par une paralysie (Quillet, 1984, Dermeche, 1998)

### - Cycle biogéochimique du zinc :

#### Transformation abiotique

Elle conduit à la formation du sulfure de zinc insoluble en aérobiose.

#### Transformation biotique

Elle correspond au dépôt d'une forme particulière du zinc au fond du milieu marin.

### I-5-2 Cuivre :

Le cuivre est un métal rouge bleuâtre, ductile et malléable, c'est aussi un oligoélément essentiel entrant dans la constitution de diverses enzymes. Les teneurs naturelles en cuivre dans l'eau de mer sont d'environ 50µg/l (Gaujous, 1995).

### - Sources :

Le cuivre est largement utilisé dans l'équipement électrique, alliages, tuyauterie,...

Les sels de cuivre ont aussi de multiples emplois notamment en agriculture ou ils sont utilisés comme pesticides.

### - Toxicité :

Le cuivre rejeté dans le milieu marin est absorbé par les sédiments, le phytoplancton, les algues supérieures et la faune benthique et pélagique.

Il provoque une altération des branchies des poissons et retarde leur ponte. Chez l'homme, il est responsable de la maladie de « Wilson » qui est due à l'accumulation du cuivre dans le foie (Haguenoer et Furon, 1981).

### **I-5-3 Fer :**

Elément métallique blanc argenté, connu depuis les temps préhistoriques. Il était impliqué dans la fabrication d'objets décoratifs et d'armes en tout genre. Corps biogène dont l'isotope le plus abondant est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants. Associé à un noyau tétra pyrroliques, il intervient dans la constitution des molécules d'hémoglobines ainsi que de plusieurs enzymes en particulier des cytochromes dont le rôle est essentiel tant dans la respiration que dans la photosynthèse (Ramade, 2000).

#### **- Source :**

Elément le plus abondant dans la croûte terrestre, naturellement le fer est fréquent dans les eaux souterraines, abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et d'hydroxydes, il est présent aussi dans les plantes et dans le sang.

Il provient essentiellement des industries métallurgique et minière (Gaujous, 1995)

#### **- Toxicité :**

Le fer élément essentiel de la nutrition humaine, les besoins journaliers sont de 1 à 2mg (Ramade, 2000). L'ingestion de grandes quantités de fer produit une hémochromatose, dans cette affection, les mécanismes normaux de régulation n'agissent plus efficacement et il se produit des lésions de tissus par suite de l'accumulation de fer.

Les composés inorganiques voire organique du fer sont très peu toxiques pour les êtres vivants, La DL<sub>50</sub> se chiffrant plutôt en dizaines de grammes par kg , ainsi chez un adulte, la dose dangereuse de sel ferreux ou ferriques par ingestion est estimée à 30g (Ramade, 2000).

En milieu alcalin, il y a formation d'hydroxyde ferrique colloïdal qui peut se fixer sur les branchies des poissons ; en milieu anaérobie, le sulfure ferreux donne une couleur noire (Gaujous, 1995).

Elément indispensable à la photosynthèse et la respiration. Il peut être un facteur limitant de la production, pas de toxicité directe.

### **I-5-4 Cadmium :**

Le cadmium est un alliage du zinc et du plomb. Les concentrations naturelles dans les rivières et les mers atteignent le microgramme par litre. Les agents de contamination sont essentiellement les mines, les raffineries, les rejets urbains et industriels et autres. Il se dissout dans les acides mais dans les bases, il forme des complexes stables avec certains composés organiques (cyanures, amines,...) (Nriagu, 1980).

Le cadmium est un métal dangereux pour les organismes car il a une demi vie biologique très longue (16 à 33 ans) qui se traduit par une accumulation dans les organes (Guthrie et Perry, 1980). L'état prédominant du cadmium est  $Cd^{2+}$ . Le cadmium libéré dans l'atmosphère est rapidement oxydé en donnant l'oxyde anhydre C.D.O, puis il en est ôté par les précipitations ou par des retombées sèches directes.

#### **- Sources :**

##### **Sources naturelles**

L'altération géologique par les agents atmosphériques et l'érosion terrestre libèrent et transportent le cadmium ainsi que d'autres oligo-éléments dans le milieu marin, les sources naturelles comprennent le volcanisme des grands fonds et l'atmosphère.

##### **Source anthropogéniques**

7 000 tonnes de déchets de cadmium par an sont déversées dans l'océan mondial (Timizar, 1989), (90%) du cadmium est utilisé à des fins multiples :

- (35%) pour le traitement de surface (lutte contre la corrosion dans l'industrie automobile, l'aéronautique) ;
- (25%) pour les pigments (matières plastiques, céramique, peintures, textiles, verre,...)
- (15%) les stabilisants (industrie de chlorure de polyvinyle) ;
- (15%) les accumulateurs (type « pile alcaline »).

### **- Toxicité :**

Le cadmium a un pouvoir synergique ou antagoniste avec d'autres métaux toxiques. Avec le zinc, la toxicité est accrue. Avec le cuivre, il a un pouvoir synergique, de même qu'avec les cyanures, le pouvoir synergique est très important.

Le cadmium a un effet bioaccumulatif, il agit sur l'homme par le blocage des groupements thiols, ce qui entraîne une inhibition de la respiration cellulaire et d'un certain nombre de systèmes fondamentaux (Dermeche, 1998).

### **- Cycle biogéochimique du cadmium :**

#### **Transformation abiotique**

Depuis une dizaine d'années, il est devenu évident que l'activité humaine a modifié l'importance du transport des métaux vers l'atmosphère.

La valeur du flux anthropogénique de cadmium est de (73%) provenant de la métallurgie, (19%) de l'incinération des déchets, (3%) de la fabrication des engrais et (5%) de sources diverses (Nriagu, 1980).

Les émissions de sources naturelles vers l'atmosphère se situeraient entre  $0.4$  et  $0.8 \times 10^3$  T/an, dont selon Nriagu (1980), (60%) serait dû à l'activité volcanique, (25%) aux aérosols végétaux et le reste aux poussières lithogéniques.

Le cadmium est présent essentiellement sous forme d'aérosol dont le temps de résidence atmosphérique est de l'ordre de quelques jours.

Le cadmium libéré dans l'atmosphère est rapidement oxydé formant le CdO qui est éventuellement transporté à partir de l'air par les précipitations. Aux basses valeurs de pH, les composés du cadmium sont plus stables que dans les conditions basiques. L'absorption sur des matières particulaires dans l'eau, la formation complexe et les précipitations sont les réactions majeures que subit le cadmium dans l'eau de mer. Les concentrations dans la mer sont très basses ( $0.1 \mu\text{g/l}$ ) du fait du processus de sa sédimentation sur le fond (Bouaricha, 1980).

### Transformation biotique

Dans le sol, sous les conditions favorables, le cadmium peut-être oxydé rapidement par les micro-organismes.

### I-5-5 Plomb :

Le plomb est un élément très réactif dans l'environnement. L'atmosphère est son principal vecteur vers les océans.

C'est un constituant mineur mais largement répandu dans la croûte terrestre, où il est présent sous forme de carbonates, de phosphates mais surtout de sulfures.

#### - Sources :

Les utilisations du plomb peuvent être classées en cinq secteurs principaux :

- Produits semi-finis (tuyaux, tubes, feuilles, bades, plomb de chasse, siphons, capsules).
- Câbles électriques.
- Accumulateurs (plaque, poudres).
- Alliage (soudure, imprimerie, antifriction).
- Chimie (oxydes, alkyl,...).
- Verrerie, plastiques, céramiques...

**Tableau I-3 : polluants émis en 1985 (France) (Leroy, 1992)**

<b>Gommes de pneumatiques</b>	0,6 à 1,2 kg / km / jour
<b>Oxydes d'azotes</b>	11 kg / km / jour
<b>Plomb</b>	0,24 kg / km / jour
<b>Zinc</b>	10 g / km / jour
<b>Cadmium</b>	20 à 90 g / km / jour

**Plomb: 40 % entraîné par les eaux de ruissellement;**

**60 % dispersé dans l'air.**

**- Toxicité :**

Seuls les composés solubles du Pb sont toxiques pour les organismes. Ils sont accumulés dans les tissus durs comme les os. La bioconcentration du Pb chez les poissons atteint 100 000 tonnes. Il provoque chez l'homme des atteintes du tube digestif (saturnisme), du sang (anémie), des reins et du système nerveux. La dose hebdomadaire tolérable chez l'adulte est de 3 mg.

La teneur dans l'eau de mer est très faible, de 0,02 à 0,04 microgramme /litre; cette teneur est plus élevée dans l'hémisphère nord, signe de pollution généralisée. Sa concentration augmente près des côtes: au large de Dunkerque cité comme exemple, les sédiments contiennent 1g de Pb par kg. On estime que 200 000 tonnes de plomb sont introduites chaque année dans les océans (Boutron et Patters, 1986).

**- Cycle biogéochimique du plomb :**

(99%) du plomb présent aujourd'hui dans la troposphère de l'hémisphère nord est d'origine anthropogénique, principalement du fait de l'adjonction des composés alkyles dans les

essences. La combustion des carburants produit des particules de ce métal qui passent dans l'atmosphère et de ce fait dans la mer. Il est alors émis sous forme de cristaux. Son transfert peut

alors s'effectuer vers l'eau, les sédiments et la biomasse qui peuvent assurer sa fixation et sa concentration (Boutron et Patters, 1986).

#### **I-6 Notions de bioaccumulation et de bioconcentration des métaux :**

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut entraîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes.

Il semble logique de penser que les phénomènes de toxicité ou de bioaccumulation sont liés à la teneur en métal de l'eau environnante. Parmi les facteurs explicatifs, certains sont intrinsèques c'est-à-dire liés à la population ou à l'espèce étudiée, d'autres sont extrinsèques c'est-à-dire qu'ils peuvent varier d'un endroit à un autre pour une population ou une espèce donnée (Ramade, 2000).

Les principaux facteurs intrinsèques sont :

- L'espèce animale considérée
- L'âge ou le poids des individus
- Les cycles biologiques ou saisonniers.

Pour les facteurs extrinsèques, nous avons retenu principalement :

- La forme chimique sous laquelle on trouve un métal dans l'eau,
- Les possibilités de fixation par le sédiment,
- Les synergies ou antagonismes avec d'autres composés minéraux ou organiques,
- Les transformations biochimiques liées aux métabolismes bactériens ou planctoniques.

Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que certains facteurs comme le stress ou la surpopulation, bien que surtout liés à l'expérimentation au laboratoire, sont susceptibles d'influencer la toxicité ou la bioconcentration des métaux par les organismes marins.



- **Bioaccumulation et bioconcentration :**

Ce phénomène est connu depuis longue date par suite de l'existence d'espèces capables d'accumuler des substances à de plus fortes concentrations. En effet certains animaux aquatiques possèdent une capacité d'accumulation surprenante des polluants, c'est le cas des mollusques à régime microphage qui peut atteindre des coefficients de concentrations très considérables (Duquesne, 1992).

Les espèces situées au sommet du réseau trophique sont soumises à une contamination par la nourriture transférée le long de la chaîne alimentaire par des processus de bioaccumulation.

Le premier processus est défini comme étant l'accumulation d'un polluant dans un organisme, résultant d'une contamination soit directe (eau), soit indirecte (par voie alimentaire), alors que la bioconcentration est une forme particulière de la bioaccumulation caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leurs proies (Duquesne, 1992).

- **Bioamplification :**

Phénomène par lequel une substance naturelle ou un contaminant présent dans le biotope connaît un accroissement de sa concentration au fur et à mesure qu'il circule dans les êtres vivants d'une même chaîne alimentaire. Ce phénomène s'observe très souvent pour de nombreuses substances polluantes non ou peu biodégradables (Ramade, 2000).

### **I-6-1 Cycle biogéochimique des métaux :**

La notion de cycle biogéochimique a été introduite au début du siècle, le transfert des métaux lourds dans l'eau de mer ainsi que leur dépôt et leur élimination sont régis par le cycle biogéochimique, qui va avoir pour conséquence d'amener la masse des polluants émis par l'homme dans l'océan mondial qui constitue en défensive l'ultime réceptacle des agents toxiques et autres contaminants par la circulation technologique.

Le transport des polluants dépendra de ces propriétés chimiques, le cheminement de la substance s'effectue par les eaux de ruissellement, les eaux souterraines, de pluies, le vent, et la sédimentation (Mackenzie et al, 1979).

Tous les êtres vivants présentent cette propriété de pouvoir stocker dans leur organisme, toute substance peu ou pas biodégradable. Les organismes qui ont ainsi concentré telles substances toxiques vont servir de nourriture à d'autres espèces animales qui l'accumulent à leur tour dans leurs tissus, il va se produire de la même manière, une contamination de toutes les chaînes trophiques de l'écosystème, initiée par les producteurs primaires (qui pompent le polluant dispersé dans le biotope et chez lesquelles les taux de contamination sont les plus élevés. Ces métaux traversent les masses d'eau sous des formes dissoutes et particulaires, ils peuvent de ce fait être assimilés et concentrés par les organismes marins, leur élimination et leur dépôts dans l'eau de mer est souvent l'œuvre de long processus biologiques. (Fig. I-5)

Le déroulement général du cycle biogéochimique semble s'effectuer selon deux grandes étapes, une première consisterait en un piégeage des polluants métalliques par des particules en suspension, la biomasse et le sédiment en fonction des conditions physico-chimiques du milieu marin est cela par :

**\*Précipitation :**

Phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin. Cependant en eau profonde, certains métaux pourraient retourner en solution bien avant d'atteindre le fond.

**\*Adsorption :**

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

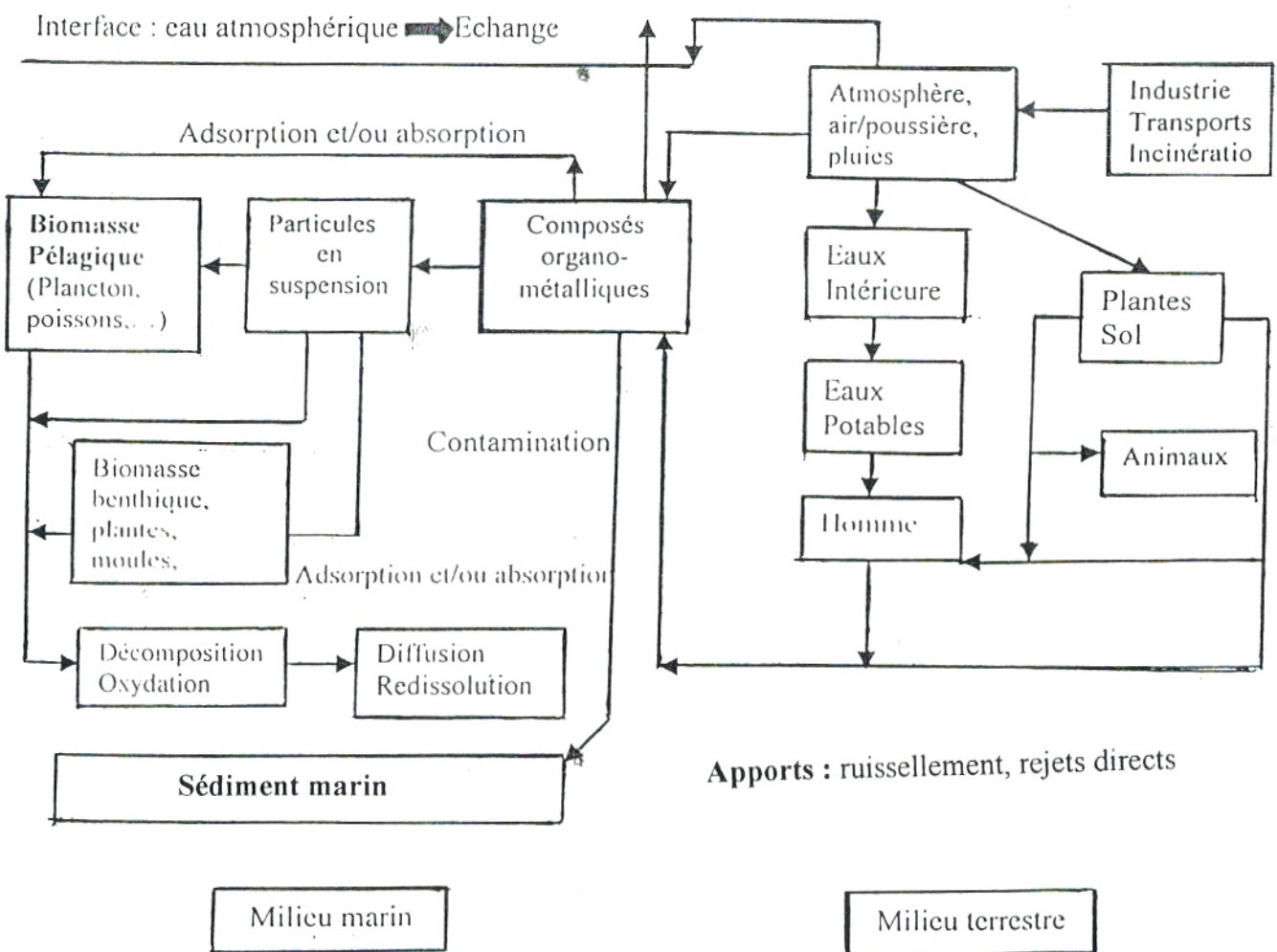
**\*Absorption :**

C'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin.

**\*Sédimentation :**

Activité naturelle qui s'effectue lorsque les ions métalliques se superposent, formant ainsi des couches sédimentée, les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et des métaux, associés en les consolidant dans les matières fécales (Sorokin, 1972, Aouemur, 1990), ainsi les animaux benthiques participent à la sédimentation du milieu marin.

Une deuxième étape, inverse à la première, constituerait au relargage de ces polluants par désorption qui est le phénomène inverse à l'absorption par diffusion ou par propagation dans le



**Fig. I-5:** Circuit général du cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin (Aouamer, 1990)

milieu marin, par redissolution ou remise en solution des produits précipités par décomposition et reminéralisation des matières organiques et parfois même par le biais des organismes marins.

### **I-6-2 Voie de pénétration d'un métal dans l'organisme :**

En toxicologie, on distingue trois voies d'absorptions, ou trois modes de contaminations (Ramade, 1992).

- **Voie trans-tégumentaire :**

C'est le mode de contamination directe à partir des polluants du milieu extérieur.

- **Voie trophique :**

C'est une absorption radiculaire chez les plantes ou digestive chez les animaux. Pour les animaux aquatiques, on ne peut séparer les voies de pénétration tégumentaires de cela par ingestion car elles se produisent simultanément.

- **Voie respiratoire :**

C'est le mode prépondérant de contamination par les polluants atmosphériques ou aquatiques.

# **CHAPITRE II**

Présentation du matériel  
sédimentaire et biologique

### II-1 Matériel sédimentaire :

Les sédiments sont considérés comme de véritables archives de l'environnement, ce qui nous amène à dire que les sédiments représentent un véritable outil de détection des différents types de polluants (Pouriot et *al.*, 1995). En effet, ces derniers réalisent un véritable réservoir qui reçoit et concentre différents types de polluants provenant de divers rejets d'activités industrielles et urbaines. Les éléments métalliques présentent toutefois un intérêt particulier grâce à leur caractère durable donc à tendance accumulative, et soulèvent alors le risque d'une remise en circulation et par conséquent une contamination des chaînes trophiques.

Parmi les substances chimiques rejetées dans l'environnement, nombre d'entre elles s'accumulent dans les vases ou boues constituant les sédiments, au fond des rivières et lacs ainsi que dans les estuaires et les fonds marins.

#### II-1-1 Nature des sédiments :

##### II-1-1-1 Origine :

Les sédiments sont les matériaux qui se déposent au fond des cours d'eau, les particules solides qui constituent les sédiments peuvent avoir plusieurs origines. (Warren, 1981), ils sont essentiellement des produits de l'érosion, c'est-à-dire des matériaux détritiques caractérisés par leur taille, allant des blocs aux poussières de sédiments colloïdales. Les particules solides peuvent également provenir de l'érosion hydrique des berges et des roches aquatiques, des organismes vivants aquatiques et des phénomènes de précipitations. Il s'agit là essentiellement des précipités de carbonates de calcium des oxydes de fer et de manganèse et des sulfures. Ces précipités peuvent se former à la suite de diverses contraintes naturelles (bassins anoxiques) ou industrielles (rejets métalliques dans les eaux alcalines). Les plus nombreux sont dus à l'érosion par l'hydrosphère (eau, glaciers) et sont plus ou moins remaniés par le vent, sans oublier les matériaux d'altération chimique, au nombre des quels se rangent les sols (Terminier, 1960).

Les sédiments proviennent des matières en suspension et des matières en solution, en effet les carbonates, oxydes, et hydroxydes de fer et de manganèse peuvent suivant les conditions physico-chimiques, précipiter et par la suite sédimenter après être restés en suspension.

### II-1-1-2 Composition :

#### \*Composition géochimique

Les sédiments sont composés essentiellement de minéraux siliceux, carbonatés silicoalumineux, (argile) ferriques, phosphatés et salins, la matière organique également présentée et constituée de divers composés provenant de la dégradation chimique ou biologique plus ou moins avancée de la faune et de la flore aquatique.

Les composants principaux sont les argiles, le silicate, et les matières organiques. Une autre composante peut avoir une part importante dans la constitution du sédiment, ce sont les carbonates, certains sédiments contiennent jusqu'à 90%.

Les espèces minoritaires sont en général des oxydes et hydroxydes de fer, des matières organiques parfois des carbonates et des argiles (Meguellati, 1982)

Le sédiment est une matrice très hétérogène, constitué de matériaux détritiques inorganiques et organiques Power et Chapman, (1992). 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 (Förstner, 1987).

#### **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, les 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 (Power et Chapman, 1992). Selon sa taille la matière organique peut être classée en carbone organique dissous (COD < 1 k Da), colloïdal (1 k Da < COC < 0,22 µm) et particulaire (COP > 0,22 µm) (Bonnet, 2000).

Les sédiments sont aussi également 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.

### \*Composition granulométrique

Les sédiments sont essentiellement composés d'eau interstitielle et des particules solides, celle-ci présente jusqu'à environ 90% du volume d'un sédiment non compacté et 50% pour des horizons plus profonds (Sabra, 1998), comme pour les sols, et les particules solides.

Les classes granulométriques couramment utilisées sont :

- Fraction inférieure à 2 microns qui regroupe les argiles
- Fraction comprise entre 2 et 50 microns regroupe les limons ou silts
- Fraction comprise entre 50 microns et 2 mm regroupe les sables.

Les pourcentages des fractions fines ou grossières dépendent de la région et de la nature du milieu aquatique (rivières, estuaires, zones côtières). Dans tous les cas, ce sont les fractions fines et plus particulièrement les argiles qui sont responsables de la cohésion des sédiments en raison de leur propriété colloïdale (Sly, 1978).

### II-1-2 Principaux milieux de sédimentation et type de sédiments :

Dans la nature, on distingue des milieux continentaux, des milieux marins, et des milieux intermédiaires (mixtes). Dans chacun de ces types de milieux, la sédimentation ne cesse d'être sous la dépendance plus au moins grandes des différents facteurs cités ci-dessus (Boulin, 1977).



### - Milieux continentaux

Ce sont les milieux terrestres dans les quels la sédimentation s'effectue à sec (sans intervention permanente de l'eau) et les milieux aquatiques dans les quels la sédimentation est conditionnée par l'eau.

On subdivise ce milieu en : milieux alluviaux, milieux lacustres, milieux palustres et glaciers. Les sédiments de ces milieux sont faits de matériaux détritiques terrigènes plus au moins volumineux.

### - Milieux marins

Ces milieux se distinguent les uns des autres d'après les particularités morphologiques des fonds et d'après les variations de la profondeur et de la distance par rapport au rivage. (Boulin, 1977)

Dans la zone néritique, les sédiments formés sur le plateau continental admettent le plus souvent une forte composante benthique, notamment de nombreuses coquilles de lamellibranches et de gastéropodes.

### - Milieux mixtes

Le dépôt littoral typique, est le dépôt de plage qui est fait d'éléments dont la taille varie de celle de galets, parfois lumineux, à celle des grains ou des particules de vase.

Les dépôts sont principalement des accumulations de sables qui sont en partie fait de fragment brisés par l'action des vagues, ces coquilles étant celles de mollusques qui vivent sur le littoral ou à son voisinage (Boulin, 1977)

### **II-1-3 Facteurs qui conditionnent le dépôt et l'agencement des sédiments :**

Les facteurs qui interviennent dans l'agencement sont soit d'ordre interne (composition, ou granulométrique), soit d'ordre externe (facteurs physiques et biologiques).

Parmi les facteurs qui conditionnent le dépôt d'une unité sédimentaire, on peut distinguer :

### - Facteurs locaux

Essentiellement la bathymétrie et des conditions hydrodynamiques et chimiques des eaux (Blant, 1974).

### - Facteurs régionaux

Phénomènes géologiques tels que subsidence, émergence et non-dépôt.

### II-1-4 Origine des métaux dans les sédiments :

Certains éléments métalliques à l'état de traces (Zn, Cd, Pb, Cu, Hg...) exercent une action parfois bénéfique, mais plus souvent néfaste sur le règne animal ou végétal. L'étude de ces éléments regroupés sous le thème génériques de « métaux de traces », connaît depuis l'événement de techniques analytiques performantes, un grand développement dans le domaine écologique. Ils peuvent être présents naturellement ou provenir d'apports artificiels dus :

- A des rejets d'eaux usées (ménagères et vannes) et d'eaux industrielles (carrières, graviers, rejets de lavages de mines, et traitement de surfaces des métaux).
- A des particules des couches polluées de l'atmosphère, formé de carbone, de suies, de goudrons, de sels métalliques (Pb, Fe, Mg, Al, Ca, Na...) qui retombent et se retrouvent dans les eaux de ruissellement (Tab. II-1).

**Tableau N° II-1 :** Teneurs en ETM de boues en (mg/kg) (ADEME, 1985).

<b>Eléments</b>	<b>Normes AFNOR limités</b>	<b>Normes AFNOR références</b>	<b>Arrêté du 08/01/1998</b>	<b>Moyennes Des Normes limités</b>	<b>Médiane Des Normes limités</b>
<b>Cd</b>	40	20	20	5,3	4,5
<b>Cu</b>	2000	1000	1000	334	286
<b>Pb</b>	1600	800	800	133	107
<b>Zn</b>	6000	3000	3000	921	761

**Norme AFNOR : IFO/ 44-041/ 1985**

**- Rejets métalliques :**

Les rejets métalliques dans l'environnement, sous forme d'effluents liquides, d'émissions gazeuses, voire des déchets solides, sont liés à une utilisation massive des métaux dans les activités industrielles. La difficulté dans ce domaine est la quantification des rejets en fonction du temps et du type d'industrie.

Les effluents industriels, agricoles et urbains sont en général, rejetés par voie aqueuse, il ne faut cependant pas négliger l'importance des rejets atmosphériques qui sont émis par les fonderies, les incendies, l'activité volcanique et surtout lors de l'utilisation des combustibles fossiles et des carburant.

**II-1-5 Les métaux lourds et les organismes marins :**

Les organismes aquatiques baignent dans des solutions où les concentrations en métaux sont variées (Luoma, 1983 ; Phillips et Rainbow, 1994), et les piègent en quantités importantes. Les organismes marins peuvent être contaminés par deux voies principales, à partir de l'eau (voie directe) et à partir de la nourriture (voie trophique) (Luoma, 1983). Les saisons jouent un rôle dans la distribution des métaux chez les espèces marines (Cossa et al., 1980 ; Boalch et al., 1981, Cossa et Rondeau, 1985 ; Lee et al., 1996 ; Kaimoussi et al., 2000).

**II-1-6 Contamination des sédiments par les métaux :**

Dans les écosystèmes aquatiques, la qualité de l'eau est largement régulée grâce à la présence des sédiments. Ils sont capables d'absorber des quantités importantes de polluants (Dali, 2005), peuvent être contaminés par des substances chimiques qui sont d'origine très diverses (atmosphérique, effluents urbains, etc...) résultant d'activités anthropiques présentes ou passées.

Nous pouvons signaler cette importante pollution d'origine métallique qui s'accumule en grandes quantités dans les sédiments des milieux marins grâce aux valeurs de références proposées par GEODE (1996) : « Lamy Environnement » qui seront présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II-2 :** Valeurs de références du niveau de contamination des sédiments marins proposés par GEODE (1996) exprimées en µg/g de poids sec.

Concentration (µg/g de poids sec)				
Métaux Niveau	Cd	Cu	Pb	Zn
Bruit de fond	0.5	35	47	115
Médiane	0.6	22.5	50	138
Niveau I	1.2	45	100	276
Niveau II	2.4	90	200	552

Les sédiments jouent le rôle de source et de piège de contamination (Power et Chapman, 1992 ; Luoma et Ho, 1993). Ils sont d'importants transporteurs de métaux traces dans le cycle Hydrologique, pour cette raison, comparés à l'eau de mer, les sédiments ont de très fortes concentrations en métaux.

Les sédiments vaseux sont naturellement plus riches en métaux traces que les sédiments sableux ou carbonatés (Turekian et Wedepohl, 1961).

Les valeurs données dans le tableau N° II-3 ci-dessous permettent de cerner les ordres de grandeurs des teneurs naturelles en métaux traces dans les sédiments des rivières (Boust , 1981b).

**Tableau II-3** : Teneurs naturelles en métaux traces dans le matériel sédimentaire des rivières exprimées en :  $\mu\text{g g}^{-1}$  (Boust, 1981 b)

<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Hg</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Zn</b>	<b>Références</b>
0.3	90	45	-	0,4	850	68	20	-	130	95	<b>Sédiments vaseux</b> <b>Turekian, Wedpohl,</b> <b>1961</b> <b>Forstner, Wittman,</b> <b>1979</b>
0.02	35	15	-	0.03	390	02	07	-	20	16	<b>Sédiments sableux</b> <b>Turekian, Wedpohl,</b> <b>1961</b> <b>Forstner, Wittman,</b> <b>1979</b>
0.035	11	04	-	0.04	1100	20	09	-	20	20	<b>Sédiments carbonatés</b> <b>Turekian, Wedpohl,</b> <b>1961</b> <b>Forstner, Wittman,</b> <b>1979</b>
0.3	47	51	-	0.2	960	46	30	-	-	115	<b>Sédiments anciens du Rhin</b> <b>Forstner, Wittman,</b> <b>1979</b>

Il est nécessaire d'aborder le phénomène de la spéciation qui n'est guère à négliger, car les éléments métalliques ne se présentent pas sous la même forme. Les métaux dissous ou échangeables avec les ions des complexes argilo humiques sont assez facilement disponibles pour les organismes vivants, par contre les métaux emprisonnés par les argiles sont considérés comme non biodisponibles. Entre ces deux formes, figurent les métaux potentiellement biodisponibles et qui globalement correspondent aux carbonates, aux oxydes de fer, aux substances chimiques, et aux sulfures.

### II-2 Matériel biologique

#### II-2-1 Aperçu général sur la flore aquatique :

Les algues sont connues parmi la plupart des végétaux qui peuplent l'environnement marin. Elles constituent par rapport aux autres végétaux un ensemble de quelques 2500 espèces qui ont un rôle capital dans le fonctionnement et l'équilibre de la biosphère (Gayral, 1975).

Les algues sont souvent groupées avec les champignons sous le nom de Thallophytes. Elles constituent un groupe hétérogène d'organismes si l'on se rapporte à leur habitat et leur mode de reproduction (Lerlerc, 1986). Elles élaborent une masse annuelle de composés organiques qui se place à égalité et même au dessus de celle de la matière organique annuelle produite par l'ensemble des végétaux supérieurs terrestres. Elles se développent plus ou moins en grande quantité selon les lieux et les saisons et essentiellement au niveau de l'étage infra littoral du milieu marin (Decroy, 2000).

Des études ont montré la présence de vitamines, d'oligo-éléments, de sels minéraux, de protéines, de fibres, de pigments concentrés dans les tissus des algues, ou leur concentration est 10 fois plus élevée que celles des plantes terrestres (Whyte, 2000). Des algues marines, sont en outre utilisées soit pour l'alimentation du bétail, et des animaux de basse-cour, sous forme de farine d'algues et comme engrais, mais également pour l'alimentation de l'homme (porphyra). Diverses algues sont utilisées dans l'industrie pharmaceutique, ou pour la production de la gélose : *Agar agar*, employée pour la solidification des milieux bactériologiques.

### I-2-1-1 Répartition géographique des ulves « *Ulva lactuca* » :

Très tolérante vis-à-vis de la salinité (espèce euryhaline), elle est capable d'osmorégulation. On la rencontre en pleine eau, mais aussi sur les linéaires côtiers où elle colonise les roches avec les enteromorphes et au niveau des arrivées d'eaux douces plus ou moins riches en engrais. Souvent on la trouve aussi en association d'*Ulva rigida* abondante dans les ports où elle est très tolérante vis-à-vis de la pollution en milieu asphyxié (F.A O, 1987).

### II-2-1-1-1 Description :

Les ulves sont représentées par un thalle violacé très polymorphe, fixé au substrat par un petit disque formé de nombreux rhizoïdes issus de cellules basales. (F.A.O, 1987) (Fig.II-1.2)

#### -Taxonomie :

Embranchement : Chlorophytes ;

Classe : Chlorophycées ;

S.Classe : Ulothricophycées ;

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvacées ;

Genre : *Ulva*

*Ulva lactuca*. (Linnaeus, 1786)

- Structure :

Distromatique (deux assises de cellules, les cellules de la zone basale engendrent des rhizoïdes)

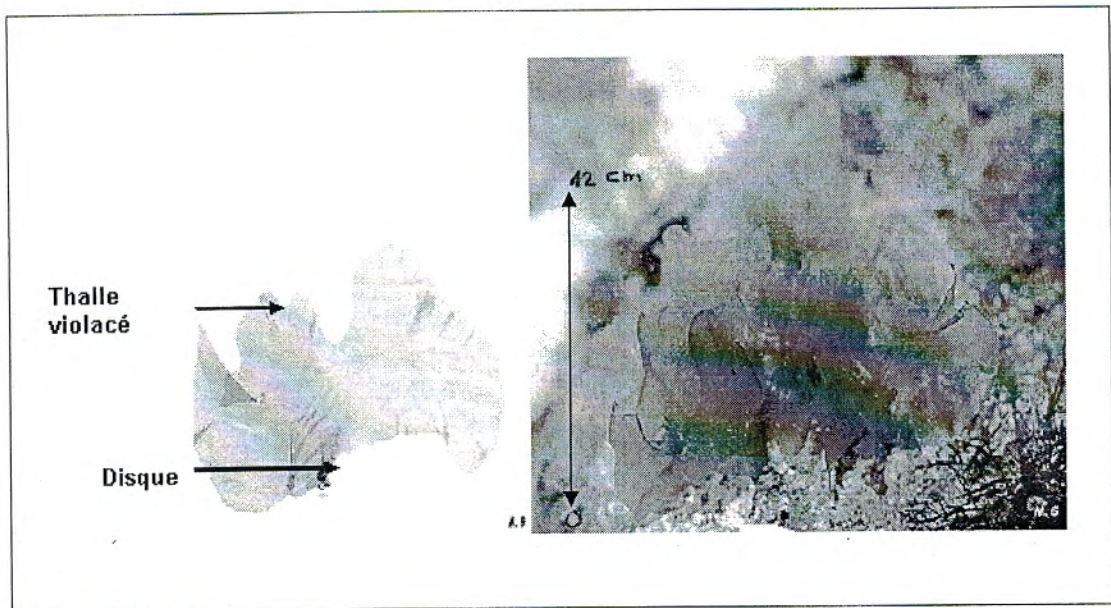
- Croissance :

D'abord terminale (stade filamenteux plein puis creux) puis diffuse quand la structure distromatique apparaît par accolement des parois.

- Cytologie :



Les cellules contiennent un seul noyau sauf les noyaux des rhizoïdes qui sont plurinucléés types archéoplastidiés (un grand plaste pariétal).



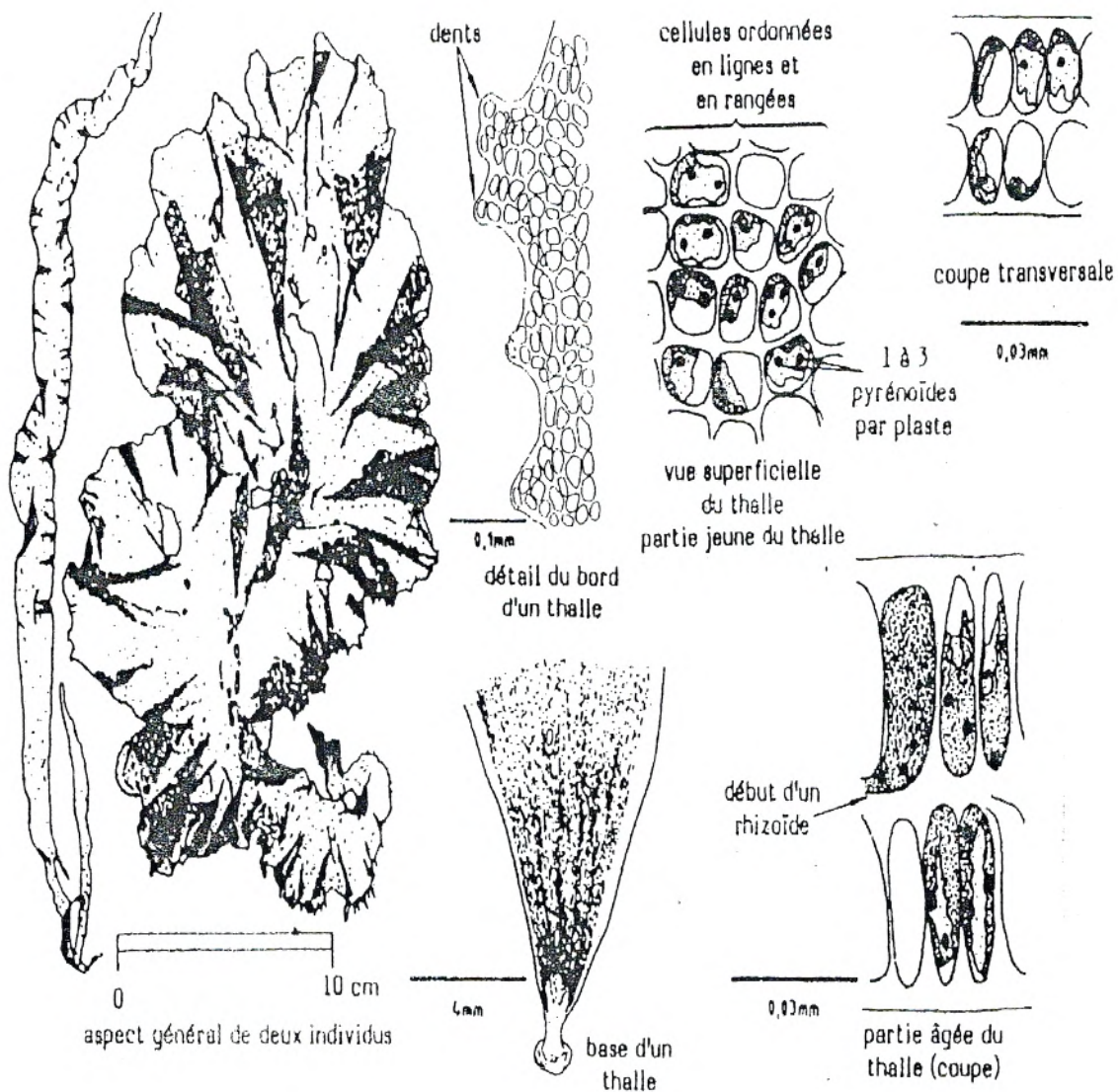
**Fig. II-1 :** *Ulva lactuca* « laitue de mer » (Encarta, 2002)

#### **II-2-1-1-2 Reproduction :**

Les gamétophytes engendrent des gamètes flagellés angiosperme et les sporophytes des spores quadriflagellés (F.A.O, 1987).

#### **II-2-1-1-3 Récoltes et utilisations :**

Les récoltes des ulves se font à la main compte tenu de son importance dans les marées vertes liées en partie à l'augmentation des sels nutritifs. Dans certaines zones côtières de grandes quantités de ce matériel algal sont disponibles. Leurs utilisations potentielles dans l'alimentation humaine sous forme de salade, aussi animale et une utilisation médicale en raison des vitamines C et B1 et des substances antimicrobiennes, leur matériel végétale pourrait facilement être cultivé par aquaculture pour la production de biomasse (F.A.O, 1987).



**Fig. II-2 :** Aspect général cytologique de l'Ulve (FAO., 1987)

Laitue de mer « salade », algue de pollution, l'ulve se fait traiter de tous les noms. Plus scientifiquement, il existe deux espèces difficiles à distinguer *Ulva armonicana* et *Ulva rotundifolia* (Dahaoui, 2002).

### II-2-1-2 Répartition géographique des entermorphes « *Enteromorpha linza* » :

D'une manière générale elles occupent les niveaux supérieurs de l'étage littoral. Leur importance quantitative peut varier considérablement au cours de l'année avec les divers facteurs physiques et chimiques du milieu et comme tous les autres types d'algues, les entermorphes jouent un rôle primordial dans leur milieu. Elles constituent le premier maillon de cette chaîne alimentaire qui conditionne l'équilibre biologique (Gayral, 1975). Enfin les entermorphes se trouvent sous toutes les latitudes et dans toutes les mers du globe (Encarta, 1999).

#### II-2-1-2-1 Description :

Les entermorphes sont des chlorophycées eucaryotes des eaux douces, ou marines constituent le groupe le plus important et le plus varié de l'embranchement des algues vertes représenté par environ 10 000 espèces caractérisées par :

- 1- Un appareil végétatif varié ;
- 2- Plastides verts renferment de la chlorophylle a et b associé à du  $\beta$  carotène et à des xanthophylles identiques, l'amidon est d'origine intraplastidiale ;
- 3- Cellules mobiles végétative ou reproductrice sont caractérisées par un appareil flagellaire formé de 2 ou 4 flagelles égaux ;
- 4- Modes de reproduction sexuée variables, mais jamais par cryptogamie.

L'entermorphe est un thalle en tube creux très souvent aplati, ce qui lui donne un aspect rubané plus ou moins ramifié fixé à sa base, par accolement des parois du tube dans sa partie médiane et atteignant plusieurs centimètres de longueur (10 à 20 cm) (Gayral, 1975).

Le thalle parenchymateux est formé d'une seule assise de cellules polygonales, avec un plaste pariétale, ou lancéolé, ayant au moins un pyrénolide.

Cette algue caractérisée par sa croissance rapide entre l'hiver et le début de l'été ou' elle apparaît comme un épais tapis vert (Fisher et *al*, 1987).

### **-Taxonomie :**

Phylum : Chorophytes ;

Classe : Chlorophycées ;

S.Classe : Ulothricophycées ;

Ordre : Ulothricales ;

Famille : Ulothricacées ;

Genre : Enteromorpha

*Enteromorpha linza*. (Linnaeus, 1883)

### **II-2-1-2-2 Reproduction :**

La reproduction des enteromorphes est sexuée, se fait par iso ou anisogamie de gamètes biflagellés, ces algues sont hétérothalliques il y' à une alternance de génération isomorphes, elles sont digenetique, haplodiploïdes, c'est-à-dire avec alternance régulière de sporophytes diploïdes, et gamétophytes haploïdes.

### **II-2-1-2-3 Récolte et utilisation :**

Leur utilisation se pratique en médecine en raison de la présence des vitamines A, B1, B2 et des substances antimicrobiennes. D'après Goyer (1998) l'enteromorphe est une algue annuelle que l'on rencontre toute l'année avec un maximum au printemps. Elle présente une caractéristique remarquable qui est sa résistance au dessèchement. Elle se trouve sous toutes les latitudes et dans toutes les mers du globe, elle s'adapte à une grande variétés de conditions écologiques que l'on qualifie d'ubiquistes, eurythermes et euryhalines (Fig II-3).



**Fig. II-3:** Présentation des enteromorphes en pleine récolte au niveau du port  
(Période d'Automne : 19-12-2006)

### **II-2-1-3 Répartition géographique des corallines « *Corallina officinalis* » :**

C'est une algue rouge peuplant les rochers éclairés (photophiles) en eau calme ou semi agitée dans l'étage infralittoral en méditerranée et en atlantique (Encarta, 1999). Elle est tolérante vis-à-vis de la pollution, on la rencontre souvent dans les milieux portuaires pollués, c'est une espèce opportuniste. Elle supporte bien la dessiccation (Huchet, 1992).

#### **II-2-1-3-1 Description :**

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

- Une structure cladomienne, pluri cellulaire 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 numéraires renfermant de la chlorophylle « a » associé à 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.

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

Sa taille varie de 4 à 5 cm de hauteur (Fig.II-4). Les parois de leur diamètre sont entièrement imprégnées de cristaux, la couleur violine de la coralline est due à la présence des pigments phycoérythrine respectivement rouge et bleue qui masque la chlorophylle, cette algue marine présente un aspect assez rigide.

### - Taxonomie :

Phyllum : Rhodophytes ;

Classe : Rhodophycées ;

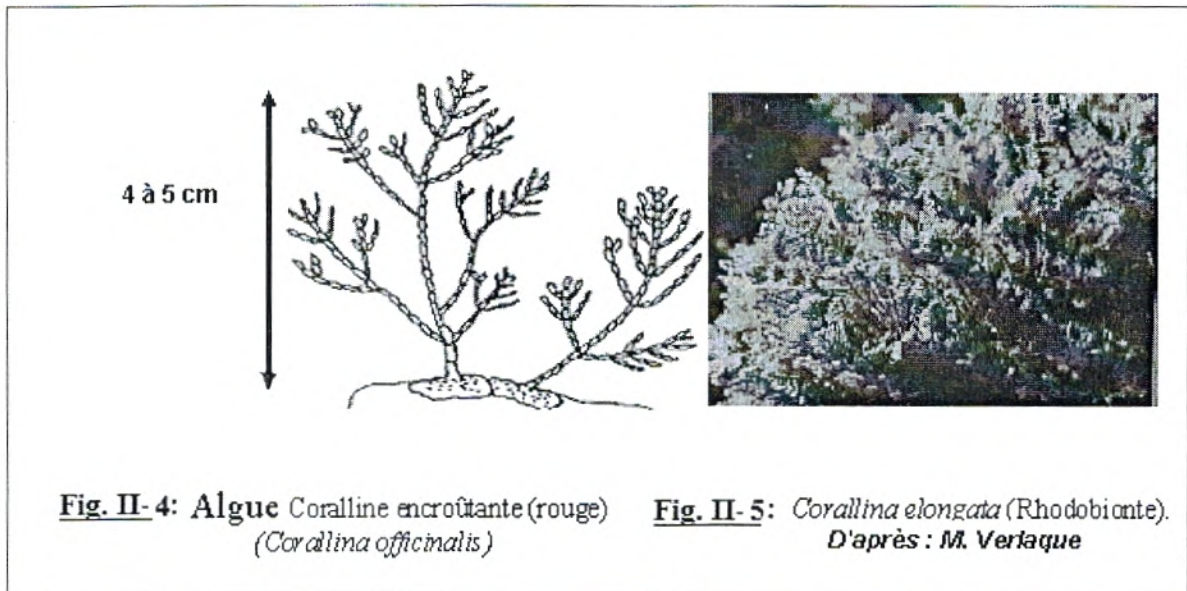
S.Classe : Floridées ;

Ordre : Cryptonémiales ;

Famille : Corallinacées ;

Genre : Corallina.

*Corallina officinalis*. (Linné, 1758)



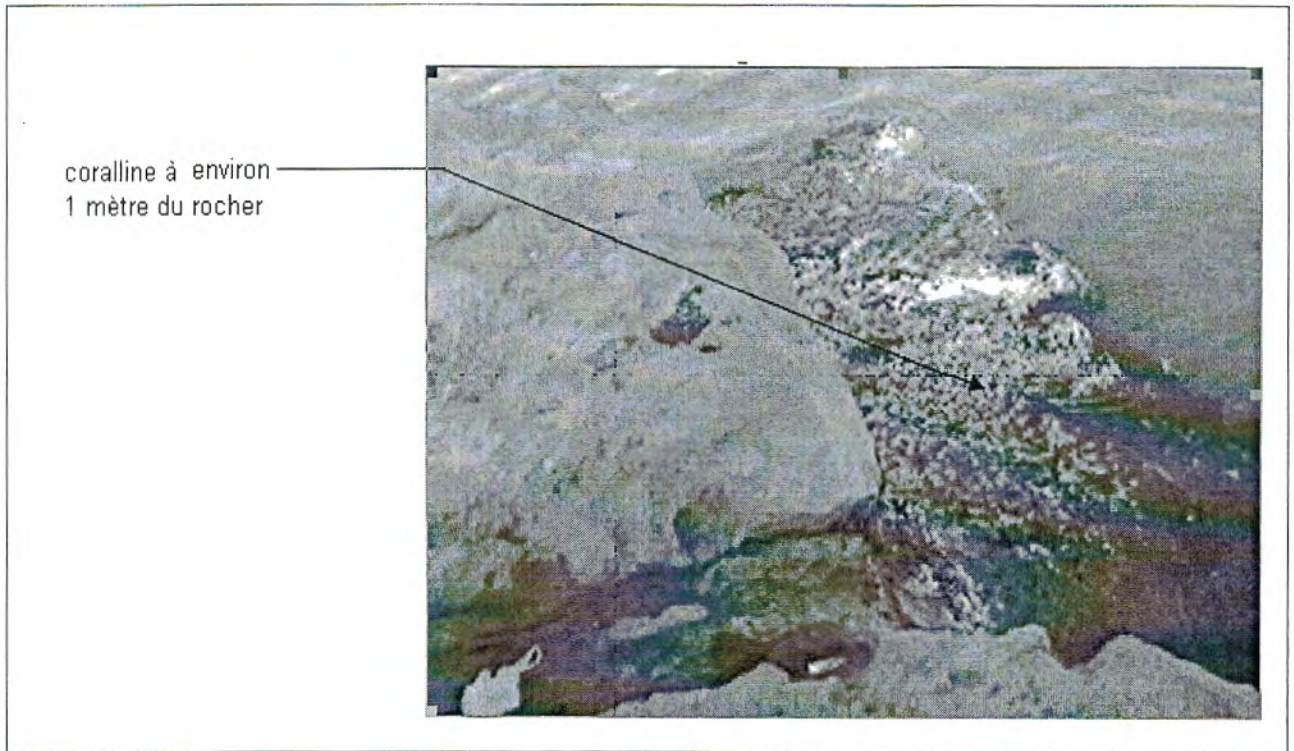
#### II-2-1-3-2 Reproduction :

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 deux phases, sont libres et l'une est fixé sur le thalle femelle. Les deux stades libres sont identiques, ils ne diffèrent que par leurs organes reproducteurs qui sont localisés dans les cavités appelés conceptacle. Ces gamétophytes libèrent les gamètes qui après fécondation donnent les carpospores qui sont libérés et germent pour donner une nouvelle génération. (Huchet, 1992).

#### II-2-1-3-3 Utilisations et récolte :

Les corallines sont utilisées la plus part du temps en pharmacie pour leurs propriétés vermifuges à cause de leur squelette calcaire (Huchet, 1992), par ailleurs elles jouent le rôle de cimentage indispensable à la constitution et à la survie des récifs coralliens (De Reviers, 2002).

La récolte de ces espèces pérennantes se fait au niveau des zones bien éclairées notamment dans les flaques d'eau du littoral (Huchet, 1992) (Fig. II-6).



**Fig. II-6 :** Présentation de la Coralline au niveau de l'Aquarium : Période d'Automne  
(19-12-2006)

### **II-2-2 Aperçu général sur la faune aquatique :**

Les mollusques forment plus de 80 000 espèces des groupes les plus diversifiés, ils se répartissent en trois groupes : Bivalves, Céphalopodes, et gastéropodes (Cuisin, 1977). Appartenant à la classe des gastéropodes, les patelles couramment appelées « berniques » sont des organismes marins dont la coquille est conique (en forme de chapeau chinois) et vivant sur les rochers du littoral ou elles constituent des populations denses. Elles sont comestibles et présentent certaines particularités bioécologiques (telle que la sédentarité) ce qui les place parmi les espèces bioindicatrices pour l'étude de la pollution marine.

Les mullets constituent l'une des familles de mugilidés les mieux représentées dans les eaux portuaires. En Algérie les mullets sont des espèces peu étudiées malgré leur grande tolérance vis-à-vis des variations de salinité et de température, elles sont prises et classées en deuxième ou troisième catégorie des poissons consommés. On rencontre deux espèces : *Mugil capuri* « le mullet noir » et *Mugil cephalus* « le mullet jaune »



II-2-2-1 Patelle : *Patella ferruginea*



**Fig. II-7:** Disponibilité des patelles sur les rochers des côtes méditerranéennes.

**- Taxonomie :**

S. Règne : Métazoaires

Emb : Mollusques ;

Classe : Gasteropodes ;

S. Classe : Prosobranches ;

Ordre : Aspidobranches ;

Famille : Latellidae

*Patelle ferruginea* (Gmelin, 1791)

**- Aire de répartition :**

Les patelles se rencontrent pratiquement dans le monde entier, près du littoral (Fischer et al, 1987).

-Morphologie :

La patelle est protégée par une coquille conique non spiralée essentiellement calcaire sécrétée par le manteau.

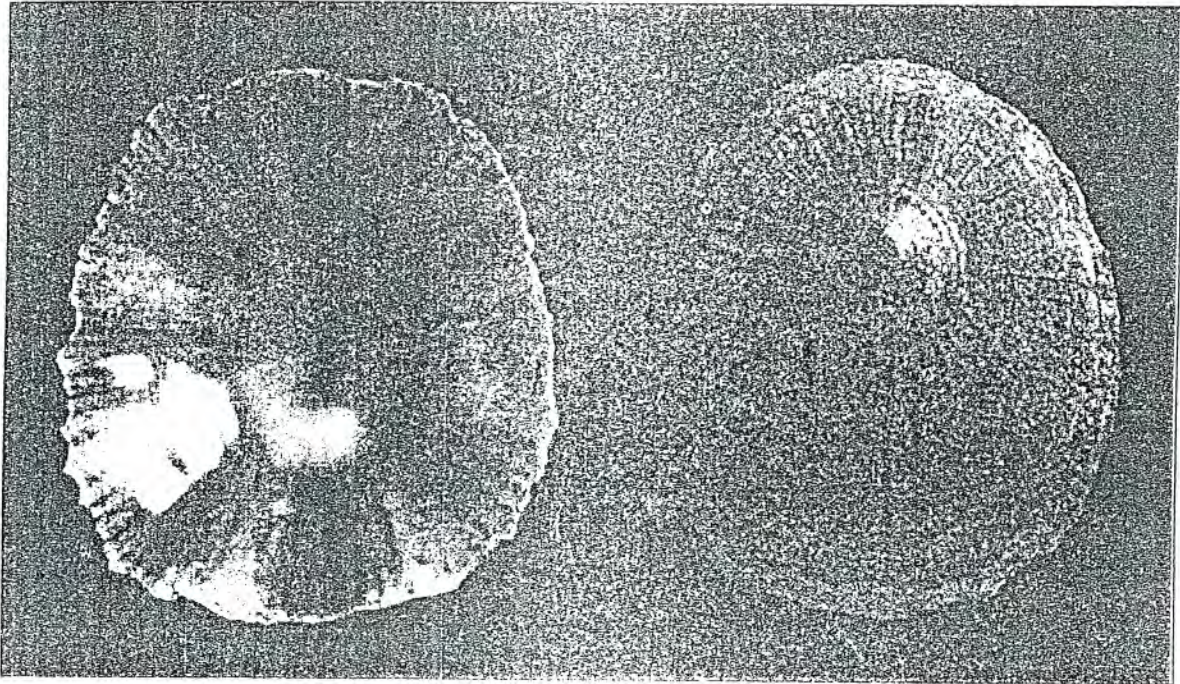


Fig. II-8 : Face interne et externe de *Patella coerulea*

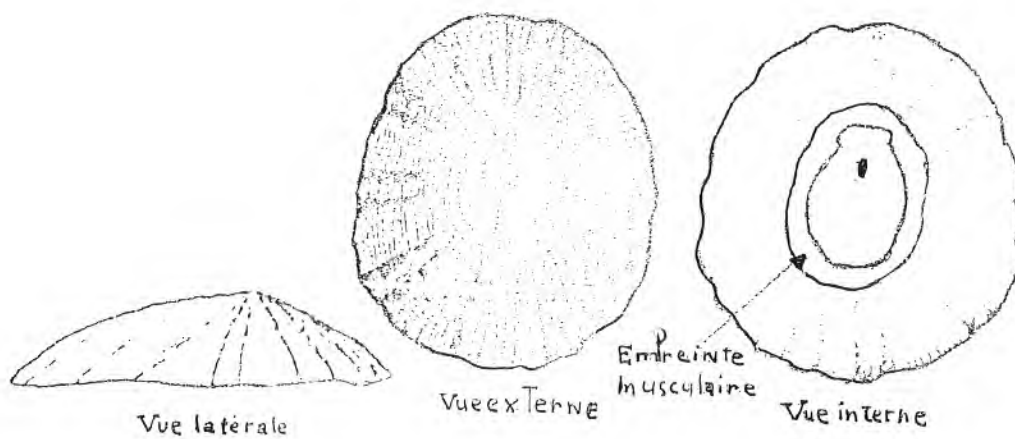


Fig. II-9 : Morphologie externe de la patelle

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

- Région antérieure céphalique, présente une tête bien définie renferment la bouche et les tentacules sensorielles ;
- Partie dorsale viscérale enveloppé par une tunique manteau qui sécrète la coquille ;
- Région ventrale musculaire, présente un pied aplati servant à la reptation. (Boue et Chanton, 1978) (Voir fig. II-8.9.10).

- Anatomie :

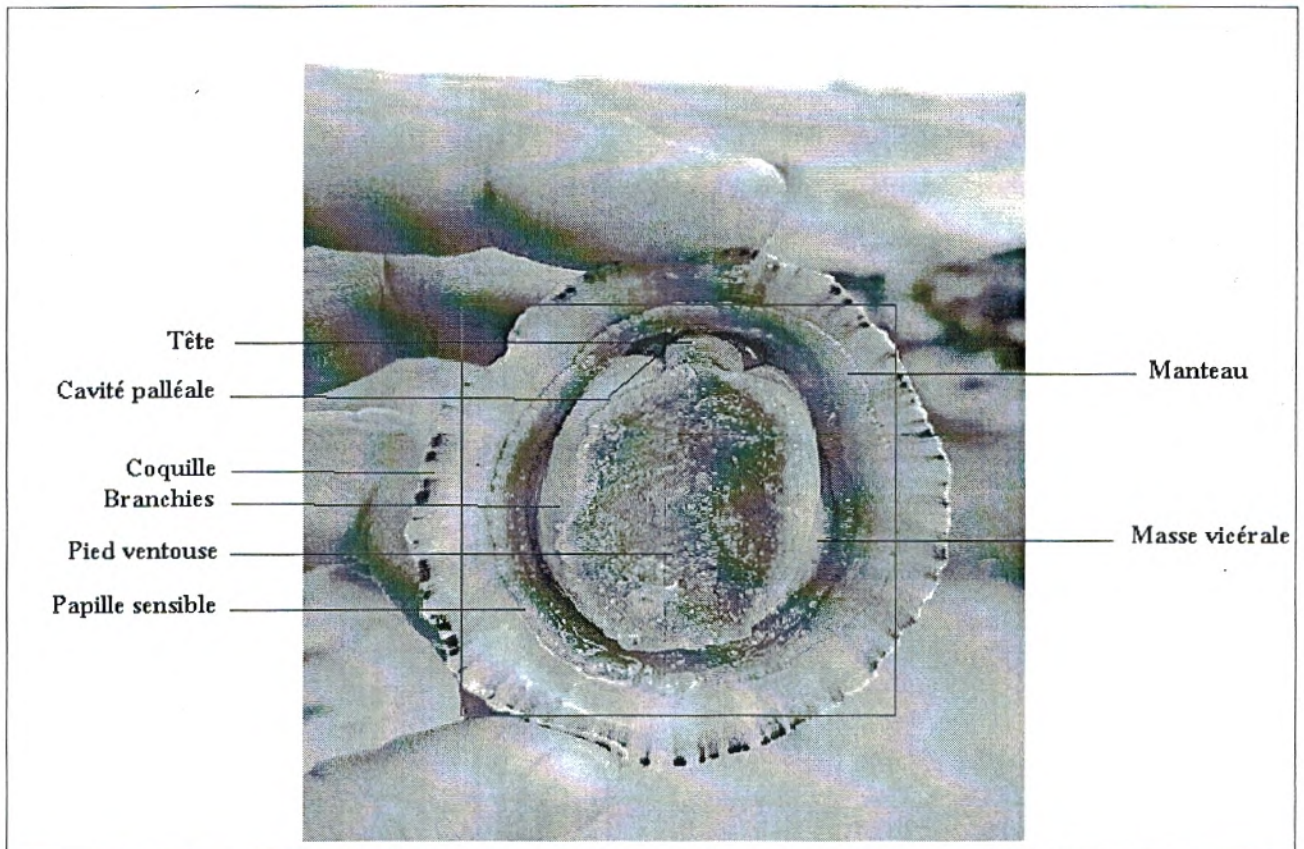


Photo prise par Melle : ABI-AYAD (2006)

**Fig. II-10 :** Face interne de *Patella ferruginea* dans la zone côtière de Beni Saf

### \* Appareil respiratoire :

L'appareil respiratoire 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).

### \* Système nerveux :

La chaîne nerveuse de la patelle montre un accroissement en x caractéristique. Le système nerveux comporte :

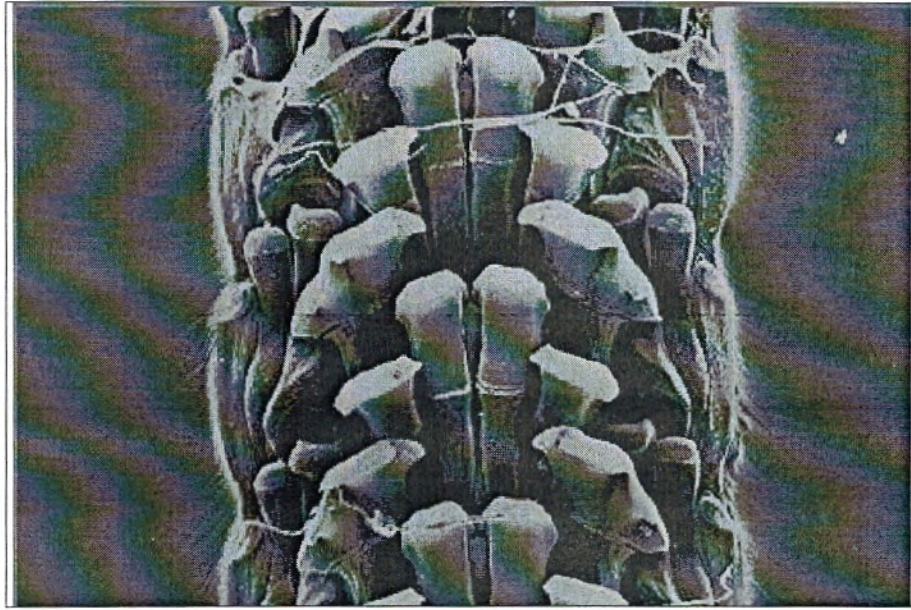
1. Des ganglions cérébraux ;
2. Des ganglions pédieux ;
3. Des ganglions palléaux. (Boue et Chanton, 1978)

### \* Appareil circulatoire :

Le cœur est situé au fond de la cavité palléale, logé dans un péricarde mince. Il a deux oreillettes latérales et un ventricule médian.

### \* 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. A cette cavité fait suite l'oesophage puis un estomac qui reçoit une glande volumineuse « **L'hépatopancréas** » (glande défensive), l'intestin prend la forme d'un « U » (Cuisin, 1977), il traverse le ventricule du cœur et se termine par l'anus .



**Fig. II-11:** Microscopie électronique de la radula de la patelle (Nakhlé, 2003)

**\*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. Le rein gauche s'ouvre par une fente à gauche du rectum (Grasse et Doumenc, 1995).

**\* 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)

**- Biologie :**

**\* Cycle de vie et reproduction :**

Chez la patelle, la gonade n'est soumise à aucune influence endocrinienne jusqu'à la puberté, la différenciation sexuelle mâle ne peut se faire qu'en présence d'un facteur mitogène

issu des ganglions cérébroïdes. Un facteur inhibiteur provenant des tentacules est responsable de la quiescence des gonies pendant les phases de repos.

Les cellules de lignée femelle se multiplient pendant les phases de repos de la spermatogenèse.

Le début de l'inversion du sexe est déclenché par la persistance de l'inhibition tentaculaire sur la lignée mâle. La lignée femelle prolifère alors sous l'influence du facteur mitogène cérébrale. Un facteur de vitellogénèse (hormone féminisante) entre en jeu et permet l'achèvement de l'ovogenèse (Cassier et *al*, 1997).

Les produits génitaux de la bernique tombent dans la cavité du rein droit et sont émis directement dans l'eau de mer où s'opère la fécondation et le développement. Les œufs fécondés donnent des larves velligères (Grasse, 1995).

### \* Locomotion :

En raison de son caractère sédentaire, la locomotion de la patelle est limitée à quelques mouvements grâce au pied par reptation.

### \* Nutrition :

La patelle se nourrit essentiellement des organismes ou débris qu'elle gratte sur les rochers, la jeune larve se nourrit d'algues microscopiques jusqu'à sa métamorphose et sa fixation (Fischer et *al*, 1987).

A l'opposé de la moule qui est un bivalve filtreur, la patelle est un gastéropode brouteur. Les dents de la patelle sont en fait une multitude de petits denticules d'une substance dure (une protéine modifiée appelée scléroprotéine) imprégnés de minéraux et disposés sur un ruban souple formant une râpe « **radula** ». Cette radula est animée d'un mouvement de va et vient par des muscles du bulbe buccale. Cette différence essentielle dans le mode de vie et de l'assimilation de la nourriture entre la moule et la patelle va se répercuter sur leur manière de bioassimiler les métaux traces (Nakhlé, 2003).

### II-2-2-2 Mulet : « *Mugil cephalus* »

#### - Mulet méditerranéen :

##### \* Description :

Le corps du mulet ou la muge est fusiforme, largement comprimé sur les flancs montrant un pédoncule caudal à peine plus fin que le tronc, la tête est aplatie (Keith et *al.*, 2002) munie d'une bouche petite et terminale, les dents sont petites ou absentes (Bart, 1990). Une paupière adipeuse couvre l'œil jusqu'à la tête. L'extrémité postérieure de la mâchoire est au même niveau que la fente buccale. L'écaille axillaire est longue, représente 33 à 36% de la longueur de la nageoire pectorale (Keith et *al.*, 2000).

Ce poisson est fuselé, de couleur grise argent foncée, reconnaissable à ses écailles épaisses et larges. Plusieurs espèces de mulets fréquentent notre littoral : le mulet doré, de taille moyenne (maximum 55 cm) a une tache dorée bien nette sur le bord supérieur de l'ouïe. Le mulet cabot est plus long et sa tête plus grande, a une membrane transparente caractéristique qui couvre ses yeux.

Le mulet lupo, le mulet porc, le mulet sauteur et le mulet labéon représentent d'autres genres de mulets. Toutes se ressemblent et il est rarement fait de distinction entre les uns et les autres à l'étal du poissonnier. La chair du mulet doré est sans aucun doute la plus appréciée. Le plus grand d'entre-eux est le mulet cabot, qui peut atteindre 120 cm.

Le mulet à deux nageoires dorsales :

- La première possède 4 rayons épineux ;
- La deuxième à 1 rayon épineux et 8 rayons branchiaux.

La nageoire anale à 3 rayons épineux et 8 rayons branchiaux.

Les nageoires pelviennes sont insérées nettement en arrière des thoraciques (Quéro et Vayne, 1997).

La ligne latérale n'est pas visible, il y'a 37 à 43 écailles en ligne longitudinale (Keith et Ellardi, 2001).

L'extrémité droite du maxillaire est cachée quand la bouche est close.

Les régions pré operculaire et sous-orbitaire sont abondamment pigmentées. La face ventrale de la tête porte peu ou pas de chromatophores. La pigmentation des flancs est plus fine et plus clairsemée que celle du dos (Farrugio, 1975).

Sa couleur de base est grise presque noire sur le dos avec des reflets bleutés, ayant sur les côtés quelques lignes longitudinales plus sombres et presque blanches sur le ventre.

Les flancs sont striés de 6 à 7 lignes longitudinales foncées plus au moins visibles. Les nageoires sont semi transparentes (Fig. II-11.12).

### - Taxonomie :

Règne : Animal

Emb : Cordés

S. Emb : Vertébrés

Courant évolutif : Gnathostomes

S. Classe : poissons

Classe : Osteichthyens

S. Classe : Actinoptérygiens

Super ordre : Neoptérygiens

Ordre : Mugiliformes

Famille : Mugilidés

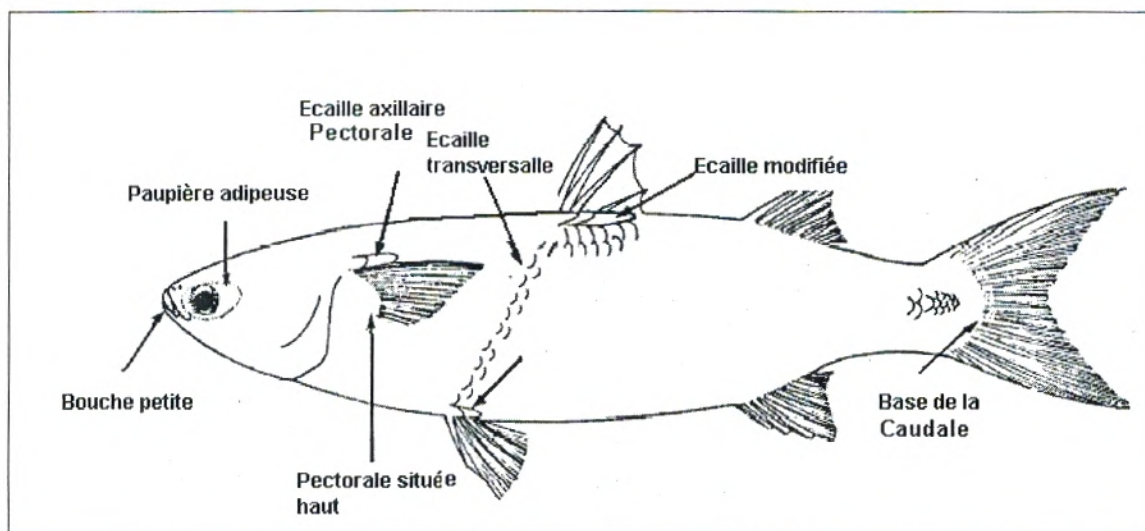
*Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)



0 ← → 40 cm



**Fig. II-12 :** Présentation du mullet à grosse tête « *Mugil cephalus* ». (Linnaeus, 1758)



**Fig. II-13 :** Morphologie externe de *Mugil cephalus* (F.A.O 1987)

**\* Provenance et habitat :**

Le mullet semble être considéré aujourd'hui comme un poisson quelque peu exotique. Sa qualité tient à l'espèce et aux lieux de capture. C'est un poisson pélagique qui aime fréquenter les bords du littoral au point de se trouver dans les estuaires ou les étangs.

Il arrive que sa chair ait le goût caractéristique des poissons d'eau douce.

Les différentes espèces de mullet sont trouvées principalement en janvier et février, sous réserve toutefois de grosses tempêtes. On les retrouve aussi en fin d'année, d'octobre à décembre. L'été est la saison la moins favorable à la consommation. Les comportements des mullets sont normaux quand la concentration d'oxygène dissoute est de 2 ppm ou plus (Nash et Shehadeh, 1980).

Les mullets en général fréquentent les eaux sur des fonds meubles riches en végétation, ils n'hésitent pas à pénétrer dans les eaux impures des ports, près des embouchures d'égouts où la nourriture est abondante (Reide, 2004), cependant ils ne sont pas de grands compétiteurs de la nourriture par rapport aux autres espèces. Les mullets sont cosmopolites des eaux côtières (Eschmeyer et *al*, 1983), et surtout de la mer méditerranée (Tab. II-4).

**Tableau N° II-4 :** Présence de mullet en Algérie (Karali & Echikh, 2005)

Points hydrauliques	Localisation
Sites littoraux, lac, oued, barrage...etc	Guelma, Souk Ahrass, Oum el Bouagui, Tébessa, Khenchla, Constantine, Bourj Bouariridj, Sétif, Batna, Bouira, Relizane, Mascara, Tieret, Sidi Bel abess.

- Quelques espèces de mulets et leurs caractéristiques :

**Genre**

**Mugil :**

- *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) : Mulet jaune, ou Mulet cabot ;
- *Mugil capuri* (Perugina, 1892) : Mulet noire, ou mulet sauteur d'Afrique ;
- *Mugil bananensis* (Pellegrin, 1928) : Mulet banane;

**Liza :**

- *Liza aurata* (Risso, 1810) : Mulet doré;
- *Liza falcipinnis* (Valenciennes, 1836) : Mulet à grande nageoires;
- *Liza grandisquamis* (Valenciennes, 1836) : Mulet écailleux ;
- *Liza dumerilii* (Steindachner, 1870) : Mulet bourin.

**Chelon:**

- *Chelon labrosus* (Risso, 1826) : Mulet lupi.

**\*Composition :**

Le mulet fait partie de la famille des Mugilidés. C'est un poisson très courant mais qui, malheureusement, passe trop souvent inaperçu. Ses qualités nutritionnelles sont souvent ignorées et méritent pourtant de retenir toute notre attention. Sa principale qualité nutritionnelle réside avant tout dans son importante teneur en protéines et en vitamine B6 (Tab.II-5).

**Tableau II-5 :** Analyse nutritionnelle moyenne pour 100 g de mullet. (FIOM, 1992).

<b>Energie</b>	143 <b>Kcal</b>	<b>% des AJR [1]</b>
<b>Protéines</b>	24,8 g	
<b>Lipides</b>	4,9	
<b>Acides gras-saturés</b>	1,43 g	
<b>Acides mono-insaturés</b>	1,38 g	
<b>Acide poly-insaturés</b>	0,92 g	
<b>Cholestérol</b>	63 mg	
<b>Minéraux</b>		
<b>Phosphore</b>	240 mg	30 %
<b>Magnésium</b>	50 mg	16 %
<b>Calcium</b>	30 mg	3 %
<b>Sodium</b>	70 mg	
<b>Fer</b>	1,4 mg	10 %
<b>Vitamines</b>		
<b>Vitamine B6</b>	0,5 mg	25 %

[1] AJR\* : Apports journaliers recommandés du nutritionniste « pour la santé de l'homme ».

### \* Nutrition :

Ce sont des limnivores, c'est à dire qu'ils avalent la vase et la tamisent grâce à un appareil branchial développé pour en extraire les particules organiques. Ils broutent également les algues et les petits organismes sur les fonds rocheux. Lorsqu'ils sont pleins, les estomacs des mulets jaunes contiennent un mélange de sable et de vase composé de plusieurs espèces de Diatomées. Parfois sont présents des Diatomées et des dinoflagellés planctoniques. Le mulet jaune est donc essentiellement herbivore et détritivore (Bernardon et *al*, 2004).

### \* Croissance :

Le mulet à grosse tête peut atteindre une longueur maximale de 120 cm (FAO, 1993). Il est important de signaler que la croissance est différente selon les sexes. A âge égal la taille et le poids sont plus importants chez les individus femelles que chez les mâles.

**Tableau N°II-6 :** La longueur moyenne (cm) en fonction du sexe chez « *Mugil cephalus* » (Brulhet, 1974)

Age	Mâles	Femelles
2 ans	32.1	35.5
3 ans	42.5	50.1
4 ans	49.3	58.9
5 ans	54.0	64.5

### \*Reproduction :

La maturité sexuelle est atteinte chez les mâles à trois ans et chez les femelles à quatre ans (Fisher et *al.*, 1987).

Le model reproducteur général du *Mugil cephalus* comporte la migration vers la mer entre juillet et Octobre (Billard, 1997) les femelles frayent 5 à 7 millions d'œufs fournis avec un vitellus notable (Keith et *al.*, 2000).

D'après Hickling(1970) le *Mugil cephalus* est l'espèce la plus féconde parmi d'autres mulets. Les larves et les prés juvéniles qui migrent vers l'estuaire semblent répondre à une combinaison des facteurs biotiques et abiotiques (Cambrony, 1983).

### \* Migration :

Les mulets sont des poissons migrateurs thalassotoques, c'est-à-dire qui migrent vers la mer pour se reproduire (Bruslé, 1982). Liao (1981) définit 3 sortes de migrations : une migration des juvéniles de la mer vers les estuaires, une migration de reproduction et une migration des adultes vers la haute mer après quelques années.

### \* Techniques et mode de pêche :

La technique de pêche aux mulets se fait en appâts. La période de pêche se fait toute l'année et surtout de juin à octobre en Méditerranée. On le pêche également au chalut pélagique. C'est un poisson traditionnel en Méditerranée, très apprécié dans le sud de la France et en Corse.

L'Algérie se distingue parmi les pays Méditerranéens à faible production : 476T (2002). Cette production ne peut compenser le déficit en produits de la pêche. Bien que le ratio alimentaire est passé de 3,02 en 1999 à 5,12 kg / hab. /an en 2003, cela reste bien en dessous de celui de 2 pays maghrébins : le Maroc 8,5 (1996) et la Tunisie 10,5 (1996). Quand à la moyenne mondiale, elle est de 13,4 kg / hab. /an. Il est à noter que le ratio de consommation de poisson minimale à atteindre est de 6,2 kg/ hab./an. (OMS, 2001) : cité dans (Karali et Echikh, 2005).

### \* Production en aquaculture :

La production de pêche en générale des mulets en méditerranée représente un total annuel d'environ 400 000 tonnes (1999) qui est en augmentation régulière depuis 1995 (F.A.O, 2001a). La Production de mulets d'aquaculture a triplé en dix ans au niveau mondial (F.A.O, 2001b), elle est passée de 19 956 tonnes en 1990 à 135 609 tonnes en 2003. L'Egypte est le premier producteur mondial (Megapesca, 2001).

### \* Ecotoxicologie du mullet :

Les mullets accumulent dans leurs tissus les métaux tels que le plomb, le cuivre, le cadmium, le zinc, le mercure, et l'aluminium ...etc. (Bruslé, 1981). L'exposition prolongée aux métaux provoque une déplétion en vitamine C, qui se traduit par un affaiblissement général du poisson caractérisé notamment par une anémie, des hémorragies et autres lésions (Sauriau, 1990). L'exposition prolongée au mercure a des effets pathogènes sur le foie, le rein, les branchies, l'intestin et l'estomac (Establier et *al*, 1978). Les mullets sont également sensibles aux organochlorés (DDT, PCB), ces derniers s'accumulent dans les organes et les tissus du poisson, et ceci se traduit par une augmentation de la teneur en lipides (Ferreira et *al*, 1994).

# **CHAPITRE III**

## Caractéristiques de la zone d'étude



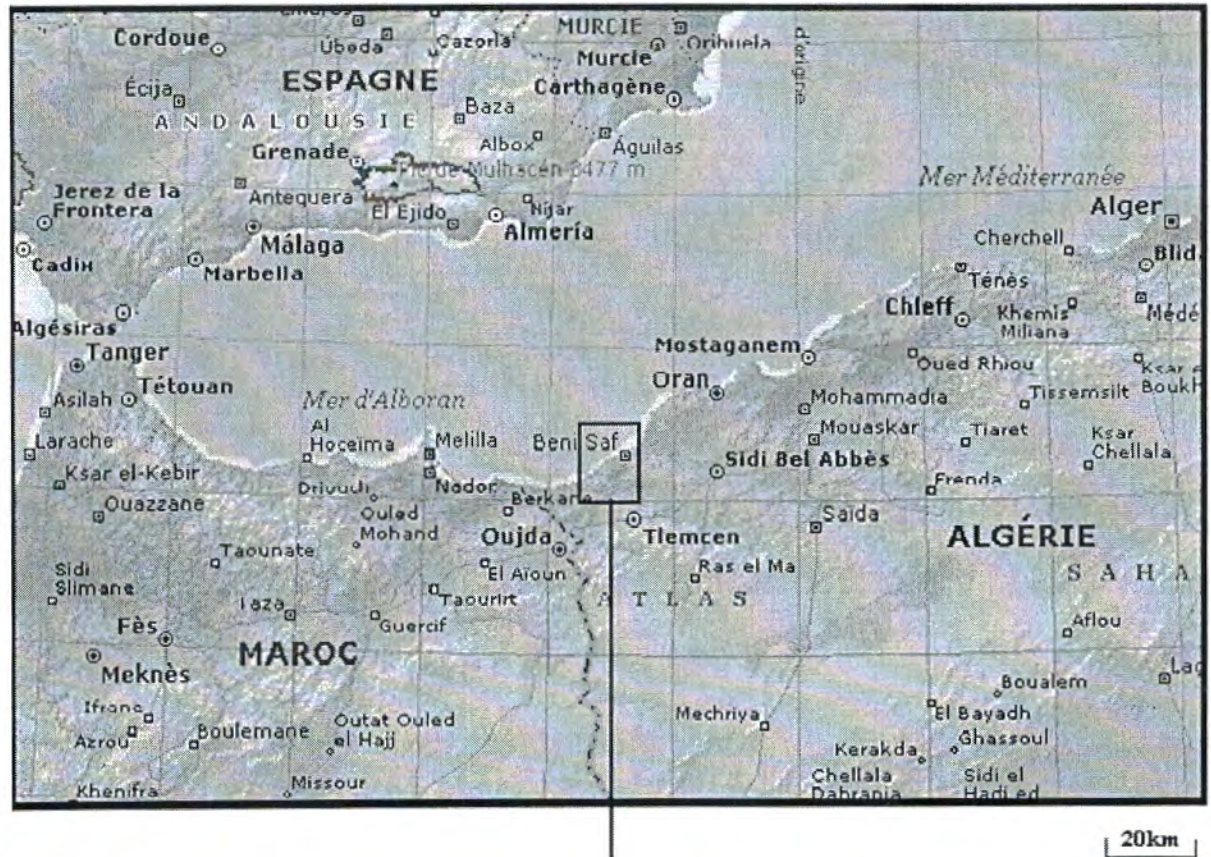
### III-1 Situation géographique :

La région côtière de Béni Saf est située sur la côte nord-ouest de l'Algérie, limitée par la commune d'Oulhaça à l'ouest de Sidi Safi à l'Est de l'Emir Abdelkader au sud et de la mer méditerranée au nord. Elle est distante de 33 km de la wilaya d'Ain – Temouchent dont elle dépend, elle est également située à 67 km de Tlemcen, 80 km de Maghnia et 100 km d'Oran. Ces coordonnées géographiques sont comprises entre 35° 16', 35° 18' latitude nord et 1° 28' longitude ouest (Fig. III-1.2).



**Fig. III-1 :** Vue par satellite sur la côte de Béni Saf (08/04/2006)

La daïra de Béni Saf s'étend sur une superficie de 17 414 Ha (68 Km<sup>2</sup>) et regroupe 03 communes : Béni Saf – Sidi Safi – Emir Abdelkader, avec une population de 49 531 habitants. Actuellement la population avoisine les 52 750 âmes, dont 80% est concentrée dans le chef lieu daïra. Cette ville qui est l'une des plus anciennes circonscriptions administratives (érigée en 1956) à la particularité d'être une région à vocation multiple (Hadadj et Labidine 2003). Elle se caractérise par :



**Légende**

-  Limite d'Etat
-  Contestée
-  Ligne de cessez-le-feu
-  Indéfinie
-  Limite administrative de premier ordre et autre limite intérieure
-  Limite administrative de deuxième ordre
-  Limite de plan de ville



**Fig. III-2 :** Situation géographique de la région de Béni-Saf

Le chef lieu de la commune de Béni Saf est composé du centre ville, les quartiers périphériques de Boukourdan, plan II, Sidi Boucif, Cité des jardins, Beni -khaled, Ouled Boudjema, c'est une collectivité territoriale, politique, administrative, sociale et culturelle de base (Anonyme 2, 1994).

La ville de Béni Saf primitive était située au fond du ravin de Sidi Boucif, les habitations étaient de simples grottes creusées dans la falaise. La construction de Beni Saf doit son développement à une concession minière. Elle se caractérisait dans le temps (1876- 1900) par sa création, celui du port en 1880 l'exportation du minerai de fer par la compagnie Mokta El Madid et le développement du port de pêche et du commerce extérieur. Ainsi Béni Saf se convertit en un vrai centre d'émigration. Deux catégories de population s'y installent, d'une part les cadres, directeurs commerciaux (européens) et d'autre part les ouvriers (Algérie et Marocains). En 1900-1930 Béni Saf a acquis une urbanisation accélérée, l'exploitation minière et les activités ont atteint leur apogée ; les nouvelles populations européennes sont installées sur la rive droite de Oued El Ançor ainsi qu'au niveau de la zone portuaire.

En 1930-1962 Béni Saf s'est développé dans la création d'une place forme pro sise aux activités économiques, au développement du réseau routier, sans oublier le développement des infrastructures, l'implantations de la zone industrielle, le développement des carrières de pouzzolane, la réalisation de la voie chemin de fer Béni Saf – Ain Témouchent, et la route de Beni Saf, Sidi Bellabed, Ain Témouchent en 1994. La ville s'est développé beaucoup en surface environ 300 Ha ont été consommés, soit 3 fois la surface du noyau initial (Anonyme 2, 1994).

#### **III-2 Le port :**

✕ L'espace littoral est jalonné par des plages qui drainent un flux considérable d'estivants. Cet espace a aussi la particularité de contenir le site « pied dans l'eau de la ville de Béni Saf » qui puise une grande partie de ses ressources dans l'exploitation du milieu marin (2<sup>ème</sup> port de pêche d'Algérie – Station Balnéaire à vocation régionale voire nationale) (P.D.A.U., 1996).

Le port de Béni Saf est l'un des premiers ports de pêche avec une production moyenne de 5000 tonnes/an (P.D.A.U., 1996).

Les premiers travaux de réalisation de ce port ont commencées en 1977. La vocation initiale était industrielle concédée à la compagnie minière pour l'exploitation de minerai de fer de la région vers le royaume Uni, la France, et les colonies Britanniques.

Le port de Béni Saf est constitué actuellement d'un plan d'eau rectangulaire de 17 ha abrité par trois jetées :

- Jetée Ouest de 440 m de long ;
- Jetée Nord de 500 m de longueur ;
- Jetée Est d'une longueur de 270 m.

Le quai Est (200 m) est réservé aux navires de pêche et aux débarquements, des captures, une autre partie (Quai d'armement) est destinée à l'armement de la pêche (Fig.III-3)



**Fig. III-3 :** Vue sur le quai du port de la région (20/03/06)

(W. Ain Témouchent)

La jetée Ouest : le côté intérieur réservé initialement au changement de minerai de fer, et au chargement de vin pour devenir enfin un quai réservé à la pêche.

Le port comprend :

- Poissonnerie ;
- Chambres froides pour la conservation des produits de la pêche ;
- Ateliers de soudures ;
- Trois fabriques de glaces (10 tonnes/jour) ;
- Station de ravitaillement en carburant.

Le secteur de la pêche occupe plus de 27 % de la population active de Béni Saf. Il est assuré par 113 bateaux de pêche avec une production de 3539 tonnes en 2002 (P.D.A.U, 1996).

### **III-2-1 Activités du port :**

La zone industrielle de Béni Saf se limite à une seule unité fonctionnelle à savoir la cimenterie dont les rejets liquides sont signifiants, il s'agit beaucoup plus de rejets atmosphériques dont les influences sur l'environnement de la région sont néfastes (Tab. N° III-1). Parmi les activités industrielles situées à proximité du port, nous avons rassemblés dans un tableau ci-dessous l'ensemble des unités de production qui avaient tendance à rajouter dans les méfaits de la pollution dans le port à une certaine période.

**Tableau N° III-1 : Tissu industriel de Béni Saf (D.G.B.A.T, 2004 W. Ain Temouchent).**

Unités	Localisations	Productions
<b>ENFER PHOS</b> Entreprise de l'exploitation minière	Proximité du port	- Minerai de fer : 363598 T en 1996 ; - Pouzzolane : 15.740,51 Tonnes avec une capacité de production de 360.000 Tonnes par an en 2004.
<b>ENOCEP</b> (Unité de conserves de poissons)	Proximité du port	- Conserves de poisson : 1500 Tonnes de conserves de poisson en 2001.
<b>ECOREP</b> Unité de construction et de l'entretien des bateaux de pêche	Proximité du port	196 bateaux de pêche en 2004
<b>SIMOB</b> Unité de menuiserie	Proximité du port	335000 m <sup>3</sup> /an

La cimenterie rejette une quantité de poussière estimée à environ 658 tonnes / an dont une partie est ramenée vers la mer par le biais des phénomènes météorologiques (pluies, vents...etc.) (A.N.A.T, 1996).

L'économie de la commune de la région repose principalement sur le secteur primaire, la production agricole est basée généralement sur la céréaliculture, les cultures maraîchères, et l'arboriculture, sans oublier la richesse de son sous-sol en substances utiles, à savoir les différents gisements du calcaire à agrégats localisés à Djebel Skouna, avec une réserve estimée à 10 millions de m<sup>3</sup> utilisée pour la fabrication du ciment. L'argile à brique sur la rive droite de la Tafna qui est mal exploité, sa réserve est à l'ordre de 1 million m<sup>3</sup>.

À côté de l'agriculture et de l'élevage la ville de Béni Saf se caractérise par un potentiel d'ovin et de bovin en particulier au niveau de la zone d'El Bradj (total ovins est 15 890 et total bovins est de 1030). La pêche participe dans le développement de l'économie de la commune de la région par les recettes tirées de la production halieutique. A cet effet, le port de pêche de Béni Saf dispose d'une production moyenne de 5000 tonnes/an (A.N.A.T, 1996).

D'une manière générale, la région de Béni Saf est une ville portuaire très convoitée par la pêche d'autre part son activité a nettement diminuer au cours de ces dernières années de 1990 à 2000 et cela est dû à plusieurs facteurs de l'environnement. Par ailleurs les produits de la pêche dans cette région sont écoulés vers les centres urbains de la région de Tlemcen, Sidi Bel Abbés, Maghnia, Ain Temouchent, Bechar,...etc. Le secteur de la pêche connu par plusieurs entraves agit directement sur la production halieutique, d'ou la rareté des équipements de pêche et des pièces de rechanges, et la vieillesse de la flottille à prendre en considération, mais aussi d'autres difficultés rencontrés comme l'envasement du port, phénomène qui influe directement sur la capacité d'embarcation.

### III-2-2 Etat du port :

Le port de Béni Saf est devenu actuellement un véritable dépotoir pour les différents déchets d'hydrocarbures, des huiles, des peintures, des eaux usées, des matières organiques et inorganiques des déchets solides et autres. Il est devenu une source importante de la pollution dans cette zone (Fig. III-4).



Photo prise par Melle : ABI-AYAD (2006)

**Fig.III-4 :** Présentation du port de Béni-Saf contaminée par les rejets de déchets (11/06/06)

Le caractère vital de la qualité des milieux marins dans cette région et l'intérêt majeur de leur gestion dans notre pays nécessite une prise en charge concrète pour le suivi de leur bon état, en particulier celle des déversements des eaux usées dans le port affectant directement ses environs notamment les plages, cependant la gestion de notre environnement marin particulièrement ces zones à savoir : « port et plage » sont presque délaissés pour ne pas dire abandonnés.

La contamination des zones côtières de Béni Saf particulièrement le port par les multiples activités qui ont été déjà citées précédemment. Les anciens travaux effectués sur la baie ont démontré un diamètre de 800 mm de collecteur principal au centre du port « Béni Khaled, qui présente un mauvais drainage des eaux pluviales, aussi dans le nord Est du port, « Sidi Boucif et la Zhun », présentant des problèmes environnementaux épineux (P.D.A.U. 1996) (Fig. III-5)





Photo prise par Melle : ABI-AYAD (2006)

**Fig. III-5 :** Etat du port de Béni - Saf en plein travaux mécaniques (11/06/06)

L'agglomération de Béni Saf dispose d'un réseau d'assainissement de type unitaire, qui assure la collecte des eaux pluviales et usées, à l'exception de la plage des puits, équipées de fosses septiques individuelles (A.N.A.T, 1996). Le taux de raccordement aux réseaux d'assainissement est de 95% (D.P.A.T, 2002) en raison de la configuration topographique du site de Béni Saf, le réseau d'assainissement est drainé par quatre collecteurs principaux dont les rejets se font vers la mer et cela au niveau de trois points de rejets : la plage du puits ( $800 \text{ m}^3 / \text{jour}$ ), (Subdivision de l'hydraulique, 2002).

Les rejets d'eaux usées des centres secondaires de la commune de Béni Saf, Rachgoun et Madrid, se font dans l'Oued Tafna. Ils sont estimés à  $12\,775 \text{ m}^3 / \text{an}$ , avec un taux de raccordement aux réseaux de 60% (Subdivision de l'hydraulique, 2002).

L'environnement marin de la baie de Béni Saf est agressé essentiellement par l'apport d'affluents urbains à l'état brut, ce qui constitue un véritable problème en absence d'une station d'épuration et de traitement de ces eaux (A.N.A.T, 1996). La ville de Béni saf à elle seule déverse

dans le port chaque année près de 8.6 m<sup>3</sup> d'eau usées dans la mer au niveau de trois points de rejets : plage du puits et la plage de Sidi Boucif.

### - Production de pêche :

La production de poissons se fait constater actuellement à 2021.211 tonnes en 2005, dont 1441.533 tonnes pour la saurel et celle du faux merlan est estimée à 578.5165 tonnes (Direction de la pêche de Ain-Temouchent, 2005) par rapport à d'autres pays, la production est estimée au :

- Maroc : 620 000 tonnes en 1993 (**Elouedghir, 1955**) ;
- France : 600 000 tonnes en 1991 (**Massart, 1991**) ;
- Algérie : 120 000 tonnes en 1998 (**Ministère d'agriculture et de la pêche 1998**).

### **III-3 Circulation générale des courants marins en méditerranéen :**

La circulation courantologie est le facteur important dans la distribution des caractéristiques hydrologiques, biologiques, climatiques, sédimentologiques et de pollution dans l'ensemble du bassin Algérien.

Les courants marins sont souvent accusés à tort d'être les principaux responsables dans l'accumulation des déchets d'origine métalliques dans les sédiments et la prolifération des macro-déchets. En effet, ces déchets proviennent essentiellement de terre et sont générés à une échelle régionale, ainsi les bassins versants jouent un rôle de collecteurs, et les cours d'eau drainant ces déchets vers la mer.

Le courant Atlantique longe parallèlement les côtes Algériennes et prend la nomination de « courant Algérien » (Milot, 1989).

La méditerranée est une machine qui transforme les eaux océaniques en eau typiquement méditerranéenne par des processus complexes mais très nettement saisonniers. Il existe deux principaux types de courants au niveau de la méditerranée occidentale :

- Le courant du nord ;
- Le courant Algérien.

L'écoulement des eaux d'origine Atlantique le long des côtes Algériennes est initialement structuré à une veine collée à la côte, étroite et profonde au fur et à mesure que ses eaux se déplacent vers l'Est, la veine de courant devient plus large et se détache de la côte, au large un tourbillon anticyclonique de diamètre important (>50 km) dévie les eaux côtières vers le large. En effet, à l'échelle de l'année, toutes les masses d'eau circulent cycliquement le long des côtes de la méditerranée (Millot, 1987).

### **III-4 Structure géologique :**

La ville de Béni Saf est située sur un terrain accidenté en déclivité permanente jusqu'à la mer avec une pente de 3 à 5%. Le substratum géologique est constitué par des schistes et des calcaires jurassiques au niveau de la chaîne de skhoma dont le piedmont formé de substratum tendre marneux grasseux et argilo marneux favorisent l'érosion. Ces formations géologiques sont soumises aux phénomènes d'érosion et de glissement de manière différentielle à cause de leur localisation. Cela est plus perceptible sur les reliefs surplombant la mer, à cause de l'existence de falaises à parois abruptes, taillées dans des formations grésosableuses, peu consolidées (Millot, 1987).

Au sud de la ville de Sidi Safi se trouvent des sites d'exploitation de calcaire de (200 ha) et d'argile sur une surface de 42 ha qui constituent des principales composantes du ciment, produit à la cimenterie de Béni Saf (S.C.I.B.S) (A.N.A.T, 1996).

Au nord de la commune de Béni Saf, les basaltes sont largement répartis, ils peuvent être utilisés en industries réfractaires anti-acides comme agent minéral actif dans la production du ciment et comme agrégats (A.N.A.T, 1996).

### **III-5 Sédimentologie :**

La nature de la couverture sédimentaire de la baie est illustrée au moyen d'une carte sédimentaire (Leclaire, 1972) (Fig. III-6).

### III-6 Réseau hydrographique :

Il apparaît a priori que la morphologie du site naturel de la ville de Béni-Saf est la résultante d'un réseau hydrographique dépendant à la fois du régime des eaux, de la tectonique, de la roche en place et du climat. L'ensemble de ces paramètres nous permet de délimiter les zones instables sujettes à l'inondation et à l'érosion. Le réseau qui est situé dans l'arrière-pays immédiat de la ville sont des oueds constituant chacun leur propre bassin versant et aboutissant, soit à la zone de plage, soit au port, à proximité de la ville. Ces oueds sont les suivants :

- Oued Ben Midah à l'ouest de la ville,
- Oued Ben Chellal à l'ouest – sud – ouest de la ville,
- Oued Boukourdan au sud ouest de la ville,
- Oued El Ançor au sud est de la ville,
- Oued El Hamara à l'est de la ville (Wikipedia, Fondation, Inc).

### III-7 Climatologie :

Le climat du nord Algérien est de type méditerranéen caractérisé par des saisons estivales chaudes et sèches et des saisons hivernales froides et pluvieuses.

Nous avons pris en considération deux paramètres climatiques : (Précipitations et la température) pour connaître le climat qui règne dans notre zone d'étude.

Nous avons interprété les facteurs climatiques en se basant sur les données de la station météorologique de Béni Saf qui se trouve à 68 km au dessus du niveau de la mer. Ces données représentent une période de 11 années qui s'étalent de 1995 à 2006 (Tab. N° III-2).

Nous avons déterminé l'étage bioclimatique du site d'étude à partir du climagramme pluviométriques d'Emberger (1955), après le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (1955), puis retrouver la période sèche par le biais du diagramme ombrothermique de Bagnoul et Gaussen (1953).

### III-7-1 Précipitations :

Les précipitations en Algérie diminuent du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest.

La région Ouest reçoit en moyenne 300 à 400 mm/an, mais il y'a des exceptions au sein des zones les plus élevées montagnardes de Tlemcen (810 m) où les précipitations moyennes sont supérieures à 400 mm/an (O.N.M, 2006).

L'examen moyen du tableau N° III-2, montre les quantités des précipitations mensuelles de la périodes allant de 1996 à 2006 (données O.N.M de la station de Béni Saf) révèle ce qui suit :

Les précipitations atteignent en moyenne 328,54 mm/an, avec un maximum de 435 mm enregistré en 2003 et un minimum de 218 mm enregistré pendant l'année 1998.

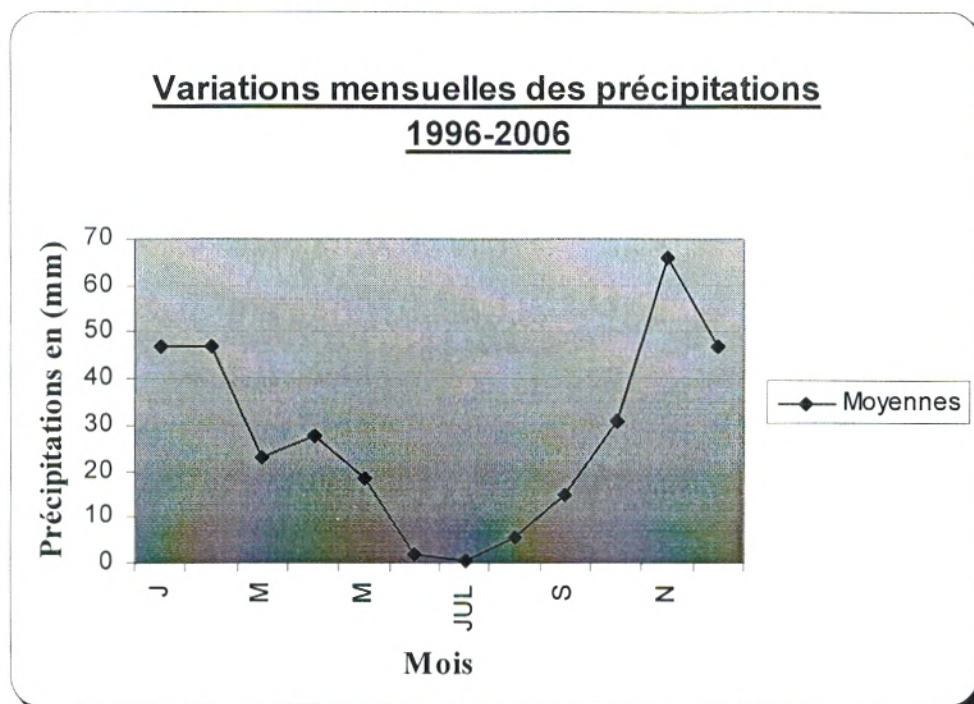
Un déficit hydrique parait dès le mois de juin et juillet avec 0 mm depuis 1999 jusqu'à 2001, il devient maximal avec 4 mm en mois d'Août dans l'année 2000, une saison sèche et aride, qui correspond aux trois mois consécutifs, ayant un minimum de pluviométrie.

Une saison pluvieuse regroupe les neufs mois restants de l'année dont les mois les plus humides atteignent en moyenne (Tab. N° III-2 et Fig. III-7) :

- En novembre avec 65,82 mm ;
- En décembre avec 46,18 mm ;
- En janvier avec 47,18 mm.

**Tableau N° III-2** : Précipitations mensuelles moyennes exprimées en (mm) allant de 1996-2006 de la région de **Béni Saf** (d'après l'O.N.M.).

<b>Mois</b> <b>Années</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>Jut</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Total</b>
1996	60	67	38	23	19	0	0	02	47	10	08	54	328
1997	138	0	0	54	14	05	0	03	43	11	63	35	366
1998	22	25	14	33	16	01	0	11	02	38	37	19	218
1999	51	66	42	0	01	0	0	0	27	23	117	52	379
2000	0	0	02	35	13	0	0	04	25	86	59	24	248
2001	26	54	06	05	12	0	0	0	09	11	159	34	316
2002	03	06	25	66	31	01	0	40	0	24	123	12	331
2003	93	107	25	22	16	03	02	0	0	32	56	79	435
2004	33	09	43	27	48	08	02	0	0	69	30	90	365
2005	23	68	32	21	03	01	0	0	04	24	62	33	271
2006	70	115	22	16	31	01	0	0	07	09	10	76	357
<b>Moyennes</b>	<b>47,18</b>	<b>47</b>	<b>23,18</b>	<b>27,45</b>	<b>18,55</b>	<b>1,82</b>	<b>0,36</b>	<b>5,45</b>	<b>14,91</b>	<b>30,64</b>	<b>65,82</b>	<b>46,18</b>	<b>328,54</b>



**Fig. III-7 :** Variations mensuelles des précipitations de la période : 1996-2006  
(O.N.M de Béni Saf)

### III-7-2 Température :

La température est considérée comme un facteur écologique fondamental par association directe de son action sur les êtres vivants et leurs environnements. Les deux tableaux 1 et 2 nous amènent à distinguer une variation chronologique, nous avons pris en considération la température moyenne « T », celle de la moyenne des maxima « M », et celle des minima thermiques « m » allant de 1996 à 2006 qui nous a permis de distinguer deux périodes :

Une période qui s'étale de décembre au mois de mars démontre que le mois de janvier enregistré une température la plus basse **9,52 °C** des minima et une température moyenne de **13,08 C°**.

**Tableau N° III-3 :** Températures mensuelles moyennes exprimées en (°C) allant de 1996 à 2006 de la région de **Béni Saf** (d'après l'O.N.M).

Mois Années	J	F	M	A	M	J	Jul	A	S	O	N	D	Total
1996	15,75	13,15	17,2	17,3	18,8	22,25	24,3	25,65	22,1	18,9	16,7	15,6	227,9
1997	14,15	14,55	15,3	17,55	19,7	22,7	23,1	24,75	23,3	21,85	18,2	15,4	230,5
1998	14,35	14,95	15,75	17	18,55	22,4	25,5	25,75	24,2	18,85	16,9	13,35	227,1
1999	13,1	12,45	14,75	17,65	20,6	23,1	25,8	27	24,3	21,5	15,4	13,5	229,2
2000	11,4	14,75	15,55	16,4	20	22,95	25,35	25,45	23,25	19	16,55	15,7	226,4
2001	14,65	14	18,15	17,7	19,5	24,55	25,15	25,9	24,1	22,5	15,35	13,2	300,4
2002	13,1	14,4	15,8	16,95	19,45	22,45	24,9	25,55	23,08	19,6	17,5	15,8	229,4
2003	12,65	12,8	15,75	14,7	19,5	24,55	27,5	27,7	24,15	21,45	16,8	13,75	230,9
2004	14,1	14,35	14,75	16,25	18	23,35	25,5	26,95	25,35	21,9	15,5	13,45	229,5
2005	09,94	11,7	14,7	16	22,6	23,15	26,65	25,65	25,45	20,35	17,1	13,8	226,6
2006	10,7	12,65	15,35	18,6	20,05	22,015	26,3	25,85	23,9	21,95	19	14,5	410,86
<b>Moyennes</b>	<b>13,08</b>	<b>13,61</b>	<b>15,73</b>	<b>16,92</b>	<b>19,70</b>	<b>23,04</b>	<b>25,38</b>	<b>26,02</b>	<b>24</b>	<b>20,67</b>	<b>16,82</b>	<b>14,33</b>	<b>229,3</b>

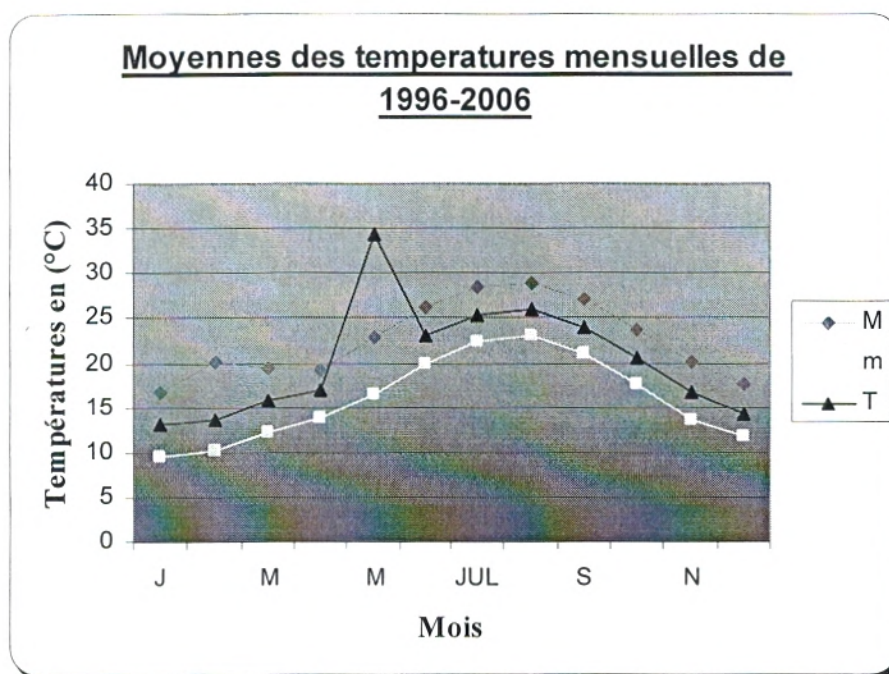


**Tableau N° III-4 :** Températures mensuelles maximales moyennes (M), et minimales (m) exprimées en (°C) allant de 1996 à 2006 de la région de **Béni Saf** (d'après l'O.N.M).

Mois Années	T(C°)	J	F	M	A	M	J	Jul	A	S	O	N	D
1996	M	18,9	16	22,6	20,6	22,1	25,2	27,1	28,4	24,8	21,8	19,3	18,4
	m	12,6	10,3	11,8	14	15,5	19,3	21,5	22,9	19,4	16	14,1	12,8
1997	M	17,1	17,7	18,7	20,4	22,2	25,3	25,6	27,4	25,6	24,8	21	18,4
	m	11,2	11,4	11,9	14,7	17,2	20,1	20,6	22,1	21	18,9	15,4	12,4
1998	M	17,5	17,8	19,2	20	21,3	25,2	27,9	28,6	26,5	22	19,6	16,5
	m	11,2	12,1	12,3	14	15,8	19,6	22,2	22,9	21,9	15,7	14,2	10,2
1999	M	16	15,2	17,3	21	23,6	26	28,8	29,7	27,4	24,3	18,4	16,1
	m	10,2	9,7	12,2	14,3	17,6	20,2	22,8	24,3	21,2	18,7	12,4	19
2000	M	14,8	18,2	19,2	19,8	22,8	26	28,3	28,5	25,9	21,9	19,5	18,7
	m	08	11,3	11,9	13	17,2	19,9	22,4	22,4	20,6	16,1	13,6	12,7
2001	M	17,5	17,3	21,7	21,1	22,3	28,7	28,5	28,8	27,2	25	18	16,1
	m	11,8	10,7	14,6	14,3	15,8	20,4	21,8	23,	21	19,1	12,7	10,3
2002	M	16,4	17,7	19,3	20,6	22,8	25,4	28	28,6	26,7	22,5	20,1	18,6
	m	9,8	11,1	12,3	13,4	16,1	19,5	21,8	22,5	20,9	16,7	14,9	13
2003	M	15,6	15,7	18,9	16,1	22,9	28	30,2	31	27,4	24,6	19,9	16,8
	m	9,7	9,9	12,6	13,3	16,1	21,1	23,9	24,4	20,9	18,3	13,7	10,7
2004	M	17,2	17,1	18	19,7	21,3	26,8	28,8	30,3	29,2	25,2	18,6	16,5
	m	11	11,6	11,5	12,8	14,7	19,9	22,2	23,6	21,5	18,6	12,4	10,4
2005	M	20	19,7	19,6	19,9	26,8	26	30,2	27,1	29,9	22,5	25,2	21
	m	0,12	3,7	9,8	12,1	18,4	20,3	23,1	24,1	21	18,2	9	6,6
2006	M	12,3	15,8	18,5	21,2	23	25,02	30	29,2	27,1	25,2	22,1	16,9
	m	9,1	9,5	12,2	16,0	17,1	19,01	22,6	22,5	20,7	18,7	15,9	11,2
<b>Moyennes</b>	<b>M</b>	<b>16,66</b>	<b>20,09</b>	<b>19,36</b>	<b>19,21</b>	<b>22,83</b>	<b>26,15</b>	<b>28,49</b>	<b>28,87</b>	<b>27,06</b>	<b>23,62</b>	<b>20,15</b>	<b>17,64</b>
	<b>m</b>	<b>09,52</b>	<b>10,12</b>	<b>12,1</b>	<b>13,80</b>	<b>16,5</b>	<b>19,94</b>	<b>22,26</b>	<b>23,15</b>	<b>20,92</b>	<b>17,73</b>	<b>13,48</b>	<b>11,75</b>

Une période chaude qui s'étale de mai à octobre démontre que ces dernières ont subies une augmentation de température pendant le mois d'Août **28,87 C°** des maximas et une température moyenne de **26,02 C°**.

Les températures annuelles enregistrées tout au long des années 1996 – 2006 ont atteint une moyenne de **19,11 C°/an.** (Tab. N° III-3. 4 ; Fig. III-8).



**Fig. III-8:** Variations mensuelles des températures de la période: 1996-2006  
(O.N.M de Béni Saf)

### III-7-2-1 Ecart thermique :

#### - Indice de continentalité

On peut apprécier la continentalité à partir de l'indice de continentalité de **Debrache** (1955).

<b>Climat insulaire</b>	<b>M-m &lt; 15 °C</b>
<b>Climat littoral</b>	<b>15 °C &lt; M-m &lt; 25 °C</b>
<b>Climat semi continental</b>	<b>25 °C &lt; M-m &lt; 35 °C</b>
<b>Climat continental</b>	<b>35 °C &lt; M-m</b>

L'analyse des écarts thermiques dans notre zone d'étude met en relief des températures assez élevées durant l'été. Les maxima thermiques moyens varient entre 25 et 30 °C dans la période « 2006 » par rapport aux années précédentes « 2005 et 2004 » celles-ci varient entre 26 et 30 °C, nous pouvons constater qu'il n'y a pas eu de grands écarts thermiques lors de ces dernières années.

En hiver, les températures minimales de la région connaissent des valeurs relativement basses depuis le mois de novembre jusqu'au mois d'avril.

### III-7-2-2 Quotient pluviothermique d'Emberger

Les critères thermiques utilisés en climatologie (Emberger) se caractérisent par des variables (une température moyenne du mois le plus froid et une température du mois le plus chaud), ce qui permet de définir des groupes climatiques.

- M : la moyenne des maxima les plus chauds ;
- m : la moyenne des minima les plus froids ;
- M-m : Amplitude thermique exprimant la continentalité.

Cette dernière intervient dans le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger permettant de tenir compte de l'évaporation, elle est en fonction d'un certain nombre de facteurs tel que :

- Le taux de recouvrement végétal
- La physiologie
- Les vents
- Les condensations occultes.

Emberger (1955) a déterminé et définie les seuils thermiques en rapport avec les grands types de végétation. Le quotient pluviométrique (Q2) a été exprimé par la formule climatique suivante (Fig. III-9) :

$$Q2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

- P : Moyenne des précipitations en mm ;
- M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en degrés Kelvin ;
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid en degrés Kelvin.

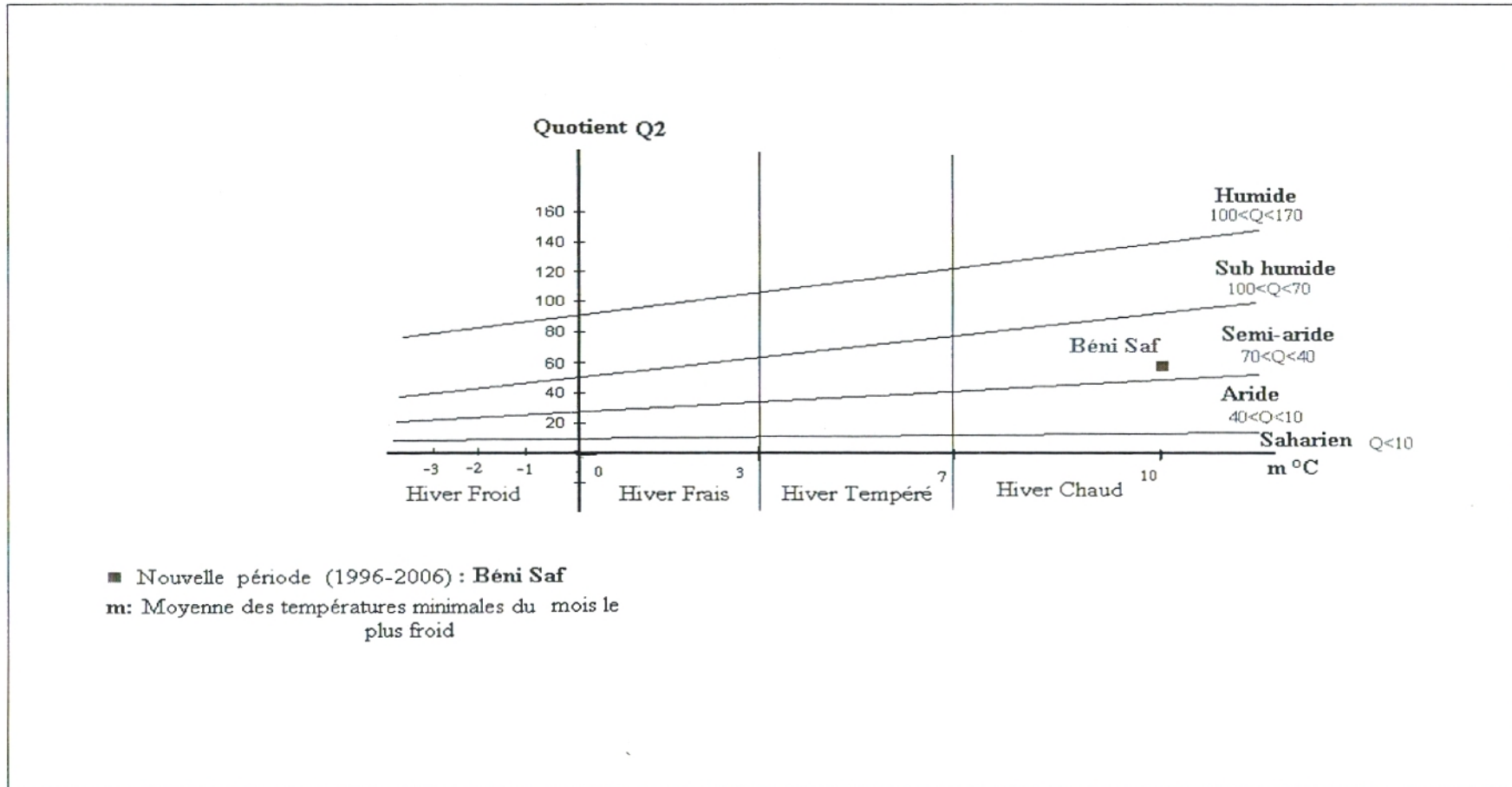
Selon nos calculs, nous constatons que la valeur du quotient est d'autant plus élevé que celui du climat, cela explique que notre région d'étude se caractérise par un climat du littoral méditerranéen suivant la formule suivante :

$$Q2 = 58,12 \quad \longleftrightarrow \quad 70 < Q2 < 50 \quad \longrightarrow \quad \text{Climat semi aride}$$

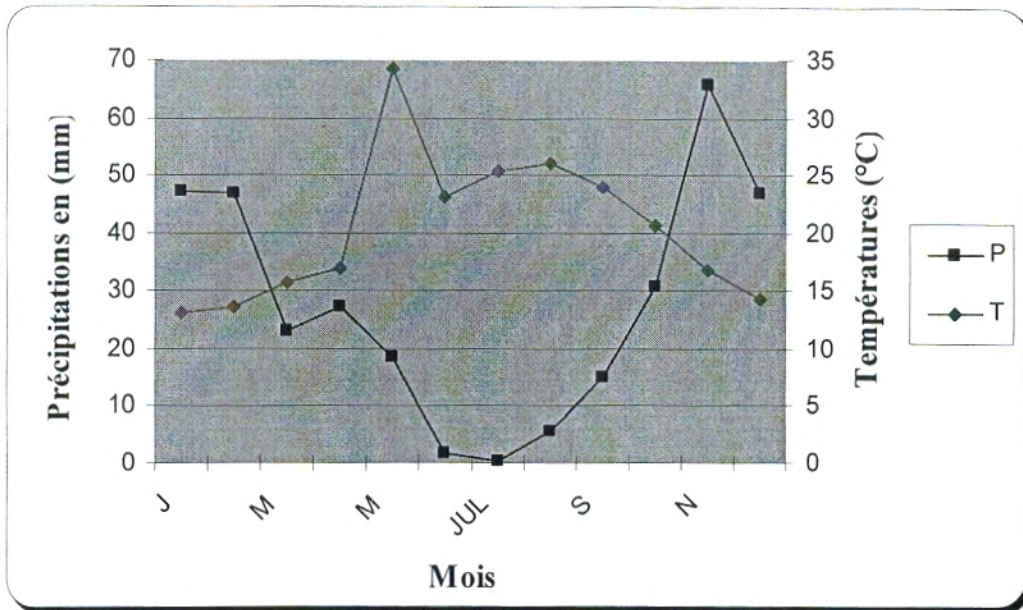
### III-7-2-3 Diagramme Ombrothermique de Bagnoul et Gausson (1953)

Le diagramme Ombrothermique (Fig.III- 10) permet de définir la période de sécheresse pour une station donnée. En abscisse les mois sont portés les mois de l'année en ordonnée à gauche les précipitations P en (mm) et à droite les températures T en (C°). L'échelle préconisée est :  $P = 2T$ .

Une période est considérée comme sèche lorsque la pluviosité est inférieure au double de la température. Quand la courbe des précipitations passe au dessous de celle des températures la période qui s'étend entre les abscisses des points d'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche. Sa durée est traduite par la surface comprise entre les deux courbes pendant cette période.



**Fig. III-9 :** Climagramme pluviométrique du Quotient d'Emberger (Q2) de la région de Béni Saf (2006).



**Fig. III-10 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausen (1953)

$P = 2T$  de la période 1996-2006 (O.N.M de Béni Saf)

### III-7-3 Vent :

Le vent est un facteur mécanique important dont il est nécessaire de prendre en considération la vitesse et l'orientation, car dans notre étude il peut contribuer par sa force et sa direction à l'éparpillement des poussières.

Les vents ont une action très remarquable sur le milieu physique (augmentation d'évaporation, et d'érosion...). Les vents du sud sont les plus fréquents agissent avec une vitesse qui varie de 6 à 10 m/s, ce sont généralement des vents secs et froids en hiver et contribuent à l'assèchement en été en déterminant une intense évaporation qui constitue l'origine de la salinisation de la surface du sol.

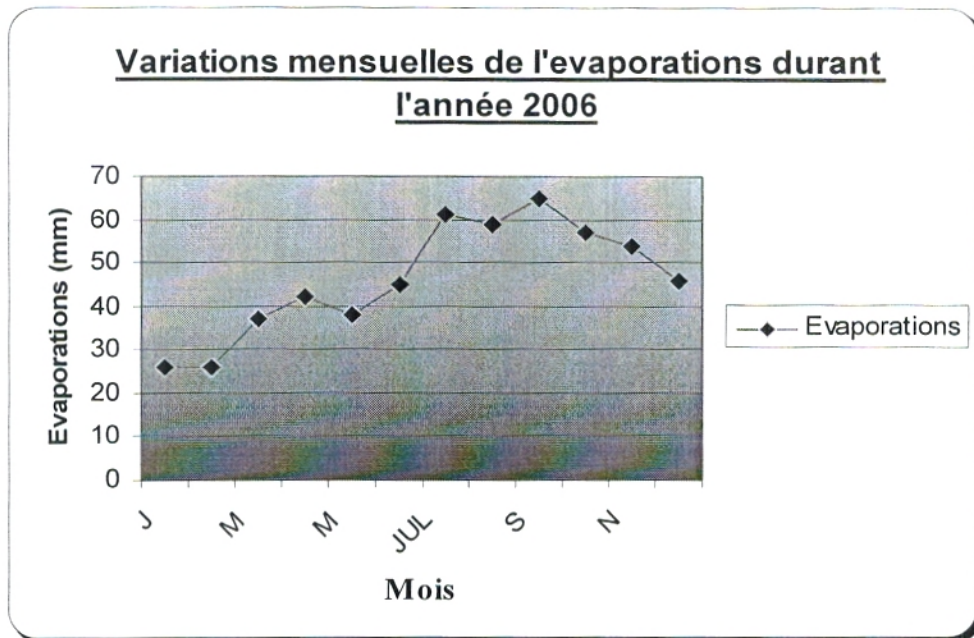
Les vents du nord ouest sont moins fréquents et leur vitesse souvent faible ne dépasse pas rarement 10 m/s, rare en hiver ils contribuent à atténuer les températures estivales.

Les vents d'ouest les plus dominants durant la période froide (du mois de septembre jusqu'au mois de mars) agissant malgré leur faible fréquence et dont la vitesse atteint plus de 16 m/s, qui ne nous apportent pas de grandes quantités d'eau citée dans (Hadadj et *al*, 2003) (Tab. N° III-6).

### III-7-4 Evaporation :

L'évaporation est un phénomène physique régi par l'intensité du rayonnement solaire. Cette évaporation est d'autant plus élevée que le climat est chaud et sec, l'atmosphère jouant le rôle de véritable absorbeur d'humidité. De manière générale, l'évaporation de l'eau se manifeste sur toutes les surfaces, sur les terres comme sur les océans et mers puis s'accumule sous forme de vapeur dans l'atmosphère. Les étendues liquides sont les principales sources d'humidité, suivies par la couverture végétale des forêts (F.A.O) (Beauchamp, 2001), cependant tous ces paramètres météorologiques notamment les précipitations, températures, vent, et évaporations constituent un véritable mécanisme qui réagit dans l'équilibre de l'atmosphère mais aussi influe directement sur la vie biologique des espèces végétales et animales. Ces paramètres climatiques ont une importance capitale dans l'étude des variations biologiques de ces espèces y compris sur leur comportement.

Après analyses des données météorologiques de la station notamment les précipitations, les températures, les vents, et l'évaporation de l'année 2006 (fig. III-11). Nous avons constatés que notre zone d'étude appartient à une ambiance bioclimatique semi aride a hiver chaud avec une irrégularité des précipitations au cours de l'année, et une variations des températures selon les saisons, ainsi cela nous a permis de distinguer deux périodes humide et froide de mois de décembre au mois de mars, et une période sèche et chaude plus longue qui s'étale du mois d'avril au mois d'octobre. Ceci à été démontré par une très forte évaporation (65 mm) au cour du mois de septembre, suivi par des vents dominants nord ouest nord. Par rapport au mois de janvier l'évaporation dans cette saison était nettement basse de (26 mm) suite aux vents dominants sud à ouest résultant la période la plus humide avec un degré de précipitations de (70 mm).



**Fig. III-11 :** Variations mensuelles de l'évaporation au cours de l'année 2006 (O.N.M de Béni Saf)



**Tableau N°III-5 :** Tableau récapitulatif des données météorologiques annuelles de la région de Béni Saf durant l'année 2006 (l'O.N.M).

Mois \ Données M	Températures °C		Précipitations (mm)	Vents dominants	Evaporation (mm)
	M	m			
Janvier	12,3	9,1	70	Sud à Ouest	26
Février	15,8	9,5	115	Ouest	26
Mars	18,5	12,2	22	Ouest	37
Avril	21,1	16,0	16	Ouest	42
Mai	23	17,1	31	Nord	38
Juin	25,02	19,01	01	Nord Ouest - Nord Est	45
Juillet	30	22,6	/	Nord	61
Août	29,2	22,5	/	Nord Ouest - Nord Est	59
Septembre	27,1	20,7	07	Nord Ouest - Nord	65
Octobre	25,2	18,7	09	Nord - Nord	57
Novembre	22,1	15,9	10	Sud	54
Décembre	16,9	11,2	76	Sud à Ouest	46

# **CHAPITRE IV**

## Matériel et méthodes

#### IV-1 Choix des stations de prélèvements :

Plusieurs campagnes d'échantillonnage ont été réalisées à différents endroits de la zone d'étude. Deux points ont été fixés au niveau de la plage et trois autres dans le port. Ils sont représentés sur la figure IV-1 :

- Le point A1 est situé à l'Ouest de la plage (Aquarium),
- Le point A2 est situé à l'Est de la plage,
- Le point A3 est situé sur la jetée Est du port,
- Le point A4 est situé sur la jetée Ouest du port,
- Le point A5 est situé au centre du port.

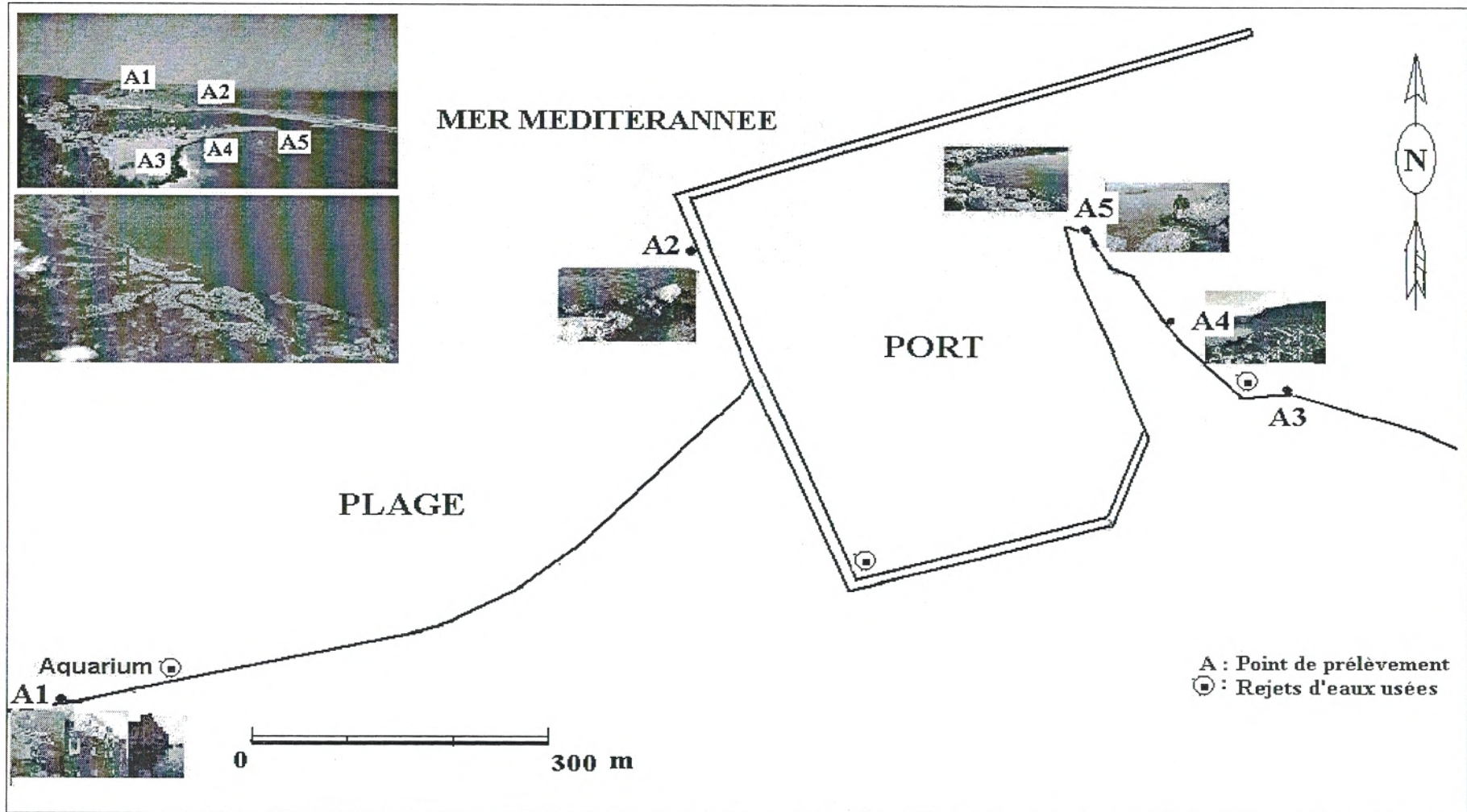
#### IV-2 Choix du matériel d'échantillonnage :

Notre intérêt a été porté essentiellement sur les sédiments qui représentent d'excellents réservoirs de micropolluants, ce sont des compartiments où s'accumulent les plus fortes concentrations des métaux. Nous nous sommes intéressés ensuite vers une biomasse sédentaire dont la flore aquatique représente l'un des critères les plus significatifs pour l'étude du taux d'accumulation, essentiellement les algues dominant la majorité des espaces côtiers notamment le port et la plage. Ils sont représentées par :

- Algue verte : Ulve (*Ulva lactuca*) et enteromorphe (*Enteromorpha linza*),
- Algue rouge : Coralline (*Corallina officinalis*).

Nous avons voulu compléter cette étude par la faune aquatique qui constitue d'excellent bio indicateur de pollution marine. Les éléments métalliques à l'état de traces se concentrent au niveau de leurs chairs. L'abondance de ces espèces dans notre zone d'étude nous a permis de couvrir toute la période de l'échantillonnage. Ces espèces aquatiques sont :

- Un mollusque : Patelle : *Patella ferruginea*,
- Un poisson : Mulet : *Mugil cephalus*.



**Fig.IV-1 :** Représentation des points de prélèvements dans la zone portuaire de Béni Saf (2006).

**IV-3 Echantillonnages :**

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés dans chaque saison tout au long de l'année à partir du mois de mars jusqu'au mois de décembre. A la plage, les sédiments de surface (5 cm) ont été raclés à l'aide d'un dispositif. Pour le port, le prélèvement a nécessité des plongées sous marines. Les algues ont été récoltées à la main. Pour la patelle une quinzaine d'individus environ ont été détachés des roches à l'aide d'un couteau en acier inoxydable. Le mullet nous a été ramené par les pêcheurs.

Les échantillons prélevés de sédiments et d'algues ont été stockés dans des sachets étiquetés. acheminer au laboratoires, séchés et réduit en cendres sous une hotte.

La patelle et le mullet, après être récoltés et pêchés, ils ont été mis au frais jusqu'à la dissection. Nous avons aussi mesuré des paramètres physico chimiques, notamment le pH, la température, la conductivité électrique et le taux d'oxygène dissous.

Tout au long de la durée d'échantillonnage nous avons constatés dans certains points de prélèvements l'absence de l'ulve et l'enteromorphe qui sera indiquée dans le tableau suivant :

**Tableau IV-1 :** Représentation de la disponibilité des échantillons dans chaque point de prélèvement.

Echantillon		Saisons/PP																			
		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
<b>Sédiments marins</b>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Flore marine</b>	Ulves	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Enteromorphes	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
	Corallines	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Faune marine</b>	Patelle	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mugil	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**N.B :** (+) représente la présence de l'espèce,

(-) représente l'absence de l'espèce.

PP : points de prélèvements.

#### IV-4 Caractéristiques physico-chimiques :

Les paramètres physico chimiques ont été réalisés à l'aide d'un appareil multi line P4 type WTW (Fig. IV-5) dans chaque point de prélèvement.

##### IV-4-1 Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène  $H^+$ . Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxiques pour les poissons (IBGE., 2005). Le pH de l'eau de mer voisin de 8,2 est principalement fixé par la présence des carbonates  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3$  (Duinker et *al.*, 1982).

##### IV-4-2 Température :

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. L'oxygène est nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. En outre, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur pour une augmentation de température de 10 °C. L'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes (IBGE., 2005). La mesure de la température est nécessaire pour l'étude des courants et du mélange des masses d'eau. Elle influe sur la densité de l'eau en augmentant la sédimentation des particules une fois qu'elle augmente d'avantage, résultant par ailleurs un dégagement d'odeurs est une prolifération des micro-organismes (Aminot et Chaussepied, 1983).

##### IV-4-3 Oxygène dissous (OD):

Les concentrations en oxygène dissous constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par

l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. Une valeur inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments. Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg/l.

#### **IV-4-4 Conductivité électrique (C.E) :**

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli Siemens par centimètre (mS/cm) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise généralement entre 50 et 1500 µS/cm. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissout qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées (IBGE., 2005).

#### **IV-5 Minéralisation :**

Pour extraire les métaux, il est important d'accorder beaucoup plus d'attention à la manipulation des échantillons lors des attaques acides pour éviter tout risque de contamination. Pour cela tout le matériel et la verrerie utilisés ont été nettoyés successivement avec un détergeant (eau de javel), trempés dans l'eau acidulée pendant 24 heures, puis rincés à l'eau bidistillée.

La minéralisation du matériel sédimentaire et biologique a été effectuée sous une hotte. Elle consiste à l'application des attaques acides et une réduction en cendre des échantillons.

##### **IV-5-1 Minéralisation des sédiments :**

Les sédiments conservés après séchage, ont été broyés dans un mortier en céramique, tamisés à l'aide d'un tamis de (63 µm) de diamètre. Après avoir pesé 1g de chaque échantillon nous les avons introduit dans un bécher en téflon auquel nous avons ajouté 10 ml d'acide fluorhydrique à (40 %)

« Prolabo, normapur ». Nous avons chauffés pendant huit heures à 100 °C sur une plaque chauffante. Après évaporation quasi-totale, nous avons ajouté dans un premier temps de l'eau régale, 6 ml d'HCl (acide chlorhydrique) et 2 ml HNO<sub>3</sub> (acide nitrique) dans le rapport 6/2. La réaction se fait toujours à chaud à 100 °C afin d'éliminer toute la fraction solide. Lorsque tout le solide a disparu, nous avons évaporé à nouveau l'évaporation à la goutte de l'excès acide. Enfin, nous introduisons 5 ml d'eau bidistillée afin de solubiliser les métaux (la durée de cette étape est de 2 heures à 100 °C). La solution obtenue ajusté à 20 ml a été filtrée à l'aide d'un papier filtre, puis conservée dans des godets, au réfrigérateur jusqu'à l'analyse par la spectrophotométrie d'absorption atomique.

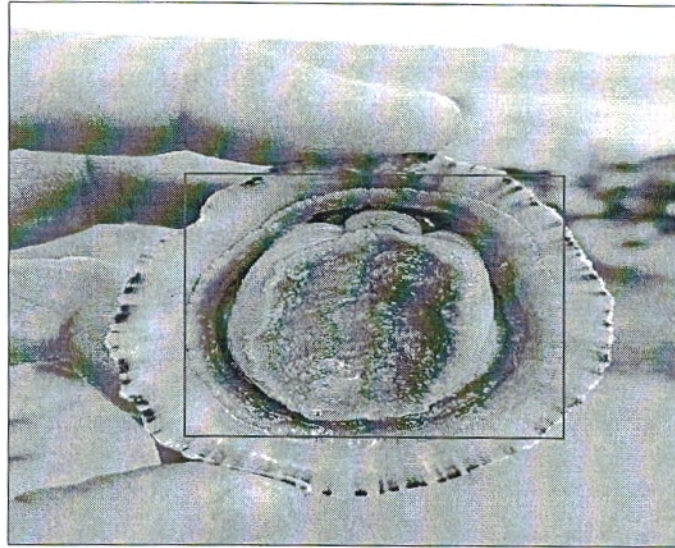
#### **IV-5-2 Minéralisation des algues :**

Pour chaque échantillon, nous avons pesé aussi 1g d'algue déjà broyé et filtré à l'aide d'un tamis de (63 µm) de diamètre. Ils ont été mis dans des béchers en téflon, dans lesquels nous avons ajouté 5 ml d'acide perchlorique HClO<sub>4</sub> à 60%) et nous avons laissé les échantillons pendant une heure à 80 °C sur plaque chauffante. Le reste de l'opération est identique à celle de la minéralisation des sédiments.

#### **IV-5-3 Minéralisation de la patelle et le mulet :**

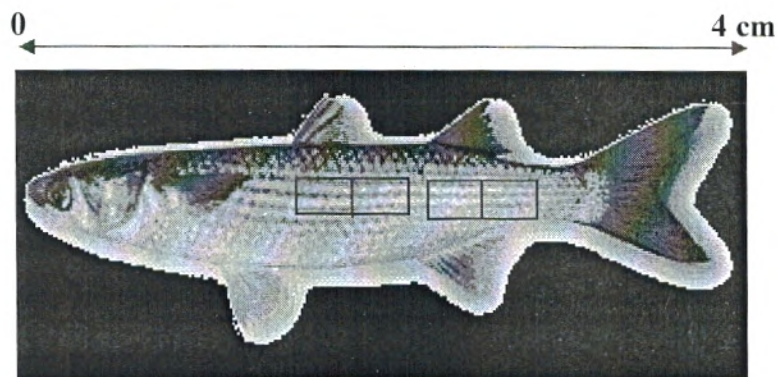
Après décongélation de la patelle, à l'aide d'un scalpel, nous avons retiré la partie molle de la patelle présentée dans la figure IV-2. Nous avons pesé 4g pour la minéralisation.





**Fig.IV-2** : Présentation de la partie encadrée de la patelle

Après décongélation du mulot, à l'aide d'un ciseau, nous avons découpé la partie supérieure du filet encadrée dans la figure IV-3. Nous avons pesé aussi 4g pour la minéralisation



**Fig. IV-3** : Présentation des parties du filet encadrées

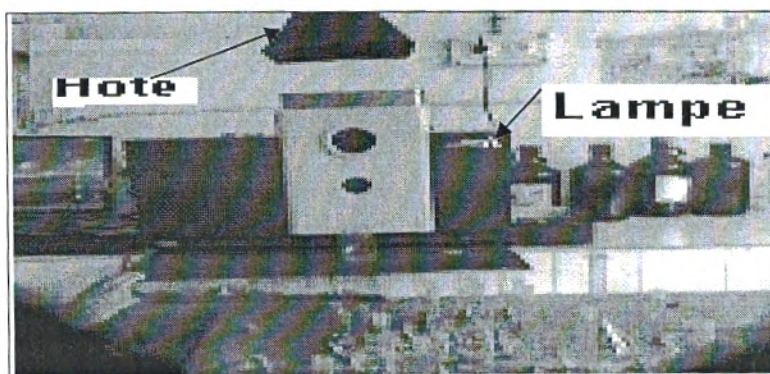
Nous avons réalisés la méthode de la minéralisation par voie sèche au laboratoire avec tout le matériel nécessaire pour la réduction en cendre de la patelle et le mulot (filet). Pour le séchage, nous

avons placé des échantillons de la patelle et du mulet respectivement dans une étuve à une température de 110°C pendant trois heures. Pour la réduction en cendre nous avons mis les échantillons dans des creusets en céramique et nous les avons placés dans un four à moufle, d'abord pendant 15 minutes à 450°C, puis sont humectés avec de l'acide nitrique et sont replacés dans le four à 350°C, pendant 1 heure et 30 minutes. Les cendres obtenues sont filtrées par une solution d'acide nitrique à 1% et ajuster à (25ml) puis conserver au frais dans des godets étiquetés jusqu'à l'analyse par la spectrophotométrie d'absorption atomique.

#### IV-6 Analyse chimique :

##### - Dosage des métaux par spectrophotométrie

Le dosage de nos échantillons a été effectué au laboratoire de catalyse à l'usine d'ALZINC Ghazaouet, par un spectrophotomètre d'absorption métallique (Ref. AURORA AL.1200). C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces (Fig. IV-6). Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celle émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome (Janin et Schnitzer, 1996).



**Fig. IV-4:** Spectrophotométrie à Absorption Atomique (SAA)  
« AURORA AL.1200 (2006) »

- **A. Avantages et inconvénients :**

La spectrophotométrie d'absorption atomique présente des avantages et des inconvénients :

**Avantages :**

- Grande sensibilité,
- Volume faible de l'échantillon,
- Reproductibilité satisfaisante.

**Inconvénients :**

- Complexité de préparation de l'échantillon,
- Lenteur de l'exécution.

- **B. Dosage et principe :**

Elle utilise un brûleur à flamme air-acétylène. Nous avons dosé les métaux suivants : le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le cadmium (Cd) et le plomb (Pb). Les limites de détections des métaux que nous avons analysés sont résumées dans le tableau IV-2.

**Tableau IV-2 :** Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés.

Eléments	Raie principale (nm)
Zinc	213,9
Cuivre	324,7
Fer	248,3
Cadmium	228,8
Plomb	283,3

Le dosage d'espèces atomiques ne peut s'effectuer dans un milieu gazeux pour que les atomes individuels soient bien séparés les uns des autres. Il s'ensuit que la première étape est l'atomisation, procédé par lequel l'échantillon est converti en gaz atomique.

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 combinaison 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 :

$$A = \epsilon L.C$$

A : Absorbance (sans unité)

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

L : Trajet optique (cm).

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

### - C. Appareillage :

L'appareil de mesure comporte dix constituants (Fig. IV-4) :

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.

-Dispositif d'atomisation : c'est un dispositif des productions 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 acétylène (d).

\* Un brûleur (e) où la flamme air- acétylène atteint la température de  $2300^\circ\text{C}$ .

\* Monochromateur : est destiné à définir la sélection de la longueur d'onde émise modifiée par 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.

#### 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.

C<sub>1</sub> : Concentration de la solution échantillon en mg/l.

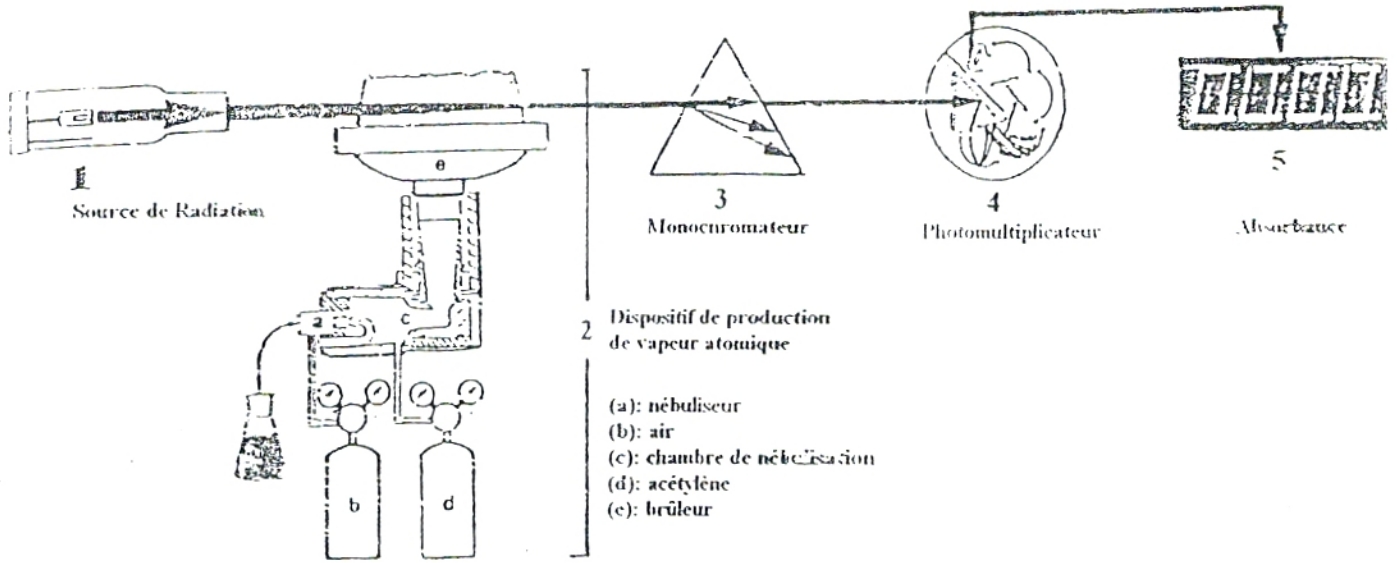
V : Volume final de la solution de minéralisation en ml.

P : Prise ou masse d'échantillon en g.

D : Facteur de dilution en ml.



**Fig. IV-5 :** Valise de mesure des paramètres de physico-chimiques de l'eau  
Multi 340i/SET N°O : 2F30-114B22 (ABI-AYAD, 2006)



**Fig. IV-6 :** Présentation du principe d'un spectrophotomètre d'absorption atomique

# **CHAPITRE V**

## Résultats et discussions

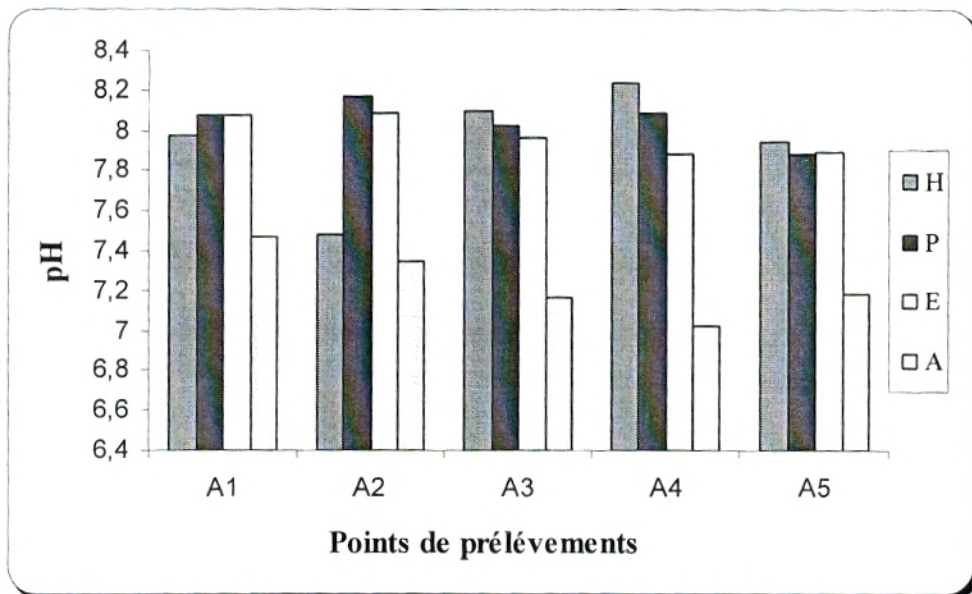
**V-1 Résultats et discussions :**

**V-1-1 Paramètres physico chimiques :**

Les analyses physico-chimiques de l'eau comprennent le pH, la température, l'oxygène et la conductivité électrique. Les figures ci-dessous (V-1, V-2, V-3, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8) montrent les résultats des variations spatiales et temporelles des teneurs métalliques obtenus chaque saison et chaque point de prélèvements.

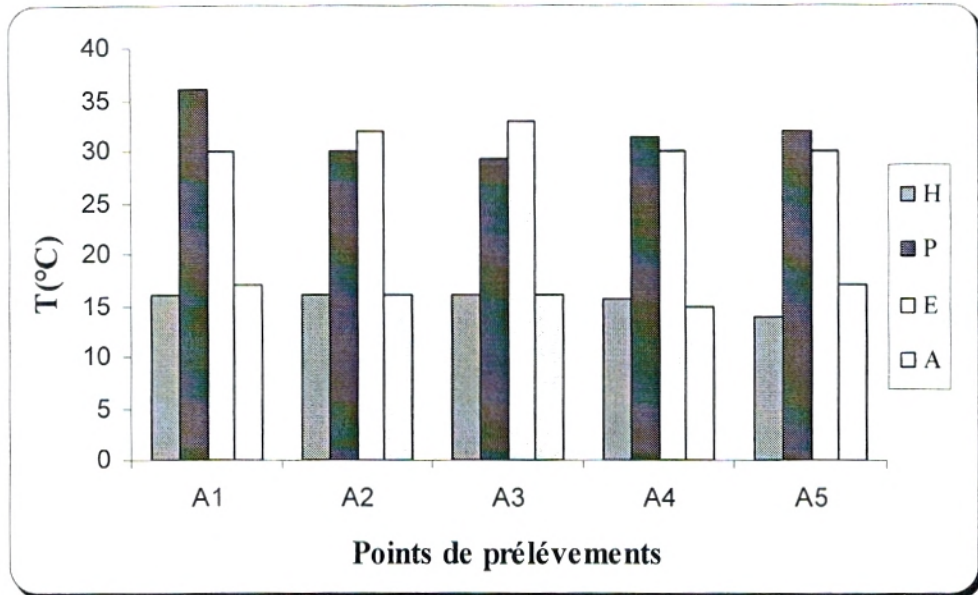
Nous avons représentés également en annexes 1 les tableaux des variations des teneurs métalliques des différents paramètres physico-chimiques.

**- Variations spatiales des paramètres physico chimiques :**

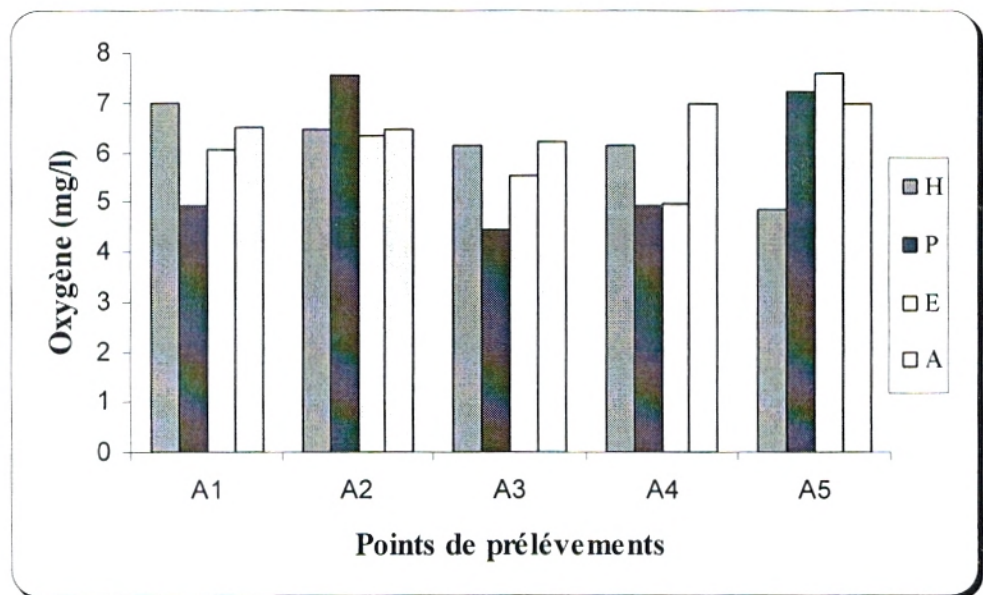


**Fig.V-1 :** Variations spatiales du pH du littoral de Béni Saf

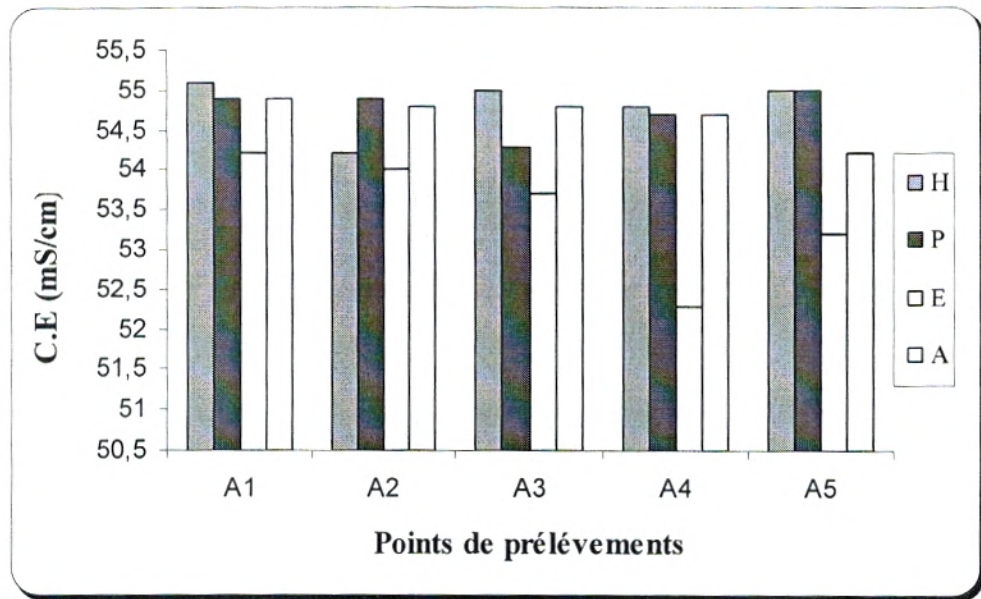




**Fig.V-2 :** Variations spatiales des températures du littoral de Béni Saf



**Fig.V-3 :** Variations spatiales de l'oxygène du littoral de Béni Saf



**Fig.V-4 :** Variations spatiales de la conductivité électrique du littoral de Béni Saf

### **pH :**

Dans la figure V-1, les résultats du pH révèlent peu de variations au cours de l'année dans les cinq points de prélèvements, sauf dans la saison automnale.

Pour le point « A1 », le pH varie de 7,47 à 8,08 dans la saison hivernale, printanière et estivale, par contre il diminue pour atteindre 7,98 en automne.

Pour le point « A2 », le pH varie de 7,48 en hiver, 8,08 en été, ou' il diminue pour atteindre 7,35 en automne.

Le point « A3 », le pH varie de 8,10 en hiver, 7,97 en été et chute de 7,17 en automne.

Le point « A4 », le pH augmente de 8,24 en hiver et diminue de 7,88 en été et chute considérablement de 7,03 en automne.

Pour le point « A5 », le pH varie de 7,95 en hiver, 7,90 en été et diminue de 7,19 en automne.

### **Température :**

Dans la figure V-2, les résultats de la température révèlent peu de variations au cours de l'année dans les cinq points de prélèvements.

Pour le « A1 », les degrés de températures enregistrés sont de 16°C en hiver, 36°C au printemps, 30°C en été et 17°C en automne.

Pour « A2 », on enregistre 16°C en hiver, 30°C au printemps, 32°C en été et de 16°C en automne.

Pour « A3 », les températures enregistrées sont de 16°C en hiver, 29°C au printemps, 33°C en été et 16°C en automne.

Pour « A4 », on enregistre 15,7°C en hiver, 31,4°C au printemps, 30°C en été et 15°C en automne.

Pour le point « A5 », les températures sont de 14°C en hiver, 32°C au printemps, 30°C en été et 15°C en automne.

### **Oxygène dissous :**

Dans la figure V-3, les résultats des teneurs en oxygène varient d'un point à un autre au cours des quatre saisons.

Pour le point « A1 » on enregistre 7,00 mg/l en hiver, 4,91 mg/l au printemps, 6,05 mg/l en été et 6,50 mg/l en automne.

Le point « A2 », on enregistre 6,48 mg/l en hiver, 7,55 mg/l au printemps, 6,36 mg/l en été et 5,48 mg/l en automne.

Le point « A3 », on enregistre 6,13 mg/l en hiver, 4,46 mg/l au printemps, 5,54 mg/l en été et 6,22 mg/l en automne.

Le point « A4 », on enregistre 6,13 mg/l en hiver, 4,92 mg/l au printemps, 4,96 mg/l en été et 4,22 mg/l en automne.

Le point « A5 », on enregistre 4,84 mg/l en hiver, 7,25 mg/l au printemps, 7,59 mg/l en été et 7,70 mg/l en automne.

### **Conductivité électrique :**

Dans la figure V-4, les résultats des teneurs en conductivité électrique varient d'un point à un autre essentiellement en saison printanière.

Pour le point « A1 » on enregistre 55,1 mS/cm en hiver, 59,9 mS/cm au printemps, 54,2 mS/cm en été et 54,9 mS/cm en automne.

Le point « A2 », on enregistre 54,2 mS/cm en hiver, 54,9 mS/cm au printemps, 54,0 mS/cm en été et 54,8 mS/cm en automne.

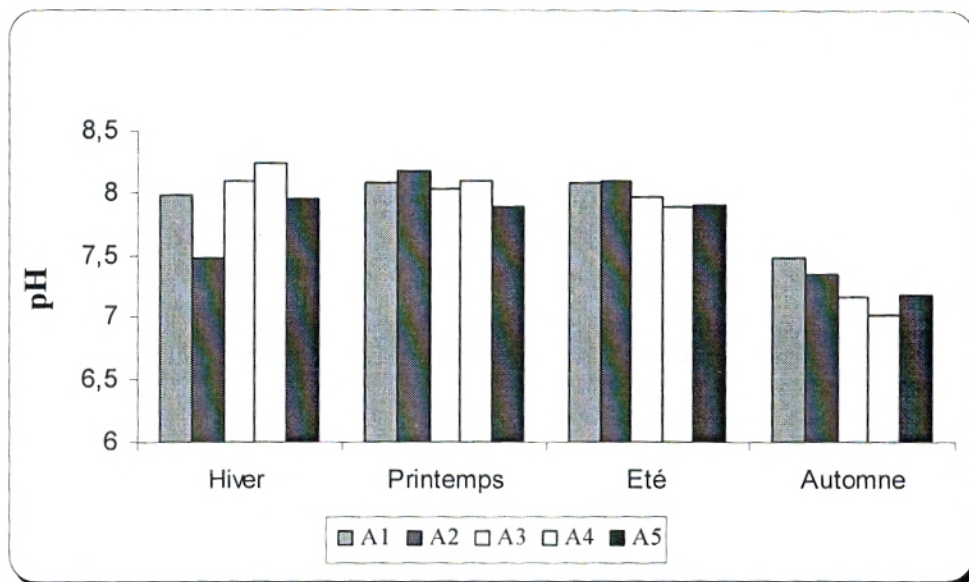
Le point « A3 » on enregistre 54,8 mS/cm en hiver, 54,3 mS/cm au printemps, 53,7 mS/cm en été et 54,8 mS/cm en automne.

Le point « A4 » on enregistre 54,8 mS/cm en hiver, 54,7 mS/cm au printemps, 52,3 mS/cm en été et 54,7 mS/cm en automne.

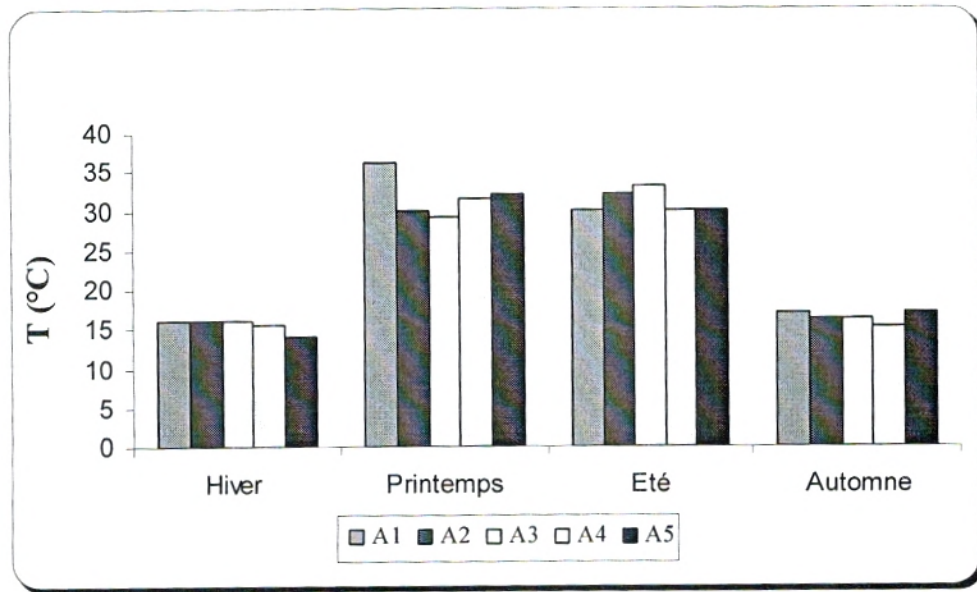
Le point « A5 » on enregistre 55 mS/cm en hiver, 55 mS/cm au printemps, 53,2 mS/cm en été et 54,2 mS/cm en automne.

- Variations temporelles des paramètres physico chimiques :

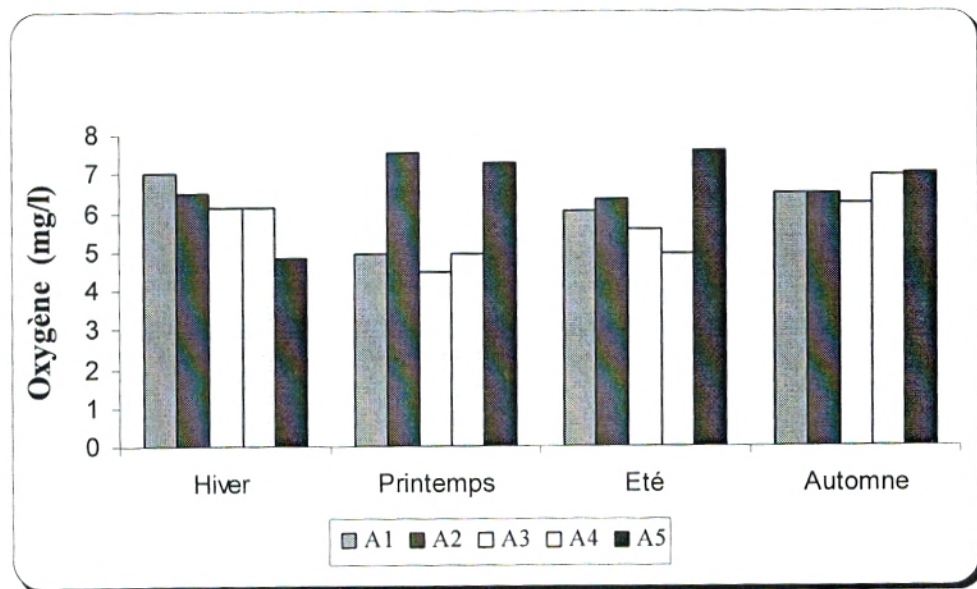
Les résultats des variations temporelles des teneurs métalliques sont présenté de la même manière :



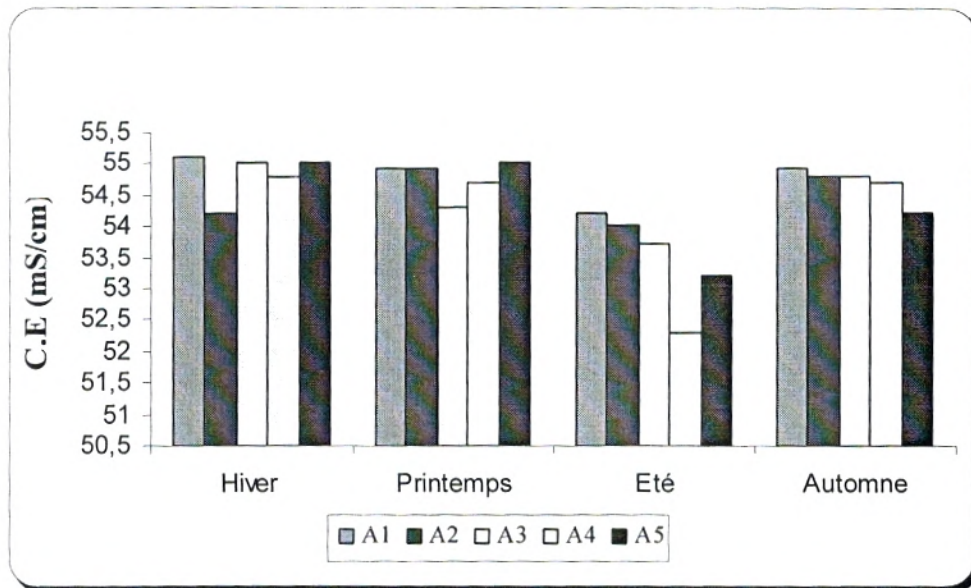
**Fig.V-5 :** Variations temporelles du pH du littoral de Béni Saf



**Fig.V-6 :** Variations temporelles des températures du littoral de Béni Saf



**Fig.V-7 :** Variations temporelles de l'oxygène du littoral de Béni Saf



**Fig.V-8 :** Variations temporelles de la conductivité électrique du littoral de Béni Saf

**pH :**

Durant la période d'échantillonnage le pH enregistré durant l'année montre peu de variations entre le port et la plage. Il varie de 7,48 à 8,24 dans la saison d'hiver. Au printemps le pH varie de 7,88 à 8,17. En été et en automne nous notons une variation légèrement différente variant successivement de 7,88 à 8,09 et de 7,03 à 7,47.

**Température :**

La température évolue en hiver de 14 à 16 °C dans le port et la plage à partir du 08 au 16 Mars 2006. Pour l'eau de mer celle-ci varie de 16 à 20°C.

Nous relevons une variation de 29 à 36 °C pour la saison printanière.

En été les températures sont beaucoup plus élevées, elles oscillent entre 30 et 33 °C et diminuent pendant la saison d'Automne (15 et 17 °C).

**Oxygène dissous :**

Selon Bontoux (1993), une baisse du taux d'oxygène dissout dans l'eau est souvent l'indice de pollution organique. Globalement les valeurs sont relativement faibles, elles varient

de 4.84 à 7 mg/l en hiver. Au printemps l'oxygène varie de 4.46 à 7.55 entre 4.96 à 7.59 en été, et de 4.22 à 7.70 en automne. Nous constatons par ces variations observées dans le port et ses environs « plage », que l'élévation de l'oxygène dissout peut s'expliquer par l'intensité de l'activité de la photosynthèse auxquelles les végétaux récupèrent leur oxygène.

### **Conductivité électrique :**

La conductivité électrique constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau, une valeur élevée traduit une quantité importante de sels ionisables (Rodier, 1976). Elle s'exprime en milli Siemens par centimètre (mS/cm).

La mesure de la conductivité permet aussi d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissouts dans l'eau.

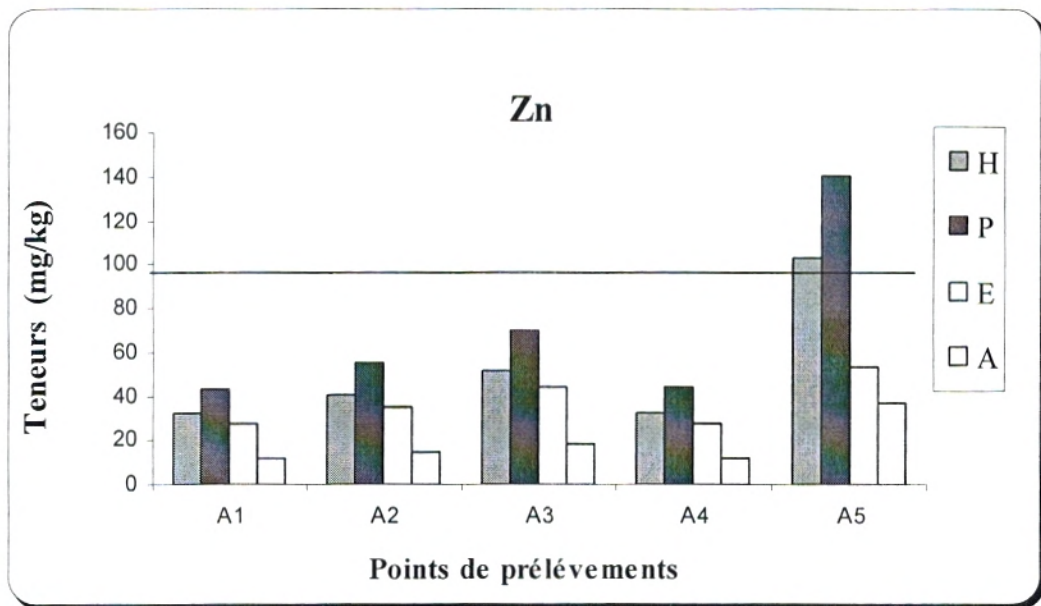
La conductivité dans cette zone varie très peu entre la saison d'hiver et celle de printemps (de 54,2 à 55 mS/cm), pour les deux autres saisons (été et automne) elles oscillent respectivement entre 52.3 et 54.2 et 54.2 à 54.9 mS/cm.

**V-1-2 Sédiments :**

Les figures (V-9-a, V-9-b, V-9-c, V-9-d, V-9-e, V-10-a, V-10-b, V-10-c, V-10-d, V-10-e ) montrent les résultats des variations spatiales et temporelles des teneurs métalliques pour les métaux (Zn, Cu, Fe, Cd et le Pb) obtenus à partir d'un grand nombre d'échantillons analysés par la SAA. Tous les résultats sont exprimés par rapport à une masse fixe d'échantillon sec. La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence (Shale) pour chaque élément dans les sédiments (ISMAL, 1994 et Abollino et *al.*, 2002). Le shale utilisés dans notre étude à été pris de la littérature.

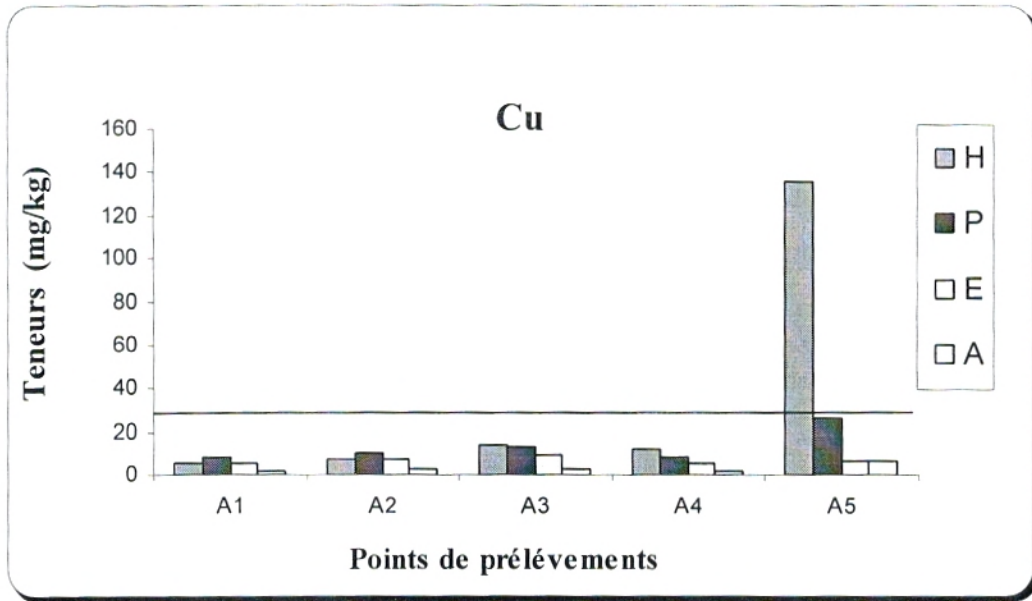
Nous avons représenté également en annexes 2 les tableaux des variations des teneurs métalliques dans les sédiments.

**Variations spatiales des teneurs métalliques :**

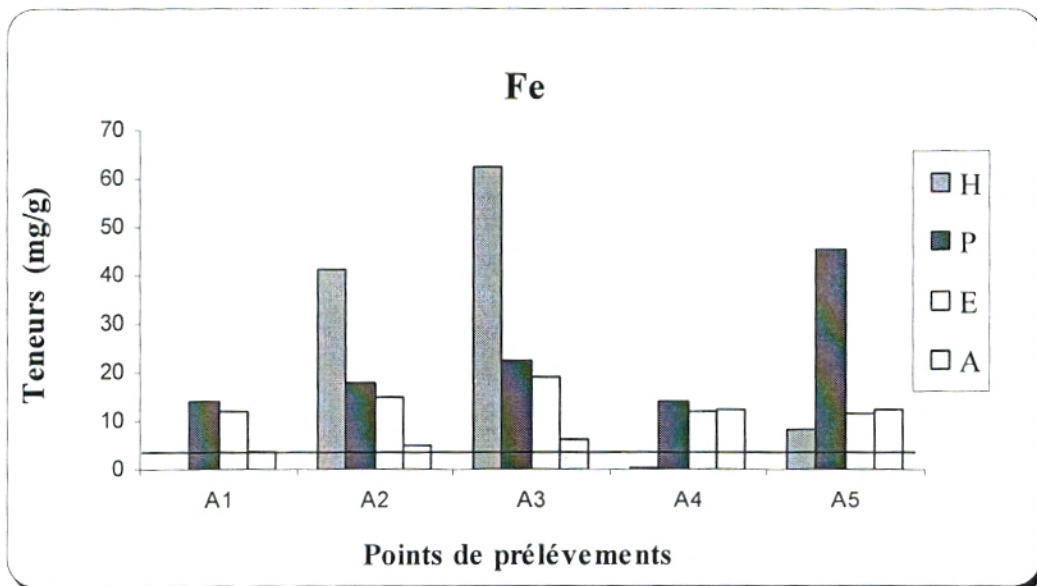


**Fig. V-9-a :** Variations spatiales des concentrations en zinc dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.

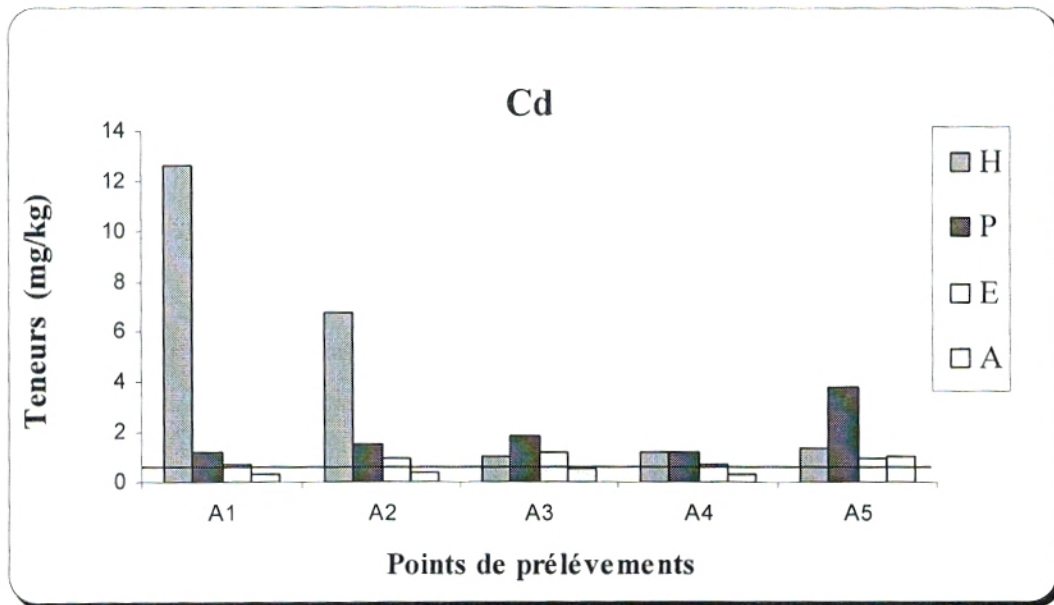




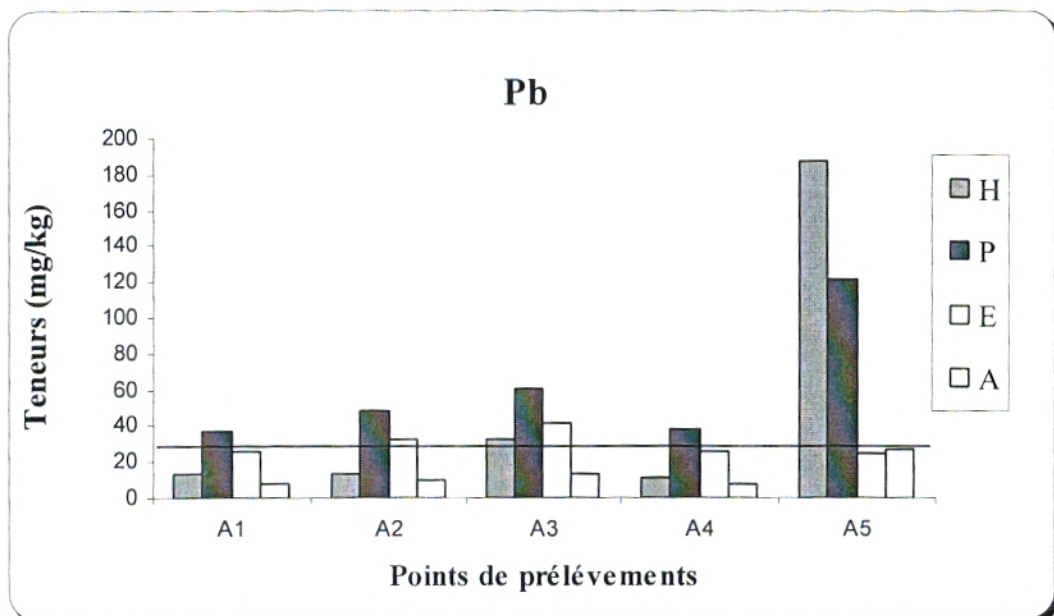
**Fig. V-9-b :** Variations spatiales des concentrations en cuivre dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.



**Fig. V-9-c :** Variations spatiales des concentrations en fer dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements



**Fig. V-9-d :** Variations spatiales des concentrations en cadmium dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements



**Fig. V-9-e :** Variations spatiales des concentrations en plomb dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.

**- Zinc :**

La figure (V-9-a) montre une accumulation très importante en Zn dans les sédiments localisés au centre du port «A5» elle est de 140,3 (mg/kg) au printemps, 103,35 en hiver, celle-ci diminue successivement pour atteindre 53,6 mg/kg en été et 37,2 mg/kg en automne.

Sur le point de prélèvement «A4» il est à remarquer que la teneur en Zn prélevée au printemps reste très élevée avec une valeur de 44.01mg/kg, puis elle baisse sensiblement pour atteindre 32,42 mg/kg en hiver, 27,8 mg/kg en été et 11,67 mg/kg en automne.

Dans le point «A3» après la jetée la valeur du Zn est élevée durant la saison printanière 69.6 mg/kg, puis elle diminue pour les autres saisons, 51,27 mg/kg en hiver, 43,97 mg/kg en été et 18,45 mg/kg en automne.

Au niveau du point «A2» l'élément Zn atteint le seuil maximum là aussi au printemps 55.36 mg/kg, et chute pour les autres saisons, 40,78 mg/kg en hiver, 34.97 mg/kg en été et 14.68 mg/kg en automne.

Dans le dernier point de prélèvement «A1» aquarium, cette concentration reste toujours élevée pendant le printemps 43,4 mg/kg, puis diminue lors des autres saisons, l'hiver 31,97 mg/kg, 27,42 mg/kg été et 11,51 mg/kg en automne.

Le zinc s'accumule davantage pendant printemps à travers tous les points de prélèvements. Il diminue progressivement de l'hiver à l'automne. Les valeurs de cette variable relevée au niveau du port dépassent la limite de référence ISMAL (1994) particulièrement en saison printanière.

**-Cuivre :**

Pour la figure (V-9-b) l'élément cuivre dans le point de prélèvement du port «A5» atteint son maximum en hiver 136,07 mg/kg, diminue considérablement pendant le printemps (25,08 mg/kg), en été (6,56 mg/kg) et 6,47 mg/kg en automne.

Sur le point «A4» il atteint son seuil maximum surtout en hiver 12.51 mg/kg, puis chute pour atteindre 8,09 mg/kg au printemps, 5,95 mg/kg en été et 2,03 mg/kg en automne.

Dans le point «A3» le cuivre atteint son seuil maximum en hiver 14,05 mg/kg, puis diminue comme suit : 12,8 au printemps, 9,42 en été et 3,21 en automne.

Dans « A2 » le cuivre s'accumule fortement au printemps 10,18 mg/kg. Il diminue sensiblement en hiver 7,26 mg/kg et en été 7,49 mg/kg pour atteindre 2,55 mg/kg en automne.

Pour le dernier point « A1 » cet élément atteint le maximum au printemps 7,98 mg/kg, puis diminue en été (5,87 mg/kg), en automne (2 mg/kg) et 5,53 mg/kg en hiver.

L'accumulation du cuivre connaît son maximum en hiver et son seuil minimum en automne cela dans les 3 points de prélèvements « A3, A4, A5 ».

### - Fer :

Concernant le Fe, il représente un élément majeur. Il est accumulé en grande quantité dans le port, cela peut s'expliquer par la proximité d'une ancienne mine de fer dans la région.

La teneur en fer accumulée dans le point du port « A5 » atteint sa valeur maximale au printemps avec 45,537 mg/g qui s'abaisse dans les autres saisons, de 8,22 mg/g en hiver, 11,75 mg/g au printemps et 12,435 mg/g en automne.

Pour le point « A4 » le fer se concentre également au printemps et atteint son maximum d'environ 14,284 mg/g puis se limite à des valeurs inférieures 0,310 mg/g en hiver, 12,055 mg/g au printemps et 3,900 mg/g en automne.

Le point « A3 » (après la jetée) révèle des concentrations importantes surtout en hiver (62,477 mg/g) et au printemps (22,59 mg/g), ce qui n'est pas le cas pour les saisons d'été et d'automne, ces dernières se limitent à des valeurs faibles, 19,064 mg/g en été et 6,168 mg/g en automne.

Au niveau du point « A2 » les valeurs du fer sont toujours élevées en hiver et au printemps, ce n'est pas le cas pour les autres saisons, nous constatons des valeurs maximales 41,299 mg/g en hiver, 17,968 mg/g au printemps, 15,164 mg/g en été et 4,906 mg/g en automne.

Pour le dernier point « A1 » le fer atteint des teneurs beaucoup plus limitées que les autres points de prélèvements atteignant leurs maximums pendant le printemps (14,086 mg/g) puis diminue en hiver (0,139 mg/g). Cette différence de concentrations dans les cinq points de prélèvements est liée à la nature du milieu.

Les points « A2, A3 » présentent des teneurs assez importantes en fer par rapport autres points de prélèvements, s'expliquant par la proximité d'une ancienne mine de fer dans la région.

Les concentrations élevées représentées par le fer retrouvées dans cette zone sont dues à la nature du fond géochimique de la région (Benest et Elmi, 1978).

### **- Cadmium :**

Au niveau du point central du port « A5 » la valeur du cadmium atteint son maximum au printemps (3,81 mg/kg) puis s'abaisse considérablement en hiver de 1,39 mg/kg, 0,98 mg/kg en été et 1,08 mg/kg en automne.

Pour le point « A4 » les valeurs sont inférieures par rapport au centre du port (1,2 mg/kg) au printemps, 0,74 mg/kg en automne et 1,17 mg/kg en hiver.

Au niveau du point « A3 » les valeurs du cadmium semblent suivre les mêmes évolutions, pour le printemps (1,17mg/kg), en été (0,54 mg/kg), en automne et 1,025 mg/kg en hiver.

Le point « A2 » mobilise une concentration importante en cadmium 6,74 mg/kg en hiver, qui diminue pour atteindre 1,5 1 mg/kg au printemps, 0,93 mg/kg en été et 0,43 mg/kg en automne.

Sur le point « A1 » le cadmium continue de s'abaisser de la même manière par rapport au point « A2 », notamment en hiver (12,61 mg/kg) au niveau de l'aquarium et diminue considérablement au printemps (1,18 mg/kg), en été 0,73 mg/kg et en automne (0,34 mg/kg).

Les plus grandes valeurs du cadmium s'observent au niveau du point « A1 et A2 » particulièrement dans la saison hivernale, qui dépasse largement la limite de référence (I.S.M.A.L., 1994).

### **- Plomb :**

Le plomb accumulé au niveau du port « A5 » connaît son seuil maximum en hiver (187,38 mg/kg) puis diminue pendant le printemps (121,23 mg/kg), l'automne (26,6 mg/kg) pour atteindre son niveau le plus bas en été (24,61 mg/kg).

Sur le point « A4 » les valeurs du plomb sont nettement moins élevées par rapport au point « A5 ». Cet élément s'élève au maximum au printemps (38,03 mg/kg) pour connaître ensuite des baisses successives durant les autres saisons, en été (26,1 mg/kg), 10,81 en hiver et 8,34 mg/kg en automne.

Les valeurs relevées sur ce point « A3 » sont beaucoup moins élevées par rapport au point « A5 ». Le maximum est atteint au printemps (60,14 mg/kg), puis chutent successivement au cours des autres saisons, 41, 27 mg/kg en été, 32,09 mg/kg en hiver et 13,2 mg/kg en automne.

La figure (V-9-e) montre des teneurs en plomb qui dépassent la limite de référence pour l'ensemble des saisons, les plus élevées appartiennent aux saisons hivernale et printanière au niveau du port « A5 ».

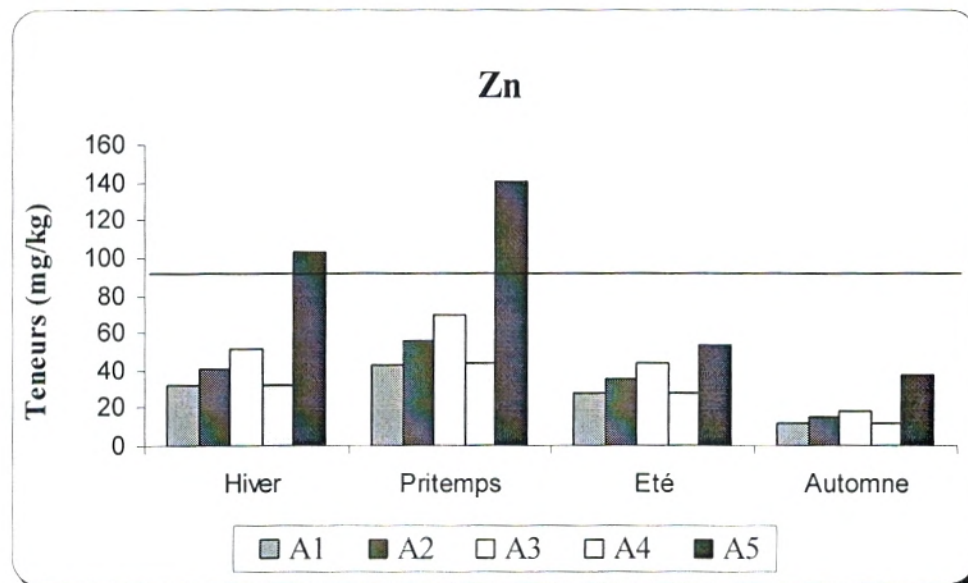
On constate que les trois points du port (A3, A4, A5) mobilisent de fortes concentrations en plomb par rapport aux autres points de la plage « A1, A2 ».

La tendance d'accumulation des métaux dans les sédiments est représentée par le gradient :

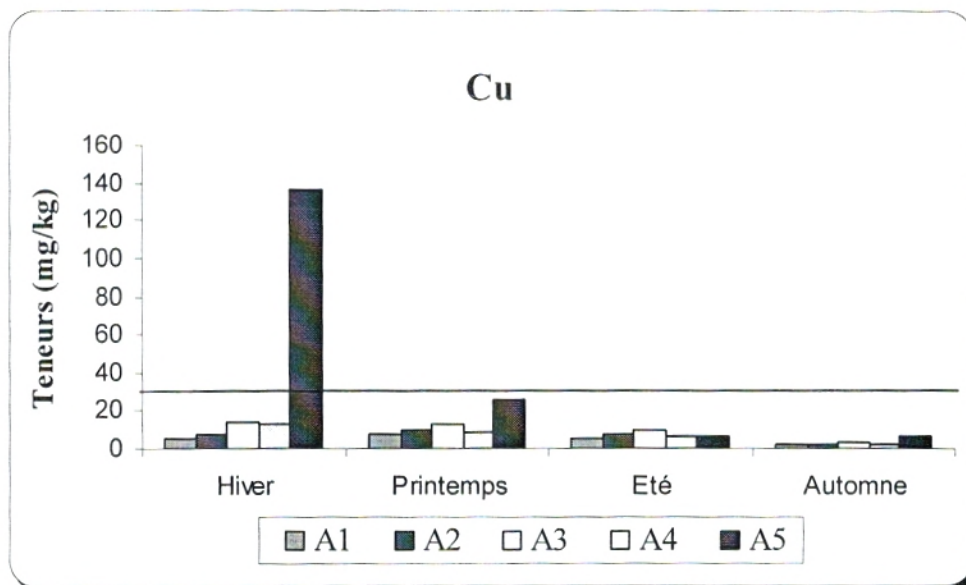


- Variations temporelles des teneurs métalliques :

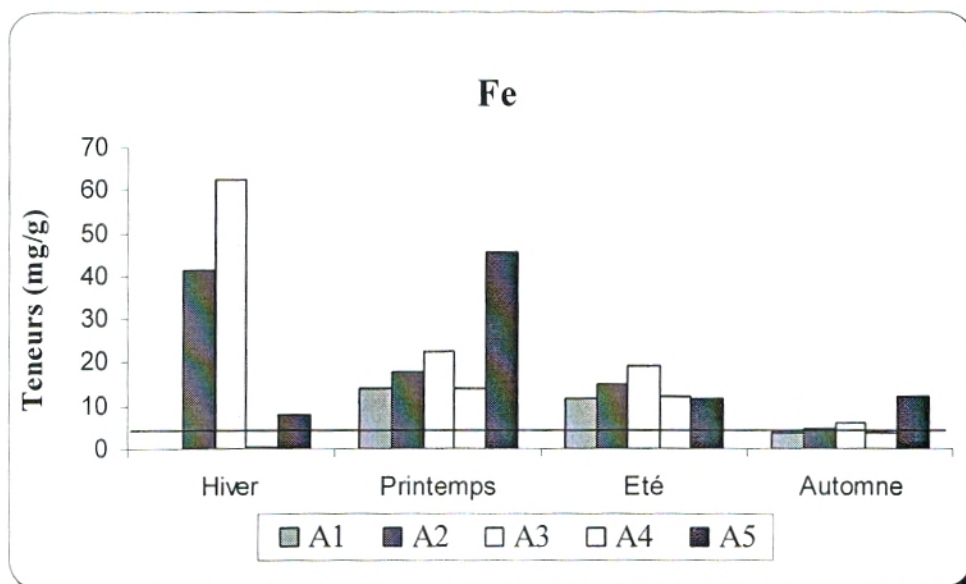
Les résultats des variations temporelles sont représentés de la même manière dans les figures comme suit :



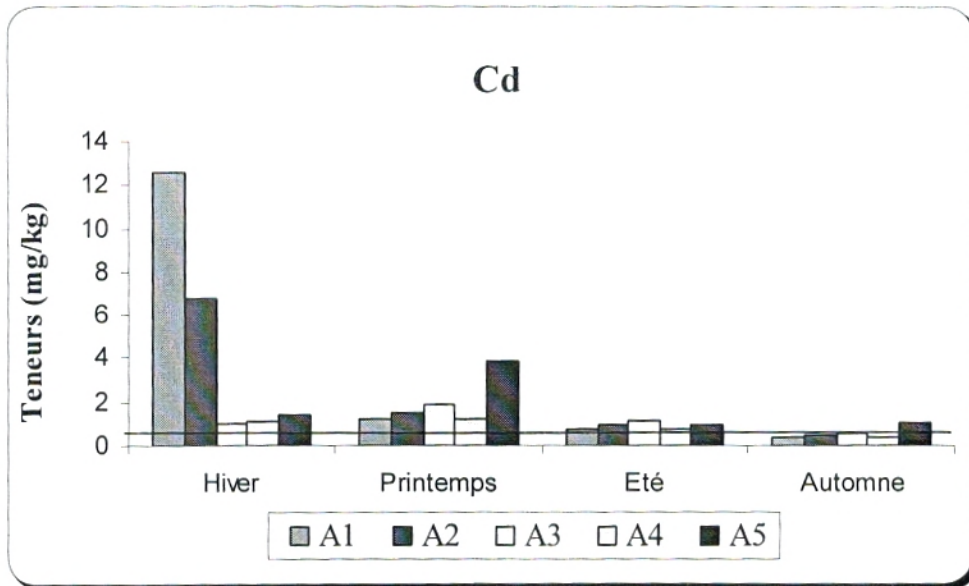
**Fig. V-10-a :** Variations temporelles des concentrations en zinc dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.



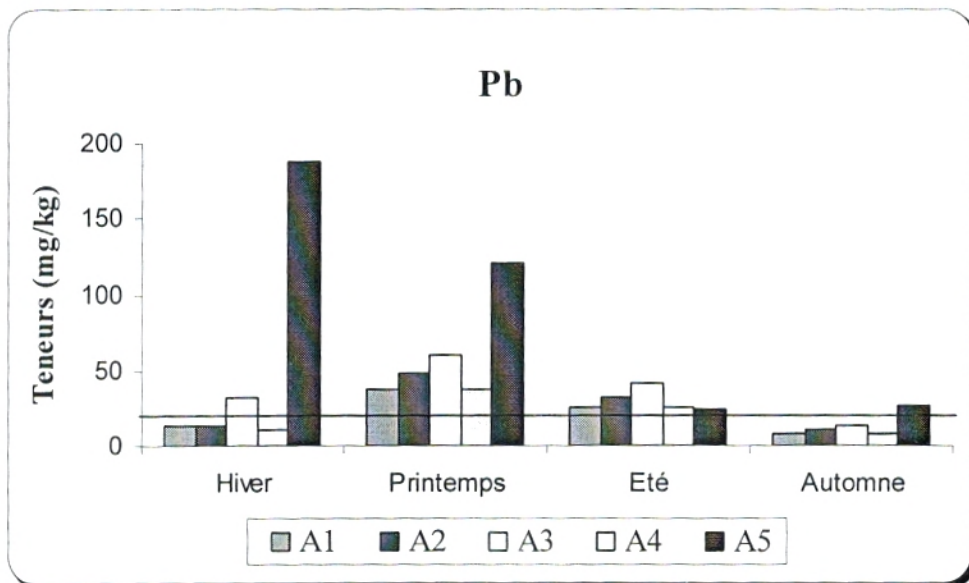
**Fig. V-10-b :** Variations temporelles des concentrations en cuivre dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.



**Fig. V-10-c :** Variations temporelles des concentrations en fer dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.



**Fig. V-10-d :** Variations temporelles des concentrations en cadmium dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements.



**Fig. V-10-e :** Variations temporelles des concentrations en plomb dans les sédiments du littoral de Béni Saf dans les cinq points de prélèvements



Dans la figure V-10-a, les résultats observés en zinc dans les sédiments révèlent des concentrations assez importantes pendant le printemps par rapport aux autres saisons, dont la valeur la plus élevée dépasse la limite de référence (I.S.M.A.L., 1994), celle-ci est constatée au centre du port point « A5 » 140,3 (mg/kg).

Concernant la figure V-10-b, les résultats observés pour le cuivre sont les mêmes que les précédents, avec autant d'accumulation dans les saison d'hiver et de printemps, dont la plus grande valeur est celle de l'hiver 136,07 (mg/kg), celle-ci dépasse aussi la limite référence.

Pour la figure V-10-c, les résultats constatés pour le fer qu'est un élément de constitution, nous révèlent des concentrations importantes en hiver et au printemps, dont la plus grande valeur est constatée en hiver 62,477 (mg/kg) (point « A3 »), celle-ci dépasse la valeur de référence (Abollino et *al.*, 2002) .

Les résultats observés dans la figure V-10-d, nous révèlent des concentrations importantes en cadmium pour les quatre saisons, celles-ci dépassent la limite de référence. Par ailleurs la plus grande valeur est obtenue en hiver (point « A1 ») 12,61 (mg/kg), dépassant largement celle du printemps 3,81 (mg/kg) point « A5 ».

Dans la figure V-10-e, l'accumulation du plomb dans les sédiments de la région se révèle très importante dans le port « A5 ». Celle-ci est constatée surtout en hiver avec 187,38 (mg/kg) et en printemps 121,23 (mg/kg). Ces valeurs dépassent la limite de référence.

La tendance d'accumulation des métaux dans les sédiments par rapport aux saisons est représentée par le gradient comme suit :

**Fe>Zn>Pb>Cu>Cd**

#### **V-1-2-1 Indice de pollution :**

Les sédiments présentent des concentrations en métaux naturels appelés concentrations de référence, celle-ci varie d'un milieu marin à un autre en fonction de la nature du fond géologique. La présence d'un gisement métallique est un des facteurs influençant parfois des concentrations naturelles (Al-Shukry et *al.*, 1992).

Pour optimiser nos résultats, nous avons calculé un indice de pollution en s'inspirant des références naturelles des (sédiments vaseux) établie par Turekian et Wedpohl, (1961) et ceci afin de mieux juger le niveau de pollution globale dans la zone côtière de Béni Saf.

$$\text{IP} = \text{Concentration expérimentales} / \text{Concentrations naturelles}$$

**Zinc** : 95 mg/kg ;

**Cuivre** : 45 mg/kg ;

**Fer** : 60 mg/kg ;

**Cadmium**: 0,3 mg/kg ;

**Plomb**: 20 mg/kg.

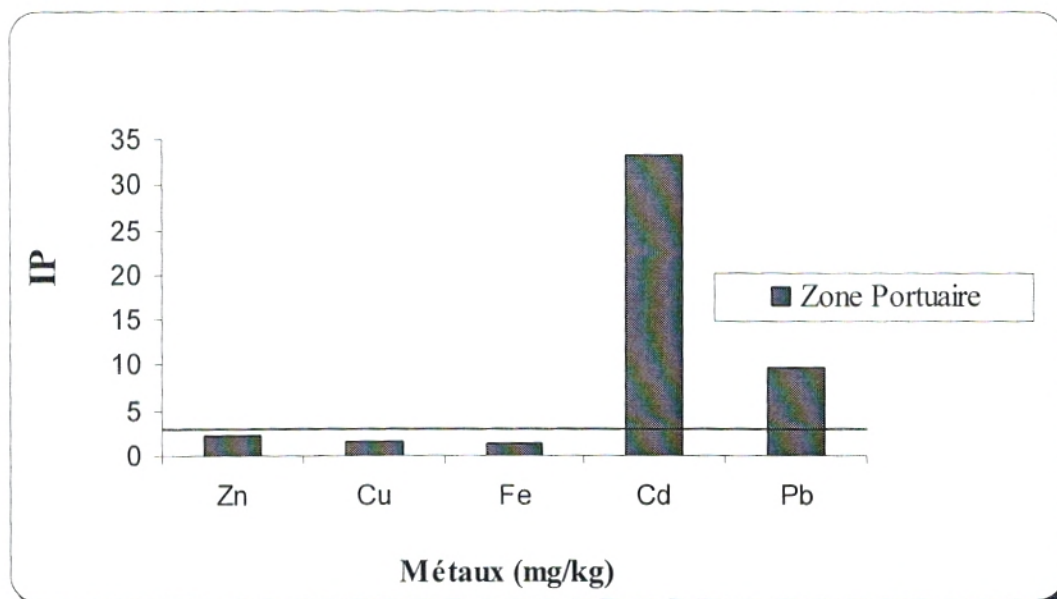
Ce niveau de référence nous permet de prédire la biodisponibilité et la toxicité des contaminants sédimentaires.

Selon Mouvet (1986), l'état de la pollution peut être classée comme suit :

<b>IP &lt; 3</b>	Situation normale
<b>3 &lt; IP &lt; 10</b>	Cas de pollution
<b>IP &gt; 10</b>	Zone de risque

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure V-11. Les résultats de cet indice nous ont permis de constater une pollution par le cadmium qui dépasse largement 10 et le plomb dépassant le niveau 3. Ceci peut s'expliquer par les variations des rejets accumulés dans le port et dans la plage, qui peuvent être d'origine urbaines et industrielles.

Nous pouvons déduire que la zone côtière de Béni Saf n'échappe pas à une source de contamination par les métaux (Cadmium, et le plomb) au cours de l'année.



**Fig.V-11:** Résultats de l'indice de pollution (IP) dans les sédiments du littoral de Béni Saf

Nous pouvons expliquer ceci par les activités portuaires sur lesquelles naviguent quotidiennement quelques centaines d'embarcations de pêches, sans oublier les variétés de déchets et de matières plastiques rejetés dans le port comme les peintures anti-salissures. Ces dernières couvrent les coques d'embarcations peuvent représenter une importante source de pollution en métaux.

#### V-1-2-2 Comparaison des résultats avec ceux de la littérature :

Dans le tableau ci-dessous nous avons rassemblé nos résultats des sédiments et nous les avons comparés avec d'autres travaux de la littérature (Voir : Tab V-5).

**Tableau N°V-5 :** Comparaisons des concentrations moyennes des métaux lourds dans les sédiments marins avec ceux de la littérature (mg/kg poids sec).

Zones marines	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb	Références
- Afrique du nord	12-14	35-51	1,1 – 4,5 (10 <sup>6</sup> )	2,02-3,20	/	F.A.O.,1988
-Egypte (Méditerranée)	24,1	35,4	1470	2,18	/	Saad et al., 1981
- Italie	17,603	28,916	3,954	/	11,563	Abollino et al., 2002
-Algérie	26	88	/	0,6	22	I.S.M.A.L., 1994
-Espagne	105	531	/	1,8	219	Aceveco et al., 2006
-Ghazaouet	39,95	1572,80	1,906 (mg/g)	1,95	31,950	Belhadj H., 2008
<b>-Béni Saf</b>	<b>72,96</b>	<b>223,43</b>	<b>82,027</b> <b>(mg/g)</b>	<b>9,95</b>	<b>195,018</b>	<b>Notre étude,</b> <b>2008</b>
-Normes environnementale	22,5	138	/	0,6	50	GEODE., 1996
-Normes Naturelles (Italie)	45	95	60 000	0,3	20	Turekian et Wedpohl, 1961)

Les valeurs observées dans le tableau ci-dessus, présentent des niveaux d'accumulations métalliques qui ont réellement augmenté dans les différentes régions.

### V-1-3 Teneurs moyennes des métaux lourds dans la flore aquatique :

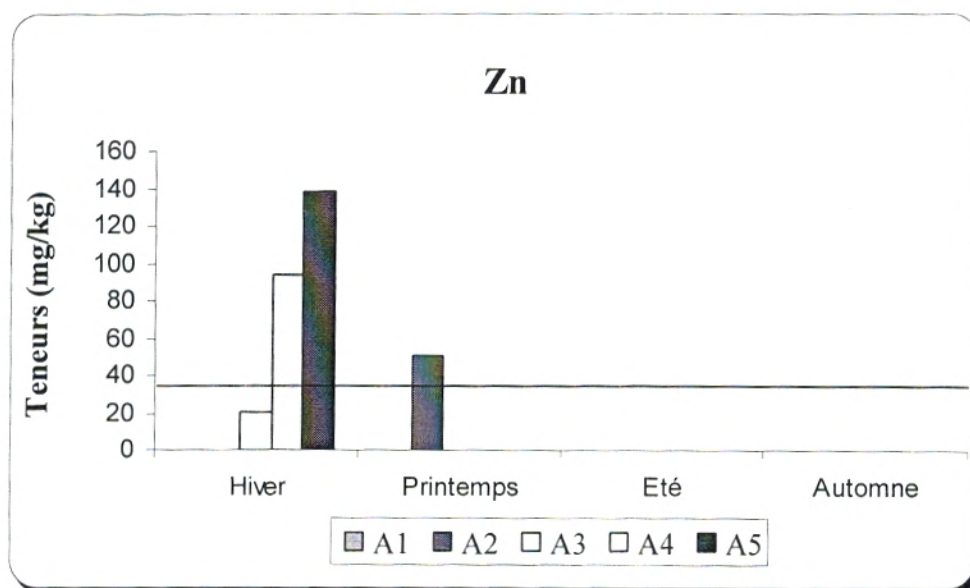
Tous les résultats des teneurs métalliques obtenus sont à partir d'un grand nombre d'échantillons analysés par la SAA et sont exprimés par rapport à une masse fixe d'échantillon sec. Nous avons représenté les figures ci-dessous par des variations spatiales et temporelles pour les cinq métaux (Zn, Cu, Fe, Cd et le Pb) chez l'enteromorphe et la coralline, ce qui n'a pas été approuver pour l'ulve, les résultats de celle-ci n'ont pas été suffisants.

La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence (Shale) pour chaque élément dans les algues d'après FAO, (1988).

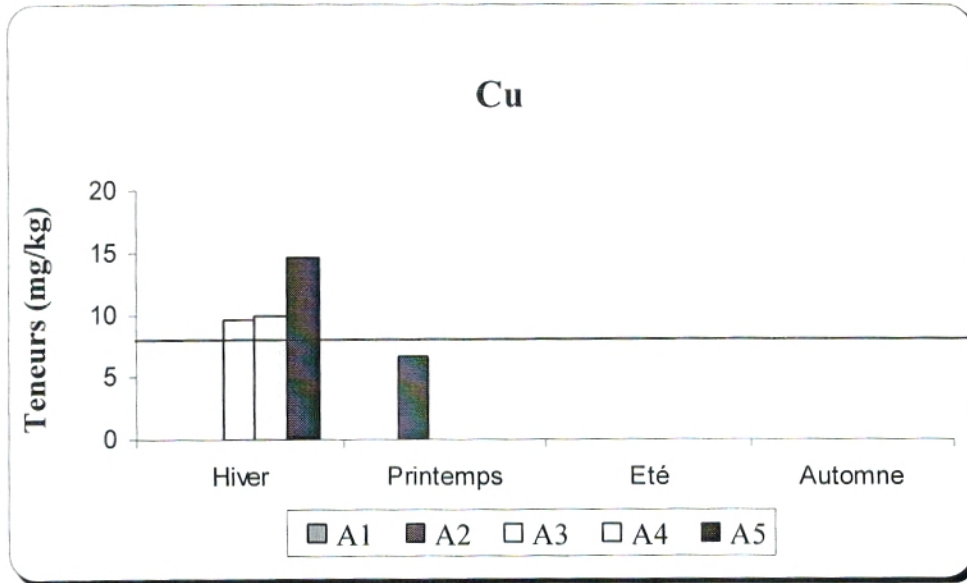
Nous avons représentés également en annexes 3 les tableaux des variations des teneurs métalliques dans la flore aquatiques.

#### a) Ulve :

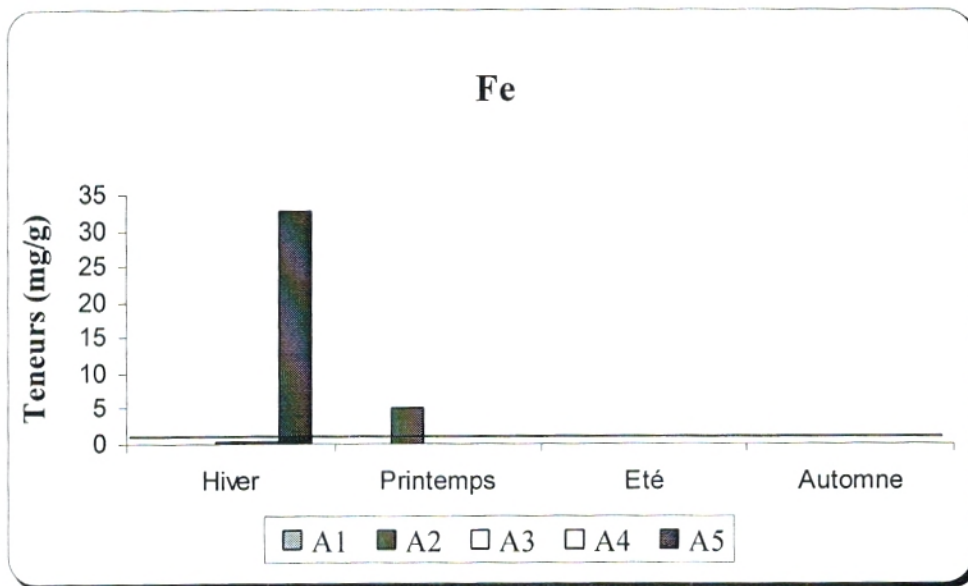
Les figures (V-12-a, V-12-b, V-12-c, V-12-d, V-12-e) montrent les résultats des teneurs métalliques comme suit :



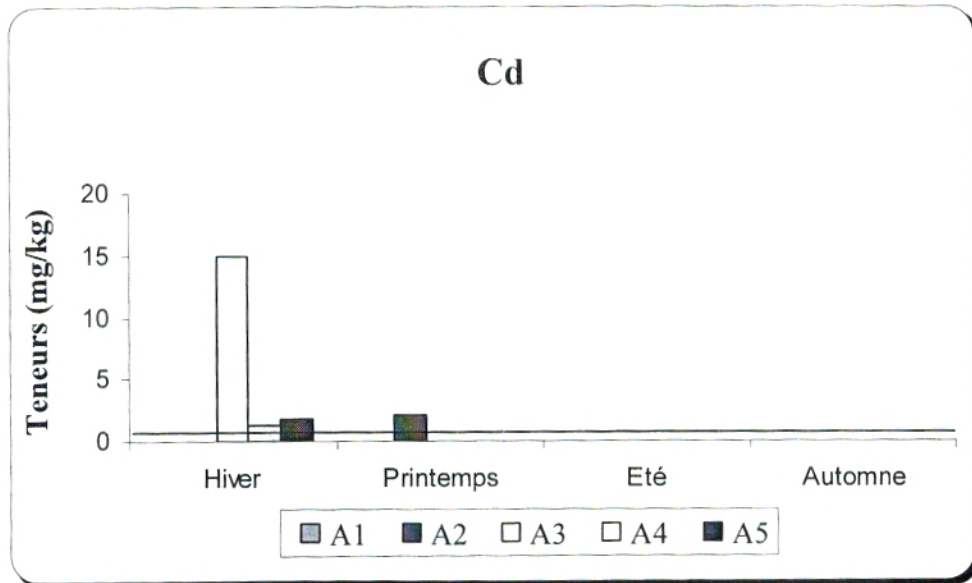
**Fig. V-12-a :** Variations temporelles des concentrations en zinc chez l'ulve dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



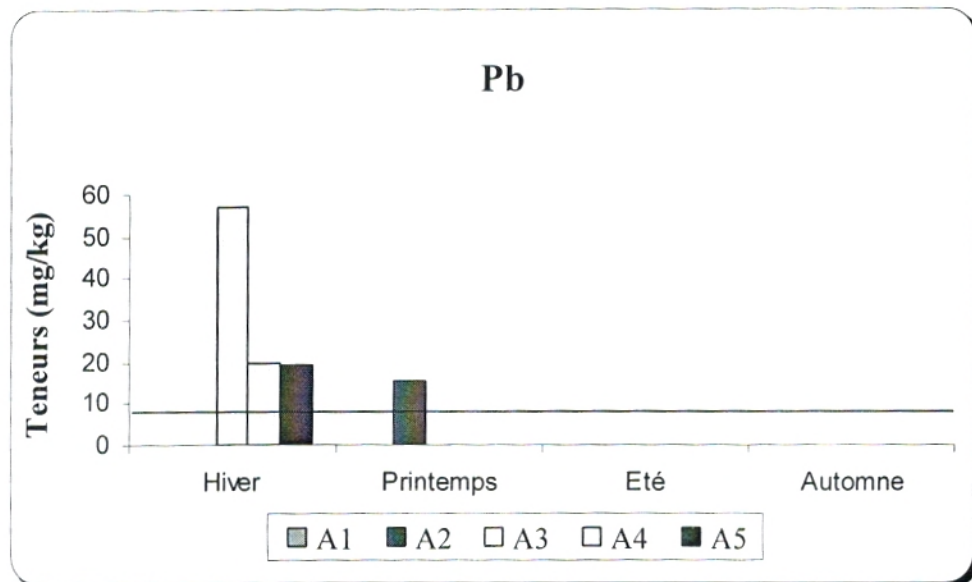
**Fig. V-12-b :** Variations temporelles des concentrations en cuivre chez l’ulve dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-12-c :** Variations temporelles des concentrations en fer chez l’ulve dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-12-d :** Variations temporelles des concentrations en cadmium chez l’ulve dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-12-e :** Variations temporelles des concentrations en plomb chez l’ulve dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

**- Zinc :**

Les résultats obtenus pour l'ulve dans la saison d'hiver sont incomplets dans certains points de prélèvements et pendant les autres saisons. Nous pouvons l'expliquer par sa son absence dans certains points de prélèvements lors de la récolte.

Nous avons pu constater dans la figure (V-12-a), qu'au niveau du centre du port « A5 », l'ulve accumule la valeur la plus élevée en zinc 138,77 (mg/kg) dans la saison d'hiver, mais cela n'est pas le cas en printemps 50,33 (mg/kg) pour « A2 » (derrière le port). Ces derniers dépassent la limite de référence.

Pour les environs du port « A3, A4 » l'espèce en question accumule respectivement des valeurs de 29,54 (mg/kg) et 94,39 (mg/kg) de zinc en hiver.

Nous avons constatés que l'ulve accuse un niveau d'accumulation important dans les trois points du port pendant les saisons d'hiver et de printemps, cela est révélateur par rapport à la limite de référence (F.A.O., 1988). Nous pouvons expliqué ceci par les émissions gazeuses qui viennent des fonderies et des usines de cimenterie (Tonneau, 2003).

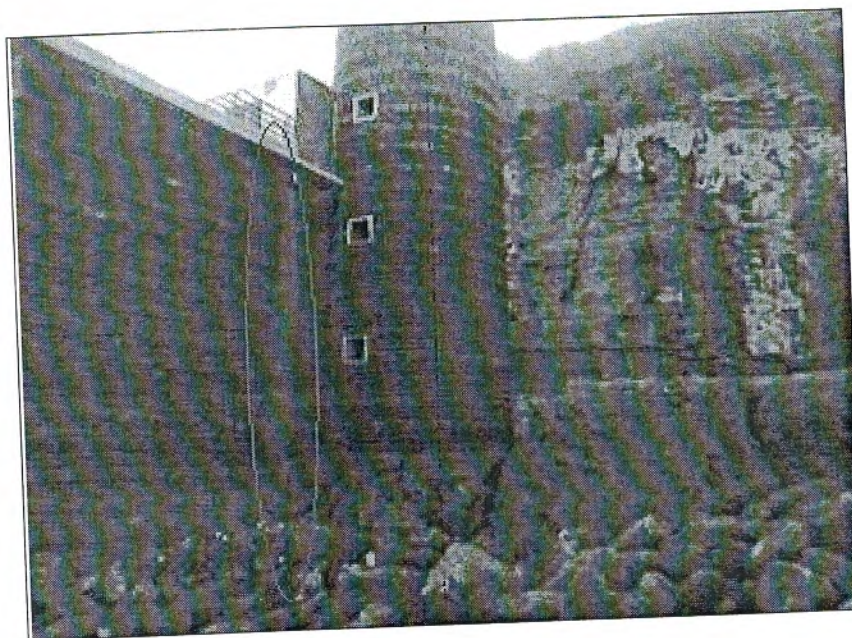
**- Cuivre :**

Les résultats obtenus en hiver montrent un niveau important en cuivre pour les trois points de prélèvements du port : 14,64 mg/kg pour « A5 », 9,94 mg/kg pour « A4 » et 9,52 mg/kg pour « A3 », ces derniers dépassent la limite de référence.

Les résultats obtenus pour la saison de printemps ont été observés uniquement pour le point « A2 » qui contourne le port 6,71 (mg/kg), cette valeur est inférieure à la limite de référence. Nous pouvons constater que dans la saison d'hiver l'ulve accumule des concentrations assez importantes en cuivre dans le port.

L'absence de l'ulve au niveau du point « A1 » peut être expliquée par l'absence de la lumière au niveau de l'aquarium. Cette dernière est un facteur limitant pour la croissance de l'espèce en question, sans oublier pour autant la présence d'une pollution urbaine qui règne dans ce milieu (Fig. V-13).





**Fig. V-13 :** Présentation de l'état de l'aquarium  
(06/01/2007)

**- Fer :**

Les résultats observés en hiver révèlent la plus grande valeur en fer dans le port « A5 » 32,697 (mg/g), 0,333 (mg/g) pour « A4 » et 0,253 (mg/g) pour « A3 ». Par ailleurs dans la saison de printemps le fer augmente sensiblement pour « A2 » 4,995 (mg/g) par rapport aux points précédents.

Il est à remarquer que les valeurs des points « A5, A2 » dépassent la limite référence dans les deux saisons (hiver et printemps).

**- Cadmium :**

Le point de la jetée « A3 » accuse la plus grande valeur en cadmium 14,98 (mg/kg) en saison d'hiver, néanmoins « A2 » atteint une valeur inférieure 2,05 (mg/kg) au printemps. Ces dernières dépassent la limite de référence.

Nous constatons également qu'au niveau de la jetée « A3 », l'ulve accumule en hiver d'avantage de cadmium par rapport aux points « A4, A5 ».

Nous réalisons, par ailleurs que l'espèce en question, accumule des concentrations importantes en cadmium dans les trois points du port qui dépassent les valeurs de références, dont la limite est inférieure à 0.2 (<0,2 µg/g) (F.A.O., 1988).

L'absence de cette espèce lors de nos récoltes en saison d'hiver et dans les points « A1, A2 », est peut être due à des rejets diverses d'origine urbaines, et à l'influence des déchets du port qui contamine l'environnement de la plage. Aussi son absence dans le port qui peut être due par l'intensité des rejets portuaires des multiples activités du transport maritime et les travaux de pêches. L'élévation de la température au printemps et la dégradation de certaines substances d'origines organiques et chimiques peut engendrer la diminution de la prolifération de l'ulve.

#### **- Plomb :**

Nous observons également, que dans la figure (V-12-e) l'ulve a tendance à accumuler des concentrations importantes de métaux dans la saison d'hiver que dans la saison de printemps. Le plomb accumulé dans le port accuse 57,14 (mg/kg) pour « A3 », 20,06 (mg/kg) pour « A4 » et 19,58 (mg/kg) pour le centre du port « A5 », ces derniers dépassent également les valeurs de références (F.A.O, 1988).

Nous constatons que l'ulve accumule le plomb à des concentrations variées dans la saison d'hiver, dont la plus grande se manifeste uniquement pour le point « A3 » : point de la jetée du port par rapport aux points « A4 » et « A5 », cela s'explique manifestement par les rejets de pigments et de peintures anti-salissures, batterie, autres appareils électriques, alliages et soudures. L'ulve accumule 15,28 (mg/kg) de plomb pour « A2 » en printemps. Cette valeur dépasse aussi la limite référence (F.A.O, 1988).

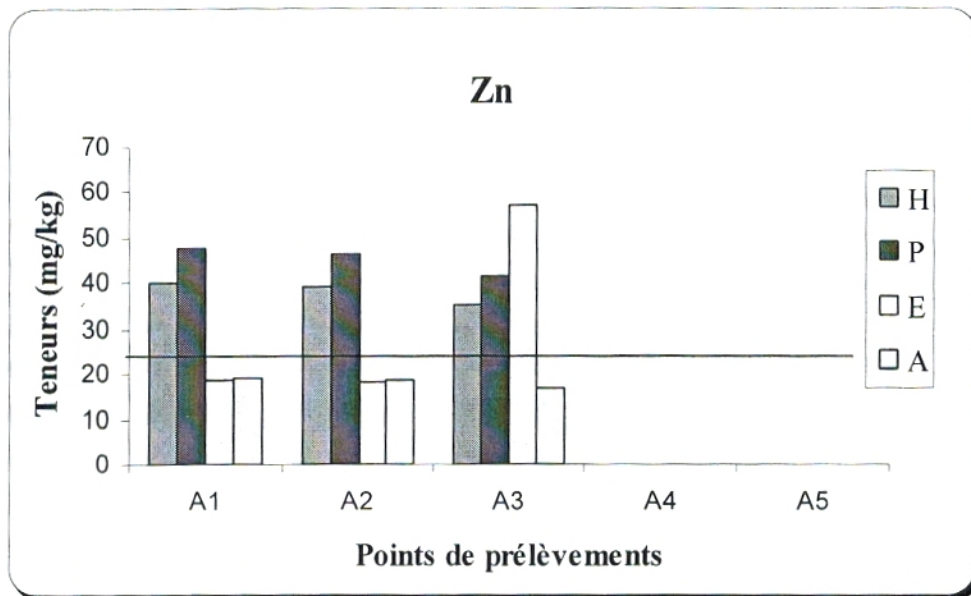
La tendance d'accumulation des métaux semble obéir au gradient suivant :



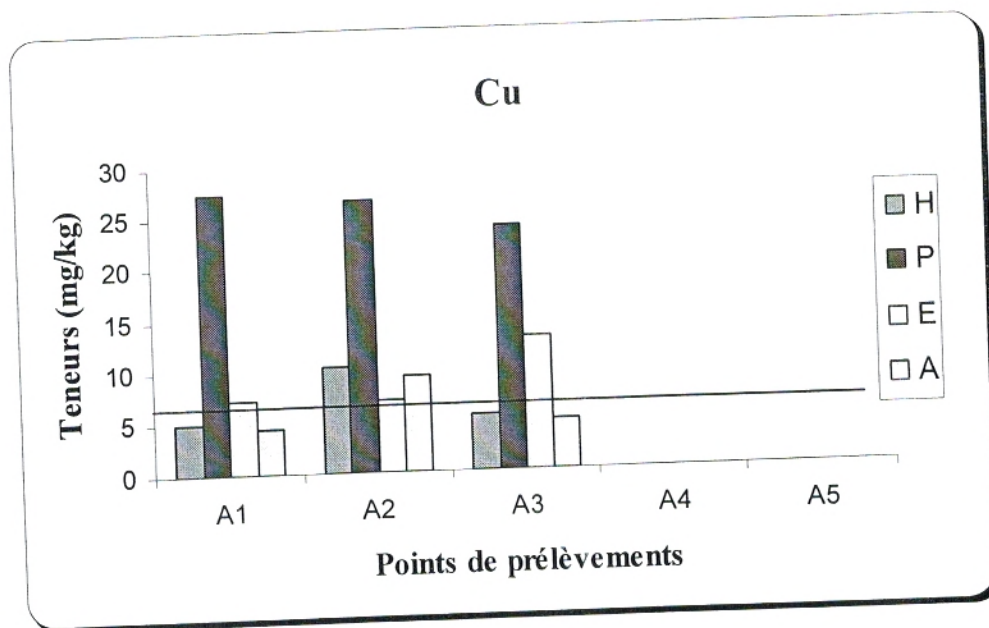
**b) Enteromorphe :**

**- Variations spatiales des teneurs métalliques :**

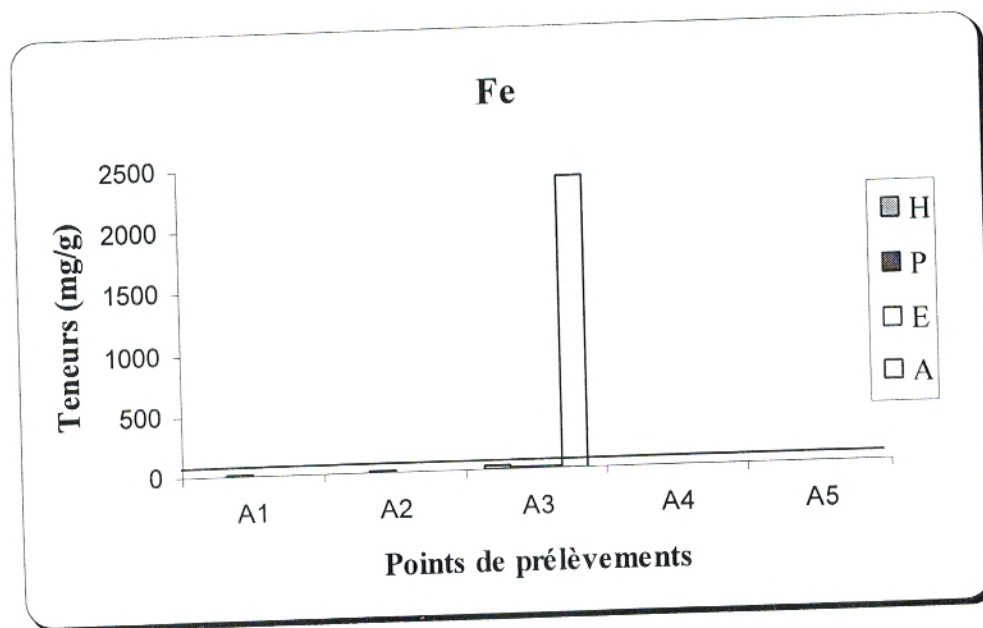
Les résultats spatiales des teneurs métalliques sont représentés dans les figures (V-14-a, V-14-b, V-14-c, V-14-d, V-14-e).



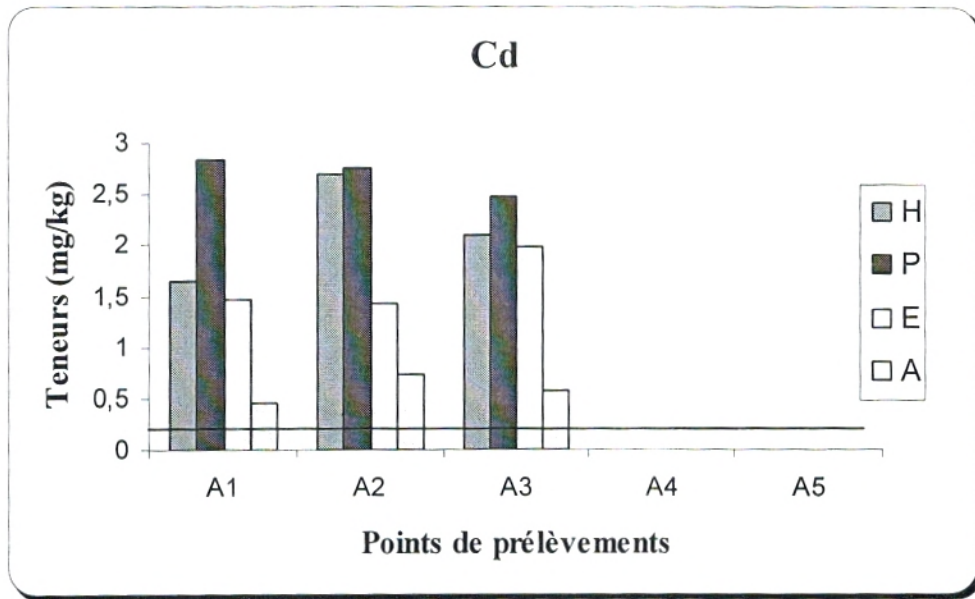
**Fig. V-14-a :** Variations spatiales des concentrations en zinc chez l'enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



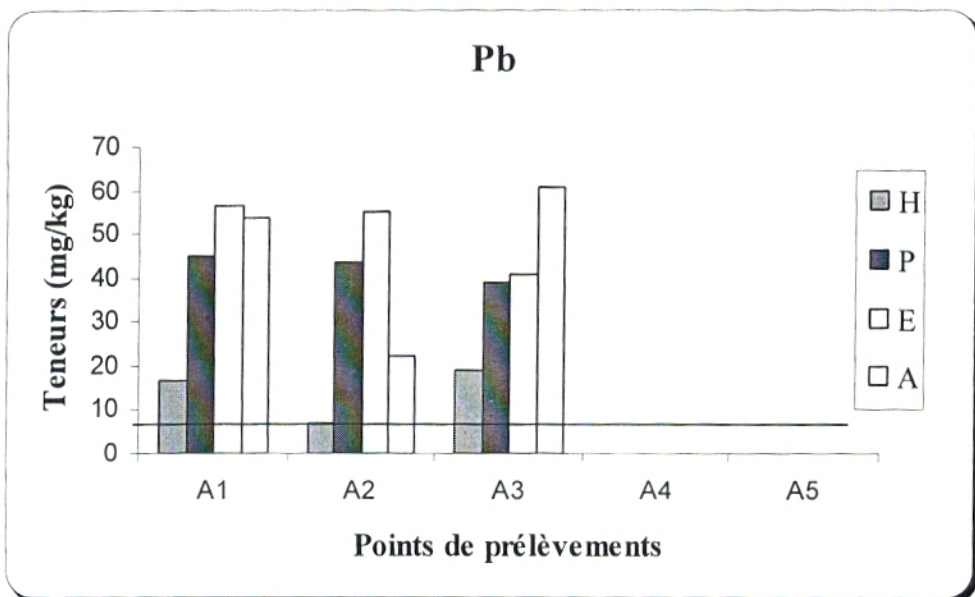
**Fig. V-14-b :** Variations spatiales des concentrations en cuivre chez l'enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-14-c :** Variations spatiales des concentrations en fer chez l'enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-14-d :** Variations spatiales des concentrations en cadmium chez l'enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-14-e :** Variations spatiales des concentrations en plomb chez l'enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

- **Zinc :**

Sur la figure V-14-a, les résultats des variations spatiales des teneurs en zinc accumulés chez l'enteromorphe varient d'un point à un autre et d'une saison à une autre sauf pour le point « A1 » et « A2 », ces derniers accumulent presque les mêmes teneurs.

On constate pour le point « A1 », la valeur la plus élevée 47,79 mg/kg au printemps qui dépassent la limite de référence (F.A.O.,1988) et la plus inférieure en été 18,93 mg/kg, aussi pour le point « A2 », 46,31 mg/kg au printemps qui dépassent aussi la limite de référence, en été 18,34 mg/kg, pour le point « A3 » 57,29 mg/kg en été dépassant également la limite de référence et 16,89 mg/kg en automne.

- **Cuivre :**

Sur la figure V-14-b, les résultats des variations spatiales des teneurs en cuivre varient également d'un point à un autre et d'une saison à une autre.

On constate pour le point « A1 » la valeur la plus élevée 27,41 mg/kg au printemps qui dépassent la limite de référence (F.A.O.,1988) et inférieure en automne 4,46 mg/kg, aussi pour le point « A2 », 26,56 mg/kg au printemps qui dépassent aussi la limite de référence et en automne 9,25 mg/kg, pour le point « A3 », 23,88 mg/kg au printemps et 4,82 mg/kg en automne.

- **Fer :**

Sur la figure V-14-c, les résultats des variations spatiales des teneurs en fer sont élevées essentiellement au niveau du point « A3 » 2376,5 mg/g en automne qui dépassent la limite de référence. On constate pour le point « A1 » la valeur la plus élevée 10,06 mg/g au printemps et la plus inférieure en automne 2,50 mg/g, aussi pour le point « A2 » 9,75 mg/g au printemps qui dépassent aussi la limite de référence et en automne 1,71 mg/g et pour le point « A3 » 41,07 mg/g en hiver et 8,7 mg/g au printemps.

- **Cadmium :**

Sur la figure V-14-d, les résultats des variations spatiales des teneurs en cadmium sont élevées dépassant tous la limite de référence.

On constate pour le point « A1 » la valeur la plus élevée 2,85 mg/kg au printemps et la plus inférieure en automne 0,45 mg/kg, aussi pour le point « A2 » 2,76 mg/kg au printemps qui dépassent aussi la limite de référence et en automne 0,74 mg/kg, pour le point « A3 » 2,48 mg/kg au printemps, et 0,57mg/kg en automne.

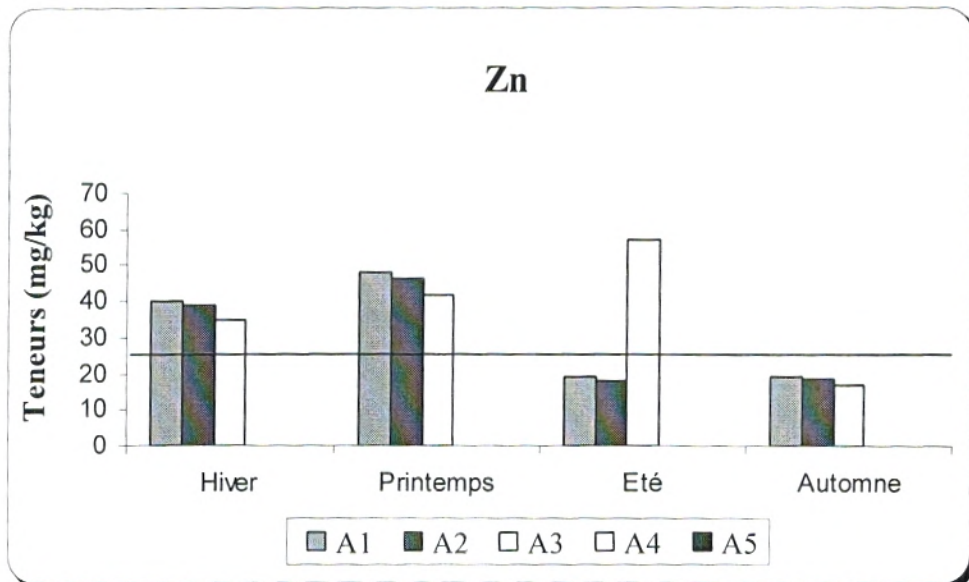
- **Plomb :**

Sur la figure V-14-e, les résultats des variations spatiales des teneurs en plomb sont élevées et dépassent aussi la limite de référence sauf pour le point « A2 » 6,84 mg/kg (hiver).

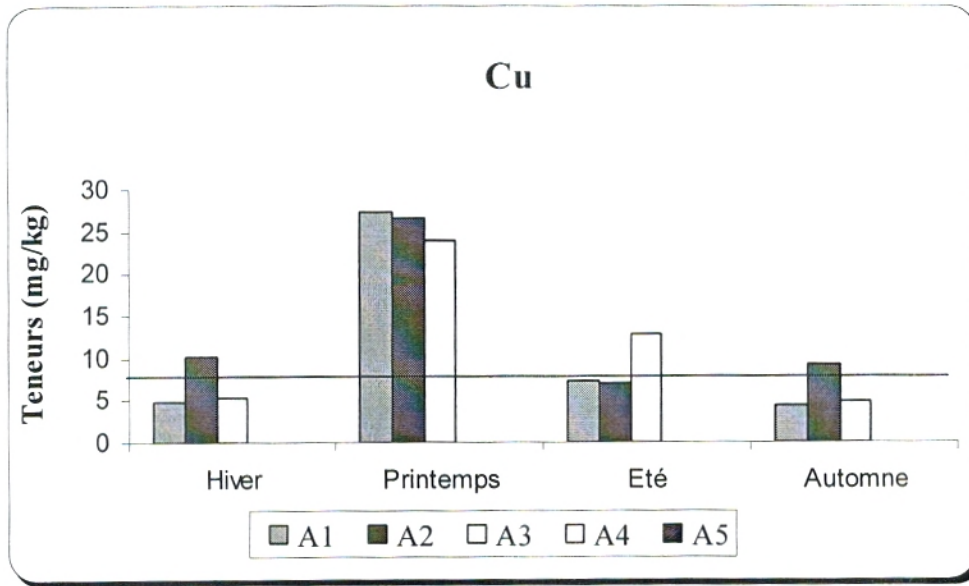
On constate pour le point « A1 », la valeur la plus élevée 56,78 mg/kg en été et la plus inférieure 16,68 mg/kg en hiver, aussi pour le point « A2 » 55,02 mg/kg en été et 6,84 mg/kg en hiver et pour le point « A3 » 60,89 mg/kg en automne et 18,91 mg/kg en hiver,

- **Variations temporelles des teneurs métalliques :**

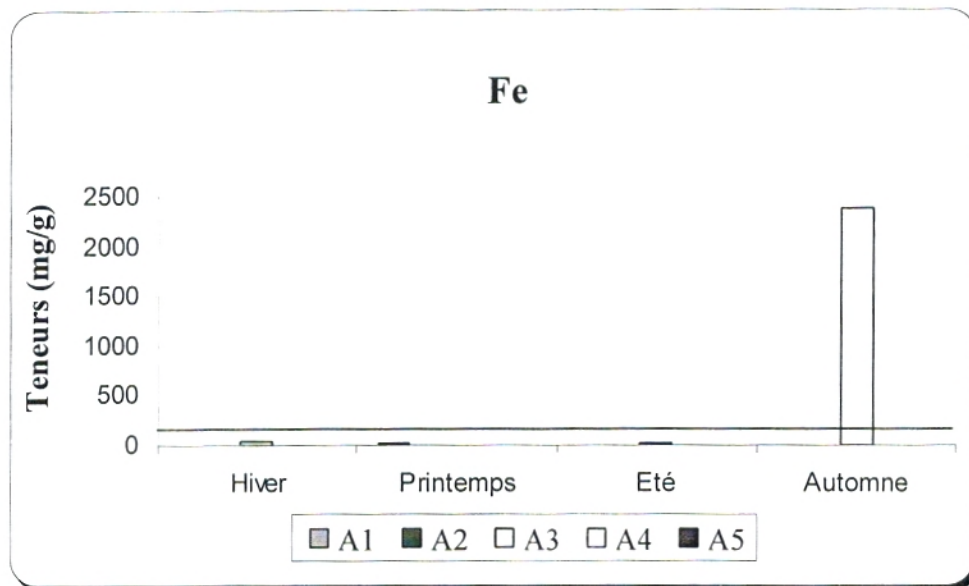
Les résultats temporelles des teneurs métalliques sont représentés dans les figures (V-15-a, V-15-b, V-15-c, V-15-d, V-15-e).



**Fig. V-15-a:** Variations temporelles des concentrations en zinc chez l’Enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

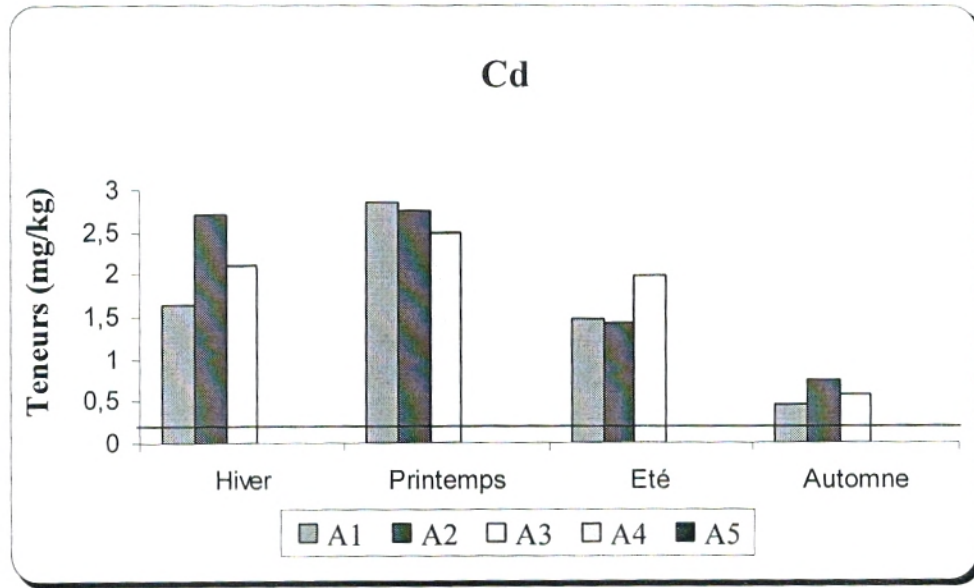


**Fig. V-15-b.:** Variations temporelles des concentrations en cuivre chez l'Enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

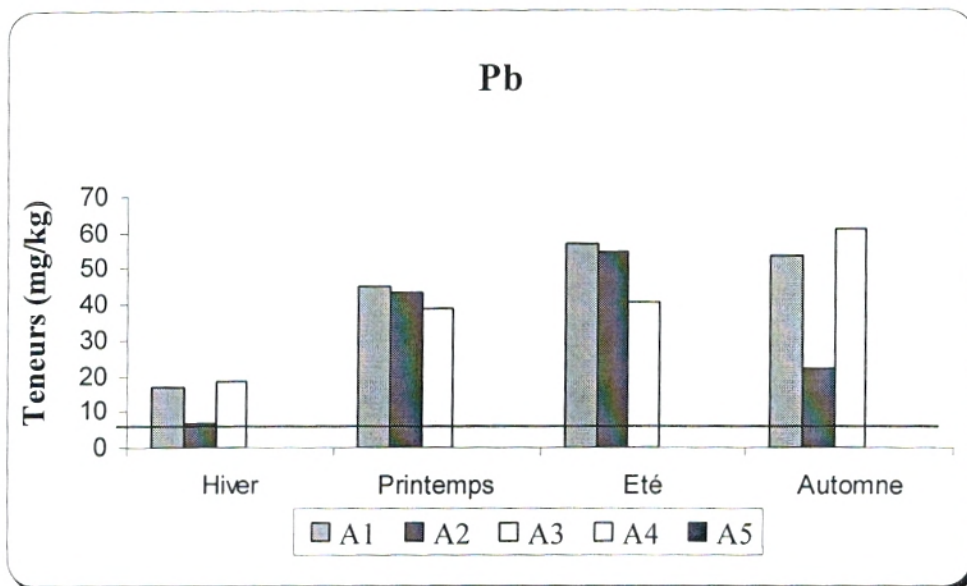


**Fig. V-15-c :** Variations temporelles des concentrations en fer chez l'Enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf





**Fig. V-15-d :** Variations temporelles des concentrations en cadmium chez l'Enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-10-e :** Variations temporelles des concentrations en plomb chez l'Enteromorphe dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

**- Zinc :**

Nous remarquons dans la figure (V-10-a) des teneurs importantes en zinc accumulées en hiver, la plus élevée 40,33 (mg/kg) pour (« A1 » : aquarium), « A2 » 39,08 (mg/kg) et « A3 » 35,14 (mg/kg). Ces teneurs dépassent largement la limite de référence.

Les résultats constatés au printemps ont nettement augmentés pour le zinc 47,79 (mg/kg) pour « A1 », 46,31 (mg/kg) pour « A2 » et 41,64 (mg/kg) pour « A3 », ces dernières dépassent également la limite de référence.

Nous constatons pour la saison estivale, une diminution des teneurs métalliques qui se manifestent pour « A1, A2 » : 18,93 et 18,34 (mg/kg), contrairement à « A3 » : 57,29 (mg/kg) cette dernière dépasse largement la limite de référence.

Concernant les points de prélèvements « A4 » et « A5 », nous n'avons pas pu avoir de résultats, pour l'enteromorphe, l'espèce en question était totalement absente. Cela peut être dû à l'influence de plusieurs facteurs climatiques et environnementaux, ces deux derniers points du port ne favorisent pas la prolifération de l'enteromorphe.

Nous constatons pour la saison d'automne que la valeur du point « A3 » est de 16,89 (mg/kg). Pour les deux autres points « A1 » et « A2 » la teneur augmente sensiblement 19,39 mg/kg et 18,79 mg/kg, représentant des valeurs presque stationnaires par rapport à la saison d'été. Ces valeurs sont inférieures à la limite de référence.

Nous remarquons par ailleurs que l'espèce en question accumule nettement moins de zinc dans les deux saisons d'été et d'automne par rapport aux saisons d'hiver et de printemps.

**- Cuivre :**

Les résultats obtenus pour le cuivre connaissent la plus grande valeur en hiver pour « A2 » 10,27 ( mg/kg). Celle-ci dépasse la limite de référence contrairement pour « A1, A3 » 4,95 (mg/kg) et 5,35 (mg/kg).

Les résultats se révèlent beaucoup plus élevés au printemps, la plus grande valeur est celle obtenue pour « A1 » 27,41 (mg/kg). « A2 » et « A3 » montrent des teneurs moins élevées 26,56 (mg/kg) et 23,88 (mg/kg), dépassant largement la limite de référence. Ceci nous révèle également que l'enteromorphe accumule au printemps des concentrations importantes en cuivre pour ces points de prélèvements et chutent considérablement en été pour atteindre 7,19 (mg/kg) pour « A1 » et 6,97 (mg/kg) pour « A2 », contrairement à « A3 » : 12,86 (mg/kg).

En saison d'automne, les résultats ont baissés pour « A1 » et « A3 » 4,46 (mg/kg) et 4,82 (mg/kg), contrairement à « A2 » qui a augmenté de 9,25 (mg/kg) dépassant la limite de référence. Il a été constaté dans les résultats précédents, que l'espèce en question a tendance à accumuler beaucoup plus de concentrations en cuivre dans la saison printanière en particulier dans le port « A2 , A3 ».

**- Fer :**

Les teneurs observées dans la figure (V-10-c), sont très inférieures dans les saisons d'hiver, de printemps et d'été, contrairement à l'automne où « A3 » accuse la plus grande valeur 2376,5 (mg/g).

Dans la saison de printemps, les résultats observés sont variables dont la valeur la plus élevée est de 10,061 mg/g pour le point « A1 », de 9,749 mg/g pour « A2 » et 8,766 mg/g pour « A3 ».

En saison d'été les résultats en fer se présentent comme suit : la plus grande valeur s'observe au niveau du port point «A3 » 12,180 mg/g, de 4,401 mg/g pour « A2 » et 4,542 mg/g pour le point « A1 ».

Les résultats constatés, nous permettent de signaler que l'enteromorphe accumule le fer d'avantage dans le port « A3 » par rapport aux autres points de prélèvements. Aussi le fer s'accumule à des concentrations qui varient d'une saison à une autre. Cette accumulation en fer fluctue selon la nature du fond géologique et selon l'espèce.

**- Cadmium :**

Le cadmium accumulée chez l'espèce, manifeste des concentrations élevées au printemps dont la plus grande est constaté pour « A2 » 2,76 (mg/kg), cette dernière dépasse la limite de référence. Par ailleurs pour « A1 », nous obtenons une valeur de 2,85 (mg/kg) dépassant aussi la limite de référence. Cette augmentation est liée probablement à une pollution urbaine très accentuée constatée au niveau du port et même au niveau de la plage.

En hiver les résultats dépassent la limite de référence, mais ils se trouvent moins élevées qu'au printemps : la plus élevée est constatée pour « A2 » 2,7 (mg/kg), cela est valable aussi pour « A3 » de 2,1 (mg/kg) et 1,65 (mg/kg) pour « A1 ».

En saison d'été les résultats diminuent par rapport au printemps : 1,48 (mg/kg) pour « A1 », 1,43 (mg/kg) pour « A2 » et 1,99 (mg/kg) pour « A3 ».

Cela est valable même pour la saison d'automne, les résultats chutent largement pour atteindre 0,45 (mg/kg) pour « A1 », 0,74 pour « A2 » et 0,57 pour « A3 ». Ces dernières dépassent aussi la limite de référence (F.A.O, 1989)

**- Plomb :**

L'enteromorphe accumule en hiver des concentrations en plomb qui se présentent comme suit : 16,68 (mg/kg) pour « A1 », 6,84 (mg/kg) pour « A2 », et 18,91 (mg/kg) pour « A3 », cette dernière accuse la valeur la plus élevée dans cette saison.

Au printemps ces résultats augmentent et manifestent la plus grande valeur pour le point « A1 » 44,94 (mg/kg), pour « A2 » 43,55 (mg/kg) et 39,16 (mg/kg) pour « A3 ». Ces dernières dépassent aussi la limite de référence (F.A.O, 1989)

En saison d'été les résultats augmentent beaucoup plus, la plus grande valeur se trouve au niveau de « A1 » 56,78 (mg/kg), 55,02 (mg/kg) pour « A2 » et 40,78 (mg/kg) pour « A3 ».

En automne la valeur en plomb pour « A2 » est de 22,02 (mg/kg), mais augmente pour le point « A3 » 60,89 (mg/kg). Ces résultats dépassent la limite de référence.

Nous avons constaté pour ces résultats, que l'enteromorphe accumule des concentrations assez importantes en plomb dans les quatre saisons, surtout en été. Le point « A3 » est le point le plus révélateur où l'espèce accumule d'avantage de plomb que dans les autres points du port. Il est à remarquer aussi qu'au niveau de « A1 » (aquarium) celle-ci ingère des concentrations importantes. Nous pouvons déduire que la zone du port manifeste un certain degré de pollution en plomb et en cadmium (aquarium).

On remarque une tendance d'accumulation des métaux très différente chez l'Enteromorphe par le gradient :



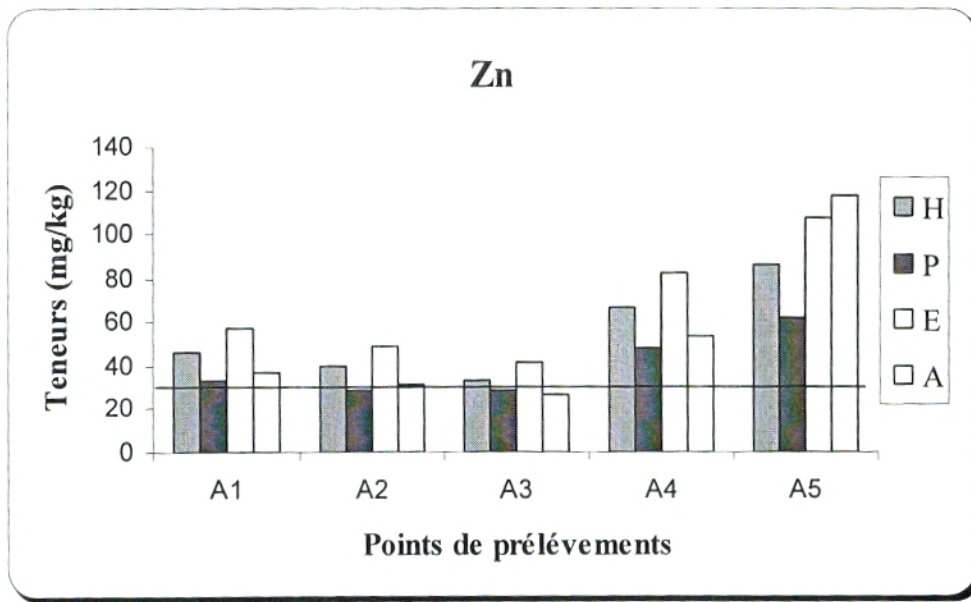
On doit noter suite aux résultats obtenus le facteur de « biodisponibilité des métaux car plusieurs auteurs ont montré que la biodisponibilité de certaines formes du métal liées aux particules, peuvent être inversement proportionnelle à la force de liaison métal-particule : de ce fait certaines fractions du métal peuvent être plus **disponibles** que d'autres (Etadjani et Pirastru, 1991).

D'après les résultats retrouvés chez les algues vertes, l'Enteromorphe se révèle dans cette région une espèce très sensible par rapport à l'ulve face à ce type de polluants, d'où son absence dans la zone portuaire « A4-A5 ».

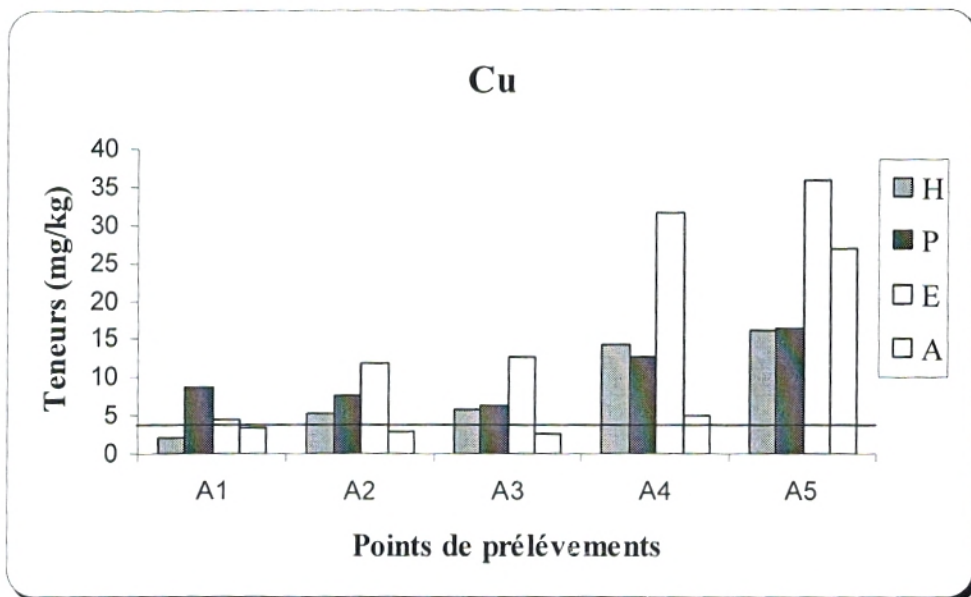
### **c. Coralline :**

#### **- Variations spatiales des teneurs métalliques :**

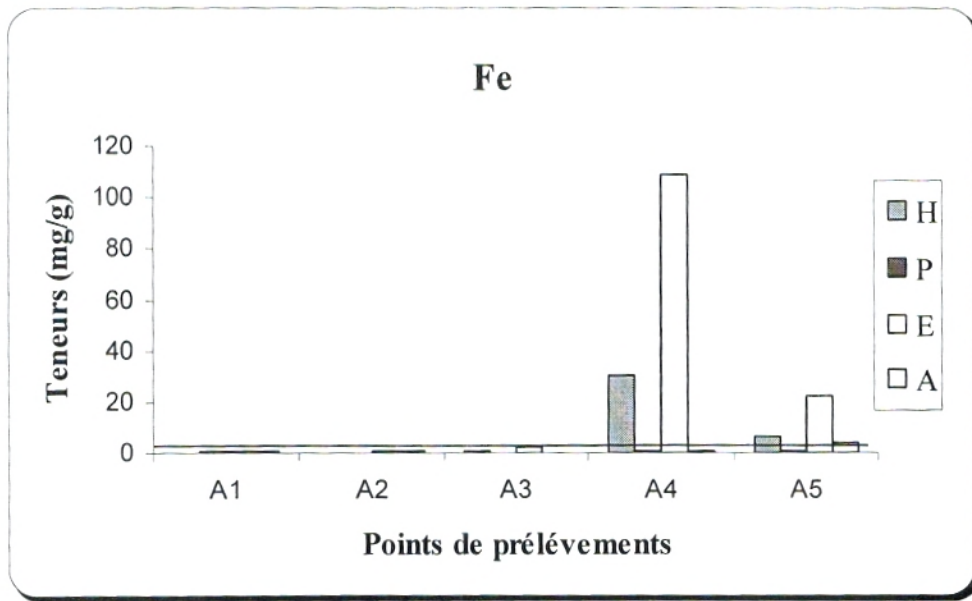
Les résultats des variations spatiales des teneurs métalliques de la coralline sont représenté de la même manière dans les figures (V-16-a, V-16-b, V-16-c, V-16-d, V-16-e).



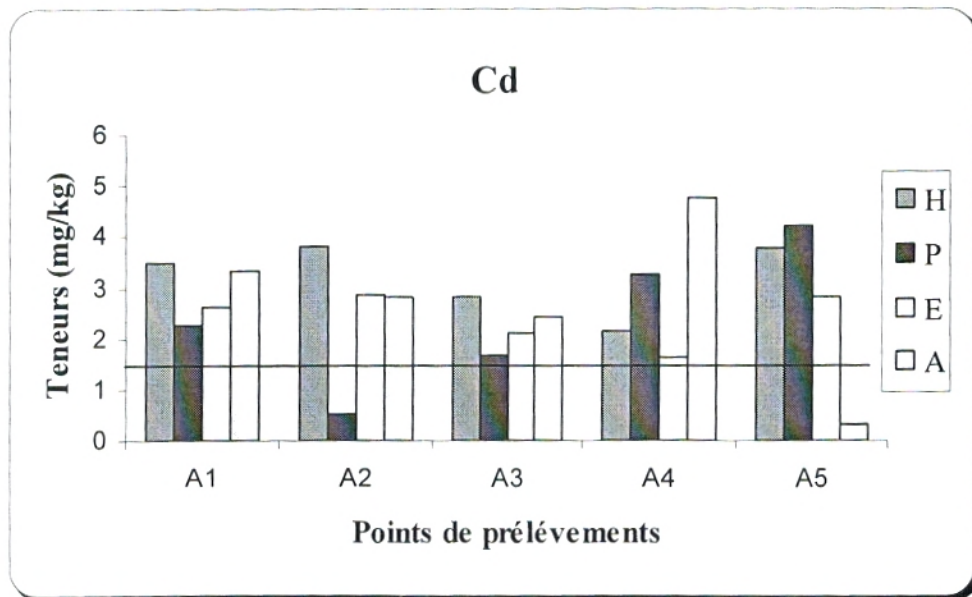
**Fig. V-16-a:** Variations spatiales des concentrations en zinc chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



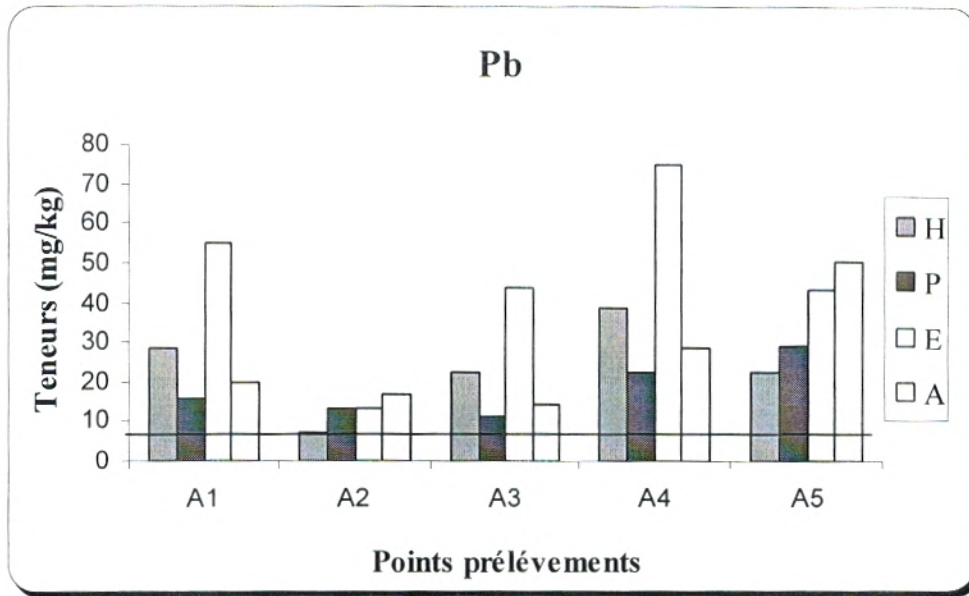
**Fig. V-16-b:** Variations spatiales des concentrations en cuivre chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-16-c:** Variations spatiales des concentrations en fer chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-16-d:** Variations spatiales des concentrations en cadmium chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-16-e:** Variations spatiales des concentrations en plomb chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

**- Zinc :**

Dans la figure V-16-a, les résultats des variations spatiales des teneurs en zinc accumulés chez la coralline varient d'un point à un autre et d'une saison à une autre. La valeur la plus élevée est constatée en été 57,54 mg/kg pour le point « A1 » et une valeur inférieure 33,42 mg/kg au printemps, aussi 49,21 mg/kg en été et 28,58 mg/kg au printemps pour le point « A2 », cela n'est pas le cas pour « A3 », nous constatons la valeur la plus élevée en été de 42,18 mg/kg et une valeur inférieure en automne 27,21 mg/kg, puis 82,83 mg/kg en été et 48,1 mg/kg au printemps pour le point « A4 », ensuite 117,8 mg/kg en automne et 62,43 mg/kg au printemps pour le point « A5 ». La plupart de ces teneurs dépassent la limite de référence (F.A.O., 1988).

**- Cuivre :**

Dans la figure V-16-b, les résultats des variations spatiales des teneurs en cuivre nous révèlent la valeur la plus élevée constatée au printemps 8,84 mg/kg pour le point « A1 » et une valeur inférieure 2,02 mg/kg en hiver, aussi 11,82 mg/kg en été et 3,01 mg/kg en automne pour le



point « A2 », cela est le même cas pour « A3 » nous constatons la valeur la plus élevée en été 12,8 mg/kg et une valeur inférieure en automne de 2,58 mg/kg, puis 31,47 mg/kg en été et 5,07 mg/kg en automne pour le point « A4 », ensuite 35,37 mg/kg en été et 16,29 mg/kg en hiver pour le point « A5 ». La plupart des teneurs les plus élevées dépassent la limite de référence.

**- Fer :**

Dans la figure V-16-c, les résultats des variations spatiales des teneurs en fer nous révèlent la valeur la plus élevée constatée en été de 0,93 mg/g pour le point « A1 » et une valeur inférieure de 0,253 mg/g, aussi 0,78 mg/g en été et 0,213 mg/g en hiver pour le point « A2 », puis nous constatons la valeur la plus élevée pour « A3 » 2,01 mg/g en été et une valeur inférieure au printemps de 0,33 mg/g, pour le point « A4 » 109,06 mg/g en été et 0,65 mg/g au printemps, ensuite 22,102 mg/g en été et 0,85 mg/g au printemps pour le point « A5 ». Les teneurs les plus élevées dépassent la limite de référence.

**- Cadmium :**

Dans la figure V-16-d, les résultats des variations spatiales des teneurs en cadmium nous révèlent la valeur la plus élevée constatée en hiver de 3,49 mg/kg pour le point « A1 » et une valeur inférieure de 2,26 mg/kg au printemps, aussi 3,83 mg/kg en hiver et 0,52 mg/kg au printemps pour le point « A2 », puis nous constatons la valeur la plus élevée pour « A3 » 2,82 mg/kg en hiver et une valeur inférieure au printemps de 1,66 mg/kg, pour le point « A4 » 4,78 mg/kg en automne et 1,62 mg/kg en été, ensuite 4,23 mg/kg au printemps et 0,32 mg/kg en automne pour le point « A5 ». Les teneurs les plus élevées dépassent la limite de référence essentiellement (A4 : 109,06 mg/g).

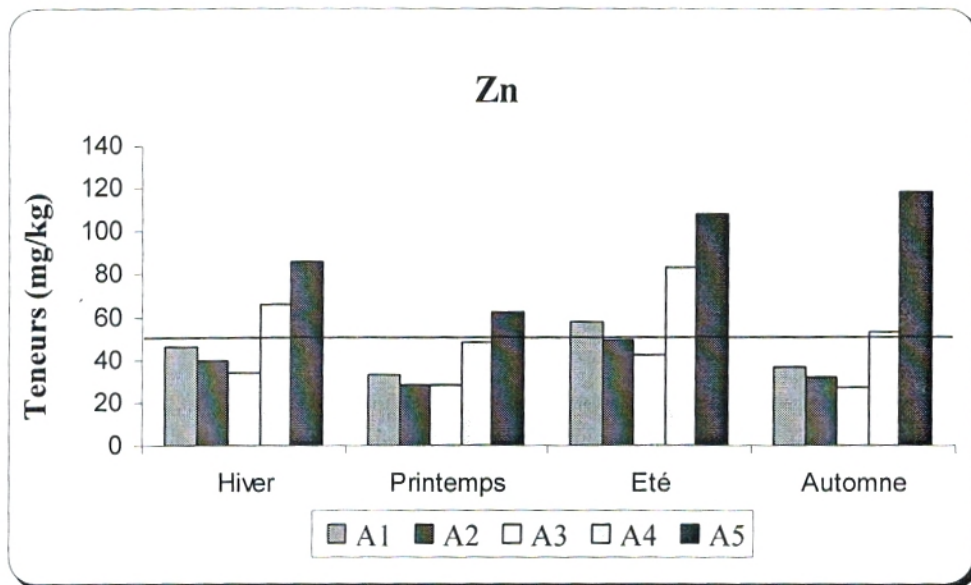
**- Plomb :**

Dans la figure V-16-e, les résultats des variations spatiales des teneurs en plomb nous révèlent la valeur la plus élevée constatée en hiver 28,5 mg/kg pour le point « A1 » et la plus inférieure 15,63 mg/kg au printemps, aussi 16,87 mg/kg en automne et 6,96 mg/kg en hiver pour le point « A2 », puis nous constatons la valeur la plus élevée pour « A3 » 43,64 mg/kg en été et une valeur inférieure au printemps 11,46 mg/kg, pour le point « A4 » 74,92 mg/kg en été et 22,5 mg/kg

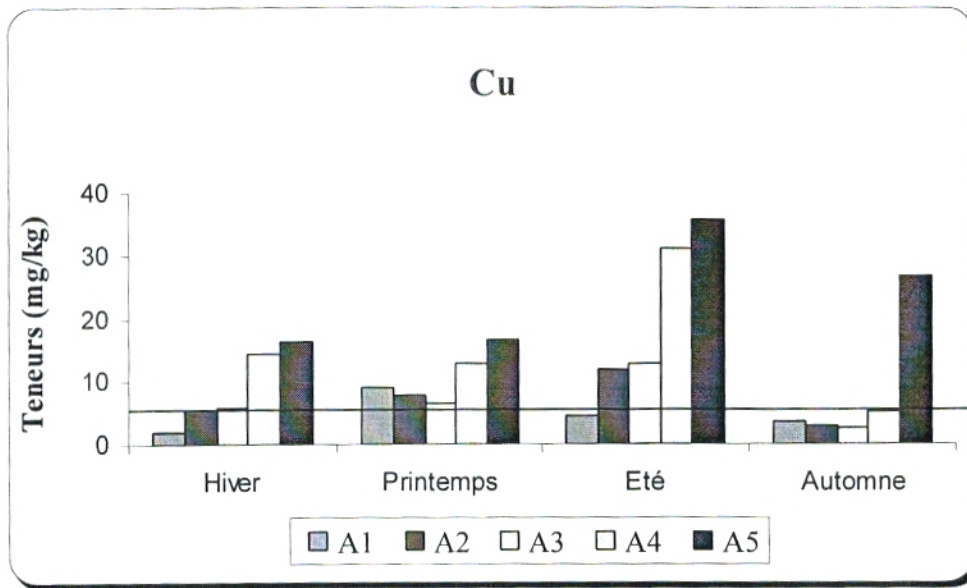
au printemps, ensuite 50,45 mg/kg au automne et 22,45 mg/kg en hiver pour le point « A5 ». Tous les valeurs dépassent la limite de référence.

- Variations temporelles des teneurs métalliques :

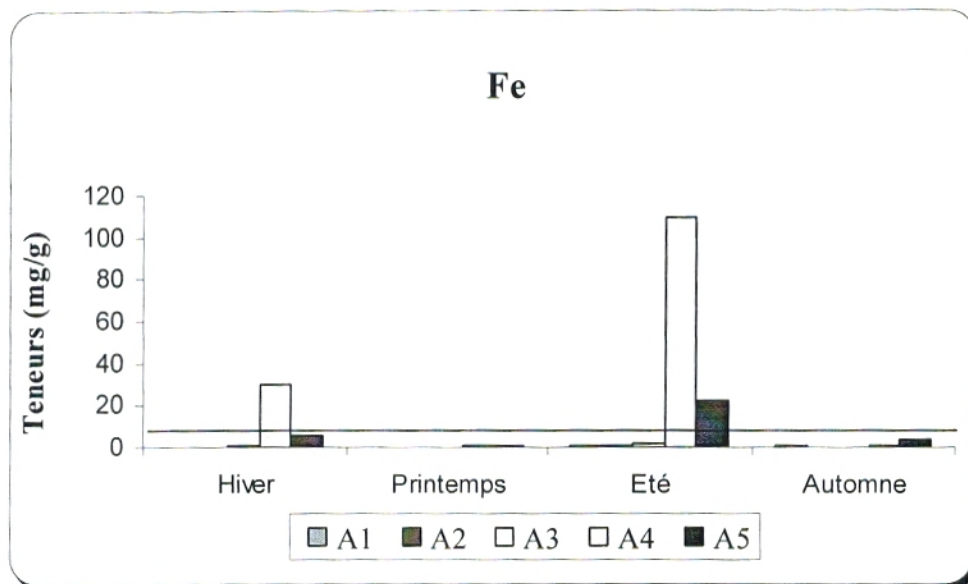
Les résultats temporelles des teneurs métalliques sont représentés dans les figures (V-17-a, V-17-b, V-17-c, V-17-d, V-17-e).



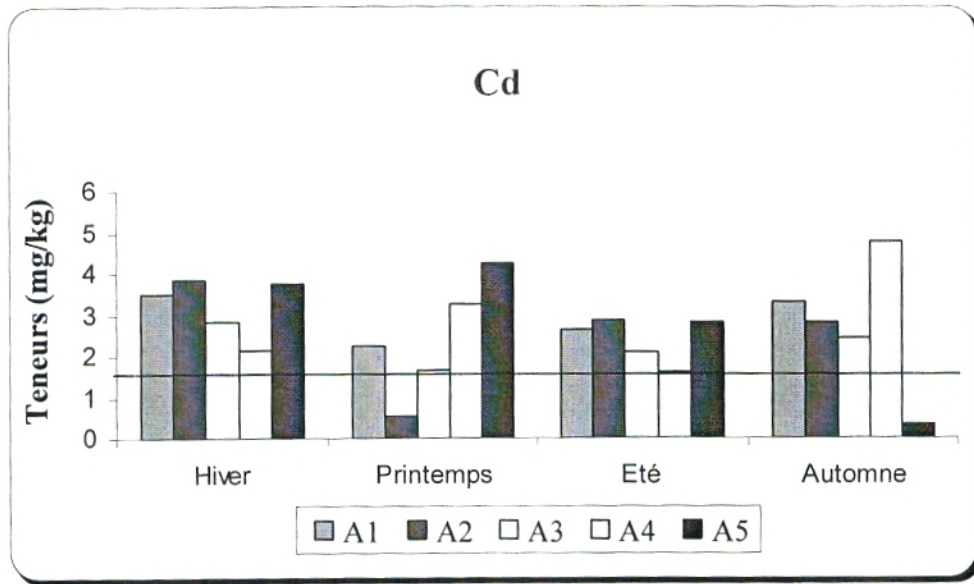
**Fig. V-17-a :** Variations temporelles des concentrations en zinc chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



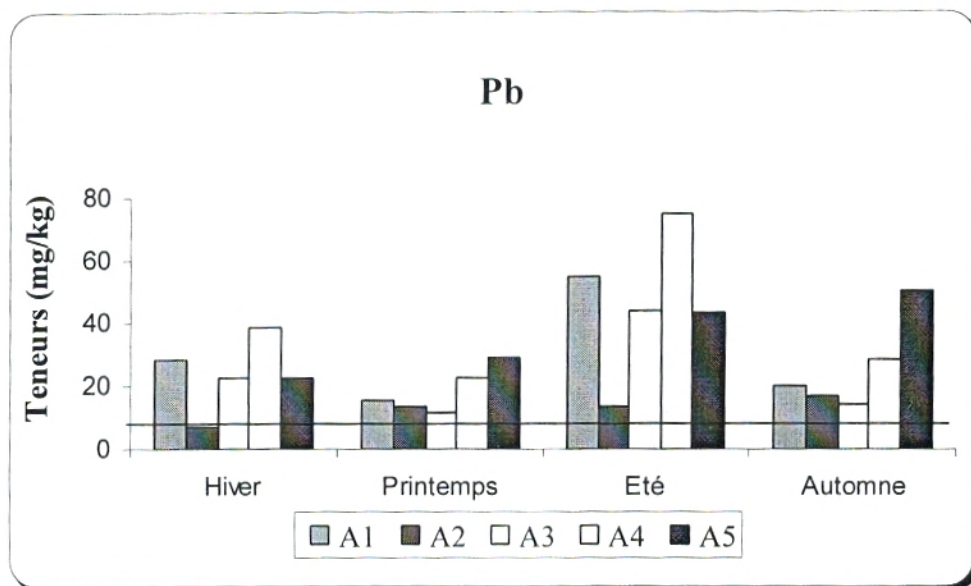
**Fig. V-17-b :** Variations temporelles des concentrations en cuivre chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-17-c :** Variations temporelles des concentrations en fer chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-17-d :** Variations temporelles des concentrations en cadmium chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-17-e :** Variations temporelles des concentrations en plomb chez la coralline dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

**- Zinc :**

Nous constatons à travers la figure (V-17-a) une accumulation importante en zinc dans toutes les saisons. Les plus grandes valeurs sont observées surtout dans les saisons estivale et automnale.

Les plus grandes valeurs s'observent dans le port : « A5 » 86,24 (mg/kg), 66,45 (mg/kg) pour « A4 », ces dernières dépassent largement la limite de référence. Nous obtenons également une valeur importante près de l'aquarium 46,16 (mg/kg) pour « A1 »

Au printemps les résultats atteignent les plus grandes valeurs 62,43 (mg/kg) dans le port « A5 », 48,1 (mg/kg) pour « A4 », et baissent au niveau de l'aquarium « A1 » 33,42 (mg/kg). Toutes ces valeurs dépassent la limite de référence.

Les résultats constatés en été, dévoilent deux grandes valeurs dans le port, 107,5 (mg/kg) pour « A5 », 82,83 (mg/kg) pour « A4 ». Ces dernières dépassent largement la limite de référence. Il est à remarquer que la valeur en zinc est aussi élevée 57,54 (mg/kg) pour « A1 » près de l'aquarium.

En automne, les résultats se manifestent de la même manière au niveau du port : 117,8 (mg/kg) « A5 », et 53,42 (mg/kg) pour « A4 », aussi 37,11 (mg/kg) pour « A1 » (aquarium), ces derniers dépassent la limite de référence.

Nous pouvons expliquer que la coralline accumulent des concentrations élevées au niveau du centre du port « A5 » essentiellement dans la saison estivale, contrairement au point « A3 », celle-ci accuse les valeurs les plus basses. Pour les autres points de prélèvements l'espèce en question enregistre des valeurs inférieures par rapport aux saisons printanière et automnale.

Nous pouvons conclure que la coralline accumule tout au long de l'année des concentrations importantes dans la plupart des saisons, particulièrement dans le port « A5, A4 ». Les teneurs élevées en zinc retrouvées dans le port, pourraient s'expliquer par les rejets industriels de la cimenterie qui augmentent chaque année par des apports de déchets domestiques et urbains.

**- Cuivre :**

Les résultats constatés en hiver montrent des teneurs élevées dans la zone portuaire : 16,29 (mg/kg) « A5 », 14,35 (mg/kg) pour « A4 » et 5,39 (mg/kg) pour « A2 ». Ces dernières dépassent la limite de références.

Au printemps les résultats augmentent au niveau des points « A1, A2, A3 » dont la plus élevée accuse 8,84 (mg/kg) « A1 » près de l'aquarium, contrairement aux points « A4, A5 » qui restent presque stationnaires 16,51 (mg/kg) pour « A5 » et (12,72) pour « A4 ».

En été les valeurs accumulées chez la coralline augmentent dans la majorité des points de prélèvements, dont la plus élevée s'observe toujours dans le port 35,73 (mg /kg) « A5 », nous remarquons aussi 31,47 (mg/kg) « A4 », 12,8 (mg/kg) pour « A3 » et 11,83 (mg/kg) au alentour du port « A2 ».

En automne les résultats sont nettement inférieurs pour les points « A1, A2, A3, A4 », contrairement au point « A5 », celle-ci accuse la plus grande valeur 26,73 (mg/kg) en cuivre, dépassant largement la limite de références.

Les résultats observés pour la coralline, nous permette de remarquer que cette espèce résiste bien par rapport à l'ulve, d'où sa présence tout au long de l'année et dans toute la zone portuaire.

**- Fer :**

Les résultats constatés en hiver, présentent la plus grande valeur (près de la jetée du port) pour « A4 » 29,883 (mg/g).

Au printemps les valeurs sont nettement faibles par rapport à l'été. L'espèce en question accumule la valeur la plus élevée 109,06 (mg/g) « A4 » en plein saison estivale qui dépasse la limite de référence.

En automne, l'espèce accumule la plus grande valeur en fer : 4,180 (mg/g) pour « A5 » par rapport aux autres points.

Nous constatons d'après les résultats, que l'accumulation du fer chez la coralline est plus importante en niveau du centre du port « A5 », dont la plus part se concentrent dans les points

suivants : « A3, A4, A5 ». Nous constatons aussi, que les teneurs accumulées s'observent beaucoup plus en hiver et l'été plutôt qu'au printemps et l'automne.

**- Cadmium :**

La figure (V-11-d), nous permet de constater une importante accumulation en cadmium dans toutes les saisons et à travers tous les points de la zone portuaire. La plus part des résultats dépassent la limite de référence.

- La plus grande valeur constatée en hiver est de : 3,83 (mg/kg) pour « A2 » ;
- Au printemps, 4,23 (mg/kg) pour « A5 » ;
- En été, 2,86 (mg/kg) pour « A2 ».
- Et en automne, 4,78 (mg/kg) pour « A4 ».

A travers les résultats précédents, nous pouvons signaler que la coralline a tendance à accumuler d'avantage de cadmium dans le port et au niveau de la plage.

**- Plomb :**

Les résultats obtenus chez la coralline, présentent des teneurs très variables en plomb durant les quatre saisons.

En hiver, l'espèce accumule la plus grande valeur dans le port : 38,73 (mg/kg) pour « A4 ». Concernant les deux points de la plage, elles accusent 28,5 (mg/kg) près de l'aquarium « A1 ».

Au printemps, l'espèce manifeste la plus grande valeur en plomb dans le centre du port 29,2 (mg/kg) « A5 ». Pour la plage, celle-ci présente une valeur de 15,63 (mg/kg) près de l'aquarium « A1 ».

En saison estivale, les valeurs augmentent beaucoup plus par rapport au printemps. Les plus grandes valeurs atteignent 74,92 (mg/kg) pour « A4 » (port), et 55,13 (mg/kg) pour « A1 » (aquarium).

Nous constatons suite aux résultats estivaux que le plomb s'accumule en grandes quantités dans le port et au niveau de l'aquarium.

Concernant la saison automnale, les résultats diminuent surtout pour « A1, A3, A4 » qui se présentent comme suit : 19,73 (mg/kg), 14,46 (mg/kg) et 28,4 (mg/kg), contrairement au centre du port 50,45 (mg/kg) « A5 ».

Les résultats constatés durant les quatre saisons, accusent des valeurs qui dépassent celles des références pour tous les points de prélèvements, sauf pour le point « A2 » où celle-ci connaît la plus basse en saison d'hiver.

En ce qui concerne les résultats observés chez la coralline, celle-ci manifeste une concentration très élevée en fer en zinc et en plomb par rapport aux autres métaux et aux autres algues d'où le gradient de concentration se révèle comme suit :



Nous constatons suite à tous nos résultats observés chez la flore aquatique notamment : « ulve, enteromorphe et la coralline », que les concentrations en métaux retrouvés à leurs niveaux sont révélatrices d'une source importante de pollution métalliques (Zn, Pb, Cu) dans le port.

### **V-1-3-1 Comparaison des résultats avec ceux de la littérature :**

Sur le tableau (Tab V-6) nous rassemblons nos résultats et nous les comparons avec d'autres travaux de la littérature.

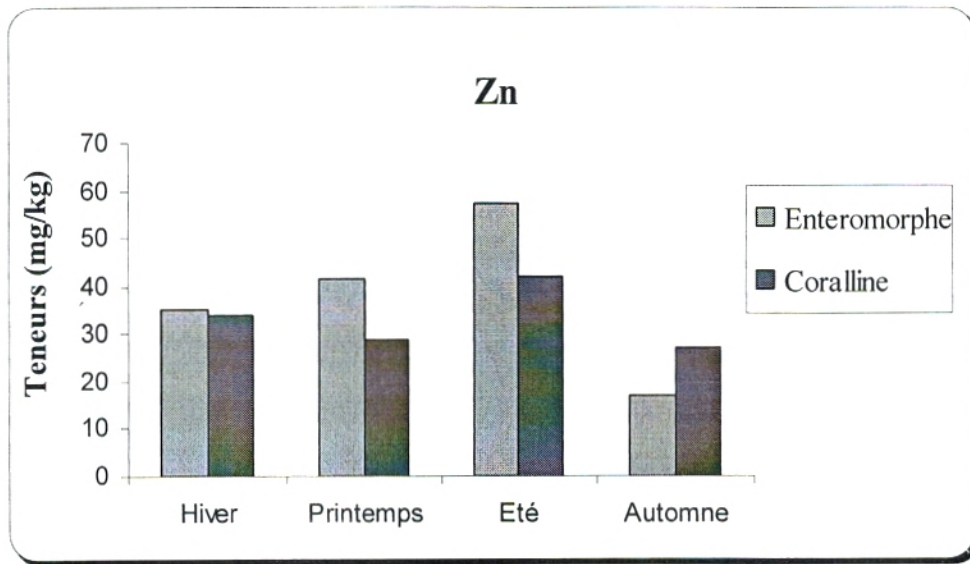


**Tableau N°V-6 :** Comparaisons des concentrations moyennes des métaux lourds dans les algues marines avec ceux de la littérature en (mg/kg).

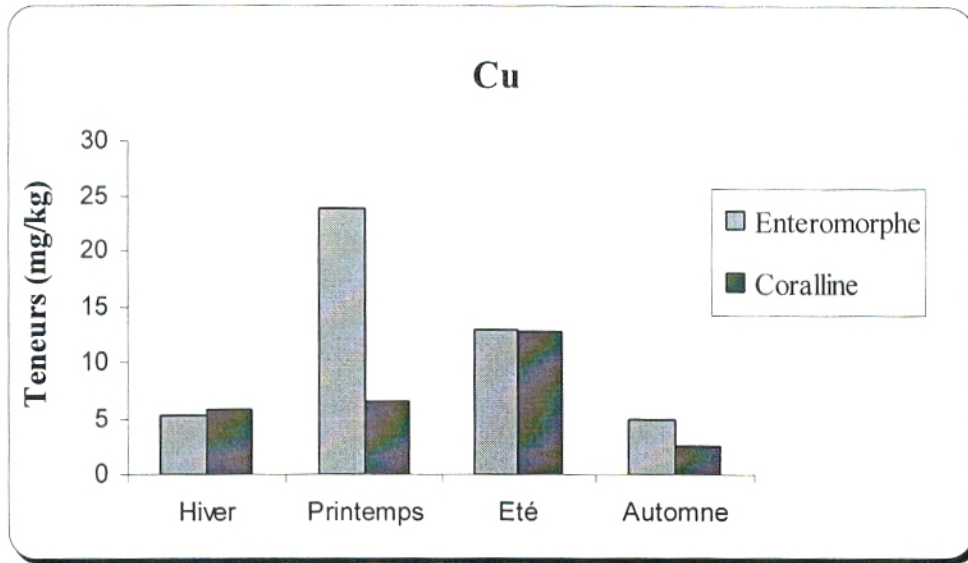
Espèces	Cu	Zn	Fe (mg/g)	Cd	Pb	Station	Références
<i>Ulva lactuca</i>	2	20	40	0,1	2	/	Samabiol, 1999
<i>Ulva lactuca</i>	0,79	0,118	50,55	0,21	58,55	Rachgoun	Dahaoui L., 2003
<i>Ulva lactuca</i>	<b>20,405</b>	<b>152,015</b>	<b>0,0191</b>	<b>10,025</b>	<b>56,03</b>	<b>Béni Saf</b>	<b>Notre étude, 2008</b>
<i>Enteromorpha linza</i>	89,24	415,57	/	2,34	79,90	Béni Saf	Goual et al., 2000
<i>Enteromorpha linza</i>	10,58	41,3	0,696	/	/	Espagne Côte nord ouest	Villard et al., 2001
<i>Enteromorpha linza</i>	14,61	105,91	0,133	0,733	14,26	El Mex- Alexandria Egypte	Mohamed Et Khaled, 2004
<i>Enteromorpha linza</i>	6,22	105,91	0,1335	0,13	2,28	Ghazaouet	Belhadj H., 2008
<i>Enteromorpha linza</i>	<b>35,99</b>	<b>99,98</b>	<b>618,039</b>	<b>5,3</b>	<b>114,82</b>	<b>Béni Saf</b>	<b>Notre étude, 2008</b>
<i>Corallina Elongata</i>	11,94	43,86	/	1,6	22,13	Rachgoun	Berrayeh N., 2001
<i>Corallina mediterranea</i>	8,064	53,00	0,427	7,175	26,50	El Mex- Alexandria Egypte	Mohamed Et Khaled, 2004
<i>Corallina officinalis</i>	11,44	211,44	0,098	0,54	6,72	Ghazaouet	Belhadj H., 2008
<i>Corallina officinalis</i>	<b>67,22</b>	<b>296,9</b>	<b>50,725</b>	<b>14,15</b>	<b>153,82</b>	<b>Béni Saf</b>	<b>Notre étude, 2008</b>

**V-1-3-2 Etude comparative de la flore aquatique :**

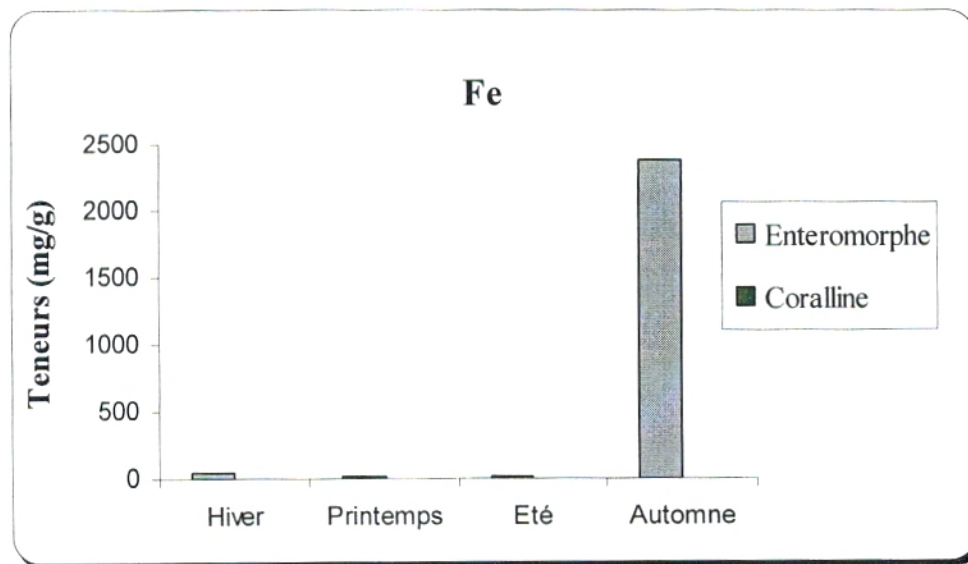
Sur les figures suivantes, nous avons représenté une étude comparative pour l'algue verte « enteromorphe » et l'algue rouge « coralline » à partir des moyennes obtenues dans le port, essentiellement au niveau de la jetée dans le but d'établir une comparaison temporelle des deux échantillons d'algues et pour chaque élément métallique. Concernant l'ulve les résultats de celle-ci n'ont pas été suffisants pour établir une comparaison pour l'ensemble des algues.



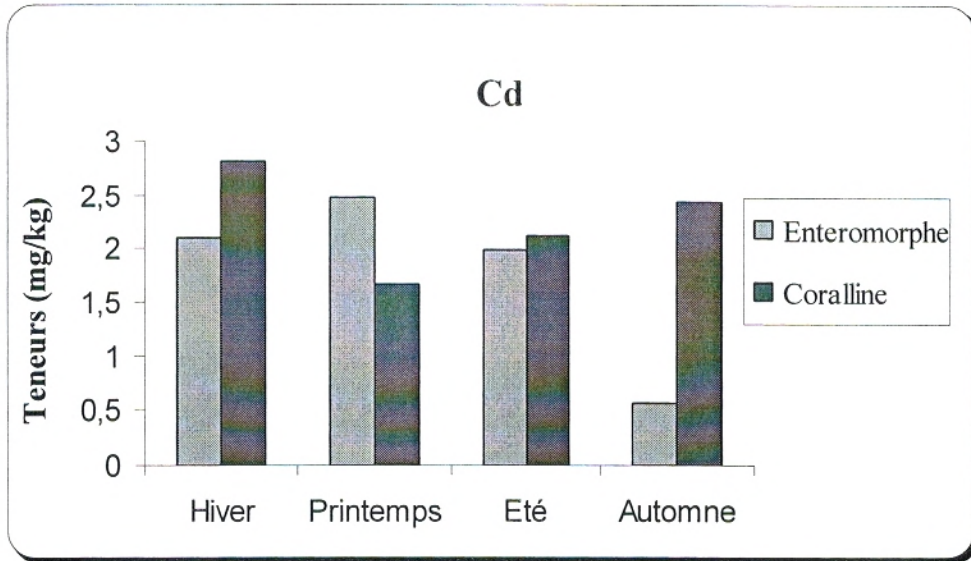
**Fig. V-18-a :** Comparaisons temporelles des concentrations en zinc dans la jetée du port  
Chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf



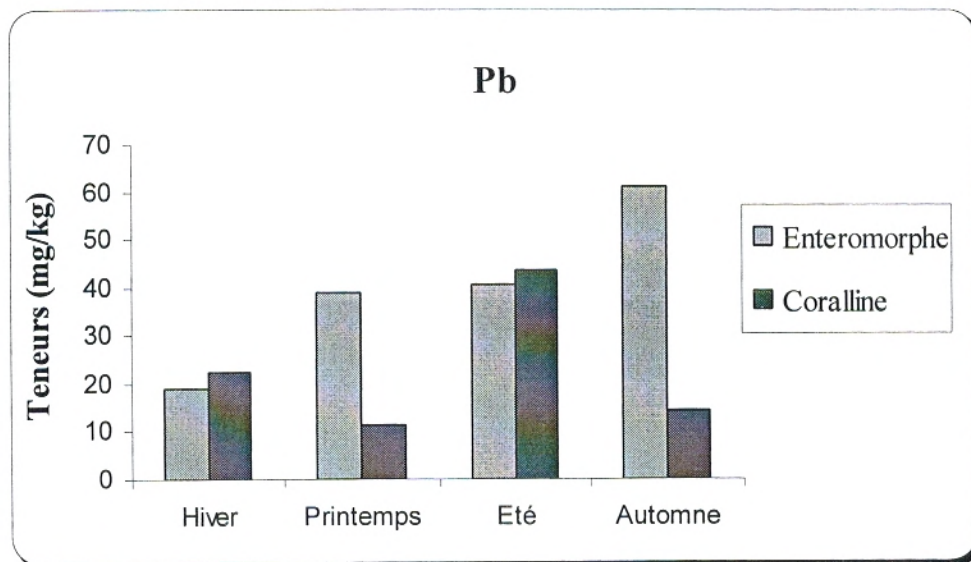
**Fig. V-18-b :** Comparaisons temporelles des concentrations en cuivre dans la jetée du port  
Chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf



**Fig. V-18-c :** Comparaisons temporelles des concentrations en fer dans la jetée du port  
Chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf



**Fig. V-18-d :** Comparaisons temporelles des concentrations en cadmium dans la jetée du port  
Chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf



**Fig. V-18-e :** Comparaisons temporelles des concentrations en plomb dans la jetée du port  
Chez la flore aquatique du littoral de Béni Saf

1. Sur la figure (V-18-a), les résultats observés pour les deux algues marines, révèlent une accumulation importante en zinc au niveau de la jetée et surtout pour l'enteromorphe. Celle-ci s'observe beaucoup plus dans la saison estivale et nettement moins en automne.
2. On remarque également que l'enteromorphe accumule beaucoup plus de cuivre que la coralline dans la saison printanière.

Nous remarquons par ailleurs, que l'enteromorphe accumulent beaucoup plus le zinc que la coralline en hiver.

3. Sur la figure (V-18-c), nous avons remarqué que l'enteromorphe accumule le fer beaucoup plus que la coralline, essentiellement en été et au printemps.
4. Sur la figure (V-18-d), nous avons remarqué également que la coralline accumule plus de cadmium que l'enteromorphe, sauf dans la saison printanière.
5. Sur la figure (V-18-e), nous avons constaté que l'enteromorphe accumule le plomb plus que l'algue rouge, surtout au printemps et en automne. Cela est bien différent en hiver et en été.

Les résultats obtenus dans les cinq graphes révèlent que l'enteromorphe et la coralline accumulent les éléments métalliques davantage dans les périodes printanière et estivale.

Nous constatons aussi des quantités égales en Cu et en Cd accumulées chez la coralline et l'enteromorphe, par contre cette dernière concentre plus le Zn et le Fe que la coralline.

Nous remarquons également qu'en hiver, l'enteromorphe accumule plus de zinc et le fer au niveau du port « A3 » par rapport à l'ulve. Par contre elle accumule beaucoup plus de métaux (Cu, Cd et le Pb). Contrairement au printemps, l'enteromorphe accumule beaucoup plus de métaux au niveau du point « A2 » (alentour du port). Cela nous amène à dire que cette dernière accuse des teneurs importantes en accumulations métalliques.

Selon ces observations constatées, nous avons pu reconnaître la sensibilité de l'algue verte « enteromorphe » face à l'accumulation métallique par rapport à l'algue rouge, ce qui a pu expliquer sa présence tout au long de l'année, et dans tous les points de prélèvements (Port-plage).

Les résultats nous permettent de remarquer la capacité de résistance des algues « enteromorphe et la coralline » face aux polluants métalliques. Par ailleurs nous pourrions dire que l'algue verte est beaucoup plus sensible que l'algue rouge.

Le tableau V-7 nous permet de comparer nos résultats avec les environs de la côte de notre région d'étude (Résultats de Rachgoun) qui se présentent comme suit :

- Résultats de Rachgoun :

**Tableau N°V-7 :** Comparaison métallique en moyenne des ulves dans la région du littoral de Rachgoun et Béni Saf

Localisation	Espèces	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe
<b>Rachgoun</b> Références BERRAYAH, 2001-2002	<b>Algue verte</b> <i>Ulva lactuca</i> (PPM)	15,51	4,96	1,3	19,26	/
<b>Rachgoun</b> Références DAHAOUI, 2002-2003	<b>Algue verte</b> <i>Ulva lactuca</i> (PPM)	58,55	0,118	0,21	0,79	50,56
<b>Béni Saf</b> Références ABI-AYAD, 2009 <b>Zone d'étude</b> (Nos résultats)	<b>Algue verte</b> <i>Ulva lactuca</i> (PPM)	56,03	152,015	10,025	20,405	19,1

Le tableau ci-dessus nous révèle que dans les environs des côtes de Rachgoun l'algue verte « *Ulva lactuca* » accumule d'avantage de métaux en 2003 qu'en 2001, ce dernier nous a permis

aussi de situer le niveau d'accumulation des polluants métalliques chez les ulves qui se trouvent dans les environs de ces zones côtières.

Les résultats des interprétations concernant les algues vertes nous amènent à déceler qu'au niveau de la côte de Béni Saf, ces algues se trouvent très menacées par la pollution d'origine métallique.

Les effets des déchets d'origines industriels et urbaines rejetés dans le port et la plage, représentent d'énormes risques de contamination métallique dans cette région. Seule la coralline résiste bien par rapport à ce type de polluants.

Les résultats observés concernant l'ulve, signalent également que cette espèce peut disparaître à l'avenir dans ces milieux (Port-plage).

En conclusion, nous pouvons clarifier à la lumière de nos résultats et interprétations que l'*Ulva lactuca*, *enteromorpha linza* et *corallina officinalis* représentent d'excellents bioindicateurs de pollution marine.

Il est impératif devant cette situation de prendre en compte l'intérêt de ces espèces dans l'équilibre de la chaîne alimentaire marine, dans la préservation des écosystèmes marins et dans la prévention de la santé de l'homme.

#### V-1-4 Teneurs moyennes des métaux lourds chez la faune aquatique :

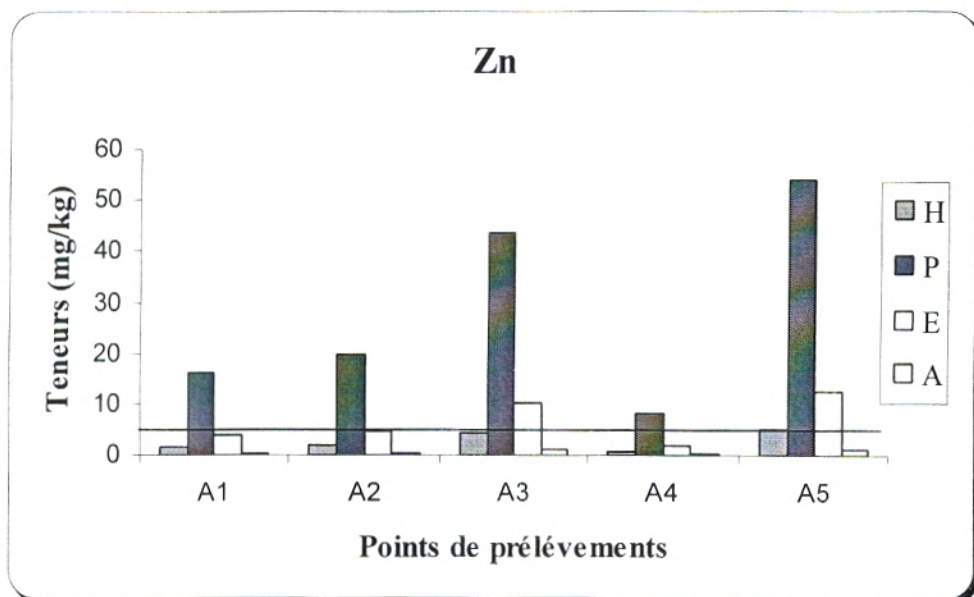
Les figures (V-19-a, V-19-b, V-19-c, V-19-d, V-19-e, V-20-a, V-20-b, V-20-c, V-20-d, V-20-e) montrent les résultats des variations spatiales et temporelles des teneurs métalliques pour les métaux (Zn, Cu, Fe, Cd et le Pb) obtenus à partir d'un grand nombre d'échantillons analysés par la SAA. Tous les résultats sont exprimés par rapport à une masse fixe d'échantillon frais. La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence (Shale) pour chaque élément des deux espèces la patelle et le mullet d'après F.A.O., (1988) et Hamed *et al.*, (2006).

Nous avons représentés également en annexes 4 les tableaux des variations des teneurs métalliques dans la faune aquatique.

##### - Patelle :

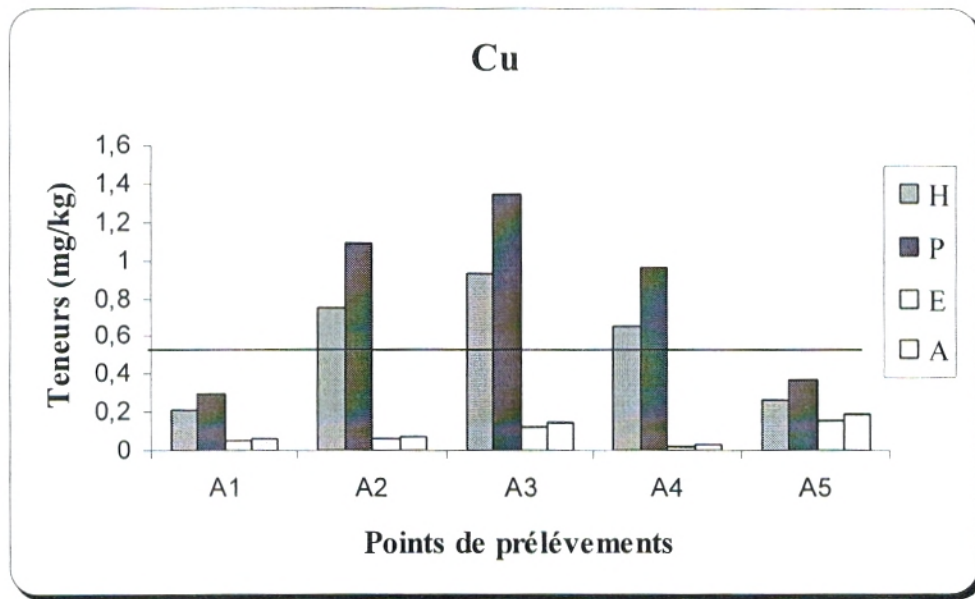
##### - Variations spatiales des teneurs métalliques :

Les résultats des variations spatiales des teneurs métalliques sont représentés sur les figures comme suit :

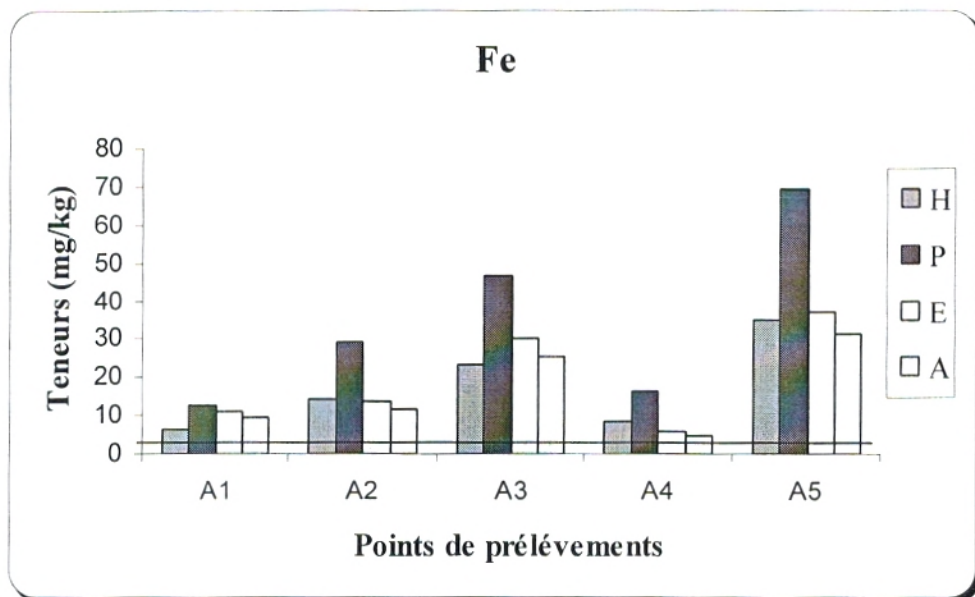


**Fig. V-19-a :** Variations spatiales des concentrations en zinc chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

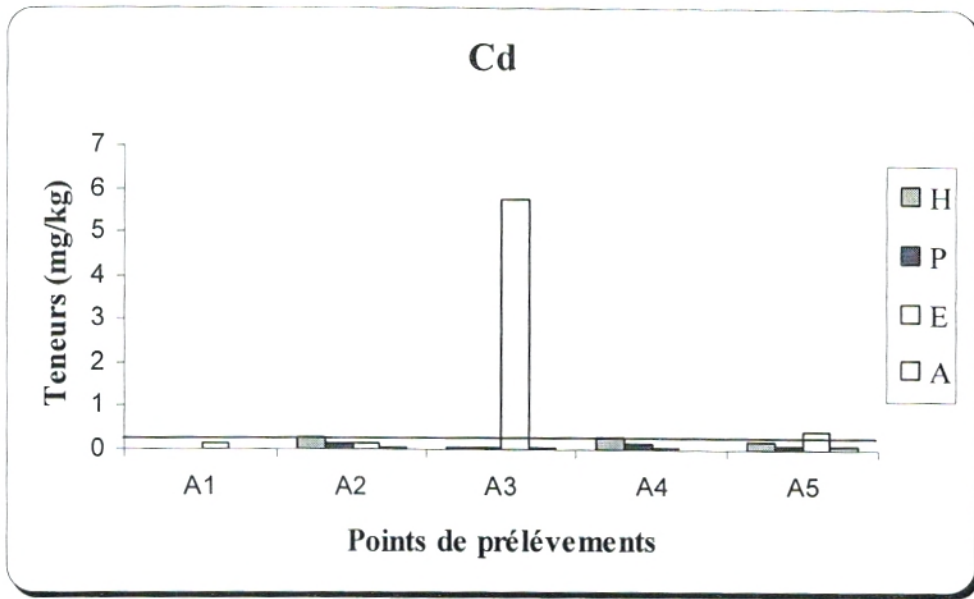




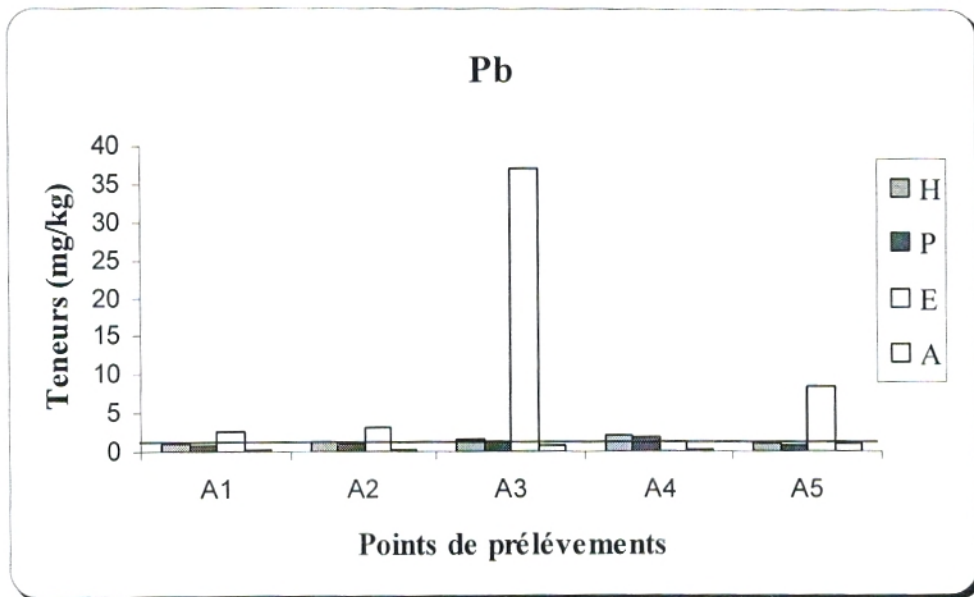
**Fig. V-19-b :** Variations spatiales des concentrations en cuivre chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-19-c :** Variations spatiales des concentrations en fer chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-19-d :** Variations spatiales des concentrations en cadmium chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-19-e :** Variations spatiales des concentrations en plomb chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

- **Zinc :**

Dans la figure V-19-a, les résultats des variations spatiales des teneurs en zinc accumulés chez la patelle varient d'un point à un autre et d'une saison à une autre. La valeur la plus élevée est constatée pour « A1 » 16,49 mg/kg au printemps et la plus inférieure 0,4 mg/kg en automne, aussi pour le point « A2 », 20,03 mg/kg au printemps et 0,48 mg/kg en automne, également pour le point « A3 » 43,72 mg/kg au printemps et 1,05 mg/kg en automne, ensuite pour le point « A4 » 8,4 mg/kg au printemps et 0,2 mg/kg en automne et pour le point « A5 » 54,04 mg/kg au printemps et 1,3 mg/kg en automne. La plupart des valeurs supérieures dépassent la limite de référence (F.A.O., 1988).

- **Cuivre :**

Dans la figure V-19-b, les résultats des variations spatiales des teneurs en cuivre sont élevées essentiellement en hiver et au printemps et varient d'un point à un autre et d'une saison à une autre, ces derniers dépassent la limite de référence.

La valeur la plus élevée est constatée pour « A1 » 0,21 mg/kg en hiver et la plus inférieure 0,05 mg/kg en été, pour le point « A2 », 1,09 mg/kg au printemps et 0,06 mg/kg en été, également pour le point « A3 » 1,35 mg/kg au printemps et 0,13 mg/kg en été, ensuite pour le point « A4 » 0,96 mg/kg au printemps et 0,025 mg/kg en été et pour le point « A5 » 0,37 mg/kg au printemps et 0,16 mg/kg en été.

- **Fer :**

Dans la figure V-19-c, les résultats des variations spatiales des teneurs en fer sont élevées essentiellement pour les points « A3, A5 » et varient d'une saison à une autre,

La valeur la plus élevée est constatée pour « A1 » 12,67 mg/kg au printemps et la plus inférieure 6,35 mg/kg en hiver, pour le point « A2 » 28,96 mg/kg au printemps et 11,68 mg/kg en automne, pour le point « A3 » 46,57 mg/kg au printemps et 23,33 mg/kg en hiver, ensuite pour le point « A4 » 16,55 mg/kg au printemps et 4,9 mg/kg en automne et pour le point « A5 » 69,55 mg/kg au printemps et 31,5 mg/kg en automne.

- **Cadmium :**

Dans la figure V-19-d, les résultats des variations spatiales des teneurs en cadmium sont élevées essentiellement pour le point « A3 : 5,77 mg/kg » et varient d'une saison à une autre.

La valeur la plus élevée est constatée pour « A1 » 0,13 mg/kg en été et la plus inférieure 0,009 mg/kg au printemps, pour le point « A2 » 0,28 mg/kg en hiver et 0,0028 mg/kg en automne, ensuite pour le point « A4 » 0,27 mg/kg en hiver et 0,011 mg/kg en automne et pour le point « A5 » 0,2 mg/kg en hiver et 0,076 mg/kg en automne.

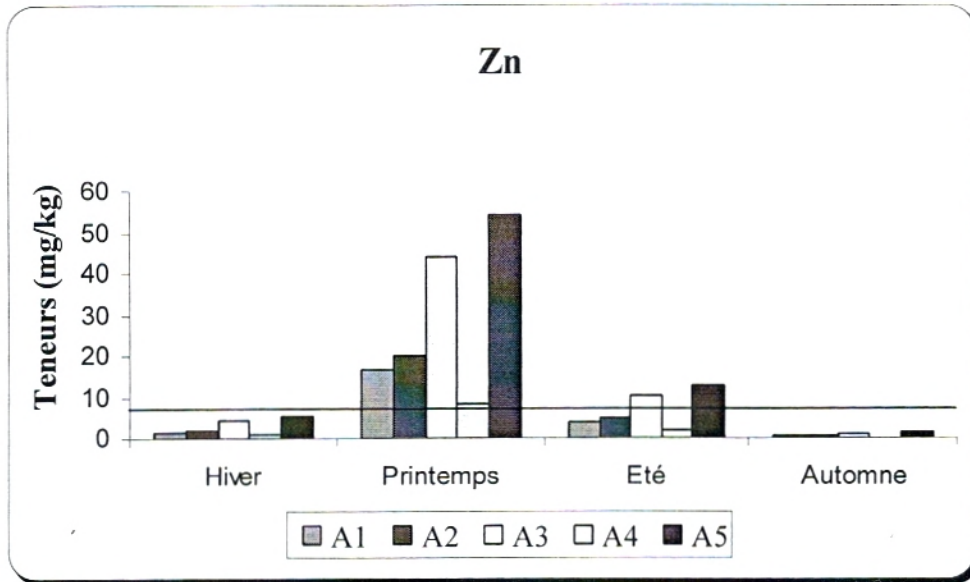
- **Plomb :**

Dans la figure V-19-e, les résultats des variations spatiales des teneurs en plomb sont élevées essentiellement pour le point « A3 : 37,15 mg/kg » et varient d'une saison à une autre.

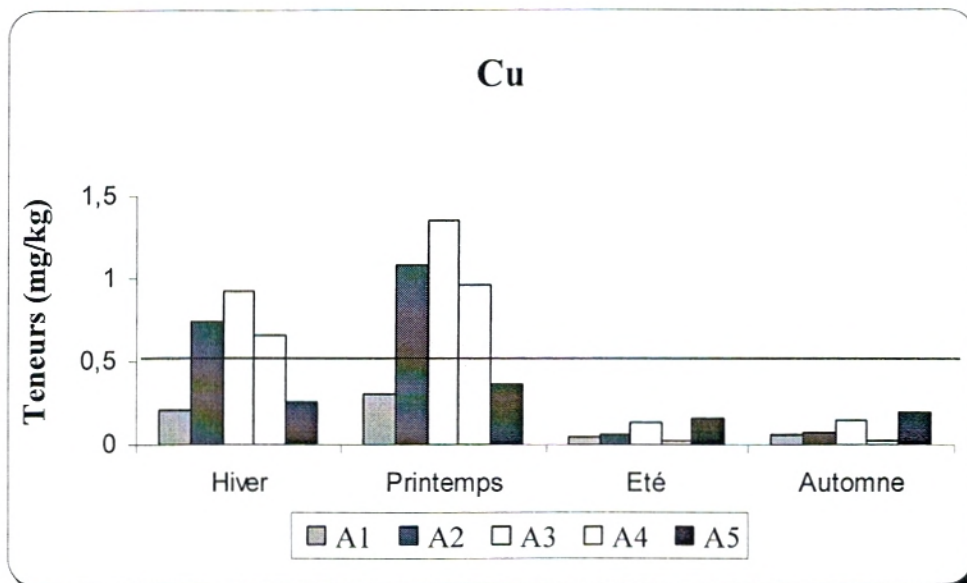
La valeur la plus élevée est constatée pour « A1 » 1,1 mg/kg en hiver et la plus inférieure 0,31 mg/kg en automne, pour le point « A2 » 3,12 mg/kg en été et 0,37 mg/kg en automne, ensuite pour le point « A4 » 2,25 mg/kg en hiver et 0,16 mg/kg en automne et pour le point « A5 » 8,42 mg/kg en été et 0,88 mg/kg au printemps.

- Variations temporelles des teneurs métalliques :

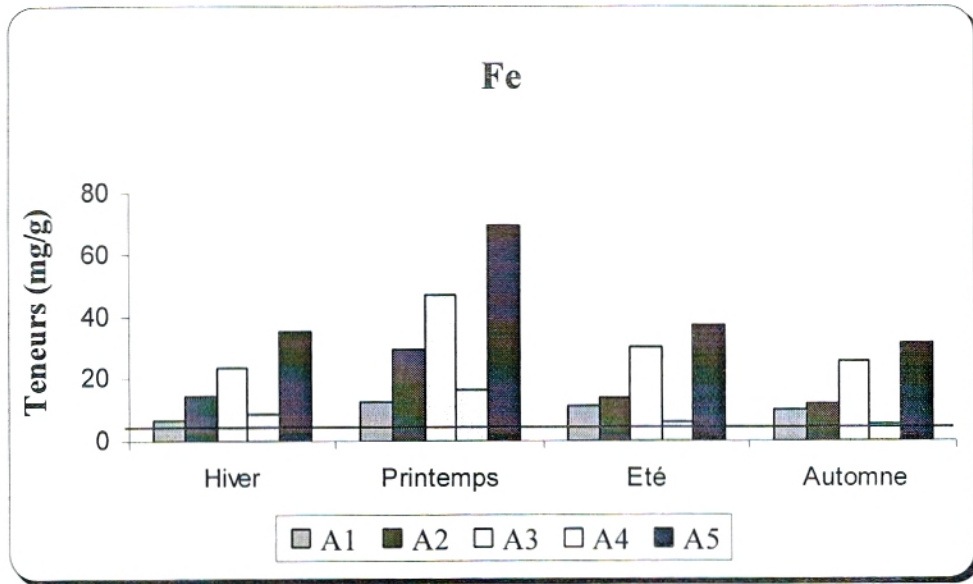
Les résultats temporelles des teneurs métalliques sont représentés de la même manière sur les figures comme suit :



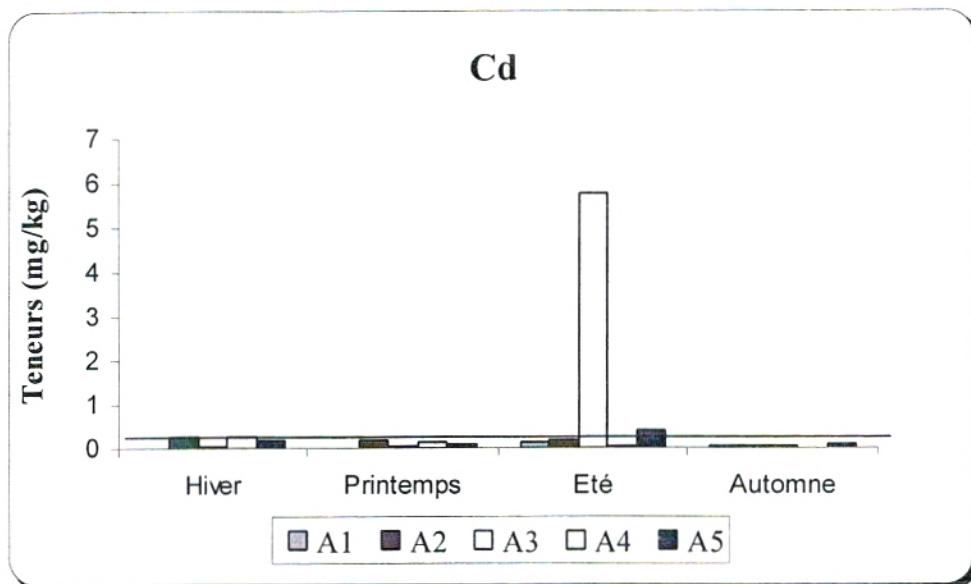
**Fig. V-20-a :** Variations temporelles des concentrations en zinc chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



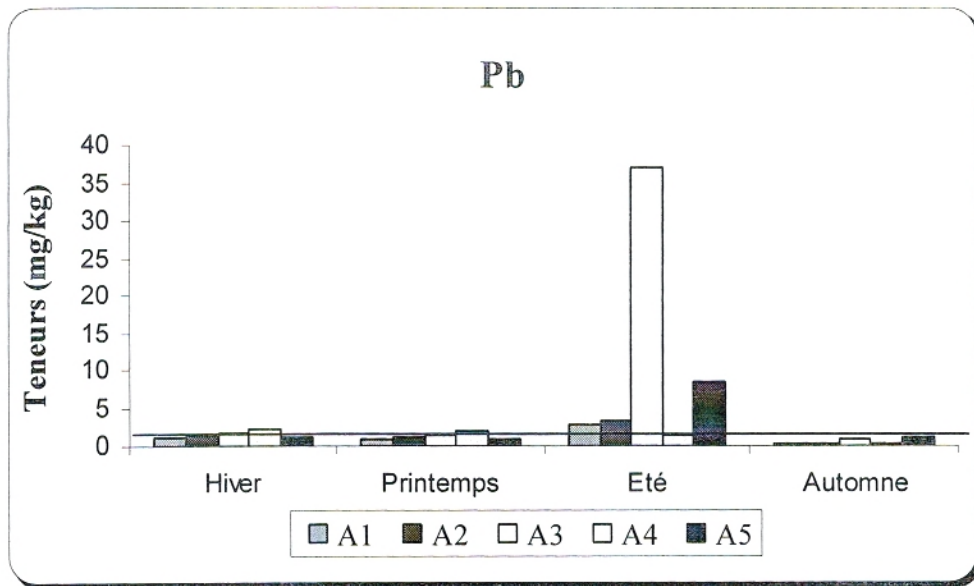
**Fig. V-20-b :** Variations temporelles des concentrations en cuivre chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-20-c :** Variations temporelles des concentrations en fer chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-20-d :** Variations temporelles des concentrations en cadmium chez la patelle dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf



**Fig. V-20-e :** Variations temporelles des concentrations en plomb chez la patelle la dans les cinq points de prélèvements du littoral de Béni Saf

- Saison d'hiver et de printemps :

Les résultats obtenus chez la patelle révèlent des concentrations très importantes accumulées en Fe qu'en Zn, Pb, Cu, et le Cd dans tous les points de prélèvements. :

Fe: 34,84 mg/kg ;

Zn: 5,34 mg/kg;

Pb: 2,25 mg/kg;

Cu: 0,93 mg/kg;

Cd: 0,28 mg/kg.

La tendance d'accumulation se révèle comme suit :

**Fe > Zn > Pb > Cu > Cd**

Les teneurs remarquées en printemps sont plus élevés qu'en hiver pour le Fe et le Zn dans port (A3, A4, A5) cela est révélateur dans le cas où le climat se transforme par l'élévation des températures résultant l'accumulation des rejets d'origine urbaines. Cela manifeste des quantités importantes en Pb par rapport au Cd et le Cu voire :

Fe: 69,55 mg/kg;

Zn: 54,04 mg/kg;

Pb: 1,87 mg/kg;

Cu: 1,35 mg/kg;

Cd: 0,16 mg/kg.

**- Saison d'été:**

Les teneurs métalliques retrouvés chez la patelle dans cette saison diminuent par rapport au printemps surtout pour le Zn, le Fe, et le Cu et augmente pour le Cd et le Pb dans le port (A3-A5). Le gradient se présente comme suit :

**Fe -Pb>Zn> Cd > Cu**

Les valeurs observées sont :

Pb: 37,15 mg/kg;

Fe: 37,15 mg/Kg ;

Zn: 12,61 mg/kg;

Cd: 5,77 mg/kg;

Cu: 0,16 mg/kg.

Les teneurs s'explique à travers le graphe et démontre que la patelle en phase estivale lors de accumule une quantité très importante en métaux traces essentiellement en plomb et en cadmium point « A3 ». Ce résultat est peu être du à l'augmentation des déchets d'origines urbaines qui augmente les divers polluants dans le port, sans pour autant négliger l'influence des facteurs climatiques qui jouent un rôle très important dans cette accumulation, aussi la dégradation des matières organiques qui s'intensifient par l'élévation de température et celle du CO<sub>2</sub>, influe directement sur les réactions enzymatiques et accentue la diminution en O<sub>2</sub> dans l'eau.



- Saison d'automne :

Le changement climatique de l'été à l'automne peut réagir sur la diminution des concentrations métalliques ingéré par la patelle. Les teneurs sont :

Fe: 31,5 mg/kg;

Zn: 1,05 mg/kg;

Pb: 1,001 mg/kg;

Cu: 0,19 mg/kg.

Cd: 0,076 mg/kg;

Ce changement s'explique par l'influence du climat qui influe directement sur les activités métaboliques des animaux marins, aussi par l'augmentation et la diminution des températures résultant la dégradation des matières organiques et l'accumulations de ces polluants dans les sédiments. L'espèce en question accumule dans cette saison nettement moins de métaux que dans la saison estivale.

Le mouvement de l'eau et l'agitation des courants représentent également un élément important dans la distribution des polluants qui sont émis en suspension dans l'eau et qui finissent au niveau des chaînes trophiques.

Le gradient d'accumulation des métaux se présente comme suit :

**Fe > Zn > Pb > Cu > Cd**

Les travaux de Boyden (1977) montrent qu'au niveau de l'accumulation des éléments traces par la patelle on distingue trois familles de métaux :

- Cu, Pb et le Fe : ces trois éléments sont influencés par la taille de l'individu avec des niveaux respectives de 0,73 -0,75 et 0,77 ng.ng<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> ;
- Zn : le Zn obtenu varie entre 0,84 et 0,93 ng.mg<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> ;
- Cd : cet élément montre des variations entre 1,37 et 2,05 ng.mg<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> ;

Ces résultats sont expliqués par les concentrations obtenus dans le milieu. Ainsi les teneurs en Cd qui augmente en relation avec l'augmentation de la contamination du milieu surtout pour les individus de grande taille.

Boyden a observé aussi une uniformité surprenante au niveau des concentrations, durant les différentes saisons. L'effet de la saison et du cycle sexuel n'est pas décelable (Nakhlé, 2003).

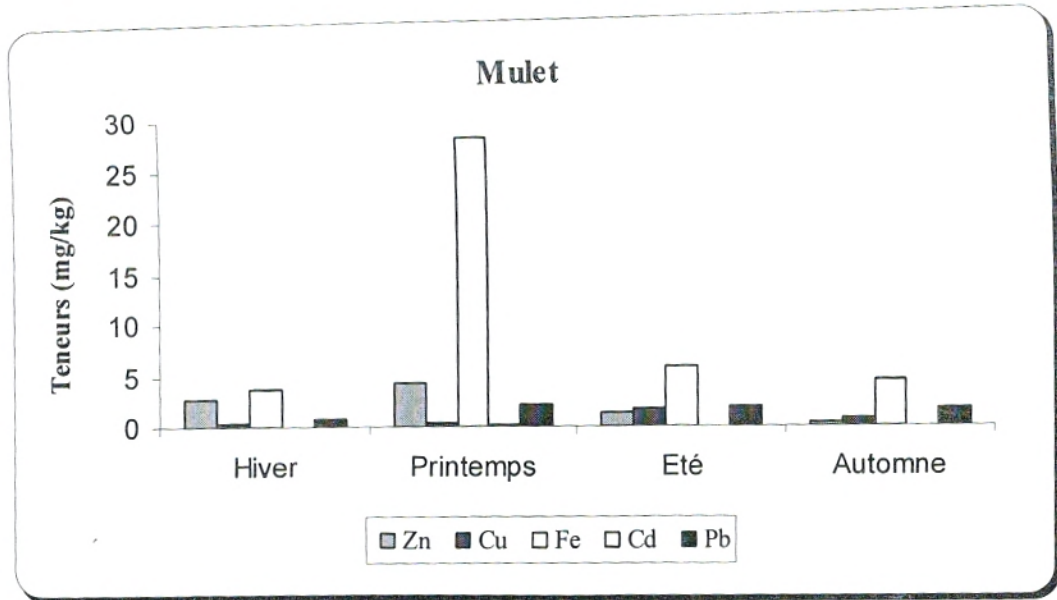
Les travaux de Cubadda et *al.*, (2001) sur la patelle, ont conclu à l'existence d'une relation de type puissance entre la concentration du métal et le poids total de l'individu. Les auteurs suggèrent le genre patelle comme bioindicateur de pollution dans le bassin méditerranéen mais supposent aussi qu'il a un très fort coefficient de concentration du Cadmium. Ils ont lié ce fait aux habitudes nutritionnelles et aux effets morphologiques et physiologiques de l'animal (Nakhlé, 2003).

#### **V-1-4-1 Comparaison des résultats métalliques obtenus sur la patelle avec la littérature :**

Nous avons comparé nos résultats avec d'autres travaux antérieurs et ceux de la littérature (Tab V-8).

- Mulet :

Les résultats des teneurs métalliques du mulet sont représentés comme suit.



**Fig. V-21 :** Variations temporelles des concentrations métalliques chez le mulet du littoral de Béni Saf

- Saison (d'hiver et printemps) :

Les concentrations métalliques obtenues après minéralisation représentées dans le (Fig.V-22), révèlent des concentrations très importantes dans cette zone dépassant les limites des doses maximales admissibles « Cu, Pb » (OMS, 1971). Ces métaux (fer, zinc, plomb) s'accroissent au niveau des côtes portuaires surtout en printemps, cela se lie probablement par l'augmentation des rejets multiples de polluants dans le port. Ces résultats se présentent comme suit :

Fe: 28,2 mg/kg;

Zn: 4,27 mg/kg;

Pb: 2,16 mg/kg ;

Cu: 1,75 mg/kg;

Cd: 0.18 mg/kg.

La tendance d'accumulation se révèle comme suit :

**Fe > Zn > Pb > Cu > Cd**

- Saison d'été :

Les concentrations métalliques obtenues dans cette saison se présentent comme suit :

Fe: 5,86 mg/kg;

Pb: 1,95 mg/kg;

Cu: 1,75 mg/kg;

Zn: 1.29 mg/kg;

Cd: 0.026 mg/kg.

La tendance d'accumulation se révèle comme suit :

**Fe > Pb > Cu > Zn > Cd**

- Saison d'automne :

Les concentrations métalliques obtenues dans cette saison se présente comme suit :

Fe: 4,50 mg/kg;

Pb: 1,75 mg/kg;

Cu: 0,85 mg/kg;

Zn: 0,30 mg/kg;

Cd: 0,030 mg/kg.

La tendance d'accumulation se révèle comme suit :

**Fe > Pb > Cu > Zn > Cd**

Les résultats constatés dans cette saison sont inférieurs par rapport à la saison d'été, concernant le gradient d'accumulation ce dernier est resté le même.

On remarque une tendance d'accumulation des métaux représentée par le gradient comme suit :

-Pour la côte : Fe>Zn> Pb> Cu> Cd

-Pour le large : Fe>Pb> Cu > Zn > Cd

Nous remarquons également que les résultats obtenus dans l'accumulation des métaux par le mullet sont très élevés même important en Fe, Zn et le Pb dans le port par rapport au large. Cela s'explique par la phase que traverse le mullet dans sa croissance qui se manifeste au niveau des côtes pendant l'hiver et le printemps, pour qu'il puisse rejoindre le large en saison d'été et se reproduire, pour la saison automnale le mullet jaune se trouve au stade juvénile.

**- Doses maximales admissibles de certains métaux lourds chez quelques éléments de la chaîne trophique.**

Compte tenu des résultats, nous jugerons utile de donner quelques références citées par les chercheurs quand aux doses maximales admissibles pour quelques métaux lourds. Ceci nous permettra de nous positionner par rapport à ces derniers (Tab. V-9).

**Tableau N° V-9 :** Doses maximales admissibles (D.M.A)

Doses maximales admissibles DMA	Aliments	Cu	Pb
		--	0,3 PPM (b) 0,05 PPM (a)
Doses maximales admissibles DMA	Mollusques	40 mg / Kg (a), (b)	--
	Crustacées	1 mg / Kg (b)	--
	Poissons	1 mg / Kg (a), (b)	0,3 à 0,6 (a)

(a) : G.I.P.P.M., 1973

(b) : C.N.R.S., 1971

(c): O.M.S., 1971 (AUGIER et al., 1988)

A l'état actuel des connaissances, il convient de souligner le caractère très approximatif et très aléatoire de telles estimations qu'il faut considérer avec la plus extrême prudence. La dose

maximale réelle peut être située tout aussi bien en dessous qu'en dessus de telles évaluations. (Bendimerad, 1996).

Les résultats obtenus dans les année 2001 témoignent que :

Le cadmium a été trouvé dans les poissons, qui sont des capteurs de polluants. Ils combinent un grand facteur de bio concentration (Miquel, 2001).

Par ailleurs les résultats obtenus pour le Pb se révèlent importants chez le mullet dans cette Zone (Tab. V-10).

**Tableau N° V-10 :** Capacité de bioconcentration de quelques espèces marines (Miquel et Senat., 2001)

<b>Espèces</b> \ <b>Métaux</b>	<b>Cadmium</b>	<b>Plomb</b>
<b>Crustacés</b>	Forte	Moyenne
<b>Moules</b>	Forte	Forte
<b>Poissons</b>	Faible	Faible
<b>Hareng/Sardine</b>	Faible	Faible
<b>Plie/Sole</b>	Faible	Faible
<b>Bar/Roussettes</b>	Moyenne	Moyenne
<b>Espadon/Thon</b>	Moyenne	Moyenne

**V-1-4-1 Comparaison des résultats métalliques du mullet avec ceux de la littérature :**

Dans le tableau ci-dessous nous avons rassembler tous nos résultats, comparés avec d'autres travaux précédents, et ceux de la littérature (Tab V-11).

**Tableau N°V-11:** Comparaison des résultats des concentrations moyennes exprimés en (mg/kg) obtenus pour le mullet avec les données bibliographiques.

Espèces	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb	Station	Références
<i>Liza aurata</i>	7,05	17,3	/	0,088	0,37	Espagne	José et <i>al.</i> , 2003
<i>Trachurus mediterraneus</i>	2,97	38,605	31,565	/	/	Turkey	Yilmaz, 2003
<i>Mugil cephalus</i>	4,395	64, 37	103,485	/	/	Turkey	Yilmaz, 2003
<i>Sparus aurata L.</i>	2,081	107,865	0,027	/	15,548	Turkey	Yilmaz, 2003
<i>Mugil Cephalus</i>	3,42	52,738	60,93	/	24,25	Turkey	Yilmaz, 2003
<i>Mugil Cephalus</i>	4,38	10,82	-	0,032	0,14	Rachgoun	Bernoussi 2007
<b><i>Mugil cephalus</i></b>	<b>11,83</b>	<b>2,155</b>	<b>10,58</b>	<b>0,077</b>	<b>1,678</b>	<b>Béni Saf</b>	<b>Notre étude, 2008</b>

## V-2 Discussion globale :

A travers les données examinées dans la région de Béni Saf, les caractères physico chimiques de l'eau témoignent peu de variation au cour de l'année, cependant des fluctuations au cour des saisons ont été remarquées dans la diminution de l'oxygène à travers les points de prélèvements.

L'analyse de l'indice de pollution a manifestement approuvé la disponibilité des contaminants métalliques dans les sédiments du littoral de la région. Les résultats de cette analyse traduisent essentiellement des teneurs en cadmium qui dépassent largement le niveau ( $>10$ ), ce qui représente une zone à risque, alors que les teneurs en plomb dépassent le niveau ( $>3$ ), ce qui signifie un cas de pollution. En effet ces résultats ont été appuyés par des normes de références : (Turekian et *al.*, 1961 et Martin et *al.*, 1979) qui ont justifiés la disponibilité et la toxicité des contaminants sédimentaires.

La zone du port et ses alentours, manifestent suivant nos résultats une accumulation importante en teneurs métalliques notamment le Zinc, le Cuivre, le Fer, le Cadmium et le Plomb qui nous ont permis de caractériser la qualité du milieu essentiellement dans chaque point de prélèvement. En effet les résultats des variations spatiales et temporelles ont réellement témoigné la fluctuation des teneurs par rapport aux paramètres physico chimiques du milieu (pH, Température, Oxygène, et Conductivité électrique), et la mobilité des métaux qui peut être induite par les crues provoquées notamment par les premières pluies qui remettent en suspension les sédiments contaminés.

Les résultats concernant le fer représentant un élément de constitution, indique une accumulation très importante dans cette zone dépassant largement la limite référence, essentiellement au niveau de la jetée du port, également dans le centre du port, et dans l'aquarium (Plage). Cela a été prouvé par les références naturelles étudiées des sédiments marins superficiels d'après : Abollino et *al.*, 2002.

La concentration globale d'un polluant métallique au niveau des organismes est souvent considérée comme indicateur de sa toxicité potentielle. Cependant un effet biologique ou écologique ne suit pas nécessairement l'accumulation des métaux par les organismes marins.



En outre chez les organismes manifestant un pouvoir de bioconcentration élevé des polluants, tels que la flore et la faune dont on ignore leurs effets sur l'activité biologique de ces espèces, il existerait des mécanismes qui permettent de séquestrer le métal sous des formes physico-chimiques peu ou pas toxiques, pouvant être disponible ou non aux maillons de la chaîne trophique. Toutefois, la fiabilité d'une telle prévision repose sur la représentativité des organismes choisis au sein du réseau trophique et nécessite une connaissance approfondie de la structure et du fonctionnement des écosystèmes côtiers.

L'évaluation des teneurs temporelles moyennes et globales des cinq métaux a été déterminée à travers les algues choisies comme bioindicateurs de pollution, notamment chez l'ulve, l'enteromorphe et la coralline. Concernant l'ulve les résultats analysés par la spectrophotométrie d'absorption atomique ont signalés une bioaccumulation importante qui dépasse la limite de référence (F.A.O., 1988), particulièrement en Zinc dépassant celle de l'enteromorphe. Par ailleurs, les teneurs observées chez les autres métaux manifestent une bioaccumulation importante en Cuivre pour l'enteromorphe par rapport à l'ulve et à la coralline. Les valeurs en fer ont été accumulées beaucoup plus pour l'enteromorphe, par rapport à la coralline et l'ulve. Aussi les valeurs en Cadmium ont été accumulées davantage chez la coralline par rapport à l'ulve et l'enteromorphe. Finalement les teneurs en plomb ont été accumulées essentiellement chez la coralline que chez l'enteromorphe et l'ulve. Ces derniers résultats ont dépassés largement la limite de référence (F.A.O., 1988).

D'une manière générale, ces résultats ont permis de démontrer que la bioaccumulation métallique diffère d'une espèce à une autre et d'une station à une autre comme c'est le cas pour ces algues :

- Les ulves accumulent beaucoup plus de Zinc dans la zone portuaire au cours de l'année.
- Les enteromorphes accumulent beaucoup plus de Fer dans la zone portuaire durant l'année.
- Les corallines concentrent des teneurs importantes de Cuivre, de Cadmium et de Plomb dans la zone portuaire au cours de l'année.

Les résultats observés d'une saison à une autre chez les algues, nous révèlent que ces derniers accumulent plus les métaux au printemps que l'hiver et l'automne. Malea et Haritonidis, (1999), ont attribués ces variations saisonnières d'accumulation des métaux (Zn, Cu, Fe, Pb) à la dynamique de la croissance de l'algue, et que les jeunes individus d'enteromorphe apparues en septembre seraient la cause de l'augmentation des teneurs observées dans cette période. D'autres auteurs Haritonidis et Malea, (1994), ont rajoutés sur la dynamique de croissance et l'âge du tissu algal les facteurs physicochimiques du milieu (pH, T°C, O<sub>2</sub>, C.E) qui affectent la disponibilité du métal aux algues ainsi que la variation de métaux dans l'environnement. Pour ce qui est du facteur de la lumière, 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 Shibern (1979). Celui-ci va plus loin pour dire que les algues pourraient également absorber des particules en métal d'entrée atmosphériques. Zbikowski et *al.* (2005), nous pouvons constater 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'il peut être du aux interactions entre-elles.

Globalement, en comparant les deux algues vertes et rouges, il a été constaté qu'à l'exception du fer, la coralline absorbe un taux plus élevé de métaux que l'enteromorphe. Cette constatation a été observé par Mohammed et Khaled (2004), à Alexandria (Egypte) et qui est du à la spécificité des activités métaboliques pour chaque espèce et l'affinité de l'algue pour le métal selon (Haritonidis et Malea, 1994 ; Tabudravu et *al.* ;2001). Concernant l'ulve, celle-ci accumule nettement moins de métaux que l'enteromorphe, essentiellement le Zinc et le Cadmium dans le port et près de la jetée.

Les résultats observés pour l'ulve étaient nettement limités au cours de l'année, pour cause de leurs absences dans les saisons printanière, estivale, et automnale, dues à leurs sensibilités à se développer dans un milieu aussi pollué. Nous pouvons expliquer entre autre ceci par la variabilité naturelle des concentrations au cours d'une année qui est assez importante. Les processus physiologiques (croissance, reproduction...etc) et l'environnement (régime hydrologique, apports polluants, remise en suspension des sédiments...) semblent modifier les teneurs en polluants à des degrés divers.

Nous pouvons clarifier dans certains points, que l'effet d'un métal lui-même est très complexe sur l'accumulation et la bioaccumulation dans un organisme vivant, pour cela la connaissance de la nature chimique d'un métal est nécessaire à déceler, de ce fait la toxicité du métal et son assimilation par les organismes marins affecte donc sa biodisponibilité (Casas, 2005).

## CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence la bioaccumulation des éléments métalliques comme le fer qui est un élément majeur et le zinc, le cuivre, le cadmium et le plomb qui sont considérés comme des éléments mineurs dans les sédiments, chez les algues et les animaux aquatiques dans le littoral de la baie de Béni Saf.

Le suivi des paramètres physico-chimiques durant la période allant de mars à décembre 2006 nous a permis de mettre en évidence le rôle déterminant que peut jouer la température dans l'accumulation métallique et son influence directe sur le cycle biologique des végétaux aquatiques notamment les algues.

L'étude des variations des teneurs métalliques au niveau des sédiments et chez les algues, le mollusque « patelle » et le poisson « mullet », a permis de dégager certains points importants.

Les variations des teneurs spatiales et saisonnières ont démontré ce qui suit :

Les éléments métalliques (Zn, Cu, Cd, Pb) dans les sédiments sont importants dans le centre du port « A5 » 140,3 (mg/kg) pour le zinc pendant la saison printanière, 187,38 (mg/kg) pour le plomb pendant la saison hivernale, 45,537 mg/kg pour le fer pendant la saison printanière et 62,477 mg/kg pendant la saison hivernale. Les teneurs en cadmium sont essentiellement élevées pendant la saison printanière 3,81 mg/kg (centre du port) et 12,61 mg/kg pendant la saison hivernale (aquarium « A1 »).

Le calcul de l'indice de pollution a conduit à la détection d'un cas de pollution par le plomb et le cadmium dans les sédiments de la baie.

Les éléments métalliques (Zn, Cu, Cd, Pb) chez les algues aquatiques sont très concentrés dans le port et atteignent les valeurs les plus élevées : le zinc atteint la valeur de 253,7 mg/kg chez l'ulve, pour le cuivre 131,98 mg/kg (été) chez la coralline, pour le fer 2380,66 mg/kg en automne chez l'enteromorphe, pour le cadmium 16,08 mg/kg (hiver) et le plomb 274,01 mg/kg (été) chez la coralline

- Pour la patelle :

Les saisons les plus affectées par l'accumulation métalliques sont le printemps et l'été.

Le zinc et le cuivre s'accumulent en grandes quantités dans le port pendant le printemps, et atteignent respectivement 54,04 mg/kg pour le Zn, 0,96 mg/kg pour le Cu. Pour le cadmium et le plomb, les valeurs atteignent leurs maximums en été 5,77 mg/kg pour le Cd et 8.42 mg/kg pour le Pb, cette accumulation qui s'observe chez la patelle peut être expliqué par la nature de la sédentarité de l'espèce ainsi que son mode de nutrition qui fait accumuler un maximum d'éléments (Zn, Cu, Pb, Cd), le fer atteint son maximum au printemps environ 69.55 (mg/g) témoignant la richesse de cette zone en fer.

- Pour le mulot :

Chez le mulot l'organe cible est principalement le filet, nous avons constaté que l'espèce en question utilisé comme un indicateur de la qualité du milieu, pouvant accumuler des quantités importantes en éléments métalliques, cela est dû probablement au contact direct avec l'eau. Le sédiment et la nourriture peuvent être riches en Zn, en Fe et en Pb particulièrement au printemps ou l'espèce se développe afin d'atteindre sa maturité à la fin de l'été pour se reproduire comme c'est le cas dans les résultats suivants :

- Printemps : 4,27 mg/kg pour le Zn, 28,2 mg/kg, pour le Fe et 2,16 mg/kg pour le Pb,
- Été : 1,29 mg/kg pour le Zn, 5,86 mg/kg pour le Fe et 1,95 mg/kg pour le Pb.

La variabilité naturelle des concentrations au cours d'une année est assez importante. Les processus physiologiques (croissance, reproduction...) et l'environnement (régime hydrologique, apports des polluants, remise en suspension des sédiments...) modifient les teneurs en polluants à des degrés divers. Nous attribuons les teneurs élevés de nos valeurs principalement aux déversements des déchets provenant des zones portuaires.

Les éléments abordés démontrent bien la complexité des problèmes qui se posent à tous ceux qui veulent étudier l'écotoxicologie marine et le phénomène de la bioaccumulation des métaux au niveau des espèces aquatiques dans le milieu marin. De la forme chimique sous laquelle ils sont présents dans le milieu vont dépendre leur comportement géochimique, leur capacité d'être

bioaccumulés et leur toxicité pour le consommateur, pour les espèces marines ou pour la biodiversité de l'écosystème.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

- Abdel Moati A. R., et Atta M., 1991** – *Patella vulgata*, *Mitilus minimus* and *Hyale prevosti* as bioindicators for Pb and Se enrichment in Alexandria coastal waters. Mar. Pollut . Bull. (22). pp.148-150.
- Abollino M., Aceto M., Malandrino E., Mentasti C., Sar-Zianini and Barberis R., 2002** \_ Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. Environ. Poll.. 119, pp 117-193.
- Aboul-Dahab O., 1985** – Chemical cycle of inorganique pollutants in the ecosystem west of Alexandria between Anfonshy and A gamy. Ph D. thesis, Alexandria University.
- Ahdy H.H., 1999** - Dynamics of cadmium and Pb in Abu Kir and their effect on marine organisms. PhD. Thesis. Aléxandria. University.
- Aissi A., 1979** – Recherche du zinc, du mercure, du cadmium, dans les échantillons de *Mullus surmuletus* . C.I.E.S.N journée d'étude sur les pollutions marines Monaco : com. Inter. Expl. Sci. Médi. p 207-211.
- Aissi A., Siblot D., 1980** – Etude du lac El-Mellah : les métaux lourds dans certains organismes. V° journée d'études sur les pollutions marines en Méditerranée Cagliari CIESM : pp 151-154.
- Allain V., 1998** – Elément de toxicologie. Médicale Internationale. Paris Ed. : 317p.
- Al-Shukry R., Serpand B., Matejka G., Gallet C., 1992** – Spéciation des métaux lourds d'un cours d'eau en aval d'un rejet industriel. Environmental Technology Vol. 13 : p 141-150.
- Amirad J.C., Amirad-Triquet C., Berthet B., et Metayer C., 1986** - Contribution to ecotoxicological study of cadmium of cadmium, lead, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis* . Mar. Biol. (90). Pp. 425-431.
- Aminot A., et Chaussepied M., 1983** – Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'exploitation des océans.



- Amiard S. C., Cosson R., 1997** – Les métallothionéines. In Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux. Ed. Lagadic L., Amiard J. C., Ramade F., Ed. Mass. Cie. Paris. P : 53 - 66
- A.N.A.T., 1996** – Agence National pour l'aménagement du territoire 1996. Plan : Direction d'aménagement en urbanisme (P.D.A.U) groupement des communes de Beni Saf, Sidi Safi, Emir Abd El-Kader. 118p.
- Aouemer D., 1990** – Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mem., Ing., ISMAL : 62 p.
- Arif C., Guenaia A., 1996** – Détection des métaux traces (Zn., Cu., Cd., Pb) chez quelques organismes marins (poissons, crustacées, et mollusques) de deux ports de pêches (Ghazaouet et Béni Saf) Mem., Ing., Ecol., Univ., Tlemcen. 62p.
- Asso A., 1981** – Etude des métaux lourds chez *Perna* (*Mytilus*), *Perna* (L) *Mytilus Africanus* chennitz dans la région d'Alger. Jour. Etude pollut. CIESM., 5 (1980), pp 163-167.
- Asso A., 1982** – Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule *Perna perna* dans la région d'Alger. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Aix-Marseilles II : 138 pp.
- Asso A., 1985** – Etude des teneurs globales en métaux lourds chez la moule *Perna perna* (L) dans la région d'Alger. Variation des teneurs métalliques en fonction de quelques paramètres biologiques. Jour. Et. Poll. CIESM., 7 (1984) : pp 411-415.
- Asso A., Abdelouahad N., Azzouz M., Naceur I., 1986** – Distribution de quatre métaux lourds (Zn, Hg, Cu, et Cd) chez deux espèces de moules présentes dans la baie d'Alger. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.
- Aubert M., Revillon P., Breittmyer J. P., Gauthier M., Aubert J., et Flatan G., 1982** – Métaux lourds en Méditerranée. Rev. Inter.Océanogr. Méd. Nice., 3 : pp 118-121.
- Augier H. et al., 1988** - Les particularités de la mer méditerranée : son origine, son cadre, ses eaux, sa flore, sa faune, ses peuplements, sa fragilité écologique. Edt. CIHEMA- options méditerranéennes- n°19. PP 27-53.

- Augier H., Gilles G., et Ramonda G., 1978** – Contribution à l'étude de la teneur en mercure du thalle et d'une préparation commerciale à usage agricole de l'algue brune *Ascophyglum dodosum* (L) le jolis exploité en Bretagne. Botonica Marina. Vol. XXI: pp 413- 416.
- Augier H., Gilles G., et Ramonda G., 1979** – Recherche sur la pollution mercurielle en rade d'Héré et dans l'Archipel de stoéchades (Méditerranée, France) IV. Port Porquerolles. Trav. Scien. Parc. Notion. Port. Cros. Tome 4 : pp 237- 269.
- Augier H., Gilles G., et Ramonda G., 1991** – Teneurs en mercure des naptères des stipes, des lames et d'une préparation commerciale de frondes à usages agricole dans la grande algue brune *Lamilaria digitata* (L). Lamoureux exploitée en Bretagne (France) Vle. Marine Vol. 1 : pp 52-56.
- Auton M.P., Casco C., and Benedicto J. M., 2002** – Biomonitoring in the Mediterranean coast of Spain. GIESM workshops series. (15). 136p.
- Bagnouls F., et Gaussen J., 1953** – Saison sèche et indice xérothermique Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse Vol. 88 (3-4) : p 139 – 239.
- Bart V., 1990** – Les poissons des lacs et rivières d'Haïti par expert en pêche continentale. Projet d'aquaculture et des pêches continentales MARNDR/ PNND/ FAO- HAI.
- Beauchamp J., 2003** – IFREMER. « Mise à jour 5 Juillet 2003 » D.E.S.S : Qualité et gestion de l'eau, Univ. Picardie. Jules verne.
- Belhadj H., 2008** – Evaluation de la pollution métallique dans l'eau, les sédiments et organismes vivants du littoral de Ghazaouet (Extrême Ouest Algérien). Mag. Eco. Anim. Tlemcen, 79-232p.
- Belkheir O.M., Beanouda H., 2006** – Contribution à l'étude bioaccumulation de quelques métaux lourds chez l'algue verte « *Enteromorpha Linza* » (Linnaeus, 1983), sur le littoral de Béni Saf Mem. Ing. Ecol. Env. 75p.
- Bendimerad M. A., 1996** – Teneurs en métaux lourds chez l'oursin comestible (*Paracentrotus lividus* L) pêché dans les baies d'Ain Franin et Beni Saf. Mem. de D.E.S, Physio. Anim. Tlemcen. 75p.

- Benest M. et Elmi S., 1978** – Précisions stratigraphiques sur le jurassique inférieur et moyen de la partie méridionale des monts de Tlemcen (Algérie). *Compte Rendu de la société géologie France*.
- Benguedda W., 1993** - Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule « *Perna perna* » (L), et le rouget « *Mallus suruletus* » (L), dans la partie du golf d'Arzew. *Mag., Bio. Marine. I.S.M.A.L* : 108p.
- Benyahia B., El-Bachir S., et Guermat M., 1992** - Teneurs en certains métaux lourds (Zinc., Cuivre., Fer., Plomb., Cadmium) chez quelques poissons (Saurel, Sardine, Mulet, Bogue) des deux ports de pêche : Ghazaouet et Béni Saf. *Mem. Ing. Univ. Tlemcen*, 80p.
- Benyelles B. L., 1998** – Etude Ecotoxicologique d'un métal lourd : le Cadmium dans la zone industrielle de Ghazaouet, et son impact sur l'environnement « Végétaux, animaux, et homme », option : écophysologie, *Mag. Ecol. A.* 41p. Tlemcen.
- Bernardon M., Ould Mohamed., et Vall M., 2004** – Le mullet en Mauritanie: Biologie, Ecologie, Pêche et aménagements : Fiba : P.R.C.M, U.I.C.N, Ed. Nouakchott : 9 p.
- Bernoussi A., et Ghouali R., 2007** – Contribution à l'étude des polluants métalliques contenus dans les sédiments et chez le mullet (*Mullus cephalus*) dans deux milieux différents du littoral de Rachghoun. *Mem. Ing., Ecol., Patho., Gestion des populations.* 130p.
- Bergasa O., Ramirez R., Collado C., Hernandez-Brito J. J., Dolores M., Caballero G., Rodrigues Somazas M., Haroun R. J., 2006** – Study of metals concentration levels in *Patella piperata* throughout the Canary Island, Spain. *Environ. Monit. Assess.* Springer. 7p.
- Berraho A., 2006** – Ressources halieutiques et potentialités aquacoles au Maroc. *Edi. Okad.* 82p.
- Berrayah N., 2002** – Contribution à l'analyse de quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) dans les sédiments et chez quelques algues dans deux milieux différents du littoral de Rachghoun. *Mém. Ing. Univ. Tlemcen*, P37,74, 70.
- Beyer J. M., Sandvick K., Hylland E., Fjeld E., Egaas E., Aas E., Skare JU., and Goksoyr A., 1994** Contaminant accumulation and biomarqueur réponses in flounder (*Platichthys flesus* L.) and

- Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) exposed gycadging to polluted sediments in sorfloorden, Norway. *Aquatic Toxicol.* 36: pp 75 – 98.
- Blant G., 1974** – Méthodes modernes de géologie du terrain technique. Ed. Paris. pp 67-89.
- Bittel R., 1973** – Etude du comportement des métaux lourds en milieu marin en vue de l'évaluation de la capacité limitée d'acceptation des écosystèmes océaniques pour la pollution chimique. *Rev. Int. Océan. Méd.* Tome: XXX.
- Bonquet D., 2001** – La méditerranée en péril : p 1- 4.
- Bonnet C. 2000** – Développement de bioessais sur sédiments et applications à l'étude en laboratoire de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés. Thèse., Univ. De Metz. Metz. France, 309 PP.
- Bonotto S. et Kirçhmann R., 1973** – Lead effect on the morphogenesis of the unicellular marine algae *Acetabularia*. *Annales de Gemblous*, 79: pp 121-130.
- Bontoux I., 1993** – Introduction à l'échelle des eaux douces, eaux naturelles des eaux usées, eaux de boisson, CEBEDOC, Ed. Vol. 169 : p10-26.
- Borgmann U., 2000** – Methods for assessing the toxicological significance of metals in aquatic ecosystems: bioaccumulation- toxicity relation ships water concentrations and sediment spiking approaches. *Aquatic. Ecosystem. Health., and management* 3: pp 277-289.
- Bouaricha N., 1980** – Teneurs en métaux lourds chez quelques poissons des côtes algériennes. D.E.S en Océanographie : Univ. Sci. Tech. Houari Boum. 67p.
- Boudene C. L., 1986** – Toxicité des métaux. In. *Toxicologie et sécurité des aliments*. Edité. DERACHE.R., et Coll. : pp 159-198.
- Bourton C. F. et Patterson C.C. (1986)** - Lead concentration changes in Antarctic ice during the Wisconsin Holocene transition. *Nature* (323). PP 222-225;

- Boutiba Z., et Bouderbala M., 1992** – Teneurs des métaux chez les Cétacés fréquentant les côtes Ouest Algérien. Workshops sur la circulation des eaux des pollutions des côtes méditerranéennes du Maghreb. Rabat, pp 9-11.
- Boust D., Jaranneau J. M., et Latinche C., 1981-** Méthodologie d'interprétation des teneurs totales en métaux traces contenues dans les sédiments estuariens et littoraux : Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux. Vol.30 : p71-86.
- Boue H., et Chanton R., 1978** – Zoologie 1-2, Ed. Doin. Paris : pp 9-78.
- Bougis P., 1962** – Publ. Staz. Zool. Napoli, 32 (suppl) : pp 497-514.
- Bougis P., 1965** – C. R. Acad. Sci. Paris, 260 (Sér. D): pp 2929-2931.
- Boulin J., 1977** – Méthodes de la stratigraphie et géologie historique. Ed. Mass. Cie. Paris: pp 67-89.
- Boumedine N., Kherrafi A., 2006** – Evaluation de la bioaccumulation métallique chez deux espèces de poissons : *Trachurus trachurus*, et faux merlan : *Micromesistius poutassou* dans la baie de Beni Saf Option : patho. Ing. Eco. Tlemcen, 26p.
- Boyden C. R., 1977** – Effect of size upon metal content of shellfish. J. Mar. Biol. Ass. (57). pp. 675-714.
- Boyle E. A., Chapinck S. D., Bai X.X., and Spivak A., 1985** – Trace elements enrichments in the Mediterranean sea. Earth planet. Sci. Lett. (74). Pp. 405 – 413.
- Brulhet J., 1974** – Situation et perspectives de pêcheries du mullet jaune en Mauritanie – La pêche maritime.
- Bruslé S., 1982** – Contribution à la connaissance de la sexualité des poissons téléostéens marins gonochoriches (Mugilidés) et hermaphrodites (serranidés).Thèse d'état. Univ. Perpignan, 360p.
- Burton Ga., 1992** – Sediment collection and processing: Factors affecting In Burton, GAJ. Sedimen Toxicity Assessment, Lewis Chelsea, MI., USA. pp 37-54.

- Butler PA., and Lowe J I., 1978** – Elowing sea water toxicity tests using oyster (*Crassostrea virginica*). In Bioassay Procedures for the Ocean. Disposals permit program, EPA- 600 / 9-78 010, pp 25 -27.
- Burgess R. M., Schweitzer K. A., Mc Kinney R. A., and Phelps D. K., 1993** – Contaminated marine sediment: water column and interstitial toxic effect environ toxicol. Chem. 12: pp 127-138.
- Caquet T., et Lagadic L., 1997** – Conséquences d'atteintes individuellement précoces sur la dynamique des populations et la structure des communautés et des écosystèmes, In : Lagadic L., Caquet T., Amiard J.C., Ramade F (Cds). Biomarqueurs en écotoxicologie. Aspects fondamentaux, Ed. Mass. Cie. Paris. pp 265-298.
- Cambrony M., 1983** – Recrutement et Biologie des stades juvéniles de Mugilidae (Poissons- Téléostéens) dans trois milieux lagunaires du Roussillon et du Narbonnais (Salses- Leucate, Lapâme, Bourdigon). Thèse. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Perpignan, 285p.
- Casas S., 2005** \_ Modelisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu Méditerranéen. Thèse de Doc. Oceano. Biolo. Envi. Marin. Univ. du Sud Toulon Var. 301p.
- CDR/ECODIT-TAUTIF, 1997** – Council for developpement and reconstruction. Regional environmental assesment. Report on the coastal zone of Lebanon. Final. Report. Prepared by ECODIT / IAURIF.
- CDR / LACECO, 2000 C** – Council for development and reconstruction. Coastal pollution and water supply project: Prepared of an environmental monitoring plan volume 1/3: Main report. Prepared by LACECO et SAFEGE.
- Chapman PM., Warg F., Janssen C., Persoome G., and Allen HE., 1998** – Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assesment and remediation. Can. J. fish, Aquat. Sci. 55: pp 2212 - 2243.
- Chaussepied M et al., 1989** – Le littoral de la région Nord Pas de Callais, Apport à la mer. Rapport Ifremer. 146p.

- Cheggour M., Chafik A., Langston W. J., Burt G. R., Benbrahim S., and Texier H., 2001** – Metals in sediments and the edible cockle *Cerastoderma edule* from two Moroccan Atlantic lagoons: Moulay Bou Selham and Sidi Moussa. *Environnemental pollution*: p 115, 149 – 160.
- Clarck W., 1989** – La gestion de la planète pour la science, Numéro spécial : « Gérer la planète ». *Scientific American*. Paris. pp 26-34.
- Comité de Bassin Artois-Picardie** : Réunions du S.D.A.G.E., groupe « Milieu littoral », Rapport années : 1993-1994.
- Cossa D., 1976** – Sorption du Cadmium par une population de la diatomée *Phaeodactylum tricorutum* en culture. *Mar. Biol.* 34 : pp 163-167.
- Cossa D., Bourget E., Pouliot D., Piuze J. et Chanut J.P., 1980** – Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mitilus eludes*. *Mar. Biol.*, (58) pp 7-14.
- Cossa D. et Rondeau J.G., 1985** – Seasonal geographical and size induced variability in mercury content of *Mitilus eludes* in an estuarine environment : a reassessment of mercury pollution level in the estuary and gulf of St Laurent. *Mar. Biol* – (88) pp: 43-49.
- Cossa D., 1987** – Le Cadmium et le Mercure en milieu côtier. Thèse de Doctorat Es. Science. Université P., et M. Curie (Paris VI) : 374 p.
- Cubadda F., Conti M. E., Campanella L., 2000** – Size-dependent concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropod. *Chemosphere* 45 (2001). Pp 561-569.
- Cubabda F., Conti M. E., et Campanella., 2001** – Size- dependant concentrations of trace metals in four Mediterranean gastropods *chemosphere* (45). Pp. 561-569.
- Cuissin M., 1977** – Le monde de la nature. Ed. Larousse Paris. 246p.

- Cunningham P. A. et Crosch D. S., 1978** – Comparative study of the effects of mercuric chloride and methyl mercury on reproductive performance in the live shrimp, *Artemia salina*. Environ. Pollut. 15 : pp 83-99.
- Dahaoui L., 2003** – Comparaison entre différentes méthodes de minéralisation pour l'étude de la bioaccumulation métalliques (Plomb., Zinc., Fer., Cadmium., Cuivre) et de la patelle sur le littoral de Rachghoun, Alg., Ecol. Univ. Tlemcen. 45p.
- Dajoz R., 1996** – Précis d'écologie Ed. Dunod. Paris: pp 21-27.
- Dali Youcef N., 2005** – Contribution à l'étude des polluants métalliques dans les sédiments de Oued Tafna (Ouest Algérien). Thèse Doctorat, Univ., Tlemcen. 198 p.
- De Reviere B., 2002** – Biologie et phylogénie des algues. Tome 1. Edt. Belin. 351p.
- Decroix H., 2000** – Les algues. Club de plongée sub aquatique (Site Internet).
- Delavie P., 2001** – Les phénomènes de pollution dans les pays en voie de développement. Hachette multimédia.
- Dermeche S., 1998** – Teneurs en métaux lourds (Cadmium., Plomb., Cuivre, Zinc, Nickel) chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Camarck, 1816), pêche dans le golf d'Arzew. Magi., Univ., Oran. Biol. Poll. Mar. 33p.
- Devies M. S., Proudlock D. J., et 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.
- Duinker J.C., Nolting R. F., and Michel D., 1982** – Effects of salinity, Ph and redox conditions on the Behavior of Cd., Zn., Ni., Mn., in the sheldt estuary thalassia jugos lavica. Vol. 18: p 191-202.
- Duquesne S., 1992** – Bioaccumulation métallique et métallothioneine chez trois espèces de poissons du littoral. Nord Pas de Calais : Thèse, Doc. Biol. Et santé. Univ., Sci. Techn. Lille. France : 264 p.



- Duquesne S., 1994** – Pollution métallique et biomarqueurs : les metallothioneines. Analysis Magazine. Volume 22, N° 1. France. pp 20-23.
- Dutta H. M., Lall S. B., and Haghghi A. Z., 1983** – Methyl mercury induced changes in the cerium protein of blue gills, *lepomis macrochirus* (Teleoster). Ohiaj. Sci. 83: pp 119-122.
- Eclaire L., 1972** – La sédimentation hélocène sur le versant méridional du Bassin Algéro-balnéaires. Thèse. Faculté des sciences de Paris. 382p.
- Edward C. A., 1977** – Nature and origins of pollution by pesticides, in aquatic environment, edited par M.H.Q Khan. New York, Plenum. Press. pp 11-38.
- Eldon J., Pekkarinen M., et Kristoffersson R., 1980** – Effects of low concentrations of heavy metals on the bivalve *Macoma balthica* Ann. Zool. Fennici, 17: pp 233-242.
- Elondghir D., 1995** – Conservation des petits poissons pélagiques par l'eau de mer refroidie à la glace et par la glace. Mem. Hassen II., Inst. Agr. Vet. Rabat. 6p.
- El-Fadel M., Khoury R., Abou Ibrahim A., Zeinati M., Sbayti H., and Bon Zeid E., 2000 C** – Preliminary characterisation of Lebanese Coastal waters. Analysis conducted at water resource Center (A.U.B). Report submitted to U.S.A.I.D.
- El-Rayis O., Aboul-Dahab, Halim Y., and Rilley I., 1997** – Metal accumulation in Mex Bay. 7 Th. International Conference Environmental protection is a must "May 1997, Alexandria, Egypt. Pp. 83-59.
- El Nabawi A., B. Heinzow et H. Kruse, 1987** – As., Cd., Cu., Pb., Hg., and Zn., in fish from the Alexandria region Egypt Bull. Environ. Contm. Toxicol., 39 : pp 889-97.
- Emberger L., 1955** – Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Lab. Geol. Zool. Fac. Sci. Montpellier, 48p.
- Environmental Management Associates, 1989** - Environmental Study of Accra Metropolitan Area. Accra, UNDP, 236 p.

- Equinoxe., n° spéciale. 1990** – Le magazine de ressources vivantes de la mer. « Environnement littoral » : p32-54.
- Eschmeyer. W.N.E.S Herald et H. and Hammann., 1983** – A field guide to pacific coast fishes of north America. Houghton Millin. Company. Boston.
- Etajani H., Pirastru L., 1991** – Méthodologie pour prévoir le transfert des métaux lourds des chaînes trophiques marines incluant les mollusques filtreurs. Symp. Int. Sur la pollut. Des eaux marines. Casablanca : 13p.
- F.A.O.,** Division de la production végétale et de la protection des plantes, 1988 Rapport de vingt-neuvième session du comité FAO de lutte contre le criquet Peleim, Rome, 13-17 Juin 1988. Rapport de réunion NO, AGP/1988/M12, 44p.
- F.A.O., 1995** – Evaluations des stocks et aménagement des pêcheries de la Z.E.E. Mauritanienne. Rapport du 3<sup>ème</sup> groupe du travail. Copace (Comités des pêches pour l'Atlantique Centre Est) CNROP. Noadhidou. FAO. Rome.1995.
- F.A.O., 2001a** – Yearbook Fishery statistics captures production 1999 Vol. 88 / 1. F.A.O.: Pub. Roma.
- F.A.O., 2001b** - Yearbook Fishery statistics, aquaculture production 1999, Vol. 88 / 2. F.A.O: Pub. Roma.
- Farrugio H., 1975** – Les nuages (poissons Téléostéens) de Tunisie. Répartition et pêches. Contribution à leur étude systématique et biologique. Univ. Sci. Tech. Languedoc. Montpellier, 201p.
- Felton J., P. and Read D. L., 1964** – Man, Medicine and work historic events in occupational medicine, Public Health. Service publication N° 1044, U., S., Government Printing office, Washington, D. C. 1964. 46 p.
- Ferreira A. M., Costa P., Caetano H., E and Vale C., 1994** – Accumulacao de compostos organo clorados metais en peixep provimientes de viveiros do estuario do sado. Semminario sobre recursos halieuticos, ambiente, aquacultura e qualidate do pescado da peninsula de setubal. Setubal Portugal, 26 à 27 de abril 1991, Instuto portuges de investigacao Mritima (Ipimar) Lisboa: p 121-130.

**FIOM., 1992** – Mulet, poisson de Janvier : Bulletin saisonnier, Vol. 19 : pp 1-5.

**Fishet D., Radenac G., and Miramand P., 1998** – Experimental studies of impacts of harbour sediments resuspension to marine invertebrates. Bioavailability of Cd, Cu, Pb, and Zn and toxicity. Mar. Pollut. Bull. 36: pp 509-518.

**Fisher W., Bouchot M. L. et Schneider M., 1987** – Fishes F.A.O d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer noire. Zone de pêche 37 : Vol. 1. Végétaux et invertébrés. Pub. F.A.O, et com. de com. Eur. Rome, F.A.O., Vol. 1. 760p.

**Forstner U., 1987** – Sediment-associated contaminants An overview of scientific bases for developing Remedial. Option: hydrobiologia Vol. 149: pp 221-246.

**Forstner U., et Witman C. T. W., 1979** – Metal pollution in the aquatic environment. Springer \_ Verlag: New York. 475P.

**Frazier J. M., 1979** – Bioaccumulation of Cadmium in marine organisms. Environ. Heath perspectives, 28: pp 75-79.

**Gaujous D., 1995** – La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire, Ed. Lavoisier. Paris : 220p.

**Gayral P., 1975** – Les algues (morphologie, cytologie, reproduction et écologie). Ed. Doin. . Paris. : 194 p.

**Geffard O., 2001** – Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : Evaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse. Doct. Spéc. Ecotoxicologie, Univ. Bordeaux. 29p.

**Goual M., et Nassour M., 2000** – Bioaccumulation métalliques chez l'entéromorphe, la patelle et dans les sédiments dans la région de Ghazaouet PM.

**Goyer M., 1998** – Cité de la mer. Association Estran (site Internet).

**Grasse P.P., et Doumenc D., 1995** – Zoologie 1. Invertébrés. Ed. Mass. Cie. Paris : 126-136 p.

- Grousset F., et Donnard O., 1989** – Les métaux lourds dans les sédiments In le courrier du C.N.R.S., N° 12., Dossier scientifiques : pp 35-36.
- Hadjadj F., et Labidine I., 2003** – Impact sur l'environnement de la cimenterie de Béni Saf. Mem. Ing. Ecos. Univ. Tlemcen. 70p.
- Hagenoer J., M., et Furon D., 1981** – Toxicologie et hygiène industrielle. Ed. Techniques et documentation. Tome: I., P. 213-238.
- 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.
- Haraldsson C. et Westerlund S., 1988** – Trace metals with water Column of the black Sea and Framvaren. Fjord. Mar. Chem.
- Herut B., Kress N., and Hornung H., 1999** – Trace element levels in molluscs from clean and polluted coastal marines sites in the Mediterranean, Red. And north seas. Hergol, Mar. Res. (53). pp 54 – 162.
- Hilmy A. M., Shabana M. B., and Saied M., 1981** – A comparative study of mercury poisoning on *Aphanius dispar* (Teleastei), *Sergetis lucens* (Crustacea) and *modiolus* (Mollusca) of the read sea. Comp. Biochemical physiol. 68 p: 199-204.
- Hickling C.F., 1970** - A contribution to the natural history of the English grey mullets (Pisces, Mugilidae), Mar. Biol. Assoc. U K., Vol. 50: pp 609 – 633.
- Huchet M. P., 1992** – La coralline de la Méditerranéen (site Internet).
- Hutchinson T. C., et Meena K. M., 1987** – Lead mercury and arsenic in the environment S.C.O.P.E 31. Chichester, John Wiley and Sons. 360p.
- I.S.M.A.L, 1994** – Etude de la qualité des sédiments du port de Ghazaouet, qualité chimique et biosédimentaire. Rapp. Final. Alger : 50p.

- 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.
- Janin F. et Schnitzer G., 1996** – Plomb, Cadmium et Mercure dans l'alimentation : Evolution et Gestion du risque. Technique et documentation. Lavoisier. Paris : pp 205-216.
- Karali A., et Echikh F., 2005** – L'aquaculture en Algérie. Artic. Inst. Sci. Mer. Amenagement du littoral.
- Kakulu S. E. et O. Osibanjo et S. O. Ajayi , 1987a** – Trace metal content of fish and shell fishes of the Niger Delta area of Nigeria Environ. Int. 13: pp 247-51.
- Keith P., Le Bail O. Y., et Planquette P., 2000** – Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (Tome 2, Fascicule I). Pub. Sci. Muséum. Nat. Hist. Nat. Paris : 286 p.
- Keith P., et Allardi J., 2001** - Atlas des poissons d'eau douce de France, Muséum. Nat. Hist. Nat. Patrimoine naturel. Paris.
- Keith P., Vigneux E., et Marquet G., 2002** – Atlas des Poissons et des Crustacés d'eau douce de Olynesie Française. Pub. Sci. M.N.H.N
- Khalid A., 1997** – A comparative study for distribution of some heavy metals in aquatic organisms fished from Alexandria region. PhD Thesis. Alexandria University.
- Kremeling K., 1985** – The distribution of Cd., Cu., Ni. Mn and al in surface waters of the open Atlantic and European shelf area. Deep – Sea. Res., 92: pp 531-553.
- Kremeling K., and Hydes D., 1988** – Summer distribution of dissolved Al., Cd., Cr., Cu., Mn, and Ni, in surface waters around the British Isles continental shelf Res. 8: pp 89-105.
- Lamy Environnement, 1996** – Eaux marines, pollution par immersion, section II : Disposition prise sur le plan national, sous section II, normes de rejets – 53062 – l'eau (C) Lamy S.A., décembre 1996.
- Lee G. F., and Jones R. A., 1982** – Discussion of article. Dredged material evaluations: Correlations between chemical and biological evaluation procedures journal wat. Contr. Pollut. Fed 54: 406-407.

- Leroy J. B., 1992** – La pollution des eaux. Que sais-je ? N° 983, P.U.F.
- Liao I C., 1981** – Cultivation methods. Aquaculture of grey mullets Cambridge. University. Press.. In: Oren O. H. Ed. pp 361-389.
- Linnaeus C., 1758** – Systema Naturae, X (Systema naturae per. Regna tria. Naturae secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis. Synonyms. Locis. Tomus I. Halmiae, systema, Nat. Ed. 1- 824.
- Luoma SN. 1983** – Bioavailability of trace metals to aquatic organisms – Areview Sci. Tot. Environ. 28: pp 1-22
- M.A.T.E., 2000** – Ministère de l'aménagement du territoire et de l'env. Rapport sur l'état de l'avenir de l'environnement Alger : 396p.
- Mac Kenzie F., T., Lantzy R., J., and patersson V., 1979** – Global trace métal cycles and prédictions. Matherm. Geol. II : pp 99-142.
- Malea P., et Haritonidis S., 1999** – Metal content in *Enteromorpha linza* (Linnaeus) in Thermaikos Gulf (Greece). *Aristotle University of Tessaloniki Hydrobiologia* 394. Pp103-112.
- Mart L., Nurn – Berg H., W., 1986a** – The distribution of cadmium in the sea expermentia, 50 suppl: pp 28-40.
- Martin J. H., and Knauer G.A., 1973** – The elemental composition of plankton geochimi. *Cosmochin. Acta*, 37: pp 1639-1653.
- Martin J. M., Meybeck M., 1979** – Elemental mass balance of mineral carried by major world rivers. *Marine chemistry* 7.PP 173-206.
- Massart G., 1991** – Vers une pêche plus sélectionné, La vie des oceans. Science et vie N° 176: 146p.

- Matthiessen P., Bifield S., Janett F., Kirbu M. F., Law R. J., Mc Minn W. R., Sheahan D. A., Thain J. E., and Whale G. F., 1998** – An assessment of sediment toxicity in the river Tyne estuary, U.K. by means of bioassay. *Mar. environ Res. US.* (1): pp 1-15.
- Megapesca, 2001** – Marine aquaculture in Egypt [http:// WWW. Meagapesca. Com / acrobat / Egypt. Pdf:](http://WWW.Meagapesca.Com/acrobat/Egypt.Pdf)  
30 p.
- Millot C., 1987** – Circulation in the western Mediterranean sea *Oceanol., Acta.* 10, 2: pp 143-149.
- Millot C., 1987** – The circulation of the Levantine intermediate water in the Algerian basin. *Journal of geophysical research* Vol.92 N°c 8: 8265-8276.
- Millot C., 1989** – Circulation the western Mediterranean sea. *Occidentales annales de géographie* N° 549 :  
pp 497-515.
- Miquel G., Senat., 2001** – Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (O.E.C.S.T). 40p.
- Mohammed L., et Khaled A., 2004** – Comparative study of heavy metal distribution in some coastal seaweeds of Alexandria, Egypt. National institute of oceanography and fisheries, Alexandria, Egypt. 22p.
- Mohan C.V., Gupta T. R. C., Shetty H. P. C., et Menon N. R., 1986** – Combined toxicity of mercury and cadmium to the tropical green mussel *Perna viridis*. *Dis. Aquat. Org.* 2: pp 65-72.
- Moriarty F., 1990** – Ecotoxicology. The study of pollutants in ecosystems. Academic Press. London. 289 p.
- Mouvet C., 1986** – Métaux lourds et mousses aquatiques synthèse méthodologique rapport au laboratoire d'écologie. Agence de l'eau Rhin Meuse et Rhône Méditerranée Corse, Université de Metz. France.
- Mzoughi N., Stoichev T.L., El Abed A., Dachraoui A., Amouroux and Sonard O.F.X, 2002** – Speciation of mercury in marine sediments and mussel tissues of Bizerte Lagoon, Tunisia. *Jour., CSTL. Conserv.* (Accepted).

- Nakhlé F. K., 2003** – Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littoral libanaises : Apports et suivi au moyen de bioindicateurs qualitatifs (Eponge, bivalve et gastéropodes). Thèse. Spécialité : Interactions toxiques dans les écosystèmes, Paris 7. 114p.
- Nash C. E., and Shehadeh Z. H., 1980** – Review of breeding and propagation technique for grey mullets, *Mugil cephalus*. International Center for living. Aquatic Resources Management, I.C.L.A.R.M.
- Niargu J., O., 1980** – Cadmium in the environment. Wiley and Sons, N., Y., 682p.
- Nimmo D. R., Rigby R. A., Bahner L. H., et Sheppard J. M., 1978** – The acute and chronic effects of Cadmium on the estuarien mysid *Misidopsis bahia*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 19 : pp 80-85.
- O.M.S., 1984** – Guidelines for drinking water quality. World Health Organisation, Gerra, Vol. 1, p 130, Vol. 2, p335, Vol. 3, p121.
- Ozenda P., 1990** – Abrégés : Les organismes végétaux.1. Végétaux inférieurs. Ed. Mass. Cie. Paris : pp 18-76.
- Pedersen SN., Lumdebye AK., and Depledge MH., 1997** – Field application of metallothionein and stress protein biomarkers in the shore crabs (*Carcinus maenas*) exposed to trace metals. Aquat. Toxicol. 37: pp 183 – 200.
- Phillips D.J. H., et Rainbow P.S., 1993** – Biomonitoring of trace aquatic contaminant. Environmental Management Series, Alden, Press. L+D, Oxford. 371P.
- Pouriot R., et Meybeck M., 1995** – Limnologie générale, Ed. Mass. Cie. 144-156.
- Port et littoral propre, - Dossier de press : 11 Juin 2006.**
- Power E. A., and Chapman P. M., 1992** – Assessing sediment quality. In Burton. Gaz Sediment Toxicity Assessment. Leurs. Chelsea, MI, USA. P1-18.
- Quéro J. C., et Vayne JJ., 1997** – Les poissons de mer des pêches française, identification, inventaire et répartition de 209 espèces. Delachaux et Niestlé Lausanne 304 p.



Quillet ., 1984 – Encyclopédie autodidactique 4, Ed. Quillet: 500 p.

Ram R. N. et Sathyanesan A. G., 1983 – Effects of mercuric chloride on the reproductive cycle of the teleostean fish *Channa punctatus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 30 : pp 24-27

Ramade F., 1979 – Ecotoxicologie. 2<sup>ième</sup> Edt. Masson. Paris. 300p.

Ramade F., 1982 – Eléments d'écologie, écologie appliqué, Ed. Mc Graw-Hill. 452 p.

Ramade F., 1992 – Précis d'écotoxicologue. Ed. Paris. 300p.

Ramade F., 1998 – Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Science Paris. 785 p.

Ramade F., 2000. – Dictionnaire encyclopédique des polluants : les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International., Paris : 690 p.

Reide K., 2004 – Global register of migratory species from global to regional scales final report of the R et D – project 80805081, Federal agency for nature conservation. Bonn. Germany: 329 p.

Ringwood AH., de Lorenzo ME., Ross PE., and Holland AF., 1997 – Interpretation of microtox Solid-phase toxicity tests: The effects of sediment composition. Environ. Toxicol. Chem. 6: pp 1135 – 1141.

Rodier J., 1976 – L'analyse de l'eau. Eaux naturelles- Eaux résiduaires eau de mer. Tome I et II, 5<sup>ème</sup> Ed. Bordas : 1136p.

Saad M. A. H., 1981 – Studies on agricultural residue (pesticides) and heavy metals. Biological interactions in lake Mariut, a highly polluted lake in Egypt. Final Report, part of coordinated isotopic tracer aided research and monitoring programme on agricultural residue biological interactions in aquatic ecosystems. Research contract No.2155/RI, R2/SD, Vienna, IAEA, 126p.

Shealy M. H., and Saudifer P. A., 1975 – Effects of mercury on survival and development of the naval grass shrimp. *Palaemonetes vulgaris*. Mar. Biol. 33: pp 7-16.

- Samabiol, 1999** - la grande marine (Société de fabrication d'engrais à partir d'algues marines) (Site Internet).
- Saurier P.G., 1990** – Etude scientifique des causes et caractères de mortalité du mulot dans l'estuaire de la Loire. Synthèse biologique bilan des mortalités 1989, revue bibliographique. Univ. De Nantes, Laboratoire de biologie marine. 153 p.
- Schroeder H.A., Frost D.V. et Balassa J., 1967** – *J. Chron. Dis-23*, p 227-243.
- Shiber J., 1977** – Trace metals in two ras Beirut shore crabs cercet. *Mar. Rech. Mar.* (10). pp 185 – 192.
- Shiber J., et Shatila T., 1978** – Lead cadmium copper nickel and iron in limpets, mussels and snails from the coast of Ras Beirut, Lebanon, *Marin. Envir. Res.* (1). pp 125 – 134.
- Shiber J., 1979** – Trace metals with seasonal considerations in coastal algae and molluscs from Beirut, Lebanon. *Hydrobiologia* vol. 69, 1-2. Pp 147-162.
- Snarski V. M., and Olson G. F., 1982** – Chronic toxicity and bioaccumulation of mercury chloride in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Aquat. Toxicol.*, 2: pp 143-156.
- Soussi F., et Belaredj N., 2003** – Recherche de variations métalliques (Cuivre, Zinc, Fer, Cadmium., Plomb) chez un mollusque, la patelle (*Patella ferruginea*), et un Echinoderme l'oursin (*Paracentrotus lividus*) dans la baie de Béni Saf (W. Ain Temouchent), *Mem. Ing. Univ. Tlemcen* : 117p.
- Sunila I., 1988** – Acute histological reposes of the gill of mussel *Mytilus edulis* to exposure to environmental pollutants. *Journal of the invertebrate pathology*, 52: pp 137-141.
- Sterrit R. M., et Lester J. N., 1980** – Interactions of heavy metals with bacteria. *Sci. Tot. Environ.* 14. pp 6-17.
- Storelli M., et Marcotrigiano G. O., 2004** – Bioindicator marine organisms : Heavy meatl pollution evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea-Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 102. pp 159-166.

- Tabudravu J. N., Gangaiya P., Sotheeswaran S., and South G. R., 2001** – *Enteromorpha flexcosa* (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.
- Tahri L., et Zair M., 1987** – Contribution à l'étude de la pollution. Région côtière de Ghazaouet. Mem. De : D.E.S Biol. Univ. Tlemcen : 94 pp.
- Thibaud Y., 1987** – Le plomb, le Cadmium et le mercure dans les produits de la mer. Rapport Efremer N° : DEKO 87-02, Mr : 21 p.
- Thomazeau R., 1981** – Stations d'épuration. Eaux potables – eaux usées. Précis théorique et technique et documentation : 8 p.
- Thomson J. M., 1990** – Mugilidea. P 855 – 859 In JC. Quero. JC. Hureau. C Karrer, A. Post and L. Saldanha Check-list of the fresh water fishes of the Easton tropical Atlantic (CLOFETA), Lisbon., SEI, Paris and Unesco, Paris. Vol. 2.
- Thurmberg F.P., Dawson M. A., and Collier R.S., 1973** – Effects of copper and cadmium on osmoregulation and oxygen consumption in two species of estuariens crabs. *Mar. Biol.*, 23: pp 1971- 175.
- Timizar L., 1988** – Azur en péril. In : El Moudjahide, jeudi 16 juin 1988 : IV-VII.
- Tonneau J., 2003** –D'un bout à l'autre de la chaîne. Printemps des Sciences.
- Truhant R., 1977** - Ecotoxicology. Objectives principals and perspectives. *Ecotox. Envir. Saf* 1: 151-173.
- Turkian K. K., and Wedepohl Kh., 1961** – Distribution of the elements in some major units of earth crust. *Bulletin. Geol. Soc. AM.* p13: 64-69.
- Vall M. O. M.,** Pêche et biologie de trois espèces de Muges (*Mugil cephalus*, *Lisa aurata*, et *Mugil capurii*) sur les côtes atlantiques Mauritanienes.

- Van Geen A., Rosner P., and Boyle E., 1988** – Entrainment of trace metals enriched Atlantic shelf water in the inflow to the Mediterranean sea nature, Lond., 331: pp 423-426.
- Viala A., 1998** – Eléments de Toxicologie. Techniques et documentation, Ed. Lavoisier., Paris : pp 117- 319
- Viale-Pichod D., 1977** – Ecologies des Cétacés en Méditerranée Nord Occidental, leur réaction à la pollution marine par les métaux. Thèse. Doct. Univ. Paris VI, Multigr : 312 pp. 18 pl.
- Vranken G., and Heip C., 1986** – Toxicity of copper, mercury and lead to marine nematode. Mar. Pollut. Bull., 17: pp 453 - 457.
- Warren L. I., 1981** – Contamination of sediment by lead, zinc and cadmium: A review. Enviro, Metal pollution.
- Whyte J., 2000** – Les algues marines (phytoplanctons). Ass. Pêche et Océan. (Canada : site Internet).
- Zappero M., 2005** – La protection de la mer méditerranée contre la pollution d'origine tellurique : perspectives et partenariat. Athènes. Grèce : 5p.
- Zaroogian G. E., and Morrison G., 1981** – Effect of Cadmium body burden in adult *Crassastrea virginica* on fecundity and viability of larvae. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 27: pp 344-348.
- Zbicowski 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.

# **GLOSSAIRE**

## GLOSSAIRE

**ADEME.**, Direction Scientifique de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie; Travaux de l'ADEME sur les métaux lourds.

**A.N.A.T., 1996** – Agence National pour l'aménagement du territoire 1996. Plan : Direction d'aménagement en urbanisme (P.D.A.U) groupement des communes de Beni Saf, Sidi Safi, Emir Abd El-Kader. 118p.

**C.N.R.S., 2000** – Centre National de la recherche scientifique – Principaux rejets industriels en France « site Internet ».

**C.I.E.M.S., 2002** – Mediterranean mussel wash designing a regional program for detecting radionuclides and trace contaminants. C.I.E.M.S workshops series (15). 136p.

**D.D.T** : Acronyme de Dichloro-Diphényl-Trichloréthane, insecticide organochloré de synthèse rémanent et au large spectre d'action qui a été largement utilisé dans le monde depuis les années 40.

**D.G.B.A.T, 2004** – Direction générale du budget et de l'aménagement du territoire de la wilaya d'Ain Temouchent. Annuaire statistique de la wilaya d'Ain Temouchent : p36-37.

**D.P.A.T., 2002** – Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya d'Ain Temouchent. Monographie de la wilaya d'Ain Temouchent : 110p.

**D.P.A.T., 2005** – Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya d'Ain Temouchent. Monographie de la wilaya d'Ain Temouchent : Rapport statistique 20p.

**D.P.A.T., 2006** - Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya d'Ain Temouchent. Monographie de la wilaya d'Ain Temouchent.

**D.C.I., 2002** – Département de la communication et de l'information – service de press. Paris 11Juin 2006.

**D.H.A.T., 2005** – Direction hydrologique de Ain Temouchent . Rapport.

**F.A.O., 1989** – Food safety regulation applied to fish by major importing countries. FAO. Fish. Circ, (815) : 107p.

**GEODE :** Groupement d'étude et d'observations des activités de dragage sur l'environnement.

**I.B.G.E, 2005** – Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

**O.I.T., 2006** – Organisation Internationale du travail.

**O.N.M., 2006** – Office National Météorologique.

**P.C.B :** Acronyme de polychloro biphényles (=famille du pyralène). Le terme de PCB désigne une famille de composés organochlorés de synthèse de haut poids moléculaire et de formule chimique  $C_{10}H_{(10-n)}Cl_n$ .

**P.D.A.U., 1996** – Plan Direction d'aménagement et urbanisme de groupement : Béni Saf , Sidi Safi, Emir Abd El-Kader. 88p.

# **ANNEXES**



**Tableau V-1 :** Représentation des caractères physico-chimiques présent du 08/03/06 au 16/03/06 en d'hiver.

<b>Saison d'hiver</b>						
<b>Points de prélèvements</b>	<b>Temps</b>	<b>pH</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Oxygène dissout (mg/l)</b>	<b>Conductivité électrique (mS/cm)</b>	<b>Observation du climat</b>
<b>Ouest de la plage (A1) Aquarium</b>	10H10	7.98	16	16.8 (T°C/eau) 7.00	55,1	Belle journée La mer est stable
<b>Est de la plage (A2) Près du port</b>	11H20	7,48	16	19,3 (T°C/eau) 6,48	54,2	/
<b>Port (A3) Ouest du port Avant la jetée</b>	11H45	8,10	16	/ 6.13	54.8	/
<b>Port (A4) Ouest du port Après la jetée</b>	11H30	8.24	15.7	6.13	54.8	Nouvelle journée climat stable
<b>Centre du port (A5)</b>	10H15	7.95	14	4.84	55	/

**Tableau V-2** : Représentation des caractères physico-chimiques présent du 08/06/06 au 11/06/06 en printemps.

<b>Saison de printemps</b>						
<b>Points de prélèvements</b>	<b>Temps</b>	<b>pH</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Oxygène dissout (mg/l)</b>	<b>Conductivité électrique (mS/cm)</b>	<b>Observation du climat</b>
<b>Ouest de la plage (A1) Aquarium</b>	15H35	8.08	36	4.91	54.9	Beau temps pas d'agitation de l'eau
<b>Est de la plage (A2) Près du port</b>	15H54	8,17	30	7.55	54.9	/
<b>Port (A3) Ouest du port Avant la jetée</b>	17H25	8.03	29.2	4.46	54,3	/
<b>Port (A4) Ouest du port Après la jetée</b>	17H15	8.09	31.4	4.92	54.7	/
<b>Centre du port (A5)</b>	17H00	7.88	32	7.25	55.0	/

**Tableau V-3 :** Représentation des caractères physico-chimiques présent du 17/09/06 en été.

<b>Saison d'été</b>						
<b>Points de prélèvements</b>	<b>Temps</b>	<b>pH</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Oxygène dissout (mg/l)</b>	<b>Conductivité électrique (mS/cm)</b>	<b>Observation du climat</b>
Ouest de la plage (A1) Aquarium	15H25	32.2 (T°C/eau) 8.08	30	29.8 (T°C/eau) 6.05	54.2	Beau temps la mer est stable après mauvais temps
Est de la plage (A2) Près du port	14H00	24.1 (T°C/eau) 8.09	32	29.5 (T°C/eau) 6.36	54.0	Incidence des précipitations brutale, rejets très forte de oued Tafna
Port (A3) Ouest du port Avant la jetée	12H40	24.12 (T°C/eau) 7.97	33	26.1 (T°C/eau) 5.54 à 5.46	24.3 (T°C/eau) 53.7	Pour les points A1-A4-A5 Absence d'enteros
Port (A4) Ouest du port Après la jetée	12H05	24 (T°C/eau) 7.88	30	28 (T°C/eau) 4.96	23.6 (T°C/eau) 52.3	Absence d'ulve Au niveau de A1
Centre du port (A5)	11H15	22.9 (T°C/eau) 7.90	30	27.4 (T°C/eau) 7.59	24.1 (T°C/eau) 53.2	/

**Tableau V-4 :** Représentation des caractères physico-chimiques présent du 09/12/06 au 06/01/07 en automne.

<b>Saison d'automne</b>						
<b>Points de prélèvements</b>	<b>Temps</b>	<b>pH</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Oxygène dissout (mg/l)</b>	<b>Conductivité électrique (mS/cm)</b>	<b>Observation du climat</b>
<b>Ouest de la plage (A1) Aquarium</b>	11H16	7.47	17	6.50	16.5 (T°C/eau) 54.9	Mer agitée Mauvais temps
<b>Est de la plage (A2) Près du port</b>	11H57	7.35	16	5.48	16.5 (T°C/eau) 54.8	=
<b>Port (A3) Ouest du port</b>	12H44	7.17	/	6.22	15.9 (T°C/eau) 54.8	=
<b>Port (A4) Ouest du port</b>	11H30	7.03	15	4.22	16.6 (T°C/eau) 54.7	<b>Nouvelle journée du 06/01/07</b>
<b>Centre du port (A5)</b>	13H44	7.19	17	7.70	17.2 (T°C/eau) 54.2	Temps stable

**Tableau N° V-12 :** Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans les sédiments provenant des deux principales zones : port – plage en mg/kg MS.

Métaux	Saisons Zones	Hiver			Printemps			Été			Automne			Moyennes saisonniers
		Points de prélèvements			Points de prélèvements			Points de prélèvements			Points de prélèvements			
		A3	A4	A5	A3	A4	A5	A3	A4	A5	A3	A4	A5	
Zn	Port	51,27	32,42	103,35	69,6	44,01	140,3	43,97	27,8	53,6	18,45	11,67	37,2	52,79
	Plage	A1		A2	A1		A2	A1		A2	A1		A2	32,62
		31,97		40,78	43,4		55,36	27,42		34,97	11,51		14,68	
Cu	Port	14,05	12,51	136,07	12,8	8,09	25,8	9,42	5,95	6,56	3,21	2,03	6,47	20,25
	Plage	5,53		7,26	7,98		10,18	5,87		7,49	2		2,55	6,11
Fe	Port	62,477	0,310	8,224	22,590	14,984	45,537	19,064	12,055	11,758	6168,9	3,900	12,435	18,292
	Plage	0,139		41,299	14,086		17,968	11,888		15,164	3,846		4,906	13,662
Cd	Port	1,025	1,17	1,39	1,89	1,2	3,81	1,17	0,74	0,98	0,54	0,34	1,08	1,28
	Plage	12,61		6,74	1,18		1,51	0,73		0,93	0,34		0,43	3,05
Pb	Port	32,09	10,81	187,38	60,14	38,03	121,23	41,27	26,01	24,61	13,2	8,34	26,6	49,142
	Plage	13,99		13,65	37,5		47,83	25,74		32,83	8,23		10,5	23,79

**Tableau N° V-13 :** Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans la flore aquatique provenant des deux principales zones : port – plage et  
mg/kg MS.

Métaux	Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyennes saisonniers
	Flores					
Zn	Ulve	253,7	50,33	/	/	152,015
	Enteromorphe	114,55	135,74	94,56	55,07	99,98
	Coralline	272,17	201,37	446,76	267,28	296,90
Cu	Ulve	34,1	6,71	/	/	20,405
	Enteromorphe	20,57	77,85	27,02	18,53	35,99
	Coralline	43,89	52,11	131,98	40,91	67,22
Fe	Ulve	33,283	4,995	/	/	19,139
	Enteromorphe	41,792	28,578	21,124	2380,661	618,039
	Coralline	36,955	2,669	156,97	6,304	50,725
Cd	Ulve	18	2,05	/	/	10,025
	Enteromorphe	6,45	8,09	4,9	1,76	5,3
	Coralline	16,08	11,93	14,9	13,69	14,15
Pb	Ulve	96,78	15,28	/	/	56,03
	Enteromorphe	42,43	127,65	152,58	136,62	114,82
	Coralline	119,2	92,16	274,01	129,91	153,82

**Tableau N° V-14 :** Concentrations des résultats saisonniers des métaux lourds dans la faune aquatique provenant des deux principales zones : port – plage en mg/kg PF.

Métaux	Saisons	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Moyennes saisonniers
	Faunes					
Zn	Patelle	14,1	142,68	33,3	3,43	48,38
	Mulet	2,67	4,27	1,29	0,30	2,155
Cu	Patelle	2,81	4,07	0,425	0,499	1,95
	Mulet	0,401	0,32	1,75	0,85	11,83
Fe	Patelle	87,32	174,3	98,08	83,17	110,72
	Mulet	3,76	28,2	5,86	4,50	10,58
Cd	Patelle	0,82	0,465	6,556	0,2	2,010
	Mulet	0,072	0,18	0,026	0,030	0,077
Pb	Patelle	7,37	6,11	52,57	2,651	17,18
	Mulet	0,85	2,16	1,95	1,75	1,678

**Tableau N°V-15 :** Concentrations des métaux dans les sédiments de la région nord Africaine (ug/g poid sec) F.A.O., 1988

Sous régions	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb	Références
<b>Zones côtières</b>						
- Afrique du nord	12-14	35-51	1,1 - 4,5 (106)	2,02-3,20	/	
-Egypte (Méditerranée)	24,1	35,4	1470	2,18	/	(Saad et al., 1981)



**Tableau N°V-16 :** Concentrations moyennes des métaux lourds dans la flore aquatique de la zone côtière du nord Ouest Africaine exprimées en ug/g poid sec (F.A.O., 1988)

Zones marines	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb	Références
<b>Zones côtières</b>						
- Accra .Ghana <i>Ulva fasciatus</i> (Algue verte)	6,9	24,8	163	< 0,2	8,3	(Environ, Management, Associates, 1989)
<i>Srgassum vulgare</i> (Algue brune)	7,2	37,8	342	< 0,2	8,5	(Environ, Management, Associates, 1989)
<i>Polygavernosa dentata</i> (Algue rouge)	4,5	33	452	1,4	8,6	(Environ, Management, Associates, 1989)

**Tableau N°V-17 :** Concentrations moyennes des métaux lourds chez les mollusques de la région nord Africaine (Ouest) (ug/g poids frais) F.A.O., 1988

Régions marines	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb
<b>Eaux côtières</b>					
Mollusques					
- Afrique de l'ouest					
* <i>Panaesus</i> sp.	4,18 – 23,6	13,9 240	/	0,10 0,25	0,50 -5,10
* <i>Crassustrea gasar</i>	5,8 – 24,5	407 – 1205	/	0,17 – 0,65	2,09
- Afrique du nord	1,65	4,23	/	0,004	0,07
- Afrique de l'ouest	0,46 – 11,3	4,55 – 27,5	/	0,10 – 0,26	0,36 – 2,28
- Afrique Orientale	0,36 – 2,04	4,67 – 40,8	/	0,04 – 0,36	1,22 – 6,48

## ملخص

الغرض من هذا العمل هو التعبير على دراسة العناصر المعدنية في الرواسب بساحل مدينة بني صاف، وبالأخص (الزنك، الحديد، النحاس، الكاديوم و الرصاص) هذه العناصر السامة تمثل خطر تحقيق على الكائنات الحية التي توجد في المحيط و بحيث يتواجد نوعين من التلوث الحضري وبالأخص التلوث الصناعي و ذلك بتعدد عوامل كثيرة التي ساهمت في التلوث البحري خاصة المناجم القديمة المتواجدة حوالي الميناء، أنشطة الصيد، وحدات التعليب السمك، و المعامل الاسمنت القديمة... الخ.

هذه الدراسة وضحت بالخصوص التراكم البيولوجي للمعادن في الرواسب البحرية للميناء و الشواطئ البحرية المتابعة بالبحث على كائنات التلوث البحري و تسمماته التي تظهر عند الطحالب البحرية بالخصوص (*Enteromorpha linza*), (*Coralline officinalis*) (*Ultra lactuca*) و كذلك القوقعة البحرية (*Patella ferruginea*) و السمك (*Mugil cephalus*).

النتائج المتحصل عليها خلال الفترة السنوية أوضحت و أثبتت وجود تلوث في الرواسب البحرية للميناء بالأخص الكاديوم الذي يتجاوز المستوى المحدود < 10، الرصاص يتجاوز المستوى < 3، حتى الحديد، هذه النتائج لوحظت بتجاوز مستويات حرجة، و ذلك بمقاييس أو معايير الإشارات (Turekian et Wedpohl., 1961) الذين أثبتوا تواجد توافر بيولوجي و سممت المكونات الرسوبية.

من جهة أخرى هذا العمل أشار إلى تراكم بيولوجي مهم لبعض المعادن التي تواجدت في النباتات و الحياة البحرية، الذين ساهموا في انخفاض انتشار الطحالب الخضراء على مدى السنة.

### كلمات مفتاحية :

(الرواسب، عناصر معدنية، نباتات، الحيات، دليل حيوي، التلوث البحري، بني صاف، الجزائر).

## RESUME

Ce travail a pour but d'exprimer notre contribution à l'étude de la bioaccumulation des éléments métalliques dans les sédiments du littoral de Béni Saf, notamment le Zinc, le cuivre, le fer, le cadmium et le plomb. Ces éléments toxiques représentant un réel danger pour les organismes vivants qui s'y trouvent dans ce milieu, et dans lequel varie deux types de pollution urbaine et surtout industrielle. De nombreux facteurs ont accentué cette pollution marine essentiellement l'ancienne mine de fer qui se trouve approximativement du port, les activités de pêches, l'unité de conserve de poisson, et l'ancienne cimenterie... etc.

Cette étude a montrée essentiellement la bioaccumulation des métaux dans les sédiments du port et la plage suivi par la recherche de bioindicateurs de pollution marine et leurs toxicités, qui se manifestent chez les algues notamment : *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza*, et *Corallina officinalis*, aussi sur la faune marine : *Patella ferruginea* et *Mugil cephalus*

Les résultats obtenus durant la période annuelle d'échantillonnage ont réellement prouvé la contamination au niveau des sédiments marins par le Cadmium qui dépasse le niveau (>10), le Plomb dépassent le niveau (>3), ainsi pour le Fer. Ces derniers ont étaient observés par les dépassements des seuils et des normes critiques. En effet ces résultats ont été appuyés par des normes naturels de références : (Turekian et Wedpohl, 1961) qui ont justifiés la biodisponibilité et la toxicité des contaminants sédimentaires.

Par ailleurs ce travail indique une bioaccumulation métallique importante par certains métaux qui s'est manifesté chez les organismes de la flore et la faune marines, qui ont induit à la diminution de la prolifération d'algues vertes durant l'année.

**Mots clés :** Sédiments, Eléments métalliques, Flore, Faune, Bioindicateurs, Pollution marine, Béni-Saf (Algérie).

## SUMMARY

The purpose of this work is to express our contribution to the study of the bio-accumulation of the metal elements in the harbour littoral of Béni Saf, in particular zinc, copper, iron, cadmium and lead. These toxic elements representing a real danger to the living organisms which are there in this medium, and which varies two types of urban and especially industrial pollution. Many factors accentuated this marine pollution primarily the old iron mine which is roughly port, the activities of sin, the unit of fish preserve, and old cement factory... etc

This study primarily showed the bio-accumulation of metals in the sediments of the port and the sea followed by the search for bioindicateurs of marine pollution and their toxicities, which appear at the algae in particular: *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza*, and *Corallina officinalis*, also on the marine animal-life: *Patella ferruginea* and *Mugil cephalus* The results obtained during the annual period of sampling really proved the contamination on the level of the marine sediments by the Cadmium which exceeds the level (> 10) and Lead exceed the level (> 3), thus for Iron.

The latter have were observed by the goings beyond of the thresholds and the critical standards. Indeed these results were supported by standards natural of references: (Turekian et Wedpohl, 1961) which justified the biodisponibility and the toxicity of the sedimentary contaminants.

In addition this work indicates an important metal bio-accumulation by certain metals which appeared in the organizations of the flora and the marine animal-life, which induced with the reduction in the proliferation of green algae during the year.

**Key words:** Sediments, Elements Metal, Flora, Fauna, Bioindicateurs, Marine pollution, Béni-Saf (Algeria).

## ملخص

الغرض من هذا العمل هو التعبير على دراسة العناصر المعدنية في الرواسب بساحل مدينة بني صاف، وبالأخص (الزنك، الحديد، النحاس، الكاديوم و الرصاص) هذه العناصر السامة تمثل خطر تحقيق على الكائنات الحية التي توجد في المحيط و بحيث يتواجد نوعين من التلوث الحضري وبالأخص التلوث الصناعي و ذلك بتعدد عوامل كثيرة التي ساهمت في التلوث البحري خاصة المناجم القديمة المتواجدة حوالي الميناء، أنشطة الصيد، وحدات التعليب السمك، و المعامل الإسمنت القديمة... الخ.

هذه الدراسة وضحت بالخصوص التراكم البيولوجي للمعادن في الرواسب البحرية للميناء و الثواطئ البحرية المتابعة بالبحث على كائنات التلوث البحري و تسمماته التي تظهر عند الطحالب البحرية بالخصوص (*Enteromorpha linza*), (*Corallina officinalis*) و *Ultra lactuca* و كذلك القوقعة البحرية (*Patella ferruginea*) و السمك (*Mugil cephalus*).

النتائج المتحصل عليها خلال الفترة السنوية أوضحت و أثبتت وجود تلوث في الرواسب البحرية للميناء بالأخص الكاديوم الذي يتجاوز المستوى المحدود <10، الرصاص يتجاوز المستوى < 3، حتى الحديد، هذه النتائج لوحظت بتجاوز مستويات حرجة، و ذلك بمقاييس أو معايير الإشارات (Turekian et Wedpohl., 1961) الذين أثبتوا تواجد توافر بيولوجي و سممت المكونات الرسوبية.

من جهة أخرى هذا العمل أشار إلى تراكم بيولوجي مهم لبعض المعادن التي تواجدت في النباتات و الحياة البحرية، الذين ساهموا في انخفاض انتشار الطحالب الخضراء على مدى السنة.

كلمات مفتاحية :

(الرواسب، عناصر معدنية، نباتات، الحيات، دليل حيوي، التلوث البحري، بني صاف، الجزائر).

## RESUME

Ce travail a pour but d'exprimer notre contribution à l'étude de la bioaccumulation des éléments métalliques dans les sédiments du littoral de Béni Saf, notamment le Zinc, le cuivre, le fer, le cadmium et le plomb. Ces éléments toxiques représentant un réel danger pour les organismes vivants qui s'y trouvent dans ce milieu, et dans lequel varie deux types de pollution urbaine et surtout industrielle. De nombreux facteurs ont accentué cette pollution marine essentiellement l'ancienne mine de fer qui se trouve approximativement du port, les activités de pêches, l'unité de conserve de poisson, et l'ancienne cimenterie... etc.

Cette étude a montrée essentiellement la bioaccumulation des métaux dans les sédiments du port et la plage suivi par la recherche de bioindicateurs de pollution marine et leurs toxicités, qui se manifestent chez les algues notamment : *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza*, et *Corallina officinalis*, aussi sur la faune marine : *Patella ferruginea* et *Mugil cephalus*

Les résultats obtenus durant la période annuelle d'échantillonnage ont réellement prouvé la contamination au niveau des sédiments marins par le Cadmium qui dépasse le niveau (>10), le Plomb dépassent le niveau (>3), ainsi pour le Fer. Ces derniers ont étaient observés par les dépassements des seuils et des normes critiques. En effet ces résultats ont été appuyés par des normes naturels de références : (Turekian et Wedpohl, 1961) qui ont justifiés la biodisponibilité et la toxicité des contaminants sédimentaires.

Par ailleurs ce travail indique une bioaccumulation métallique importante par certains métaux qui s'est manifesté chez les organismes de la flore et la faune marines, qui ont induit à la diminution de la prolifération d'algues vertes durant l'année.

**Mots clés :** Sédiments, Eléments métalliques, Flore, Faune, Bioindicateurs, Pollution marine, Béni-Saf (Algérie).

## SUMMARY

The purpose of this work is to express our contribution to the study of the bio-accumulation of the metal elements in the harbour littoral of Béni Saf, in particular zinc, copper, iron, cadmium and lead. These toxic elements representing a real danger to the living organisms which are there in this medium, and which varies two types of urban and especially industrial pollution. Many factors accentuated this marine pollution primarily the old iron mine which is roughly port, the activities of fish, the unit of fish preserve, and old cement factory... etc

This study primarily showed the bio-accumulation of metals in the sediments of the port and the sea followed by the search for bioindicators of marine pollution and their toxicities, which appear at the algae in particular: *Ulva lactuca*, *Enteromorpha linza*, and *Corallina officinalis*, also on the marine animal-life: *Patella ferruginea* and *Mugil cephalus*. The results obtained during the annual period of sampling really proved the contamination on the level of the marine sediments by the Cadmium which exceeds the level (> 10) and Lead exceed the level (> 3), thus for Iron.

The latter have were observed by the goings beyond of the thresholds and the critical standards. Indeed these results were supported by standards natural of references: (Turekian et Wedpohl, 1961) which justified the biodisponibility and the toxicity of the sedimentary contaminants.

In addition this work indicates an important metal bio-accumulation by certain metals which appeared in the organizations of the flora and the marine animal-life, which induced with the reduction in the proliferation of green algae during the year.

**Key words:** Sediments, Elements Metal, Flora, Fauna, Bioindicators, Marine pollution, Béni-Saf (Algeria).