

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

N°-----/SNV/2016

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

TAHLAITI AMINA & AISSAOUI AMINE

Pour l'obtention du diplôme de

**Master en Hydrobiologie Marine Et Continentale**

**Spécialité:** RESSOURCES HALIEUTIQUES ET EXPLOITATION DURABLE

THÈME

**ECO-TOXICOLOGIE D'UN MILIEU MARIN  
(CRIQUE DE SALAMANDRE)**

Soutenue publiquement le **31 /05/2016**

DEVANT LE JURY

Président BELBACHIR.N

U. Mostagane

Encadreur Mme. BALLAMI.M

U. Mostaganem

Examinatrice Mme..BORSALIS

U. Mostaganem

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016/2017

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste figures	
Introduction	

## CHAPITRE I : POLLUTION MARINE

Introduction.....	01
I. Pollution marine .....	01
I.1- Définition de la pollution.....	01
I.2- Les différents types de pollution marine.....	02
I.2.1- Pollution physique.....	02
I.2.1.1- pollution thermique.....	02
I.2.1.2- Effets de la pollution thermique.....	02
I.2.1.3- Pollution par eutrophisation.....	03
I.2.1.4- Pollution par Les eaux usées.....	03
I.2.2- Pollution biologique.....	04
I.2.2.1- Pollution organique ou bactérienne.....	05
I.2.3- Pollution chimique.....	05
I.2.3.1 - Pollution par les hydrocarbures.....	05
I.2.3.1.1- Effets des hydrocarbures sur les biocénoses.....	06
I.2.3.1.2- Pollution par les composées organohalogénés.....	07
I.2.3.1.3 - Les insecticides organochlorés.....	07
I.2.3.1.4- Le DDT, DDD, et le DDE.....	07
I.2.3.1.5- les biphényles poly chlorés (PCB) .....	07
I.2.3.1.6- Les hexachloro-benzène (HCB).....	07
I.2.3.1.7- les chlorures de vinyle (PVC).....	08
I.2.3.1.8- Le tributylétain (TBT).....	08
I.2.4 - Insertion et des concentrations des composées organohalogénés dans les réseaux trophiques du milieu marin.....	08
I.2.5 - Effets des composées organohalogénés sur les biocénoses marins.....	09
I.2.6 - la pollution radioactive .....	10
I.2.6.1- Influence du milieu marin par les éléments radioactifs.....	10
I.2.6.2- Voie de contamination des organismes aquatiques par la radioactivité.....	10
I.2.6.3- Effets de la pollution radioactive sur les organismes aquatiques.....	11
I.2.7- Pollution par les métaux .....	11
I.2.7.1- Définition des métaux lourds.....	11
I.2.7.1.1- Le cadmium (Cd).....	12
I.2.7.1.2- Le mercure (Hg).....	13
I.2.7.1.3- Le plomb (Pb).....	14
I.2.7.1.4- Le cuivre (Cu).....	14
I.2.7.1.6- Le chrome (Cr).....	15
I.2.7.1.7- les composés organo-étaines.....	16
I.2.7.1.8- l'argent (Ag).....	16
I.2.7.1.9- Le cobalt (Co).....	17
I.2.7.1.10- Le nickel (Ni).....	17
I.2.7.1.11- Le vanadium (V).....	17

**CHAPITRE II : SÉDIMENTS ET CONTAMINANTS**

Introduction.....	18
II. 1- Le sédiment et les contaminants .....	18
II.2- Le sédiment marin : origine, granulométrie, et composition.....	18
II.2.1- Origine du sédiment marin.....	18
II.2.2- Caractères granulométriques.....	19
II.2.3- Composition.....	20
II.3- la subdivision sédimentaire.....	21
II.4- Caractérisation d'un sédiment marin : physique, biologique, et chimique.....	21
II.4.1- Caractéristiques physiques.....	21
II.4.2- Caractéristiques chimiques.....	22
II.4.3- Caractéristiques biologiques.....	23
II.5- Evaluation de la qualité sédimentaire.....	24
II.6- Différents éléments contaminants sédimentaires.....	25
II.6.1- les éléments nutritifs .....	25
II.6.2- Les HPA.....	25
II.6.3- Métaux : sources, caractéristiques et répartition.....	26
II.7- Effets des ions sulfure dans un sédiment marin.....	27
II.7.1- Relation : contaminants métallique-sulfures sédimentaires.....	28
I.8- Effets des facteurs physico-chimiques : relation contaminant-sédiment .....	28
II.9 - Les transformations chimiques sédimentaires.....	30
II.10- Les transformations biologique par l'effet bactérien.....	31

**CHAPITRE III : PRÉSENTATION DE SITE « CRIQUE DE LA SALAMANDRE »**

III- Présentation de site étudié (crique de la Salamandre).....	33
III.1- A perçu sur le littoral Mostaganémois.....	33
III.1.1- Milieu marin.....	33
III.1.1.1- le domaine benthique.....	33
III.1.1.2- le domaine pélagique .....	33
III.2- Crique de la Salamandre.....	33
III.3- Les rejets disponibles dans la crique de la Salamandre.....	34
III.3.1- Rejet N°01 ; (cités : 5 juillet 1962/cité de Chammouma).....	34
III.3.2- le rejet N°02 ; (complexe Sonic).....	38
III.3.3- Le rejet N°03 ; (ville de la Salamandre).....	41
III.3.4- Le rejet N°04 ; (eau de ruissellement).....	42
III.3.5- La source d'eau douce.....	43
III.4- Autres installation au niveau de la crique de la Salamandre.....	44

**CHAPITRE IV : ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES**

IV- l'échantillonnage.....	46
IV.1 - Prélèvement et stockage.....	46
IV.1.2- Matérielle utilisées.....	48
IV. Etude des paramètres physico-chimiques.....	48
IV.2- Mode opératoire ; (eau de mer).....	48

IV.2.1-Mesure de la température (°C) .....	48
IV.2.2- Mesure de la salinité (S‰).....	49
IV.2.3-La chloronité (Cl‰).....	49
IV.2.4 - Mesure de la conductivité électrique .....	49
IV.2.5 – Mesure du PH.....	49
IV.2.6- Mesure de l'alcalinité.....	49
IV.2.7- Mesure de l'oxygène dissous.....	50
IV.2.8- Mesure des éléments minéraux majeurs .....	50
IV.2.8.1- Le chlorure (Cl).....	50
IV.2.8.2- Le sodium (Na).....	51
IV.2.8.3- Les nitrites (NO <sub>2</sub> ).....	51
IV.2.8.4- Les nitrates (NO <sub>3</sub> ).....	52
IV.2.8.5- Les sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ).....	53
IV.2.8.6- L'ammoniac (NH <sub>3</sub> ).....	53
IV.2.9- Minéraux oligo-éléments (toxiques).....	54
IV.2.9.1- Le plomb (Pb).....	54
IV.2.9.2- Le cadmium (Cd).....	55
IV.2.9.3- Le zinc (Zn).....	55
IV.2.9.4- Le mercure (Hg).....	56
IV.2.9.5- Le cuivre (Cu).....	57
IV.2.9.6- Le fer (Fe).....	57
IV.3- Mode opératoire ; (sédiment).....	58
IV.3.1- Les paramètres physico-chimiques.....	58
IV.3.1.1- Mesure de l'humidité (g%).....	58
IV.3.1.2- Mesure de l'alcalinité .....	59
IV.3.1.3- Mesure de la température (°C).....	59
IV.3.1.4- Mesure de la matière organique.....	59
IV.3.2- Mesure des éléments minéraux mineurs.....	59

## CHAPITRE V : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

V. 1- Détermination des espèces vivantes (sédiment).....	60
V.2- Détermination granulométrique.....	60
V.3- Etude des paramètres physico-chimiques ; (eau de mer).....	62
V.3.1- Variation du PH in situ.....	62
V.3.2- Variation de la température in situ (°C).....	63
V.3.3- Variation de la conductivité (ms) .....	64
V.3.4- Variation de l'alcalinité (mg/l).....	65
V.3.5- Variation de la densité de l'eau de mer.....	66
V.3.6- Variation de la salinité de l'eau de mer (S‰).....	67
V.3.7- Variation de la chloronité de l'eau de mer (Cl‰).....	68
V.3.8- Variation de la teneur en matière organique de l'eau de mer (mg/l).....	69
V.3.9- Variation de la DCO de l'eau de mer (mg/l).....	70
V.3.10 - Variation de la DBO <sub>5</sub> de l'eau de mer (mg/l).....	71
V.3.11 - Variation de l'oxygène dissous de l'eau de mer (%).....	72
V.4- Teneur en sels minéraux .....	73
V.4.1- Variation de la teneur en sodium (Na <sup>+</sup> ) de l'eau de mer (mg/l).....	73
V.4.2- Variation de la teneur en chlorure (Cl) de l'eau de mer (mg/l).....	74

V.4.3- Variation de la teneur en nitrates (NO <sub>3</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	75
V.4.4- Variation de la teneur en nitrites (NO <sub>2</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	76
V.4.5- Variation de la teneur en sulfates (SO <sub>4</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	77
V.4.6- Variation de la teneur en ammoniacque (NH <sub>3</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	79
V.4.7- Variation de la teneur en ammonium (NH <sub>4</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	80
V.5- Teneur en métaux lourds.....	80
V.5.1- Variation de teneur en plomb (Pb) de l'eau de mer (mg/l).....	80
V.5.2- Variation de teneur en zinc (Zn) de l'eau de mer (mg/l).....	81
V.5.3- Variation de teneur en mercure (Hg) de l'eau de mer (mg/l).....	82
V.5.4- Variation de teneur en cuivre (Cu) de l'eau de mer (mg/l).....	83
V.5.5- Variation de teneur en fer (Fe) de l'eau de mer (mg/l).....	84
V.5.6- Variation de teneur en c de l'cadmium (Cd) de mer (mg/l).....	85
V.6- Etude des paramètres physico-chimiques ; (sédiment marin).....	86
V.6.1- Variation du PH in situ.....	86
V.6.2- Variation de la température in situ (°C).....	87
V.6.3- Variation de l'alcalinité (mg/g/l).....	88
V.6.4- Variation de la teneur en matière organique (mg/g/l).....	89
V.6.5- Variation de l'humidité (g%).....	90
V.7- Variations des éléments minérales (métaux lourds) .....	91
V.7.1- Variation de teneur en plomb (Pb) du sédiment (mg/g/l).....	91
V.7.2- Variation de teneur en mercure (Hg) du sédiment (mg/g/l).....	92
V.7.3- Variation de teneur en cadmium (Cd) du sédiment (mg/g/l).....	93
V.7.4- Variation de teneur en fer (Fe) du sédiment (mg/g/l).....	94
V.7.5- Variation de teneur en zinc (Zn) du sédiment (mg/g/l).....	95
V.7.6- Variation de teneur en cuivre (Cu) du sédiment (mg/g/l).....	96
V.8- Mise à niveau de la toxicité du sédiment et l'eau de mer de la crique de la Salamandre.....	97
V.9- Les risques d'un sédiment toxique sur les organismes vivants .....	100

<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE II</b>	
<b>Tableau II-01</b> : Classes granulométriques du sédiment marin.....	<b>19</b>
<b>Tableau II-02</b> : Classification biologique des métaux.....	<b>23</b>
<b>Tableau II-03</b> : Principales sources de métaux.....	<b>26</b>
<b>Tableau II-04</b> : Classification des métaux et des métalloïdes en fonction de leur toxicité et de leur disponibilité.....	<b>27</b>
<b>CHAPITRE III</b>	
<b>Tableau III-05</b> représente la classification des rejets présentent dans la crique la Salamandre d'après les observations et les effets sur l'environnement.....	<b>44</b>
<b>CHAPITRE IV</b>	
<b>Tableau IV-06</b> : tableaux d'échantillonnage.....	<b>46</b>
<b>CHAPITRE V</b>	
<b>Tableau V-07</b> représente les caractérisations granulométriques du sédiment marin de la crique de la Salamandre, <b>côté Est</b> .....	<b>59</b>
<b>Tableau V-08</b> représente les caractérisations granulométriques du sédiment marin de la crique de la Salamandre, <b>côté Oue</b> .....	<b>59</b>
<b>Tableau (V.3.1)</b> - Variation du PH in situ.....	<b>60</b>
<b>Tableau (V.3.2)</b> - Variation de la température in situ (°C).....	<b>61</b>
<b>Tableau (V.3.3)</b> - Variation de la conductivité (ms).....	<b>62</b>
<b>Tableau (V.3.4)</b> - Variation de l'alcalinité (mg/l).....	<b>63</b>
<b>Tableau (V.3.5)</b> - Variation de la densité de l'eau de mer.....	<b>64</b>
<b>Tableau (V.3.6)</b> - Variation de la salinité de l'eau de mer (S‰).....	<b>65</b>
<b>Tableau (V.3.7)</b> - Variation de la chloronité de l'eau de mer (Cl‰).....	<b>66</b>
<b>Tableau (V.3.8)</b> - Variation de la teneur en matière organique de l'eau de mer (mg/l).....	<b>67</b>
<b>Tableau (V.3.9)</b> - Variation de la DCO de l'eau de mer (mg/l).....	<b>68</b>
<b>Tableau (V.3.10)</b> - Variation de la DBO <sub>5</sub> de l'eau de mer (mg/l).....	<b>69</b>
<b>Tableau (V.3.11)</b> - Variation de l'oxygène dissous de l'eau de mer (%).....	<b>70</b>
<b>Tableau (V.4.1)</b> - Variation de la teneur en sodium (Na <sup>+</sup> ) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>71</b>
<b>Tableau (V.4.2)</b> - Variation de la teneur en chlorure (Cl) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>72</b>
<b>Tableau (V.4.3)</b> - Variation de la teneur en nitrates (NO <sub>3</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>73</b>
<b>Tableau (V.4.4)</b> - Variation de la teneur en nitrites (NO <sub>2</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>74</b>
<b>Tableau (V.4.5)</b> - Variation de la teneur en sulfates (SO <sub>4</sub> ) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>75</b>
<b>Tableau (V.4.6)</b> - Variation de la teneur en ammoniacque (NH <sub>3</sub> ) de l'eau de mer.....	<b>76</b>
<b>Tableau (V.4.7)</b> - Variation de la teneur en ammonium (NH <sub>4</sub> ) de l'eau de mer.....	<b>77</b>
<b>Tableau (V.5.1)</b> - Variation de teneur en plomb (Pb) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>78</b>
<b>Tableau (V.5.2)</b> - Variation de teneur en zinc (Zn) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>79</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau (V.5.3)-</b> Variation de teneur en mercure (Hg) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>80</b>
<b>Tableau (V.5.4)-</b> Variation de teneur en cuivre (Cu) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>81</b>
<b>Tableau (V.5.5)-</b> Variation de teneur en fer (Fe) de l'eau de mer (mg/l).....	<b>82</b>
<b>Tableau (V.5.6)-</b> Variation de teneur en c de l'cadmium (Cd) de mer (mg/l).....	<b>83</b>
<b>Tableau (V.6.1)-</b> Variation du PH in situ.....	<b>84</b>
<b>Tableau (V.6.2)-</b> Variation de la température in situ (°C).....	<b>85</b>
<b>Tableau (V.6.3)-</b> Variation de l'alcalinité (mg/g/l).....	<b>86</b>
<b>Tableau (V.6.4)-</b> Variation de la teneur en matière organique (mg/g/l).....	<b>87</b>
<b>Tableau (V.6.5)-</b> Variation de l'humidité (g%).....	<b>88</b>
<b>Tableau (V.7.1)-</b> Variation de teneur en plomb (Pb) du sédiment (mg/g/l).....	<b>89</b>
<b>Tableau (V.7.2)-</b> Variation de teneur en mercure (Hg) du sédiment (mg/g/l).....	<b>90</b>
<b>Tableau (V.7.3)-</b> Variation de teneur en cadmium (Cd) du sédiment (mg/g/l).....	<b>91</b>
<b>Tableau (V.7.4)-</b> Variation de teneur en fer (Fe) du sédiment (mg/g/l).....	<b>92</b>
<b>Tableau (V.7.5)-</b> Variation de teneur en zinc (Zn) du sédiment (mg/g/l).....	<b>93</b>
<b>Tableau (V.7.6)-</b> Variation de teneur en cuivre (Cu) du sédiment (mg/g/l).....	<b>94</b>
<b>Tableau (V.8.1)</b> représente les limites supérieurs et inférieurs des métaux lourds dans le sédiment.....	<b>95</b>

## Résumé

Les caractéristiques de l'eau de mer font que la majorité des contaminants, en particulier les métaux, sont associés aux sédiments qui agissent dès lors comme une source secondaire. Les analyses des paramètres physico-chimiques permettent de déterminer et de connaître le niveau de contamination d'un sédiment et celle de l'eau de mer, mais donnent peu d'informations sur sa « qualité biologique ». L'exposé de cette étude se divise en différents chapitres, le premier englobe les différents types de pollution marine et leurs effets sur l'écosystème aquatique pélagique et benthique ; puis on a le second chapitre qui est consacré à une synthèse bibliographique sur les éléments polluants, caractéristiques physico-chimiques, ainsi que les facteurs qui régulent leur biodisponibilité en milieu marin, en particulier le sédiment.

Le troisième chapitre vise une présentation du site « Crique de la Salamandre » ; le choix de site est en vue de l'importance écologique et économique de la façade de ce dernier, et en particulier les dommages provoqués par l'activité humaine (la pollution). Le chapitre suivant énumère pour les différentes méthodes pratiquées pour les mesures des plusieurs paramètres qui nécessitent un appareillage de précision tel que le spectrophotomètre d'absorption moléculaire, et le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme. Le dernier chapitre exprime les résultats de chaque élément analysé à différentes concentrations dans l'eau de mer ou dans le sédiment traités durant la période d'étude.

**Mots clés :** pollutions marine, sédiment marin, micropolluants (métaux lourds), la crique de la salamandre

## **Résumé**

Les caractéristiques de l'eau de mer font que la majorité des contaminants, en particulier les métaux, sont associés aux sédiments qui agissent dès lors comme une source secondaire. Les analyses des paramètres physico-chimiques permettent de déterminer et de connaître le niveau de contamination d'un sédiment et celle de l'eau de mer, mais donnent peu d'informations sur sa « qualité biologique ».

L'exposé de cette étude se divise en différents chapitres, le premier englobe les différents types de pollution marine et leurs effets sur l'écosystème aquatique pélagique et benthique ; puis on a le second chapitre qui est consacré à une synthèse bibliographique sur les éléments polluants, caractéristiques physico-chimiques, ainsi que les facteurs qui régulent leur biodisponibilité en milieu marin, en particulier le sédiment.

Le troisième chapitre vise une présentation du site « Crique de la Salamandre » ; le choix de site est en vue de l'importance écologique et économique de la façade de ce dernier, et en particulier les dommages provoqués par l'activité humaine (la pollution). Le chapitre suivant énumération pour les différentes méthodes pratiquées pour les mesures des plusieurs paramètres qui nécessite un appareillage de précision tel que le spectrophotomètre d'absorption moléculaire, et le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme.

Le dernier chapitre exprime les résultats de chaque élément analysé à différentes concentrations dans l'eau de mer ou dans le sédiment traitées durant la période d'étude.

**Mots clés : pollutions marine, sédiment marin, micropolluants (métaux lourds), la crique de la salamandre**

## المخلص

التحاليل الفيزيائية والكيميائية لتحديد مستوى التلوث من الرواسب من مياه البحر ، لا تقدم إلا القليل من المعلومات حول "جودة البيولوجية" . ينقسم العرض من هذه الدراسة الى فصول ، الأول يغطي أنواع مختلفة من التلوث البحري وأثرها على الأنظمة الإيكولوجية المائية السطحية والقاعية ، ثم ما لدينا هو كرس الفصل الثاني لاستعراض الأدبيات على العناصر الملوثات، مذكرا الشديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية ، والعوامل التي تنظم التوافر البيولوجي في البيئة البحرية، ولا سيما الرواسب.

الفصل الثالث هو عرض لموقع يرصد "صلمندر" ، واختار لأهمية بيئية واقتصادية من واجهة هذا الأخير ، على وجه الخصوص في الضرر الناجم عن النشاط البشري (التلوث) . مارست الفصل التالي هذه القائمة فقط لأساليب احتراماً لقياسات العديد من المعلمات التي تتطلب الدقة مثل معدات القياس الطيفي الامتصاص الجزيئي والذري لهب معمل الامتصاص.

الفصل الأخير هو نتيجة نظرا لإتقان حتى سبب كل الأضرار وعيوب كل من تركيزات الملوثات الأسهر ما هو عليه في مياه البحر أو الرواسب المعاملة خلال فترة الدراسة

**الكلمات المفتاح :** التلوث البحري، والملوثات الرواسب والملوثات المجهرية (المعادن الثقيلة)، والرواسب البحرية ، ومياه البحر ،

Écouter

Lire phonétiquement

## Abstract

The characteristics of sea water are the majority of contaminants, especially metals, are associated with sediment when acting as a secondary source. Analyses of physicochemical parameters and to determine what level of contamination of sediment and that of sea water, but give little information on its "biological quality".

The presentation of this study is divided into chapters, the first covers the different types of marine pollution and their effect on the aquatic ecosystem pelagic and benthic, then we have the second chapter is devoted to a review of the literature on the elements pollutants, recalling their great physical and chemical characteristics, and the factors that regulate their bioavailability in the marine environment, especially the sediment.

The third chapter is a presentation of the site "the Salamander Creek" and the chosen is made for the ecological and economic importance of the façade of the latter, in particular the damage caused by human activity (pollution ). The next chapter this list has only practiced for respectful methods for measurements of several parameters that require precision equipment such as molecular absorption spectrophotometry, and atomic absorption spectrophotometer flame.

The last chapter is the result given to master up the cause of all damage and defects of each of the concentrations of contaminants deferens what it is in sea water or sediment treated during the study period.

**Keywords:** marine pollution, marine sediment, micropollutants (heavy metals), the crack of the salamander

Le littoral est une zone fortement convoitée où s'exprime et convergent la plus part des pressions liées à l'activité humaine, sur l'espace, les milieux et les ressources biologiques ; la pollution des eaux et du sédiment marin engendrée par les effluents.

La pollution permanente est liée aux rejets industriels, aux eaux usées d'origine urbains, à l'emploi, à l'emploi des pesticides et des engrais dans l'agriculture il s'y ajoute la pollution exponentielle aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport. Notre étude sur la crique de la salamandre, l'eau de mer et le sédiment, nous oriente vers une pollution permanente dont l'origine est connue. L'évolution des méthodes d'investigation analytique nous ont amené à consacrer toute une étude des paramètres physico-chimique de l'eau de mer et du sédiment pour déceler le degré de contamination voir pollution au niveau de la crique de Salamandre.

L'analyse physico-chimique de l'eau de mer et du sédiment concerne la mise en évidence des éléments ou composés pouvant semblés étrangère au milieu marin. L'absorption des métaux lourds Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, et l'Hg par le sédiment et les cours d'eau pollués par les rejets industriels à été entreprise pour mettre en évidence l'importance de certaines paramètres expérimentaux notamment le PH, la masse du sédiment et la température.

Les données encore insuffisantes sur la pollution au niveau de l'eau de mer plus exactement la crique de la Salamandre, Mostaganem, nous ont amené à entreprendre ce travail avec la collaboration des techniciens et ingénieurs dans différentes laboratoires. Il s'agit d'établir dans un premier temps des analyses physico-chimiques de l'eau de mer et du sédiment marin.

Cinq grands chapitres s'imposent :

- La pollution marine ;
- Le sédiment et contaminants ;
- Présentation du site « crique de la salamandre » ;
- Etudes des caractéristiques physico-chimiques ;
- Résultats et discussion.

Entre ces Cinq chapitres nous éclairons vers une meilleure présentation pour diminuer la pollution.

A cet effet, nous avons entrepris une étude globale sur la crique de la salamandre, ainsi qu'une étude sur ces paramètres de l'eau de mer et du sédiment dont le plus important à déceler pour l'étude de la toxicité sont :

Le PH, la variation en matière organiques, la demande biologique en oxygène, la demande chimique en oxygène, les teneurs en métaux lourds.

## Introduction

La pollution marine est une altération de la qualité du milieu marin de ces deux parties aqueuse (l'eau de mer et des océans) et particulaire (le sédiment et les fonds marins). **(Ramande, 1982)**. La méditerranée est une victime d'un profond malaise écologique, d'où la croissance démographique galopante des villes côtières, la pollution, l'afflux touristique inquiétant, menacent la faune et la flore de cette mer. Les pays méditerranéens ont souvent tendance à considérer la mer comme leur tout-à-l'égout: pétrole, polluants chimiques, déchets, goudrons, métaux... ils menacent à la fois la faune et la flore marine et d'autres parts la santé des baigneurs.

La qualité du milieu marin est menacée parce que l'océan est loin d'être inépuisable et inaltérable, sert de réceptacle mondial à l'ensemble des déchets produits par les activités humaines, qu'ils proviennent de l'urbanisation, de l'agriculture, de l'industrialisation et du transport maritime. Ces déchets rejetés dans le milieu marin ne deviennent véritablement polluants que s'ils portent atteinte aux organismes marins et par voie de conséquence à l'espèce humaine qui exploite les ressources marines **(Ramande, 1982)**.

## I- Pollution marine

### I.1- Définition de la pollution

Le mot pollution existe depuis très longtemps ; elle est définie comme toute introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu déterminé et le résultat de son action. Le mot altéragène présente lui-même une large signification, il désigne toute substance, ou tout facteurs provoquant une altération de l'environnement. Ce peut être l'introduction de certaine substance chimique néfaste à certaines espèces ou à toutes les espèces, la modification de certains paramètres physique telle que la température, ou l'introduction de vibrations, de rayonnements, de virus, de bactéries, et l'on distingue souvent selon la nature de l'altéragène, il existe plusieurs types de pollution :

- La pollution physique
- La pollution biologique ;
- La pollution chimique ;
- La pollution radioactive ;
- Pollution par les métaux lourds.

## I.2- Les différents types de pollution marine

### I.2.1- Pollution physique

On parle d'une pollution physique en milieu marin, quand le milieu est modifié dans sa structure physique, il s'agit de :

#### I.2.1.1- pollution thermique

On désigne par l'expression « pollution thermique » l'échauffement de l'eau de mer résultant du passage de celle-ci dans les circuits de réfrigération d'installations industrielles côtières (aciéries, raffineries, usine de pétrochimie, etc.)(J.M. Hill & G.R. Helz 1973).

#### I.2.1.2- Effets de la pollution thermique

##### Effet sur le peuplement planctonique

La connaissance sur l'effet des eaux réchauffées sur les planctons sont très peu. Des expériences ont montrés que chez certaines espèces il y a un accroissement du volume (5.2 fois en plus) des cellules phytoplanctonique (Carpenter et al 1974). Or qu'on peut avoir une mortalité de 50% chez l'espèce de zoo planctonique *Acartia tonsa* (espèce vie à une eau de 5°C) lors de son exposition à une température de 32°C pendant 3 heures.

Un autre effet issu de l'élévation des températures d'eau, est ce lui de l'accroissement des « eaux décolorées » qui est le milieu conditionnelle au développement de certains dinoflagellés sécrétants de saxitoxines qui conduit à une altération des écosystèmes benthiques tel que la toxicité des bivalves.

##### Effet sur les benthos

- Certain organisme benthique (mollusques bivalves *Tellina tenuis*) ; la croissance des stades jeune est accélérée mais avec une diminution dans le poids sec et un accroissement en teneur d'eau, donc l'intensité métabolique de ces organismes est accrue par l'effet des eaux réchauffées.
- Chez d'autres comme les gastéropodes *Nassarius reticulatus* et les amphipodes *Urothoe brevicornis* ont une période de reproduction plus avancé que l'habituelle dans une eau réchauffée,
- On peut avoir aussi une diminution du pouvoir de fécondité, et une incapacité des femelles à mobiliser les réserves nécessaires à la vitellogénèse (chez le crabe : *Macropipus depurator*).

- Des modifications morphologiques dues à la croissance accélérée c'est le cas d'une algue *Coralina mediterranea* où les thalles présentent une croissance rapide, alors que ces portions distales sont peu ou pas calcifier et pratiquement dépourvue de pigments. (R.G.Wear 1974).

#### Effet sur les poissons

- Accroissement de l'intensité métabolique : risquant d'entraîner une certaine sous-nutrition et une sensibilité accrue.
- Altération des processus de reproduction : exemple ; accroissement du nombre des larves anormale ou expatriation des larves dans des zones inadéquates entraîne par la suite une diminution – ou même une suppression – du recrutement.
- Diminution de la diversité de certain peuplement. (Gallaway et Strawn ; 1974).
- Perturbation des mécanismes prédation, et migration.

#### I.2.1.3- Pollution par eutrophisation

Ce type de pollution touche évidemment le domaine pélagique, elle consiste sur le fait qu'il y a une surabondance des sels nutritifs d'où les proportions respectives de l'azote et du phosphore minérale s'éloigne largement du rapport édile N/P de 15/1 – 16/1 tel qu'il existe dans les organismes planctoniques, notamment les effluent domestique font un apport important de matières en suspension ce qui contribue à accroître la turbidité et donc la diminution de la couche où s'exerce la photosynthèse.

#### Effet de la pollution eutrophique sur l'écosystème marin

- Multiplication de la production primaire par un coefficient de l'ordre de 3 à 5.
- Altération de la composition du peuplement planctonique (diminution du rapport N/P).
- Diminution de la diversité spécifique des peuplements phytoplanctonique.

#### I.2.1.4- Pollution par Les eaux usées

La pollution engendrée par le déversement des eaux usées est l'une des formes de pollution les plus répandues et les plus dommageables pour l'ensemble des écosystèmes marins côtiers de la planète (Espinosa *et al*, 2007). Lorsqu'elles ne sont pas traitées convenablement, les eaux usées d'origine domestique transportent avec elles des quantités excessives de nutriments, des bactéries pathogènes et

de matière en suspension (**Siung-Chang, 1997**) alors que celles d'origine industrielle renferment des polluants organiques et inorganiques (**Kaiser, 2001**). Le plus souvent, ces eaux sont rejetées près des côtes en zone infralittorale et peuvent ainsi affecter la faune marine. Leur rejet dans les milieux naturels est souvent associé à des désordres au niveau cellulaire et/ou physiologique chez les organismes ainsi qu'aux perturbations des habitats pouvant aller jusqu'à causer des changements irréversibles au niveau de la structure des communautés (**Espinosa et al, 2007**).

### I.2.2- Pollution biologique

La pollution biologique est une forme d'accumulation des micro-organismes tels que les bactéries, les champignons, les algues et par fois les virus provenant des égouts et d'autres rejets urbains ou industriels. Elle peut être aussi une introduction d'espèce marine (*Caulerpa txifolia*, et *Caulerpa rassimosa*), l'algue brune (*Focophycée japonaise*), ou certains mollusques ; ces espèces peuvent être introduites dans la mer par différentes voies, on site :

#### ❖ Foulinge

C'est le cas des mollusques qui vont utiliser les coques des navires comme support, en se déplaçant d'une côte à une autre les mollusques s'installent dans la nouvelle zone d'où la possibilité d'avoir un phénomène de compétitions -sur les nutriments- avec les espèces originaires.

#### ❖ L'introduction accidentelle

C'est le cas des algues (*Laminaria japonica*), se sont des espèces accompagnante d'autres espèces utilisés en aquaculture.

#### ❖ Les eaux de ballastes

Sont des quantités d'eaux servent pour équilibrer les citernes transporteurs de pétrole lors de son voyage à vide. Le fait de remplir ces citernes par l'eau de mer une grande quantité des organismes qu'elle soit planctonique ou bien nectonique sont sûrement au niveau de cette eau, leur déchargement (**le déballastage**) dans la côte où le bateau doit se charger avec du pétrole, là la contamination par les nouvelles espèces (non originaires) est plus possible.

En outre, la pollution biologique peut s'exprimer en générale par la présence des micro-organismes pathogènes dans l'eau de mer comme : la présence des œufs de métazoaires parasite (ténia, ascarides, les trichocéphales), les bactéries (bacille de typhoïde, tuberculose, vibron de choléra), des champignons pathogènes (*Candida*), des leptospires pathogènes, et diverse virus pathogènes (poliovirus, hépatite, entérovirus) (**M.J Gauthier ; 1974**).

### I.2.2.1- Pollution organique ou bactérienne

La pollution organique ou bactérienne est le résultat d'une modification de la composition de l'eau par des apports de microorganismes pathogènes tels que les bactéries et les virus.

Lors des rejets, une partie des bactéries est diluée et évacuée vers le large, une autre partie associée à des particules plus denses se déposant dans les couches sédimentaires. **(Charles JOSSELIN ; 1992)**

Ainsi la flore d'origine fécale dans les sédiments augmente dans les zones polluées pour être parfois supérieure à 100 fois à celle de l'eau surnageant. Toutefois la survie de ces bactéries dépend:

- de la structure particulière du sédiment ;
- de la salinité ;
- de la température.

### I.2.2.2- Les marées vertes

Le phénomène des marées vertes, nom donné à la prolifération massive d'algues vertes macrophytes ; les algues se développent principalement en période printanière et estivale (mi-avril ; mi-septembre). Ce phénomène peut avoir pour origine des facteurs géologiques, climatiques, hydrodynamiques et/ou anthropiques. Les études menées par l'IFREMER donnent comme facteurs prédominants de la croissance algale **(Chrystel B, 2004)** :

- l'introduction d'une grande quantité de nutriments et/ ou de matières organiques dans les milieux aquatiques,
- une plage sableuse enclavée et de faible pente,
- une température et un éclaircissement élevés en belle saison (cas des lagunes : la faiblesse des profondeurs favorise le réchauffement des eaux et une importante activité photosynthétique),
- un hydrodynamisme faible lié à un renouvellement lent de la masse d'eau côtière (cas des lagunes).

#### Effets environnementaux et écologiques des marées vertes

Les marées vertes conduisent localement à des échouages importants d'algues vertes pouvant couvrir des estrans entiers. Les algues déposées sur les plages, meurent en séchant et se décomposent en générant divers problèmes.

### I.2.3- Pollution chimique

Selon le terme « chimique » cette pollution est définie comme toute introduction ou déversement des produits chimiques dans le milieu marin, ces substances chimiques ont un effet néfaste pour l'habitat aquatique et même pour la baignade

### I.2.3.1 - Pollution par les hydrocarbures

C'est l'expression des vagues noire, lourdes, visqueuse issu d'un déchargement volontaire, accidentelle (collision), ou d'une panne au niveau des plate formes traitant ces substances chimiques. (Ph. Lourd ; 1974), cette charge polluante (sous forme des nappes flottantes) va se déposée sur les rivages.

#### I.2.3.1.1- Effets des hydrocarbures sur les biocénoses

##### Effets sur la faune et la flore planctonique

L'observation in situ des effets de la pollution par les hydrocarbures sur les peuplements planctoniques est rendu difficile par les fluctuations naturelles très importantes de ceux-ci dans l'espèce et dans le temps. (M.J Pérès ; 1974), après des observations au niveau de laboratoire les chercheurs ont montrés que ces peuplements planctoniques peuvent avoir :

- Une mortalité importante avec quelque anomalie chez les dinoflagellés et les diatomites.
- Des testes faites par **Nelson-Smith 1970**, montrent que certains zooplanctons présentent une sensibilité face aux hydrocarbures du fait quels sont mortes après 24 heures à une dose de **100 ppm**, mais avec une valeur de **1 ppm** les adultes survivent la plus part du temps mais leurs larves meurent après deux ou trois jours. (P. Michel ; 1974).
- Certains zooplanctons sont des ingèrants et assimilent une partie du pétrole ce qui crée des dangers potentielle dans les niveaux supérieur de la chaîne trophique.

##### Effets sur les invertébrés benthiques

Les sédiments pouvaient êtres contaminés par les hydrocarbures jusqu'à des profondeurs importantes. Certains mollusques bivalves telle que les huitres perdent ou diminuent leurs activités valvaires au cour d'une immersion répétée dans une eau contenant les hydrocarbures, en plus la production du glycogène chez ces organismes serait bloquée (Galstoff & al 1953), il suffit qu'une dose de l'ordre de **0.01 ppm** pour provoquer une altération gustatifs de ces mollusques bivalves.

Parmi les autres invertébrés vivant sur le fond, les crustacés constituent une classe importante. Lors d'un naufrage les **homards** ont subi une mortalité importante, or que les **crevettes** et les **crabes** disparaissaient pour revenir plus tard.

##### Effet sur les poissons

La contamination des poissons adulte par les hydrocarbures n'est pas le même chez leurs larves. Un test de toxicité réalisé par **Nelson-Smith 1970** sur les œufs de quelques poissons : **100 ppm** pour la destruction des œufs de la sardine, **0.01 ppm** pour les œufs hareng et le mérue. (P. Michel ; 1974).

### ✚ Effet sur les algues benthiques

Les algues benthiques sont généralement considérées comme un abri naturel nécessaire à un équilibre écologique normal. L'exposition de ces algues à certains constituants d'origine d'hydrocarbure provoque une altération de la perméabilité des membranes cellulaires bloquant par la suite les échanges cellulaires qui conduit à la mort de ces derniers.

#### I.2.3.1.2- Pollution par les composés organohalogénés

Les composés organohalogénés sont des substances peu ou pas dégradables, elles sont considérées comme contaminants majeurs de milieu marin. Ces composés sont produits par des industries chimiques, leur toxicité apparaît lors de son accumulation dans le sédiment, dans l'eau et même dans les organes internes de certains organismes vivants végétale ou animale (**F. Ramande ; 1974**).

#### I.2.3.1.3 - Les insecticides organochlorés

Représentent le contaminant majeur du milieu marin issu des industries, de la production des produits chimiques qui servent pour la lutte contre les insectes attaquant les produits agricoles, parmi ces insecticides :

#### I.2.3.1.4- Le DDT, DDD, et le DDE

C'est un insecticide puissant utilisé en agriculture contre les insectes. Ces produits sont arrivés en mer par voie atmosphérique ; les particules dispersées du DDT en air libre après les opérations de traitement de la végétation sont acheminées vers la mer où elles seront précipitées et ensuite associées avec les éléments de l'eau de mer causant une contamination du milieu marin. (**F. Ramande ; 1974**).

#### I.2.3.1.5- les biphényles polychlorés (PCB)

Se sont des substances très toxiques constituées d'un mélange complexe des hydrocarbures aromatiques, leur structure est proche de celle du DDT. Les PCB sont utilisés comme agents de plastification ou d'imprégnation et d'isolement. Leur présence en mer nous affirme qu'il y a un rejet industriel fait déverser cette substance (ou bien ces dérivées) directement en mer. Les PCB ont la capacité d'être stockés au niveau des tissus graisseux des organismes marins (les mollusques par exemple) car se sont des composés liposolubles dans les lipides. (**Ramande ; 1974**)

#### I.2.3.1.6- Les hexachloro-benzène (HCB)

Se sont des composés toxiques utilisés pour la lutte contre les champignons (antifongique) abandonnés, de puis longtemps. Les résidus du HCB ont été mis en évidence dans les tissus musculaires des divers mollusques, crustacés et poissons ; la contamination varie de **5 à 20 ppm** valeur (valeur supérieure des normes tolérées : **2 ppm**). (**Ramande ; 1974**)

### I.2.3.1.7- les chlorures de vinyle (PVC)

Des monomères des matières plastiques, bien connues sous le nom PVC, cette substance est rencontrée en milieu marin par les rejets des macros déchets telle que les bouteilles de plastiques. **(Ramande ; 1974).**

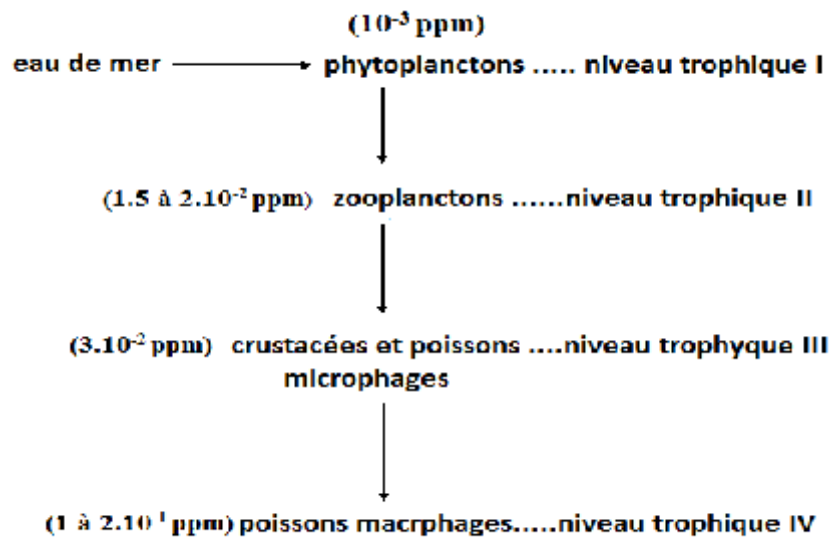
### I.2.3.1.8- Le tributylétain (TBT)

Le tributylétain (TBT) est un produit de synthèse appartenant à la famille des composés organostanniques, c'est-à-dire qui possèdent au moins une liaison directe carbone-étain. Ces substances sont utilisées dans l'industrie comme biocide dans les peintures antisalissure, les pesticides, les produits pour la protection du bois et des textiles et comme catalyseurs de réactions chimiques et stabilisants dans les plastiques **(Oehlmann *et al.*, 1998)**. Malgré leur fort potentiel de bioaccumulation et leur effet toxique sur le système endocrinien de certains organismes, les composés organostanniques furent considérés inoffensifs jusqu'au milieu des années 1970 **(Ranke et Jastorff, 2000)**. Parmi tous les composés organostanniques ayant jamais été produits, le TBT est sans contredit le plus toxique **(Oehlmann *et al.*, 1998)**.

## I.2.4 - Insertion et des concentrations des composés organohalogénés dans les réseaux trophiques du milieu marin

Si le phytoplancton joue un rôle essentiel dans l'absorption des traces des composés organohalogénés présents dans les eaux superficielles marines et les transfères dans les chaînes trophiques, il ne faut pas autant tenir pour négliger le rôle des organismes benthiques dans la contamination de la biomasse marine. Le DDT par exemple et ses métabolites est l'un des organohalogénés s'accumulent dans les déchets organique végétaux contenus dans la vase benthique du milieu marin **(Ramande ; 1974)**.

Des études faites sur la pollution en mer et l'effet sur la biomasse montraient qu'une concentration considérable dans la chaîne alimentaire de divers espèces est répartie selon le schéma suivant :



### I.2.5 - Effets des composés organohalogénés sur les biocénoses marines

Les composés organohalogénés présentent un effet néfaste pour les organismes marins au-delà d'un certain seuil.

#### ✚ Effets sur les zooplanctons

Inhibition de la transformation des nauplius en adulte si les femelles ovigères sont maintenues dans une eau de mer contenant 0.01 ppm de DDT (c'est le cas des copépodes *Pseudodiaptomus cornutus*) (Peakall & D.B ; 1970).

#### ✚ Effets sur les crustacées

Les crustacés tels que les crabes disparaissent car elles sont très sensibles aux éléments organohalogénés de l'ordre de ppb, alors que les crevettes présentent une mortalité de 100% après 30 jours d'exposition à 0.02 ppb de DDT (Peakall & D.B ; 1970).

#### ✚ Effets sur les mollusques

Certains mollusques bivalves présentent une diminution dans la vitesse de leurs croissances d'environ 20% (Menzel & al 1970). Le développement larvaire serait affecté d'une façon significative de l'ordre de ppm (Davis & Hidu ; 1969) ; comme il peut y avoir des individus stériles (le cas des huîtres).

#### ✚ Effets sur les poissons

Chez les alevins, une concentration de 1 ppm d'hydrocarbure chlorés dans l'eau de mer provoque une forte mortalité larvaire et un ralentissement spectaculaire de la croissance (Riserborough R.E ; 1971).

### ✚ Effets sur les oiseaux marins

La plus part des ichtyophages sont situés au sommet de la pyramide trophique présentent de graves troubles physiologiques, le taux de reproduction diminue comme on peut avoir une régression du nombre des jeunes individus. (Davis & Hidu ; 1969, Riserbourgh R.E ; 1971).

### I.2.6 - la pollution radioactive

Les problèmes posés par la pollution radioactive du milieu marin revêtent à l'heure actuel une importance particulière en raison de la demande croissante en énergie et des développements attendus dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement de combustible irradiés.

La radioactivité en milieu marin, comme en milieu continentale a deux origines :

- ✚ Origine naturel due aux rayons cosmiques et à la présence dans le milieu de radionucléides qui font partie des éléments constitutifs du globe.
- ✚ Origine artificiel : il s'agit de l'apport de radionucléides liés à l'utilisation de l'énergie atomique. Ce sont ces apports qui constituent la pollution radioactive en milieu marin. (J. Ancelln ; 1974).

#### I.2.6.1- Influence du milieu marin par les éléments radioactifs

Les caractères physiques et les constituants propres du milieu marin (salinité, température, teneur en isotope stable, teneur en matières organique, courants, sédiment...) jouent un rôle plus ou moins marqué en ce qui concerne la distribution des éléments radioactifs. Les sédiments marins sont généralement le siège d'une fixation plus ou moins marquée des radionucléides. Outre les propriétés du polluant dépend de la granulométrie et la composition minéralogique du sédiment aux points de vue qu'il serait fixé dans la partie fine ; en générale l'argile constitue le siège de fixation le plus préférentielle pour ces polluants.

#### I.2.6.2- Voie de contamination des organismes aquatiques par la radioactivité

Les espèces marins peuvent subir une contamination radioactive à l'aide de trois vecteurs (Polikarpove ; 1966) :

- ✚ L'eau de mer ;
- ✚ La nourriture contaminée : résulte des relations s'établissant entre proie et prédateur.

- ✚ Le sédiment contaminé : les organismes paraissent généralement assez affecté, le sédiment n'est contaminé qu'après la contamination de la colonne d'eau.

### I.2.6.3- Effets de la pollution radioactive sur les organismes aquatiques

En premier lieu, généralement sont les peuplements planctonique qui fixent les éléments radioactifs la suite serait une contamination par voies de la chaîne trophique. Les contaminations sont des mutations qui nous donnent par la suite des déformations morphologiques, des aspects cancérogènes, forme de stérilité, l'incapacité de pouvoir de la fécondation. Des travaux faits par **Fowler & al en 1972** ont montrés que les éléments radioactifs peuvent descendre de 2800 mètres en 7 jours (cas de  $^{95}\text{Zr}$ , et  $^{95}\text{Nb}$ ) une vitesse équivalente de 14-33 m/h.

### I.2.7- Pollution par les métaux

La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant (**Chouti et al. .J. Appl. Biosci. 2010**) Ils sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique (eau, sédiment, faune et flore) (**Langstone, 1999**). Les sédiments sont donc souvent des réservoirs ou puits de nombreux polluants chimiques (**Yao et al, 2009**). Ils sont des pièges à micropolluants, ils donnent une indication de la pollution historique du cours d'eau .La distribution de nombreux métaux lourds dans les milieux aquatiques dépend largement du mécanisme d'absorption (**Boucheseche., 2002**).

#### I.2.7.1- Définition des métaux lourds

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- ✚ tout métal ayant une densité supérieure à 5,
- ✚ tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium (**Z=11**),
- ✚ tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

Les métaux lourds associés aux notions de **pollution** et de **toxicité** sont généralement : l'arsenic (**As**), le cadmium (**Cd**), le chrome (**Cr**), le cuivre (**Cu**), le mercure (**Hg**), le manganèse (**Mn**), le nickel (**Ni**), le plomb (**Pb**), l'étain (**Sn**), le zinc (**Zn**). Les métaux lourds peuvent aussi exister sous forme organique, c'est-à-dire combinés à un atome de carbone (exemple : le **plomb tétraéthyl** des essences) mais aussi sous forme de complexes (exemple : le salicylate de plomb, provenant de la complexations du plomb avec une substance humique des sédiments).

### I.2.7.1.1- Le cadmium (Cd)

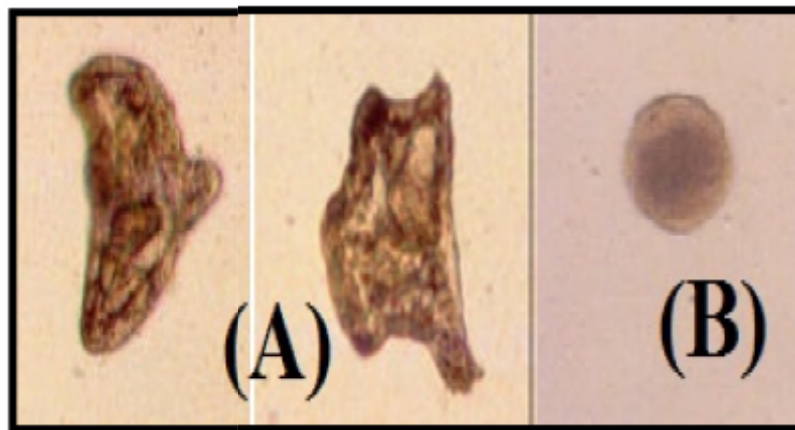
Les sources anthropiques d'émission du cadmium concernent principalement les activités métallurgiques et l'incinération des déchets. Le Cd est un élément non conservatif dans le milieu aquatique, il est trouvé dans les eaux de mer associé avec les ions du chlore. Il est présent dans les milieux aquatiques sous trois formes :

- ✚ Forme dissoute : se sont les espèces libres ( $\text{Cd}^{+2}$ ), il porte les sous-formes « organique » dans les eaux douce et à **PH=8**, et une sous forme « organique » dans l'eau de mer. (**Long & Angino ; 1977**).
- ✚ Forme colloïdale : le Cd porte une forme colloïdale en associant avec les molécules de haute poids moléculaire (acides humiques, les saccharides, les lipides) (**Stumm & Bilinski ; 1973**).
- ✚ Forme particulière : c'est une forme souvent associé avec les phases d'origine détritique.

#### ❖ Toxicité du Cd sur les organismes marins

Les organismes marins sont très sensible au Cd, elles sont classées suivant leurs sensibilité de la manière suivante : les crustacées sont plus sensible que les mollusques, et les annélides plus sensible que les poissons ; les concentrations sub -létaux du Cd sont comprise entre 1 et  $50\mu\text{g}^{-1}$ . Autrement, le Cd provoque chez certains mollusques bivalve un retard dans la croissance larvaires ou par fois la bloque totalement, aussi l'apparition de quelques anomalies (le cas des larves des échinodermes).

La **figure I-01** représente les différentes anomalies larvaires chez l'oursin méditerranéen due à une contamination par le cadmium.



**Figure I-01:** déférentes types d'anomalies larvaires (oursin méditerranéenne) dues à la contamination par le cadmium (**Y. Chambost ; 2010**).

- (A) : formation anormale (viable à temps très cour) ;
- (B) : forme blastula (non viable).

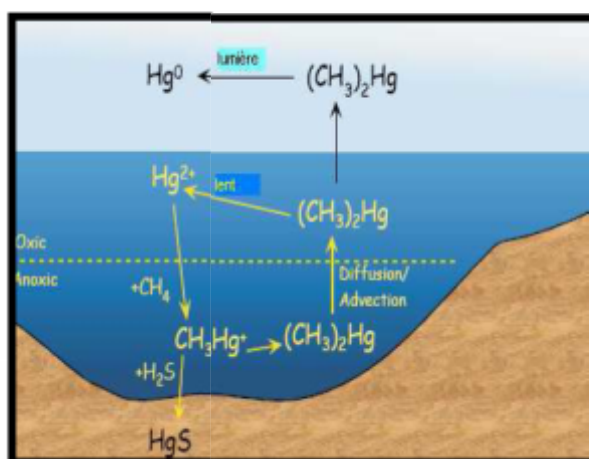
### I.2.7.1.2- Le mercure (Hg)

Le symbole chimique du mercure vient du latin **Hydragyrum** qui signifie « argent liquide ». Le numéro atomique de cet élément est 80, son poids atomique est de  $200,59 \text{ g.mol}^{-1}$  et sa masse volumique à  $25^\circ\text{C}$  est de  $13,58 \text{ g.cm}^{-3}$ , sa tension de vapeur est de  $14 \text{ mg.m}^{-3}$  ce qui le classe parmi les volatils. Dans l'eau de mer, plus de 90 % du mercure semble associer à la matière en suspension dans la tranche fine inférieure à  $63 \mu\text{m}$  (Cossa et al, 1999). Le mercure est impliqué dans le milieu marin par 2 réactions principales la réduction et la méthylation :

- ✚ La réduction en mercure élémentaire ( $\text{Hg}^0$ ) est le fait de réactions photochimiques et de réactions enzymatiques phytoplanctonique provoquant un recyclage du mercure dans l'atmosphère (Amyot et al, 1997 ; Mason et al, 1996).
- ✚ La méthylation du mercure est le fait des bactéries sulfatoréductrices actives dans les premiers centimètres des sédiments en zone anaérobie.

La grille de qualité **IFREMER** considère de bonne qualité des huîtres et des moules dont les teneurs maximales restent inférieures ou égales à  $0,3 \text{ mg/Kg}$  poids sec.

La **figure I-02** représente les différentes forme de mercure qu'on peut les trouvé en milieu marin :



**Figure I-02** : géochimie du mercure dans le milieu marin (Amyot et al, 1997 ; Mason et al, 1996)

#### ❖ Les différentes formes de l'Hg dans le milieu marin

- ✚ le mercure métallique élémentaire, sous forme liquide : C'est le mercure classique, sous sa forme la plus connue, qui était utilisé dans les thermomètres.
- ✚ le mercure sous forme gazeuse : c'est le mercure, en chauffant, se transforme en vapeur.
- ✚ le mercure inorganique, sous forme ionique : C'est ce qu'on appelle les atomes de mercure (notés  $\text{Hg}^{2+}$ ).

### ❖ Toxicité de l'Hg sur les organismes marins

Le mercure est un métal très réactif au milieu dans lequel il se trouve, Il peut se lier dans l'organisme aux molécules constituant la cellule vivante (acides nucléiques, protéines...) modifiant leur structure ou inhibant leurs activités biologiques en plus il peut entraîner la malformation des œufs. (Kaiser, 2001).

#### I.2.7.1.3- Le plomb (Pb)

Le plomb a une forte affinité pour les particules sédimentaires fines (Cossa et al 1993) la fraction adsorbée sur les particules en suspension augmente avec le pH et diminue lorsque la chloronité augmente (Alzieu et al, 1999). La dégradation aérobie de la matière organique particulaire (surface du sédiment) favorise une remise en solution du plomb aussi La dissolution des oxydes de fer et de manganèse provoque également sa solubilité.

La grille de qualité IFREMER considère de bonne qualité, des huîtres et des moules dont les teneurs maximales restent inférieures ou égales à 4mg/kg de poids sec.

### ❖ Origine et source

La principale source anthropique d'émission du plomb était liée aux additifs dans les essences et L'atmosphère est le principal vecteur vers les océans (Cossa et al, 1993). Le plomb présente une affinité avec les matières organiques, notamment de poids moléculaire moyen, pour former des complexes organométalliques qui peuvent présenter une grande toxicité et faciliter leur mobilité.

### ❖ Toxicité du plomb

- Pour l'être humain : troubles du système nerveux, affection du foie et des reins.
- Ou niveau des organismes vertébrés : le plomb s'accumule dans les structures osseuses de cette dernière. (H. Pariselle ; 1956).

#### I.2.7.1.4- Le cuivre (Cu)

Les principales sources anthropiques sont liées aux industries électriques. (Alzieu et al, 1999). Dans le milieu aquatique, le cuivre existe sous forme de particule colloïdale et dissoute. Il est rapidement adsorbé sur les sédiments riches en ligands, tels que les hydroxydes de fer et de manganèse. Le cuivre est bioaccumulé par les poissons, les mollusques et les crustacés de façon variable selon les espèces.

### ❖ Toxicité du Cu

A des doses inférieures au mg/l, le cuivre est toxique pour les animaux et les micro-organismes aquatiques, responsable du déclenchement avancé de la ponte chez les poissons, et un verdissement des huîtres lors de son association aux pigments respiratoires de ces mollusques.

Le Cu est tellement toxique qu'il provoque des altérations branchiales des poissons et fait perturber le mécanisme régulateur des crustacés. (Gaujous, D ; 1995).

#### I.2.7.1.5- Le zinc (Zn)

Dans le milieu aquatique à  $\text{pH} > 8$ , le zinc se présente sous forme d'hydroxyde  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  et donne des complexes avec des ligands organiques ou s'adsorbe sur les matières en suspension. Le zinc est bioaccumulé par les poissons, les mollusques et les crustacés de façon variable selon les espèces.

La grille de qualité IFREMER considère de bonne qualité, des huîtres dont les teneurs maximales restent inférieures ou égales à 2 500mg/kg, poids sec et des moules dont les teneurs maximales restent inférieures ou égales à 150mg/kg, poids sec.

### ❖ Toxicité du Zn

Des concentrations de mg/l est suffisante pour une perturbation du système chlorophyllien des végétaux aquatiques, aussi provoque des problèmes de la croissance chez certains animaux marins (Gaujous, D ; 1995).

#### I.2.7.1.6- Le chrome (Cr)

Les principales sources anthropiques sont liées à divers branches de l'industrie (métallurgie, réfractaires et la chimie). Les formes Cr (III) et Cr (VI) sont les formes dissoutes dans le milieu aquatique ; le Cr (III) est présent en milieu anoxique, le Cr (VI) est très soluble en milieu oxygéné. Le chrome ne s'accumule pas (ou peu) dans les organismes marins ce qui explique les teneurs faibles généralement relevées chez les poissons et les mammifères. (Chiffolleau, 1994).

### ❖ Toxicité du Cr

Le chrome est toxique est surtout chromate, les organismes inférieurs tels que les bactéries et les algues sont sensibles à des doses de l'ordre de mg/l, alors que les poissons et les autres vertébrés sont sensibles à des doses moins fortes. (Chiffolleau, 1994).

### I.2.7.1.7- les composés organo-étains

Se sont des composés qui ont au moins une liaison étain-carbone. L'étain est dans un état tétravalent en quatre séries : **(R Sn X)** d'où : **(Watanabe ; 1980)**

- ❖ **R** : représente des groupes butyle, octyl, ou phényle.
- ❖ **Sn** : représente l'étain.
- ❖ **X** : représente le chlorure, l'acétate, carbonate, sulfide, oxydes....etc.

En générale, les composés organoétains sont des contaminants lipophile moyennement soluble dans l'eau et facilement absorbés dans la matière particulière dans les milieux aquatiques. En outre, ils s'accumulent dans le sédiment où ils sont relativement persistants et peuvent être absorbés par les organismes benthiques comme les palourdes. Les composés organoétains ont tendance à s'accumuler dans les poissons et d'autres organismes aquatiques. **(Bertrand E & Girard D ; 2005)**.

#### ❖ Toxicité des composés organoétains

Les composés organoétains sont toxiques par voie : ingestion, aérienne, et cutanée. Au niveau de la cellule ces éléments toxiques interagissent directement avec les protéines causant des dommages au niveau des mitochondries, l'homéostasie du calcium et parmi les organismes marins qui ont une sensibilité aux composés organoétains sont les mollusques bivalves, les poissons, les zooplanctons, les bactéries à gram positif, la contamination peut apparaître comme **(Bertrand E & Girard D ; 2005)**:

- 🚩 Effet immunitaire : sur le foie, le système rénal, atrophie de thymus, hypersensibilité, réduction des globules blancs et de l'immunoglobuline.
- 🚩 Tératogénicité, retard de croissance, réduction de la fécondité, toxicité des embryons.
- 🚩 Perturbation de la production de l'énergie chimique notamment au niveau des neurones

### I.2.7.1.8- l'argent (Ag)

L'argent présent en milieu marin provient du lessivage des sols, de la corrosion des équipements industriels, des rejets atmosphériques issus de la combustion des déchets urbains. C'est d'ailleurs un indicateur de pollution urbaine. **(Bulletin RNO 2001)**

#### ❖ Toxicité de l'Ag

Des études expérimentales ont montré que l'argent est très toxique pour les larves des mollusques. En revanche, les individus ayant dépassé le stade larvaire supportent des expositions prolongées en même temps qu'ils accumulent des quantités importantes de ce métal.

### I.2.7.1.9- Le cobalt (Co)

Le cobalt (Co) est principalement utilisé dans des alliages avec le fer et le nickel. Il entre également dans la composition des peintures en tant que pigment. Son isotope artificiel  $^{60}\text{Co}$  est une importante source de rayons  $\gamma$  très largement utilisée comme traceur et agent radio thérapeutique. Or les stations d'épuration des eaux usées ne sont pas toujours conçues pour traiter et éliminer ce métal des effluents. (**Bulletin RNO 2001**).

#### ❖ Toxicité du Co

Le cobalt est un élément assez peu étudié et les données le concernant dans les environnements aquatiques sont très rares.

### I.2.7.1.10- Le nickel (Ni)

Le nickel (Ni) est un constituant essentiel de la croûte terrestre (2% en masse). Il présente une forte affinité pour les ligands organiques comportant une fonction thiol (SH-). Les principales sources de nickel sont les eaux usées domestiques et les immersions de boues de station d'épuration ainsi que la production de métaux non ferreux. Dans les effluents bruts ou traités le nickel est principalement présent sous forme dissoute ou associé à des particules très fines. Il est donc transporté avec la masse d'eau sur de longues distances. Les apports atmosphériques sont aussi importants. Ils proviennent de la combustion du charbon et du pétrole, de la métallurgie et de la combustion du bois. (**Bulletin RNO 2001**)

#### ❖ Toxicité du (Ni)

Le nickel provoque des anomalies dans le développement larvaire chez l'huître à la concentration de  $349 \mu\text{g.l}^{-1}$  de sulfate de nickel et de  $891 \mu\text{g.l}^{-1}$  chez la moule. Il provoque des problèmes de physiologie interne (au niveau de l'intestinale).

### I.2.7.1.11- Le vanadium (V)

Le vanadium (V) naturel contenu dans l'océan provient principalement de l'activité volcanique et de l'érosion de la croûte terrestre. Les sources anthropiques sont fluviales et atmosphériques. Le vanadium est présent à hautes concentrations dans les effluents des industries produisant de l'oxyde de titane.

#### ❖ Toxicité du (V)

Le vanadium peut être un inhibiteur de certaines activités enzymatique chez les moules à des très peu concentrations, alors qu'elle serait létale en  $65\text{mg.l}^{-1}$

L'étude de la pollution et les différents polluants nous a amené à étudier l'impact de ces derniers sur le sédiment.

## Introduction

Le sédiment marin est considéré comme compartiment important de l'écosystème aquatique, sert d'habitat et de source de nourriture pour de nombreuses espèces écologiquement et économiquement importantes. Les dépôts sédimentaires marins et littoraux, se forment à l'interface des zones continentales et océaniques. Ils constituent un filtre pour les polluants et deviennent ainsi les réservoirs ultimes pour de nombreux composés chimiques connus ou inconnus (**Chapman et Long, 1983**). Ils contiennent donc des xénobiotiques persistants qui peuvent avoir des effets létaux immédiats ou à long terme. Les contaminants chimiques sont d'origine très diverse (contamination atmosphérique, effluents urbains, rejets en mer, naufrages) résultant d'activités anthropiques présentes ou passées. Les sédiments jouent toujours le rôle de source de contamination et l'impact sur les organismes vivants reste important (**Power et Chapman, 1992 ; Luoma et Ho, 1993**).

### II. 1- Le sédiment et les contaminants

Le niveau de contamination des sédiments est déterminé par des analyses chimiques qui donnent peu d'informations sur sa «qualité biologique», c'est-à-dire ses effets sur le biotope. L'évaluation de la toxicité de l'ensemble des contaminants sédimentaires nécessite l'utilisation de tests réalisés à l'aide d'organismes vivants (**Stebbing *et al.*, 1980 ; Chapman et Long, 1983**). La fraction des contaminants est représentée par les composés qui peuvent rentrer directement en contact avec les organismes et être absorbés. La biodisponibilité d'un xénobiotique dépend des caractéristiques du sédiment (granulométrie, teneur en matière organique, potentiel redox etc.), des propriétés physico-chimiques du composé (spéciation) et de l'organisme lui-même (habitat, mode alimentaire) (**Förstner et Wittman, 1979 ; Landrum et Robbins, 1990**).

### II.2- Le sédiment marin : origine, granulométrie, et composition

#### II.2.1- Origine du sédiment marin

La première source de la formation des premiers granules sédimentaires proviennent :

- 🚧 Du dépôt des particules en suspension dans l'eau dérivant elles mêmes de l'érosion des roches et des sols ;
- 🚧 De matériaux détritiques organiques et de la floculation d'éléments colloïdaux.

Ces particules parviennent au milieu aquatique par les cours d'eau et par voie atmosphérique. Se sont des éléments d'origine allochtone quand ils sont issus de l'érosion du bassin versant par des agents dynamiques externes comme l'eau ou le vent et d'origine autochtone quand ils sont dus à la sédimentation de composés minéraux (carbonates, phosphates, évaporites) et organique (organismes planctoniques morts) (**Ramade, 1998**).

### II.2.2- Caractères granulométriques

Les sédiments sont classés en fonction de la taille de leurs particules (**Bellair et Pomerol, 1977**) :

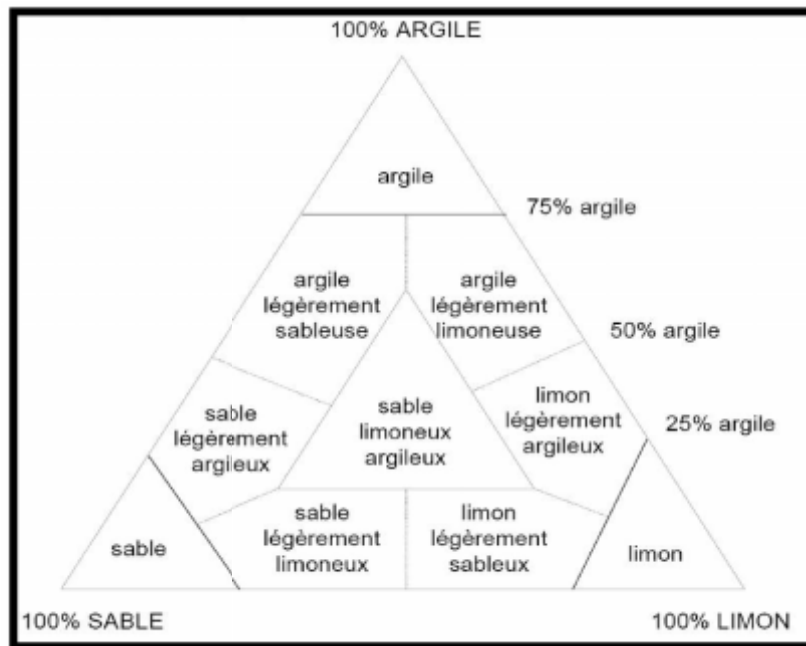
- ✚ Les particules d'un diamètre supérieur à 63  $\mu\text{m}$  : caractérisent les sédiments grossiers qui sont principalement constitués de sable et de matériel inorganique silicaté. Ces sédiments présentent une faible cohésion, les surfaces de contact des différentes particules sont peu importantes et donc sont peu associées aux contaminants. On distingue généralement les graviers (diamètre supérieur à 2 mm) et les sables (diamètre compris entre 63  $\mu\text{m}$  et 2 mm).
- ✚ Les particules d'une taille inférieure à 63  $\mu\text{m}$  : sont constituées de minéraux argileux ayant un diamètre compris entre 0,2 et 2  $\mu\text{m}$  et de silt ayant un diamètre compris entre 2  $\mu\text{m}$  et 63  $\mu\text{m}$ . Cette fraction fine peut également contenir de la matière organique. Les particules fines sont très cohésives, elles sont chargées négativement et leur surface de contact est importante ; ces caractéristiques leur donnent un grand pouvoir adsorbant vis à vis des contaminants métalliques ;
- ✚ La matière organique sédimentaire : caractérisée par le carbone organique, est constituée de macromolécules polymérisées hétérogènes ; elle possède des sites hydrophiles qui lui permet de s'adsorber à la surface des particules argileuses et de complexer de nombreux contaminants, organiques notamment (**Burton, 1992b ; Bonnet, 2000**).

Le **tableau II-01** représente les différentes classes granulométriques du sédiment marin :

**Tableau II.01** : Classes granulométriques du sédiment marin (**Franck AGOSTINI ; 2006**).

Taille	Dénomination
> 20 cm	<b>Blocs</b>
2 cm à 20 cm	<b>Galets et cailloux</b>
2 mm à 2 cm	<b>Graviers</b>
63 $\mu\text{m}$ à 2 mm	<b>Sables (grossiers et fins)</b>
2 $\mu\text{m}$ à 63 $\mu\text{m}$	<b>Limons (ou silt)</b>
< 2 $\mu\text{m}$	<b>Vases, boues argileuses</b>

La **figure II-03** représente un diagramme triangulaire de la classification sédimentaire (sédiment marin) :



**Figure II.03** - Diagramme triangulaire de classification des sédiments en fonction de leur texture  
(Franck AGOSTINI ; 2006).

### II.2.3- Composition

Le sédiment est une matrice très hétérogène, constituée de matériaux détritiques inorganiques et organiques (Power et Chapman, 1992). Il présente principalement 3 composants:

#### 1- 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).

#### 2- Phase inorganique

Elle est formée de minéraux provenant de l'érosion de l'écorce terrestre et de débris coquilliers. Ses composés sont principalement, les argiles, carbonates et les silicates. Les particules inorganiques sont généralement enrobées d'hydroxyde de fer et de manganèse et de substances organiques qui lui donnent une grande capacité d'adsorption vis à vis des contaminants.

#### 4- Phase organique

Elle n'occupe qu'un faible volume du sédiment (quelques %), mais joue un rôle primordial puisque elle contrôle 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 kDa), colloïdal (1 kDa < COC < 0,22 µm) et particulaire (COP > 0,22 µm ; **Bonnet, al 2000**).

### II.3- la subdivision sédimentaire

Le sédiment est un milieu relativement hétérogène et complexe constitué d'eau, de matériaux inorganiques et organiques et de composés d'origines anthropiques (**Power et Chapman, 1992**). Ainsi, on retrouve principalement dans les sédiments :

- ✚ Des éléments chimiques que l'on qualifie de majeurs (Si, Al, K, Ca, Fe, S, Mg... et dont les teneurs sont notamment liées à la nature géochimique du sédiment.
- ✚ Des nutriments (carbone organique, azote, phosphore) dont les apports varient en fonction de la nature du milieu aquatique et des saisons.
- ✚ Des éléments métalliques présents, naturellement ou non, à l'état de traces (Cd, Cu, Hg, Ni, Pb...) ainsi que des contaminants organiques (HAP, PCB, composés phytosanitaires...) qui représentent globalement moins de 0,1% de l'ensemble des éléments présents dans les sédiments (**Garrivier, 1995**).

### II.4- Caractérisation d'un sédiment marin : physique, biologique, et chimique

La caractérisation des sédiments prend en considération les propriétés physiques, chimiques et l'estimation des effets biologiques potentiels des sédiments (**Alzieu, 1999**).

#### II.4.1- Caractéristiques physiques

Les caractérisations physiques des sédiments marins peuvent varier considérablement en fonction de leurs propriétés telles que le contenu de la substance organique, la distribution de la taille du grain et la minéralogie (**AIPCN, 2003**). L'étude physique du sédiment est concernée pour d'autres sous études :

- **Etudes de granulométrie** (voir Caractère granulométrique) ;
- **L'étude minéralogique**

Permet d'identifier les argiles et les minéraux primaires des sédiments (silices, silicates, carbonates, ...) qui peuvent jouer un rôle important dans les échanges entre les formes dissoutes et particulières des métaux présents dans le milieu (**Caplat, 2001**) ;

➤ **L'étude calcimétrique**

La calcimétrie permet la quantification de la fraction calcaire des sédiments dont les teneurs peuvent influencer les processus d'interactions intervenants entre les sédiments et les métaux du milieu (Caplat, 2001).

Le pourcentage en carbonate de calcium ( $\text{Ca CO}_3$ ) des sédiments est déterminé à l'aide d'un calcimètre de Bernard par attaque chlorhydrique (HCl) et dégagement de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) ;

➤ **Etude analytique des résidus**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau sous contrôle des températures et de la durée de dessiccation (Rodier [Caplat, 2001]).

#### II.4.2- Caractéristiques chimiques

Les caractéristiques chimiques des sédiments et les composants à analyser dépendent notamment des réglementations en vigueur et des sources de contamination (AIPCN, 2003).

➤ **Etude des éléments nutritifs**

Les sédiments accumulent de la matière organique et présentent des teneurs significatives en éléments nutritifs (azote, phosphore). Ces sels nutritifs peuvent être relargués accidentellement par des rejets de différents types sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4$ ) et de façon moindre de nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et de phosphate ( $\text{PO}_4$ ) (Monbet, 1999).

➤ **Etudes des éléments radioactifs**

La principale technique de mesure utilisée est la spectrométrie des rayonnements gamma.

➤ **Etudes des éléments organiques**

De nombreux contaminants organiques ont une origine anthropique issue des processus de synthèse chimique provenant des activités agricoles urbaines ou industrielles.

a) Le dosage des HAP peut être réalisé par la chromatographie en phase liquide (CPL) en trois étapes : Extraction des HAP, Purification de l'extrait sur phase solide, et Analyse en chromatographie liquides des HAP (Caplat, 2001).

b) Le dosage des PCB peut-être réalisé par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) en 4 étapes : Extraction des PCB par un solvant organique, Purification liquide/liquide de l'extrait, Purification sur colonne « Florisil » et désulfuration sur colonne d'eau, et Analyse en chromatographie gazeuse (Caplat, 2001).

### ➤ Etudes des éléments métalliques

Les métaux lourds ont une origine naturelle ou anthropique. Ils peuvent être classés selon leur importance biologique (Wolfe et al, 1972; Rice et al, 1979). Les principales sources d'apport des métaux sont regroupées en 6 catégories différentes : apports naturelles, Extraction des minerais, Métaux de l'industrie, Rejets atmosphériques, Lessivage métaux des décharges, et Rejets eaux pluviales urbaines.

Le **tableau II-02** représente les différentes classes biologiques des métaux qu'on peut trouver au niveau du sédiment marin :

**Tableau II-02 : Classification biologique des métaux (Pruvot, 1999).**

Eléments et oligo-éléments du milieu marin	
<b>Oligo-éléments toxiques</b>	Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Pb, Hg, Sb, Se
<b>Oligo-éléments secondaires</b>	Cr, Cs, Ni, Rb, Sr
<b>Oligo-éléments essentiels</b>	Al, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si, V, Zn
<b>Eléments majeurs indispensables à la vie</b>	Ca, K, Mg, Na

### II.4.3- Caractéristiques biologiques

La caractérisation biologique permet d'estimer les effets biologiques potentiels des sédiments marins ; des tests de laboratoire mesurent la toxicité d'éventuelles substances chimiques contenues dans les sédiments. Ces tests d'évaluation peuvent être réalisés sur le sédiment total, l'eau interstitielle ou les extraits aqueux et permettent d'estimer les niveaux potentiels d'exposition des organismes vivants lors de son immersion dans les sédiments marins, il existe plusieurs tests à effectués :

#### ➤ Le test d'inhibition de croissance

Étudier chez les algues marines (généralement sont des algues phytoplanctonique, types diatomées), ce test concerne les substances chimiques dissoutes au niveau de l'extrait à analyser, l'inhibition est déterminée comme étant la diminution de la croissance ou du taux de croissance par rapport aux cultures témoins réalisées dans des conditions identiques. [Par OSPAR est défini par la norme NF EN ISO10253 (T90-311)].

➤ **Le test de toxicité aiguë**

Ce test concerne les milieux liquides, les effluents, les extraits aqueux de sédiments ainsi que l'eau interstitielle, il est pratiqué sur les copépodes marins adultes en vue d'avoir la concentration létale au bout de 48 h (Lc50 /48h) [par OSPAR est défini par la norme ISO/DIS 14669 (1996)].

➤ **Le test de toxicité des sédiments**

Ce test concerne l'évaluation de la toxicité des sédiments, ce test est effectué sur les amphipodes marin en vue d'avoir la concentration létale de 50% d'individus adultes (Lc50-10 jours) pendant 10 jours de contact avec le sédiment [par OSPAR correspond à la norme ASTM (1993)].

➤ **Le test des œufs de bivalves**

Ce test concerne l'évaluation de la toxicité des sédiments, d'extraits aqueux ou de l'eau interstitielle, on se basant sur la concentration où ces bivalves avoir une fécondité réduite ; c'est-à-dire faire la comparaison entre le taux de fécondité dans un milieu naturelle (non contaminé ) et l'autre qui présente des substances contaminants. (Par l'Ifremer).

➤ **Le test de spermiotoxicité**

Pratiqué sur les spermatozoïdes des bivalves et les œufs d'oursin, Ce test concerne l'évaluation de la toxicité potentielle des sédiments, d'extraits aqueux ou de l'eau interstitielle. La perte du pouvoir fécondant est mesurée afin de déterminer les concentrations qui induisent une réduction de la fécondation au bout de 48h. (Par l'Ifremer).

## II.5- Evaluation de la qualité sédimentaire

La gestion de la qualité des milieux aquatiques et en particulier de leur phase sédimentaire est donc devenue une priorité pour de nombreux pays. Une première phase est l'identification des sources de pollutions et des zones contaminées. Il faut ensuite développer des stratégies d'évaluation de risques écotoxicologiques pour les endroits les plus impactés (McCauley *et al.*, 2000).

➤ **L'analyse chimique**

Les analyses chimiques sont les outils les plus utilisés pour détecter les problèmes de contamination dans les sédiments ; elles sont utilisées dans la prévention de la pollution marine, on basant sur des niveaux à partir des analyse pour des nombreux polluants telle que les métaux lourds, les hydrocarbures poly aromatiques, les PCB, ....cet.

➤ **Etudes écologiques, biologiques et biochimiques**

L'étude des modifications structurales des communautés benthiques permet d'évaluer l'impact des sédiments contaminés sur les organismes ; il été mise (Swartz *et al.* (1986, Chapman *et al.* (1991)

en évidence des modifications de la structure des populations benthiques, en fonction du niveau de contamination des sédiments.

➤ **Les bioessais**

Le but d'un bioessai est d'évaluer des réponses biologiques chez des organismes soumis, dans le cas présent, aux effets des sédiments contaminés.

## II.6- Différents éléments contaminants sédimentaires

Les éléments contaminants présents potentiellement dans les sédiments peuvent être répertoriés en différentes classes :

### II.6.1- les éléments nutritifs

Il s'agit notamment du phosphore et des composés azotés comme l'ammoniaque. Ils proviennent des rejets d'eaux usées urbaines et d'effluents agricoles et industriels. Ils sont à l'origine de l'eutrophisation des milieux. (AGOSTINI Franck ; 2006).

### II.6.2- Les HPA

Les composés organiques sont représentés par plusieurs classes, les alcanes, les polychlorobiphényles (PCB), les pesticides, les dioxines et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ces composés proviennent de sources diverses et ont des propriétés chimiques différentes. Ils sont stables, lipophiles et possèdent au moins un noyau aromatique. Les HAP sont formés de cycles benzéniques condensés sous forme linéaire ou angulaire (Keith et Teillard, 1979).

➤ **Propriétés physico-chimiques des HPA**

Les hydrocarbures possèdent un point d'ébullition à 250°C au qu'elle ces dernier s'évapore, et une solubilité souvent faible de 100 ppm jusqu'aux 0.001 ppm et encore les hydrocarbures présente un poids moléculaire relativement bas. (Brunnock ; 1968).( voir annexe B)

➤ **Caractéristiques des HPA**

- ✚ Un caractère toxique aigue ou chronique.
- ✚ Un effet mutagène (génétoxicité).
- ✚ Formation de composés électrophiles qui se fixent sur les sites nucléophiles de l'ADN et de l'ARN des organismes, provoquant des dysfonctionnements cellulaires, pouvant conduire au développement de cancers.

### II.6.3- Métaux : sources, caractéristiques et répartition

Les métaux proviennent principalement de l'érosion des roches, des sols et des sédiments où ils sont présents à l'état naturel et mais aussi majoritairement des activités humaines.

#### ➤ Source des métaux lourds

Le **tableau II- 03** représente les principales métaux qu'on peut les trouvés en milieu marin et ces sources d'émission.

**Tableau II-03** : Principales sources de métaux (d'après Förstner, 1987 ; Michel, 1993a dans Ettajani, 1994).

Eléments	Secteur d'activité
<b>Cd</b>	Production de soufre, photographie, plastiques, fongicides, insecticides, peintures antisalissures, céramiques, verreries, cimenterie, raffinage du pétrole, engrais.
<b>Cu</b>	Métallurgie, papeterie, engrais, raffinage, tannerie, photographies, peinture antisalissures, céramiques
<b>Zn</b>	Papeteries, peintures, plastiques, lubrifiants.
<b>Pb</b>	Papeterie, engrais, raffinage, métallurgie, imprimerie, canalisations, accumulateurs céramiques, antirouille.

#### ➤ Caractéristiques des métaux

Un métal est considéré comme essentiel si des symptômes pathologiques apparaissent lorsque sa teneur diminue ou qu'il est absent et disparaissent lorsqu'il est rajouté. Il faut aussi que les symptômes soient associés à une défecion biochimique (**Förstner et Wittmann, 1979**).

Cependant, un élément essentiel peut également être toxique lorsqu'il est présent à de trop fortes concentrations. Suivant ces critères, 17 métaux sont considérés comme essentiels, dont quatre (Na, K, Ca et Mg) sont présents en grande quantité (supérieurs à  $> 1$  mmole kg<sup>-1</sup> de poids frais) alors que les treize autres (As, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si, Sn, V et Zn) sont présents à l'état de trace (0,001 à 1 mmole kg<sup>-1</sup> de poids frais) ou d'ultra-trace ( $< 1 \mu\text{mol kg}^{-1}$  de poids frais ; **Mason & Jenkins, 1995**).

Les métaux non essentiels n'ont, à l'inverse des précédents, aucun rôle biologique actuellement connu. C'est le cas de l'Hg, Ag, Cd et Pb (**Mason & Jenkins, 1995**). Ils sont considérés comme néfastes dès qu'ils sont présents dans le milieu et entraînent des effets biologiques délétères à de très faibles concentrations.

**Tableau II-04** : Classification des métaux et des métalloïdes en fonction de leur toxicité et de leur disponibilité (Wood, 1974 dans Förstner et Wittmann, 1979).

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

### ➤ Répartition des métaux

Les métaux sont répartis dans les diverses fractions des sédiments et sous différentes formes physico-chimiques : c'est la **spéciation**.

#### a) Dans la phase aqueuse

Ils peuvent être sous forme d'ions libres hydratés, complexés avec des ligands inorganiques comme les carbonates ou organiques dissous (COD) comme des peptides, protéines et des acides fulviques. Ils peuvent également être associés à une phase colloïdale inorganique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou organique colloïdal (COC) comme les acides humiques.

#### b) Dans la phase particulaire

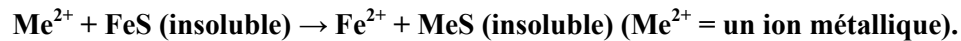
Ils peuvent être adsorbés sur l'argile, complexés avec la matière organique, adsorbés et/ou coprécipités avec les hydroxydes de fer et de manganèse, précipités avec les ions sulfures (dans la partie anoxique du sédiment) ; ils peuvent enfin être liés à la matrice cristalline des particules

### II.7- Effets des ions sulfure dans un sédiment marin

Les ions sulfures provenant de la dégradation bactérienne de la matière organique en milieu anoxique ou de la réduction des sulfates jouent un rôle primordial dans le piégeage des métaux divalent (Cd, Ni, Zn, Cu, Pb) par exemple. Les principaux sulfures sont le mono-sulfure de fer (**FeS**), appelé **greigite** et le bisulfure de fer (**la pyrite ; Di Toro et al.,1990**).

### II.7.1- Relation : contaminants métallique-sulfures sédimentaires

Lorsque des métaux sont présents dans un sédiment, le sulfure de fer est déplacé par un des ions métalliques pour former du fer soluble et un nouveau sulfure métallique, selon l'équation suivante :



Le fer a une affinité pour les ions sulfures beaucoup plus faible que les autres métaux. L'affinité des métaux traces pour les ions sulfures peut être classée de façon croissante de la manière suivante :  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Hg}^{2+}$  (Di Toro *et al.*, 1990). En général, la forme libre ou ionique est la plus biodisponible et toxique.

### II.8- Effets des facteurs physico-chimiques : relation contaminant-sédiment

Dans un sédiment, il existe de nombreux échanges entre les différents compartiments, tel que de la phase particulaire vers la phase dissoute, entraînant ainsi une contamination (Wen & Allen 1999). Ces échanges sont complexes et influencés par de nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques (Förstner et Whittmann, 1979 ; Burgess et Scott, 1992 ; Lau et Chu, 1999).

#### ➤ Salinité

L'augmentation de la salinité entraîne la remobilisation de certains contaminants telle que les métaux sédimentaires par compétition des ions magnésium et calcium vis à vis des autres métaux sur les sites de fixation (Förstner et Whitmann, 1979 ; Lau et Chu, 1999 ; Rasmussen et Andersen, 1999). Ceci a été observé pour le Cd, et le Mg. Pour le Cu et le Pb, les désorptions sont beaucoup plus faibles car ils sont principalement associés à la matière organique. (Förstner et Whitmann, 1979 ; Ettajani, 1994).

#### ➤ PH

Le pH dépend de l'activité biologique du système. La réduction des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en sulfure ( $\text{S}^{2-}$ ) entraîne une augmentation du pH alors que la dénitrification (réduction des nitrates ( $\text{NO}_3$ ) en azote ( $\text{N}_2$ )) entraîne sa réduction. Dans ce dernier cas, on observe une dissolution des carbonates et une augmentation de la compétition entre les métaux et les ions hydrogène vis à vis des sites d'adsorption ; ceci se traduit par un relargage de métaux sous la forme hydratée et par suite une augmentation de leur biodisponibilité et de leur toxicité (Förstner et Whittmann, 1979 ; Burgess et Scott, 1992).

#### ➤ Le potentiel de redox

Le potentiel redox est un des facteurs les plus importants pour la mobilité des contaminants de type métallique. Sa faible augmentation entraîne une oxydation des sulfures, et la libération de métaux

dans l'eau interstitielle et l'eau surnageant (**Chapman *et al.*, 1998 ; Peterson *et al.*, 1996 ; Zoumis *et al.*, 2001**).

L'augmentation du potentiel redox peut être due à différents processus :

- ✚ La modification du taux de sédimentation des particules ou la réduction des sulfates par les bactéries, qui entraînent des variations spatiales et saisonnières de la quantité d'AVS dans les sédiments (**Ankley *et al.* 1994 ; Hansen *et al.*, 1996 ; Chapman *et al.*, 1998**).
- ✚ La bioturbation et l'irrigation du sédiment par les organismes benthiques lorsqu'ils se déplacent, mangent, fabriquent leur tube et excrètent (**Tessier *et al.*, 1994 ; Peterson *et al.*, 1996 ; Ciarelli *et al.*, 1999, 2000**).
- ✚ Une remise en suspension du sédiment lors des tempêtes, les fortes marées ou les activités de dragages (**Chapman *et al.* 1998**).

➤ **Le carbone organique**

Le carbone organique est également un composant important dans l'adsorption des contaminants et spécialement les métaux, aussi bien dans la partie oxygénée du sédiment que dans la partie anoxique lorsque les métaux sont en quantité supérieure aux ions sulfures. Le Cu et le Cr sont enrichis dans l'eau interstitielle de la partie oxiq ue du sédiment car ils sont principalement pris en charge par la matière organique.

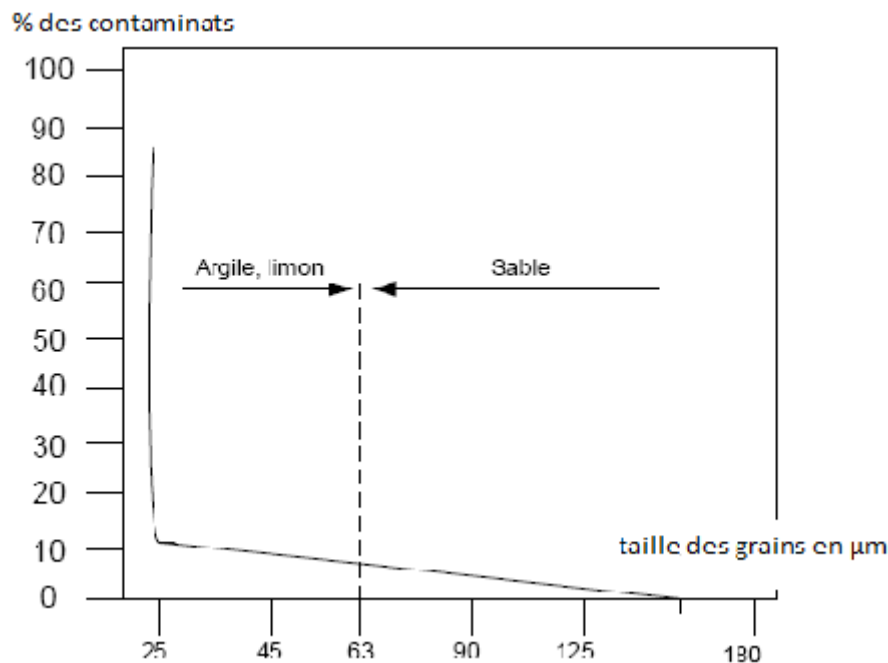
➤ **Teneur en matière organique**

Certains contaminants telle que les HPA sont influencés par la teneur en matière organique (exprimée en teneur de carbone organique, CO) (**Di Toro *et al.*, 1991 ; Ankley *et al.*, 1994**). Plus le teneur en matière organique s'élève, les HPA diminuent dans ces valeurs de coefficient  $K_p$  ; certains phénomènes biologique tels que l'activité bactérienne, qui utilise la matière organique comme source d'énergie, peuvent entraîner la libération d'HAP sous forme dissoute.

➤ **La granulométrie**

La granulométrie du sédiment joue également un rôle important dans la distribution des contaminants (les métaux et les HPA). Ils sont préférentiellement associés aux particules fines en comparaison aux composés plus hydrosolubles ; leur mobilité et leur biodisponibilité diminuent donc lorsque la fraction de particules fines d'un sédiment augmente (**Raoux et Garrigues, 1993**).

La **figure II-04** représente la relation entre la distribution des métaux lourds et la granulométrie d'un sédiment marin.



**Figure II-04:** Distribution des contaminants en fonction de la taille des grains (Loiselle et al, 1997).

### II.9 - Les transformations chimiques sédimentaires

A ces réactions d'oxydoréductions, il faut associer les transformations purement chimiques qui jouent un rôle important dans le sédiment. Ainsi, des réactions de précipitation, de dissolution ou de recristallisation peuvent influencer les concentrations en éléments dans les eaux interstitielles.

#### ➤ Réactions de précipitation

La précipitation est un changement d'état qui conduit, à partir d'une phase liquide, à un solide de structure régulière et ordonnée. Les minéraux les plus fréquents sont les carbonates (calcite, dolomite), les silicates, les minéraux argileux et les minéraux ferrifères (oxydes tels que la sidérite, l'hématite ou les sulfures comme la pyrite). (Billon, 2001). Les réactions de précipitation jouent un rôle important dans la distribution et la biodisponibilité des éléments au sein du sédiment.

#### ➤ Les réactions de recristallisation

La recristallisation est une modification cristallographique d'un composé (sans modification de composition chimique). Elle traduit une évolution d'un minéral vers une stabilité plus grande, donc une énergie libre plus faible.

➤ **Les réactions de dissolution**

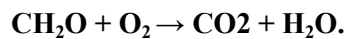
La dissolution peut être considérée comme la réaction inverse de la précipitation. Ce processus est important car il contribue à la modification de la composition minéralogique d'origine.

## II.10- Les transformations biologique par l'effet bactérien

L'activité bactérienne, généralement présente dans le compartiment sédimentaire de surface, contribue activement à la dégradation de la matière organique qui est le processus majeur contrôlant la diagenèse précoce. Cette matière organique biodégradable, enfouie dans le sédiment, est ainsi progressivement consommée lors des réactions d'oxydoréduction dues aux bactéries.

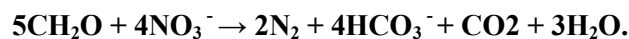
➤ **L'oxygène**

C'est le premier oxydant à être activement consommé dès l'interface eau/sédiment. Sa réduction constitue ainsi la première étape de la dégradation de la matière organique selon la réaction suivante :



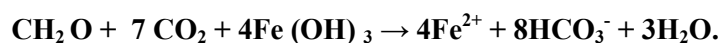
➤ **Les nitrates**

L'azote est apporté au sédiment par la matière organique. Cet azote organique conduit, par hydrolyse, à la production de l'ion ammonium, qui à son tour, est oxydé par les bactéries en nitrite puis en nitrate. Si le milieu est réducteur, ce qui est généralement le cas dans les sédiments, les nitrates sont réduits en azote gazeux par les bactéries dénitrifiantes. La réduction des nitrates s'accompagne d'une oxydation du carbone organique selon la réaction suivante :



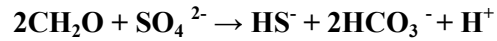
➤ **Les oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse**

En l'absence d'oxygène et de nitrates, les oxydes et les hydroxydes de fer et de manganèse sont les oxydants les plus puissants. Le fer et le manganèse sont présents dans le sédiment sous forme de minéraux composés d'un mélange complexe d'oxydes et d'hydroxydes. Le manganèse et le fer sont réduits à l'état d'ions  $\text{Mn}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  et apparaissent alors dans l'eau interstitielle. Cependant, les oxydes de fer étant plus abondants dans les sédiments que les oxydes de manganèse, ils jouent un rôle plus important dans l'oxydation de la matière organique.



➤ **Les sulfates**

La réduction des sulfates en sulfures d'hydrogène est due à l'activité des bactéries sulfato-réductrices et s'effectue selon la réaction suivante :



La réduction du sulfate au niveau d'un sédiment marin est dite dissimilatrice, par laquelle les microorganismes aquatiques conservent l'énergie et libèrent l' $\text{H}_2\text{S}$  dans l'environnement ; cette dernière joue un rôle important dans la minéralisation des matières organiques. (**Cassandra Sara Lazar ; 2010**).

Pour étudier la contamination de l'eau de mer et du sédiment marin nous avons jugé utile de faire des investigations approfondies et nous avons choisi comme site la crique de la Salamandre.

### III- Présentation de site étudié (crique de la Salamandre)

#### III.1- A perçu sur le littoral Mostaganémois

Mostaganem s'étend sur une bande de 226.9 Km<sup>2</sup>. Au Nord, elle présente une façade maritime longue de 124 Km ; caractérisée par une géomorphologie riche en paysages panoramiques. Les vallées littorales comptent de nombreux oueds formant de petits canyons qui se prolongent jusqu'à la mer. En général, les plaines sont exploitées par le secteur agricole. A l'extrême Ouest de Mostaganem, se localisent les forêts Littorales. **(Révision du plan d'aménagement et d'urbanisme, 2006)**. La frange littorale non urbanisée compte différents sites écologiquement bien conservés et de nombreuses plages dont la partie arrière est bordée par de vastes forêts. Le médiolittoral est caractérisé par la formation de dunes mobiles. Ces milieux sont entrain de retrouver leur vocation initiale, pour lutter contre l'érosion éolienne tout en diversifiant les spéculations agricoles (maraîchage et arboricultures) **(Révision du plan d'aménagement et urbanisme, 2006)**.

#### III.1.1- Milieu marin

Le plateau continental, dont la profondeur de l'eau n'excède pas les 200 m, constitue la province néritique. Celle-ci se divise en deux grandes zones: la frange littorale - la moins profonde et qui se trouve près des côtes – et l'étage circa-littoral qui atteint une profondeur de 20 à 80 m selon la latitude. D'un point de vue biologique, la mer présente deux milieux fondamentaux:

##### III.1.1.1- le domaine benthique

Correspond aux fonds marins ; les organismes aquatiques qui vivent sur ou à proximité du fond et qui en dépendent constituent le benthos.

##### III.1.1.2- le domaine pélagique

Elle est largement développée en haute mer, mais il peut aussi s'étendre dans la province néritique qui correspond au domaine pélagique littoral. La vie s'organise en fonction de la pénétration de la lumière: la partie euphotique est riche en phytoplancton et zooplancton; le phytoplancton disparaît dans la zone aphotique. Le necton, enfin, est l'ensemble des animaux supérieurs capables de parcourir de grandes distances en zone pélagique **(Jacque & Trèguer, 1986)**.

#### III.2- Crique de la Salamandre

La Crique Salamandre est située au Nord-Ouest de Mostaganem (**35°54'N- 0°3'E**), en face du complexe « **Sonic** », où se déversent les rejets des eaux urbaines et industrielles, sachant qu'elle est

classée autant qu'agglomération II de la wilaya de Mostaganem. La plage a la forme d'un petit golf qui s'ouvre vers le Nord. Sa partie arrière est limitée par une falaise constituée par des différentes roches et présentant deux grands rejets urbains et une source d'eau douce.

La partie Ouest de la crique est formée par des paléo-dunes littorales qui présentent par endroits des fissures. La partie s'étalant du centre jusqu'à l'Est de la crique est caractérisée par la présence de rochers, blocs de grande dimension et tuf. Le reste de la plage est sablonneux ; à cause de la contamination de la zone de baignade par les rejets urbains et industriels, cette zone n'est attrayante pour les estivants.

La **Figure III-05** représente la crique de la salamandre sur ces deux côtés, la première (à droite le côté Est, et la deuxième (à gauche) c'est le côté Ouest :



**Figure III-05** : la crique de Salamandre (photo : T.A ; 2011).

### III.3- Les rejets disponibles dans la crique de la Salamandre

Dans le présent travail, on les classe en numéros 1, 2, 3, et 4 de points de vue : ses origines, leurs débits, position par rapport à la zone de la baignade on site :

#### III.3.1- Rejet N°01 ; (cités : 5 juillet 1962/cité de Chammouma)

##### Origine et positionnement

C'est un rejet issu des eaux usées qui se déversent directement dans la mer, son origine est celle de la « cité 05 juillet 1962 », et celle de « Chammouma ». La distance séparant entre ces deux derniers et la mer est importante (entre 6 et 12 km). Le rejet N°01 est situé à l'Ouest de la plage de « la Salamandre » allant vers la plage des « Sables -D'or », l'acheminement de ce rejet dès les deux cités vers la plage n'est pas complètement bien organisé d'où il n'est pas totalement protégé (absence des couverts).

La **Figure III-06**, représente l'acheminement du rejet urbain N°01, démontre l'effet de l'écoulement de ces eaux usées :



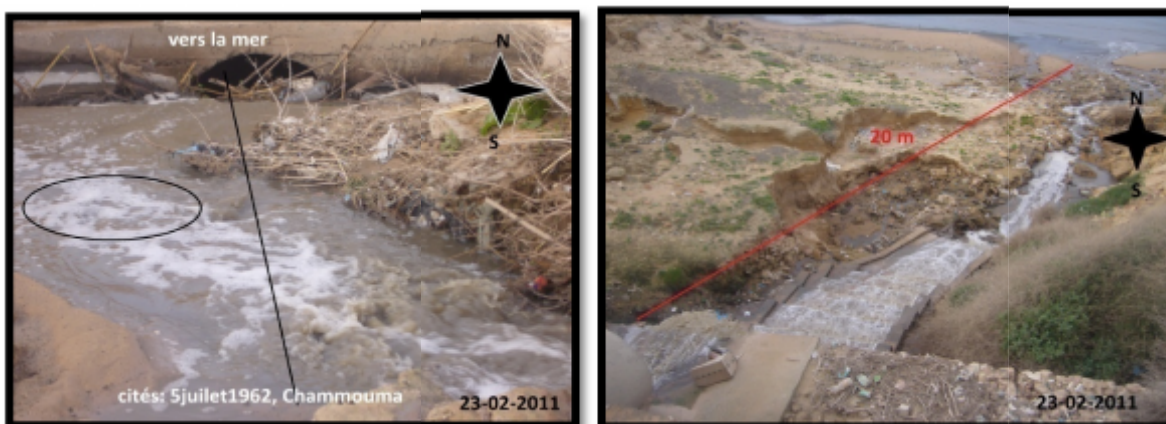
Le point finale des eaux usées, elles sont rassemblées au niveau de ce point après vont être rejetées en mer.

**Figure III-06** : Point d'accumulation finale des eaux de rejet N°01 (photo : T.A ; 2011).

#### ✚ Nature des éléments rejetés

- ❖ Une couleur grise (eaux trop sale), avec des particules en suspension de grande concentration.
- ❖ Une odeur de l'ammoniac (très forte).
- ❖ Présence des accumulations de la mousse.
- ❖ Absence totale de la végétation (sauf quelle que espèces résistante...).
- ❖ Absence des animaux (oiseaux par exemple) et d'autres organismes vivants.
- ❖ Accumulation importante des macro-déchés.

La **Figure III-07**, représente les déversements des eaux usées avant et en amont du point de l'évacuation du rejet N°01 :



**Figure III-07**: déversement des eaux usées du rejet urbain N°01. (Photo : T.A ; 2011).

### ✚ Effets sur l'environnement

Selon les observations, il est bien démontré qu'une pollution (physique, biologique) s'est installée au niveau de la crique ; non seulement la quantité énorme des macro-déchets, mais aussi la prolifération de certains germes pathogènes (plus possible) due à la disponibilité des matières organiques et quelques éléments chimiques (l'ammoniac par exemple) ; en outre l'érosion de l'étage supra-littoral qui ; à un effet nuisible sur la faune et la flore c'est-à-dire qu'une installation de la végétation n'est y plus possible au temps que l'érosion provoqué par l'écoulement de ces eaux usées est présente. Au niveau de la zone du contact mer-eaux usées (RN°01), l'eau est pleinement perturbée présentant des accumulations sableuses plus au moins noir dans les parties inférieures, avec absence totale de la faune et la flore.

### ✚ Sources des eaux déversées

D'une manière générale, cette eau ne peut avoir qu'une seule source c'est une eau à domicile ;

- ❖ Présence de la mousse : issus des produits chimiques tels que les détergents.
- ❖ Odeur de l'ammoniac et couleur turbide : issus des égouts domiciles.
- ❖ Particules sableuses s'écoulant avec les eaux rejetées : l'acheminement est mal organisé (absence des canalisations dans certaines zones)

### ✚ Le débit

Par rapport aux autres rejets présents dans cette station, le RN°01 a un débit plus au moins important, il est très possible d'avoir un phénomène d'infiltration avant qu'elles soient- les eaux usées- orientées vers la mer. Donc on a des quantités qui vont être rejetés directement en mer, et une autre quantité suit le processus de l'infiltration dans la terre, en suite vers la mer par les voies sous-terraines. La figure III-08 représente le débit du rejet urbain N°01 pendant le mois de février 2011 :



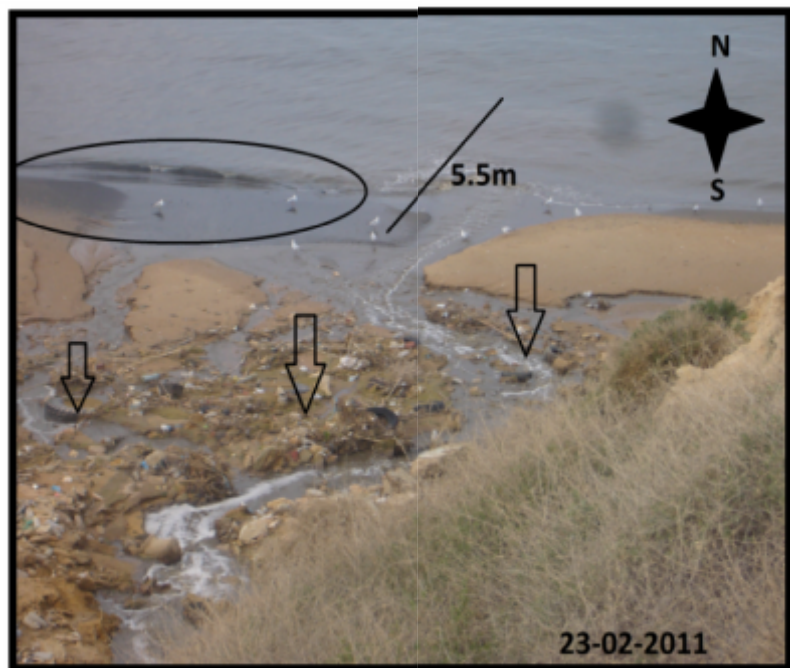
Le passage des macro-déchets et leur arrivée jusqu'à la mer due à l'absence des systèmes ou des stations de traitement des eaux usées.

**Figure III-08:** présentation du débit du rejet N°01 (photo : T.A ; 2011).

### ✚ La zone de contact avec la mer

Au niveau de la mer, des grandes quantités de macro-déchés sont installées ; caractérisés par une dégradation a long terme (les bouteilles de plastique, de verre), et d'autres telle que les troncs d'arbre, les boîtes cartonnés....etc.). La couleur du sable dans les 5 premiers mètres du fond marin est grise allant vers le noir, avec une odeur insupportable et absence des organismes (les verres, les mollusques, les échinodermes par exemple) d'où normalement elles doivent étre présente en vus de structure de l'étage. Le fond de la mer dans cette zone de contact ne dispose que quelques débris d'animaux mortes comme les piques des oursins, et les coquilles de quelque mollusques.

La **figure III-09**, représente la zone de contact rejet- eau de mer et les différentes dégâts naturelles telle que le changement de la couleur naturelle du sédiment, l'accumulation des macros déchets :



**Les flèches :** accumulation des macro-déchés.

**La ronde :** la coloration noire du sable.

**La ligne :** distance de propagation de la coloration en noir

**Figure III-09 :** La zone de contact avec la mer (photo : T.A ; 2011).

Des observations au niveau de laboratoire ont montré que la disposition des particules sableuse (noire et grisâtre) pollués sont misent dans les 10 premiers cm d'une carotte effectué près de la zone du contacte mer-rejet N°01 :

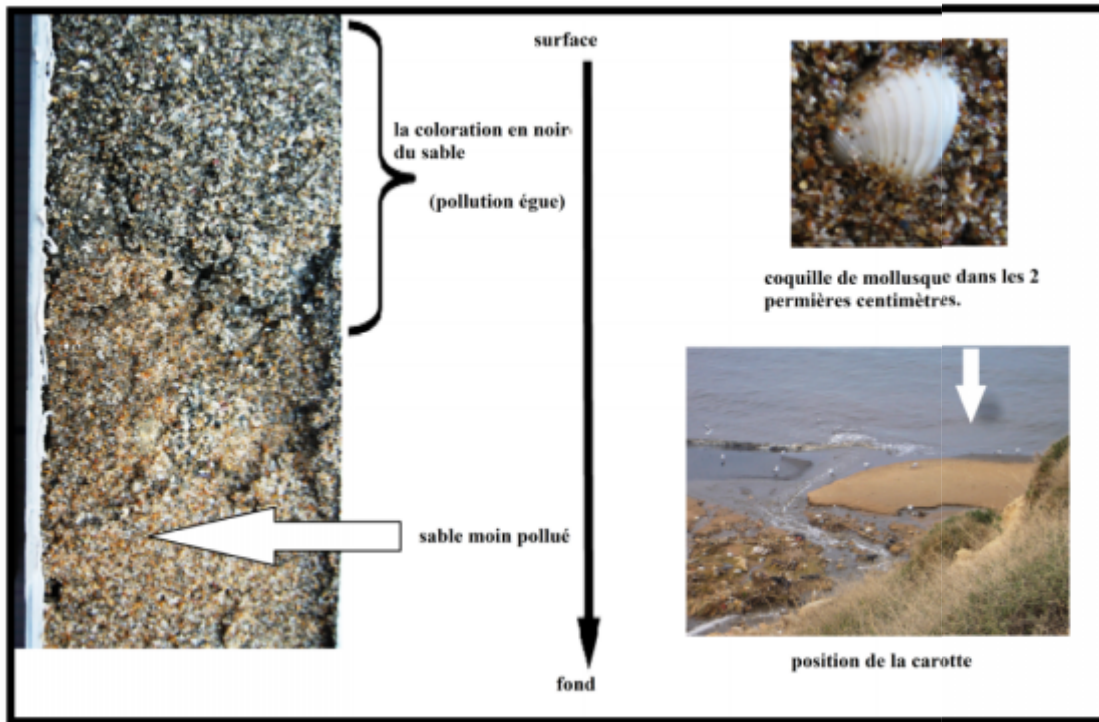


Figure III-10 : coupe orientale au niveau d'une carotte au niveau de la crique de la Salamandre.

### III.3.2- le rejet N°02 ; (complexe Sonic)

#### ✚ Origine et positionnement

C'est un rejet issu des déversements du complexe industriel « **Sonic** » appelé maintenant « Soichlore », situé dans la partie Ouest de la crique ; le complexe industriel est juste à côté de la mer d'où la distance séparant n'est que quelque mètre (12 à 15 m). C'est un rejet composé lui-même en deux autres petits canalisations, l'un est à l'état inactif car certains services au niveau de l'industrie sont à l'état arrêté depuis l'an 2004 comme la société de la production de la cellulose et du papier « GIPEC ». D'autre part la seconde canalisation est encore en marche d'où c'est remarquer un second tuyau déverse ces eaux vers la mer de manière directe.

0

La **figure III-11** représente le positionnement du complexe industriel « **Sonic** » par rapport à la mer :



**Figure III-11** : complexe « **Sonic** ». (photo : T.A ; 2011).

#### ✚ Nature des éléments rejetés

En approchant vers le site ; le rejet présente les critères suivantes :

- ❖ Odeur très forte du chlore : l'activité du complexe « **Soi-chlore** » de la production de la javel.
- ❖ Des couleurs blanche sur l'étage supra-littorale : réactions chimiques avec les éléments rejetés et les particules sableuses de la plage.
- ❖ La couleur de l'eau de mer est moins turbide et dépourvue de la vie organique végétale et animale.
- ❖ Absence des macro-déchets

La **figure III-12** représente l'état du rejet industriel du complexe « **Sonis** » en mois du février 2011 :



**Figure III-12**: positionnement du rejet N°02. (T.A ; 2011).

### ✚ Effets sur l'environnement

L'introduction contenue des produits et des substances chimiques par le RN°02 dans la mer fait partie de la pollution physique. Une bonne partie du rivage mesurant 5mètre reconnait un blanchissement de leur sable du aux l'oxydation des éléments présente dans le sable (calcaire) par le chlore déverser par le complexe ; on outre, et autre partie (celle en contact avec l'eau de mer) mesure 0.70 mètres de coloration noire elle représente les débris de végétations issus de l'écorce terrestre. On observe encore sur la faune et la flore :

- Absences des organismes marin (étage infralittorale) tels que les algues, les échinodermes, les mollusques.
- La désertification et l'étage sauf quelque espèce installée un peut loin du rejet.
- Transparence de l'eau de mer, ainsi sa température : 12°C au mois de Mars, alors qu'elle été de 10°C en s'éloignant les 20 m vers l'Ouest.

### ✚ Sources des eaux déversées

Se sont des eaux rejetées issus d'activités utilisant des produits à base de chlore comme substance essentielle (complexe industrielle Soi-chlore).

### ✚ Le débit

Le débit est très faible, on a remplir une bouteille de 1 litre pendant environ 16 minutes (mois de Février), en calculant sa vitesse d'écoulement **0.0625 litres/minute** au mois de Février.

La **figure III-13**, représente le débit du rejet N°02 au mois de Février 2011 :



**Figure III-13** : présentation du débit issu du rejet N°02. (T.A ; 2011).

### III.3.3- Le rejet N°03 ; (ville de la Salamandre)

#### ✚ Origine et positionnement

Ce rejet est installé dans la partie Est de la plage de la Salamandre allant vers Sid-El Majdoube. Ces éléments rejetés (eaux usées) proviennent de la « ville de la Salamandre » d'où cette dernière est classée comme agglomération-II de la wilaya de Mostaganem (**Révision du plan d'aménagement et urbanisme ; 2006**). Toute les canalisations et les installations qui débarrassent ses eaux usées sont orientés vers un grand rejet qui les regroupe en un seul point avant quelle soient rejetés en mer ; RN°03.

#### ✚ Nature des éléments rejetés

Le RN°03 est le plus grand rejet présent dans la station à étudier, cet élément rejeté porte les caractères suivants :

- Une eau trop turbide et trop salée.
- Dominance de l'odeur de l'ammoniac : provienne des égouts domicile.
- Dominance du mousses : utilisation des produits chimique à usage domicile comme les détergents.
- Absence des particules sableuse (au contraire du rejet N°01).
- Absence des macro-déchés.

La **figure III-14** représente l'énorme quantité des eaux usée rejeté par le rejet N°03 en mois de février 2011 :



**Figure III-14** : présentation du rejet N°03. (T.A ; 2011).

### ✚ Effets sur l'environnement

Par comparaison entre le RN°01 et le RN°3, la menace de l'environnement porte le même degré, une désertification de l'étage plus au moins importante, et une pollution aigue au point où on remarque des lagunes formés au niveau de la zone de contact : mer- eau usé du rejet trop sale et trop turbide plaine par des accumulations importante de la mousse. On remarque aussi l'absence de la faune et la flore de l'étage infralittorale grâce à la turbidité des eaux ; c'est plus possible d'avoir une prolifération des germes pathogènes tel que les bactéries.

### ✚ Le débit

Le débit est très important, des quantités énormes des eaux usées s'écoule directement dans la mer, elles sont acheminés dans des canalisations bien construite de la ville jusqu'a la mer (il n'y a pas d'infiltration des eaux dans la terre). Ce qu'on remarque aussi est l'absence totale des macro-déchés

La **figure III-15** représente le débit du rejet N°03 durant le mois février 2011 :



**Figure III-15** : présentation du débit du rejet N°03. (T.M ; 2011).

#### III.3.4- Le rejet N°04 ; (eau de ruissellement)

C'est une petite canalisation qui dégage les eaux issus de la pluie, situé dans la partie Est de la plage de Salamandre en face du complexe « Soi-chlore ». Les eaux rejetés sont acheminés dans une canalisation construite au niveau de l'étage supra littoral ce qui évite l'effet de l'érosion et la dégradation de la façade maritime de la plage. Le rejet possède deux parties, la première c'est le point d'évacuation, le second c'est là où les eaux sont rejetées en mer.

La **Figure III-16**, représente le rejet des eaux de pluie et sa structure évacuante vers la mer :



**Figure III-16** : présentation du rejet des eaux de ruissèlements N°04. (photo : T.A ; 2011).

### III.3.5- La source d'eau douce

La source d'eau douce est localisée dans la plage dans la partie Ouest, éloigné de la mer avec une distance de 10 m. les baigneurs utilise cette source d'eau sous terrain pendant la saison estivale. Elle présente un débit faible, avec une température constante de 18°C (Décembre, Janvier, et Février). Cette source d'eau douce présente elle-même une pollution type physique, influe sur le taux de la salinité, chloronité et la température de l'eau de mer.

#### ✚ Effet sur la mer

Malgré la propreté de l'eau déversée par cette source, elle est toujours considérée comme facteur polluant car elle influe sur l'eau de mer de manière indirecte : sur la salinité, densité, et la température qui conduit par la suite à un déséquilibre dans la vie aquatique.

La **figure III-17** représente la source d'eau douce de la plage de la Salamandre, son débit, et sa distance par rapport à la mer :



**Figure III-17** : la source d'eau douce de la plage de la Salamandre (photo : T.A ; 2011).

Le **tableau III-05** représente la classification des rejets présent dans la crique la Salamandre d'après les observations et les effets sur l'environnement :

**Tableau III-05** : classification des rejets présent dans la crique la Salamandre.

<b>Le rejet</b>	<b>Critères</b>	<b>Volume</b>	<b>Macro-déchets</b>	<b>Type de pollution</b>
<b>RN°01</b>	Urbain	Petit	De très grande quantité	Physique et biologique
<b>RN°02</b>	Industrielle	Petit	Nulle	Physique et thermique
<b>RN°03</b>	Urbain+ industrielle	Très grand	Nulle	Physique et biologique
<b>RN°04</b>	Naturelle	Petit	Quelque particule de petite taille	Physique
<b>Source d'eau douce</b>	Naturelle	Trop petit	Nulle	Physique

#### III.4- Autres installation au niveau de la crique de la Salamandre

La plage « la Salamandre » reconnaît dernièrement une nouvelle installation portuaire : le nouveau port de Salamandre, c'est un projet proposé en 2006, et entré en vigueur en 2009. De point de vue environnemental, un nouveau port signifie une nouvelle source de pollution quoi quelle soit physique par l'introduction des macro-déchets issus de l'homme (dégazage des bateaux, les ouilles, le benzène...) ou bien biologique par une invasion de certains organismes résultant par un relargage des eaux de ballaste. La zone où s'installe actuellement le nouveau port de la salamandre été l'une des plages Mostaganémoise autorisé pour la baignade ; plus ou moins propre, ne contienne pas des rejets de déversement des eaux usées, et la pêche artisanale (la ligne, les palangres et les petits embarcations) été toujours pratiqué par les habitants ayant l'habitude de pêcher.

Au niveau du milieu aquatique les activités pratiqués au niveau du port (le dragage) va entrainés plus tard une certaine turbidité de la colonne d'eau conduit par la suite la disparition de certains organismes marins (la seiche : mollusque le plus pêcher par les utilisateurs de fusé arpent), et il peut y avoir un épuisement de l'herbier de posidonie

La **figure III-18** représente l'installation du nouveau port de « la Salamandre »



**Figure III-18:** photo de l'installation du nouveau port de « la Salamandre ».

Après avoir donné un aperçu sur le site étudié, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques pour confirmer la contamination de l'eau de mer et du sédiment marin.

## IV- l'échantillonnage

### IV.1 - Prélèvement et stockage

Selon la méthode d'Olivier GEFARD ; 2001, les prélèvements sédimentaires et celle de l'eau de mer de cette étude ont été choisis de deux zones de « la crique de Salamandre ». Ces deux sites sont choisis de point de vue de l'importance de la pollution installées dans ces dernières. Les prélèvements sont effectués à la main et seuls les sédiments de surface (les 2 à 5 cm premiers centimètres) ont été récupérés ; ils représentent la zone la plus habitée mais aussi la plus susceptible d'être remise en suspension lors des marées, sous les effets de la houle et des tempêtes.

Les sédiments ont été acheminés au laboratoire dans une glacière (à 4°C), tamisés frais à 2 mm afin d'éliminer les débris grossiers et de les homogénéiser.

Le **tableau VI-06** représente l'échantillonnage effectué durant les six mois qui se suivent en prenant en considération l'état de la mer et les travaux effectués sur le site étudiés :

**Tableau IV-06** : tableaux d'échantillonnage

Site	Date de prélèvement	Heur	Etat de la mer	Travaux sur terrain	Climat
<b>Station I</b>	06-11-2010	10h :00	Peut agitée	- Prélèvement des échantillons (eau et sédiment). - Mesure des paramètres (T°C, PH, in situ) -Prise des photos	Nuageux
	11-12-2010	14h :15	Fortement agitée		Trop froid
	07-01-2011	13h :26	Plus ou moins agitée		Trop froid
	23-02-2011	11h :15	Peut agitée		Ensoleillé
	01-03-2011	13h :35	Plus ou moins calme		Peut froid
	01-04-2011	08h :59	Agitée		
<b>Station II</b>	06-11-2010	10h :06	Peut agitée	Prélèvement des échantillons (eau et sédiment). - Mesure des paramètres (T°C, PH, in situ) -Prise des photos	Nuageux
	11-12-2010	14h :25	Fortement agitée		Trop froid
	07-01-2011	13h :33	Plus ou moins agitée		Trop froid
	23-02-2011	11h :25	Peut agitée		Ensoleillé
	01-03-2011	13h :48	Plus ou moins calme		Peut froid
	01-04-2011	09h :16	Agitée		

La figure VI-19 représente une image satellitaire de la crique et les points de prélèvement :



Figure IV-19 : image satellitaire de la crique et les points de prélèvement (carreaux blanc).

#### IV 1.1- Les mesure sur terrain

Les mesures sont effectuées dans les deux côtés choisies, **M1** représente la mesure des paramètres au niveau du site 01; et **M2** représente la mesure au niveau du site 02:

- ✚ Température °C : à l'aide d'une sonde multi paramètres.
- ✚ Salinité ‰ : à l'aide d'une sonde multi paramètres.
- ✚ Oxygène dissous : à l'aide d'une sonde multi paramètres.
- ✚ Ph: ph meter.

La figure IV-20 représente l'endroit où les mesures sur site sont effectuées :



Figure IV-20 : vue réelle sur site (mesure de : T°C, S‰, ph, et oxygène dissous)

### IV.1.2- Matérielle utilisées

#### ➤ Au moment de prélèvement

- ✚ Une pelle : pour le prélèvement du sédiment ;
- ✚ Des boîtes en plastiques : pour la conservation du sédiment ;
- ✚ Bouteilles en plastiques : pour les échantillons d'eau de mer.
- ✚ Papier d'aluminium : pour la conservation du sédiment à l'abri de la lumière ;
- ✚ Papier cellophane ;
- ✚ Une glacière ;
- ✚ Thermomètre : pour les mesures in situ ;
- ✚ Papier de PH : pour les mesures des PH in situ (sédiment +eau de mer).
- ✚ Ph mètre
- ✚ Sonde multi-paramètre (oxygène-Ph-température)

#### ➤ Au niveau de laboratoire

- ✚ Des fioles jaugées 100 ml.
- ✚ Conductimètre : pour les mesures de la conductivité de l'eau de mer, PH mètre
- ✚ Éprouvettes : 100 ml ;
- ✚ Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme, Spectrophotomètre d'absorption moléculaire
- ✚ Tubes à essai, Boîte pétries, Pipetes, Micropipettes de 25µl, Burette gradué de 50 ml
- ✚ Fioles coniques : 250 ml ;
- ✚ Eau distillée, artificielles, permutée.
- ✚ Etuve à 105°C ; Plaque chauffante
- ✚ Erlen ; Balance de précision

## IV. Etude des paramètres physico-chimiques

### IV.2- Mode opératoire ; (eau de mer)

#### IV.2.1-Mesure de la température (°C)

La température est mesurer au moment de l'échantillonnage à l'aide d'une sonde multi paramètre, en suite mesuré autre fois dans le laboratoire à l'aide d'un thermomètre stylo.

### IV.2.2- Mesure de la salinité (S‰)

D'abord ; la salinité est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composés solides séchés à poids constant à 480C°, obtenue à partir de 1 kg d'eau de mer. Il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacées par leurs équivalents en chlore et les carbonates converties en oxydes. **(Rodier, J ; 1978)**.

Dans le présent travail, les mesures de la salinité sont obtenues à l'aide d'une sonde multi paramètre (PH, S‰, oxygène dissous, et température)

### IV.2.3-La chloronité (Cl‰)

La chloronité est définie comme la masse d'halogénures (à l'exception du fluor) exprimée en gramme de chlore par kilogramme d'eau de mer. **(Rodier, J ; 1978)**. Plusieurs organismes internationaux ont établie et publié en 1956 des tables océanographiques internationales, et recommandent l'emploi d'une nouvelle relation empirique plus précise entre la salinité et la chloronité **(Rodier, J ; 1978)** :

$$S‰ = 1.80655 \cdot Cl‰$$

### IV.2.4 - Mesure de la conductivité électrique

Suivant la précision, la méthodologie utilisée pour avoir les valeurs de la conductivité électrique de l'eau de mer est baser sur des mesure relatives qui nous donnent rapidement avec précision les variations de ce paramètre à partir un appareille –conductimètre. Les résultats obtenus sont exprimées en ms.

### IV.2.5 – Mesure du PH

Le ph est mesuré à l'aide d'une sonde multi paramètre.

### IV.2.6- Mesure de l'alcalinité

#### ➤ Définition

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le «pouvoir tampon de l'eau». En d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH. Le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de

calcium et de magnésium dissous dans l'eau (également dans une moindre mesure, des hydroxydes, des bases organiques, des borates, des ions ammoniums, phosphates et silicates). Tant que l'acide n'a pas maîtrisé les ions responsables de l'alcalinité, le pH ne bouge pratiquement pas. Une fois le processus d'acidification enclenché, la réaction produit alors de l'eau ( $H_2O$ ), du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) qui est libéré dans l'air ainsi que le cation accompagnateur (soit le calcium ou le magnésium). L'alcalinité de l'eau est généralement exprimée en ppm (mg/L) de carbonate de calcium ( $CaCO_3$ ).

#### ➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l d'eau de mer. (**Voire Annexe VII**).

### IV.2.7- Mesure de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau de mer est mesurable par plusieurs méthodes ; dans le présent travail on a utilisé une sonde multi-paramètre (oxygène dissous, PH, température, salinité). L'oxygène est un facteur essentiel dans le milieu aquatique, il est produit grâce à l'activité des phytoplanctons par la photosynthèse.

### IV.2.8- Mesure des éléments minéraux majeurs





#### IV.2.8.1- Le chlorure (Cl)

Selon la **méthode de Mohr** le dosage des chlorures peut être utilisé sans prétraitement en présence d'ion ferrique.

#### ➤ Principe

La méthode (**Mohr**), se base sur le fait que les chlorures sont dosés dans un milieu neutre par une solution traitée de nitrate de l'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### ➤ Réactifs

-  Acide nitrique pure ;
-  Carbonates de calcium pur ;
-  Solution de chromate de potassium à 10% ;
-  Solution de nitrate d'argent 0.1 N.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 100 ml de l'eau à analyser, préalablement filtré dans une fiole conique de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes de l'acide nitrique puis une pincée de carbonates et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%. Verser à l'aide d'une burette la solution de nitrate de l'argent jusqu'à l'apparition de la teinte rouge qui doit persister en 1 ou 3 minutes. Soit le volume V le nombre des millilitres de nitrate de l'argent utiliser.

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise de 100 ml :  $Cl^-$  (mg/l litre d'eau) = **V. 10. 3.55.**

#### IV.2.8.2- Le sodium (Na)

D'une manière générale, la spectrophotométrie d'émission de flamme est la méthode la plus indiquée pour le dosage du sodium. Elle est à la fois rapide et sensible, pour des teneurs inférieures à 50 µg/L, il est possible, en prenant de grandes précautions analytiques, d'utiliser la méthode par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme. **(Rodier, J ; 1978).**

➤ **Principe**

Le dosage de sodium en eau repose sur des méthodes instrumentales en hydrologie (annexe 1.5)

➤ **Réactifs**

- ✚ Acide nitrique ;
- ✚ Solution mère étalon de sodium à 100 mg/L (254.2mg);
- ✚ Solution fille étalon de sodium à 1 mg/L (1L).

➤ **Mode opératoire**

La lecture des valeurs du sodium sont obtenue dans les longueurs d'onde 589 nm.

➤ **Expression des résultats**

Le sodium est exprimé en milligramme par litre d'eau de mer.

#### IV.2.8.3- Les nitrites (NO<sub>2</sub>)

➤ **Principe**

Les nitrites sont dosés à l'aide de la méthode spectrophotométrique. **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Réactifs**

- ✚ Acide chlorhydrique dilué à 10 % ;
- ✚ Solution de sulfanilamide (1g de sulfanilamide et 100 ml de Acide chlorhydrique dilué à 10 %) ;
- ✚ Solution de dichlorhydrate N (1-naphtyl) – éthylènediamine à 0.1% ;
- ✚ Eau artificielle ;
- ✚ Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/l ;
- ✚ Solution fille étalon d'azote nitreux à 1 mg/l

➤ **Mode opératoire**

Introduire 50 ml de l'eau de mer à analyser dans une fiole jaugée. En suite ajouter 50 ml de l'eau artificielle et 1ml de Solution de sulfanilamide, agiter le tout vigoureusement et attendre 5 minutes, ajouter 1 ml de Solution de dichlorhydrate N (1-naphtyl) – éthylènediamine à 0.1% laisser la reposer pendant 5 minutes. Effectuer la lecture dans une longueur d'onde 534 nm dans une cuve de 5 ou 10 cm.

➤ **Expression des résultats**

Les valeurs de la teneur en nitrite dans l'eau de mer sont exprimées en milligramme par litre d'eau de mer.

#### IV.2.8.4- Les nitrates ( $\text{NO}_3$ )

La méthode directe de dosage des nitrates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire dans l'eau de mer se heurte à deux difficultés : un manque de sensibilité du fait du faible teneur en nitrates et des interactions sévères dues à la matrice chlorure de sodium. De ce fait, il est préférable d'utiliser des méthodes fassent appel à une réduction des nitrates en ammoniacque, en nitrites ou en chlorure de nitrosyle. (Rodier, J ; 1978).

➤ **Principe**

Selon la méthode : réduction de cadmium (Morris & al ; 1963) ; les nitrates sont réduits, à trévères une colonne de cadmium, en nitrites qui sont dosées par spectrophotométrie.

➤ **Réactifs**

- ✚ Solution de sulfate de cuivre à 2 %.
- ✚ Solution de chlorure d'ammonium-EDTA : chlorure d'ammonium (13g), éthylène-diamine tétracétate de sodium (1.7g), eau permutée (900ml).

➤ **Mode opératoire**

Faire passer 100 ml de mélange composé de 25 ml de l'échantillon, 75 ml de Solution de chlorure d'ammonium-EDTA à travers la colonne.

#### IV.2.8.5- Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

L'eau de mer contient des sulfates en solution. On peut aussi les retrouver en solution dans les eaux souterraines, dans les eaux usées industrielles et dans certains sous-produits industriels.

Selon la méthode gravimétrique, elle convient à la concentration supérieure à 10 mg/L. **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Principe**

Les ions de  $\text{SO}_4^{2-}$  sont précipités à l'état de baryum et évalués gravimétriquement.

➤ **Réactifs**

- Solution d'acide chlorhydrique 10 %;
- Solution de chlorure de baryum 10% ;
- Solution de nitrates de l'argent à 10 %,
- Acide nitrique pur ;
- Alcool éthylique pur ;
- Éther.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher, ajouter 2 gouttes de solution d'acide chlorhydrique 10 % à un pH inférieur de 4 et chauffer jusqu'à l'ébullition. Faire tomber goutte à goutte 20ml de solution de chlorure de baryum 10%. Prolonger l'ébullition pendant 10 minutes sans interrompre l'agitation. Décanter le liquide surnageant encore chaud.

#### IV.2.8.6- L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ )

Selon la méthode de **Nessler** (méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire après distillation). **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Principe**

En milieu alcalin, l'ammoniac est déplacé puis entraîné par la vapeur d'eau. Le dosage est ensuite effectué sur le distillat soit par titrimétrie, soit par spectrophotométrie.

➤ **Réactifs**

- ✚ Solution de carbonate de sodium à 200 g/l ;
- ✚ Solution concentré d'hydroxyde de sodium ;
- ✚ Solution d'acide borique à 10 g/l,
- ✚ Agent anti-moussant.

➤ **Mode opératoire**

Dans le ballon de l'appareille à distiller, introduire la prise d'essai contenant 0.2 à 20 mg d'ammonium. Ajouter 20 ml de solution de carbonate de sodium, 20 ml de solution concentré d'hydroxyde de sodium et éventuellement un agent anti-moussant. Poursuivre la distillation pendant 20 minutes au moins. Recueillir le distillat sur 5 ml de solution d'acide borique. Vérifier qu'il n'y pas d'ammonium dans les derniers fractions de distillat.

#### IV.2.9- Minéraux oligo-éléments (toxiques)

##### IV.2.9.1- Le plomb (Pb)

Le plomb est mesuré par la méthode spectrophotométrie d'absorption atomique. **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Principe**

La solution est injectée à l'intérieur d'un four de graphie, où elle est séchée puis minéralise et où enfin, dans une dernière phase, les sels de plomb sont dissociés à l'état de plomb atomique.

➤ **Réactifs**

- ✚ Acide nitrique (d=1.38) ;
- ✚ Solution d'acide phosphorique à 0.2 % ;
- ✚ Solution mère de plomb à 1g/l ;
- ✚ Solution étalon de plomb à 1 mg/l.

➤ **Mode opératoire**

Ajouter à 100 ml d'échantillon acidifié à  $\text{pH} < 2$  par l'acide nitrique 20  $\mu\text{l}$  de Solution d'acide phosphorique à 0.2 %. Injecter dans le four 10  $\mu\text{l}$ . sécher à  $120^\circ\text{C}$  pendant 40 secondes, minéraliser à  $450^\circ\text{C}$  pendant 45 secondes puis atomiser à la température de  $2000^\circ\text{C}$  pendant 5 secondes. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 283.3 nm.

#### IV.2.9.2- Le cadmium (Cd)

Le dosage du cadmium est réalisé par plusieurs méthodes : celle de spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour des concentrations inférieures à 20 µg/l, spectrophotométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique pour des concentrations très faibles allant jusqu'à 1 µg/l, et en fin la méthode utilisant la spectrophotométrie d'émission pour les concentrations de 50 µg/l. **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Principe**

Se reporter au dosage du potassium.

➤ **Réactifs**

Solution mère étalon de cadmium à 100 mg/l ;

➤ **Mode opératoire**

Se reporter au dosage du potassium, effectuer la lecture à la longueur d'onde 288.8 nm.

#### IV.2.9.3- Le zinc (Zn)

La méthode est celle de spectrophotométrie d'absorption atomique, comme elle peut être celle de spectrophotométrie d'émission à l'aide d'un générateur inactif de plasma pour les mesures rapides et sensibles. **(Rodier, J ; 1978)**

➤ **Principe**

Le zinc forme un complexe coloré bleu avec le 2-carboxy-2'-hydroxy-5'-sulfoformyl benzène à un pH de 9,0. La coloration suit la loi de Beer jusqu'à 5 mg/l.

➤ **Réactifs**

- Solution tampon pH=9 ;
- Ascorbate de sodium ;
- Solution de cyanure de potassium à 1% ;
- Cyclohexane ;
- Acide chlorhydrique 6N ;
- Hydroxyde de potassium 6N ;
- Solution mère étalon de zinc à 1 g /l ;
- Solution fille de zinc à 10 mg/l.

➤ **Mode opératoire**

Prélever 20 ml de l'échantillon, ajouter successivement les réactifs : 0.5g d'Ascorbate de sodium, 5 ml de la solution tampon, 2 ml de cyanure de potassium, et 3 ml de solution 2- carboxy-2'-hydroxy-5'-sulfoformazyl benzène

➤ **Expression des résultats**

La teneur du zinc est exprimé en milligramme de zinc par litre d'eau.

#### IV.2.9.4- Le mercure (Hg)

Le dosage du mercure total est effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme après minéralisation de l'échantillon obtenue soit au permanganate peroxydisulfate soit au brome. (Rodier, J ; 1978).

➤ **Principe**

Après oxydation et minéralisation par le permanganate de potassium et le persulfate de potassium à 95°C, le mercure est libéré de sa solution par réduction et entraîné par courant de gaz inerte. Le dosage s'effectue par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme à 253.7 nm.

➤ **Réactifs**

- ✚ Acide sulfurique (d=1.84) ;
- ✚ Acide nitrique (d= 1.40) ;
- ✚ Acide chlorhydrique (d= 1.19) ;
- ✚ Solution de permanganate de potassium à 50 g/L ;
- ✚ Solution de persulfate de potassium à 50 g/L ;
- ✚ Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/L ;
- ✚ Solution de chlore de l'étain à 100 g/l.

➤ **Mode opératoire**

Dans une fiole conique, introduire 100 ml de l'eau à analyser, puis 10 ml d'acide sulfurique. Mélanger. Ajouter 2,5 ml d'acide nitrique et mélanger à nouveau. Verser 15 ml de la solution de permanganate de potassium, on attendant l'apparition de la coloration rose en environ 15 minutes. Introduire 8 ml de solution de persulfate de potassium et la porter au bain marie à 95°C pendant 2 heures.

#### IV.2.9.5- Le cuivre (Cu)

On peut réaliser les mesures de la teneur en cuivre par plusieurs méthodes : spectrophotométrie d'absorption moléculaire, spectrophotométrie d'absorption atomique avec atomisation électronique, spectrophotométrie d'absorption d'émission à l'aide d'un générateur de plasma inactif. (Rodier, J ; 1978).

##### ➤ Principe

Les ions cuivreux en milieu neutre ou légèrement acide réagissent avec 2,9-diméthyl-1,10-phénanthroline pour former un complexe dans lequel les molécules néocuproïne sont liées à une molécule de cuivre. Le complexe est extrait par le chloroforme. La coloration jaune obtenue est susceptible d'un dosage spectrophotométrique à la longueur d'onde de 457 nm.

##### ➤ Réactifs

- ✚ Acide nitrique (d=1.38) ;
- ✚ Acide chlorhydrique (d=1.19) ;
- ✚ Acide sulfurique (d=1.83) ;
- ✚ Méthanol ;
- ✚ Chloroforme ;
- ✚ Papier rouge Congo ;
- ✚ Hydroxyde d'ammonium (d=0.923).

##### ➤ Mode opératoire

Introduire 100 ml de l'échantillon à analyser dans un bécher de 250 ml ; ajouter 1 ml d'acide sulfurique, 5 ml d'acide nitrique. Chauffer avec précaution jusqu'à l'obtention des vapeurs blanches. Refroidir et ajouter 80 ml d'eau et le faire ébullir. Refroidir et filtrer dans une fiole de 100 ml, faire ajuster le volume. Effectuer la lecture à la longueur d'onde 543 nm en cuves de 1 cm.

##### ➤ Expression des résultats

La teneur de cuivre est exprimée en milligramme de cuivre par litre d'eau de mer.

#### IV.2.9.6- Le fer (Fe)

##### ➤ Principe

Selon la méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire, le fer est dosé après oxydation en milieu acide, il est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec la phénanthroline.

➤ **Réactifs**

- ✚ Acide chlorhydrique (d=1,25) ;
- ✚ Solution d'acétate d'ammonium ;
- ✚ Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l
- ✚ Solution de peroxydisulfate de potassium à 40 g/l ;
- ✚ Solution de chlorhydrate phénantholine 1,10 à 0,5 % ;
- ✚ Solution mère étalon de fer à 1 g/l ;
- ✚ Solution fille étalon de fer à 10 mg/l.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'échantillon acidifier dans une fiole conique, ajouter 5 ml de solution de peroxydisulfate de potassium, porter à ébullition pendant 40 minutes. Après refroidissement, ajuster le volume à 50 ml dans une fiole jaugée. Ajouter 2 ml de solution d'acétate d'ammonium. Mélanger (le pH est toujours en 3,5 et 5,5). Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en fer dans l'eau est exprimé par milligramme de fer dans un litre d'eau de mer.

### IV.3- Mode opératoire ; (sédiment)

#### IV.3.1- Les paramètres physico-chimiques

##### IV.3.1.1- Mesure de l'humidité (g%)

Selon la méthode utilisée par **P. Counilh & al ; 1983 (Rodier, J ; 1978)** L'humidité du sédiment est le pourcentage obtenu par la relation suivante :

$$\text{Humidité (g\%)} = \frac{M1 - M2.100}{M1 - M}$$

➤ **Matériel spéciale**

- ✚ Capsule à fond plat (200 ml) ;
- ✚ Etuve à 150C° ;
- ✚ Four à 525 °C.

➤ **Mode opératoire**

Placer dans une capsule tarée **M** la moitié de l'échantillon (tamisé), soit **M1** la masse en gramme. Sécher le sédiment en plaçant la capsule dans une étuve réglée à 105C°. Laisser la capsule à

l'étuve jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Soit **M2**. Le pourcentage d'humidité est calculé selon la relation précédente.

#### IV.3.1.2- Mesure de l'alcalinité

Peser 20 g de sédiment sec dans un bécher de 100 ml, ajouter 50 ml d'eau et agiter 2 minutes sur un agitateur magnétique. Laisser décanter 30 minutes, faite les mesures du surnagent (**Rodier, J ; 1978**).

#### IV.3.1.3- Mesure de la température (°C)

La température est mesurer au cour de l'échantillonnage à l'aide d'un thermomètre, en suite mesuré autre fois dans le laboratoire au cour des analyses.

#### IV.3.1.4- Mesure de la matière organique

La teneur en matière organique est évaluée par la perte de masse de 1g d'échantillon avant et après chauffage à 525°C (**Rodier, J ; 1978**)






#### IV.3.2- Mesure des éléments minéraux mineurs

Le sédiment est préparé en mélangeant du sédiment (frais) et de l'eau de mer naturelle à 0,2 µm à une salinité de 33‰. Les teneurs sédimentaires testées sont de **1, 1,5, 2 et 2.5 g l<sup>-1</sup>** Une décantation de 1 h. l'analyse des éléments dans le surnagent de ces traitements est y compris les méthodes précédent appliquées sur l'analyse de l'eau de mer.

Le sédiment (frais) est agité mécaniquement avec de l'EM dans un rapport de ¼ pendant 8h, puis laissé décanter 8 h avant de récupérer l'eau surnageant.

La quantité de sédiment agitée est préalablement pesée afin de pouvoir exprimer les résultats en g de sédiment l<sup>-1</sup>. (**Suivant la méthode d'Olivier GEFFARD ; 2001**).

Les teneurs des éléments à analyser sont obtenues en milligramme d'élément dans un volume donné d'eau de mer. Les éléments analysés au niveau du surnageant sédimentaire sont

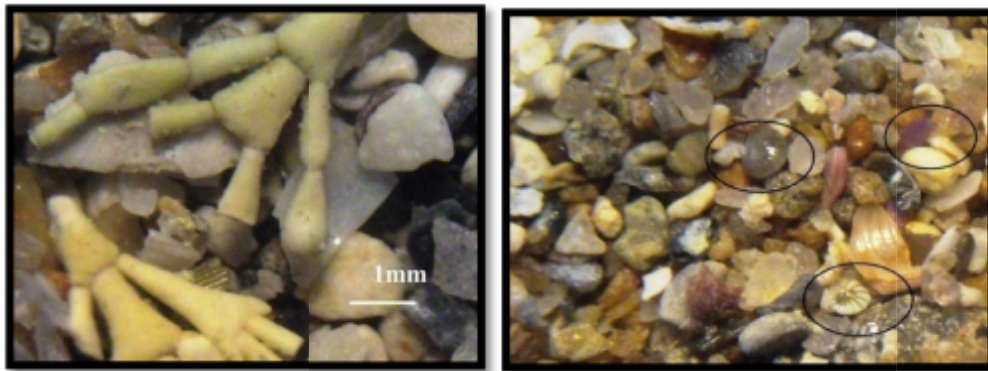
-  Le cuivre ;
-  Le plomb ;
-  Le cadmium ;
-  Le zinc ;
-  Le fer.

## Introduction

Tout échantillon prélevé quoi qu'il soit l'eau de mer ou le sédiment est d'abord conservé au froid avant le traitement. Une observation sous loupe binoculaire est nécessaire pour connaître les éléments constituant du sédiment. Le contenant sédimentaire de la crique de la Salamandre est dépourvu de la vie (les êtres vivants animal ou végétal).

### V. 1- Détermination des espèces vivantes (sédiment)

L'observation macroscopique de la couche superficielle est effectuée avant et après le séchage. La **figure V-21** représente l'observation macroscopique d'une prise sédimentaire avant et après le séchage :



**Figure V-21** : observation macroscopique du sédiment marin-crique de la Salamandre.

### V.2- Détermination granulométrique

La détermination granulométrique d'un sédiment s'effectue après un séchage à 105°C puis un tamisage dans différents tamis à différents diamètres, d'où chaque un concerne un élément bien définie selon les classes suivantes (**selon les moyennes disponibles**) :

- ✚ Diamètre supérieure à 2 mm : sont les contenant biogène (débris de coquille bivalves et mollusques, piques d'oursin, et algues mortes).
- ✚ Diamètre inférieur à 0.5mm : sable fin.

Un échantillon de 150g de sédiment prélevé est traité par température (105°C), puis le faire passer dans des tamis pour déterminer la quantité de la masse biogénique et les éléments de sable fin.

Le **tableau V-07** représente les caractérisations granulométriques du sédiment marin de la crique de la Salamandre, **côté Est (SIT : 01)** :

Echantillon I	Volume éliminé par 2mm	Pourcentage de la masse biogénique	Sable, sable fin, argile, et littute,
SID-Nov.	21g	14%	86%
SID-Déc.	19g	12.66%	87.34%
SID-Jan.	15.2g	10.13%	89.87%
SID-Fév.	17.7g	11.8%	88.2%
SID-Mar.	18.9g	12.6%	87.4%
SID-Avar.	16.5g	11%	89%

Le **tableau V-08** représente les caractérisations granulométriques du sédiment marin de la crique de la Salamandre, **côté Ouest (SIT:02)** :

Echantillon I	Volume éliminé par 2mm	Pourcentage de la masse biogénique	Sable, sable fin, argile, et littute,
SID-Nov.	26g	17.33%	82.67%
SID-Déc.	19.21g	12.80%	87.2%
SID-Jan.	10.2g	6.8%	93.2%
SID-Fév.	19.7g	13.13%	86.87%
SID-Mar.	21.9g	14.6%	85.4%
SID-Avar.	19.5g	13%	87%

#### ➤ Les données

- 🔲 Le volume initial est de 150g de sédiment.
- 🔲 Tamis de 2mm.
- 🔲 La masse biogène : consiste les débris angulaire, d'origine vivant.
- 🔲 Le sable et les argiles : consiste les éléments non éliminer par le tamis de 2mm, sont les constituants sédimentaire d'origine rocheux (terrestre), ou bien d'origine biogène d'après la dégradation de certains organismes. La dégradation de la matière biogène conduit par le temps ; a la création des nouveaux granules qui seront par la suite des éléments constructifs du sédiment marin.

### ➤ Observations à l'œil

Lors de l'ouverture d'une boîte d'un sédiment conservé, on a observé que la grande quantité de matière organique s'accumule au niveau inférieur de la boîte, et le niveau supérieur, se sont les particules sédimentaire sableuse. D'autres éléments sont présents avec une grande quantité, se sont les débris de mollusque. La **figure V-22** représente l'observation à l'œil d'une boîte d'un sédiment marin-crique de la Salamandre- après une conservation de 48heurs :



**Figure V-22 :** Observation d'une boîte d'un sédiment marin-crique de la Salamandre.

### V.3- Etude des paramètres physico-chimiques ; (eau de mer)

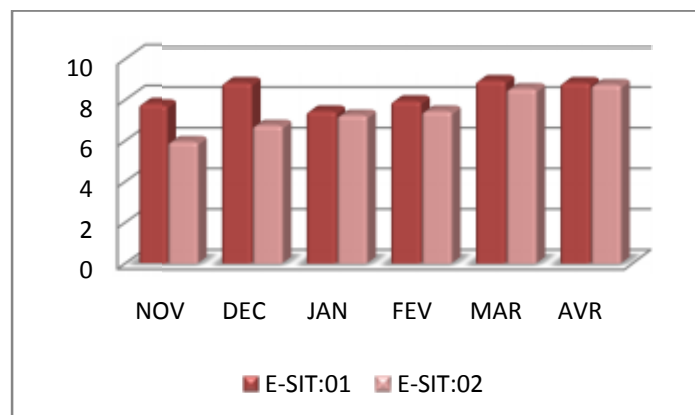
Les résultats obtenus sont traités durant 6 mois (Novembre 2010- Avril 2011), dans le but d'avoir une idée sur le degré de la pollution dans la zone étudiée et d'estimer d'une manière indirecte la nature des polluants et leurs effets sur la vie aquatique, ainsi les niveaux de la toxicité qui affecte non seulement l'eau de mer mais aussi le sédiment marin et la vie aquatique. Les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer sont principalement la température, la salinité, l'oxygène dissous, et le PH. La présence d'organismes vivants (faune, flore) se traduit par des caractéristiques hydro-biologiques telles que les éléments nutritifs azote, phosphore et silice, la matière en suspension, la chlorophylle, le carbone organique dissous (Joanny et al, 1997).

Le **tableau (V.3.1)** représente les variations du PH de l'eau de mer dans les deux cotés de la crique durant les six mois (Novembre 2010-avril 2011) :

#### V.3.1- Variation du PH in situ

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E -SIT : 01	7.8	8.9	7.5	8	8	8.9
E -SIT : 02	6	6.8	7.3	7.5	8.6	8.8

La **Figure V-23** représente l’histogramme de la variation du PH de l’eau de mer de la crique sur ces deux cotés :



**Figure V-23** : Histogramme de la variation du PH de l’eau de mer (la crique de la Salamandre).

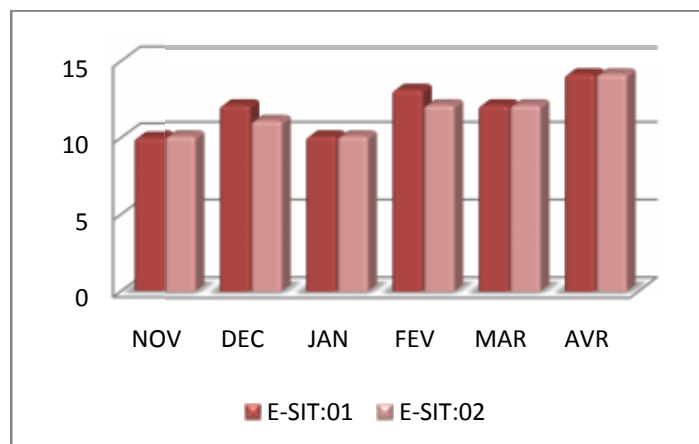
Les valeurs du PH de l’eau de mer de la crique varient selon l’orientation Est- Ouest, le PH varie entre 7 et 9 dans le côté Est, alors qu’il est entre 6 et 8 dans le côté Ouest de la crique. Ces variations sont dues à la nature et la disposition de la crique par rapport aux courants d’eau de mer ainsi que la nature des rejets (la charge des agglomérations) et des produits déversés (industrielle et agriculture) dans chaque côté étudié. Le PH alcalin favorise le développement de certains micro-organismes ; sachant que la plus part des espèces aquatique préfèrent le PH entre 6 et 7 (**M. Benaissa ; 2010**).

Le **tableau (V.3.2)** représente les variations de la température de l’eau de mer durant les six mois des deux côtés (Est / Ouest) :

**V.3.2- Variation de la température in situ (°C)**

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	10	12	10	13	12	14
E-SIT : 02	10	11	10	12	12	14

La figure V-24 représente l'histogramme de la variation de la température de l'eau de mer de la crique de la Salamandre des deux côtés (Est et Ouest) :



**Figure V-24** : Histogramme de la variation de la température de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

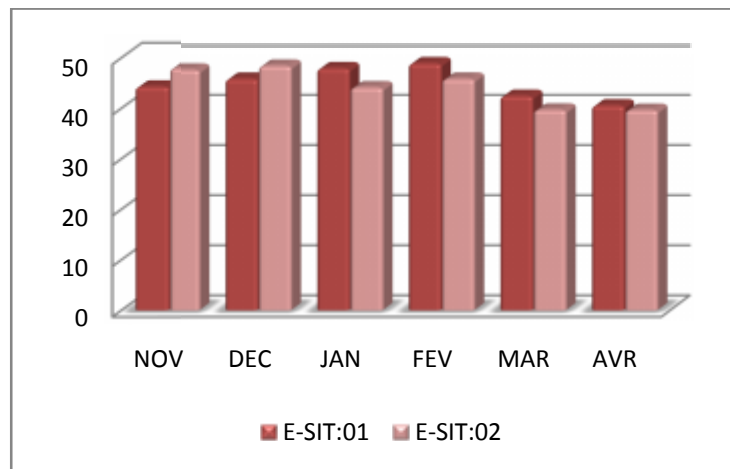
Les températures varient entre 10 °C et 14 °C, avec des valeurs presque identique pour chaque mois, de raison que les sites étudiés ne sont pas trop éloignés, cette variation est due au changement climatique qui influe sur les couches superficielles de cette eau. Sachant que pour chaque élévation importante de la température entraîne une modification dans les teneurs de la densité ; se traduit par à une forte évaporation engendre à une prolifération algales.

### V.3.3- Variation de la conductivité (ms)

Dans ce travail, la conductivité électrique de l'eau de mer est mesurée par **ms** pour chaque échantillon durant les 6 mois. Les valeurs de conductivité permettent d'avoir une idée sur la minéralisation globale de l'eau. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.3.3)** représente les variations de la conductivité en **milli semence (ms)** de l'eau de mer dans les deux côtés de la crique (Est et Ouest) :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	44.3	46.2	48.3	49.3	42.8	40.9
E –SIT : 02	48.01	48.8	44.5	46.2	40.04	40

La **figure V-25** représente l'histogramme de la variation de la conductivité électrique au niveau de l'eau de mer de la crique de la Salamandre (Est et Ouest) :



**Figure V-25** : Histogramme de la variation de la conductivité électrique de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

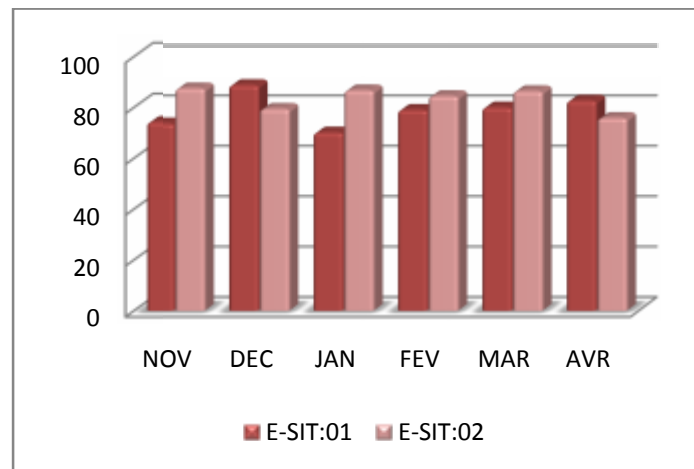
En générale, l'augmentation de la conductivité d'une solution est due à la forte concentration en sels tel que les chlorures. Sachant que la ville de la Salamandre connaît une disposition industrielle de la production du chlore « **Soi-chlore** », l'ancienne usine « **Sonic** » qui déverse ces produits chimiques directement vers la mer, donc les valeurs élevées de la conductivité sont dues à cette source polluante. L'augmentation de conductivité dans les deux côtés entre le mois de novembre -décembre 2010 et janvier-avril 2011 peut être signifié par l'augmentation de la productivité au niveau de l'industrie « **Soi-chlore** ». La forte conductivité de l'eau de mer agit sur les organismes aquatiques par le fait qu'il aurait une pression osmotique qui conduit par la suite à une perturbation dans la vie aquatique et à des problèmes de régulations.

#### V.3.4- Variation de l'alcalinité (mg/l)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), de carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), d'ion hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) et d'une façon plus limitée aux ions silicates ( $\text{HSiO}_3^-$ ), phosphates ( $\text{PO}_3^{4-}$ ) ou encore des espèces moléculaires des acides faibles. (**Rodier, J ; 1978**). Le **tableau (V.3.4)** représente les variations de l'alcalinité après une analyse de l'eau de mer de la crique étudiée (Est et Ouest) :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	74.42	89.68	70.83	79.80	80.80	40.9
E-SIT : 02	88.35	80.22	87.56	85.29	87.25	40

La **figure V-26** représente l’histogramme de la variation de l’alcalinité de l’eau de mer de la crique de la Salamandre (Est et Ouest) :



**Figure V-26:** Histogramme de la variation de l’alcalinité de l’eau de mer (la crique de Salamandre).

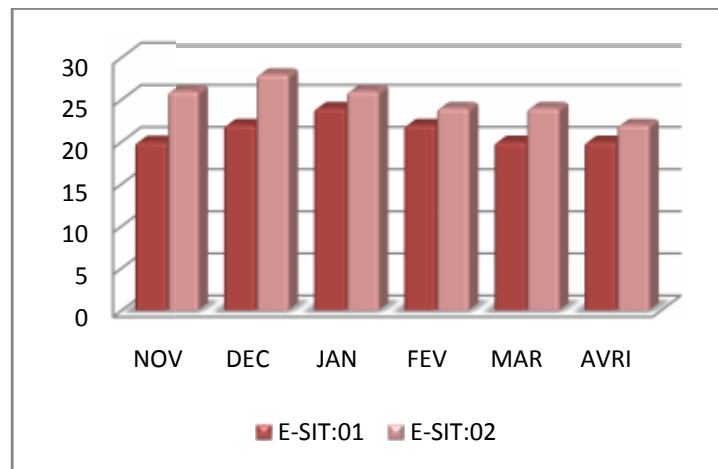
L’histogramme montre que les teneurs des éléments précédentes décrites varient dans les deux sites de la station étudiée, elles sont encore importantes durant les mois de janvier-mars 2010 en côté Ouest que en l’Est, et vis vers sa pendant novembre 2010. Les variations de l’alcalinité suivent la nature du milieu et la teneur de l’eau en sels comme les silices ou d’autres composées acides (phosphate, ammoniacque, et matière organique) issues des rejets urbains installées sur cette crique.

Le **tableau (V.3.5)** représente les variations de la densité de l’eau de mer de la crique (Est et Ouest) :

**V.3.5- Variation de la densité de l’eau de mer**

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	20	22	24	22	20	20
E –SIT : 02	26	28	26	24	24	22

La **figure V-27** représente l'histogramme de la variation de densité de l'eau de mer de la crique dans ces deux côtés (Est et Ouest):



**Figure V-27:** Histogramme de la variation de la densité de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

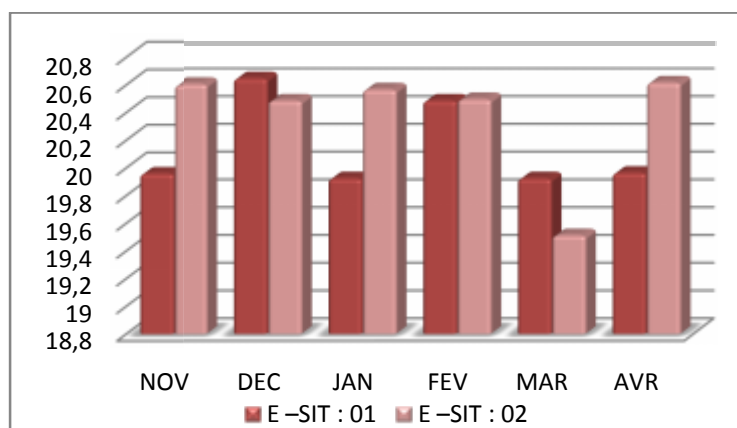
La densité de l'eau de mer s'exprime par la charge de cette eau en matières en suspension ; durant les mois novembre 2010-avril 2011 ; l'eau de la crique est plus dense dans le côté Ouest que dans le côté Est en raison de la structure de la crique ; elle est fermée en Ouest et ouverte en Est, et le facteur qui influe sur ces variations c'est le courant marin, il est souvent stoppé par la barrière rocheuse de la plage. En outre, les températures issues du changement climatique, et la grande quantité de la matière organique participent à la forte variation de la densité de l'eau de mer et par la suite sur la vie aquatique. Sachant que la variation saisonnière de la température joue un rôle sur le comportement des organismes aquatique, leur prolifération et leur multiplication favorise la dégradation de la matière en suspension ; ce ci est bien démontré dans l'histogramme durant le mois de février, mars, et avril 2011.

### V.3.6- Variation de la salinité de l'eau de mer (S‰)

La salinité des eaux de surface varie en premier lieu avec la température : en effet, cette dernière provoque une évaporation intense et par contre-coup, il est constaté une augmentation de la salinité. Au contraire, un apport d'eau douce diminue par dilution cette même salinité. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.3.6)** représente les variations de salinité de l'eau de mer de la crique obtenues lors des mesures en site à l'aide d'une sonde multi paramètre :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	37.22	37	37.15	37.02	37.054	37.25
E-SIT : 02	36.07	36.891	36.6	37.01	36	36.06

La **figure V-28** représente l'histogramme de la variation de la salinité de l'eau de mer la crique de la Salamandre dans ces deux côtés (Est et Ouest):



**Figure V-28:** Histogramme de la variation de la salinité de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

L'histogramme montre que la limite de variation de la salinité est comprise entre 36 dans le côté Ouest de la crique, et 37 en Est durant tout les mois. L'eau de mer est trop chargée en sels en Est qu'en Ouest, cette variation est due à la source d'eau douce qui déverse ses eaux en mer avec une température presque constante (eaux sous terraines). Selon l'histogramme, en Ouest les valeurs de salinité sont plus élevées en hiver (décembre, janvier, et février) à ce moment les mouvements et courants favorisent d'avoir des teneurs de salinité uniforme, donc c'est possible qu'elles ont aussi (les courants marins) un rôle important concernant la diminution au niveau du mois mars et avril.

La salinité joue un rôle considérable dans la physiologie des êtres vivants car elle constitue les ions essentiels de leur milieu intérieur comme le sang par exemple.

### V.3.7- Variation de la chloronité de l'eau de mer (Cl‰)

La chloronité à toujours un rapport avec la salinité de l'eau de mer, elle varie selon les variations de la température et le PH. Le **tableau (V.3.7)** représente les variations de la chloronité de l'eau de mer du site étudié :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	19.96	20.64	19.92	20.48	19.92	19.96
E-SIT : 02	20.60	20.48	20.56	20.49	20.51	20.61

La figure V-29 représente l'histogramme de la variation de la chloronité de l'eau de mer prélevée du site étudié (Est et Ouest):

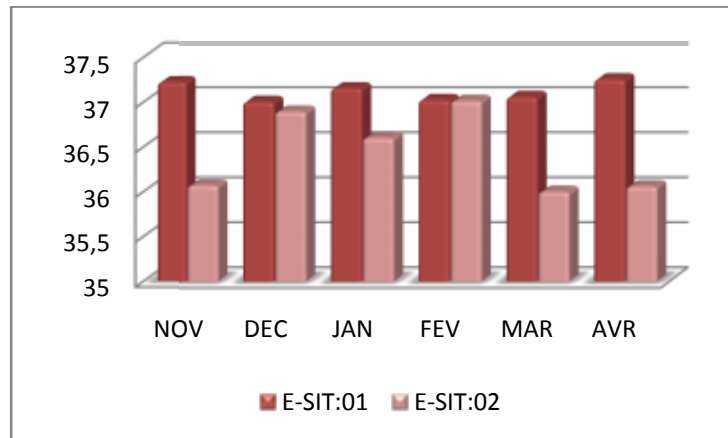


Figure V-29: Histogramme de la variation de la chloronité de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

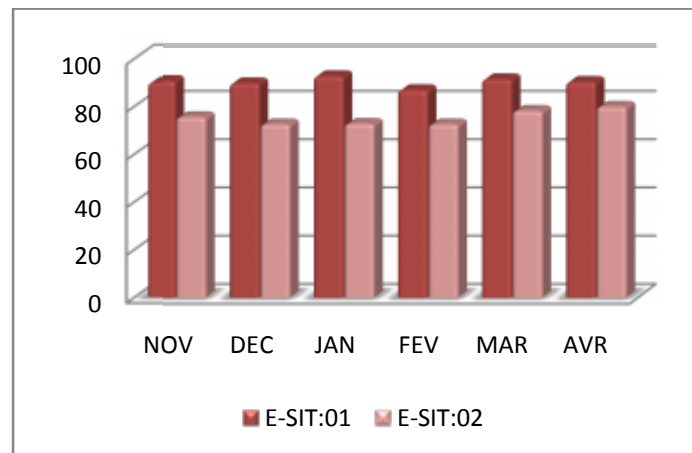
La chloronité varie selon l'endroit où il peut avoir un lessivage de l'écorce terrestre par les eaux de pluies (présence d'un rejet de déversement des eaux de ruissèlement ; (voir chapitre : III) ; ou bien par la présence d'une source polluante liée à des eaux usées tel que les rejets urbains et industrielle (voir chapitre : III). La structure et l'orientation de la crique aussi joue un rôle dans les variations de la chloronité en se qui concerne les courants marin, les composants de la frange littorale, et l'activité pratiqué près de chaque site étudié.

### V.3.8- Variation de la teneur en matière organique de l'eau de mer (mg/l)

La charge de la matière organique au niveau de la mer varie selon la nature des eaux usées rejetée au niveau de cette dernière. Une eau riche en matière organique favorise le développement des micro-organismes utilisant cette substance dans leur cycle vitale en consomment en parallèle de l'oxygène dissous de l'eau de mer. (Rodier, J ; 1978). Le tableau (V.3.8) représente les teneures en matières organiques dans l'eau de mer de la crique au niveau des deux côtés : Est et Ouest ;

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	90	89	92	86.2	90.7	89.6
E-SIT : 02	75	72	72.2	72	77.6	79.33

La **figure V-30** représente l’histogramme de la variation de la matière organique de l’eau de mer de la crique de la Salamandre (Est et Ouest):



**Figure V-30:** Histogramme de la variation de la matière organique de l’eau de mer (la crique de la Salamandre).

Le taux de la matière organique est variable entre 80 et 95 mg/l dans le côté Est de la Crique durant tous les 6 mois, alors que cette valeur ne dépasse plus les 80 mg/l en Ouest. L’histogramme montre qu’il y a une dominance de la matière organique dans l’une des côtes. On l’explique ces variations par la présence des rejets dans chaque côté ; d’où l’apport de la matière organique varie selon la saison, le débit du rejet, et la nature des eaux usées rejetées dans chaque côté. En outre, il existe un autre facteur qui est le courant marin qui peut engendrer des variations de matière organique sur la colonne d’eau.

### V.3.9- Variation de la DCO de l’eau de mer (mg/l)

L’application du test de la DCO à l’eau de mer fait l’appel à beaucoup de réserves. La dégradation de la matière organique par les microorganismes est la principale méthode par l’intervention des phytoplanctons (producteurs d’oxygène) qui contrôlent la demande biochimique de l’oxygène en milieu marin. D’autres paramètres comme les variations de la température et le PH du milieu fonctionnent rapidement sur la vie des micro-organismes aquatiques et par la suite tendent vers les variations de la teneur en DCO. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.3.9)** représente les variations de la DCO d’après l’analyse au laboratoire de l’eau de mer du site étudié :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	29	28	32	29	28	27
E –SIT : 02	26	20	29	26	28	28

La figure V-31 représente l'histogramme de la variation du DCO de mer du site étudié (Est et Ouest):

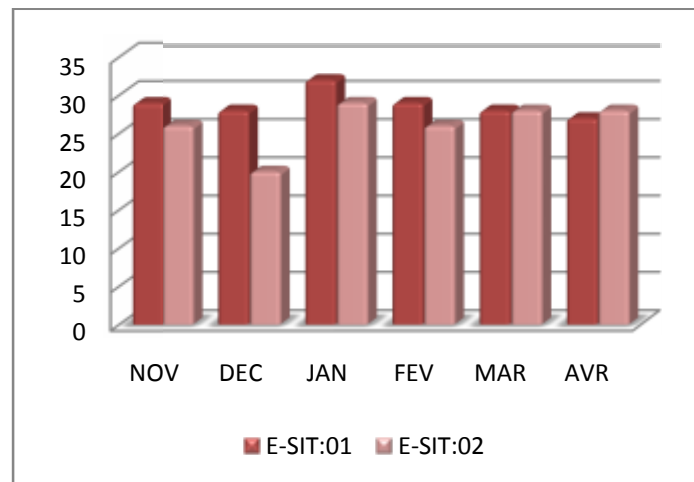


Figure V-31: Histogramme de la DCO au niveau de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

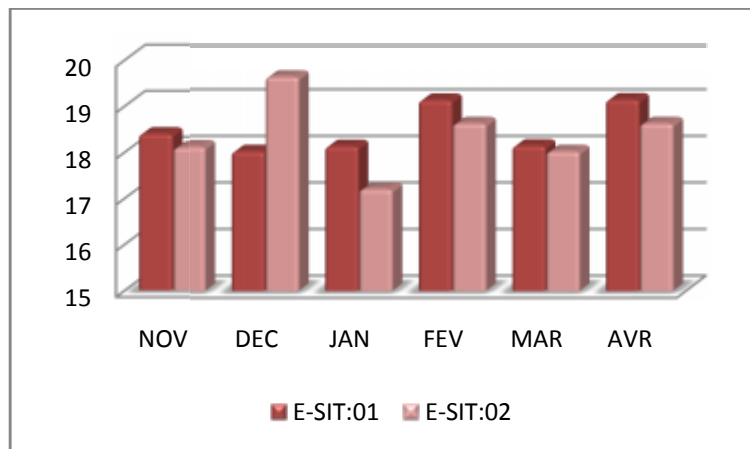
L'histogramme montre que les teneurs de la DCO sont supérieures dans le côté Est que dans le côté Ouest de la crique durant les 4 mois qui suivent (novembre- décembre- janvier- février), ces résultats sont identique en mois de mars puis on remarque leurs diminution le mois qui suit. Dans le côté Est de la crique, l'ouverture de la plage permet l'obtention d'une eau renouvelée et aérée ; mais à force de la grande quantité des eaux usées chargée en matières organique qui se déverse dans la mer ; la teneur en oxygène va diminuer à cause de la bio-dégradabilité de cette dernière.

### V.3.10 - Variation de la DBO<sub>5</sub> de l'eau de mer (mg/l)

Les phénomènes d'autoépuration naturelle des eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action des micro-organismes. Il résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO. (Rodier, J ; 1978). Le tableau (3.10) représente les variations de la DBO<sub>5</sub> de l'eau de mer dans les deux côtés du site étudié durant les six mois (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	18.4	18	18.11	19.1	18.12	19.11
E-SIT : 02	18.1	19.6	17.19	18.6	18	18.6

La **figure V-32** représente l’histogramme de variation de la DBO<sub>5</sub> en eau de mer de la crique de la Salamandre durant la période d’étude (novembre-avril) :



**Figure V-32 :** Histogramme de la DBO<sub>5</sub> de l’eau de mer (la crique de Salamandre).

L’histogramme montre que la DBO<sub>5</sub> est importante dans le côté Ouest que dans le côté Est durant tous les mois avec une valeur variable entre 17 et 19 mg/l ; on explique ceux-ci par le manque d’oxygène provoqué par la source polluante (le débit du rejet urbain), aussi par la présence des micro-organismes de germe aérobies pendant cette période. Les valeurs obtenues en mois décembre et signifient qu’il n’y avait un changement au niveau des eaux polluées (le débris par exemple, la turbidité, la charge en matière organique... cet) influent par la suite sur la teneur des DBO<sub>5</sub>.

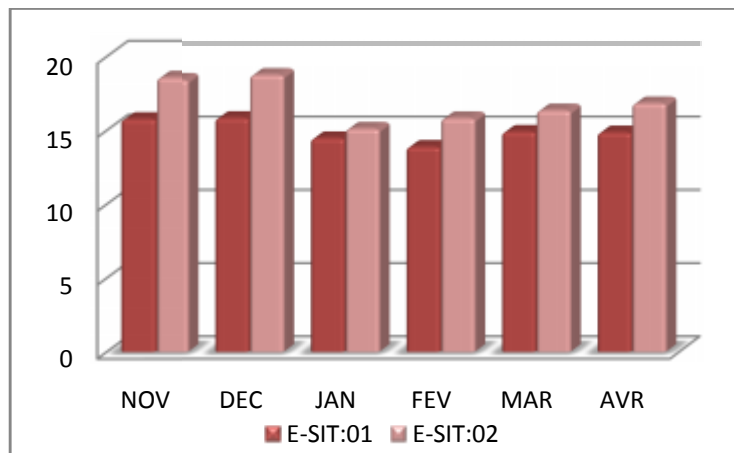
### V.3.11 - Variation de l’oxygène dissous de l’eau de mer (%)

L’oxygène, toujours présent dans l’eau, n’est pas un élément constitutif. Sa solubilité est en fonction de la température, et la pression partielle dans l’atmosphère, ainsi que la salinité de l’eau de mer. L’oxygène dissous conserve ces propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique, ou par des phénomènes électrochimiques. (Rodier, J ; 1978).

Le **tableau (V.3.11)** représente les variations d’oxygène mesuré au moment du prélèvement d’eau (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	15.78	15.98	14.60	14.01	15.04	15
E –SIT : 02	18.59	18.92	15.25	15.96	16.50	16.98

La **figure V-33** représente l'histogramme de la variation des concentrations de l'oxygène dissous en eau de mer au moment du prélèvement :



**Figure V-33:** Histogramme de la variation de l'O<sub>2</sub> dissous de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

Durant tous les mois, la teneur en oxygène est importante dans le côté Est qu'en côté Ouest, cette variation est due en premier lieu, à la présence des algues marines qui se localisent en grande quantité vers l'Est allant vers le large (exemple : les ulves). L'histogramme montre que durant la saison printanière (novembre et décembre), la mer est plus oxygénée et ce ci est dû aux courants marins qui dominent pendant cette période, où l'eau superficielle est renouvelée par les mouvements des vagues.

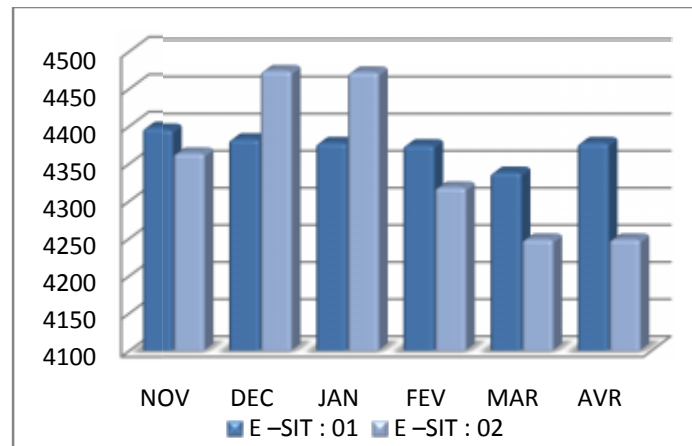
#### V.4- Teneur en sels minéraux

##### V.4.1- Variation de la teneur en sodium (Na<sup>+</sup>) de l'eau de mer (mg/l)

Une eau de mer propre doit avoir une concentration de Na<sup>+</sup> constante, qui ne varie que pendant une décomposition de sels et de minéraux comme les silicates de sodium et les silicates de sodium et du potassium. (M. Benaïssa ; 2010). Le **tableau (V.4.3)** représente les variations du Na<sup>+</sup> de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	4398	4385	4380	4377	4340	4380
E-SIT : 02	4366	4477	4475	4320	4250	4250

La **figure V-34** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{Na}^+$  de l'eau de mer :



**Figure V-34:** Histogramme de la variation du sodium de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

Les teneurs du sodium sont presque stable dans les parties Est de la crique, variable entre les 4340 et 4380 mg/l, en peut l'expliquer par le renouvellement journalière de l'eau de cette partie de la plage en éliminant l'association du  $\text{Na}^+$  par d'autres impuretés. Par contre, les teneurs du Na ne sont plus stable dans le côté Ouest, une forte concentration en mois de janvier et février 2011, et diminuent durant les mois suivants ; dans ce cas les cristaux du sodium ne sont plus libre, elles sont liée avec d'autre éléments issus des rejets (le sodium s'associe avec les chlorures rejetés en mer par les déversements de la station industrielle « soi-chlore »).

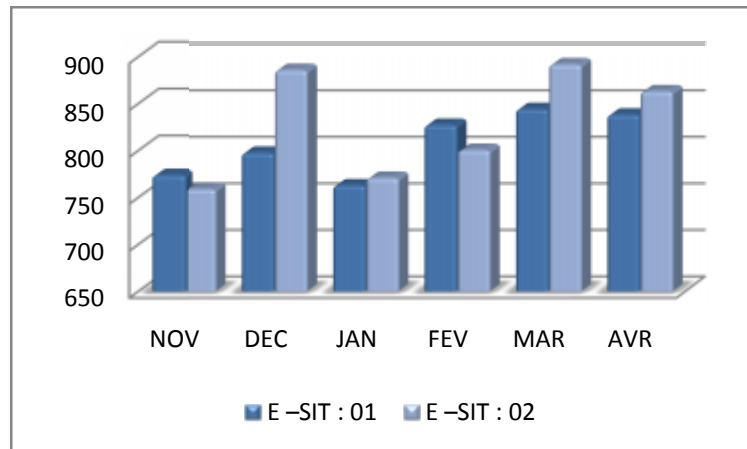
#### V.4.2- Variation de la teneur en chlorure (Cl) de l'eau de mer (mg/l)

Du fait de son pouvoir oxydant rémanent, le chlore (chlore gazeux, dioxyde de chlore ou hypochlorite) est le réactif le plus utilisé pour la décontamination de l'eau. Sa dissolution dans l'eau conduit à la formation d'acide hypochloreux ( $\text{HClO}$ ) et d'ion hypochlorite ( $\text{ClO}^-$ ), la réaction dépend du Ph et de température. (Rodier, J ; 1978).

Le **tableau (V.4.5)** représente les variations de la concentration du Cl de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	774	799	764	829	846	840
E-SIT : 02	760	888	772	802	894	865

La **figure V-35** représente l’histogramme montrant les variations des concentrations du Cl<sup>-</sup> de l’eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-35:** Histogramme de la variation du Cl<sup>-</sup> de l’eau de mer (la crique de la Salamandre).

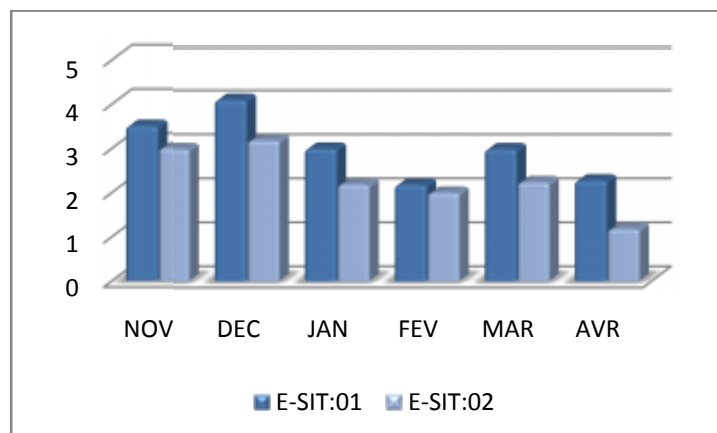
Dans un premier lieu, le chlore se combine aux matières organiques et donne les chloramines ; et le chlorophénole à faible pouvoir désinfectants. La quantité du chlorure est importante et dépasse les 700mg/l en Ouest de la crique en vue de la présence d’un rejet industrielle (le fabriquant des produits chimiques : l’eau de javel), cette concentration est variable d’un site à un autre tout dépend du pouvoir productrice de l’industrie. En outre, les vagues et les courants circulaire dans un couloir fermé de la crique en Ouest font dispersés ces concentrations (chlorure rejeté en mer) et rend le site nue de la vie aquatique. Sachant bien qu’à des concentrations bien définies de chlorure, les mollusques perdent leur activité ou à la plus parts des fois meurent. (Les mollusques sont incapable de garder leurs valves fermés à des concentrations de l’ordre de mg de chlorure /lire d’eau de mer).

#### V.4.3- Variation de la teneur en nitrates (NO<sub>3</sub>) de l’eau de mer (mg/l)

Les formes azotées comme l’azote organique, ammoniacque, nitrites sont susceptibles d’être à l’origine des nitrates par un processus d’oxydation biologique. Les nitrates participent aux phénomènes d’eutrophisation ; en période de faible oxygénation, comme elle peut jouer un rôle de donneurs d’oxygène et éviter l’anaérobiose dans les eaux de mer. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.4.6)** représente les variations des concentrations du NO<sub>3</sub> de l’eau de mer du site étudié durant la période d’étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	3.5	4.12	3.01	2.19	3	2.29
E-SIT : 02	3	3.2	2.2	2.01	2.25	1.19

La **figure V-36** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{NO}_3$  de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-36:** Histogramme de la variation des nitrates de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

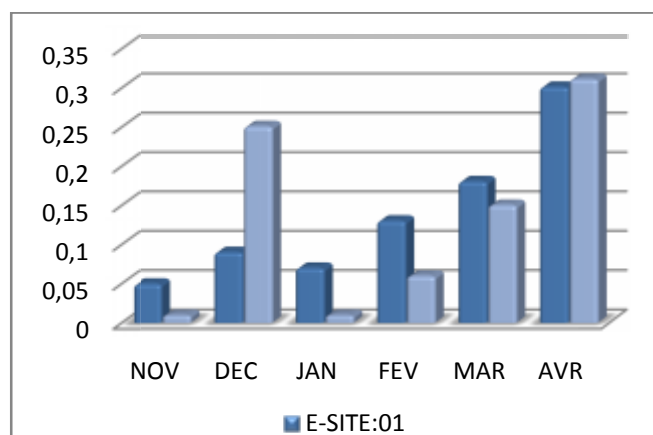
Les nitrates ont une toxicité mais à long terme car elles se transforment en nitrites. Selon l'histogramme, les grandes concentrations se localisent dans la partie Est ; c'est-à-dire la transformation des nitrates en nitrites est importante en Est qu'en Ouest. La probabilité d'avoir une eutrophisation en grande surface dans la Crique est possible où ces concentrations augmentent, donc on aura une prolifération d'algues et de phytoplanctons qui conduisent par la suite à la formation d'une couche sur la surface de l'eau de mer ; la conséquence est l'incapacité des rayons lumineux du soleil de rendre le besoin des organismes aquatiques de cette couche (la photosynthèse). En outre, cette couche isolante peut aussi bloquer le système d'aération d'où la possibilité de prolifération des germes anaérobies comme les bactéries.

#### V.4.4- Variation de la teneur en nitrites ( $\text{NO}_2$ ) de l'eau de mer (mg/l)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car elle est souvent liée à des détériorations de sa qualité microbiologique. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.4.7)** représente les variations du  $\text{NO}_2$  de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	0.05	0.09	0.07	0.13	0.18	0.3
E-SIT : 02	0.01	0.25	0.01	0.06	0.15	0.31

La **figure V-37** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{NO}_2$  de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-37:** Histogramme de la variation des nitrites de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

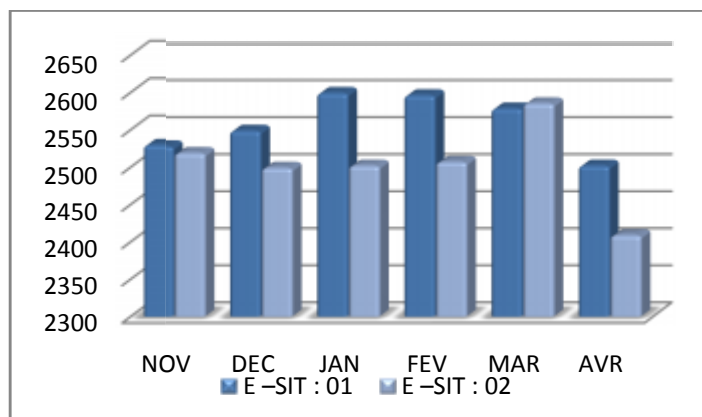
Les nitrites peuvent être par fois misent sous l'action des bactéries et des températures (généralement élevées). Les teneurs des nitrites sont fortement faibles dans le côté Ouest de la crique en mois de novembre et janvier, se qui signifie qu'une activité bactérienne est possible résultante de la transformation d'azote des nitrites. Parlant du mois de février et mars, les valeurs sont peu importantes, donc l'activation bactérienne est influencée par les variations saisonnières de la température (température élevé). En fin, les variations des concentrations des nitrites au niveau de l'eau de mer sont fortement liée a l'activité bactérienne, qui sont eux même variables tout dépend de la température de l'eau de mer. En Est de la crique, les teneurs augmentent progressivement durant les 6 mois en vue de la structure ouverte de la plage.

#### V.4.5- Variation de la teneur en sulfates ( $\text{SO}_4$ ) de l'eau de mer (mg/l)

Les sulfates dépendent de la composition chimique des terres lessivées, surtout les régions contenant des sulfates métalliques (fer, Nickel, et le cuivre). Le **tableau (V.4.8)** représente les variations des concentrations du  $\text{SO}_4$  de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	2530	2551	2602	2599	2581	2504
E-SIT : 02	2521	2501	2504	2509	2588	2410

La **figure V-38** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{SO}_4$  de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-38:** Histogramme de la variation des sulfates en eau de mer (la crique de la Salamandre).

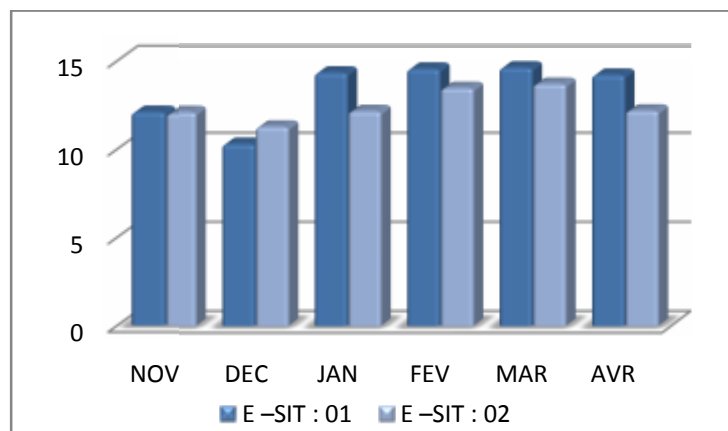
Comme indique l'histogramme, les valeurs de sulfate varient d'une saison à une autre d'où elles sont importantes pendant le mois de novembre et décembre 2010 (la fin de la saison d'hiver), le lessivage de la terre dépend de la quantité des pluies, encore ces concentrations augmentent pendant le mois de janvier et février 2011 (la fin de l'hiver), cette augmentation est expliquée par la présence de grande quantité des pluies qui font ramener les traces de sulfates vers la mer, et la suite serait l'élévation de la concentration de ce élément en eau superficielle. Durant tous les mois, les sulfates sont en quantité importante en Est de la plage qu'en Ouest. Il est important de signaler que dans le côté Est on a la pêche qui est couramment pratiquée en utilisant les explosifs à base dynamite où le soufre est le constituant majeur de cette substance.

#### V.4.6- Variation de la teneur en ammoniacque ( $\text{NH}_3$ ) de l'eau de mer (mg/l)

L'ammoniacque des eaux superficielles peut avoir pour : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (rejets industriels, les engrais... etc.). L'oxydation biologique de l'ammoniacque peut développer des germes anaérobies et fait augmenter la conductivité des eaux. Le **tableau (V.4.9)** représente les variations des concentrations du  $\text{NO}_3$  en eau de mer du site étudié durant la période d'étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	12.10	10.22	14.22	14.44	14.51	14.10
E-SIT : 02	12.01	11.19	12.06	13.36	13.59	12.09

La **figure V-39** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{NH}_3$  de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-39:** Histogramme de la variation de  $\text{NH}_3$  en eau de mer (la crique de la Salamandre).

Les teneurs en ammoniacque sont fortement élevées ; elles sont dues aux installations des deux rejets urbains qui portent les caractères de pollution et au même temps sont distributeurs des matières toxiques. La concentration est importante en Est qu'en Ouest en vue du grand rejet installé (**Rejet urbain de la salamandre – chapitre III**) qui présente un grand débit.

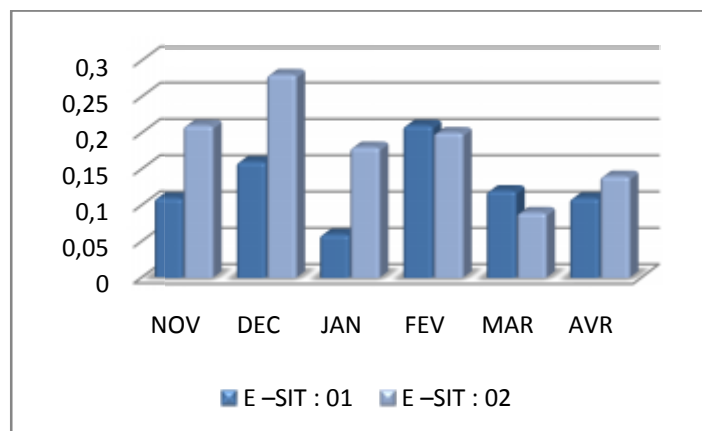
#### V.4.7- Variation de la teneur en ammonium ( $\text{NH}_4$ ) de l'eau de mer (mg/l)

En eau de mer, les variations de la température favorisent la présence massive de microorganismes conduisant à la nitrification permanente de l'azote ammoniacale et aussi à l'utilisation intensive des dérivés d'engrais agricoles.

Le **tableau (V.4.10)** représente les variations du  $\text{NH}_4$  de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E-SIT : 01	0.11	0.16	0.06	0.21	0.12	0.11
E-SIT : 02	0.21	0.28	0.18	0.20	0.09	0.14

La **figure V-40** représente l'histogramme de la variation des concentrations du  $\text{NH}_4$  de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-40:** Histogramme de la variation de l'ammonium de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

Les formes ammoniacales sont fortement absorbées sur les complexes d'échange du cation du sol, ce qui induit à des concentrations de l'ordre de 0,1 et 0,3 au niveau de l'eau de mer. Cet élément a une seule origine, c'est la dégradation de la matière organique, comme il peut provenir de l'azote des rejets urbains ou industriels, et ainsi le lessivage des sols enrichis en engrais azotés.

## V.5- Teneur en métaux lourds

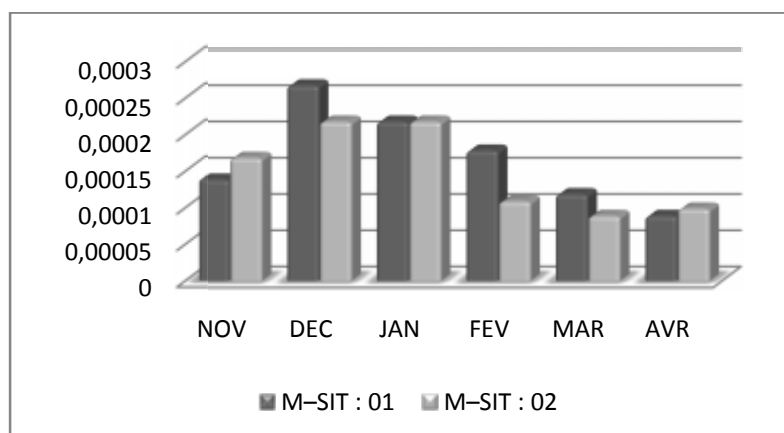
### V.5.1- Variation de teneur en plomb (Pb) de l'eau de mer (mg/l)

Le plomb peut se présenter sous de nombreuses espèces chimiques, soit minérale comme le plomb élémentaire (Pb) soit sous forme ionisée cationique, l'espèce la plus courante étant le cation divalent ( $\text{Pb}^{++}$ ). Les poissons gras sont les plus touchés par la contamination en plomb.

Le **tableau (V.5.1)** représente les variations des concentrations de plomb en eau de mer du site étudié:

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
<b>M-SIT : 01</b>	<b>0.00014</b>	<b>0.00027</b>	<b>0.00022</b>	<b>0.00018</b>	<b>0.000012</b>	<b>0.00009</b>
<b>M-SIT : 02</b>	<b>0.00017</b>	<b>0.00022</b>	<b>0.00022</b>	<b>0.00011</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.00010</b>

La **figure V-41** représente l'histogramme de la variation des concentrations de Pb de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-41:** Histogramme de la variation du Pb de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

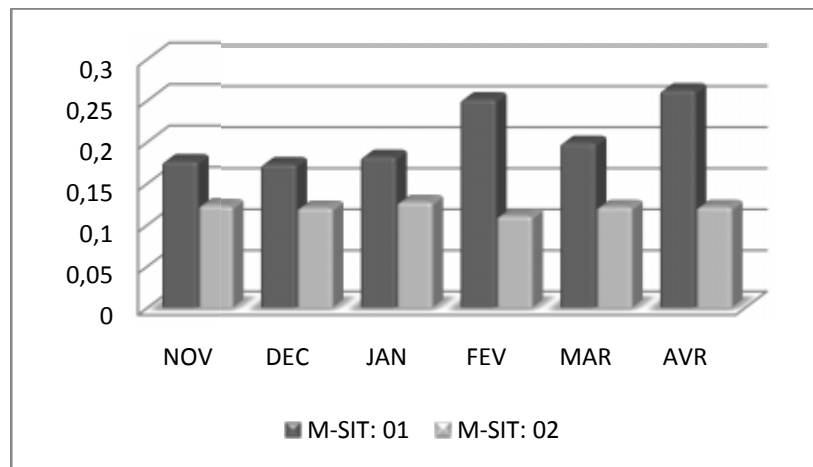
Le plomb est l'un des éléments naturellement présent dans les eaux de mer, il est de plus faible quantités au niveau des océans qu'en mer. Sachant que l'atmosphère contient la plus grande quantité du plomb due aux fumés des voitures. Durant la saison d'hiver, où les particules en suspension dans l'atmosphère contenant du plomb vont être précipitées au niveau de l'eau de mer et l'océan par le cycle naturelle de l'eau (la pluie). Suivant la chaîne trophique en milieu aquatique, le plomb s'accumule en premier lieu au niveau des zooplanctons à concentration I, en suite dans les invertébrées à concentration II, jusqu'au grands mammifères marin. La vie aquatique peut être perturbée à partir de 0.1mg/l ; des effets toxiques peuvent se manifester sur le poisson à partir 1 mg/l. toutefois l'action toxique est variable selon les espèces et le degré de minéralisation de l'eau de mer.

#### V.5.2- Variation de teneur en zinc (Zn) de l'eau de mer (mg/l)

Le zinc se trouve généralement dans les roches sous forme de sulfures. De façon générale, le zinc est abondant dans les eaux où son PH est faible ainsi sa présence est rattachée à des activités industriels. Le zinc est considéré comme élément peu toxique, en parallèle comme essentiel pour certaine espèce comme les mollusques bivalves mais à des concentrations de quelque mg/l. Le **tableau (V.5.2)** représente les variations des concentrations du zinc de l'eau de mer du site étudié :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
M-SIT : 01	<b>0.177</b>	<b>0.175</b>	<b>0.184</b>	<b>0.254</b>	<b>0.201</b>	<b>0.265</b>
M-SIT : 02	<b>0.124</b>	<b>0.122</b>	<b>0.129</b>	<b>0.112</b>	<b>0.123</b>	<b>0.123</b>

La **figure V-42** représente l’histogramme de la variation des concentrations du zinc en eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-42:** Histogramme de la variation du zinc de l’eau de mer (la crique de la Salamandre).

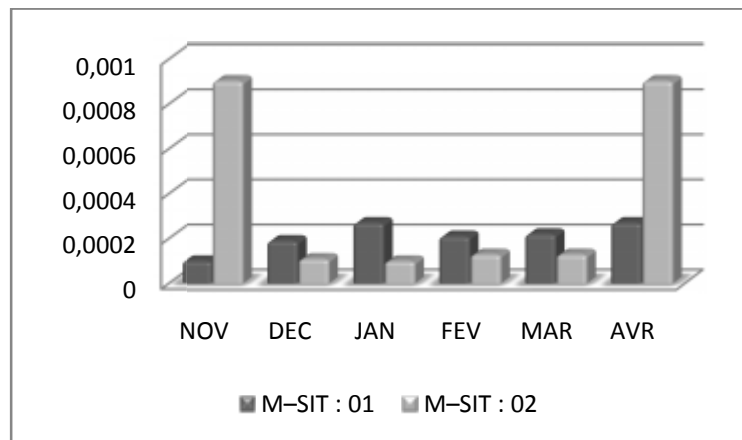
Les ions sulfures provenant de la dégradation bactérienne de la matière organique en milieu anoxique ou de la réduction des sulfates jouent un rôle primordial dans le piégeage des métaux. Selon l’histogramme, le côté le plus touché par les fortes concentrations en zinc, c’est celle de l’Est où s’installe le rejet urbain de la ville de la salamandre. Il est très possible que la ville contient quelques activités industrielles où ses rejets sont à la base du zinc. Parlons du côté Ouest de la crique, des concentrations presque stable en eau de mer, la seule source du zinc est l’eau déversée par le complexe industriel, ou bien les eaux usées du rejet des deux cités « Chammouma et la cité de 05 juillet 1962 ». **(Voire chapitre III).**

### V.5.3- Variation de teneur en mercure (Hg) de l’eau de mer (mg/l)

Le **tableau (V.5.3)** représente les variations des concentrations de l’Hg en eau de mer du site étudié (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
M-SIT : 01	<b>0.00010</b>	<b>0.00019</b>	<b>0.00027</b>	<b>0.00021</b>	<b>0.00022</b>	<b>0.00027</b>
M-SIT : 02	<b>0.0009</b>	<b>0.00011</b>	<b>0.00010</b>	<b>0.00013</b>	<b>0.00013</b>	<b>0.0009</b>

La **figure V-43** représente l'histogramme de la variation des concentrations de l'Hg de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-43:** Histogramme de la variation de l'Hg de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

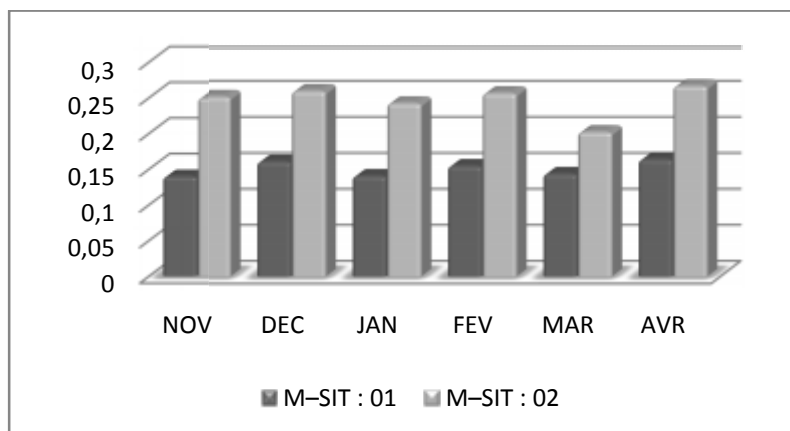
L'histogramme montre que durant les 6 mois d'étude, les concentrations en mercure sont plus élevées qu'au mois de novembre 2010, et avril 2011 sauf dans le côté Ouest où s'installe le rejet industriel du complexe « Soi-chlore ». Il est très possible que certaines activités pratiquées au niveau de cette dernière (**électro chloration**) utilise le mercure comme produit chimique ou bien comme matière d'industrialisation (exemple : les cellules des batteries d'alimentation). On peut expliquer la diminution de la source polluante (mercure) en décembre, janvier, février, et mars par le fait qu'une production industrielle est faite sur des basses quantités en mercure.

#### V.5.4- Variation de teneur en cuivre (Cu) de l'eau de mer (mg/l)

Les sels de cuivre (sulfate, acétate, dérivés organique) sont utilisés comme fongicides ou algicides en agriculture, pour le traitement chimique de surface, et pour la peinture des coques de navire. La toxicité du cuivre touche plus précisément les mollusques bivalves, ces organismes aquatiques sont très sensibles aux produits cuivreux à des concentrations inférieures de 1 mg/l. Autrement, le cuivre entre dans les activités biologiques (exemple : la synthèse de l'hémoglobine). Le **tableau (V.5.4)** représente les variations de concentration du cuivre en eau de mer du site étudié (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
M-SIT : 01	0.140	0.160	0.140	0.154	0.143	0.163
M-SIT : 02	0.250	0.258	0.241	0.255	0.201	0.265

La **figure V-45** représente l'histogramme de la variation des concentrations de cuivre en eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-45:** Histogramme de la variation du cuivre de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

Suivant les variations de la teneur en cuivre, il est abondant en Ouest qu'en Est durant toute la saison étudiée. Le cuivre est issu de la dégradation des tuyauteries et la corrosion des coques des bateaux ainsi que ses peintures. En Ouest, ces teneurs sont issues de l'infiltration des produits agricoles contenant le cuivre à l'aide des eaux de pluie d'où certains produits sont essentiellement sur le cuivre (traitement à base de cuivre). Les organismes aquatiques sont rarement présents dans les zones étudiées, sauf quelques espèces présentant une adaptation à cet métal (l'algue marine : les ulves).

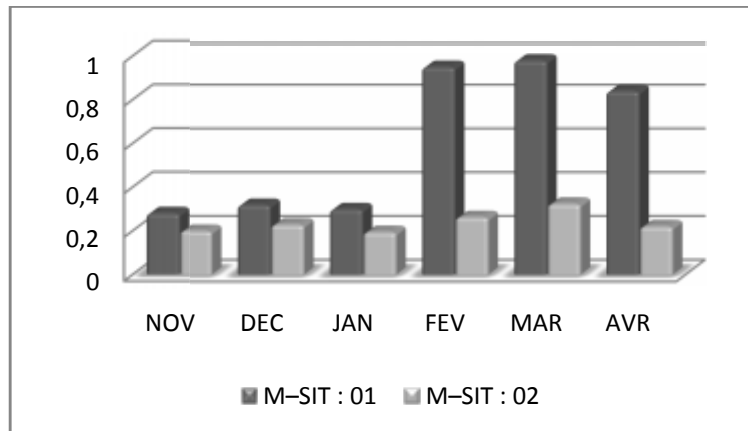
#### V.5.5- Variation de teneur en fer (Fe) de l'eau de mer (mg/l)

Le fer est assez soluble dans l'eau de mer, il précipite à la suite d'une oxydation à l'air comme il peut exister à l'état colloïdale sous forme complexe organique ou minérale. En aérobiose, l'activité cellulaire des bactéries conduit à la réduction du fer.

Le **tableau (V.5.5)** représente les variations des concentrations du fer en eau de mer du site étudié:

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
M-SIT : 01	<b>0.280</b>	<b>0.320</b>	<b>0.300</b>	<b>0.950</b>	<b>0.980</b>	<b>0.840</b>
M-SIT : 02	<b>0.201</b>	<b>0.230</b>	<b>0.196</b>	<b>0.264</b>	<b>0.325</b>	<b>0.222</b>

La **figure V-46** représente l'histogramme de la variation des concentrations fer de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-46:** Histogramme de la variation du fer de l'eau de mer (la crique de Salamandre).

Dans le côté Est de la crique les teneurs en fer sont importantes ; elles sont dues à l'érosion des roches mère de la croute terrestre et par fois par la dégradation métallique des macro-déchets rejetés en mer. Cette concentration augmente durant les mois de février, mars, et avril, cette période est définie par les variations de la température qui vont conduire à une activité bactérienne plus au mois intense (réduction des éléments ferreux en donnant le fer). En Ouest, les quantités sont peut importantes ; c'est très possible que l'endroit dispose des rejets d'eau usée d'où la source est d'origine urbains (érosion des tuyauteries).

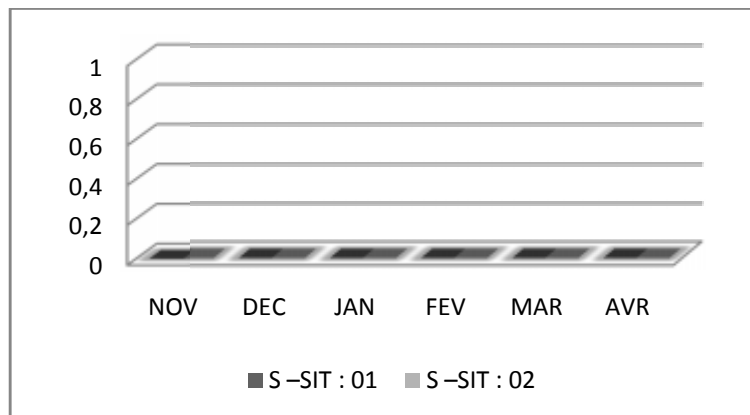
#### V.5.6- Variation de teneur en c de l'cadmium (Cd) de mer (mg/l)

Pour la vie aquatique, en particulier les poissons, il ne semble pas qu'il y ait de problèmes en dessous de 1 mg/l, sauf pour certains espèce où la toxicité apparait à partir de 200 µg/l. des concentrations vont être rencontrées chez les mollusques et les crustacés contaminés jusqu'au 10 mg/kg de l'organisme.

Le **tableau (V.5.6)** représente les variations des concentrations du cadmium de l'eau de mer du site étudié durant la période d'étude :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
M-SIT : 01	00	00	00	00	00	00
M-SIT : 02	00	00	00	00	00	00

La **figure V-47** représente l'histogramme de la variation des concentrations de cadmium en eau de mer :



**Figure V-47:** Histogramme de la variation du fer de l'eau de mer (la crique de Salamandre).

Le site étudié est sain de toute trace en mercure, deux propositions qu'on peut les introduire, soit que la ville de Mostaganem (coté plage de la Salamandre) ne dispose d'aucune sorte de rejet urbain ou industriel où leurs rejets contiennent cette substance toxique, soit le métal est éliminé par la voie d'oxydation aérienne suivie d'une filtration sous un effet biologique par l'action bactérienne.

## V.6- Etude des paramètres physico-chimiques ; (sédiment marin)

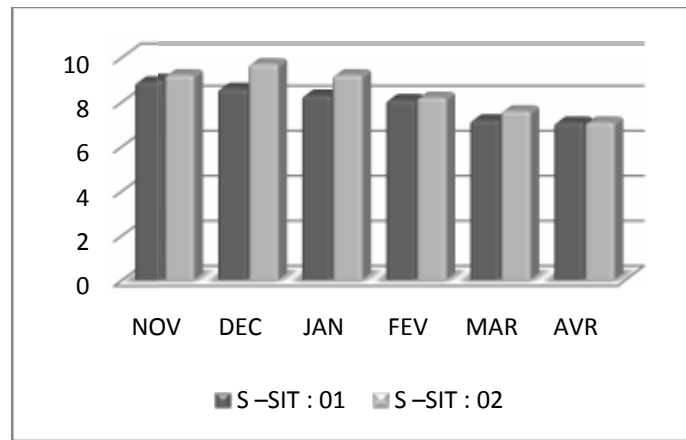
### V.6.1- Variation du PH in situ

Le pH dépend de l'activité biologique du système aquatique. La réduction des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en sulfure ( $\text{S}^{2-}$ ) entraîne une augmentation du pH alors que la dénitrification entraîne sa réduction (**voir chapitre II**).

Le **tableau (V.6.1)** représente les variations du PH du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S-SIT : 01	8.9	8.5	8.2	8	7.1	7
S-SIT : 02	8	9.1	9.6	8.1	7.5	6

La **figure V-48** représente l'histogramme de la variation des PH du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-48** : Histogramme de la variation du PH du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

Le côté de la crique présentent presque les mêmes variations de PH, sauf qu'en mois de mars, et avril 2011 où les valeurs de PH diminuent. Elles sont entre **6** et **9.6** en Ouest et entre **7** et **8.2** en Est. Chaque valeur de PH au niveau du sédiment à une relation avec celle de l'eau de mer et la faune benthique qui vie en substrat meuble (les microorganismes) qui font dégager certains substances chimiques quoi qu'elles soient liquide ou gazeuse, en plus la nature des eaux usées riche en matières organique azoté (l'ammoniaque), influent le PH du sédiment marin.

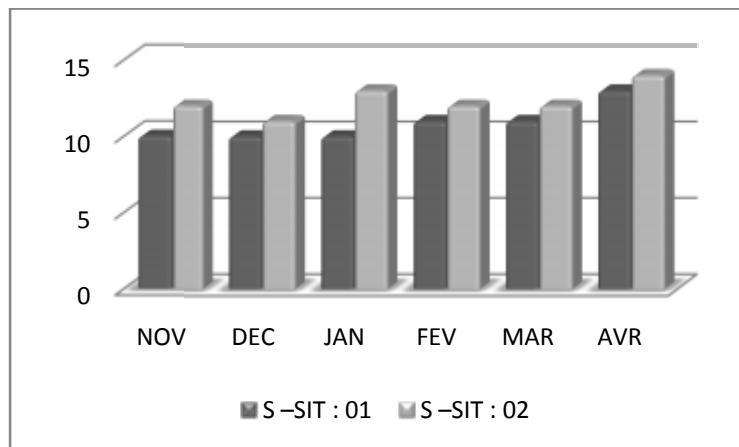
#### V.6.2- Variation de la température in situ (°C)

La température du sédiment marin varie selon les variations des teneurs en concentration des sels dissous, ainsi que la température de l'eau de mer surnageant sur ce sédiment. Certaines réactions chimiques d'oxydoréduction issue par l'activité biologique des organismes aquatique font libérer une énergie sous forme de chaleur (réactions métaboliques), cette dernière conduit à l'augmentation dans les valeurs de température au niveau sédimentaire. Parlons des organismes qui vient dans la partie superficielle du sédiment marin, se sont les bactéries (les activités microfaune) qui jouent un rôle dans les variations des températures, en plus les changements climatiques saisonnières.

Le **tableau (V.6.2)** représente les variations de la température mesurée au moment du prélèvement du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S-SIT : 01	10	10	10	11	11	13
S-SIT : 02	12	11	13	12	12	14

La **figure V-49** représente l’histogramme de la variation des températures du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-49:** Histogramme de la variation de la température in situ du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

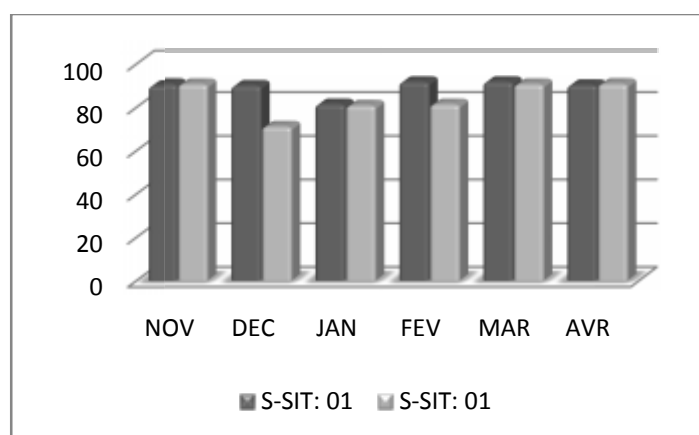
Les particules fines du sédiment marin peuvent maintenir certains paramètres physico-chimiques tels que les teneurs en produits métallique, le PH, la température, et certaines concentrations en sels. L’Est de la crique présente des valeurs de température de sédiment inférieur que celle du l’Ouest, probablement que ce sédiment maintient la température de l’eau surnageant affecté par la chaleur soit de l’industrie « soi-chlore » (eau de refroidissement si il existe), soit par les apports des eaux usées contenant des sulfures, le facteur activateur des réactions métaboliques bactériennes.

### V.6.3- Variation de l’alcalinité (mg/g/l)

Le **tableau (V.6.3)** représente les variations de l’alcalinité du sédiment marin de la crique dans ces en Est et en Ouest:

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S –SIT : 01	90.06	89.29	80.80	91.02	91.05	89.59
S –SIT : 02	90	70.59	80.21	80.77	90	90.09

La **figure V-50** représente l'histogramme de la variation de l'alcalinité du sédiment marin :



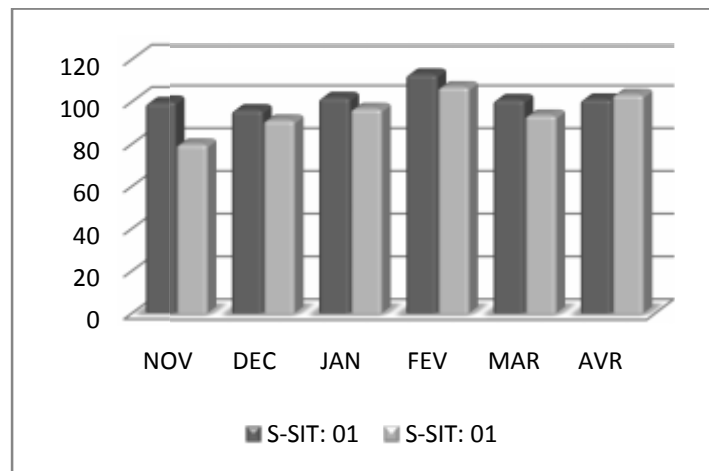
**Figure V-50** : Histogramme de la variation de l'alcalinité du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

#### V.6.4- Variation de la teneur en matière organique (mg/g/l)

Du fait de la nature de la matière organique déversée dans le milieu, elle est très variable d'un site à un autre suivant les variations saisonnières. L'inconvénient de ce élément si s'étée en excès c'est le favorise d'avoir un mauvais goût et une mauvaise odeur qui pourront être exacerbée par une coloration anormal (grisâtre allant vers le noir), en plus on aura une prolifération des micro-organismes pathogène libérant des gaz et des substances toxique d'après la dégradation de ces matières organique. (Rodier, J ; 1978). Le **tableau (V.6.4)** représente les variations des concentrations de la matière organique mesuré sur 1 gramme de sédiment par 1 litre d'eau :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S-SIT : 01	99.3	95.25	101.01	112	100.02	100.27
S-SIT : 02	79.25	90.47	95.89	106	92.57	102.47

La **figure V-51** représente l’histogramme montrant les variations de la teneur en matière organique au niveau du sédiment marin Est et Ouest):



**Figure V-51:** Histogramme de la variation de la teneur en matière organique du sédiment marin (crique de la Salamandre).

Les variations de l’alcalinité du sédiment est en relation directe avec celle de l’eau de mer de la couche superficielle en contact avec ce dernier.

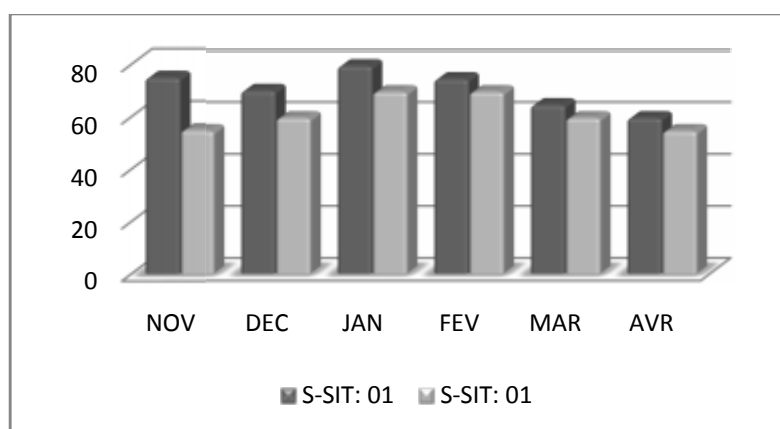
**V.6.5- Variation de l’humidité (g%)**

Toutefois le sédiment présent une grande quantité de matière organique, il est dans ce cas plus humide qu’un sédiment nu de matière organique car ces substances nos sédimentaires (les matières organiques) présentent un caractère absorbant de l’eau. Le sédiment est plus humide dans le côté Est ; les valeurs sont entre 55% et 80%. Le taux d’humidité d’un sédiment dépend de sa composition et sa granulométrie d’où les particules sédimentaire ont la capacité de conserver la molécule d’eau dans des microcavités.

Le **tableau (V.6.5)** représente les variations de l’humidité en % du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S –SIT : 01	75	70.5	80	75	65	60
S –SIT : 02	55	60	70	70	60	55

La **figure V-52** représente l'histogramme de la variation de l'humidité du sédiment marin:



**Figure V-52:** Histogramme de la variation de l'humidité du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

Selon l'histogramme, le côté Est possède le sédiment le plus humide que l'autre partie, alors la réparation de la matière organique et la structure granulométrique du sédiment marin diffère d'un côté à un autre.

### V.7- Variations des éléments minérales (métaux lourd)

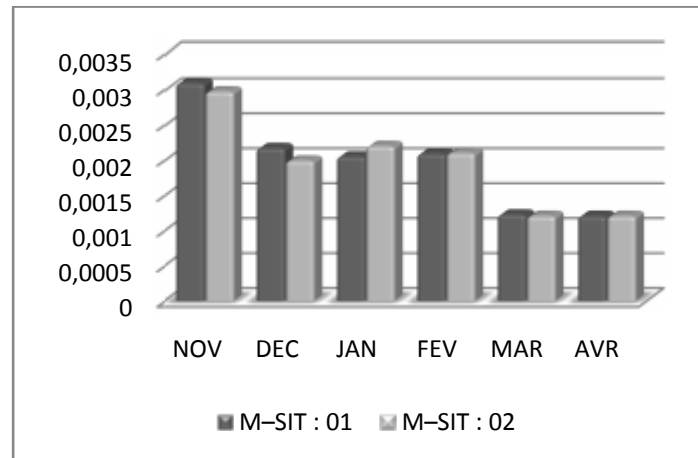
#### V.7.1- Variation de teneur en plomb (Pb) du sédiment (mg/g/l)

Au niveau du sédiment, la solubilité du plomb augmente aux valeurs de PH élevées ; dans des milieux réductrices il se précipite donnant des formes complexes liées au sulfure dite « galène » (**sulfure de plomb**), alors qu'en milieu oxydant, le plomb n'est plus soluble et donne des formes complexes liées au sulfate dite « anglésite » (**sulfate de plomb**), comme il peut donner des composés liés au carbonate dite « cérusite » si le milieu est carbonaté et ce dernier n'est possible que dans des teneurs de PH élevées.

Le **tableau (V.7.1)** représente les variations du Pb du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S <sup>2</sup> -SIT : 01	<b>0.00312</b>	<b>0.00219</b>	<b>0.00207</b>	<b>0.00211</b>	<b>0.00124</b>	<b>0.00122</b>
S <sup>2</sup> -SIT : 02	<b>0.00300</b>	<b>0.00201</b>	<b>0.00222</b>	<b>0.00212</b>	<b>0.00122</b>	<b>0.00122</b>

La **figure V-53** représente l'histogramme de la variation des concentrations du Pb du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-53:** Histogramme de la teneur en plomb du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

La précipitation de plomb sous forme de « cérusite » peut dans certaines conditions de pH maintenir la teneur en plomb à des niveaux très bas et ce ci est remarquable dans les mois de novembre, décembre, janvier, et février d'où les valeurs de PH du sédiment sont élevés, mais dans les de mars et avril, les concentrations du plomb diminuent dans les deux côtes de la crique en vu de la diminution du PH dans celle-ci.

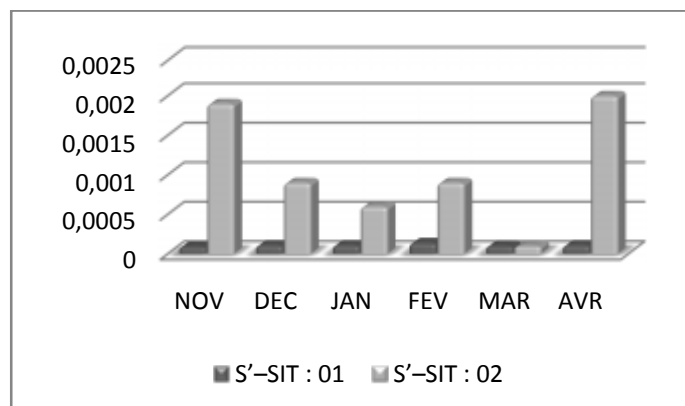
#### V.7.2- Variation de teneur en mercure (Hg) du sédiment (mg/g/l)

Les particules en suspension organiques de la colonne d'eau possèdent de très fortes capacités de complexation, l'Hg s'adsorbe facilement et s'accumule ensuite dans les sédiments, ces concentrations aussi varient en fonction des conditions de milieu et notamment de la charge en matière organique. La gamme de variation est similaire pour les formes organiques et inorganiques. Le temps de séjour de l'Hg dans les sédiments dépend des conditions d'oxydation. En milieu réducteur, l'Hg se lie à l'ion sulfate ( $\text{SO}_2^{4-}$ ) en un complexe **Hg S** insoluble (**Beaugelin- seiller. O. Simon ; 2004**)

Le **tableau (V.7.2)** représente les variations des concentrations de l'Hg du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S'-SIT : 01	<b>0.00009</b>	<b>0.00011</b>	<b>0.00011</b>	<b>0.00014</b>	<b>0.00010</b>	<b>0.00011</b>
S'-SIT : 02	<b>0.0018</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.00010</b>	<b>0.0020</b>

La **figure V-54** représente l’histogramme de la variation des concentrations de l’Hg du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-54:** Histogramme de la variation de l’Hg du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

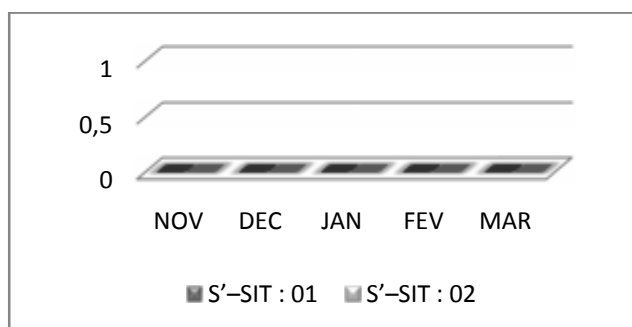
L’Hg est toujours en grandes concentration dans le côté Ouest durant les mois de novembre, et avril ; on l’explique par le transfère de la charge en mercure de la colonne d’eau vers le sédiment. Donc le sédiment est contaminé par le mercure par voie aqueuse (colonne d’eau).

### V.7.3- Variation de teneur en cadmium (Cd) du sédiment (mg/g/l)

Le **tableau (V.7.3)** représente les variations des concentrations du Cd du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S <sup>2</sup> -SIT : 01	00	00	00	00	00	00
S <sup>2</sup> -SIT : 02	00	00	00	00	00	00

La **figure V-55** représente l’histogramme de la variation des concentrations de Cd du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-55:** Histogramme de la teneur en Cd du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

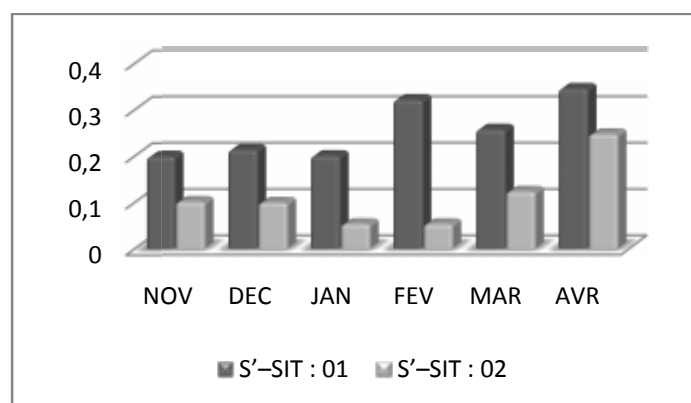
Le cadmium est un élément trace toxique pour les organismes aquatiques et spécialement les espèces qui font filtré le sédiment tel que l'holothurie (concombre de mer), cette dernière prend le même chemin d'accumulation au niveau des éléments de la chaîne trophique. Dans la présente étude, aucun signe de présence de Cd n'a été signaler ni dans la colonne d'eau de mer, ni au niveau sédimentaire. On peut expliquer ces valeurs par l'absence totale de se élément toxique dans la région étudié (la crique de la Salamandre), ou bien qu'un système biotique basé sur l'auto filtration (phénomène naturelle par l'action des bactéries).

#### V.7.4- Variation de teneur en fer (Fe) du sédiment (mg/g/l)

Le **tableau (V.7.4)** représente les variations des concentrations du Fe du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
<b>S'-SIT : 01</b>	0,2	0,214	0,201	0,322	0,258	0,346
<b>S'-SIT : 02</b>	0,102	0,1	0,054	0,054	0,124	0,248

La **figure V-56** représente l'histogramme de la variation des concentrations de Fe du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-56:** Histogramme de la teneur en fer du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

Par comparaison aux contenants ferreux au niveau de la colonne d'eau et la partie sédimentaire, le fer est plus abondant en Est qu'en Ouest durant les premiers 4 mois, cette concentration augmente durant les mois de février, mars, et avril 2011. Ces teneurs sont liée étroitement aux celles trouvant dans la colonne d'eau, le fer est un élément essentiel pour la vie des organismes aquatiques, mais a des concentrations seuils bien précises. (**Voire annexe XIII**). Donc la source du fer peut être la même qui affecte l'eau de mer, c'est-à-dire qu'il a tendance de se précipité dans le sédiment et être liée aux surfaces des particules fins (grâce à la charge positif)

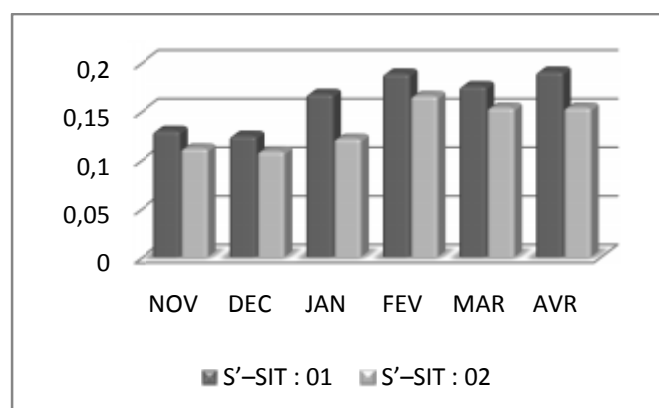
formant des éléments ferreux liées elles mêmes avec d'autres substance présente dans le milieu étudié.

#### V.7.5- Variation de teneur en zinc (Zn) du sédiment (mg/g/l)

Le zinc possède une distribution préférentielle avec les éléments argileux du sédiment ainsi avec les éléments d'hydroxyde de fer et du manganèse. Selon **EL GHOBARY (1984)**, le zinc peut s'adsorber ou co-précipiter avec les oxydes de fer et de manganèse. (**ESSONNI (1998) et ALGAN et al. (2004)**). Le **tableau (V.7.5)** représente les variations des concentrations de Zn du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S'-SIT : 01	<b>0.130</b>	<b>0.125</b>	<b>0.168</b>	<b>0.189</b>	<b>0.176</b>	<b>0.191</b>
S'-SIT : 02	<b>0.112</b>	<b>0.109</b>	<b>0.112</b>	<b>0.166</b>	<b>0.154</b>	<b>0.154</b>

La **figure V-57** représente l'histogramme de la variation des concentrations de Zn dans le sédiment (Est et Ouest):



**Figure V-57:** Histogramme de la teneur en zinc du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

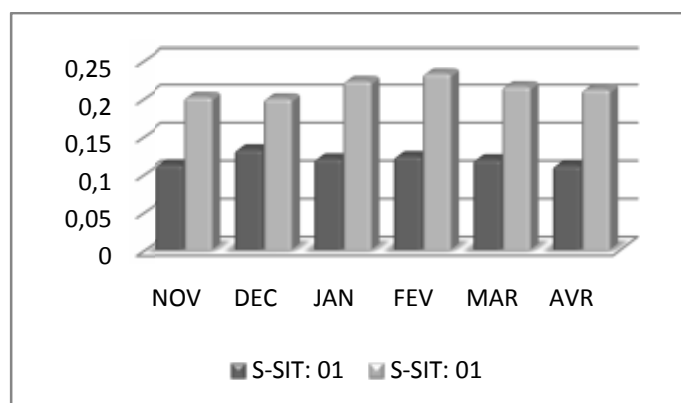
Le zinc est essentiel pour la physiologie de l'organisme et dans ce cas on parle des animaux aquatiques filtreurs, les espèces sédentaires ...etc. Donc sa présence en quantité plus au mois normale ne conduit à aucun risque, mais si les concentrations dépassent les normes, il est probablement d'avoir des anomalies surtout chez les jeunes individus et aussi chez les larves. Selon l'histogramme, le sédiment de l'Est et l'ouest de la crique présent une augmentation continue du zinc se qui signifie que cette substance est conservée par les particules sédimentaires. La charge négative particules fines fait piéger cet élément et le faire accumulé avec le temps en l'associant avec d'autres substances.

### V.7.6- Variation de teneur en cuivre (Cu) du sédiment (mg/g/l)

Le cuivre est abondant dans les milieux où la matière organique est fréquente. Le fractionnement chimique du cuivre montre qu'il est associé à la phase organique et aux sulfures les organismes aquatiques participent à l'humification qui favorise la fixation du Cu dans les acides sulfurique. Cette association diminue dans un milieu salé en faveur de la phase résiduelle (**EL GHOBARY, 1984**). Ce métal est également associé à la phase résiduelle avec une moyenne de 37 %. L'affinité de Cu aux phases organique et résiduelle est signalée par plusieurs auteurs (**RAMOS et al., 1994 ; AZZAOUY et al., 1998 ; ALGAN et al., 2004**). Le **tableau (V.7.1)** représente les variations des concentrations du Cu du sédiment marin :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
S'-SIT : 01	0.112	0.132	0.120	0.123	0.119	0.111
S'-SIT : 02	0.201	0.199	0.222	0.232	0.215	0.211

La **figure V-58** représente l'histogramme de la variation des concentrations de Cu du sédiment marin (Est et Ouest):



**Figure V-58:** Histogramme de la teneur en cuivre du sédiment marin (la crique de la Salamandre).

Les sédiments de surface renferment du Cu dont les teneurs varient entre 0.111 mg/g/l et de 0.132 mg/g/l en Est et entre 0.199 mg/g/l et de 0.232 mg/g/l en côtes Ouest. Les teneurs en cuivre sont plus grands en Ouest qu'en Est durant les six mois. le site étudiant est riche en matière organique dans ces deux côte en parallèle Est et Ouest avec des variations montrant une augmentation dans un site qu'a un autre, mais ce qui est montrer par l'histogramme (**Figure V-65**) c'est que les concentrations de cuivre sont plus élevé dans l'Ouest en vu des activités agricoles pratiquer dans l'étage terrestre en amant de la plage, en plus les eaux usées déversée varie selon la source (industrielle, urbaine...etc.).

V.8- Mise à niveau de la toxicité du sédiment et l'eau de mer de la crique de la Salamandre

Selon les normes proposées par Rodier, J 1978, PASCAL GREGOIRE ; 2004 et l'Ifremer 2003 ; on peut maitre une échelle à titre de comparaison le taux de contamination du sédiment marin et de l'eau de mer. L'échelle est mise suivant la concentration moyenne des micropolluants durant la saison d'étude (novembre 2010- avril 2011/ crique de la salamandre, région de Mostaganem).

Le tableau (V.8.1) représente les limites supérieurs et inférieurs des métaux lourd dans le sédiment marin selon la référence de l'Ifremer 2003:

Elément	Zn	Pb	Cu	Fe	Cd	Hg
Niveau 1(mg/kg)	276	100	45	1000	1.2	0.4
Niveau 1(mg/g)	0.276	0.1	0.045	1	0.012	0.0004
Niveau 2(mg/kg)	522	200	90	2500	2.4	0.8
Niveau 2(mg/g)	0.522	0.2	0.09	2.5	0.024	0.0008
Norme en mg/kg	75	200	20	10	0.5	0.2
Norme en mg/g	0.075	0.002	0.02	0.01	0.0005	0.0002
<b>Nos résultats (2010-2011)</b>						
sédiment –Est : mg/g	0.163	0.002	0.1195	0.256	00	0.00011
Eau de mer –Est : mg/l	0.209	0.00015	0.15	0.611	00	0.00021
sédiment- Ouest : mg/g	0.1345	0.0015	0.213	0.133	00	0.001
eau de mer-Ouest : mg/l	0.122	0.00028	0.245	0.239	00	0.0003

La figure V-59 représente l'histogramme de la mise en niveau des valeurs des micropolluants (métaux lourd) dans le sédiment dans la crique (Est et Ouest) :

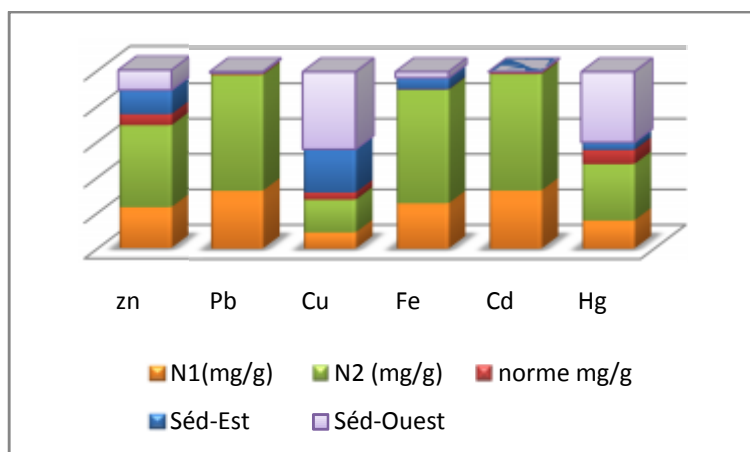


Figure V-59: Histogramme de la mise en niveau des valeurs des micropolluants (métaux lourd) sédiment marin (la crique de la Salamandre).

➤ **Le zinc**

Le zinc au niveau du sédiment de la crique est supérieur à la norme donnée par l'**Ifremer 2003**, mais selon les valeurs obtenus, l'eau de mer contient beaucoup plus de zinc que le sédiment ; sa signifie que le sédiment maintient les ions de zinc par la voie aqueuse (la colonne d'eau) et s'accumule à l'aide des réactions chimiques liées aux paramètres physico-chimiques de l'eau de mer ; et d'autres réactions biologiques par l'intervention des micro-organismes.

✚ **Comparaison entre le sédiment des deux côtés de la crique**

Selon l'histogramme, le côté Ouest de la crique contient des concentrations élevées que celle de l'Est ; selon l'arrêté du 14 juin 2000 (voir annexe « P ») on doit dans ce cas réaliser des tests complémentaires comme les bioessais, les tests de toxicité larvaire pour avoir une idée sur la situation de l'écosystème aquatique vis aux concentrations du zinc. L'Ouest de la crique de la Salamandre dispose d'une unité industrielle, en plus des évacuations des eaux usées qui passe directement vers la mer sans purifications et sans contrôle chimique ou biochimique. Le sédiment du côté Est de la crique où la nature des éléments polluants diffère (présence de rejet urbain, et eau de ruissellement) ; le côté est moins chargé en zinc, mais selon l'arrêté 2000, on est obligé de suivre les tests complémentaires car les valeurs restent toujours supérieures à la norme.

➤ **Le plomb**

Le plomb est un toxique cumulatif dont l'intoxication à long terme. Les valeurs de la concentration moyenne dans le sédiment de la crique sont identiques ou inférieures à la norme donnée, mais dans le cas de cet élément (Pb) il est concentré dans le sédiment beaucoup plus que dans l'eau de mer.

✚ **Comparaison entre le sédiment des deux côtés de la crique**

Selon les résultats obtenus, on peut dire que les deux côtés de la crique ont un sédiment qui contient le plomb en quantité de trace, et ces concentrations ne peuvent pas avoir des dommages pour les organismes aquatiques sauf que pour les œufs qui ont une sensibilité aux micropolluants même à des quantités très peu.

➤ **Le cuivre**

Selon l'histogramme, le cuivre est plus abondant dans l'Ouest que dans l'Est, sachant que cette substance est essentielle pour les organismes aquatiques mais à certain seuil elle est considérée comme toxique surtout pour les bivalves qui vont perdre leur activité valvaire, et les poissons qui vont avoir un verdissement de branchies et perturbation du système physiologique.

### Comparaison entre le sédiment des deux côtés de la crique

Dans ce travail, la concentration moyenne du  $\text{Cu}^+$  dans le sédiment est supérieure à la norme et aux deux limites (inférieure et supérieure) dans les deux côtés ; le côté Est de la crique est plus chargé en cuivre, et ce-ci est néfaste pour la vie aquatique spécialement les espèces sédentaires tels que les moules, les oursins, les algues benthiques, les œufs et les larves de poissons. Le cuivre dans le sédiment de ce côté de la crique est issu par le lessivage de l'écorce terrestre d'où on les activités agricoles qui utilisent des produits chimiques à base de cuivre, ce dernier arrive jusqu'à la mer par l'infiltration dans les couches sous terraines.

#### ➤ Le fer

Le fer est considéré comme élément essentiel pour les êtres vivants, mais toujours on doit respecter la norme de sa présence qu'elle soit dans le sédiment ou bien dans l'eau de mer. Nos résultats sont supérieurs à la norme donnée par **l'Ifremer 2003**, mais dans le cas de ce métal, l'eau de mer est un peu plus chargée que le sédiment. Donc l'association du fer avec les molécules d'eau de mer est beaucoup plus qu'avec les particules fines du sédiment ; et cela est grâce aux propriétés physico-chimiques de ce dernier.

### Comparaison entre le sédiment des deux côtés de la crique

Le fer est plus abondant en Ouest que dans l'autre côté de la crique, il est d'origine terrestre comme il peut être issu des rejets installés dans ce côté. Comme le fer est un élément essentiel pour l'organisme, et les teneurs sont en dehors des limites ; donc il n'y a pas de risque de perturbation de la faune (benthos).

#### ➤ Le cadmium

Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels ; en milieu aquatique, le cadmium est relativement mobile et peut être transporté sous forme de cations hydratés ou de complexes organiques ou inorganiques. Il est nécessaire de savoir que les concentrations du cadmium et ces dérivés diminuent quand l'eau de mer est trop dure (forte alcalinité). Selon l'histogramme, il n'y a pas de signe de contamination par le cadmium dans la crique, donc l'eau de mer de cette plage est trop dure.

#### ➤ Le mercure

La concentration moyenne du mercure dans le sédiment de la crique varie d'un côté à l'autre, elle est de **0.00011 mg/g** dans l'Est et de **0.01 mg/g** dans l'Ouest. Le mercure en générale est un élément toxique même à des valeurs inférieures à la norme, il provoque des anomalies et des déformations physiologiques pour les organismes vivants.

## Comparaison entre le sédiment des deux côtés de la crique

### 1- Côté Est

Le mercure dans le sédiment est inférieur à la norme, mais aussi ces concentrations en sédiment sont inférieures que celle dans l'eau de mer du même côté, ce qui veut dire que les espèces aquatiques pélagiques tels que les poissons, les phytoplanctons, et les zooplanctons risquent d'avoir une grande quantité de mercure accumulée dans leurs organismes beaucoup plus que chez les espèces benthiques utilisant le sédiment substrat. Donc ce côté de la crique est contaminée par le mercure à des quantités traces qui nécessitent selon l'arrêté 2000 des tests et des analyses complémentaires de l'eau de mer pour savoir le degré de viabilité de cette eau.

### 2- Côté Ouest

Le mercure dépasse les valeurs normales données par l'**Ifremer 2003**, cet élément est en grande quantité dans le sédiment que dans l'eau de mer. L'industrie « soi-chlore » au niveau de ce côté de la crique utilise le mercure comme substance dans les batteries d'alimentations (électrolyseurs), et forcément il y a toujours des rejets plans de mercure. L'Hg est stocké dans les particules fines de sédiment grâce à ces formes (**voir chapitre I**) ; et dans ce cas la contamination des espèces benthiques est plus probable que pour les pélagiques.

## V.9- Les risques d'un sédiment toxique sur les organismes vivants

Changement de la capacité absorbante du sédiment vis-à-vis aux particules en suspension dans la colonne d'eau, c'est-à-dire que le sédiment est en cas de saturation lors de la présence de ces micropolluants qui font leur piège grâce à ces charges positives ; donc les espèces filtreuses viennent sur les premières centimètres n'arrivent qu'à se nourrir de ces micropolluants au lieu des particules en suspension. L'organisme apparaît contaminé où la concentration va augmenter au sein des éléments de la chaîne trophique, ou autrement l'organisme va créer un système immunitaire qui va lui permettre de s'adapter à ce milieu toxique mais avec des sortes de déformations morphologiques ou génétiques dites mutations.

#### IV.2.9.1.1- Le calcium ( $\text{Ca}^+$ )

La méthode utiliser pour la détermination du  $\text{Ca}^+$  est celle par spectrophotométrie d'absorption atomique ; celle à l'EDTA donne des résultats satisfaisantes pour des contrôle de routines. (Rodier, J ; 1978).

- **Principe**

Se reporter aux méthodes instrumentales en hydrologie (Annexe)

- **Réactifs**

- ❖ Acide chlorhydrique ( $d = 1.19$ ) et  $0.1 \text{ N}$  ;
- ❖ Eau (1 L).
- ❖ Solution lanthane à  $20 \text{ g/l}$  ;
- ❖ Oxyde de lanthane (24g) ;

- **Mode opératoire**

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 10 ml de l'échantillon à analyser, 10 ml de Solution lanthane puis ajuster le volume avec de l'acide chlorhydrique. Effectuer la lecture à la longueur d'onde  $422.7 \text{ nm}$ .

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en mg de calcium par litre d'eau de mer.

#### IV.2.9.1.3- Le magnésium ( $\text{Mg}^+$ )

Le magnésium se prête facilement aux techniques habituelles de l'analyse hydrologique. La méthode gravimétrique présente l'intérêt de pouvoir s'effectuer sur filtrat après la précipitation du calcium. Elle est utilisable pour des teneurs dépassant les  $10 \text{ mg/L}$ . La méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique et par spectrophotométrie d'absorption d'émission à l'aide d'un générateur inactif de plasma sont d'une grande sensibilité. (Rodier, J ; 1978).

- **Principe**

Selon la méthode spectrophotométrique, elle repose sur des méthodes instrumentales en hydrologie.

- **Réactifs**

- ❖ Acide chlorhydrique ( $d= 1.19$ ) à un volume de 8 ml ;
- ❖ Solution de chlore lanthane à 20 g/l.

- **Mode opératoire**

Dans une fiole jaugée à 100 ml, introduire 10 ml de solution de chlore lanthane à 20 g/l puis 10 ml de l'échantillon en suite ajusté le volume avec de l'acide chlorhydrique 0.1 N.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes de magnésium par litre d'eau de mer.

#### **IV.2.9.1.5- Le potassium (K)**

Le potassium est dosé selon différents méthodes, la spectrophotométrie d'émission de flamme, spectrophotométrie d'absorption atomique et la spectrophotométrie à l'aide d'un générateur inactif de plasma. Ces méthodes sont rapides et sensible (**Rodier, J ; 1978**).

- **Principe**

Selon la méthode spectrophotométrie d'absorption atomique, on utilise la propriété des atomes neutres qui vont absorber à une certaines longueur d'onde un quantum d'énergie (voire annexe 1.5)

- **Réactifs**

- ❖ Acide nitrique ;
- ❖ Solution mère étalon de potassium à 100 mg/l ;
- ❖ Solution fille étalon de potassium à 2 mg/l

- **Mode opératoire**

La lecture en spectrophotomètre de la teneur en potassium est effectuée dans une longueur d'onde 766.5 nm.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes de potassiums par litre d'eau de mer.

#### **V.4.1- Variation de la teneur en calcium ( $Ca^{+}$ ) de l'eau de mer (mg/l)**

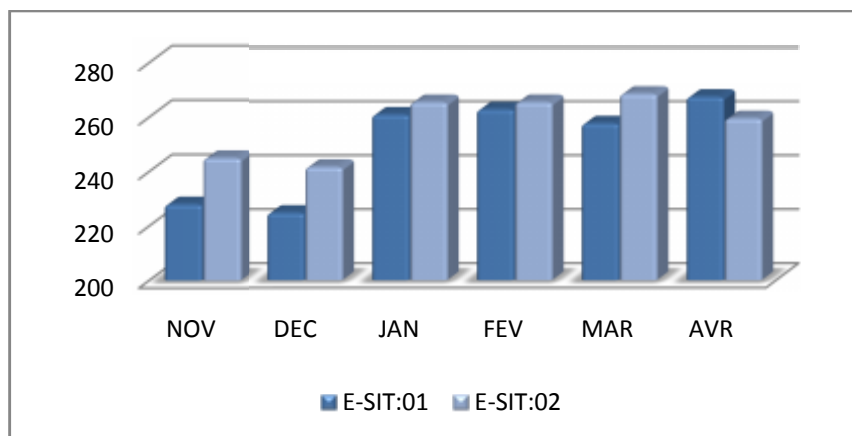
Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates ; en milieu marin, une autre source de  $Ca^{+}$ , est celle

issu de la dégradation des débris biogènes (coquilles des mollusques, tests des échinodermes.....). La teneur du calcium est variable selon le terrain traversé étant que cette eau est salée avec des baisses températures. (Rodier, J ; 1978).

Le **tableau (V.4.1)** représente les variations de la concentration de  $\text{Ca}^+$  en eau de mer (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	228	255	261.4	263.3	258.12	268
E –SIT : 02	245	242	266	266.03	269.11	260.01

La **figure V-40** représente l’histogramme de variation des concentrations du  $\text{Ca}^+$  (Est et Ouest):



**Figure V-40:** Histogramme de la variation du  $\text{Ca}^+$  de l'eau de mer (la crique de la Salamandre).

Les teneurs du calcium sont importantes durant les mois de Novembre et décembre 2010 au niveau du **SIT : 02** (le site n°02 ; côté Ouest de la crique) que dans le **SIT : 01**(le site n°01 ; côté Est de la crique) ; alors que durant les 4 mois suivants, la quantité du calcium augment progressivement en **site : 01** pour qu'elle soit importante durant le mois d'avril.

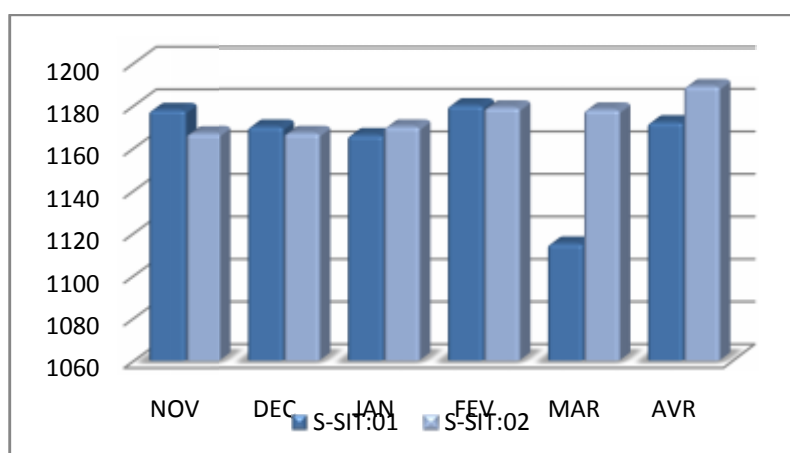
#### V.4.2- Variation de la teneur en magnésium ( $\text{Mg}^+$ ) de l'eau de mer (mg/l)

Le magnésium est un des éléments les plus répandu dans la nature ; il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. La plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/l, à 20°C. Son absorbance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (chimie de la potasse, alliage, pyrotechnie, batterie sèches, réducteurs chimique, etc.) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelque milligramme à quelquefois, plusieurs centaines de milligrammes par litre. (Rodier, J ; 1978).

Le **tableau (V.4.2)** représente les variations de concentration du  $\text{Mg}^+$  obtenues par analyse au laboratoire :

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	1178	1170	1166	1180	1115	1172
E –SIT : 02	1167	1167	1170	1179	1178	1189

La **figure V-41** représente l’histogramme de la variation des concentrations du  $Mg^{+}$  dans l’eau de mer de la crique de la Salamandre (Est et Ouest):



**Figure V-41:** Histogramme de la variation du magnésium de l’eau de mer (la crique de la Salamandre).

La teneur d’une eau en le magnésium dépend de la composition de la roche sédimentaire rencontrée (calcaires dolomites, dolomie de Jurassique ou du Trias moyen). Les valeurs les plus faibles sont relevés dans la plus part des eaux massifs anciens. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l’eau. L’eau de mer contient environ 1350 mg/l. il joue un rôle de stabilisateur membrane cellulaire pour but protéger la cellule contre une rétention de sodium.

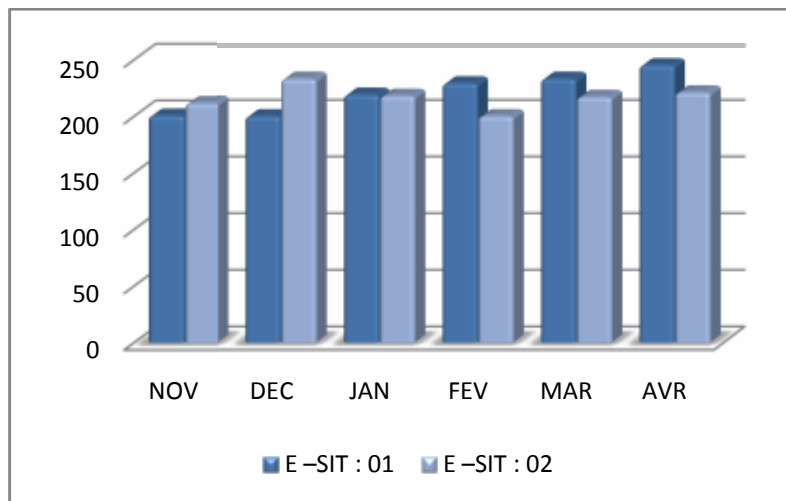
#### V.4.4- Variation de la teneur en potassium (K) de l’eau de mer (mg/l)

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium ; sa présence est constante dans les eaux à un pourcentage habituelle de 10 à 15 mg/l. certaines rejets industriels, en particulier de mines de potasse et d’usines d’engrais, peuvent entrainer dans l’eau des quantités de potassium relativement importante. **(Rodier, J ; 1978).**

Le **tableau (V.4.4)** représente les variations du K de l’eau de mer du site étudié durant la période d’étude (Est et Ouest):

Mois	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
E –SIT : 01	201	200	219	229	233	245
E –SIT : 02	212	233	218	200	217	221

La **figure V-43** représente l'histogramme de la variation des concentrations du K de l'eau de mer (Est et Ouest):



**Figure V-44:** Histogramme de la variation du potassium de l'eau de mer (la crique de Salamandre).

L'histogramme montre que durant le mois de novembre et décembre 2010 la quantité du potassium est importante en Ouest de la crique qu'en Est, puis elle serait presque identique en mois de janvier 2011 (218-219 mg/l), mais durant les mois suivants en 2011 la quantité du potassium augmente progressivement et les teneurs s'inversent. En amont de la plage, allant vers le Sud, des agglomérations pratiquant des activités agricole (utilisation des engrais à base **NPK –N : azote, P : phosphore ; et K : potassium**). Cette dernière aura lieu en mer par l'infiltration dans les couches terrestre, à l'aide des eaux des pluies.

Notre étude sur la Crique de la Salamandre (eau de mer et sédiment), nous a permis de mieux comprendre ce qui se passe au niveau de cette région qui a connu dernièrement des travaux d'extensions, qu'ils lui ont permis d'être classée comme un pôle touristique important. En effet les résultats des analyses effectués ont montré qu'il existe une pollution due à l'activité humaine et industrielle qui a par la suite contaminé le sédiment. Ceux-ci est justifié par la présence de métaux lourds avec des variations mensuelles remarquable au niveau du sédiment par rapport à l'eau de mer respectivement le zinc, le plomb suivie par les traces mercure. Ainsi d'autres paramètres physico-chimiques nous montrent que les teneurs des éléments rejetés par l'industrie « **Sonic** », les chlorures varient de 760mg/l à 774 mg/l dans l'eau de mer, dans le sédiment de 875 mg/g/l à 877 mg/g/l ; les teneurs encore élevés en DBO de 18.1 mg/l à 18.4 mg/l suivie de 19.2 mg/g/l à 21 mg/g/l dans le sédiment. Ces résultats confirment la pollution au niveau du site étudié. La présence d'un mélange de substances partiellement toxiques telle que les métaux lourds provoquent un effet biologique la biocénose environnante. Les solutions envisagées pour juguler l'activité de la pollution sont en premier :

- ✚ Programmation des journées de sensibilisation au niveau de la presse, et les établissements d'enseignement, et encourager le public pour minimiser la pollution au niveau de la mer en vue de son importance bioécologique et économique.
- ✚ Installé des stations de traitement des eaux usées pour les rejets urbains, et les contrôlés quotidiennement dans le but éliminer et diminuer les impuretés évacuer vers la mer. En cas où la pollution persiste, il faut mettre la plage comme zone interdite à la baignade et à la pêche, en plus il faut éparer les évacuations des eaux usées en installant des grilles filtrants dans le but éliminer et diminuer les quantités des macros déchets rejetés en mer.
- ✚ Faire des analyses au niveau du rejet industriel (le complexe industriel soi-chlore) et mettre en connaissance les autorités de l'environnement sur le danger vis-à-vis l'écosystème marin. En cas où on ne peut pas le réparé, il faut donc stopper totalement ou éliminé le rejet vers autre égout loin de la mer, dernièrement il y a une application (en cour de négociation) en mois **11 Mai 2011(selon les informations de la presse de la wilaya de Mostaganem)** qui annonce l'arrêt totale de l'usine grâce aux dommages provoqués par ce dernier et la transfère au autre zone terrestre (complexe industriel de **FARNAKA**).
- ✚ Création d'un réseau de surveillance locale (**la baie de Mostaganem**).
- ✚ Respecté les lois mentionnés par les conventions mises par le **CMA** (le code maritime algérien) dans le titre à protégé l'espace marin et ses ressources biologiques, encouragé les recherches scientifiques en milieu marin afin de comprendre les problèmes qui freinent le déroulement de l'activité biologique des organismes aquatiques, et donné des solutions et des réponses à la question : pour quoi en ne trouve pas tels espèces dans la Crique de la Salamandre ?

- 1-** [AIPCN, 2003] : Directives environnementales relatives aux dépôts confinés en mer, sur estran où à terre de matériaux de dragage contaminés, rapport du groupe de travail N° 5 de la Commission pour l'environnement (ENVICOM) ; Bulletin de l'Association Internationale permanente des Congrès de navigation, 51 p.
- 2-** [Allen *et al.*, 1993] : Allen HE, Fu G, Den B. 1993. Analysis of acid volatile sulfide (AVS) and simultaneous extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments. *Environ Toxicol Chem* 12:1441-1453
- 3-** [Alzieu, 2005] Dragages et environnement marin. Etat des connaissances-comportement des polluants – Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 223 p.
- 4-** [Bellair et al, 1977] Bellair P., Pomerol C. 1977. Eléments de géologie. Armand Colin, Paris, 528p.
- 5-** [Bellair et Pomerol ; 1977] Bellair P., Pomerol C. 1977. Eléments de géologie. Armand Colin, Paris, 528p.
- 6-** [Bonnet C. 2000] Développement de bioessais sur sédiments et applications à l'étude, en laboratoire, de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés. Thèse, Université de Metz, Metz, France, 309 pp.
- 7-** [Boucheseche., 2002] Boucheseiche, Cremille E, Pelte T, Pojer K, 2002. Guide technique n°7, pollution toxique et écotoxicologie : notion de base. Lyon, Agence de l'eau Rhône – Méditerranée – Corse, 83pp.
- 8-** [Burgess ET Scott, 1992] Burgess RM, Scott KJ. 1992. The Significance of In-Place Contaminated Marine Sediments on the Water Column: Processes and Effects. In Burton, GAJ (Eds). *Sediment Toxicity Assessment*, Lewis, Chelsea, MI, USA. 129-165.
- 9-** [Burton, 1992a] Burton GA, 1992a. Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, London, 211p.
- 10-** [Burton,1992b; Bonnet, 2000] Burton GA, 1992a. Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, London, 211p.
- 11-** [Caplat, 2001] Caractérisation géochimique de sédiments fins du littoral du Calvados (Baie de Seine), thèse de doctorat, Sciences de la terre et de l'Univers, espace, Université de Caen, 224 p
- 12-** [Carpenter et al 1974] Cooling water chlorination and productivity of entrained phytoplankton, *Mar. biol.*, 16, 37-40. (Pollution des eaux marines p28).
- 13-** [Chapman *et al.*, 1987] Chapman PM, Dexter RN, Long ER. 1987. Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composite (the Sediment Quality Triad) in San Francisco Bay. *Mar Ecol Prog Ser* 37:75-96.

- 14-** [Chapman *et al.*, 1991] Chapman PM, Power EA, Dexter RN, Andersen HB. 1991. Evaluation of effects associated with an oil platform using the sediment quality triad. *Environ Toxicol Chem* 10:407-424.
- 15-** [Chapman *et al.*, 1998 ; Peterson *et al.*, 1996 ; Zoumis *et al.*, 2001] Chapman PM, Wang F. 2001. Assessing sediment contamination in estuaries. *Environ Toxicol Chem* 20(1):3-22.
- 16-** [Chapman PM, Long ER. 1983] The use of bioassays as part of a comprehensive approach to marine pollution assessment. *Mar Pollut Bull* 14:81-84.
- [Chapman, 1990] Chapman PM. 1990. The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. *Sci total Environment* 97/98:815-825.
- 17-** [Di Toro *et al.*, 1990] Di Toro DM, Mahony JD, Hansen DJ, Scott KJ, Hicks MB, Mayr SM, Redmond MS. 1990. Toxicity of cadmium in sediments : the role of acid volatile sulfide. *Environ Toxicol Chem* 9:1487-1502.
- 18-** [Di Toro *et al.*, 1991 ; Ankley *et al.*, 1994] Di Toro DM, Zarba CS, hansen DJ, Berry WJ, Swartz RC, Cowan CE, Pavlou SP, Allen HE, Thomas NA, Paquin PR. 1991. Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environ Toxicol Chem* 10:1541- 1583.
- 19-** [Erard-Le Denn, 1999] Dragages et environnement marin. Etat des connaissances ; comportement des polluants. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 223 p.
- 20-** [Ettajani, 1994] Ettajani H. 1994. Transfert des éléments traces essentiels ou toxiques dans la chaîne trophique marine à mollusque. Thèse, Université de Tours, France, pp 199.
- 21-** [F. Ramande ; 1974] J.M Pérèse, pollution des eaux marines p.51-64.
- 22-** [Förstner ET Wittman, 1979; Landrum et Robbins 1990] Förstner U, Wittmann GTW. 1979. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag. New-York. pp 475.
- 23-** [Förstner, 1987] U. 1987. Sediment-Associated Contaminants – An overview of Scientific Bases for Developing Remedial Options. *Hydrobiologia* 149:221-246.
- 24-** [Franck AGOSTINI b ; 2006] BONNET 2000 ; C. Bonnet. Développement de bioessais sur sédiments et applications à l'étude, en laboratoire, de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés. Thèse de doctorat. Université de Metz, UFR Sciences fondamentales et appliquées. Septembre 2006.p 50
- 25-** [Franck AGOSTINI a; 2006] Ecole doctorale : Université des Sciences et Techniques de Lille (La problématique des sédiments marins contaminés P.22).
- 26-** [Gallaway et Strawn ; M Pérèse, pollution des eaux marines. P45, 46.

- 1974]  
 [Galstoff & al 1953] Effects of curde pollution on oysters in Louisiana water,Bull. Bur. Fish. Was 18. P 143.210
- 27- [Garrivier, 1995] Garrigues P, Budzinski H, Manitz MP, Wise SA. 1995. Pyrolytic and Petrogenic Inputs in recent Sediments: A definite signature through Phenanthrene and Chrysene Compound Distribution. *Pol Arom Comp* 7:275-284.
- 28- [H. Pariselle ; 1956] M Pérèse, pollution des eaux marines.
- 29- [J. Ancelln ; 1974] M Pérèse, pollution des eaux marines.
- 30- [J.M. Hill & G.R. Helz 1973] M Pérèse, pollution des eaux marines.
- 31- [Kaiser, 2001] Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment (Enfield: Sciences publishers inc.).
- 32- [Karikhoff *et al.*, 1979] Karikhoff SW, Brown DS, Scott TA. 1979. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. *Wat Res* 13:241-248.
- 33- [Keith et Teillard, 1979] Keith LH, Teillard WA. 1979. Priority pollutants. A perspective view. *Environ Sci Technol* 13:416- 423.
- 34- [Langstone, 1999] J Lansgtone, G. R Burt And Pope N. D, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 48 (1999) 519- 54
- 35- [Lau et Chu, 1999] Lau SSS, Chu LM. 1999. Contamination release from sediment in a coastal wetland. *Wat Res* 33(4):909-918.
- 36- [Loi Grenelle II] la pollution des eaux marine J-M. pérèse et al 1973 p1, 2 et 3.
- 37- [Loiselle et al, 1997] Le Saint-Laurent : Dynamique et contamination des sédiments. Rapport thématique sur l'état du Saint-Laurent, publié par le Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, Conservation de l'Environnement, Région du Québec, 127 p.
- 38- [Mason & Jenkins, 1995] Mason AZ, Jenkins KD. 1995. Metal detoxication in aquatic organisms. In Metal speciation and bioavailability in aquatic systems. Eds Tessier A, Turner DR, Vol 3. Wiley & Sons Chichester, pp. 469-608.
- 39- [McCauley *et al.*, 2000] McCauley DJ, DeGraeve GM, Linton TK. 2000. Sediment quality guidelines and assessment: overview and research needs. *Environmental Science & Policy* 3:133-144.
- 40- [McElroy *et al.*, 1989] McElroy AE, Farrington JW, Teal JM. 1989. Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. In Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Varanasi U, ed. CRC, Boca Raton, FL, USA, pp 1-40
- 41- [Menzel & al 1970] Pollution des eaux marines J.M pérèse 1974, marine phytoplankton

vary in thier response to chlorinated hydrocarbons, science,167 1970, 1724/26. P61-63.

- 42- [Michel, 1993a]** Michel P. 1993a. L'arsenic en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Repères Océan, IFREMER, 4, 62p.
- 43- [Monbet, 1999]** Dragages et Environnement marin. Etat des connaissances ; comportement des polluants. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 223 p.
- 44- [Morisson, 1989]** Morisson GMP, 1989. Trace element speciation and its relationship to bioavailability and toxicity in natural waters. In: Batley GE (ed). Trace element speciation: analytical methods and problems. CRC Press. Boca Raton. 25-41
- 45- [Neff, 1979]** Neff JM. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, fates and biological effects. Applied science publishers Ltd. Ripples road, Barking, Essex, England, 262pp
- 46- [Oehlmann, J. et Schulte-Oehlmann, U. (2003)]** Molluscs as bioindicators. Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications, B.A. Market, A.M. Breure, H.G.
- 47- [P. Michel ; 1974]** pollution par les hydrocarbures : interaction avec les biocénoses (J.M. Pérèse, pollution des eaux marines 1974) p105-115
- 48- [Peterson *et al.*, 1996]** Peterson GS, Ankley GT, Leonard EN. 1996. Effects of bioturbation on metal-sulfide oxidation in surficial freshwater sediments. *Environ Toxicol Chem* 15:2147-2155.
- 49- [Ph. Lourd ; 1974]** la lutte contre la pollution des mers par les hydrocarbures (la pollution des eaux marine J-M. pérèse et al 1974) p 99-104
- 50- [Polikarpove ; 1966]** J.M. Pérèse, pollution des eaux marines 1974.
- 51- [Power EA, Chapman PM. 1992]** Contribution à l'évaluation de l'impact des dragages et des immersions sur les communautés macrozoobenthiques du Port de Dunkerque et de ses zones de vidage, thèse de doctorat, environnement et écosystèmes marins et continentaux, Université des Science et Technologies de Lille, 316 p.
- 52- [R.G.Wear 1974]** J.M. Pérèse, pollution des eaux marines 1974.
- 53- [Ramade, 1998]** Ramade F. 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience Paris, FRA. 785p.
- 54- [Raoux et Garrigues, 1993]** Raoux CY, Garrigues P. 1993. Mechanism model of polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of marine coastal sediments from the Mediterranean sea. *In* Proceedings of the 13th international symposium on polynuclear aromatic hydrocarbons. Garrigues P, Lamotte M, eds. Gordon and Breach publishers. pp 443-450.

- 55- [Rasmussen ET Andersen, 1999]** Rasmussen AD, Andersen O. 1999. Cadmium transfer between water and sediments studied in laboratory experiments and with a computer model. *Bull Environ Contam Toxicol* 63:720- 727.
- 56- [Chouti et al. J. Appl. Biosci. 2010]** Elements traces métalliques dans les sédiments de la lagune Porto-Novo ; *Journal of Applied Biosciences* 34: 2186 - 2197  
ISSN 1997–5902.
- 57- [Reyms-Keller et al, 1998]** Yao, M Soro, T Albert, Y Bokra, 2009: Assessment of Sediments Contamination by Heavy Metals in Tropical Lagoon Urban Area (Ebrié Lagoon, Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 34 No.2 (2009), pp. 280-289.
- 58- [Riserbourgh R.E ; 1971]** J.M. Pérèse, pollution des eaux marines 1974.
- 59- [RNO 1998]** Surveillance du milieu marin, Travaux du RNO, Edition 1998, Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- 60- [Rodier, J ; 1978]** analyse de l'eau de mer, eau résiduaires et naturelles. 8<sup>ème</sup> édition.
- 61- [Rybicka et al., 1995]** Rybicka EH, Calmano W, Breeger A. 1995. Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals; an experimental study. *Applied Clay Science* 9:369-381.
- 62- [Siung-Chang, 1997]** A review of marine pollution issues in the Caribbean. *Environmental Geochemistry and health* 19, 45-55.
- 63- [Stallard et al., 1987]** Stallard, M., Hodge, V. et Goldberg, E. (1987). TBT in California coastal waters: monitoring and assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 9, 195-220.
- 64- [Stebbing et al., 1980 ; Chapman et Long, 1983]** ARD, Akesson B, Calabrese A, Gentile JH, Jensen A, Lloyd R. 1980. The role of bioassays in marine pollution monitoring. *Rapp P-v Réuni Cons int Explor Mer*, 179:322-332.
- 65- [Swartz et al. (1986)]** Swartz RC, Cole FA, Schults DW, DeBen WA. 1986. Ecological changes in the Southern California bight near a large sewage outfall benthic conditions in 1980 and 1983. *Mar Ecol Prog Ser* 31:1-13.
- 66- [Tibbett M, Hartley M & Hartley S (2000)]** GLOSSAIRE DE BIOCHIMIE ENVIRONNEMENTALE ; Tibbett M, Hartley M & Hartley S (2000) *J. Basic Microbiol.* **40** : 393-395  
Nasholm T & Persson J (2001) *Physiol. Plant.* **111** : 419-426.
- 67- [Wolfe et al, 1972; Rice et al, 1979]** Wolfe DA, Long ER, Thursby GB. 1996. Sediment toxicity in the Hudson-Raritan estuary : Distribution and correlations with chemical contamination. *Estuaries* 19(4):901-912.
- 68- [Yao, M Soro, T Albert, Y Bokra, 2009]** Assessment of Sediments Contamination by Heavy Metals in Tropical Lagoon Urban Area (Ebrié Lagoon, Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 34 No.2 (2009), pp. 280-289

- 69-** [Zoumis *et al.*, 2001] Zoumis T, Schmidt A, Grigorova L, Calmano W. 2001. Contaminants in sediments: remobilisation and demobilisation. *The Science of the Total Environment* 266:195-202.
- 70-** [Cassandre Sara Lazar ; 2010] THÈSE / UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE ; Préparée à l'Ifremer, Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes (Diversité et activité des communautés microbiennes dans des sédiments marins associés aux émissions de fluides froids 2010) P33
- 71-** [Le BULLETIN de l'UNAN 33 n°24 07-2006] UNAN 33, Union des Associations de Navigateurs de Gironde ; *Association loi 1901 n° 9/06506* Centre Nautique Pierre Mallet- Port de Plaisance- 33120 Arcachon.
- 72-** [M. A. Tagourti & al 2009] *M. A. Tagourti- S. Tlig - N. Slim Shimi (INFLUENCE DE LA SEPARATION GRANULOMETRIQUE SUR LA COMPOSITION DES SEDIMENTS EN METAUX LOURDS, 2009.*
- 73-** [V. DUBOIS ; 2006] Etude du comportement physico-mécanique et caractérisation environnementale des sédiments marins – Valorisation en technique routière 2006. P11.
- 74-** [Beaugelin- seiller. O. Simon ; 2004] FICHE RADIONUCLÉIDE, direction de l'environnement- service d'étude du comportement des radionucléides dans les écosystèmes. Vérifier par : J. M. Bonzom.
- 75-** [M. Benaissa ; 2010] Etude physico-chimique pour l'évaluation des effluents responsables de la pollution au niveau de l'Oued el Mactaa.
- 76-** [EL GHOBARY, H 1984] Diagenèse précoce en milieu littoral et mobilité des éléments métalliques. Thèse d'état, Bordeaux I, 271 p.
- 77-** [RAMOS *et al.*, 1994 ; AZZAOUÏ *et al.*, 1998 ; ALGAN *et al.*, 2004] RAMOS, L., REMENDEZ, L.M., et GONZALEZ, M.J., 1994. Sequential fractionation of copper, Lead, Cadmium and zinc in soils from or near Donana national park. *J. Envi. Qual.*, 23 : 50-57.
- 78-** [ESSONNI (1998) et ALGAN *et al.* (2004)] Etude de la dynamique des sels nutritifs et des métaux lourds en relation avec la sédimentologie et l'hydrodynamique dans le large du Golfe de Tunis. These de doctorat, Université de Tunis II, 222 p
- 79-** [Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec ; 2011] **MA. 205 – Mét/P 1.0** Édition : 2003-12-11 ; **Méthode d'analyse** Détermination des métaux et du phosphore dans les sédiments : méthode par spectrométrie d'émission au plasma d'argon après minéralisation acide
- 80-** [PASCAL GREGOIRE ; 2004] MODELE CONCEPTUEL D'AIDE A LA DECISION ; MULTICRITERE POUR LE CHOIX NEGOCIE D'UN SCENARIO DE DRAGAGE MARITIME