

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN d'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

Contribution à l'évaluation des taux des hydrocarbures  
aromatiques polycycliques dans le sédiment marin de la  
baie de Bou Ismail.

Présenté par :

M<sup>elle</sup> SAADI Rima

M<sup>elle</sup> SAFIR Fairouz

Soutenu le 29 /10/2014 devant le jury suivant :

Mme LOUANCHI. F	Professeur (ENSSMAL)	Présidente
Mr BOUGHRIRA. A	Doctorant (ENSSMAL)	Promoteur
Mme BACHARI-HOUMA. F	Professeur (ENSSMAL)	Co-promotrice
Mr KADA. M	Doctorant (ENSSMAL)	Examinateur

Promotion : 2014

## *Dédicace*

*Avec une grande joie je dédie ce modeste travail :*

*À mes chers parents qui m'ont tant aidé et encouragé dans  
l'espoir d'une réussite à mes études.*

*À mes deux adorables sœurs, mon frère et bien sûr sans  
oublier alaa et Isaak, Imad Eddine, Nabil, Kader et toute la  
famille « SAFIR ».*

*À mon binôme Ryma que j'aime beaucoup avec laquelle j'ai  
partagé cette expérience avec énormément de moments  
d'émotion.*

*À Abdel Ali.*

*À ma très chère amie : Radouchti.*

*À vous Mr. Boughrira, mon promoteur : je vous garderai  
l'image de l'enseignant toujours sérieux et soucieux de  
transmettre à l'étudiant le sens de la rigueur et du travail.*

*À toute la section d'environnement.*

*Enfin à tous ceux dont le nom n'a pas été cité et dont le  
soutien moral m'a été d'un grand secours.*

*Je vous remercie tous.*

*Et que dieu vous protège.*

**Fairouz**



## *Dédicace*

*Avec une grande joie je dédie ce modeste travail :  
À mes chers parents qui m'ont tant aidée et encouragée dans  
l'espoir d'une réussite à mes études.*

*À ma grande sœur Sabrina et ma jumelle Dahbia, à mon frère  
Oussama et bien sûr sans oublier toute la famille « SAADI ».*

*À mon binôme Fairouz que j'aime beaucoup avec laquelle j'ai  
partagé ces 5 ans d'études avec énormément des moments  
d'émotion.*

*À ma très chère amie : Radouchti.*

*À vous M<sup>r</sup>. Boughrira, mon promoteur qui nous a aidées à  
distance.*

*Je garderai l'image de l'enseignant toujours sérieux et  
soucieux de transmettre à l'étudiant le sens de la rigueur et  
du travail.*

*À tous mes amies de la section d'environnement.*

*Enfin à tous ceux dont le nom n'a pas été cité et dont le  
soutien moral m'a été d'un grand secours.*

*Je vous remercie tous  
Et que DIEU vous protège.*

*Rem*



# Remerciements

*Au terme de ce modeste travail, nous tenons tout d'abord à remercier « Allah » le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et surtout la santé pour réaliser ce travail.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à nos parents par leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué.*

*Nous tenons également à remercier infiniment notre promoteur Mr : **Boughfirira Abdelhak** de nous avoir encadrés.*

*Et nous tenons à exprimer notre profond respect et nos sentiments de gratitude les plus sincères à Mme : **Bachari Houma** notre Co-promotrice qui a contribué énormément à la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous remercions Madame **Louanchi** qui a très aimablement acceptée de présider le jury.*

*Nous remercions aussi Monsieur **Kada** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL : **Fatima** et **Youcef** pour avoir toujours répondu avec célérité et compétence à nos multiples demandes de documentation.*

*Ce travail n'aurait pas été possible sans l'appui logistique et humain du laboratoire de recherche de **Sidi Fredj**. Que toute l'équipe trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Nous remercions Mr : **Makki** pour son conseil, son orientation et le temps qu'il nous a consacré afin de réaliser ce travail.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

**Rima et Fairouz**

# Sommaire

<b>Introduction</b>	12
---------------------	----

## CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

<b>I.1-Le pétrole</b>	14
<b>I.2- Les hydrocarbures</b>	14
I.2.1.Définition des hydrocarbures	14
I.2.2.Classification des hydrocarbures	15
I.2.3-Toxicité des HAP	16
I.2.4-Mobilité et biodisponibilité des HAP dans le sédiment	17
I.2.5-Origine des hydrocarbures dans l'environnement marin	18
5.1. Origine naturelle	18
5.2. Origine Anthropique	18
I.2.6-Propriétés physiques des hydrocarbures	19
I.2.7- Comportement et devenir des hydrocarbures en mer	21
I.2.8-Pénétration des hydrocarbures dans la chaîne alimentaire	23
I.2.9- Impact environnemental des hydrocarbures	23

## CHAPITRE II : Présentation de la Zone d'Etude

<b>II.1- Localisation géographique de la baie de Bou Ismaïl</b>	28
<b>II.2-Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl</b>	29
<b>II.3-Facteurs hydrodynamiques</b>	30
II.3.1. Les Courants	30
II.3.2. Les houles	30
<b>II.4-Réseau hydrographique / apports terrigènes</b>	31
<b>II.5-Conditions météorologiques dans la baie de Bou Ismaïl</b>	32
II.5.1. Climats	32
II.5.2. Vents	32
II.5.3. Température et précipitations	32
<b>II.6- Etat de pollution dans la baie de Bou Ismaïl</b>	32

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

<b>III.1- Travaux effectués en mer</b>	37
III.1.1. Choix et localisation des stations de prélèvement	37
III.1.2. Prélèvement des sédiments superficiels	38
III.1.3. Mesure des paramètres physico-chimiques	38
III.1.3.1. Température (T)	39
III.1.3.2. Salinité S ‰ ou (P.S.U)	39
III.1.3.3. Potentiel d'hydrogène (PH)	39
III.1.3.4. Oxygène dissous (OD)	39

<b>III.2-Travaux effectués aux laboratoires</b>	39
III.2.1. Conditionnement du matériel utilisé	39
III.2.2. Préparation des produits d'analyse	40
III.2.2.1. Produits solides	40
III.2.2.2. Les produits liquides	40
III.2.3. Quantification de la matière organique dans le sédiment	41
III.2.4-Traitement du sédiment superficiel marin pour l'analyse des hydrocarbures	42
III.2.4.1. Protocole d'extraction des hydrocarbures dans le sédiment	44
<b>III.3- Technique d'analyse des hydrocarbures</b>	49
III.3.1. Spectrofluorimétrie à rayonnement ultraviolet (S.F.U.V)	49
III.3.1.1.Principe	49
III.3.1.2. Appareillage analytique	49
III.3.1.3. Etalonnage et préparation des standards	50
III.3.1.4. Mesure des intensités de fluorescence	51
III.3.1.5.Détermination des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques	51
III.3.1.6.Calcul des concentrations finales en hydrocarbures aromatiques polycycliques	52

## Chapitre IV : Résultats et Discussion

<b>IV.1- Résultats des paramètres physico-chimiques</b>	54
IV.1.1. Température (T)	54
IV.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	55
IV.1.3. Salinité S ‰	56
IV.1.4. Oxygène dissous (OD)	56
IV.1.5. Matière Organique	57
<b>IV.2- Les concentrations des HAPs dans les Sédiments superficiels</b>	58
IV.2.1.Corrélation entre les hydrocarbures polyaromatiques-Matière organique	59
IV.2.2.Comparaison des concentrations des HAP dans les sédiments superficiels de la baie de Bou Ismail	60
<b>IV.3- Interprétation des graphes d'absorbance dans le domaine ultraviolet</b>	61
<b>Conclusion</b>	66
<b>Références bibliographiques</b>	67
<b>Annexes</b>	71

# Liste des Figures

<b>Figure 1.1</b> : comportement des hydrocarbures en mer.....	23
<b>Figure 2.1</b> : Situation géographique de la baie de Bou-Ismail.....	28
<b>Figure 2.2</b> : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismail.....	29
<b>Figure 2.3</b> : Hydrodynamisme dans la baie de Bou-Ismail.....	30
<b>Figure 2.4</b> : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismail.....	31
<b>Figure 2.5</b> : Pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismail.....	34
<b>Figure 3.1</b> : Positionnement des stations de prélèvement à la Baie de Bou-Ismail.....	37
<b>Figure 3.2</b> : Benne Van-Veen.....	38
<b>Figure 3.3</b> : Valise multiparamétrique.....	38
<b>Figure 3.4</b> : Four à moufle.....	42
<b>Figure 3.5</b> : Balance.....	42
<b>Figure 3.6</b> : Diagramme récapitulatif des principales étapes de traitement pour l'analyse des hydrocarbures dans le sédiment superficiel marin.....	43
<b>Figure 3.7</b> : Lyophilisateur.....	44
<b>Figure 3.8</b> : mortier.....	44
<b>Figure 3.9</b> : Batterie d'extraction ou Soxhlet.....	45
<b>Figure 3.10</b> : évaporateur rotatif.....	46
<b>Figure 3.11</b> : dispositif de sous Jet d'azote.....	46
<b>Figure 3.12</b> : Purification et fractionnement par chromatographie sur colonne ouverte.....	48
<b>Figure 3.13</b> : SFUV de marque Hitachi.....	50
<b>Figure 3.14</b> : Les fioles des solutions standards.....	50
<b>Figure 3.15</b> : Droite d'étalonnage à 380 nm.....	51
<b>Figure 4.1</b> : Variations de la température dans la baie de Bou-Ismail.....	54
<b>Figure 4.2</b> : Variations du potentiel d'hydrogène dans la baie de Bou-Ismail.....	55
<b>Figure 4.3</b> : Variations de la salinité dans la baie de Bou-Ismail.....	56
<b>Figure 4.4</b> : Variations des teneurs en oxygène dans la baie de Bou-Ismail.....	56

<b>Figure 4.5 :</b> Variations de la Matière organique dans la baie de Bou-Ismaïl.....	57
<b>Figure 4.6 :</b> Variation des concentrations des HAP ( $\mu\text{g/g}$ ) dans les sédiments de la baie de Bou-Ismaïl.....	58
<b>Figure 4.7 :</b> Corrélation entre la matière organique et teneur en HAP dans les sédiments.....	59
<b>Figure 4.8 :</b> Echantillon 1 : le pic d'absorption est entre 340 et 390 nm (environ 365).....	61
<b>Figure 4.9 :</b> Echantillon 3 : le pic d'absorption est entre 300 et 340 nm (environ 320).....	62
<b>Figure 4.10 :</b> Echantillon 2 ; 4 : le pic d'absorption est entre 300 et 390 nm (environ 340).....	63
<b>Figure 4.11 :</b> Echantillon 5 ; 6 : le pic d'absorption est entre 300 et 390 nm (environ 340).....	63

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.1</b> : Effets à court et long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et peuplements.....	26
<b>Tableau 2.1</b> : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza.....	33
<b>Tableau 2.2</b> : les activités polluantes dans la Baie de Bou-Ismail.....	35
<b>Tableau 3.1</b> : Référence et utilisation des produits chimiques solides dans le traitement des hydrocarbures dans le sédiment.....	40
<b>Tableau 3.2</b> : Références et utilisations des produits chimiques liquides dans le traitement des hydrocarbures dans le sédiment.....	41
<b>Tableau 3.3</b> : concentrations des standards d'étalonnage.....	50
<b>Tableau 4.1</b> : Résultats des paramètres physicochimiques.....	54
<b>Tableau 4.2</b> : Concentration des HAP dans les sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismail (travaux de l'ENSSMAL).....	60

## Liste des Acronymes

**C.O.I** : Commission Océanographique Intergouvernementale.

**EPA** : Agence Environnementale Américaine.

**GESAMP** : Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Pollution.

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

**LEM** : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

**MO** : Matière Organique.

**ONM** : Office National de Météorologie.

**pH** : potentiel d'Hydrogène.

**PSU** : Pratical Salinity Unit.

**SFUV** : Spectro Fluorimétrie Ultra-Violet.

**St** : Stations.

**T** : Température.

# *Introduction*

La Méditerranée a toujours été un carrefour de civilisations et de cultures, actuellement elle est l'une des mers les plus polluées du monde, elle est sillonnée par 50% de la circulation maritime mondiale dont plus de 20% sont celles du transport des hydrocarbures.

La mer Méditerranée représente 1% de la surface maritime mondiale. Elle est considérée comme l'une des mers les plus exposées au risque de la pollution par les hydrocarbures et les substances chimiques dangereuses. Elle représente la principale voie maritime de transport du pétrole brut à partir des gisements du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, vers les principaux consommateurs (TELBAHR, 2006).

Les zones côtières sont des espaces fragiles et très sollicités. Elles sont exposées à des énormes risques : la pression démographique, la croissance des zones urbaines, associée à une expansion rapide de l'industrie et du tourisme et à une exploitation intensive des ressources marines. Cela a suscité une prise de conscience de la communauté internationale concernant le développement durable de ces espaces et leurs ressources naturelles.

La côte algérienne constitue aussi une voie de navigation et de transit préférentiel des pétroliers et des tankers dans le bassin occidental. Cette situation fait peser une pression importante sur la côte algérienne et une vulnérabilité vis-à-vis des pollutions marines par les hydrocarbures.

Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux marines. Cette pollution résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis : Carburants et lubrifiants, (*in Boughrira, 2012*)

La pollution par les hydrocarbures peut être accidentelle mais la principale source est volontaire. 21 accidents ont été enregistrés en Algérie depuis 37 ans dont le plus récent est la fuite d'hydrocarbures dans le port d'Alger 2008.

L'objectif général de ce travail, est l'évaluation du taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le sédiment marin dans la baie de Bou-Ismaïl, afin de révéler les éventuelles sources de pollution et de permettre sa prise en charge par les dispositifs disponibles et les moyens nécessaires et adéquats.

Pour atteindre cet objectif, notre mémoire est composé de plusieurs chapitres :

Un premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur les hydrocarbures rappelant leur définition, classification, les principales caractéristiques physico-chimiques ainsi que leur origine dans l'environnement marin et leur impact.

Le deuxième chapitre décrit la zone d'étude, la sédimentologie, le réseau hydrographique, les facteurs hydrodynamiques ainsi que les conditions météorologiques dans la baie de Bou-Ismaïl.

Le troisième chapitre présente la méthode appliquée pour l'extraction et l'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans la matrice sédimentaire.

Le dernier chapitre présente dans un premier temps une interprétation des résultats relatifs aux paramètres physicochimiques à savoir le pH, la température, la salinité, l'oxygène dissous, puis les résultats obtenus à l'issue de l'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le sédiment marin.

Enfin une conclusion générale clôture ce mémoire.

*Chapitre I*

*Synthèse*

*Bibliographique*

## **I.1-Le pétrole**

Le pétrole est une roche à l'état liquide. Il se présente sous forme bitumeuse et résulte de la décomposition anaérobie de matière organique fournie par du plancton marin. Ces organismes qui existent depuis le précambrien constituent un sapropel coincé dans des terrains sédimentaires de tout âge. Le processus de fermentation se produit en même temps que celui de la sédimentation et ses types de dépôts se développent dans les systèmes lagunaires, milieux anaérobies et de décantation. **(Fattal, 2008)**.

Les dénominations du pétrole dépendent d'une part de la situation du gisement et des conditions de formations géologiques et d'autre part par les opérations de raffinage de pétrole brut permettant de séparer les diverses catégories de constituants de pétrole et d'obtenir des huiles et des carburants divers et complexes qui vont avoir des comportements différents dans le milieu, notamment lorsqu'une marée noire survient.

Les critères qui permettent de différencier les hydrocarbures sont : la densité, la viscosité, le point d'écoulement, le point d'éclair, le point d'ébullition et la tension superficielle.

Les caractéristiques les plus importantes pour définir le comportement des hydrocarbures en mer sont en plus la teneur en fraction légères, en paraffines et en aromatiques, **(Amiard, 2005, Chalansonnet et Joyeux, 2005)**.

## **I.2-Les hydrocarbures**

Lorsqu'on aborde les statistiques relatives aux apports d'hydrocarbures à l'océan, le sujet est parfois complexe, en matière de pollution en mer, les sources ne manquent généralement pas, fournies par des structures américaines ou par des comités d'experts **(GESAMP, 2001)** qui s'accordent plus ou moins sur les chiffres. Cette relative disparité tient en partie au fait que les petites pollutions ne sont pas toujours quantifiées. De plus, une partie du déballastage en mer ne rentre pas dans les statistiques, **(Marchand, 2003)**.

### **I.2.1.Définition des hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont des composés de chaînes moléculaires constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène (C et H). Un atome de carbone peut être relié à quatre atomes d'hydrogène ou à d'autres atomes de carbone, par des liaisons simples, doubles ou triples. Dans ces deux derniers cas, les chaînes carbonées peuvent être linéaires, ramifiées ou cycliques. En plus du carbone et de l'hydrogène, il existe d'autres éléments minoritaires qui sont des composants qui contiennent des atomes de soufre, d'azote et d'oxygène **(Fattal, 2008)**.

Selon la manière dont les atomes de carbones sont liés les uns aux autres, on distingue deux types d'hydrocarbures : **les saturés et les insaturés**.

- ✚ **Les hydrocarbures saturés** : dans lesquels toutes les liaisons C-C sont des liaisons simples résultant de la mise en commun de deux électrons (-C = C-). On les appelle **saturés** car ils ne peuvent pas fixer d'éléments supplémentaires à ceux qui constituent leur molécule.

- ✚ **Les hydrocarbures insaturés** : dans lesquels une ou plusieurs liaisons C-C sont des liaisons multiples, résultant de la mise en commun de quatre ou de six électrons, ils peuvent fixer certains éléments grâce aux électrons supplémentaires de leurs liaisons multiples (Lefebvre, 1978).

## I.2.2. Classification des hydrocarbures

Il existe plusieurs familles, on peut les classer comme suit :

- ✚ **Les hydrocarbures aliphatiques**
- ✚ **Les hydrocarbures naphténiques**
- ✚ **Les hydrocarbures aromatiques polycycliques**

### 1. Les hydrocarbures aliphatiques

Les alcanes sont des hydrocarbures légers, aliphatiques, saturés (c'est-à-dire que toutes les liaisons des différents atomes sont utilisées par des atomes d'hydrogènes), à chaîne droites (n-alcane) ou ramifiée (iso-alcane). On les appelle aussi paraffines ; ces alcanes représentent environ 30% du poids du pétrole brut.

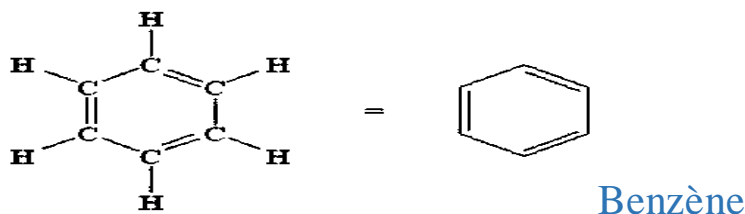
Dans le cas de pollution marine, ces pétroles qui sont peu nocifs (sauf pour les plus légers d'entre eux à moins de douze atomes de carbone) ont une biodégradation rapide, surtout lorsque les chaînes sont droites. (In Abderrahmani, 2011).

### 2. Les hydrocarbures naphténiques

Les cyclo-alcanes : renferment des composés cycliques (à 5 ou 6 atomes de carbone) saturés et le plus souvent substitués. Quelques dérivés polycycliques sont aussi présents et certains d'entre eux tels les stéranes et les triterpanes sont caractéristiques d'un pétrole brut. Cette famille peut représenter entre 30 et 50 % des hydrocarbures totaux d'un pétrole brut. (In Abderrahmani, 2011).

### 3. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)

Les hydrocarbures aromatiques sont des hydrocarbures insaturés qui contiennent au moins un cycle benzénique. Un cycle benzénique est constitué par six atomes de carbone et d'une conjugaison de liaison simple et double, sa formule brute est  $C_6H_6$  (Fattal, 2008).



Ils sont persistants et toxiques due à leur insolubilité qualifiée comme « Unresolved Complex Mixture » (UCM). Ils forment généralement entre 15 et 40 % des pétroles bruts. Certains composés à plusieurs noyaux aromatiques tels que le benzo(a)pyrène sont doués d'une grande stabilité et sont reconnus comme mutagènes, cancérigènes et se bio-accumulent fortement (Fattal, 2008).

Les hydrocarbures benzéniques possèdent une odeur assez caractéristique, parfois agréable. Ils sont souvent très toxiques, parfois cancérigènes. Ils sont moins denses que l'eau et y sont extrêmement peu solubles.

La plupart des hydrocarbures aromatiques polycycliques sont peu volatils, très peu solubles dans l'eau. Ces substances sont stables (hydrolyse négligeable) mais leur biodégradabilité varie fortement selon les conditions du milieu (INERIS, 2005).

Etant hydrophobes, liposolubles, les hydrocarbures aromatiques polycycliques ont tendance à s'adsorber sur les matrices solides et notamment les matières organiques, (In Boughrira, 2012).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques peuvent être classés en trois groupes basés sur le nombre de cycles aromatiques qu'ils contiennent et leurs masses moléculaires :

- hydrocarbures aromatiques polycycliques de faibles masses moléculaires (de l'ordre de 152-178 g/mol, soit 2 à 3 cycles) : naphthalène, acénaphylène, acénaphène, fluorène, anthracène et phénanthrène – **solubilité et volatilité la plus élevée.**
- hydrocarbures aromatiques polycycliques de masses moléculaires intermédiaires (de l'ordre de 202 g/mol, 4 cycles) : **fluoranthène, pyrène.**
- hydrocarbures poly aromatiques à masses moléculaires élevées (de l'ordre de 228-278 g/mol, soit 4 à 6 cycles) : benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, dibenzo(ah)anthracène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3, cd)pyrène – **sorption la plus forte (INERIS, 2005).**

### **I.2.3-Toxicité des HAP<sub>s</sub>**

L'une des raisons ayant conduit au classement des HAP<sub>s</sub> dans la liste des polluants prioritaires de l'EPA (agence environnementale américaine) est le caractère toxique de certains d'entre eux. Ce sont des molécules biologiquement actives qui, une fois absorbées par les organismes, se prêtent à des réactions de transformation sous l'action d'enzymes conduisant à la formation d'époxydes et / ou de dérivés hydroxylés.

Les métabolites ainsi formés peuvent avoir un effet toxique plus ou moins marqué en se liant à des molécules biologiques fondamentales telles que les protéines, l'ARN, l'ADN et provoquer des dysfonctionnements cellulaires.

Cependant, les effets toxicologiques de tous les HAP<sub>s</sub> actuellement, sont imparfaitement connus ; toutefois, les données expérimentales disponibles chez l'animal ont montré que certains HAP pouvaient induire spécifiquement de nombreux effets sur la santé, des effets systémiques (hépatiques, hématologiques, immunologiques et développement d'athéroscléroses), et / ou des effets sur la reproduction ainsi que des effets génotoxiques (mutagènes) et cancérigènes (INERIS, 2005).

#### **I.2.4-Mobilité et biodisponibilité des HAP<sub>s</sub> dans le sédiment**

La forme physico-chimique d'un composé détermine sa mobilité, biodisponibilité et toxicité vis à vis des organismes vivants. 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. Ces échanges sont complexes et influencés par de nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques. (**In Dehane, 2012**).

Les HAP<sub>s</sub>, faiblement solubles dans l'eau, s'associent très facilement aux particules ainsi qu'à la matrice organique. Cependant, des échanges existent entre la phase particulaire et la phase dissoute ; ils sont influencés par la teneur en matière organique (exprimé en teneur de carbone organique, CO) et la granulométrie des sédiments.

La mobilité et la disponibilité des HAP<sub>s</sub> dépendent également de la source qui les a générés.

Les HAP<sub>s</sub> pétroliers présents sous forme d'émulsion avec l'eau sont plus facilement disponibles en comparaison des HAP<sub>s</sub> d'origine pyrolytique fortement adsorbés sur et dans les particules.

Le passage des composés organiques de la phase particulaire à la phase dissoute est principalement géré par le caractère hydrophobe de ces molécules, ainsi que par la quantité et la qualité de la matière organique.

Plus un composé est hydrophobe, plus il est fortement absorbé sur les particules. De la même façon, plus la teneur en matière organique est élevée, moins les HAP<sub>s</sub> sont mobiles et leur coefficient de partage diminue ( $K_p$ ) (Ce rapport se définit comme la concentration d'un composé  $i$  adsorbé à la phase solide (sédiment) et dissous dans l'eau à l'équilibre).

La qualité de colloïdes dans l'eau interstitielle joue également un rôle important dans la mobilité des composés organiques.

La granulométrie du sédiment joue également un rôle important dans la distribution des HAP.

Les HAP de poids moléculaire élevé (peu hydrosolubles) sont préférentiellement associés aux particules fines en comparaison des composés plus hydrosolubles ; leur mobilité et leur biodisponibilité diminuent donc lorsque la fraction de particules fines d'un sédiment augmente (**Geffard, 2001**).

## **I.2.5-Origine des hydrocarbures dans l'environnement marin**

### **5.1. Origine naturelle**

#### *a) Suintements sous-marins*

Ce sont des phénomènes naturels dû à la remontée des hydrocarbures fossiles du contenu de certains gisements situés sous le plateau continental dans les zones à activité sismique importante. (**In Debiche, 1991**).

#### *b) Hydrocarbures biogéniques*

Il est communément admis que beaucoup d'hydrocarbures peuvent être synthétisés par la matière vivante et notamment par les plantes. En mer, les algues benthiques ou phytoplanctoniques sont également riches en hydrocarbures puisque selon **Younjblood Et Blumer (1973)**, certaines d'entre elles contiennent de 100 à 200ppm d'hydrocarbures par rapport au poids sec.

### **5.2. Origine Anthropique**

Ces sources sont multiples, caractérisées par les apports liés à l'activité humaine. On distingue :

**A)-La Pollution chronique** : Elle est la cause principale liée au :

#### ❖ *Transport maritime*

C'est une source importante de pollution en milieu marin, comporte plusieurs causes de pollution :

- ✚ Le déballastage des eaux remplissant les citernes du rejet des pétroliers vers le port de chargement ; très sale jusqu'aux années 1970 où les navires n'utilisent pas le chargement sur résidus, dit aussi Load On Top ou LOT, il est devenu sensiblement plus propre avec la génération de ce procédé.
- ✚ Le déchargement aux terminaux.
- ✚ Le soutage et l'élimination des eaux de Cale.
- ✚ Le nettoyage en cale sèche (**Bertrand, 2000**).

#### ❖ *L'exploitation de gisements marins*

Elle peut provoquer des déversements lors de ses trois principales opérations : forage, production et transport par oléoduc sous-marin, mais compte peu dans le bilan global (**Bertrand, 2000**).

#### ❖ *Retombées atmosphériques*

Elles concernent les imbrûlés des produits lors de la combustion (échappement des automobiles, incendie de navires et de déversement pétrolier, etc.) ou les hydrocarbures gazeux vaporisés lors de fuites ou de manipulation. Ces composés sont pour la plupart rapidement oxydés. Seule une faible fraction retombe en mer, le plus souvent à proximité du lieu d'émission. L'estimation de ces retombées au cours de la période 1970-1985 est de 0,3 à 9Mt/an (**Bertrand, 2000**).

❖ **Apports terrestres**

Ils concernent les rejets terrestres drainés jusqu'à la mer par les rivières, les émissaires côtiers servant d'exutoires aux :

Raffineries côtières.

Industries côtières diverses (pétrochimie et autre).

Les eaux usées urbaines chargées d'hydrocarbures résiduels en particulier au voisinage des garages et ateliers de réparation d'automobiles, des stations d'essences, des aérodromes. (Tounsi, 1989).

## **B)-La Pollution accidentelle**

Cette pollution est généralement due aux navigations aboutissant aux collisions entre pétroliers ou à leur échouage. Ces accidents sont spectaculaires et peuvent avoir localement des conséquences dramatiques.

### **I.2.6-Propriétés physiques des hydrocarbures**

L'étude des propriétés physiques des hydrocarbures permet de distinguer les différents composés hydrocarbonés des pétroles bruts ou raffinés.

#### **1-La densité**

Elle détermine la flottabilité des hydrocarbures. Les paraffiniques ont tendance à rester en surface par contre les naphthènes ou les asphaltènes qui sont plus lourds peuvent couler.

La plupart des pétroles déversés accidentellement ont des densités comprises entre 0,8 et 1 et par conséquent flottent. Dès que le poids moléculaire augmente (entre 1 et 1,25), le pétrole coule jusqu'à une profondeur où la densité des hydrocarbures est égale à celle de l'eau.

Outre le poids moléculaire, la modification et l'augmentation de la densité est en fonction de la température, l'évaporation ou de l'association avec d'autres particules (Fattal, 2008).

#### **2-La viscosité**

La viscosité d'un fluide est due aux forces de frottement des molécules les unes contre les autres et elle dépend du pourcentage d'hydrocarbures légers. Elle traduit une mesure de la résistance à l'écoulement et s'exprime en centistokes (cSt – viscosité cinétique) pour une température donnée. Cette propriété régit la vitesse d'étalement d'une nappe d'hydrocarbure puis le degré de pénétration dans les sédiments lorsqu'elle arrive à la côte. En effet, plus un hydrocarbure est visqueux, moins il pénètre le sédiment (Fattal, 2008).

La viscosité diminue lorsque la température augmente et elle s'accroît par évaporation des composés volatils, par l'oxydation photochimique et surtout par formation d'émulsions inverses qui modifient le comportement initial du produit. (Fattal, 2008).

### 3-Le point d'écoulement

Le point d'écoulement est la plus basse température à laquelle le pétrole continue de couler. La majorité des hydrocarbures a un point d'écoulement inférieur à 0 °C. En dessous de ce seuil de température, l'hydrocarbure se fige. Il est lié corrélativement à la teneur en alcanes et plus le pourcentage en paraffine augmente, plus la température du point d'écoulement augmente. Dans le cas de pollution marine, ce point d'écoulement est un facteur important, tant à la côte qu'en mer, car selon l'exposition, la température ou les saisons, il peut varier. (Fattal, 2008).

### 4-Le point éclair

Le point éclair est la plus basse température à laquelle les fractions d'hydrocarbures s'enflamment lorsqu'elles sont soumises à une étincelle. Certaines essences ont des points d'éclair à -40 °C alors que le mazout, que l'on trouve dans une chaudière, à un point d'éclair aux alentours de 55 °C. (In Boughrira, 2012).

### 5-Le point d'ébullition

Chaque fraction d'hydrocarbures a une température d'évaporation. Les fractions légères s'évaporent à des températures basses et inférieures à 20 °C. Avec l'évaporation, les hydrocarbures restant deviennent plus visqueux et plus denses. (In Boughrira, 2012).

### 6-La tension superficielle

La tension superficielle dépend de la température et permet de mieux appréhender la vitesse d'étalement des nappes d'hydrocarbures. Plus la température augmente, plus la tension superficielle diminue et plus la vitesse d'étalement est importante. Dans ce cas, de vastes surfaces sont touchées par l'étalement. (Fattal, 2008)

### 7-Le coefficient de partage

C'est le rapport entre la composition d'un composé i, en phase vapeur ( $y_i$ ) et en phase liquide ( $x_i$ ) ce rapport est appelé le coefficient de partage, ( $K_i = Y_i / X_i$ ), il est en fonction de la température et de la pression, et nous renseigne sur la volatilité du composé. (In Boughrira, 2012).

### 8-La volatilité relative

La volatilité relative est le rapport du coefficient de partage entre deux composés ( $\alpha_{ij} = \frac{K_i}{K_j}$ ), Ce paramètre régit la séparation des différents composés au sein des colonnes à distiller.

(In Boughrira, 2012).

### 9-Limite de solubilité

Deux corps peuvent être miscibles en toutes proportions ou avoir une solubilité limitée. Quand on fait le mélange à p et T données, c'est la valeur minimale de l'enthalpie libre G qui va nous donner l'état le plus stable. (In Boughrira, 2012).

## I.2.7- Comportement et devenir des hydrocarbures en mer

Du fait de la très faible solubilité des hydrocarbures dans l'eau et de leur densité qui est légèrement inférieure à l'unité, les hydrocarbures rejetés dans les océans s'étalent à la surface avant de subir une série de modifications suite à l'action de facteurs abiotiques et biologiques. L'action simultanée de ces différents facteurs aboutira à l'élimination de cette pollution (**Bertrand et Mille, 1989**).

### 1. L'étalement

Le pétrole a tendance à s'étaler horizontalement sous l'action conjuguée des forces de gravité, de viscosité et de tension superficielle, ainsi, les hydrocarbures répandus sur l'eau forment une fine couche à l'aspect de lentille avec l'intérieur plus épais que les bords. Ce processus peut se poursuivre jusqu'à l'obtention d'une couche mono-moléculaire de  $0.5\mu\text{m}$  d'épaisseur, donnant des reflets argentés en surface. (**In Boughrira ,2012**)

### 2. L'évaporation

Ce processus survient dans les premières heures de déversement, Il touche les fractions de faible poids moléculaire et dépend des conditions atmosphériques. Les hydrocarbures les plus légers, ayant de 4 à 12 atomes de carbone ( $T_{\text{eb}} < 270\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) et qui représentent généralement près de 50 % des hydrocarbures totaux d'un brut moyen, sont éliminés rapidement dès les premiers jours, ce qui va diminuer ainsi la toxicité du pétrole. Il a également pour conséquence la modification de la viscosité du pétrole qui influence les actions de lutte antipollution. . (**In Boughrira ,2012**)

Les éléments qui conditionnent l'intensité de l'évaporation sont :

- ✚ La composition initiale du mélange
- ✚ L'épaisseur de la nappe
- ✚ L'étendue de nappe
- ✚ L'environnement climatique (température, vent, vague) au moment du déversement.

### 3. Solubilisation

La solubilité des hydrocarbures dans l'eau de mer est très faible. Un hydrocarbure est d'autant plus soluble que sa masse moléculaire est faible et que sa polarité est élevée. Il est important de noter que ces hydrocarbures solubles sont parmi les plus dangereux pour l'environnement, ils sont difficiles à éliminer et sont absorbés par la faune et la flore. (**In Boughrira ,2012**)

### 4. Emulsification

Elle dépend du type d'hydrocarbure et de l'état de la mer. En effet pour que l'émulsion se fasse, il faut un brassage des hydrocarbures. Si celui-ci devenait très important, les émulsions ne seraient pas stables et on assisterait à une dispersion (**Chalansonner et Joyer, 2005 in Fattal, 2008**).

Ce terme regroupe deux processus inverses :

- ✚ **Émulsion huile dans l'eau ou dispersion du pétrole dans la colonne d'eau (émulsion directe)** : concerne les pétroles légers et moyens. Elle se manifeste par la fragmentation de la nappe en gouttelettes de pétroles qui s'intègrent à la colonne d'eau.
  
- ✚ **Émulsion eau dans l'huile** : on les appelle également « émulsions inverses » ou « mousse au chocolat », ce phénomène est favorisé par le brassage, elle intègre des micros gouttelettes d'eau à la nappe d'hydrocarbures. Alors que ce processus entraîne une augmentation du volume et de la viscosité, le produit final est stable, épais et plus volumineux.

### **5. Sédimentation**

La sédimentation est le passage du pétrole de la surface vers le fond. Elle se réalise lorsque la densité de l'hydrocarbure dépasse celle de l'eau. La sédimentation conduit à la constitution d'agrégats de haute densité difficilement dégradables par voie naturelle. (**In Koroghli, 2010**).

### **6. Dispersion**

Les vagues et les remous à la surface de la mer agissent sur la nappe en formant des gouttelettes de différentes tailles. Les plus petites restent en suspension dans la colonne d'eau, les autres se collent à d'autres gouttelettes ou s'étalent en fine couche (**In CEDRE, 2009**).

### **7. Oxydation**

L'oxydation intéresse les films minces d'hydrocarbures frais ou les couches superficielles d'une nappe épaisse (**Marchand, 1998 in Fattal, 2008**). Un des facteurs de ce processus est l'insolation car elle casse les liaisons moléculaires, entraînant la formation de molécules oxygénées de radical carbonyle (CO) et /ou de radical hydroxyle (OH) (**Fattal, 2008**).

L'oxydation est dite primaire lorsqu'elle a supprimé un atome de carbone et secondaire lorsqu'elle a supprimé deux. Des essais au laboratoire ont montré qu'un film de pétrole de 2.5 µm d'épaisseur se dégrade sur sa face supérieure en quelques heures. (**Lacaze, 1980 in Fattal, 2008**).

### **8. Biodégradation**

Processus important dans l'élimination des hydrocarbures en mer, réalisé par les bactéries marines, les champignons et les levures. Le taux de dégradation dépend de la température, de la disponibilité de l'oxygène, du type de pétrole et de la présence d'éléments nutritifs, il est également lié au taux de dispersion des hydrocarbures.

La biodégradation est inégale selon la famille des hydrocarbures considérée. Les hydrocarbures saturés, en particulier les n-alcanes sont plus facilement biodégradés, alors que certains composés aromatiques peuvent persister plusieurs années dans le milieu. (**In Boughrira, 2012**)

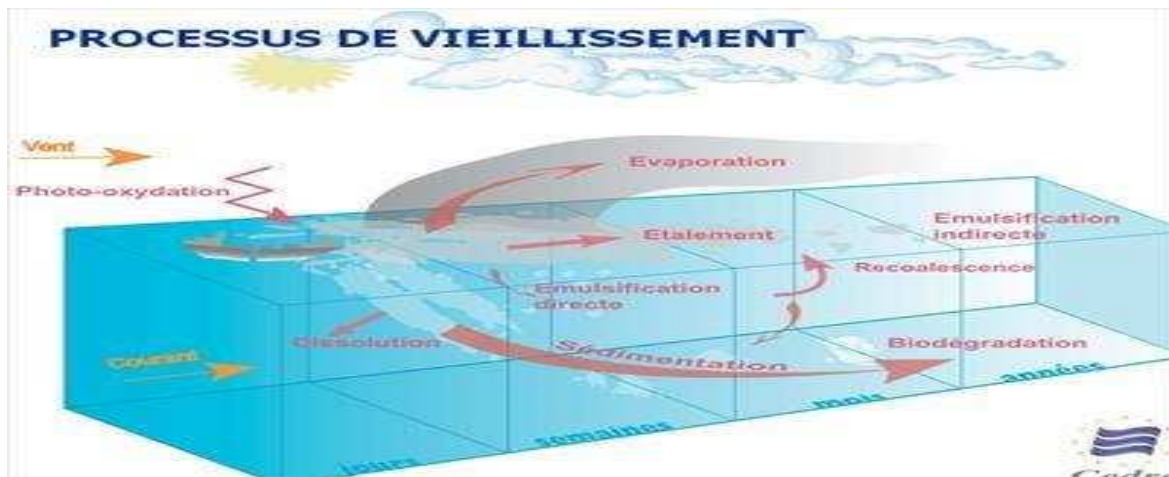


Figure 1.1 : comportement des hydrocarbures en mer (CEDRE ,2009).

### I.2.8-Pénétration des hydrocarbures dans la chaîne alimentaire

Les hydrocarbures sont assimilés en quantité très faible sur les premiers niveaux trophiques, puis progressivement concentrés à chaque niveau, les composés pétroliers sont transmis en dose finalement importante à l'alimentation des espèces supérieures. C'est par des apports nutritionnels que les produits polluants peuvent atteindre l'homme, dernier maillon de la chaîne alimentaire (Carsin, 1998 in El Khill, 2003).

Ces hydrocarbures sont absorbés directement par les organismes vivants ou par l'intermédiaire d'une alimentation contaminée. Après ingestion, ils peuvent être stockés, métabolisés ou excrétés (Ramade, 1995 in Ait Abbas et Lauani, 2002). En effet, les hydrocarbures aromatiques et paraffiniques seront dégradés par les poissons et par certains invertébrés marins tels que les copépodes en s'accumulant généralement dans les zones riches en lipides endogènes (In Ait Abbas et Lauani, 2002).

La capture d'hydrocarbures par les phytoplanctons tels que *Chaetoceros simplex calcitrans* est souvent suivie d'une dégradation rapide. Par contre, chez certaines espèces, l'élimination de ces composés organiques est impossible. (In Ait Abbas et Lauani, 2002).

### I.2.9- Impact environnemental des hydrocarbures

Le degré de toxicité des hydrocarbures sur l'environnement sont variés et complexes, certains se manifestent immédiatement, d'autre après une période plus longue.

Ils affectent à des titres divers le règne animal et végétal de la surface et de l'intérieur de la mer. Dans le cas des pétroles bruts, les fractions les plus volatiles et les composés aromatiques sont les plus toxiques. Pour les produits raffinés, les effets les plus nuisibles proviennent généralement de produits qui ont un point d'ébullition bas ; le pétrole qui contient du tétra éthyle de plomb est considéré comme le plus toxique de tous, suivi par le kérosène, le gazole et le fuel (huile lourde pour moteurs) (In Saker, 2007).

Le pétrole déversé dans la mer a de nombreux impacts sur l'environnement, parmi ces derniers :

### **1. Impacts sur les communautés vivantes de la colonne d'eau**

Lorsqu'une pollution survient, les hydrocarbures s'évaporent, se dispersent et se dissolvent. Ces deux derniers processus sont ceux qui affectent la colonne d'eau. Plus la hauteur d'eau est faible, plus les risques qui pèsent sur les communautés sont importants, car il y a une grande concentration.

### **2. Impacts sur le phytoplancton**

Les nappes commencent par réduire la photosynthèse et donc la croissance. Par contre, en faible quantité et selon certains types d'hydrocarbures, l'effet peut être stimulant (**Hsiao, 1978 in Fattal, 2008**).

Les premiers effets d'un déversement par hydrocarbures sont le piégeage et engluement des organismes situés dans les premiers centimètres d'eau par les nappes. Les organismes concernés par cet impact sont les oeufs, les larves de poisson et le plancton temporaire (**Fattal, 2008**).

L'engluement et la toxicité provoquent des mortalités qui dépendent de la sensibilité des espèces et de leur stade de développement. Les organismes pélagiques adultes n'ont été que peu touchés par la pollution (**Fattal, 2008**).

### **3. Impacts sur les bactéries**

Certaines espèces peuvent proliférer à la faveur d'autres, inhibées par la présence des hydrocarbures. Celles qui se développent sont les bactéries qui puisent dans les hydrocarbures le carbone et l'énergie. Dans quelque cas les bactéries comme *Flavobacterium* ou *Vibrio alginoliticus* ont des capacités de dégradation du polluant (**Fattal, 2008**).

### **4. Impacts sur le zooplancton**

L'impact sur la communauté zooplanctonique est moins évident car il est difficile de distinguer des phénomènes anormaux d'une variabilité naturelle qui est liée aux conditions écologiques comme le brassage ou la saisonnalité. Toutefois, une marée noire entraîne inévitablement des effets. Par exemple, un an après la catastrophe de l'Amaco Cadiz et malgré le fort taux de renouvellement du zooplancton, celui-ci a continué à connaître des perturbations dans les zones côtières (**Fattal, 2008**).

### **5. Impacts sur le milieu benthique**

#### **5.1-Impacts sur le phytobenthos**

Les algues benthiques ont une faible sensibilité aux hydrocarbures. Les effets à court terme, spectaculaire, se traduisent par l'engluement ou la brûlure des tissus dans le cas d'un contact direct avec le pétrole. Les conséquences économiques sont alors importantes pour les espèces exploitées.

Les effets à long terme sont peu importants, en général, une bonne restauration des champs d'algues est constatée quelques temps après la disparition de la perturbation (**Bodennec et al, 1983 in Sellali, 1996**).

### **5.2- Impacts sur le zoobenthos**

Cet écosystème est le plus fragile. Le pétrole peut détruire rapidement les organismes benthiques par immobilisation, asphyxie, intoxication et narcose. Les espèces sessiles sont les plus sensibles que les espèces douées d'une relative mobilité.

En raison de piégeage des hydrocarbures dans les sédiments, les mortalités sont plus fortes pour la macrofaune des substrats meubles que pour celle des milieux rocheux. A plus long terme, les mortalités sont probables mais difficile à évaluer. Toutefois une pollution des peuplements macro benthiques, due à l'inégale vulnérabilité spécifique, se traduit par l'apparition d'espèces opportunistes et indicatrices de pollution. (**Bodennec et al, 1983 in Sellali, 1996**).

## **6. Impacts sur les oiseaux et les mammifères**

### **6.1. Les oiseaux**

Les oiseaux comptent parmi les êtres les plus sensibles au contact avec le pétrole. Les plumes de l'oiseau absorbent facilement cette substance. Lorsque cette situation survient, l'isolation au froid, l'imperméabilité et la flottabilité de l'oiseau diminuent. Il suffit d'une goutte de pétrole de très petite taille sur ses plumes pour neutraliser les propriétés isolantes et imperméables de son plumage. Une telle goutte a le même effet qu'un trou minuscule dans la combinaison étanche d'un plongeur ; le corps de l'oiseau, qui est à 40 °C, est rapidement refroidi par l'eau, qui est à peine au-dessus de 0 °C. L'oiseau se fait aussi empoisonner par le pétrole lorsqu'il se lave, ce qui le porte inévitablement à mourir d'hypothermie, d'empoisonnement ou de faim.

Les rejets opérationnels chroniques tuent en moyenne près de 300 000 oiseaux tous les ans (**Fattal, 2008**).

La vulnérabilité des oiseaux dépend de plusieurs variables comme :

- ✚ le type d'espèce ;
- ✚ le type d'hydrocarbures ;
- ✚ l'étendue de la nappe ;
- ✚ le lieu de la pollution ;
- ✚ la période où l'accident s'est produit.

### **6.2. Les mammifères**

L'impact sur les mammifères dépend des types d'espèces, de leur mode de vie, la durée d'exposition, la surface du corps mazouté, l'ingestion des hydrocarbures et l'inhalation. Ces deux derniers facteurs sont responsables d'irritations diverses, l'inflammation des muqueuses, d'ulcérations gastro-intestinales et d'obstruction des poumons.

En conclusion, le tableau de synthèse suivant montre la sensibilité des espèces, peuplements et populations.

**Tableau 1.1** : Effets à court et long terme d'une pollution par hydrocarbures sur les organismes et peuplements (CEDRE, 1990 in Fattal, 2008).

Peuplement	Sensibilité	Effets à court terme	Effets à long terme
Algues	Faible	Engluement ou nécrose des tissus	Bonne restauration
Flore des marais marins et estuariens	Variable suivant les espèces, l'état de développement des plantes et les périodes de l'année	Engluement des parties aériennes	Restauration longue Erosion du marais Modification de la diversité spécifique
Mollusques intertidaux	Forte en général	Asphyxie ou contamination	Accumulation par les filtreurs Altération de la reproduction et de la croissance
Ecosystèmes benthiques rocheux	Forte en général	Asphyxie ou contamination	Dépend de la durée de contact Dans la zone battue, l'effet est faible
Poissons	Faible pour les pélagiques Forte pour les benthiques	Asphyxie par engluement sur les branchies Plaies chez les poissons fouisseurs dans des sédiments faiblement pollués	Désaffectation de la zone polluée
Oiseaux	Variable (forte pour les plongeurs)	Engluement du plumage et contamination	Désaffectation de la zone polluée

### ***7- Impacts sur la santé humaine***

Le contact « permanent » de l'homme avec les hydrocarbures lourds, contenant des hydrocarbures polyaromatiques, provoque sur le long terme des troubles neurologiques et neurophysiologiques. L'impact sur la santé dépend aussi du temps d'inhalation, du contact cutané (baignade) avec les hydrocarbures et de la possible consommation de produits de la mer qui seraient contaminés (poissons, huître, moules) (Fattal, 2008).

## *Chapitre II*

# *Présentation de la zone d'étude*

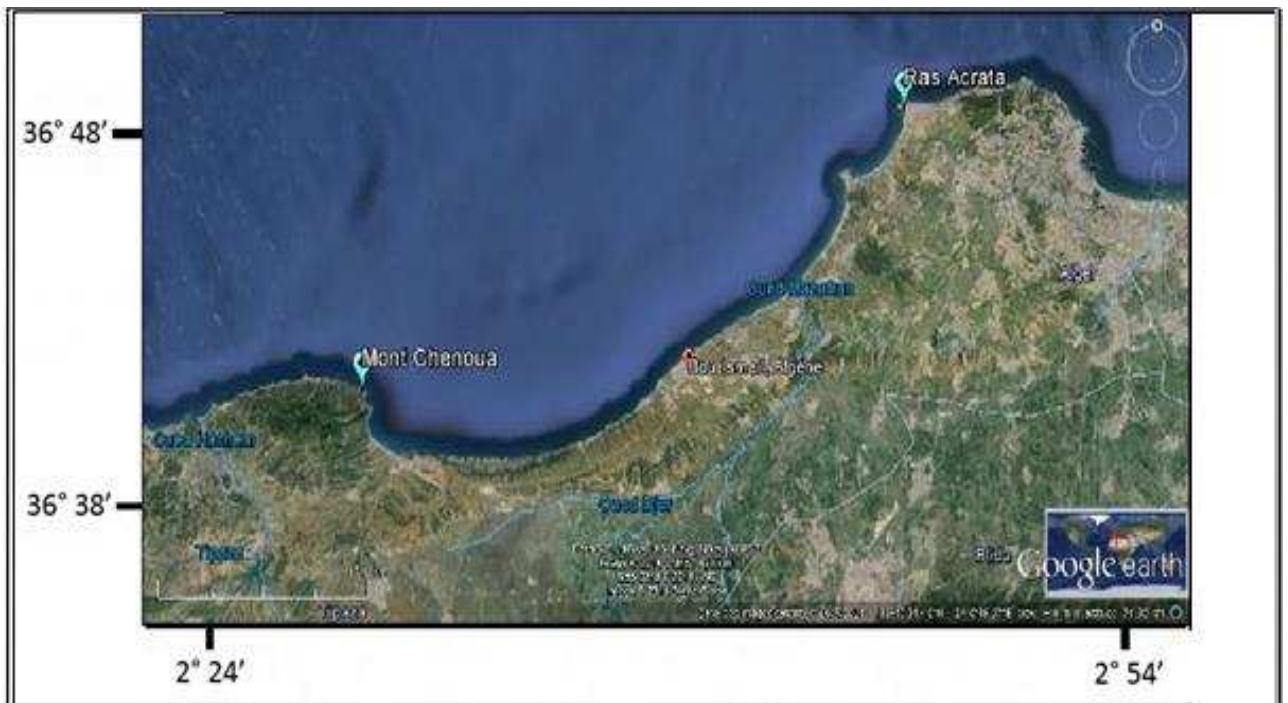
## **II-La Baie de Bou Ismail**

### **II.1-Localisation géographique**

La baie de Bou Ismail se situe dans la partie centrale du littoral algérien, elle se loge dans la wilaya de Tipaza à 30 km à l'Ouest d'Alger. Cette baie est l'une des plus importantes de la côte algérienne. Elle est limitée à l'Est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'Ouest par le cap du Mont Chenoua. Elle a une superficie de 509 km<sup>2</sup> avec un linéaire côtier de plus de 60 km et une ouverture de l'ordre de 48 km, elle est orientée du Sud-Ouest au Nord-Est, soit 2° 54' Est et 36° 48' Nord à 2° 24' Est et 36° 38' Nord.

La baie de Bou Ismail peut être divisée en quatre zones géographiques :

- ✚ La baie d'El Djamila limitée à l'Est par Ras Acrata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- ✚ Le secteur Sidi Fredj – Oued Mazafran, constitué sur environ 12 km de plage de sables fins.
- ✚ Une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30 km dont la limite à l'Ouest est Tipaza.
- ✚ La baie du Chenoua où se jette l'oued Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sables fins.



**Figure 2.1 : Situation géographique de la baie de Bou Ismail (Google Earth, 2014).**

## II.2-Sédimentologie de la baie de Bous Ismaïl

L'analyse des sédiments de la baie de Bou Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures et le faciès rocheux (LEM, 1998).

L'importance et la répartition de ces faciès ne sont pas identiques en tout point de la baie. Ainsi deux régions apparaissent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologiques propres.

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés sont dans la région Est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux ne sont présents que dans la région orientale ; les sables graveleux se limitent au secteur oriental, (Dagorne ,1970).

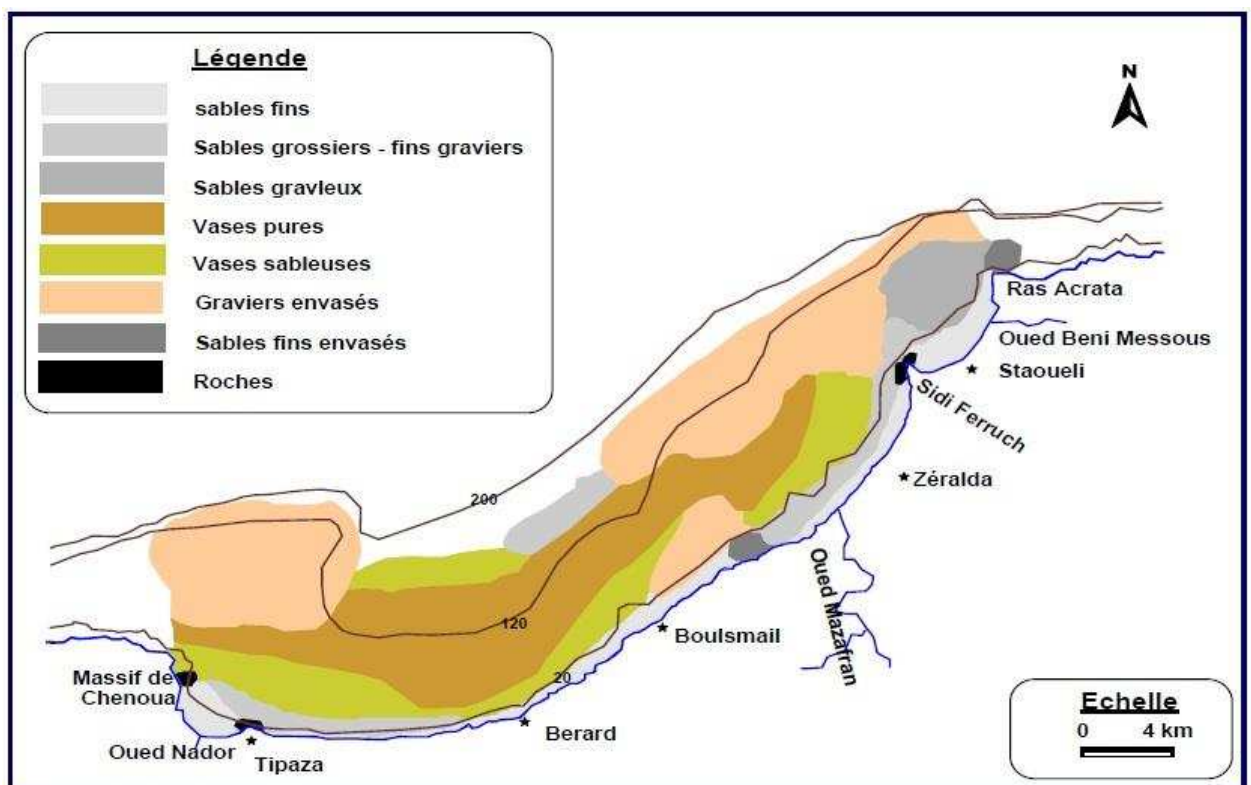


Figure 2.2 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl (LEM, 1998).

## II.3-Facteurs hydrodynamiques

### II.3.1-Les Courants

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils participent dans l'évolution de la morphologie côtière en conduisant à des ensablements, des envasements et des érosions.

La côte Algérienne est traversée par un courant général dénommé courant Algérien résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar, le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule d'ouest en est, et dès 1° et 2° est, il donne naissance à des méandres et des tourbillons côtiers (50-100 km) associés à des upwellings (Milot, 1989)

En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation, (Caulet, 1972).

### II.3.2-Les houles

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

- ✚ **Les houles hivernales** : sont de direction Ouest et Nord-Ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants entraînent le transport d'un sédiment fin (Kadari-Meziane, 1994).
- ✚ **Les houles estivales** : sont de direction Nord-Est, elles entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest dès leurs arrivées tangentielle à la côte avec transfert des sédiments qui engraisent le rivage (Braik ; 1989 in Aouidad 1997).

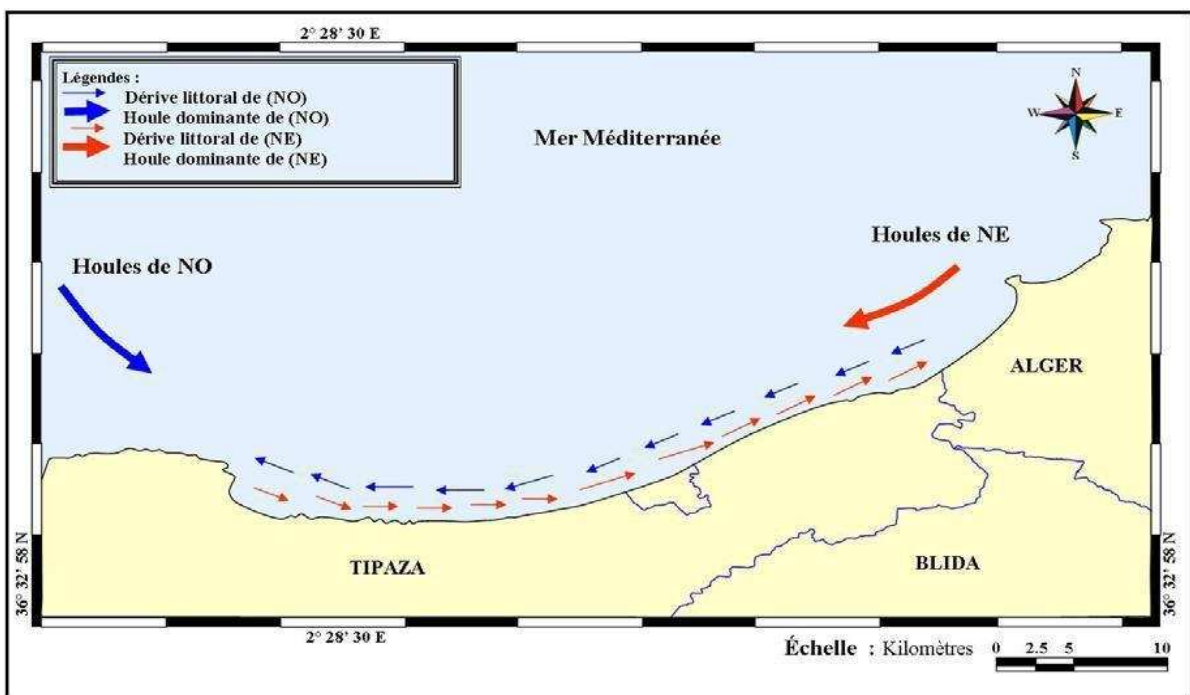


Figure 2.3 : Hydrodynamisme dans la baie de Bou Ismail (LEM, 2005).

## II.4-Réseau hydrographique / apports terrigènes

La baie de Bou-Ismaïl est le réceptacle d'oueds à régime irrégulier avec des apports solides, liquides très importants d'origine terrigène, trois principaux oueds déversent dans cette baie et sont perpendiculaires (Oued Nador) ou obliques (Oued Beni Messous et Mazafran) à la côte.

- ✚ **Oued Beni Messous** : Se situe à 15 Km à l'Ouest d'Alger entre El Djamila et club des pins, alimentant la baie d'El Djamila. Il prend source dans le grand Chéraga : il traverse les communes de Chéraga au Nord, Bouzaréah au niveau d'une agglomération appelée "la tribu" au nord Est, Dely Brahim à l'Est et Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée "les Dunes" à environ 2 Km à l'Ouest du port d'El Djamila sur une distance de 11.5 Km regroupant l'Oued Defla et l'Oued Baïnem. Son bassin versant est réduit, il est souvent sec, sauf lors des fortes pluies où il peut raviner une quantité non négligeable de sédiments. (Aouidad, 1997 in Boughrira, 2012).
- ✚ **Oued Mazafran** : Se situe à l'Ouest de Sidi Fredj, l'Oued Mazafran est formé par la ramification des Oueds Djer, Chaffa et Bou-Roumi. Il prend sa source de la plaine de la Mitidja. Cet Oued débouche entre Zeralda et Douaouda .Son débit est estimé à environ 13.8 m<sup>3</sup> /s et couvre une superficie de 600 km<sup>2</sup> (Aouidad, 1997 in Boughrira, 2012).
- ✚ **Oued Nador** : Situé dans la partie occidentale de la baie, il prend son origine à partir de la cluse de Tipaza avant de déboucher dans la petite baie de Chenoua. Il est formé par la réunion des Oueds suivants : Oued Bou-Yersen, Bou-Ardoun et Oued Merad. Son bassin versant à une superficie de l'ordre de 200 à 230 Km<sup>2</sup>. (Aouidad, 1997 in Boughrira).

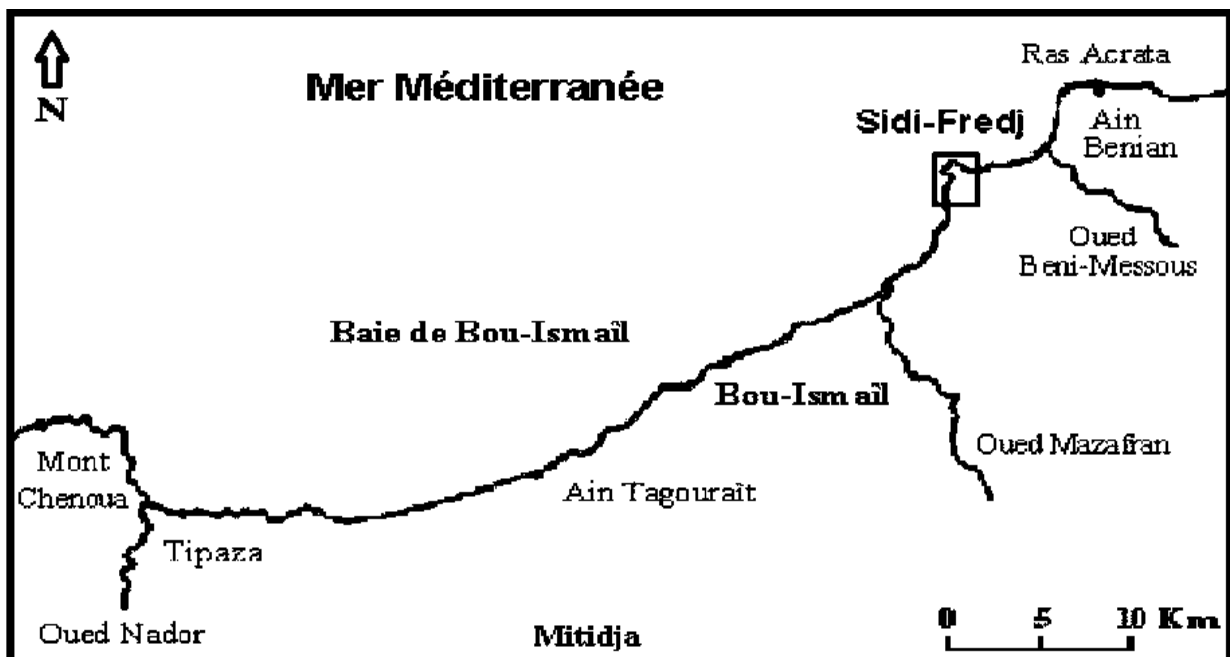


Figure 2.4 : Réseau hydrographique de la baie de Bou Ismaïl.

## **II.5-Conditions météorologiques dans la baie de Bou Ismail**

### **II.5.1. Climat**

Le facteur climatique influe directement sur les ressources hydriques, la couverture végétale, la population ...etc. Du fait de sa proximité de la mer méditerranée, la baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par un climat subhumide, avec des étés chauds et secs et des hivers tempérés doux et humides. (ONM, 2005 *in* Achiche et Larbi, 2010).

### **II.5.2. Vents**

Le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La baie de Bou Ismaïl est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduisent par une prédominance :

- Des vents d'Ouest en Hiver et Printemps induisant des houles de grandes amplitudes d'une vitesse moyenne de 2m/s.
- Des vents de l'Est en Été et début Automne avec des faibles amplitudes avec une vitesse moyenne supérieure de 2m/s et peuvent être très violents de 15 à 20m/s durant 3 jours consécutifs (Asso, 1982 *in* Zeghdoudi, 2006).

### **II.5.3. Température et précipitations**

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines, elle détermine aussi les périodes de migration et de reproduction.

Il existe deux périodes durant l'année :

- Période chaude (Avril-Octobre), elle se caractérise par des faibles précipitations et une moyenne thermique de 23°C.
- Période froide (Novembre-mars), elle se caractérise par des fortes précipitations et une faible température.

## **II.6- Etat de pollution dans la baie de Bou Ismail**

La pollution en baie de Bou-Ismaïl a depuis longtemps été de type domestique car les eaux usées rejetées dans la baie provenaient principalement des agglomérations et des villes côtières ainsi que des complexes touristiques (surtout en période estivale). Cependant, avec le développement démographique et l'extension de l'urbanisation, de l'agriculture et surtout de l'industrie, cette dernière décennie, la charge polluante a augmenté tant en quantité qu'en qualité. Fuyant la saturation de la capitale Alger, de nombreuses activités se sont donc installées dans la baie prisee pour son état longtemps considéré vierge.

De plus l'axe routier Alger-Tipaza (RN.11) a favorisé le développement économique et même touristique puisque la baie est devenue un véritable pôle d'attraction.

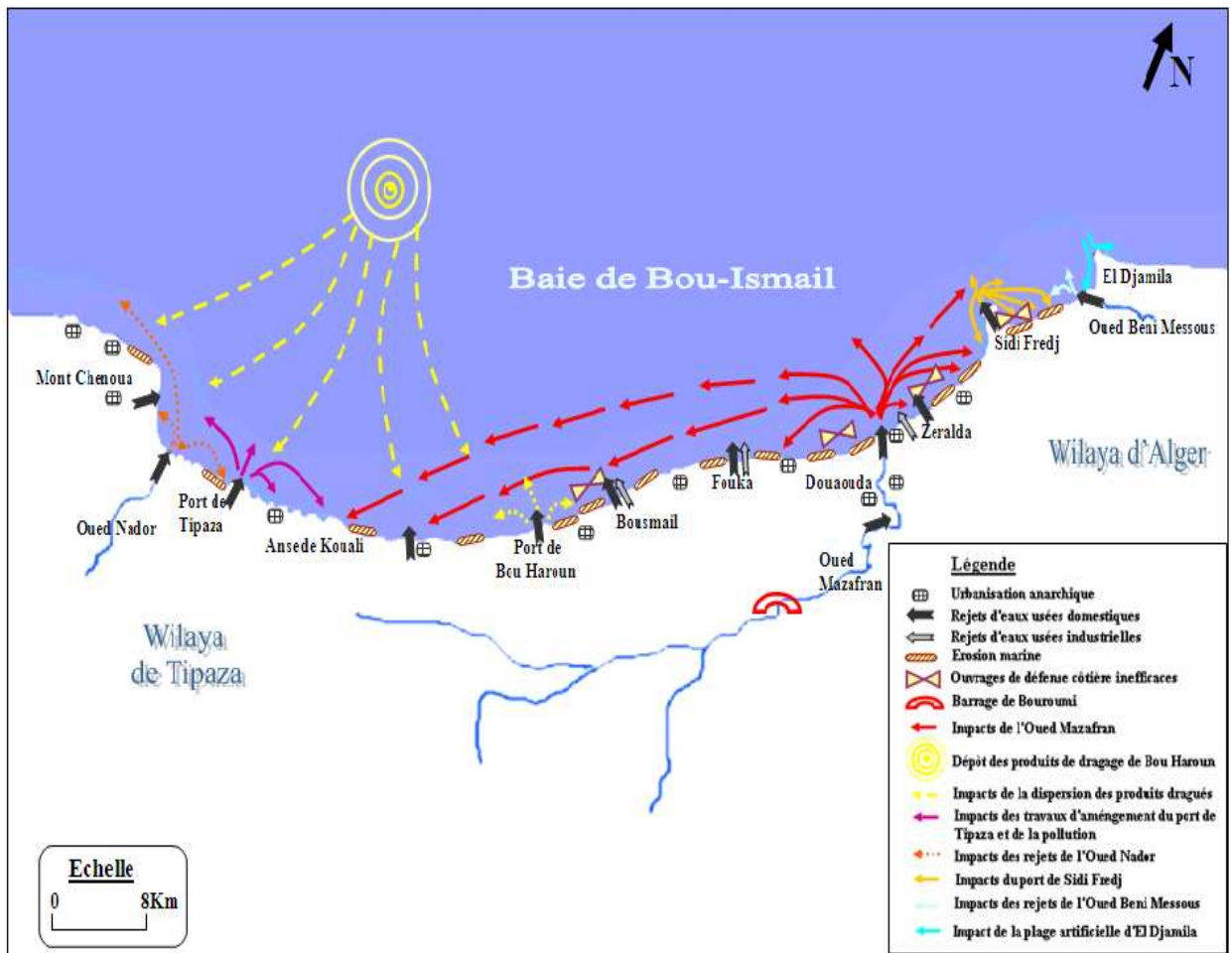
L'intensification de l'agriculture répondant aux besoins d'une densité de population de plus en plus croissante accentue la pollution chimique par les engrais très utilisés dans la région.

-Les Oueds qui se déversent dans la région et qui sont eux aussi des vecteurs de pollution notamment pendant les périodes orageuses, ils charrient vers la mer les eaux de lessivage des terres agricoles, des eaux usées chargées d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes : huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds. (**Voir Tableau 2.1**).

**Tableau 2.1** : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza  
(Etude d'aménagement du littoral, Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic 2006, *In Inal*, 2011).

Communes	Nombre de rejets	Débit m <sup>3</sup> /j	Lieu de rejet
<b>Bou-Ismaïl</b>	9	4000	Mer
<b>Bou-Haroun</b>	4	320	Mer
<b>Khemisti</b>	6	400	Oued Khemisti et Mer
<b>Fouka</b>	5	3600	Mer
<b>Douaouda</b>	5	1600	Oued Mazafran et Mer
<b>Tipaza</b>	8	7140	Mer
<b>Cherchell</b>	8	3600	
<b>Sidi Ghiles</b>	2	480	
<b>H.Ennous</b>	2	160	
<b>Meselmoun</b>	3	1100	
<b>Gouraya</b>	3	900	
<b>Larhat</b>	3	312	
<b>Damous</b>	3	960	
<b>Ain Tagourait</b>	6	320	
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>24 892</b>	

A tout cela s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : Port de Pêche de Bouharoun, Port de Pêche de Khemisti, Port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, Abris de pêche d'El-Djemila, Port de plaisance de Sidi Fredj et Port de plaisance de Palm Beach.



**Figure 2.5 :** Pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismaïl  
(Source : Belkessa *et al*, 2008 ; AISid ChiKh *et al*, 2009).

**Tableau 2.2** : les activités polluantes dans la Baie de Bou Ismail :

(D'après des données communiquées par le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme 2006, *In Inal*, 2011).

Dénomination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
<b>SARL RESITECK</b>	Production de peintures bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
<b>ALUMINAL</b> <b>ALUFER</b>	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
<b>SARL PROCHIMAL</b>	Fabrication de produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimiques ; rejets de savons, agent de lavage et rinçage caractérisé par une teneur élevée en savons saponifiés et en DBO
<b>PLASTRAM</b>	Transformation Plastique	Eaux de nettoyage
<b>PFIZER</b>	Fabrication des produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments chimiques
<b>IMPRIMERIE SHELLIA</b>	Utilisation importante d'encre	Déversement des encres avec les eaux domestiques
<b>TONIC EMBALLAGE</b>	Fabrication de boîtes, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques + Chutes de cartons, papiers, colorants, Matières Plastiques
<b>TERRA CERAMIQUE</b>	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

*Chapitre III*

*Matériel et  
Méthodes*

### III.1-Travaux effectués en mer

Dans le but d'avoir une variété de mesure et d'évaluer le niveau de la pollution par les hydrocarbures dans le sédiment dans la baie de Bou Ismaïl, nous avons réalisé plusieurs prélèvements dans six stations.

La sortie en mer a été organisée le 23/06/2014. Les échantillons de sédiments ont été prélevés pour l'étude des hydrocarbures aromatiques polycycliques et la matière organique. Le prélèvement de sédiments superficiels a été effectué manuellement pour toutes les stations à une profondeur allant de 1 à 2m.

Lors de la sortie, la mesure des paramètres physico-chimiques (pH, température, salinité, et oxygène dissous) a été réalisée in situ à l'aide d'une valise multiparamétrique.

#### III.1.1. Choix et localisation des stations de prélèvement

Le choix des stations de prélèvement durant la sortie n'était pas inopiné, une carte a été réalisée au préalable en tenant compte de la localisation des principaux points des rejets et des oueds dans la baie de Bou Ismaïl. Le tableau de l'annexe 1 donne les coordonnées des stations lors des prélèvements ainsi que l'état de la mer.

La carte de la figure suivante (Figure3.1) localise les stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.

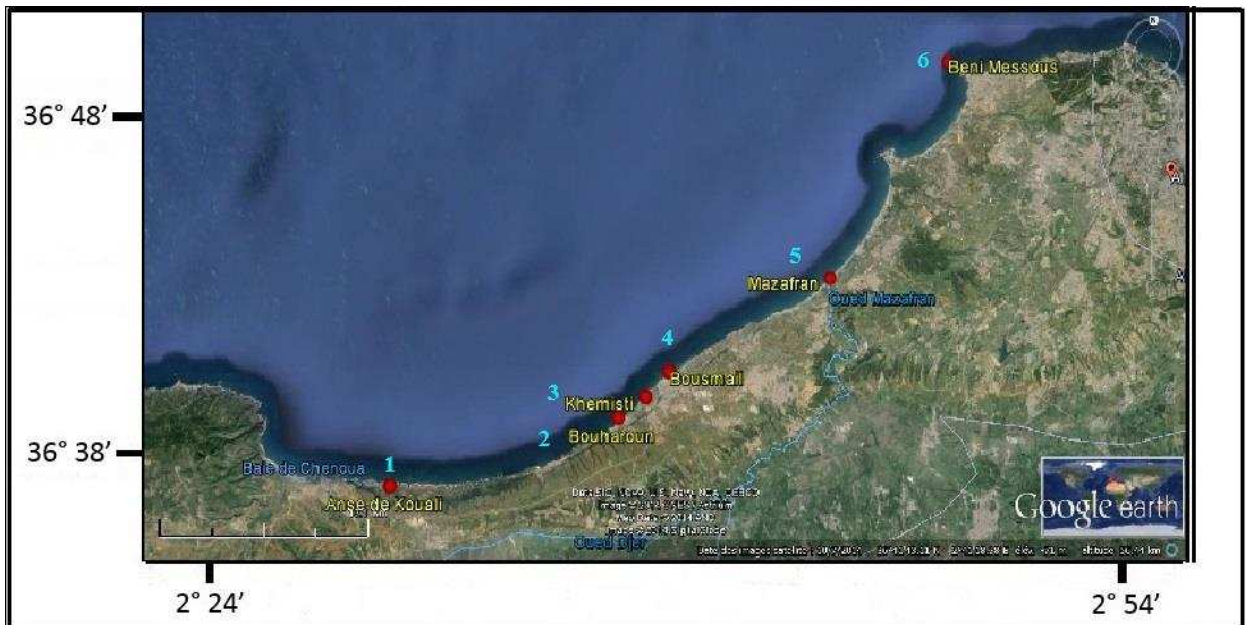


Figure 3.1 : Positionnement des stations de prélèvement à la Baie de Bou Ismaïl.

### **III.1.2. Prélèvement des sédiments superficiels**

Le prélèvement du sédiment superficiel a été effectué à l'aide d'une benne preneuse de type Van-Veen. La benne est constituée d'acier inoxydable, a un poids d'environ 2,5 Kg et a une section d'impact de 0,19 m<sup>2</sup>. Avant l'envoi de la benne par gravité, les deux bras leviers sont écartés de chaque côté avec les mâchoires ouvertes ; au contact du fond, le mécanisme de fermeture se déclenche et quand le câble est tiré pour remonter la benne, les mâchoires se referment.

Une fois la benne remontée, les échantillons sont récupérés à l'aide d'une spatule en acier inoxydable qui est à chaque fois lavée pour éviter toute contamination, ils sont ensuite mis dans des piluliers en verre.

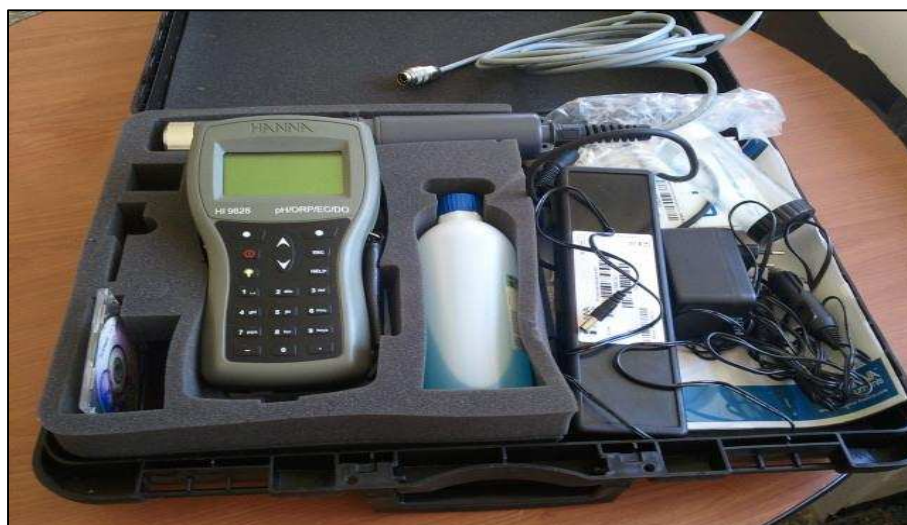


**Figure 3.2 :** Benne Van-Veen

Les échantillons de sédiments marins superficiels, dans l'attente d'être traités au laboratoire, sont congelés à -18°C. La congélation permet de conserver pour l'essentiel les propriétés chimiques des échantillons, d'éviter une contamination avec le milieu ambiant et les pertes d'éléments volatils.

### **III.1.3. Mesure des paramètres physico-chimiques**

Les paramètres physico-chimiques sont mesurés à la surface à l'aide d'une valise multiparamétrique de type (HI 9828).



**Figure 3.3 :** Valise multiparamétrique.

### **III.1.3.1. Température (T)**

C'est une caractéristique physique importante, elle joue le rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants (**Rodier, 1997**).

D'une façon générale la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond.

### **III.1.3.2. Salinité S**

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (**Aminot, 2004**), elle forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux.

Elle représente la teneur en sels dissous de l'eau de mer et peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ou seulement les sels dominants (**Rodier, 1996**).

### **III.1.3.3. Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) entre l'eau et l'atmosphère.

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Le pH dépend de la teneur en dioxyde de carbone ; c'est à dire une modification de  $\text{CO}_2$  (Respiration, photosynthèse, échange air- mer) entraînera donc une modification du pH (**Rodier, 2005**).

### **III.1.3.4. Oxygène dissous (OD)**

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération) (**Rodier, 2005**).

## **III.2. Travaux effectués aux laboratoires**

### **III.2.1. Conditionnement du matériel utilisé**

Le matériel doit être nettoyé parfaitement et rincé comme indiqué ci-après :

- ✚ Lavage à l'eau et à la lessive classique.
- ✚ Rincage à l'eau acidulée à 5%.
- ✚ Rincage à l'eau distillée.
- ✚ Rincage à l'acétone  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ .
- ✚ Séchage à l'étuve à  $70^\circ\text{C}$  pendant 24h.
- ✚ Rincage au solvant (Hexane).
- ✚ Couverture du matériel avec du papier aluminium.

### III.2.2. Préparation des produits d'analyse

Les produits d'analyse solides et liquides utilisés pour l'analyse des HAP dans le sédiment sont répertoriés dans les tableaux suivants.

#### III.2.2.1. Produits solides

**Tableau 3.1** : Référence et utilisation des produits chimiques solides dans le traitement des hydrocarbures dans le sédiment.

Produit solide	Références	Marque	Matrice utilisée	Etape d'utilisation
Gel de silice(SiO <sub>2</sub> )	70-230 mesh ASTM ou 0,032- 0,003 mm pH 6,5	MERCK	Eau de mer/sédiment marin	Purification des hydrocarbures en chromatographie sur colonne ouverte.
Alumine ou oxyde d'alumine Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70-230 mesh	PROLABO	Eau de mer/sédiment marin	Purification des hydrocarbures en chromatographie sur colonne ouverte.
Sulfate de sodium anhydre Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		B.D.H	Eau de mer/sédiment marin	Pouvoir déshydratant (utilisé dans toutes les étapes pour l'eau et le sédiment).

#### ❖ Préparation des adsorbants

Le gel de silice et l'alumine servant en chromatographie à colonne ouverte sont conditionnés comme suit :

##### ➤ Etape d'activation

Une quantité d'adsorbant pesée est mise à l'étuve à 140°C pendant 24 heures.

##### ➤ Etape de désactivation partielle

L'adsorbant est ensuite désactivé partiellement par addition de 5% d'eau distillée. De même, les produits solides (alumine, gel de silice et sulfate de sodium) ainsi que la laine de verre, les cartouches en cellulose font l'objet d'une extraction à blanc.

Cette étape intermédiaire permet leur nettoyage avec de l'hexane pur dans le dispositif Soxhlet pendant 4 heures.

#### III.2.2.2. Les produits liquides

**Tableau 3.2** : Références et utilisations des produits chimiques liquides dans le traitement des hydrocarbures dans le sédiment.

Produit liquide	Références	Marque	Matrice utilisée	Etape d'utilisation
n-Hexane (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	Pour analyser des résidus de pesticides pour IR	BIOCHEM	Eau et Sédiments marins	-Extraction - Purification - Fractionnement
Dichlorométhane (C <sub>12</sub> CH <sub>2</sub> )	Stabiliser à l'amylène. - Stabiliser à 0,5% d'éthanol.	CARLO ERBA	Eau et Sédiments marins	- Extraction -Purification -Fractionnement
Acétone (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	Pour analyser des résidus de pesticides. -Eau < 1% -Pour U.V spectroscopie.	BIOCHEM		Rinçage de la verrerie

### III.2.3. Quantification de la matière organique dans le sédiment

Les hydrocarbures sont introduits dans le milieu marin de différentes manières en s'associant à la matière organique. Lorsque les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont présents à la surface de l'eau de mer, ils s'incorporent au sédiment marin par le biais des pelotes fécales du zooplancton selon **Grimalt et Albeiges (1988)**.

Afin d'établir une éventuelle corrélation entre les teneurs d'hydrocarbures et le pourcentage de matière organique, la méthode de "pertes au feu" (**Castel et al, 1990**) est adoptée. Cette opération est effectuée sur tous les échantillons.

#### Principe

- + Décongélation de sédiment.
- + Homogénéisation du sédiment à l'aide d'un mortier.
- + Mettre 5g de chaque échantillon dans des creusets en porcelaine.
- + Peser la masse de sédiment et le creuset avec une balance de précision, on obtient alors le poids (**P1**).
- + Mettre les échantillons dans un four à moufle à 600°C pendant 2 heures.
- + On effectue une deuxième pesée (P2) qui est le poids de sédiment calciné.

La différence du poids entre P1 et P2 représente le poids de la matière organique contenu dans le sédiment.

La matière organique s'exprime selon la relation suivante :

$$\text{M.O (mg)} = \text{P1} - \text{P2}$$

**P1** : poids de sédiment avant calcination

**P2** : poids de sédiment après calcination.



**Figure 3.4** : Four à moufle



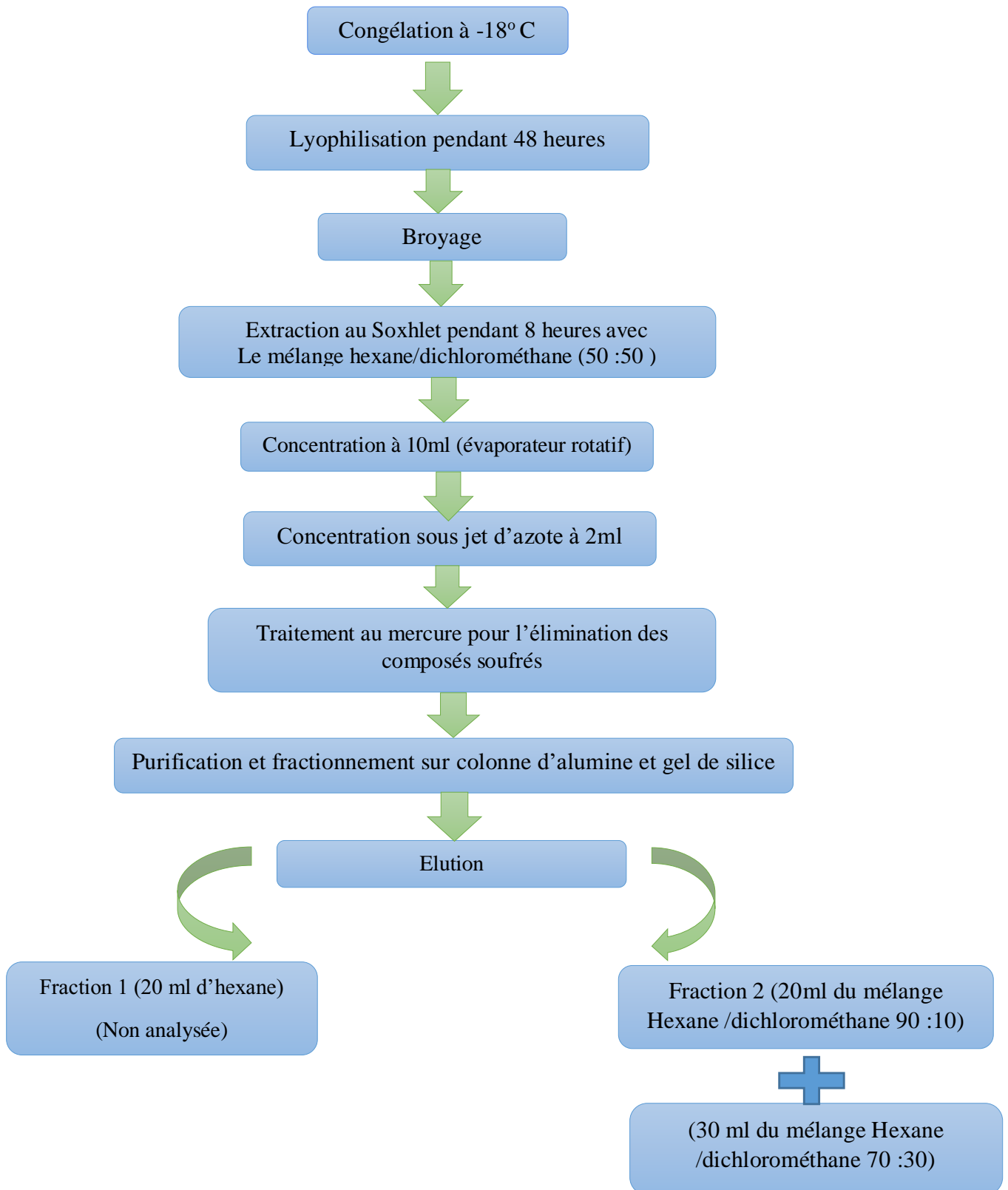
**Figure 3.5** : Balance

### **III.2.4-Traitement du sédiment superficiel marin pour l'analyse des hydrocarbures**

Le sédiment prélevé avec une benne Van-Veen en fer galvanisé est récolté (environ 150g) avec une spatule en acier inoxydable. La conservation des échantillons à basse température permet de bloquer les processus d'évaporation et de dégradation microbienne pouvant altérer les composants organiques du sédiment parmi lesquels les hydrocarbures.

En effet, les échantillons sont transportés rapidement dans une glacière et mis au congélateur à -18°C au laboratoire.

Le diagramme suivant décrit le protocole expérimental préconisé par la **C.O.I (1982 Modifié)**



**Figure 3.6** : Diagramme récapitulatif des principales étapes de traitement pour l'analyse des hydrocarbures dans le sédiment superficiel marin.

### **III.2.4.1. Protocole d'extraction des hydrocarbures dans le sédiment**

#### **Lyophilisation**

La lyophilisation est le procédé de déshydratation par sublimation c'est-à-dire que l'eau contenue dans l'échantillon passe directement de l'état solide à l'état gazeux sans passer par l'état liquide, cette étape permet de dessécher ou de déshydrater l'échantillon à froid ce qui permet à l'échantillon de maintenir sa composition chimique initiale. Les échantillons congelés sont immédiatement introduits dans le lyophilisateur à  $-40^{\circ}\text{C}$  et sous vide ( $10^{-1}$  bar) pendant 48 heures. (Lyophilisateur modèle CHRIST BETTA 1-8). (**Figure 3.7**).

#### **Broyage**

Les sédiments lyophilisés (les lyophilisats) sont ensuite broyés en poudre fine dans un mortier en porcelaine préalablement conditionné. (**Figure 3.8**).



**Figure 3.7 :** Lyophilisateur



**Figure 3.8 :** mortier

#### **Homogénéisation**

Cette étape permet une homogénéisation du sédiment ce qui permet d'avoir une meilleure répartition des composés pétroliers, les sédiments sont homogénéisés pendant 15mn à l'aide d'un agitateur électrique (type Heidolph).

#### **Extraction des hydrocarbures**

Un dispositif appelé batterie d'extraction ou Soxhlet est indispensable pour l'extraction des hydrocarbures (**Figure 3.9**). Cette opération permet d'extraire par lessivage tous les hydrocarbures contenus dans le sédiment avec un mélange de solvants. Celui-ci se compose d'un corps en verre dans lequel est positionnée une cartouche en papier filtre épais, d'un tube siphon et d'un tube d'adduction.

Dans le montage, l'extracteur est positionné sur un ballon contenant le solvant (hexane/dichlorométhane dans les proportions (50:50), Le volume de solvant consommé est de 200ml. Dans l'extracteur est insérée une cartouche dans laquelle est positionné 5g de sédiment contenant les hydrocarbures à extraire ; puis un réfrigérant est adapté au-dessus de l'extracteur, il est aussi souhaitable d'utiliser un chauffe ballon avec agitation magnétique intégrée.

Lorsque le ballon est chauffé, les vapeurs du solvant passent par le tube adducteur, se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le corps de l'extracteur, faisant ainsi macérer le solide dans le solvant (chauffé par les vapeurs se trouvant en dessous). Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube siphon, il provoque alors le retour de liquide dans le ballon puis s'accompagne de substances.

Le solvant continue alors à s'évaporer, tandis que les substances extraites restent dans le ballon (leur température d'ébullition doit être nettement supérieure à celle du solvant extracteur).

Un blanc de procédure est réalisé pour chaque série (5 échantillons).

L'opération d'extraction dure 8 heures.



**Figure 3.9 :** Batterie d'extraction ou Soxhlet.

### **Concentration des extraits**

Environ 120ml de l'extrait récupéré est concentré à un volume de 10ml à l'évaporateur rotatif (Température : 30°C, Pression : 1,5 bars) (**Figure 3.10**).

Cette étape permet d'éliminer le solvant d'extraction, ce qui va augmenter la concentration des produits à analyser.

**Concentration sous jet d'azote : Jusqu'à un volume de 2 ml. (Figure 3.11).**



**Figure 3.10** : évaporateur rotatif



**Figure 3.11** : dispositif de sous Jet d'azote

### **Elimination des composés soufrés/ traitement au mercure**

Les composés soufrés présents dans les sédiments marins soumis à des apports anthropiques sont essentiellement riches en matière organique. Le soufre résulte de l'oxydation de la matière organique des milieux anaérobies

Cet élément interfère dans les analyses de spectrofluorimétrie U.V. et en chromatographie en phase gazeuse. Afin d'optimiser les résultats et d'éliminer les contraintes de cet élément, un traitement au mercure préconisé par le protocole utilisé est appliqué à tous les échantillons de sédiment.

Les étapes de traitement au mercure :

- ✚ L'échantillon concentré est récupéré dans un tube à essai conditionné.
- ✚ Ajouter quelques gouttes de mercure.
- ✚ Agitation dans un agitateur vibrant pendant 3 minutes.
- ✚ Lorsque le soufre est piégé par le mercure, ce dernier est noirci. L'opération est répétée autant de fois que nécessaire et cela jusqu'à ce que le mercure garde sa couleur d'origine (gris argenté) ; Puis on récupère l'échantillon dans un tube à essai.

## **Purification et fractionnement**

Cette étape permet d'éliminer les composés organiques polaires tels que les lipides, les acides gras ainsi que toute impureté. Cette purification est nécessaire, elle a pour objet d'éliminer tous composés qui peuvent causer des interférences au moment des analyses avec les hydrocarbures.

Elle permet aussi la division de l'échantillon extrait en deux fractions : l'une aliphatique (F1) et l'autre aromatique (F2).

Dans cette étape, on utilise la chromatographie sur colonne ouverte remplie de deux adsorbants : gel de silice et l'alumine qui représentent la phase stationnaire solide (doivent être conditionnés). L'alumine neutre avec son pouvoir de purification qui permet l'élimination des composés polaires et le gel de silice avec son pouvoir de séparation et/ou rôle de fractionnement.

**Préparation de la colonne :** Pour cette étape, le matériel nécessaire est le suivant :

- ✚ Une burette de 50ml de contenance, 10mm de diamètre interne et munie d'un robinet en téflon.
- ✚ 2 paires de pinces en acier inoxydable.
- ✚ Laine de verre extraite.
- ✚ Longue tige de verre d'environ 7.5mm de diamètre.
- ✚ Support à burette.
- ✚ Becher d'environ 200ml, 50ml.
- ✚ Entonnoir à liquide d'environ 4cm de diamètre supérieur.
- ✚ Papier aluminium.
- ✚ Spatule, Balance ; Hexane.
- ✚ Silice fraîchement conditionnée.
- ✚ Alumine fraîchement conditionnée.
- ✚  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  fraîchement conditionnée.

## **Les étapes à suivre pour la purification**

- ✚ Rincer à l'hexane, l'intérieur et l'embout d'une colonne pour chromatographie.
- ✚ A l'aide de deux paires de pinces préalablement rincées à l'hexane, découper suffisamment de laine de verre extraite pour mettre dans le bas de la colonne.
- ✚ Placer la laine de verre à l'aide d'une longue tige de verre rincée à l'hexane, puis tasser la laine de verre dans le bas de la colonne.
- ✚ Rincer à l'hexane un entonnoir et la colonne.
- ✚ Vider complètement la colonne.
- ✚ Remplir la colonne à moitié avec l'hexane, couvrir avec une feuille de papier aluminium traité

- ✚ Mettre 5g de gel de silice mélangé avec l'hexane dans la colonne.
- ✚ Frapper sur la colonne pour que la silice soit bien tassée.
- ✚ Laisser descendre le niveau d'hexane sans assécher la colonne.
- ✚ Mettre 10g d'alumine mélangé avec l'hexane en procédant de la même façon qu'avec la silice.
- ✚ Frapper celle-ci sur la colonne pour tasser l'alumine au maximum.
- ✚ Laisser descendre le niveau d'hexane sans assécher la colonne.
- ✚ Ajouter 0,5g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en tête de la colonne pour l'absorption des gouttelettes d'eau si elles existent encore.

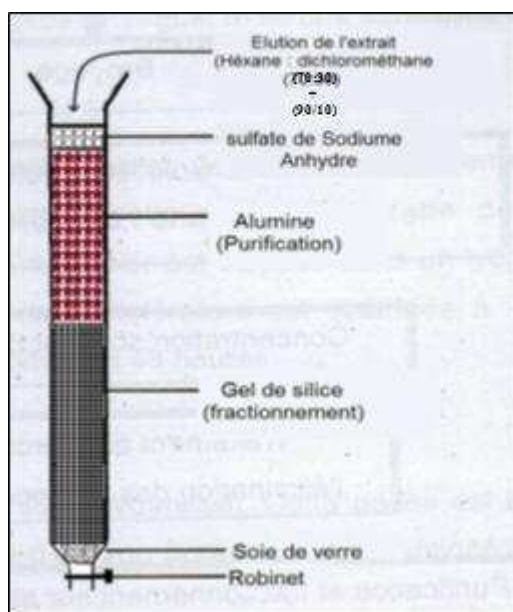


Figure 3.12 : Purification et fractionnement par chromatographie sur colonne ouverte.

### a)-Purification de la fraction aliphatique

- ✚ Verser l'échantillon après l'avoir agité.
- ✚ Ajouter 20ml d'hexane puis récupérer la fraction 1 aliphatique dans un tube à essai conditionné auparavant.
- ✚ Fermer avec du téflon puis conserver au frais.

### b)-Purification de la fraction aromatique

- ✚ Ajouter 20 ml du mélange hexane-dichlorométhane dans des proportions (90/10) + 30 ml du mélange hexane-dichlorométhane dans les proportions (70/30) puis récupérer la fraction 2 aromatique.
- ✚ Faire une deuxième concentration à l'évaporateur rotatif (Température : 30°C, Pression : 1,5 bars).
- ✚ Conserver au frais.

### **III.3- Technique d'analyse des hydrocarbures**

Différentes techniques ont été mises en œuvre pour l'analyse des polluants organiques marins. Les méthodes spectrales avec la chromatographie en phase gazeuse offrent des résultats particulièrement satisfaisants du point de vue quantitatif et qualitatif.

#### **III.3.1. Spectrofluorimétrie à rayonnement ultraviolet (S.F.U.V)**

La Spectrofluorimétrie ultraviolet UV, est une technique de mesure quantitative des hydrocarbures aromatiques préconisée par la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO (1984) pour la surveillance de la pollution marine par les hydrocarbures. Elle permet d'apprécier globalement la teneur en hydrocarbures aromatiques, elle est très sensible et peu sujette aux interférences.

Les teneurs mesurées ne représentent pas réellement les concentrations absolues d'hydrocarbures. Cependant, la réponse de fluorescence fournit un excellent indice de pollution pétrolière du fait de la très faible teneur des hydrocarbures aromatiques biogènes dans le milieu marin. La limite de détection est de l'ordre de 0,1µg/l pour l'eau de mer (CNEXO, 1983).

##### **III.3.1.1.Principe**

La fluorescence est un phénomène qui se produit en deux phases :

###### **❖ L'excitation**

L'excitation d'une molécule par une radiation électromagnétique ultraviolette est un phénomène rapide qui se traduit par le transfert d'un électron d'une orbitale liante vers une orbitale antiliante.

La molécule passe ainsi de son état électronique fondamental vers un état excité. L'ensemble des transitions électroniques constitue le spectre d'excitation. La radiation ultraviolette de même que la lumière visible possède suffisamment d'énergie pour transférer des électrons vers des orbitales antiliantes créant ainsi un état électronique excité.

###### **❖ L'émission**

Le retour à un état électronique de moindre énergie ou désactivation est relativement stable. Il fait intervenir un grand nombre de transitions produisant chacune l'émission d'une radiation dans toutes les directions. L'ensemble des transitions constitue le spectre d'émission du rayonnement de fluorescence.

L'intensité de la fluorescence est proportionnelle à la concentration de l'échantillon à condition que cette dernière soit comprise dans la gamme étalon. Cette technique s'applique en particulier aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées tels que les hydrocarbures aromatiques et poly aromatiques.

##### **III.3.1.2. Appareillage analytique**

Les hydrocarbures polyaromatiques sont analysés avec un spectrofluorimètre HITACHI modèle 650-10 high sensitivity (**Figure 3.13**), équipé d'une lampe à xénon avec des fentes de 1.5 nm à 20 nm et un balayage allant de 220 à 830 nm. L'appareil contient des cellules en quartz de 1 centimètre de trajet optique, polies sur les quatre faces. Un volume de 0,5ml d'échantillon est suffisant à l'analyse.



Figure 3.13 : SFUV de marque Hitachi.

### III.3.1.3. Etalonnage et préparation des standards

La standardisation de l'appareil nécessite un hydrocarbure de comparaison ou étalon de référence, le Chrysène ou 1,2 Benzophénanthrène ( $C_{18}H_{12}$ ).

La gamme étalon se compose de 1 mg de Chrysène dissous dans 10 ml d'hexane soit de 10 mg/100 ml. Cette préparation est la solution mère ou solution initiale.

Les solutions standards sont obtenues par dilution à partir de la solution mère. Cinq solutions filles ou gamme étalon, Les concentrations des différents standards sont reprises dans le tableau (3.3).

Tableau (3.3) : concentrations des standards d'étalonnage.

Etalon	S1	S2	S3	S4	S5
Concentration ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00

Les fioles contenant les solutions standards sont placées dans un bac à ultrasons pendant deux minutes dans le but de faire dissoudre le Chrysène dans de l'hexane.



Figure 3.14 : Les fioles des solutions standards.

### III.3.1.4. Mesure des intensités de fluorescence

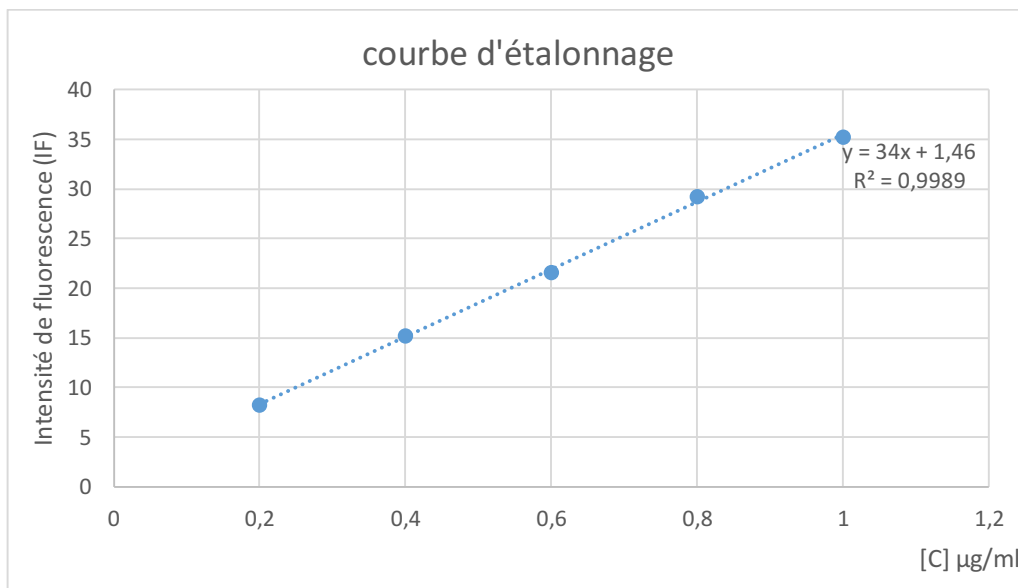
Les concentrations des hydrocarbures polycycliques aromatiques sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage, La mesure se fait en plaçant une fraction de l'extrait purifié dans une cuve en quartz de 1 cm de trajet optique.

Les conditions opératoires à la lecture des intensités de fluorescence (IF) sont les conditions suivantes :

- ✚ Longueur d'onde d'excitation : 310 nm.
- ✚ Longueur d'onde d'émission : 360 nm ; 380 nm ; 410 nm.
- ✚ Les fentes d'excitation : 2 nm et celle d'émission : 5 nm.

L'intensité de fluorescence (IF) est proportionnelle à la concentration C de l'échantillon dans la gamme d'étalon.

La droite d'étalonnage est représentée dans la **Figure 3.15**



**Figure 3.15** : Droite d'étalonnage à 380 nm

### III.3.1.5. Détermination des concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques

Les concentrations des hydrocarbures polycycliques aromatiques sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage. L'intensité de fluorescence (IF) est proportionnelle à la concentration [C] de l'échantillon dans la gamme étalon de réponse linéaire du spectrofluorimètre déterminée par la courbe d'étalonnage.

Cette dernière est de la forme :

$$IF = a C + b$$

**IF** : intensité de fluorescence en unité arbitraire (U.A).

**C** : concentration en hydrocarbures polyaromatiques HPA (en µg/ml)

**a** : pente de la droite

**b** : ordonnée à l'origine.

### **III.3.1.6. Calcul des concentrations finales en hydrocarbures polyaromatiques**

Les concentrations finales des HAP des échantillons sont calculées avec la formule suivante :

$$[C]_{\text{final}} \mu\text{g/g} = [C]_{\text{calculée}} \times V / P_s$$

**[C]<sub>finale</sub>** : Concentration finale des hydrocarbures en µg/g par rapport au PS du sédiment.

**[C]<sub>calculée</sub>** : Concentration des HAP dans l'échantillon (µg/ml).

**V** : Volume d'extrait purifié (ml).

**PS** : Poids sec en (g).

*Chapitre IV*

*Résultats et  
Discussions*

Ce chapitre est consacré à l'interprétation des résultats des différentes analyses effectuées sur les échantillons de sédiments au niveau de la baie de Bou Ismail comme évoqué précédemment dans le chapitre matériel et méthodes. Ces analyses ont permis d'évaluer le taux des HAP<sub>s</sub>.

#### IV.1- Résultats des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sont mesurés à la surface à l'aide d'une valise multiparamétrique. Les analyses concernant ces paramètres physicochimiques des différentes stations de la baie de Bou-Ismaïl ont donné les résultats figurant dans le tableau suivant :

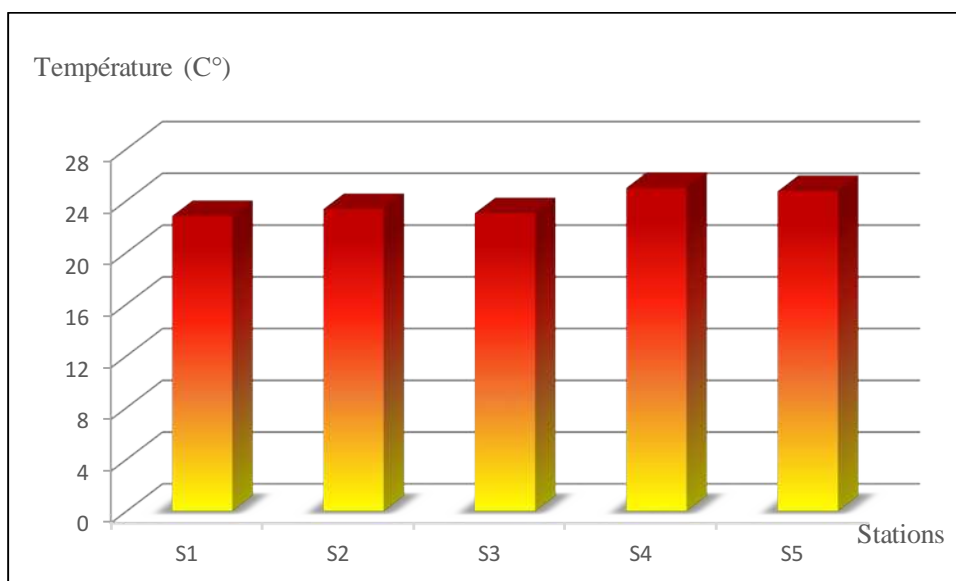
**Tableau 4.1 :** Résultats des paramètres physico-chimiques et des HAP<sub>s</sub> :

Stations	T (C°)	pH	S	OD (mg/l)	M O (mg)	HAP (µg/g)
S1	22,84	8,12	37,34	3,45	0,1334	0,4960
S2	23,38	7,67	36,85	3,12	0,1734	1,2199
S3	23,06	7,47	37,26	3,19	0,1157	0,6384
S4	25,01	7,99	37,16	3,69	0,1724	0,8480
S5	24,76	7,93	36,93	3,44	0,1440	1,0123
S6	-	-	-	-	0,2097	0,9408

Les résultats des différents descripteurs physico-chimiques sont tous représentés sous forme d'histogrammes accompagnés de leurs interprétations.

##### IV.1.1. Température (T)

D'une manière générale les températures mesurées reflètent la période saisonnière.



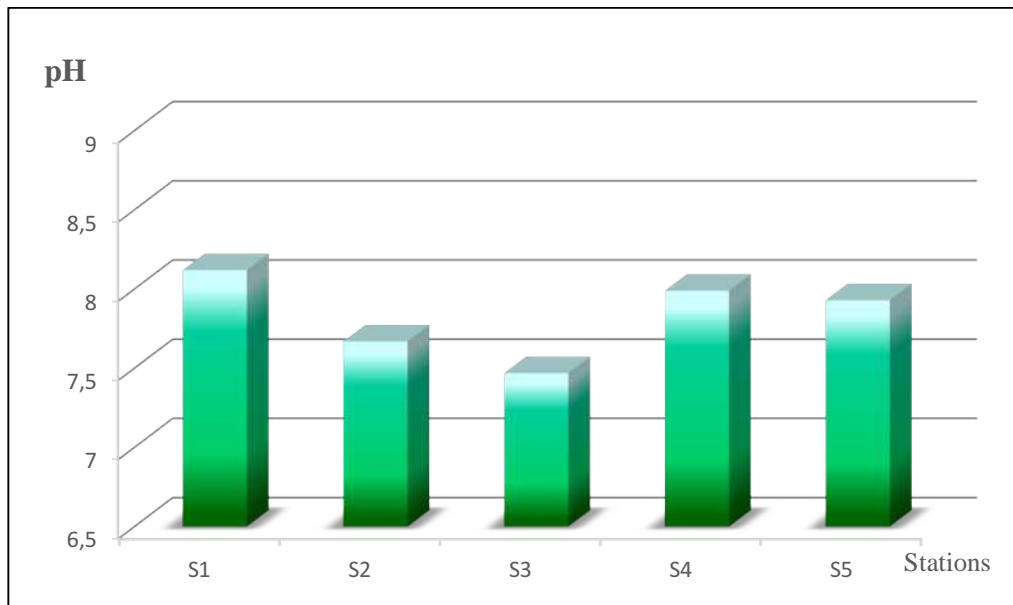
**Figure 4.1 :** Variations de la température dans la baie de Bou Ismail.

D'après la **Figure 4.1**, nous avons constaté que la variation de la température de surface est homogène entre les stations. Elle varie entre un minimum de 22.84 trouvé à la station 1 et un maximum de 25.01 trouvé à la station 4 avec une moyenne de 23.81 et un écart type de 1.

Les valeurs plus ou moins faibles sont observées au niveau des ports et à la station 1 qui s'expliquent par la stagnation de ces eaux ; par contre les valeurs plus ou moins élevées sont observées aux stations 4 et 5 qui se situent dans la partie Est de la baie. Ces variations de température des eaux de surface seraient dues probablement aux :

- ✚ Facteurs météorologiques et hydrodynamiques.
- ✚ Le mélange avec les eaux légèrement chaudes de la baie.
- ✚ Les apports des eaux continentales par les oueds.
- ✚ Echange avec l'atmosphère.

#### IV.1.2. Le Potentiel d'hydrogène (pH)



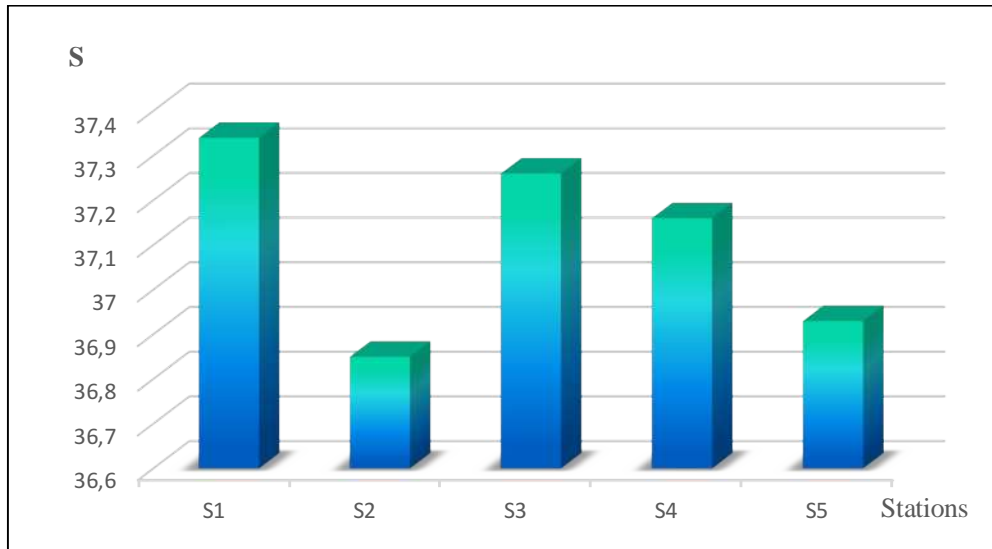
**Figure 4.2 :** Variations du potentiel d'hydrogène dans la baie de Bou Ismail.

D'après la **Figure 4.2**, Les valeurs du pH mesurées sont comprises entre un minimum de 7,47 trouvé à la station 3 et un maximum de 8,12 à la station 1 avec une moyenne de 7.84 et un écart type de 0.26.

Ces valeurs sont plus faibles que la valeur moyenne du pH de l'eau de mer (voisin 8.2). Les valeurs minimales sont relevées au niveau des Ports de Khemisti et Bouharoun qui s'explique par la présence des égouts qui véhiculent les eaux usées (dégradation de la matière organique).

### IV.1.3. Salinité

La salinité de l'eau de mer en méditerranée est comprise entre 37.8 et 39.39 PSU.

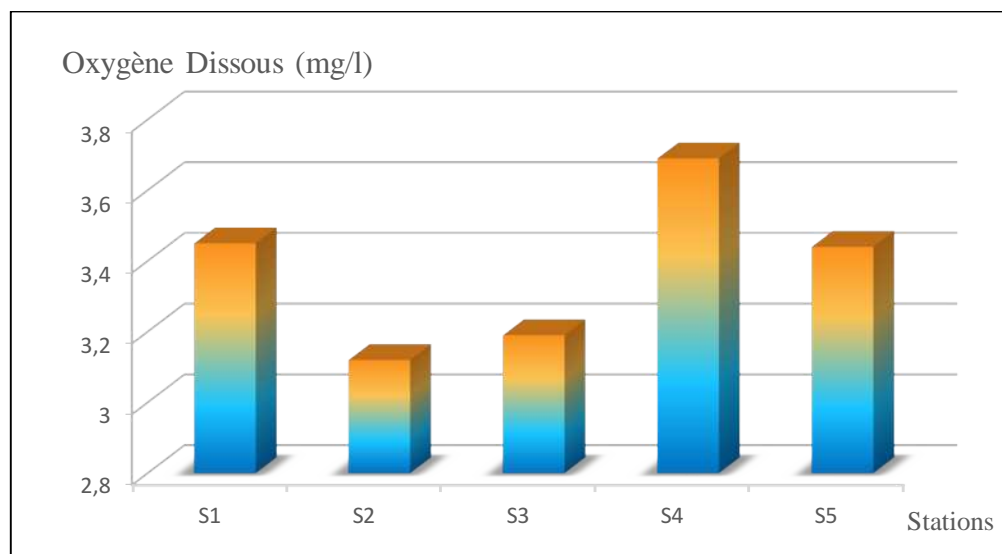


**Figure 4.3 :** Variations de la salinité dans la baie de Bou Ismail.

D'après la **Figure 4.3**, Les valeurs de la salinité de surface sont relativement faibles, elles varient entre un minimum de 36.85 à la station 2 et un maximum de 37.34 à la station 1, avec une moyenne de 37.11 et un écart type de 0.21.

Les valeurs de la salinité plus ou moins faibles sont observées au niveau des ports ce qui est expliqué par la présence des apports des eaux usées (eau d'égout et les rejets de vidange des navires), ainsi qu'au niveau de l'embouchure de l'Oued Mazafran qui s'explique par l'apport important des eaux continentales douces (eaux pluviales, rejets urbains et industriels...) pendant cette période ce qui engendre la baisse de la salinité de l'eau de mer.

### IV.1.4. Oxygène dissous (OD)



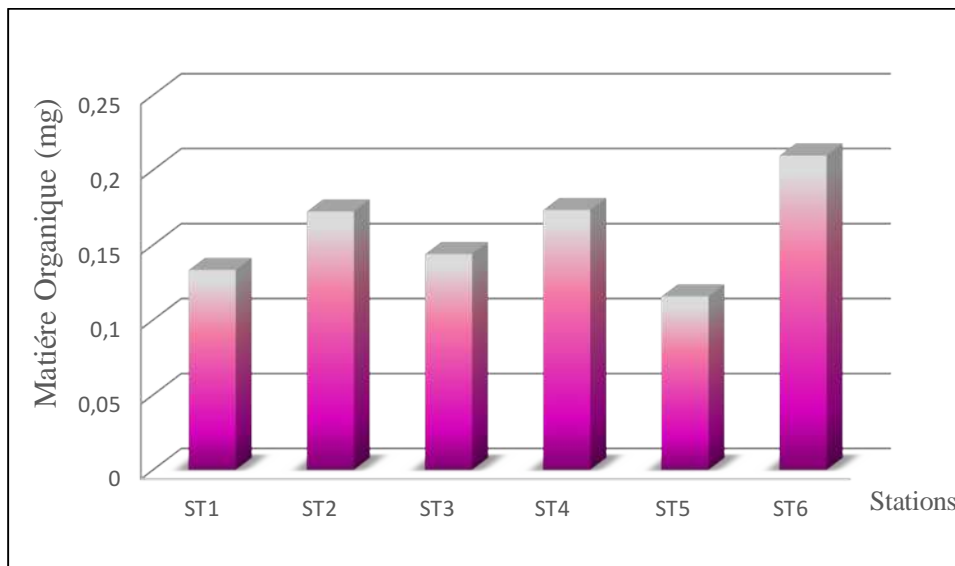
**Figure 4.4 :** Variations des teneurs en oxygène dans la baie de Bou Ismail.

D'après la **Figure 4.4**, Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles de la baie varient entre 3.12 mg/l (valeur minimale) et 3.69 mg/l (valeur maximale) et a une moyenne de 3.38 mg/l et un écart type de 0.23.

La teneur la plus élevée est observée à la station 4 et 6 tandis que les valeurs les plus faibles sont observées au niveau des ports, cela s'explique par :

- ✚ La morphologie du port (bassin semi fermé et faible profondeur) ce qui empêche le renouvellement des eaux.
- ✚ la consommation de l'oxygène dissous pour la dégradation des composés organiques.
- ✚ Les films formés par les hydrocarbures (essence, fuels, huiles....) à la surface de l'eau ralentissent ou peuvent même entraver la ré-oxygénation par l'atmosphère. (Aminot et Kérouel, 2004).

#### IV.1.5. Matière Organique



**Figure 4.5** : Variations de la Matière organique dans la baie de Bou Ismaïl.

Les concentrations de la matière organique sont variables. Elles varient de 0.11 mg pour la station 5 et atteint 0.2 mg pour la station 6 avec une moyenne de 0.16 et un écart type de 0.03.

Les valeurs maximales sont enregistrées au niveau de l'embouchure de l'oued Beni Messous (St6), Bousmail (St4) et port de Bouharoun (St2), Cela est dû à l'intensité du trafic maritime. La plus faible concentration est enregistrée au niveau du port de Khemisti, malgré l'importance des rejets.

IV.2- Les concentrations des HAP<sub>s</sub> dans les sédiments superficiels

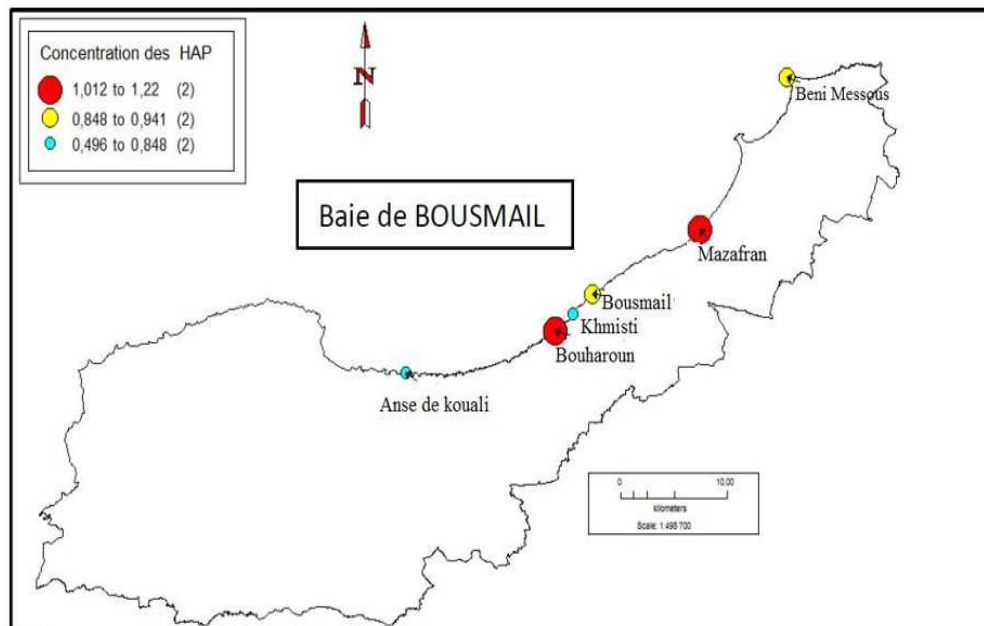
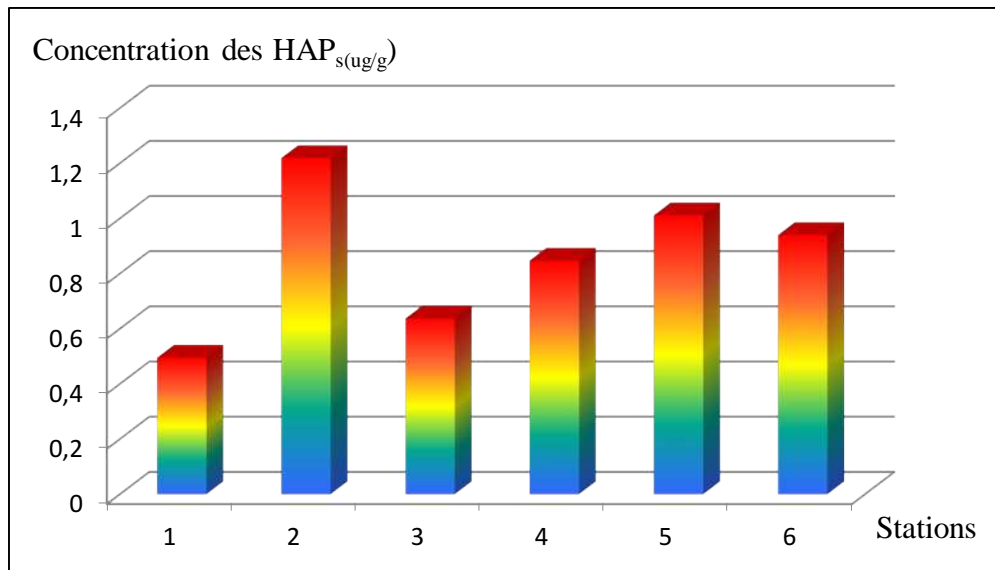


Figure 4.6 : Variation des concentrations des HAP<sub>s</sub> (µg/g) dans les sédiments de la baie de Bou Ismail.

Les concentrations fluctuent entre un minimum de 0.49 µg/g trouvé dans la station 1 et un maximum de 1.22µg/g trouvé dans la station 2 avec une moyenne de 0.86 µg/g et un écart type de 0.26.

La répartition des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans la baie de Bou-Ismaïl n'est pas uniforme, les plus fortes teneurs des HAP enregistrées sont probablement liées à la nature de sédiment qui favorise l'accumulation des hydrocarbures, ceci est observé au niveau des

ports et à proximités des oueds (rejets des eaux et des usines).en effet, le sédiment fin est caractérisé par une capacité de piéger les contaminants organiques contrairement au sédiment grossier.

Les sources éventuelles des HAP dans notre zone d'étude sont les rejets urbains et industriels des industries de peintures, industries de transformation de plastique et production des produits d'emballage, industries de céramique et de poterie. Ces déchets urbains et industriels sont déversés dans l'oued Mazafran sans aucun traitement préalable.

Ces apports sont très importants surtout en période hivernale car l'introduction des HAP en milieu marin est favorisée par les eaux de pluie, de même les matières organiques végétales acheminées par les cours d'eaux constituent une source non négligeable d'introduction des HAP en milieu marin. D'autre part, les déversements des hydrocarbures en pleine mer par le trafic maritime constituent une voie potentielle d'introduction des HAP dans le sédiment marin après leur décantation.

Les concentrations en HAP (pollution pétrolière) constituent aussi une source directe de pollution dans cette baie, comme le naufrage du Cougar (2003) au large de Tipaza avec des galettes répandues sur quelques plages de la baie qui ont fait augmenter les concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques.

#### IV.2.1.Corrélation entre les hydrocarbures aromatiques-Matière organique

Nous avons constaté qu'il y a une faible corrélation entre les teneurs des HAP et la Matière organique. Ce résultat ne peut pas expliquer la relation étroite qui existe entre la matière organique et les HAP, car la matière organique qui se retrouve piégée dans les sédiments peut se transformer en hydrocarbure par des processus biologiques et chimiques.

Nous avons enregistré des niveaux élevés de contamination par les HAP qui s'accorde avec le taux élevé en matière organique dans les stations St3, St4 et St6 contrairement à la station St5 où on a relevé une forte concentration des HAP mais avec un faible taux de MO.

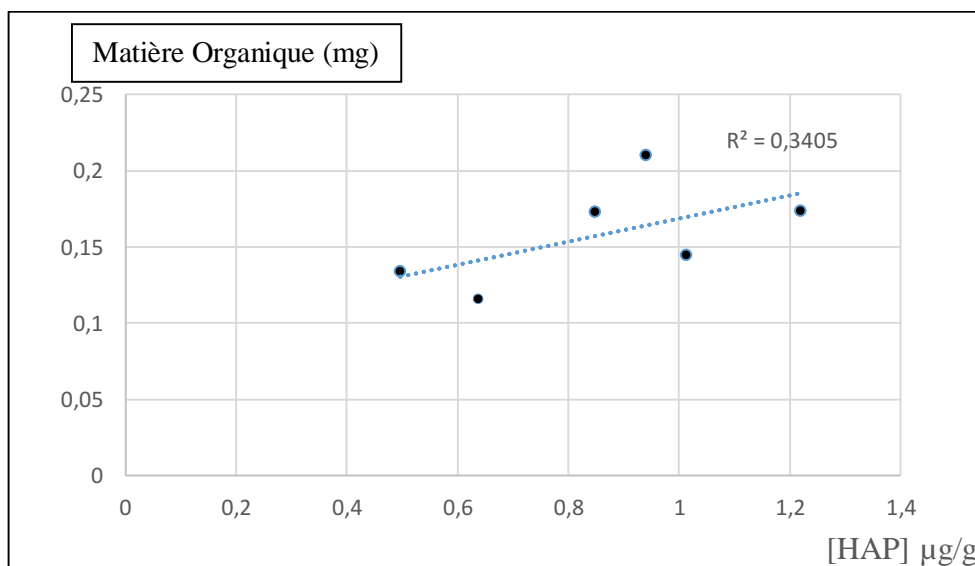


Figure 4.7 : Corrélation entre la matière organique et teneurs en HAP<sub>s</sub> dans les sédiments.

#### IV.2.2. Comparaison des concentrations des HAP<sub>s</sub> dans les sédiments superficiels

Plusieurs travaux ont été effectués sur la côte Algéroise afin d'analyser et de suivre l'évolution des teneurs en HAP dans le sédiment marin.

**Tableau 4.2 :** Concentration des HAP dans les sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismaïl (travaux de l'ENSSMAL).

Site d'étude	Concentration en HAP (µg/g)	Référence
Baie de Bou-Ismaïl	0.49-1.22	Présente étude
Baie de Bou-Ismaïl	4.16-26.1	Iddir, 2013
Baie de Bou-Ismaïl	0.55-12.77	Boudjellaba et Dehane, 2012
Baie de Bou-Ismaïl	0.301-1.29	Abderrahmani, 2011

Ce tableau montre une homogénéité temporelle de la distribution des concentrations des HAP dans les sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismaïl. Elle est due à plusieurs facteurs et aussi à l'échantillonnage de ces travaux qui a été effectué à des périodes différentes.

Les valeurs maximales obtenues dans certaines études dépassent de loin celles enregistrées dans la présente étude à l'exception de l'étude d'**Abderrahmani, 2011** qui fait partie de l'intervalle de notre résultat.

La différence par rapport aux autres études peut être expliquée par la présence de pollution ponctuelle dans cette zone, la période d'échantillonnage (hivernale, estivale), la profondeur et par la localisation des stations.

Les différents auteurs sont d'accord que le taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques diffère dans cette zone et cela s'explique par :

- ✚ l'importance des agglomérations sur la frange littorale.
- ✚ l'hydrodynamisme que connaît cette côte et qui se caractérise par l'existence de contre-courants de direction Ouest (**Caumes et Rousseau, 1967**).
- ✚ Les stations portuaires subissent des influences anthropogéniques plus marquées.
- ✚ La vocation touristique de cette zone accentue les rejets urbains en période estivale, en plus on note une existence de certaines industries de plastique et de papeterie qui contribuent à l'enrichissement du milieu en HAP.

### IV.3- Interprétation des graphes d'absorbance dans le domaine ultraviolet

Le spectre UV ne permet pas l'identification d'un produit mais celle du groupement chromophore qu'il contient. Les hydrocarbures aromatiques ont des spectres très caractéristiques dont la richesse doit être attribuée à la grande symétrie de ces molécules.

Les spectres ultraviolets servent surtout à déceler la présence de conjugaison. En général, les molécules sans liaisons doubles ou avec uniquement une liaison double n'absorbent pas dans la région de l'ultraviolet (de 200 nm à 400 nm), contrairement aux **systèmes conjugués**.

Cela est dû au fait que la liaison  $\sigma$  possède une trop grande différence d'énergie entre son orbitale moléculaire de plus haut niveau d'énergie occupée (orbitale liante) et celle inoccupée de plus bas niveau d'énergie (orbitale anti-liante). Il faudrait donc fournir une énergie nettement supérieure à celle observée dans le domaine de l'ultraviolet pour pouvoir réaliser cette transition électronique.

Or, dans le cas de liaisons doubles conjuguées, les transitions électroniques entre les orbitales moléculaires liante et anti-liante des liaisons  $\pi$  sont plus faibles en énergie.

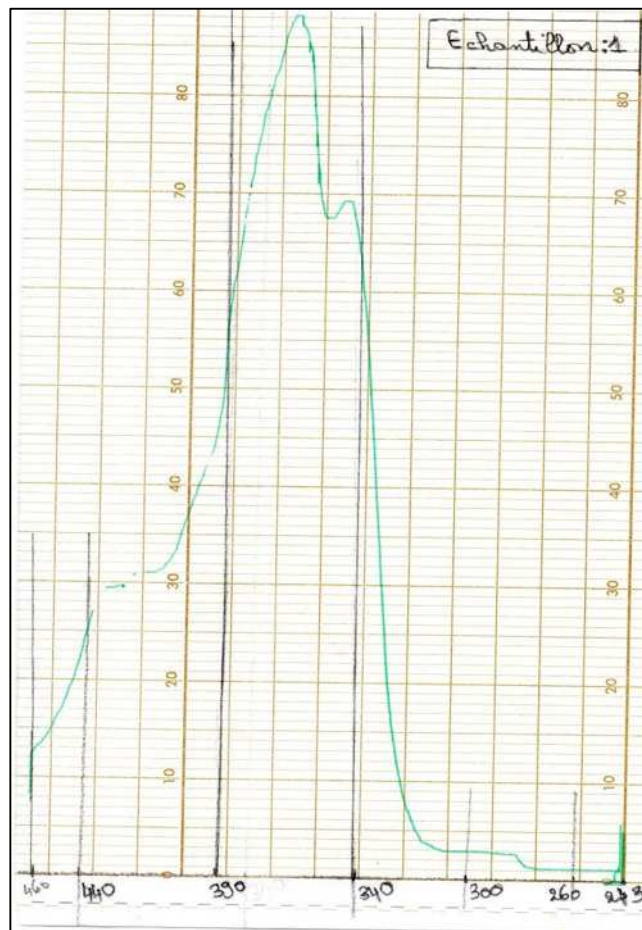
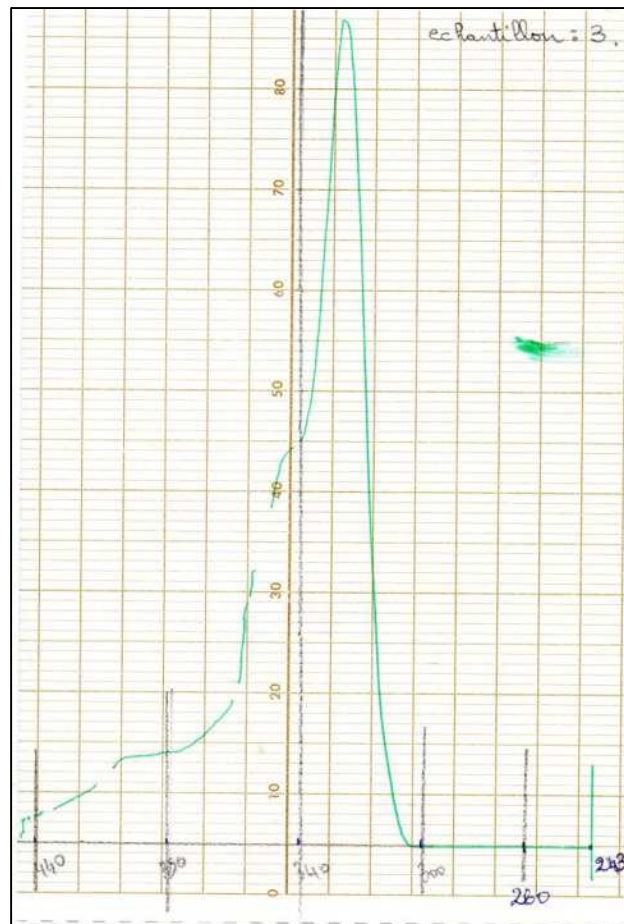


Figure 4.8 : Echantillon 1 : le pic d'absorption est entre 340 et 390 nm (environ 365).

Pour les hydrocarbures aromatiques polynucléaires, plus le nombre de cycles condensés augmente, plus l'absorption se déplace vers les plus grandes longueurs d'onde jusqu'à ce qu'elle atteigne la région du visible.

En ce qui concerne l'échantillon 1, le pic d'absorption est entre 340 et 390 nm (environ 365) qui correspond à un spectre d'un hydrocarbure aromatique polycyclique qui a 3 noyaux ou plus (exemple : l'Anthracène).



**Figure 4.9** : Echantillon 3 : le pic d'absorption est entre 300 et 340 nm (environ 320)

Concernant l'échantillon 3 : le pic d'absorption est entre 300 et 340 nm (environ 320) qui correspond au spectre d'un hydrocarbure aromatique qui a 1 ou 2 noyaux au maximum (exemple : le Naphtalène, c'est un hydrocarbure qu'on peut classer dans les hydrocarbures Di-aromatiques).

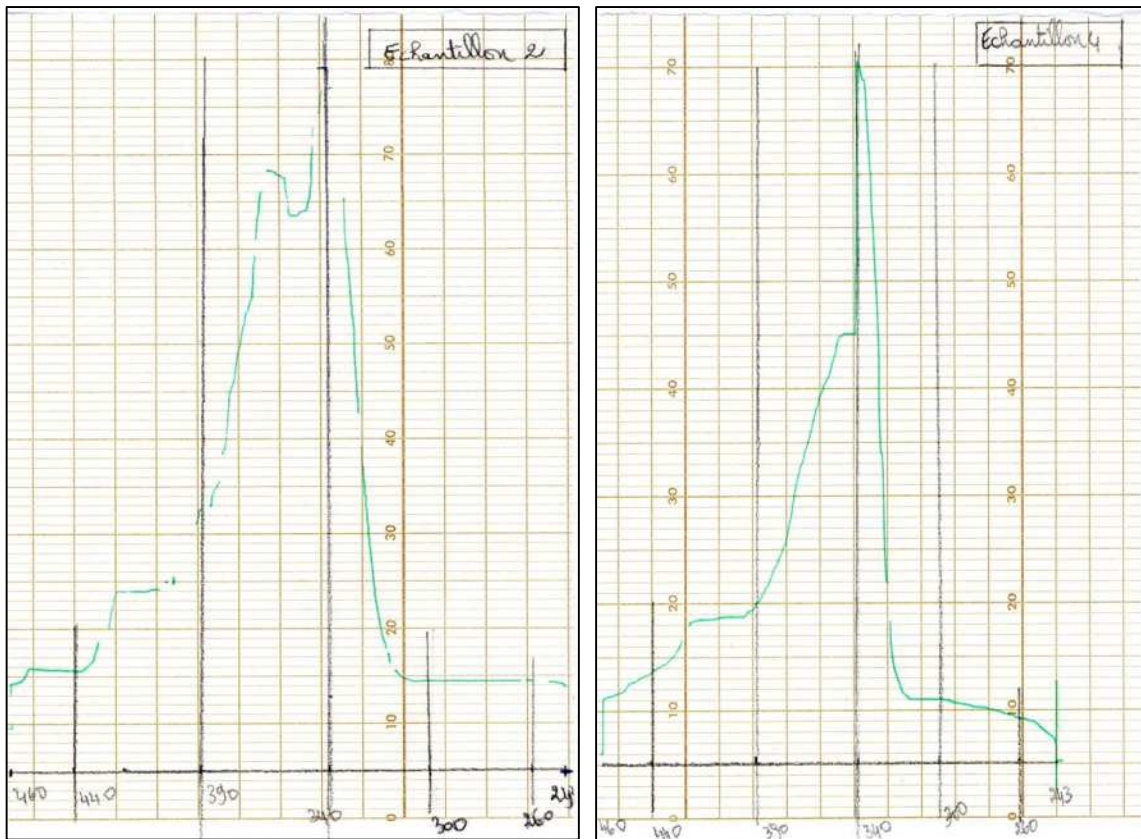


Figure 4.10 : Echantillon 2 ; 4 : le pic d'absorption est entre 300 et 390 nm (environ 340).

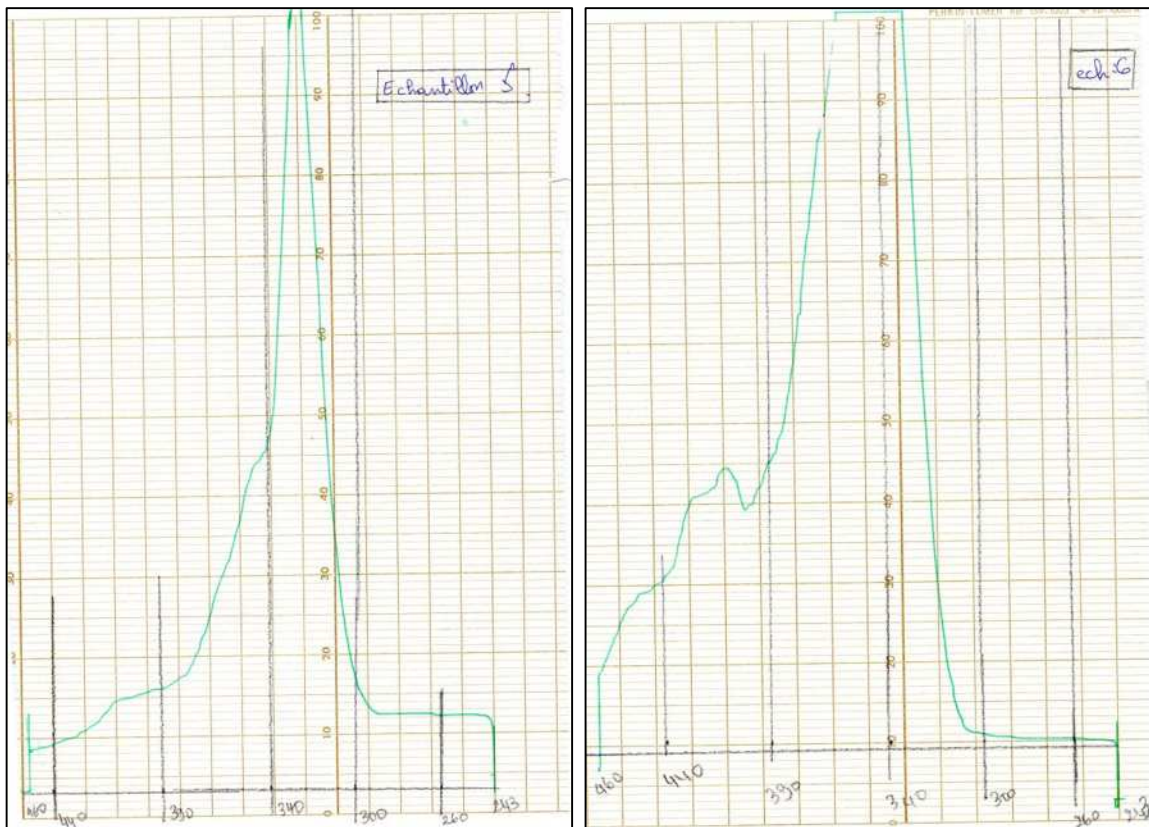


Figure 4.11 : Echantillon 5 ; 6 : le pic d'absorption est entre 300 et 390 nm (environ 340).

Les échantillons 2, 4, 5 et 6 ont un pic d'absorption entre 300 et 390 nm (environ 340) qui correspond au spectre d'un hydrocarbure aromatique polycyclique qui a 3 noyaux ou plus.

Les spectres UV fournissent généralement peu de renseignements sur la structure moléculaire des composés comparés aux spectres IR. Néanmoins, on les utilise surtout pour la détermination de la concentration des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Pour avoir des informations sur l'aspect qualitatif, nous devons faire appel à d'autres techniques analytiques telles que la CPG (Chromatographie en Phase Gazeuse) ou la HPLC (Chromatographie Liquide à Haute Performance).

*Conclusion*

L'objectif de cette étude est l'évaluation du taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le sédiment marin tout au long de la côte de la baie de Bou-Ismaïl.

La zone d'étude est caractérisée par des déversements anarchiques des eaux usées et des rejets industriels. Nous avons présenté les paramètres environnementaux les plus importants pour surveiller la qualité de l'eau de mer. L'analyse des différents paramètres montre que cette zone représente un taux de pollution élevé.

Pour les hydrocarbures aromatiques, nous avons remarqué qu'il y a une augmentation de la concentration des HAP dans deux endroits de la baie de Bousmail : au niveau du port de Bouharoun et en face de l'embouchure de l'Oued Mazafran, où elle est de l'ordre de 1.22 et 1.02  $\mu\text{g/g}$  respectivement.

Les résultats obtenus montrent que la concentration des HAP dans le sédiment marin varie selon sa nature :

La fixation et le stockage des HAP dans le sédiment marin obéissent à plusieurs facteurs qui sont liés non seulement aux propriétés physicochimiques des HAP, mais aussi à la granulométrie (taille des grains). En effet, le sédiment fin est caractérisé par une importante aptitude à intégrer et stocker ses contaminants organiques, contrairement au sédiment grossier.

L'abondance des espèces animales et végétales, les courants marins et les conditions météorologiques sont des facteurs qui participent aussi à la modification de la disponibilité des HAP dans le sédiment marin.

Il serait toutefois souhaitable d'élargir cette étude et de l'enrichir par d'autres études complémentaires concernant la distribution des HAP le long de la côte Algérienne ainsi que de faire le suivi de leur répartition le long d'un profil vertical dans le sédiment durant les différentes saisons de l'année afin de mieux comprendre leur biodégradabilité dans l'environnement marin.

Pour terminer, nous souhaitons préciser que cette approche ne constitue qu'une base d'un travail continu pour avoir une banque de données concernant l'état actuel de la pollution par les hydrocarbures tout au long du littoral Algérois et qui nous permettra par la suite de faire une surveillance continue de l'état de santé de l'environnement marin.

## Bibliographie

- ABDERRAHMANI, K. (2011).** *Les hydrocarbures polyaromatiques dans la baie de Bou-Ismaïl : surveillance et évolution de la contamination en fonction de la profondeur.* Thèse Magister. Alger : ENSSMAL. pp. 4-5.
- ACHICHE et LARBI. (2010).** *Impact des eaux usées et des embouchures des oueds sur la qualité des eaux de la baie de Bou Ismaïl.* Mémoire Ingénieur. Alger : ENSSMAL. 121 p.
- AIT ABBAS, D et LAUANI, S. (2002).** *Contribution à la détermination du degré de pollution par les hydrocarbures totaux au niveau du port pétrolier de Bejaia.* Mémoire DEUA. Bejaia : Université ABDERAHMANE MIRA. 89 p.
- Al SID CHIKH, S et al. (2009).** Diagnostic du littoral Ouest algérois pour une gestion intégrée ; The 5 th International Symposium on Sandy beaches, Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- AMIARD et al. (2005).** Les déversements de pétrole. Conséquences pour l'environnement littoral, intervention orale au cours du séminaire de master 2, GIZC.
- AMINOT, A et CHAUSSE-PIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. France : CNEXO. 395 p.
- AMINOT, A et KEROUEL, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. France : Ifremer.336 p.
- AOUIDAD, Z. (1997).***Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments superficiels et les particules en suspension dans la baie de Bou Ismaïl.* Mémoire Ingénieur. Alger : ISMAL.73 p.
- BERTRAND, A. (2000).** Transport maritime et pollution accidentelle par le pétrole : Faits et chiffres (1951-1999). Paris : TECHNIP. 146 p.
- BERTRAND, J et MILLE, G. (1989).** Devenir de la matière organique exogène. Un modèle : les hydrocarbures. In : Bianchi, Marty, D., Bertrand J.C., caumette, P. et Gauthier, M.J. (Eds), Micro-organismes dans les écosystèmes océaniques. Paris : Masson, chapitre 13. pp. 343-385.
- BOUDJELLABA, D et DEHANE, D. (2012).** *Etat de la pollution par les hydrocarbures dans les eaux et les sédiments superficiels de la baie d'Alger et la baie de Bou-Ismaïl.* Mémoire Ingénieur. Alger : ENSSMAL. 90 p.

- BOUGHRIRA, A. (2012).** *Modélisation spatiotemporelle des paramètres de la pollution organique dans la baie de Bou Ismail.* Thèse magister. Alger : ENSSMAL. 147 p.
- CAULET, J. (1972).** *Les sédiments organogènes du précontinent Algérien.* Mém. Mus. Hist. Nat., Nlle série. pp. 25-289.
- CAUMES, F et ROUSSEAU, P. (1967).** *Etude de la sédimentation actuelle de la baie de Castiglione.* Rapport de la Sonatrach, n° 4931, 36 p.
- CASTEL, J. (1990).** *The meiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web.* Vie Milieu. 42. pp. 125 – 135.
- CEDRE (1990).** Guide pratique de lutte contre les pollutions accidentelles du littoral par les hydrocarbures. 160 p.
- CEDRE (2009).** Observation aérienne des pollutions pétrolières en mer : guide opérationnel CEDRE.
- C.O.I (1982).** *La détermination des hydrocarbures pétroliers dans les sédiments.* Manuels et guides, 11, Commission Océanographique intergouvernementale de l'Unesco. 31 p.
- C.O.I (1984).** *Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages.* Procédures applicables à la composante pétrolière du système de surveillance de la pollution marine de la C.O.I.
- DAGORNE, A. (1970).** *Remarques préliminaires sur la sédimentation pré-littorale en baie de Bou-Ismaïl (Ouest d'Alger).* Annales Algériennes de Géographie, n°7. pp.73-78
- DEBICHE (1991).** *Exploitation de la pollution par les hydrocarbures polycycliques des sédiments des côtes Ouest d'Algérie, identification et caractérisation des polluants par analyse spectrale.* Mémoire Ingénieur. Alger : ISMAL. 109 p.
- DEHANE, D. (2012).** *Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans la matrice sédimentaire du littoral Algérois : état et analyse rétrospective,* Mémoire de master. Alger : ENSSMAL. 67 p.
- EL KHILL, K. (2003).** *La pollution de la mer Méditerranée du fait du transport maritime de marchandises.* Presse universitaire mémoire d'Aix-Marseille. 556 p.
- FATTAL (2008).** *Pollution des côtes par les hydrocarbures.* France : Presse universitaire de Rennes. 395 p.

**GEFFARD, O. (2001).** *Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires.* Thèse Doctorat. France: Université BORDEAUX I. 376 p.

**GESAMP. (2001).** Protecting the oceans from land-based activities-land based source and activities affecting the quality and uses of the marine coastal and associated freshwater environment. 162 p.

**GRIMALT, J.O et ALBAIGES, J. (1988).** Aerosol transport of polynuclear aromatic hydrocarbons over the Mediterranean Sea. *Naturwissenschaften*, vol 75. pp .39-42.

**IDDIR, S. (2013).** *Evaluation de l'état de la pollution par les hydrocarbures polyaromatiques dans les eaux et sédiments de la baie de Bou Ismaïl.* Mémoire Ingénieur .Alger : ENSSMAL, 64 p.

**INAL, A. (2011).** *Les métaux traces dans les sédiments de la baie de Bou Ismaïl : surveillance de la pollution et étude des processus géochimique.* Thèse Magister. Alger : ENSSMAL. 124 p.

**INERIS (2005).** *Hydrocarbures aromatiques polycycliques.* Guide méthodologique. Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transfert dans les sols et les eaux souterraines. Rapport d'étude n°66244 DESP-R01. p.85+annexe.

**KOROGHLI, A. (2010).** *Evaluation de la pollution des eaux de mer, des sédiments superficiels et profonds du port d'Alger.* Thèse Magister. Alger : USTHB. 150 p.

**LACAZE, J C. (1980).** *La pollution pétrolière en milieu marin.* Paris : Masson. 117 p.

**LEFEBVRE, G. (1978).** *Chimie des hydrocarbures.* Paris : TCHNIP. 284 p.

**LEM (1998).** *Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger.* 22 p.

**MARCHAND, M. (1983).** *Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorimétrie UV.* In C.N.E.X.O. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. pp. 329- 336.

**MARCHAND, M. (2003).** *Les pollutions marines accidentelles .Au -delà du pétrole brut, les produits chimiques et autres déversements en mer,* revue Annales des Mines, Responsabilité et Environnement, juillet. pp.70-92.

**MILLOT, C. (1989).** The circulation of the levantine Intermediate water in the Algerian basin. *Journal of geophysical research*, vol.92 (C8).pp. 8265-8276.

**POWER, E et CHAPMAN, P. (1992).** Assessing sediment quality. Lewis, Chelsea,MI, USA, pp. 1-18.

**RODIER, J. (1996).** *L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer)* 8<sup>e</sup> éd. Paris : Dunod.

**RODIER, J. (2005).** *L'analyse de l'eau : (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer).* 8<sup>e</sup> éd. Paris : Dunod.1384 p.

**SAKER, H. (2007).** *Analyse et dosage des hydrocarbures présents dans les eaux de mer du littoral de Skikda.* Thèse Magister. Skikda : Université Du 20 Août 1955.131 p.

**SELLALI, B. (1996).** *Pollution par les hydrocarbures pétroliers en Méditerranée Sud-Occidentale : contamination de l'eau et du sédiment superficiels des régions littorales centre et ouest de l'Algérie.* Thèse Magister. Alger : ISMAL. 118 p.

**TELBAHR (2006).** Rapport sur l'Etat de TELBAHR, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement et du tourisme. Algérie. 94 p.

**TOUNSI, R. (1989).** *Contribution à l'étude de la pollution de l'eau de mer par les hydrocarbures en Baie d'Alger et dans le Golfe d'Arzew.* Mémoire TS. Alger : ISMAL. 60 p.

**ZEGHDOUDI (2006).** *Contribution à l'étude de l'exploitation de trachurus trachurus (LINNE, 1758) dans la baie de Bou Ismail.* Mémoire Ingénieur. Alger : ENSSMAL. 65 p.

# *Annexes*

**Annexe 1** : les coordonnées géographiques des stations de prélèvement lors de la sortie effectuée le 23/06/2014.

Stations	Nom de la station	Longitude (Est)	Latitude (Nord)	Etat de la Mer
<b>S1</b>	Anse de Kouali	2° 29' 46.2''	36° 35' 29.4''	calme
<b>S2</b>	Bouharoun	2° 39' 20.1''	36° 37' 37.9''	calme
<b>S3</b>	Khemisti	2°40' 13.0''	36° 38' 16.0''	calme
<b>S4</b>	Bou Ismail	2° 41' 29.3''	36° 39' 02.1''	calme
<b>S5</b>	Mazafran	2° 48' 14.1''	36° 41' 55.7''	Peu agitée
<b>S6</b>	Beni Messous	2° 53' 11,0''	36° 47' 59,0''	Peu agitée

**Annexe 2** : Résultats des paramètres physico-chimiques

	T(C°)	pH	S	OD (mg/l)	MO (mg)
Min	22.84	7.47	36.85	3.12	0.11
Max	25.01	8.12	37.34	3.69	0.20
Moyenne	23.81	7.84	37.11	3.38	0.16
Ecart type	1	0.26	0.21	0.23	0.03