

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

*Ecole Nationale Supérieure de Sciences de la Mer*

*Et de l'Aménagement du Littoral*



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ETAT ET MASTER 2 EN SCIENCES DE  
LA MER**

**SPÉCIALITÉ : INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN**

**Thème :**

Évaluation de taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques  
dans le foie et la chair du rouget de vase (*Mullus barbatus*) dans  
la baie de Bousmail

**Présenté par :**

❖ **Debiche Siham**

Soutenu le 30-10-2021 devant le Jury :

|                |                          |           |
|----------------|--------------------------|-----------|
| M. L Fernane   | Maître-assistant A ..... | Président |
| M. M Kada      | Maître-assistant A ..... | Examineur |
| M. A Boughrira | Maître-assistant A ..... | Promoteur |

**Année universitaire : 2020 /2021**

# *Sommaire*

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Remerciement.....            | 4  |
| Dédicace .....               | 5  |
| Liste des figures.....       | 6  |
| Liste des tableaux.....      | 8  |
| Liste des abréviations ..... | 10 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>1 Introduction .....</b> | <b>12</b> |
|-----------------------------|-----------|

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2 Synthèse bibliographique.....</b> | <b>15</b> |
|--|-----------|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.1 Pollution des eaux ..... | 15 |
|------------------------------|----|

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.1.1 La pollution organique..... | 15 |
|-----------------------------------|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.1.1.1 Les hydrocarbures ..... | 15 |
|---------------------------------|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.1.1.2 Les huiles et graisses ..... | 15 |
|--------------------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2.1.1.3 Les pesticides..... | 16 |
|-----------------------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 2.1.1.4 Les phénols ..... | 16 |
|---------------------------|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 2.1.1.5 Les détergents ..... | 16 |
|------------------------------|----|

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2.2 Les hydrocarbures ..... | 16 |
|-----------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.2.1 Définition..... | 16 |
|-----------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2 Origines des Hydrocarbures dans l'environnement marin ..... | 17 |
|---|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 2.2.2.1 Origines naturelles..... | 17 |
|----------------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2.1.1 Suintements sous marins ..... | 17 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| 2.2.2.1.2 Diagenèse précoce de la matière organique..... | 17 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2.1.3 Libération lors des feux naturels de forêts ..... | 17 |
|---|----|

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 2.2.2.1.4 Origine biogène ..... | 18 |
|---------------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2.2 Origine anthropique des hydrocarbures ..... | 18 |
|---|----|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 2.2.2.2.1 Sources pyrolytiques..... | 18 |
|-------------------------------------|----|

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 2.2.2.2.2 Sources pétrogéniques ..... | 18 |
|---------------------------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| 2.2.2.2.3 Rejets industriels et domestiques des hydrocarbures..... | 18 |
|--|----|

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.2.2.2.4 Activités pétrolières..... | 19 |
|--------------------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| 2.2.3 Les principales familles des hydrocarbures..... | 19 |
|---|----|

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| 2.2.3.1     | Les hydrocarbures saturés.....                                  | 19 |
| 2.2.3.1.1   | Les alcanes linéaires (n-alcanes).....                          | 19 |
| 2.2.3.1.2   | Les alcanes ramifiés .....                                      | 19 |
| 2.2.3.1.3   | Les cycloalcanes .....  | 19 |
| 2.2.3.2     | Les hydrocarbures insaturés .....                               | 20 |
| 2.2.3.2.1   | Les hydrocarbures aromatiques.....                              | 20 |
| 2.2.3.2.1.1 | Les hydrocarbures mono-aromatiques.....                         | 20 |
| 2.2.3.2.1.2 | Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....         | 22 |
| 2.2.3.3     | Les composés polaires (les composés N, S, O).....               | 24 |
| 2.2.3.4     | Les asphaltènes et les résines .....                            | 24 |
| 2.2.4       | Toxicité des hydrocarbures .....                                | 25 |
| 2.2.5       | Propriétés physiques des hydrocarbures .....                    | 25 |
| 2.2.5.1     | La densité.....   | 26 |
| 2.2.5.2     | La viscosité .....  | 26 |
| 2.2.5.3     | Le point d'écoulement .....                                     | 27 |
| 2.2.5.4     | Le point éclair .....   | 27 |
| 2.2.5.5     | Le point d'ébullition .....                                     | 27 |
| 2.2.5.6     | La solubilité .....   | 27 |
| 2.2.5.7     | La tension interfaciale :.....                                  | 28 |
| 2.2.6       | Devenir des hydrocarbures dans l'environnement .....            | 28 |
| 2.3         | Le rouget de vase ( <i>Mullus barbatus</i> ) .....              | 31 |
| 2.3.1       | Description générale des rougets barbets.....                   | 31 |
| 2.3.2       | Description de rouget de vase.....                              | 31 |
| 2.3.3       | Classification.....   | 32 |
| 2.3.4       | Caractéristiques du rouget de vase.....                         | 33 |
| 2.3.5       | Caractéristiques du rouget de roche.....                        | 33 |
| 2.3.6       | Différence entre le rouget de vase et le rouget de roche .....  | 34 |
| 2.3.7       | Répartition géographique mondiale du rouget barbet de vase..... | 36 |
| 2.4         | La Baie de Bousmail .....                                       | 37 |
| 2.4.1       | Description géographique et présentation du site .....          | 37 |
| 2.4.2       | Réseau hydrographique/apports terrigènes.....                   | 38 |
| 2.4.3       | Sédimentologie de la Baie de Bousmail .....                     | 38 |
| 2.4.4       | Bathymétrie de la baie de Bousmail .....                        | 39 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.4.5     | Les infrastructures .....                                     | 40        |
| 2.4.6     | Sources potentielles de pollution par les hydrocarbures ..... | 41        |
| <b>3</b>  | <b>Matériel et méthodes .....</b>                             | <b>44</b> |
| 3.1       | Conditionnement du matériel.....                              | 44        |
| 3.2       | Echantillonnage .....   | 44        |
| 3.3       | Prétraitement de la matrice biote.....                        | 44        |
| 3.3.1     | Dissection et récupération des organes (chair et foie).....   | 45        |
| 3.3.2     | Congélation .....   | 46        |
| 3.3.3     | Lyophilisation .....  | 46        |
| 3.3.4     | Broyage et homogénéisation .....                              | 46        |
| 3.3.5     | Extraction solide-liquide.....                                | 47        |
| 3.3.6     | Saponification .....  | 48        |
| 3.3.7     | Extraction liquide-liquide.....                               | 49        |
| 3.3.8     | Concentration sous évaporateur rotatif .....                  | 50        |
| 3.3.9     | Fractionnement et purification .....                          | 51        |
| 3.3.10    | La concentration sous le jet d'Azote.....                     | 52        |
| 3.4       | La chromatographie .....                                      | 53        |
| 3.4.1     | Définition de la chromatographie .....                        | 53        |
| 3.4.2     | Les différentes méthodes chromatographiques .....             | 53        |
| 3.4.2.1   | La chromatographie en phase gazeuse (CPG) .....               | 53        |
| 3.4.2.1.1 | Principe .....  | 54        |
| 3.4.2.1.2 | Spectrométrie de masse (GC-MS) .....                          | 55        |
| <b>4</b>  | <b>Résultats et discussions .....</b>                         | <b>57</b> |
| 4.1       | Paramètres biométriques .....                                 | 57        |
| 4.1.1     | Relation Taille/Poids totale.....                             | 57        |
| 4.2       | Résultats et discussion de l'analyse des HAPs par CPG .....   | 59        |
| <b>5</b>  | <b>Conclusion .....</b>                                       | <b>73</b> |
| <b>6</b>  | <b>Références bibliographiques.....</b>                       | <b>76</b> |
| <b>7</b>  | <b>Annexes.....</b>   | <b>84</b> |

# ***Remerciement***

*Je remercie en premier Dieu le tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage de mener à terme ce travail.*

*Mes plus tendres remerciements s'adressent à mes parents de m'avoir guidé et orienté, ainsi pour la compréhension l'amour et le dévouement par lesquels ils m'entourent. La réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible sans leur soutien moral.*

*Je voudrais présenter mes remerciements à mon promoteur M. Boughrira d'avoir proposé ce thème, et de m'avoir encadré durant ce travail, je le remercie aussi pour son disponibilité et ses précieux conseils qu'il a tenu à me prodiguer au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Pour m'avoir fait l'honneur de participer au jury et de bien vouloir juger ce mémoire, je tiens à remercier :*

- *M. Fernane Lounes (Président)*
- *M. Boughrira Abdelhak (Promoteur)*
- *M. Kada Mouhamad (Examineur)*

*Je remercie Mm Houda pour m'avoir accueilli dans son laboratoire.*

*Je tiens aussi vivement à remercier sincèrement toutes les personnes de l'ENSSMAL*

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui à divers titres, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie ce Modest travail*

- *A ma chère amie ma sœur Hadjer*
- *à mes chers parents pour leurs présence, leur aide et leur compréhension et grâce à qui j'ai pu mener à bien ce travail que dieu me les préserve.*
- *A mes frères et sœurs et à chaque membre de ma famille.*
- *A tous mes amis et spécialement Mouhamad*

*Je dédie aussi ce travail à mon promoteur et à mes professeurs qui m'ont enseigné et à tous mes camarades*

# Liste des figures

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 1 :</b> Devenir des hydrocarbures pétroliers à la suite d'un déversement en milieu aquatique ..... | 29 |
| <b>Figure 2 :</b> Photographie d'un rouget barbet de vase.....   | 31 |
| <b>Figure 3 :</b> Schéma d'un rouget barbet de vase .....  | 35 |
| <b>Figure 4 :</b> Schéma d'un rouget barbet de roche .....   | 35 |
| <b>Figure 5 :</b> Situation géographique et localisation de la baie de Bousmail.....                         | 37 |
| <b>Figure 6 :</b> Courbes bathymétriques de la baie de Bousmail.....   | 40 |
| <b>Figure 7 :</b> les risques de la baie de bousmail.....  | 42 |

## Chapitre 2 : Matériel et méthodes

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 8 :</b> mesurer la longueur du rouget.....                               | 45 |
| <b>Figure 9 :</b> récupération du chair et foie du poisson.....                    | 45 |
| <b>Figure 10 :</b> lyophilisateur CHRIST BETA 1-8.....                             | 46 |
| <b>Figure 11 :</b> broyage du chair et foie du rouget.....                         | 47 |
| <b>Figure 12 :</b> Extraction solide-liquide à L'aide d'un extracteur Soxhlet..... | 48 |
| <b>Figure 13 :</b> Schémas de saponification.....                                  | 49 |
| <b>Figure 14 :</b> Extraction liquide-liquide.....                                 | 50 |
| <b>Figure 15 :</b> Schéma représente le principe de l'évaporateur rotatif.....     | 51 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 16</b> : la chromatographie à colonne ouverte.....         | 52 |
| <b>Figure 17</b> : Générateur d'azote PEAK scientific.....           | 52 |
| <b>Figure 18</b> : Concentration sous le jet d'azote.....            | 52 |
| <b>Figure 19</b> : Schémas représente le principe de la CPG.....     | 54 |
| <b>Figure 20</b> : Schémas représente le principe de la GC- MS ..... | 55 |

### **Chapitre 3 Résultats et discussion**

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 21</b> : pourcentage de chaque sexe du rouget barbet de vase: M (mal), F (femelle), I (immature).....     | 57 |
| <b>Figure 22</b> : Relation taille/poids de la présente étude.....  | 58 |
| <b>Figure 23</b> : Chromatogramme obtenue de dosage de l'échantillon 1 la chair de femelle de rouget de vase.....   | 59 |
| <b>Figure 24</b> : Chromatogramme obtenue de dosage de l'échantillon 2 (chair de femelle).....                      | 60 |
| <b>Figure 25</b> : chromatogramme obtenue du dosage de l'échantillon 3 le foie de l'immature de rouget de vase..... | 61 |
| <b>Figure 26</b> : chromatogramme de l'échantillon 5 la chair du mal de rouget de vase.....                         | 62 |
| <b>Figure 27</b> : Chromatogramme de l'échantillon 6 la chair d'un individu mal.....                                | 63 |
| <b>Figure 28</b> : Chromatogramme de l'échantillon 12 le foie du mal.....   | 64 |
| <b>Figure 29</b> : chromatogramme de l'échantillon 13 le foie d'un individu femelle.....                            | 65 |
| <b>Figure 30</b> : Chromatogramme obtenue de l'échantillon 14 le foie d'un individu femelle.....                    | 67 |
| <b>Figure 31</b> : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans tous les échantillons.....    | 68 |
| <b>Figure 32</b> : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans le foie.....                  | 69 |
| <b>Figure 33</b> : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans le foie.....                  | 69 |

# Liste des tableaux

## Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 1</b> : Liste des seize HAP considérés comme prioritaires par l'EPA (Feknous Nesrine 2017 et Damien Barbeau 2006).....  | 22 |
| <b>Tableau 2</b> : Position systématique du rouget barbet de vase : <i>M. barbatus</i> L., 1758 (Nelson, 1994 in Chafika Hebbar).....  | 32 |
| <b>Tableau 3</b> : Bilan des principales différences biologiques et écologiques entre <i>M. barbatus</i> et <i>M. surmuletus</i> (Bautista-Vega, 2007 in Chafika Hebbar 2013)..... | 34 |
| <b>Tableau 4</b> : Différentes industries présentes dans la baie de Bou Ismail (Harid, 2014 in Aiouaz Amira 2017).....   | 41 |

## Chapitre 3 Résultats et discussion

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 5</b> : Les composés aromatiques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-1.....              | 60 |
| <b>Tableau 6</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-3.....                | 62 |
| <b>Tableau 7</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-5.....                | 63 |
| <b>Tableau 8</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-6.....                | 64 |
| <b>Tableau 9</b> : Hydrocarbures aromatiques cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 12.....  | 65 |
| <b>Tableau 10</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 12.....              | 65 |
| <b>Tableau 11</b> : Hydrocarbures aromatiques cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 13..... | 66 |
| <b>Tableau 12</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 13.....              | 66 |
| <b>Tableau 13</b> : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 14.....              | 67 |

## Liste des abréviations

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**BTEX** : Benzène – Toluène – Ethylbenzène - Xylènes

**CCM** : chromatographie sur couche mince

**CIRC** : Centre international de recherche sur le cancer

**CPG** : chromatographie en phase gazeuse

**CPL** : chromatographie en phase liquide

**HAP** : hydrocarbure aromatique polycyclique

**HPLC** : chromatographie liquide à haute performance

**GC-MS** : chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse

**LEM** : laboratoire des études maritime

**US-EPA** : United states environmental protection agency

# Introduction

## 1 Introduction

Depuis le début du vingtième siècle, l'environnement (atmosphérique, terrestre et aquatique) a été soumis à la pression croissante des activités industrielles et humaines dont les effets se sont fait rapidement sentir. **(Olivier Geffard, 2001)**

Le milieu marin représente un enjeu considérable en termes de développement socio-économique. Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale. **(Bachari H Fouzia ; 2009)**

Les activités liées directement à la mer ont pris une place prépondérante, notamment dans les collectivités côtières. Cependant elles sont tributaires de la santé et de la productivité du milieu marin. L'homme en investissant de plus en plus dans le milieu marin contribue au déséquilibre de ce milieu. Les ressources vivantes et la biodiversité sont menacées par les pressions anthropiques en termes d'aménagement du milieu côtier, de pollution et d'exploitation. **(Bachari H Fouzia ; 2009)**

La pollution par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) représente un risque majeur sur l'environnement et sur la santé humaine qui se manifeste par la résilience de ces substances dans le milieu marin et par leur effet cancérigène.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des contaminants organiques persistants dans l'environnement et produits en quantités importantes par certains secteurs industriels. **(Laurence Belkassam, et al CNRSSP, Douai)**

Le nombre des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) identifiés à ce jour est de l'ordre de 130. Parmi ceux-ci une liste de 16 composés est généralement considérée pour les études environnementales. Ce sont les polluants qui ont été retenus comme prioritaires par l'agence environnementale américaine (US - EPA) dès 1976. **(Sonia Rouidi 2014)**

L'objectif de ce travail vise donc à développer les connaissances sur le niveau de contamination des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans le foie et la chair du rouget de vase (*Mullus barbatus*).

## Introduction

---

Le rouget de vase ou poisson rouget est une espèce benthique, avec une large répartition le long de la cote Méditerranéenne (**Ozbilgin, et al., 2004 in Aiouaz Amira 2017**). Il s'agit d'une espèce exploitable à des profondeurs de 3 à 90 m sur des fonds sableux ou boueux, mais aussi parfois sur un sol rocheux (**Aiouaz Amira 2017**).

En Algérie, cette espèce de Mullidae incarne un intérêt commercial très important et c'est l'une des espèces les plus prises sur le marché. (**Chafika Hebbar, 2013**)

La rédaction de ce travail suit la méthode IMRAD. Il est structuré en 3 parties :

- La première partie présente une étude bibliographique sur les hydrocarbures en général et sur les HAPs en particulier à travers leur définition, origine, classification, toxicité, propriétés physicochimiques et leur devenir dans l'environnement marin. ce chapitre présente aussi une petite recherche sur la matrice biote concernée par cette étude (*Mullus barbatus*), ainsi qu'une représentation de la zone d'étude (Bousmail).
- La deuxième partie est consacrée aux réalisations expérimentales ainsi que les principaux protocoles et les outils permettant l'extraction et la quantification des HAPs dans le biote. Il aborde également la méthode d'analyse des HAPs utilisée dans cette étude qui est: la chromatographie en phase gazeuse avec spectrométrie de masse.
- La troisième traite les résultats et les discussions de cette analyse.

# **Synthèse bibliographique**

## 2 Synthèse bibliographique

### 2.1 Pollution des eaux

Le terme pollution désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens défavorable sous l'effet des activités humaines (**Dégerémont, 2005 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia ; 2018**). C'est une altération qui rend son utilisation dangereuse et/ou perturber la vie aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines (**Haddou, 2010 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia; 2018**).

On peut classer les agents polluants selon leur nature ; on distinguera donc des agents physiques (rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique ...), chimique (substances minérales, organiques abiotique ou encore de nature biochimique), enfin biologique (microorganismes pathogènes, populations d'espèces exotiques introduites par l'homme...) (**Ramade, 2007**).

#### 2.1.1 La pollution organique

Elle se traduit par plusieurs formes et origines différentes

##### 2.1.1.1 Les hydrocarbures

Les hydrocarbures par leur densité relativement faible par rapport à l'eau forment des films de surface et empêchent toute oxygénation de celle-ci occasionnant des asphyxies de la faune et de la flore (**Mizi, 2006 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia ; 2018**).

##### 2.1.1.2 Les huiles et graisses

On les trouve généralement dans les eaux domestiques, Leur décomposition en milieu aérobie se traduit par une libération du CO<sub>2</sub> ; et en anaérobiose, il y a formation de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> (**Hamed et al, 2012 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia; 2018**).

## Synthèse bibliographique

---

### 2.1.1.3 Les pesticides

Ces composés chimiques proviennent essentiellement des lessivages des terres agricoles, ils se retrouvent dans les oueds ou les retenues d'eaux (**Mizi, 2006 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia ; 2018**).

### 2.1.1.4 Les phénols

Les produits phénoliques proviennent en général d'activités industrielles, ils donnent à l'eau un goût marqué de chlorophénol lorsqu'il est en présence de chlore, ces produits sont souvent biodégradables ceci dépend de leur composition (**Mizi, 2006 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia ; 2018**)

### 2.1.1.5 Les détergents

Ces composants proviennent aussi bien d'activités industrielles que domestiques (**Mizi, 2006 in Medjdoul Fatima et Kadjit Kamelia ; 2018**).

## 2.2 Les hydrocarbures

### 2.2.1 Définition

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés de carbone (C) et d'hydrogène (H). Un atome de carbone a une valence de 4. Il dispose donc de 4 liaisons obligatoires correspondant à 4 électrons. Un atome de carbone peut être relié à 4 atomes d'hydrogène ou à d'autres atomes de carbone par des liaisons simples ou doubles. Dans ce dernier cas, les chaînes carbonées (enchaînement d'atomes de carbone) peuvent être linéaires, ramifiées ou cyclique. Dans le domaine de la chimie des hydrocarbures, il existe de très nombreuses possibilités qui déterminent différents composés hydrocarbures.

En plus du carbone et de l'hydrogène il existe d'autres composants qui contiennent des atomes de soufre (S), d'azote (N), et d'oxygène (O) (**Fattal ; 2008**).

# Synthèse bibliographique

---

## 2.2.2 Origines des hydrocarbures dans l'environnement marin

Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Cette pollution peut être accidentelle ou volontaire. Ainsi les sources des hydrocarbures en milieu marin peuvent être naturelles et/ou anthropogéniques. (**Housseem Chalgmi ; 2015**)

### 2.2.2.1 Origines naturelles

#### 2.2.2.1.1 Suintements sous marins

En raison de différence de pression, de densité et de perméabilité des roches, le pétrole a été souvent déplacé, de la zone de formation vers d'autres zones. Une partie atteint la surface de la terre au niveau des bassins sédimentaires érodés ou des failles pour former des suintements naturels dans le fond marin (**McLoughlin, 1986 in Housseem Chalgmi ; 2015**). La contribution de ces hydrocarbures en milieu marin s'élève à 47 % de l'ensemble des hydrocarbures rejetés. Des estimations données par **Lacaze (1980)** ont considéré que 0,6 millions de tonnes d'hydrocarbures par année ont une origine géochimique. (**Housseem Chalgmi ; 2015**)

#### 2.2.2.1.2 Diagenèse précoce de la matière organique

La diagenèse précoce de la matière organique dans les gisements sous marins est le résultat de la combinaison de plusieurs processus biologiques, chimiques et physiques (bioturbation, décomposition de la matière organique par l'activité bactérienne et des phénomènes de recristallisation/dissolution) (**Cojan et Renard, 1997 in Housseem Chalgmi ; 2015**) qui peuvent accélérer la maturation de la matière organique déposée à la surface des sédiments sous forme de pétrole. (**Housseem Chalgmi ; 2015**)

#### 2.2.2.1.3 Libération lors des feux naturels de forêts

Les hydrocarbures peuvent être libérés lors des feux naturels de forêts dans l'atmosphère sous la forme gazeuse.

## Synthèse bibliographique

---

### 2.2.2.1.4 Origine biogène

Les hydrocarbures peuvent être biosynthétisés et libérés dans le milieu marin par l'activité métabolique des organismes aquatiques et terrestre ou par la décomposition de leurs matières organique (Zaghden et al., 2007; Mille et al., 2007 in Housseem Chalgmi ; 2015). D'après le « National Research Council » (1985) l'apport en hydrocarbures biogènes à l'océan est d'environ 180 millions de tonnes/an. (Housseem Chalgmi ; 2015)

### 2.2.2.2 Origine anthropique des hydrocarbures

La pollution anthropique par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants, lubrifiants,...). (Housseem Chalgmi ; 2015)

#### 2.2.2.2.1 Sources pyrolytiques

En milieu marin une provenance atmosphérique des hydrocarbures est possible suite à la combustion incomplète de la matière organique (incinération, fumée des voitures, fumées industrielles, incendies...). Les hydrocarbures d'origine pyrolytique peuvent parvenir en milieu marin soit par dépôt direct sec ou humide rabattues par les eaux de pluie, soit indirectement suite au déversement des déchets de lessivage des sols et des zones urbaines dans la mer (Bousquet, 2003 in Housseem Chalgmi ; 2015).

#### 2.2.2.2.2 Sources pétrogéniques

Bien que les réglementations soient de plus en plus contraignantes, la quantité de pétrole déversée dans la mer Méditerranée demeure aujourd'hui encore élevée.

#### 2.2.2.2.3 Rejets industriels et domestiques des hydrocarbures

Les rejets industriels et domestiques des stations d'épuration contiennent des quantités non négligeables en hydrocarbures suites à leurs utilisations en tant que sources d'énergie et de matière primaire pour divers produits tout au long de la chaîne industrielle. D'après les estimations, 77% environ de la charge de pollution atteignant les océans sont liés à des sources terrestres (44% provenant des eaux de ruissellement et des décharges directes terrestres et 33% provenant de l'atmosphère). Le reste provient du transport maritime (12%),

## Synthèse bibliographique

---

des décharges en mer (10 %), de l'exploration et de l'exploitation off-shore des ressources minérales, en particulier du pétrole (1%) (**Pizon, 2005 in Houssem Chalgmi ; 2015**).

### 2.2.2.2.4 Activités pétrolières

Les activités pétrolières engendrent une contamination continue et chronique des points de rejets souvent marins et aussi peuvent causer des déversements accidentels au cours des différentes étapes des activités pétrolières: les fuites des oléoducs, les opérations de déballastage, les opérations offshore (rejet des eaux de gisement), rejet urbain (Raffineries et industries pétrochimiques installées dans des zones portuaires). (**UNEP/MAP, 2006 in Houssem Chalgmi ; 2015**).

## 2.2.3 Les principales familles des hydrocarbures

### 2.2.3.1 Les hydrocarbures saturés

#### 2.2.3.1.1 Les alcanes linéaires (n-alcanes)

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'hydrogène), à chaînes droites (n-alcanes) (**Fattal, 2008**).

Leur longueur varie de 7 à 40 atomes de carbones, constituent une des classes les plus abondantes (10 à 40 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier léger et peuvent atteindre dans certains cas 60 %) (**Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017**).

#### 2.2.3.1.2 Les alcanes ramifiés

Les plus abondants sont les iso-alcanes (groupement méthyles en position 2), les autres composés ramifiés antéiso (groupement méthyle en position 3) ou polyramifiés tels que les isoprénoides (exemples : pristane, phytane) sont beaucoup moins nombreux. Ces composés se trouvent dans le pétrole brut dans des proportions sensiblement égales à celles des n-alcanes. Le pétrole brut d'origine fossile ne contient en général pas d'alcènes (**Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017**).

#### 2.2.3.1.3 Les cycloalcanes

Les cycloalcanes renferment des composés cycliques (à 5 ou 6 atomes de carbone) saturés et le plus souvent substitués (**Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017**).

## Synthèse bibliographique

---

Cette catégorie est représentée par des composés qui contiennent de 1 à 6 cycles, qui en plus peuvent être ramifiés (**Fattal; 2008**).

Quelques dérivés polycycliques sont aussi présents et certains d'entre eux tels les stéranes et les triteranes sont caractéristiques d'un pétrole brut.

Cette famille peut représenter entre 30 et 50 % des hydrocarbures totaux d'un pétrole brut (**Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017**).

### 2.2.3.2 Les hydrocarbures insaturés

#### 2.2.3.2.1 Les hydrocarbures aromatiques

Les hydrocarbures aromatiques comprennent des composés qui sont insaturés (au moins deux atomes de carbone voisins au sein de la molécule sont reliés entre eux par une double liaison) dont la molécule contient de 1 à 6 cycles benzéniques. Un cycle benzénique est constitué par six atomes de carbone, chacun relié à l'un de ses voisins par une double liaison et un atome d'hydrogène ( $C_6H_6$ ). Les hydrocarbures aromatiques de base sont le benzène qui comprend un anneau aromatique à six atomes de carbone (un cycle aromatique), le naphthalène (deux cycles), l'anthracène (trois cycles), le chrysène et le pyrène (quatre cycles) (**Fattal ; 2008**).

Plusieurs familles d'hydrocarbures aromatiques et poly-aromatiques dont le nombre de noyaux varie de 2 à 6 sont présentes dans le pétrole brut. Ces composés sont dominés par des composés aromatiques qui ont 1 ou 2 ou 3 cycles (**Neff, 1979 in Feknous Nesrine ; 2017**). En général, les hydrocarbures aromatiques sont moins abondants que les alcanes, et ne représentent que 10 à 30 % des hydrocarbures totaux d'un brut pétrolier (**Bertrand et al., 1989 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Les hydrocarbures aromatiques sont séparés en 02 groupes différents:

- Les hydrocarbures mono-aromatiques ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

#### 2.2.3.2.1.1 Les hydrocarbures mono-aromatiques

Les hydrocarbures mono-aromatiques forment une des grandes classes de composés aromatiques présents dans l'environnement avec les hydrocarbures chloro-aromatiques. (**Vandecasteele, 2005 in Feknous Nesrine ; 2017**).

## Synthèse bibliographique

---

La production naturelle principale de composés mono-aromatiques provient de la dégradation de la lignine (**Vandecasteele, 2005 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Ces hydrocarbures mono-aromatiques peuvent aussi être d'origine biosynthétique. C'est le cas par exemple, du *p*-cymène (ou *p*-isopropyltoluène), un composant des huiles essentielles. C'est aussi celui du styrène, présent dans divers produits naturels comme certains fruits, ou encore certaines plantes. Cependant, ce dernier est aussi un produit pétrochimique de gros tonnage et représente un polluant important (**Phale et al., 2007 in Feknous Nesrine ; 2017**).

En fait, les quantités considérables d'hydrocarbures mono-aromatiques rencontrées dans l'environnement sont en grande majorité d'origine pétrolière, ou pétrochimique, et sont la conséquence des pollutions très nombreuses engendrées par l'activité humaine (**Andreoni et al., 2007 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Parmi ceux-ci, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, désignés sous le sigle de BTEXimie (**Phale et al., 2007 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Les BTEX existent à l'état naturel dans le pétrole brut, le goudron et le charbon. Leurs sources d'émission dans l'environnement sont principalement d'origines industrielles et anthropiques. Ils sont utilisés massivement comme réactifs de synthèse et solvants dans divers secteurs industriels (**Kelly et al., 2005 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Ils servent d'additifs antidétonants dans l'essence pour améliorer l'indice d'octane (**Forget, 1997 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Ils entrent également dans la composition des peintures, caoutchouc, adhésifs et résines. Ces composés ont une solubilité dans l'eau importante, et une volatilité notable qui décroissent respectivement avec le nombre d'atomes de carbone (**Andreoni et al., 2007 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Leur solubilité élevée leur confère ainsi une mobilité importante, dans les eaux et les sols (transfert et migration dans les aquifères) et une accessibilité importante pour les microorganismes. Cependant, leur hydrophobicité provoque une forte toxicité pour la membrane cytoplasmique (ils vont ainsi modifier la structure de la membrane et diminuer son efficacité). Les hydrocarbures mono-aromatiques sont ainsi toxiques pour les cellules eucaryotes (**Feknous Nesrine ; 2017**).

## Synthèse bibliographique

---

### 2.2.3.2.1.2 Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont des composés organiques hydrophobes issus de la combustion incomplète des matières carbonées. Ces molécules sont constituées, au sens strict, d'atomes de carbone et d'hydrogène. Leur arrangement en structure cyclique comporte au moins deux cycles aromatiques condensés de type benzène (**Blumer, 1976; Cerniglia, 1992; Meinschein, 1961 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Les HAP sont des polluants ubiquistes détectés dans tous les écosystèmes, des régions polaires aux tropiques (**Blumer et al., 1975; Keith et al., 1979; Wilcke, 2007 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Les activités anthropiques constituent la plus importante part des émissions de HAP : processus de production et de dispersion de matières créosotées , industries des hydrocarbures et associée (brai de goudron, asphalte et épandage de boues),déversements accidentels, trafic routier, effluents domestiques, dépôts atmosphériques (**Feknous Nesrine ; 2017**).






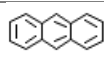
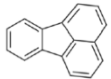

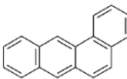
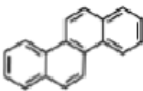
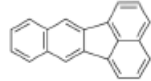
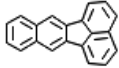
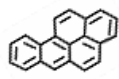
Les HAP sont classés en deux catégories : les « légers » à faible poids moléculaire, 2 à 3 cycles aromatiques, et les « lourds », à 4 cycles et plus (**Cerniglia, 1992 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Seize d'entre eux ont été jugés comme prioritaires à éliminer des sols dès les années 70 (**Keith et al., 1979 in Feknous Nesrine ; 2017**).

Le tableau suivant représente la liste et quelques propriétés des 16 HAP considérés comme prioritaires par L'EPA.

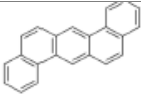
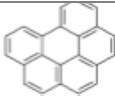
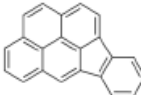
## Synthèse bibliographique

**Tableau 1** : Liste des seize HAP considérés comme prioritaires par l'EPA (Feknous Nesrine 2017 et Damien Barbeau ; 2006)

|                            | Formule brute                   | Structure chimique  | Masse molaire (g/mole) | Densité D [g/cm <sup>3</sup> ] | Solubilité dans l'eau S*[mg/l] à 25°C |
|----------------------------|---------------------------------|---|------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Naphtalène (Naph)          | C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>  |    | 128                    | 1.162                          | 32                                    |
| Acénaphtylène              | C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>  |    | 152                    | 1.194                          | 3.93                                  |
| Acénaphtène                | C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> |    | 154                    | 1.024                          | 3.42                                  |
| Fluorène                   | C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> |    | 166                    | 1.203                          | 1.9                                   |
| Phénanthrène (Phe)         | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> |   | 178                    | 1.172                          | 1                                     |
| Anthracène                 | C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> |  | 178                    | 1.240                          | 0.07                                  |
| Fluoranthène (Flua)        | C <sub>16</sub> H <sub>10</sub> |  | 202                    | 1.236                          | 0.27                                  |
| Pyrène (Pyr)               | C <sub>16</sub> H <sub>10</sub> |  | 202                    | 1.271                          | 0.16                                  |
| Benzo(a)anthracène (BaA)   | C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> |  | 228                    | 1.174                          | 0.0057                                |
| Chrysène (Chr)             | C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> |  | 228                    | 1.274                          | 0.06                                  |
| Benzo(b)fluoranthène (BbF) | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> |  | 252                    | -                              | 0.001                                 |
| Benzo(k)fluoranthène (BkF) | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> |  | 252                    | -                              | 0.0008                                |
| Benzo(k)fluoranthène (BkF) | C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> |  | 252                    | 1.282                          | 0.0038                                |

## Synthèse bibliographique

---

|                               |                |   |     |       |           |
|-------------------------------|----------------|---|-----|-------|-----------|
| Dibenzo(ah)anthracène (DBahA) | $C_{22}H_{14}$ |  | 278 | 1.252 | 0.0005    |
| Benzo(ghi)pérylène (BghiP)    | $C_{22}H_{12}$ |  | 276 | -     | Insoluble |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène (IP)   | $C_{22}H_{12}$ |  | 276 | -     | 0.0008    |

---

### 2.2.3.3 Les composés polaires (les composés N, S, O)

Ce sont en général, des constituants mineurs d'un pétrole brut (Lefebvre, 1978 in Feknous Nesrine ; 2017), à l'exception des pétroles très lourds ; les dérivés soufrés sont dans la plupart des cas plus abondants que les composés oxygénés ou azotés (Bertrand et al., 1989 in Feknous Nesrine ; 2017)

- Composés azotés : pyridines, quinoléines,....
- Composés soufrés : mercaptans, sulfures, disulfures,...
- Composés oxygénés : phénols, acides carboxyliques, alcools, aldéhydes,.... (Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017).

### 2.2.3.4 Les asphaltènes et les résines

Les asphaltènes et les résines sont des composés lourds et fonctionnalisés (composés non-hydrocarbonés), de structure chimique complexe à base de cycles aromatiques condensés, de naphténo aromatiques, de ramifications et d'hétéroatomes (Boukir et al., 1998 in Feknous Nesrine ; 2017), constituent une faible partie du pétrole brut, 1 à 5 % du pétrole léger alors qu'un pétrole lourd peut contenir plus de 25 % d'asphaltènes et 20 % de résines (Soltani, 2004 in Feknous Nesrine ; 2017). Enfin, des métaux sont présents dans les pétroles bruts à l'état de traces. Le vanadium, le nickel sont généralement les plus abondants mais du fer, du cuivre et de l'uranium ont également été détectés (Bertrand et al., 1989; Escobar et al., 2012; Lefebvre, 1978 ;Paul Fattal, 2008).

## Synthèse bibliographique

---

### 2.2.4 Toxicité des hydrocarbures

La plupart des HAP présentent des propriétés mutagéniques et cancérigènes (**Pufulete et al., 2004; Okona-Mensah et al., 2005 in Diana Katrine ; 2009**). Du fait de leur structure moléculaire, certains HAP peuvent être transformés dans l'organisme en composés extrêmement toxiques, appelés époxydes. Les époxydes réagissent très facilement avec l'ADN, ce qui peut entraîner des mutations génétiques menant parfois au cancer. Certains HAP peuvent également affecter la reproduction ou le développement fœtal. (**Diana Katrine ; 2009**)

La toxicité dépend fortement de la molécule et de la dose considérée. Les HAP sont absorbés par les organismes par trois voies : inhalation, ingestion ou voie cutanée. La principale voie d'absorption est l'ingestion des aliments, en particulier les viandes et poissons fumés ou grillés sur le feu, les huiles et graisses végétales, ainsi que le thé et le café. Cependant, l'absorption par voie respiratoire ne doit pas être négligée. Ainsi la cigarette, les émissions du trafic automobile, le chauffage individuel et collectif et les industries ont été répertoriées comme les principales sources d'apport des HAP par ingestion respiratoire. Dans les années 80, l'Agence pour la Protection de l'Environnement Américaine (Environmental Protection Agency, EPA-US) a classé 16 HAP dans sa liste de polluants prioritaires. Parmi les 16 HAP de la liste de l'EPA-US, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a identifié le benzo(a)pyrène comme substance cancérigène, le dibenzo(a,h)anthracène comme HAP probablement cancérigène, tandis que le chrysène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène et l'indéno(1,2,3 c,d)pyrène), sont classés comme cancérigènes possibles (CIRC, 2008). Les HAP restants de la liste ne sont pas classés comme cancérigènes pour l'homme. L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments répertorie le benzo(g,h,i)pyrène et les HAP précédemment cités comme cancérigènes pour l'homme lorsqu'ils sont présents dans les denrées alimentaires. (**Diana Katrine ; 2009**)

### 2.2.5 Propriétés physiques des hydrocarbures

L'étude des propriétés physiques des hydrocarbures permet de distinguer les différents composés hydrocarbonés des pétroles bruts ou raffinés. Un produit raffiné est obtenu par distillation des pétroles bruts (**Fattal ; 2008**).

## Synthèse bibliographique

---

### 2.2.5.1 La densité

La densité détermine la flottabilité des hydrocarbures. Les paraffiniques, au poids moléculaire faible ont tendance à rester en surface, alors que les naphènes ou asphaltènes, plus lourds, peuvent couler.

La plupart des pétroles déversés accidentellement ont des densités comprises entre 0.8 et 1 et par en voie de conséquence 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, plusieurs autres facteurs contribuent à modifier et augmenter la densité. Il s'agit de la température, de l'évaporation ou encore de l'association avec d'autres particules. En effet dès lors qu'un pétrole se déverse, il se transforme et sa densité s'accroît, notamment en raison de la valorisation de la fraction légère ou de l'oxydation photochimiques qui intègre au pétrole des atomes d'oxygène. L'association du pétrole avec des particules en suspension participe aussi à l'augmentation de la densité. **(Fattal ; 2008)**

### 2.2.5.2 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. Cette viscosité traduit une mesure de la résistance à l'écoulement et elle s'exprime en centistokes (cSt-viscosité cinématique) pour une température donnée. Cette propriété régit la vitesse d'étalement d'une nappe d'hydrocarbures puis le degré de pénétration dans les sédiments lorsqu'elle arrive à la cote. En effet, plus un hydrocarbure est visqueux, moins il pénètre le sédiment **(Owens, 1994 in 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)**.

## Synthèse bibliographique

---

### 2.2.5.3 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 (**Fattal ; 2008**).

### 2.2.5.4 Le point éclair

Le point éclair est la plus basse température à laquelle des fractions d'hydrocarbures s'enflamment lorsqu'elles sont soumises à une étincelle (**Fattal ; 2008**). Beaucoup d'hydrocarbures fraîchement déversés peuvent facilement s'enflammer tant que les composés volatils ne sont pas évaporés et dispersés dans l'atmosphère. Selon le règlement sur les matières dangereuses du Québec, un liquide est considéré comme inflammable si le point d'éclair est inférieur à 61°C. C'est le cas de l'essence, du diesel et de la majorité des pétroles bruts. (**Études GENV22 et GENV23 Centre d'expertise en analyse environnementale de Québec Septembre ; 2015**).

### 2.2.5.5 Le point d'ébullition

C'est la température d'évaporation. Les fractions légères nécessitent une température faible pour s'évaporer, inférieur à 20°C, contrairement aux composés lourds, qui nécessitent des températures supérieures à 100°C (**Fattal ; 2008**).

### 2.2.5.6 La solubilité

La solubilité est la capacité d'une substance à se dissoudre dans la colonne d'eau. Cette propriété est importante chez les hydrocarbures, car certains, une fois solubilisés, peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques, même à très faibles concentrations. Les hydrocarbures pétroliers les plus solubles sont essentiellement les composés aromatiques légers tels que le benzène. D'ailleurs, plus la proportion d'hydrocarbures légers sera importante, plus la solubilité du produit pétrolier dans l'eau sera significative. C'est ce qui explique les différences de solubilité entre les différents hydrocarbures pétroliers.

## Synthèse bibliographique

---

(Etude GENV 22 et GENV 23 Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec septembre; 2015)

### 2.2.5.7 La tension interfaciale

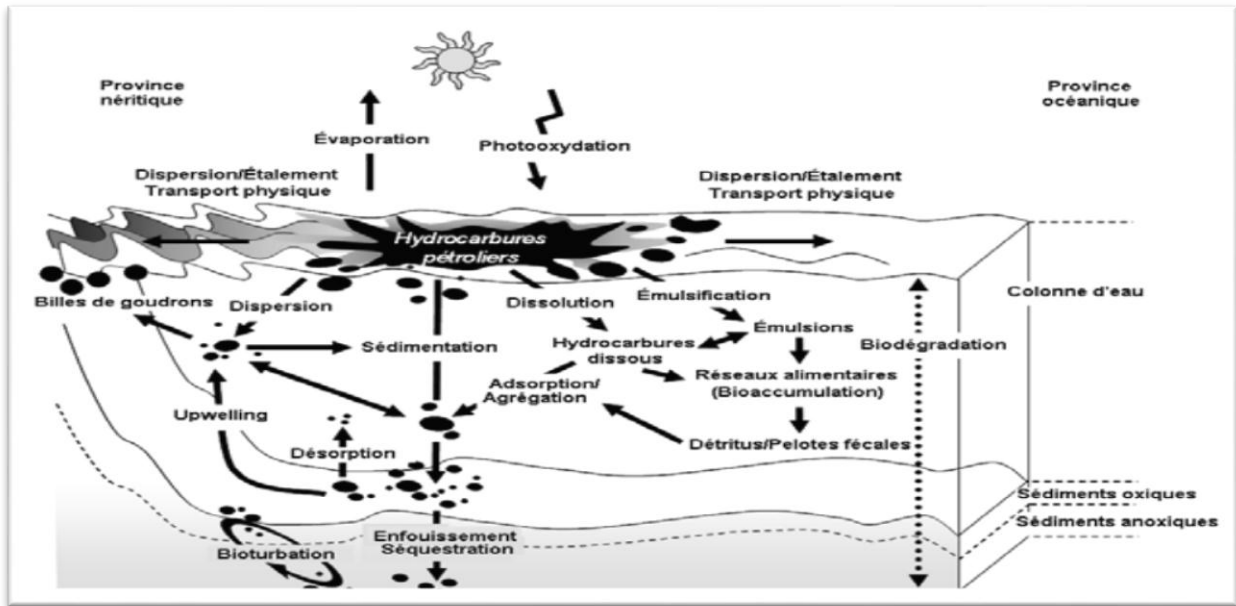
La tension interfaciale correspond à la force d'attraction ou de répulsion qui s'exerce à l'interface entre les hydrocarbures et l'eau. C'est une donnée qui doit être considérée avec la viscosité pour évaluer la rapidité de la propagation des hydrocarbures sur l'eau. Plus la tension inter faciale est faible, plus les hydrocarbures se répandront facilement sur l'eau. Notons que la tension inter faciale a tendance à diminuer lorsque la température augmente. (Etude GENV 22 et GENV 23 Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec septembre ; 2015)

### 2.2.6 Devenir des hydrocarbures dans l'environnement

À la suite d'un déversement dans un milieu aquatique, sous l'influence de processus de transports horizontaux et verticaux, les hydrocarbures vont se propager dans le milieu. Ils seront également soumis à différents processus d'altération physique, chimique et biologique qui vont modifier leur composition chimique et leurs propriétés physiques ainsi que leur devenir dans le milieu. Il s'agit des processus d'**évaporation**, d'**émulsification**, de **dispersion naturelle**, de **dissolution**, de **photooxydation**, de **sédimentation**, d'**interaction avec des particules fines** et de **biodégradation**. La plupart de ces processus ont lieu de façon simultanée et débutent dès le début du déversement. L'importance de chaque processus va dépendre de la composition chimique et des propriétés physiques des hydrocarbures, ainsi que des conditions environnementales dans le milieu impacté (p. ex., température, vent, courant).

En eau libre, les hydrocarbures commencent à s'étaler à la surface de l'eau dès qu'ils sont déversés. La vitesse à laquelle se produit l'étalement dépend de la viscosité des hydrocarbures, du volume déversé et des conditions du milieu (p. ex., température, vagues, courants). Les caractéristiques de la nappe ainsi formée vont évoluer au cours de l'étalement dépendamment de son épaisseur et de sa fragmentation (**Études GENV22 et GENV23 Centre d'expertise en analyse environnementale de Québec Septembre; 2015**).

# Synthèse bibliographique



**Figure 1 :** Devenir des hydrocarbures pétroliers à la suite d'un déversement en milieu aquatique (Internet)

L'altération des hydrocarbures connue également sous le terme de vieillissement, commence immédiatement après le déversement des hydrocarbures dans l'environnement par le processus d'évaporation des composés les plus volatils, de dissolution des composés solubles dans l'eau (p. ex., les composés aromatiques de faibles poids moléculaires, certains composés polaires) et de photooxydation sous l'action des rayons du soleil.

Sous l'action des vagues et du courant, les hydrocarbures se fractionnent en gouttelettes. Les plus fines gouttelettes (moins de 20  $\mu\text{m}$ ) sont maintenues en suspension dans la colonne d'eau par l'énergie des vagues et des courants présente dans le milieu. Il s'agit de la dispersion naturelle. Les plus grosses gouttelettes (plus de 100  $\mu\text{m}$ ) ont tendance à remonter à la surface de l'eau et à reformer une nappe par fusion avec d'autres gouttelettes. C'est un processus appelé coalescence. La dispersion naturelle dépend des propriétés des hydrocarbures déversés et de l'énergie de l'eau (p. ex., courants, marées). Les mazouts lourds ou les pétroles bruts lourds ne se disperseront pas naturellement, alors que les hydrocarbures légers comme le diesel se disperseront naturellement si leur contenu en composés saturés est important et que leur contenu en asphaltènes et en résines est faible. Par ailleurs, l'énergie des vagues est nécessaire pour disperser les hydrocarbures.

Sous forme de grosses gouttelettes, les hydrocarbures sont instables. En conséquence, en présence d'énergie (courant, vagues), l'eau aura tendance à pénétrer progressivement dans le produit pétrolier pour former l'émulsion inverse ou « mousse au chocolat ». Ce mélange

## Synthèse bibliographique

---

eau/hydrocarbures évolue au fil du temps : l'eau est expulsée de l'émulsion inverse et des particules en suspension peuvent adhérer aux hydrocarbures. Ceci a pour conséquence d'augmenter la densité des hydrocarbures, ce qui peut conduire à leur sédimentation.

Les processus d'altération peuvent conduire à la formation d'agglomérats d'hydrocarbures lourds, de formes irrégulières et dont la taille varie de moins d'un millimètre à plusieurs dizaines de centimètres. Ces agglomérats sont souvent appelés galettes ou boulettes de pétrole. Si les galettes de pétrole ont une densité inférieure à celle de l'eau de mer, elles flottent. Elles sont généralement déposées par les vagues sur le littoral.

Finalement, dans la colonne d'eau et dans les sédiments, les hydrocarbures pétroliers sont progressivement biodégradés par des microorganismes du milieu (**Études GENV22 et GENV23 Centre d'expertise en analyse environnementale de Québec Septembre ; 2015**).

### 2.3 Le rouget de vase (*Mullus barbatus*)

#### 2.3.1 Description générale des rougets barbets

Le rouget est un nom commun à plusieurs poissons osseux méditerranéens. Les rougets barbets (ordre des perciformes) rassemblent trois espèces : le surmulet (*Mullus surmuletus*, à la livrée rougeâtre, vivant le long des côtes rocheuses), le barbet (*Mullus barbatus*, aux écailles rouge, caractéristique des fonds sablonneux), et le rouget barberin (*Parureneus barberinys*).

Le rouget barbet est considéré comme un poisson noble et constitue un apport économique important par sa pêche qui n'a cessé d'augmenter. (Chafika Hebbar ; 2013)

#### 2.3.2 Description de rouget de vase

Notre travail porte sur une espèce de la famille des Mullidae appelée *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758 in Chafika Hebbar ; 2013). En Algérie ce poisson est connu sous le nom du rouget de vase. (Chafika Hebba ; 2013)

Le rouget de vase est une espèce benthique, avec une large répartition le long de la cote Méditerranéenne (Ozbilgin, et al., 2004 in Aiouaz Amira ; 2017). Il s'agit d'une espèce exploitable à des profondeurs de 3 à 90 m sur des fonds sableux ou boueux, mais aussi parfois sur un sol rocheux. Cette espèce est un carnivore, qui se nourrit de petits invertébrés principalement sur les crustacés, les polychètes, les mollusques, les échinodermes et les petits poissons qui vivent sur ou à l'intérieur des substrats inférieurs. (Arslan, et al., 2014 in Aiouaz Amira ; 2017)



**Figure 2** : Photographie d'un rouget barbet de vase (Eschmeyer, 2001, in Chafika Hebbar, 2013)

# Synthèse bibliographique

## 2.3.3 Classification

Actuellement, la classification systématique des Mullidae est basée sur celle proposée par (Nelson ,1994 in Chafika Hebbar, 2013)

**Tableau 2 :** Position systématique du rouget barbet de vase : *M. barbatus* L., 1758 (Nelson, 1994 in Chafika Hebbar ; 2013).

|                         | Terme<br>Scientifique<br>(International) | Terme en<br>français | Description   |
|-------------------------|--|----------------------|---|
| <b>Règne</b>            | Animalia                                 | Animal               |   |
| <b>Embranchement</b>    | Chordata                                 | Chordés              | Présentent une organisation complexe définie par 3 caractères originaux : chorde dorsale, tube nerveux dorsal et tube digestif ventral.<br><br>Trois sous-embranchements sont réunis dans ce groupe : Les Tuniciers (ou Urocordés), les Céphalocordés et les Vertébrés. |
| <b>Sousembanchement</b> | Vertebrata                               | Vertébrés            | Chordés possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux.  |
| <b>Super-classe</b>     | Pisces                                   | Poissons             | Animaux osseux. Vertébrés gnathostomes.<br><br>Mode de vie aquatique. Peau recouverte d'écaille. Présence de nageoires paires et impaires.  |
| <b>Classe</b>           | Osteichtii                               | Ostéichtyens         | Poissons épineux ou à nageoires rayonnées, possédant un squelette osseux. Squelette partiellement ou entièrement ossifié. Branchies protégées par un opercule.  |
| <b>Sous-classe</b>      | Actinopterygi                            | Actinoptérygiens     | Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées. Ou Branchies en peigne.<br><br>Nageoires soutenues par des éléments rayonnants articulés aux ceintures.  |
| <b>Infra-classe</b>     | Teleostei                                | Téléostéens          | Rayons épineux aux nageoires. pelviennes thoraciques ou jugulaires. Ecailles cténoïdes Vessie gazeuse close. Bouche terminale.<br><br>Nageoire caudale homocerque (symétrique).   |

## Synthèse bibliographique

---

|                   |                 |                |   |
|-------------------|-----------------|----------------|---|
| <b>Ordre</b>      | Percomorphi     | Perciformes    | Nageoires pelviennes très rapprochées des nageoires pectorales.   |
| <b>Sous-ordre</b> | Percoidei       | Percoidès      | Une seule nageoire dorsale dont les éléments antérieurs sont des épines aiguës. Nageoires pelviennes développées. |
| <b>Famille</b>    | Mullidae        | Mullidés       | Possèdent une paire de longs barbillons mentonniers.  |
| <b>Genre</b>      | <i>Mullus</i>   | Rouget         |   |
| <b>Espèce</b>     | <i>barbatus</i> | Rouget de vase |   |

### 2.3.4 Caractéristiques du rouget de vase

Le corps du rouget de vase est allongé et légèrement comprimé. La face ventrale aplatie, et est couverte par de grandes écailles cténoïdes et de grandes écailles sur la tête. Cette dernière est relativement courte. Les yeux sont positionnés près du sommet de la tête. La bouche est petite et légèrement protractile. Il existe deux barbillons au dessous de l'ouverture de la bouche. Ces barbillons mentonniers épais, pouvant se replier sur la gorge dans un sillon médian. La ligne latérale est bien marquée et ont une fonction sensorielle et sont employés pour la recherche des proies (L, 1758 in Chafika Hebbar ; 2013).

La longueur maximale totale du rouget en Méditerranée est de 28 à 29 cm pour les femelles et 23 cm pour les mâles, cependant des spécimens de 10 à 20 cm sont généralement trouvés dans les débarquements des pêches commerciales (Chafika Hebbar ; 2013).

### 2.3.5 Caractéristiques du rouget de roche

Les barbillons de *Mullus surmuletus* ont généralement une longueur supérieure à celle des nageoires pectorales, tandis qu'ils sont plus courts chez *Mullus barbatus* (Bauchot et Pras, 1980 ; Fisher et al., 1987 in Chafika Hebbar ; 2013 ). La couleur est uniformément rose, le dos est plus foncé et le ventre est blanc. Les nageoires n'ont pas de coloration bien définie (Tortonese, 1975 ; Fisher et al., 1987 ; Jardas, 1996 ; Relini et al., 1999 in Chafika Hebbar ; 2013).



# Synthèse bibliographique

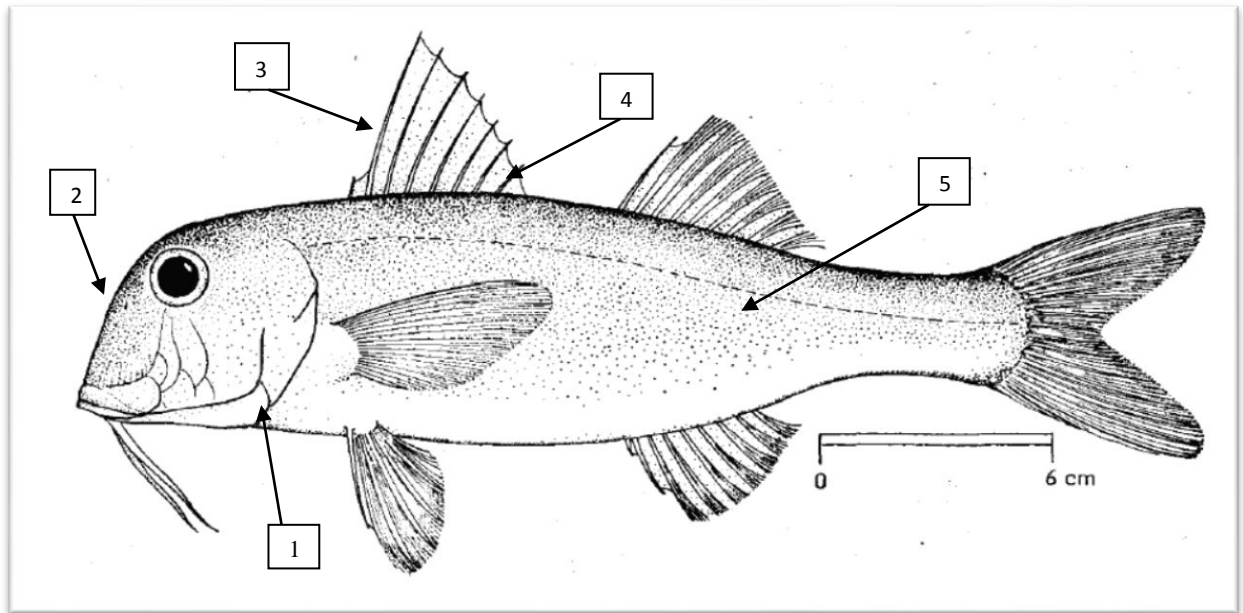
---

## 2.3.6 Différence entre le rouget de vase et le rouget de roche

Il ne faut pas confondre le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) avec le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*), les critères les plus importants de distinction entre ces deux poissons sont présentés dans le tableau et les deux schémas si dessous.

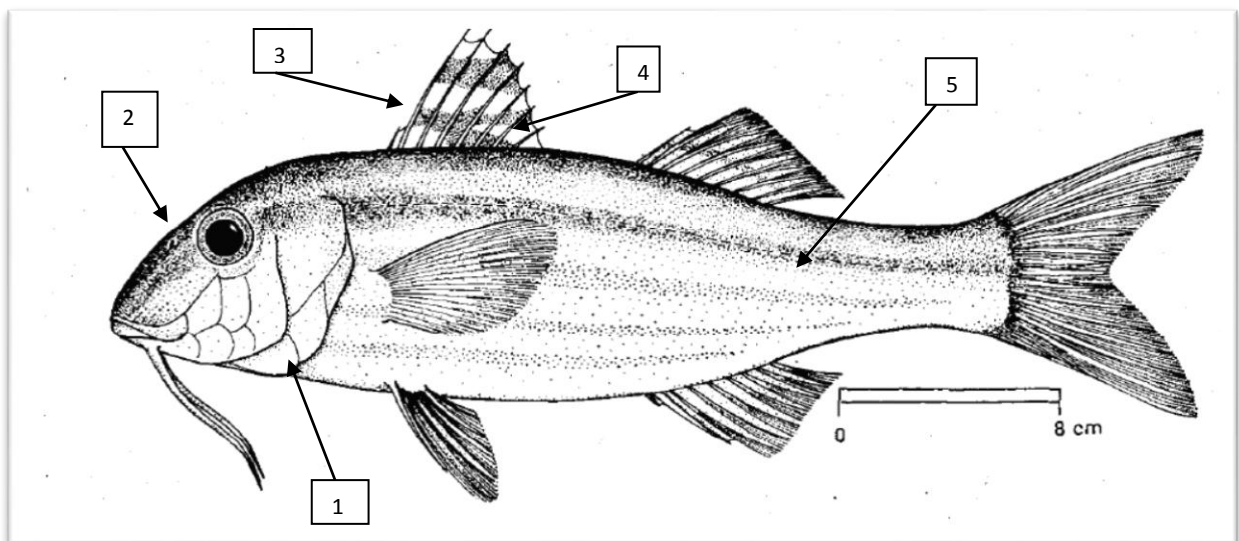
**Tableau 3** : Bilan des principales différences biologiques et écologiques entre *M. barbatus* et *M. surmuletus* (Bautista-Vega, 2007 in Chafika Hebbar ; 2013).

| Espèces                  | Alimentation                          | Type de Substrat                            | Répartition bathymétrique | Maturation sexuelle            | Reproduction  | Otolithe  |
|--------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------|--------------------------------|---|---|
| <i>Mullus Barbatus</i>   | Polychètes<br>Amphipodes<br>Mysidacés | Fonds<br>Vaseux                             | De la surface à<br>200m   | Deuxième<br>année              | Avril-Août  |    |
| <i>Mullus surmuletus</i> | Copépodes<br>Amphipodes<br>Polychètes | Fonds<br>rocheux,<br>graveleux<br>et vaseux | De la surface à<br>100m   | Première/<br>deuxième<br>année | période de<br>ponte allant<br>du printemps à<br>l'été |  |



**Figure 3 :** Schéma d'un rouget barbet de vase (source ; Internet)

(1) 3écailles, (2) profil abrupt, (3) dorsale unicolore, (4) absence de rayures foncés, (5) absence de bandes jaunes.



**Figure 4 :** Schéma d'un rouget barbet de roche (source ; Internet)

(1) 2écailles, (2) profil allongé, (3) 1<sup>ère</sup> dorsale rayée, (4) rayures foncés, (5) présence de bandes.

## Synthèse bibliographique

---

### 2.3.7 Répartition géographique mondiale du rouget barbet de vase

Du point de vue géographique, *M. barbatus* présente une large distribution.

La répartition générale de l'espèce va de l'océan atlantique, des côtes d'Europe (de la Scandinavie au golfe de Gascogne) jusqu'au Maroc et au Sénégal et Dakar, en incluant les îles Açores et les îles Canaries (**Tortonese, 1975 ; Hureau, 1986 ; Fisher et al., 1987 in Chafika Hebbar ; 2013**) et à la Méditerranée (**Fisher et al., 1987 in Chafika Hebbar ; 2013**) y compris la mer Noire (**Whitehead et al., 1986 in Chafika Hebbar ; 2013**) et la mer Égée (**Suquet et Person-Le Ruyet, 2001 in Chafika Hebbar ; 2013**), ainsi que le Canal de Suez (**Ben Tuvia et Kissil, 1998 in Chafika Hebbar ; 2013**).

Elle est rare au nord de la pointe de Bretagne et en Manche (**Bauchot, 1980 in Chafika Hebbar ; 2013**) et elle n'est présente que dans la moitié sud du golfe de Gascogne, sur les fonds vaseux du plateau continental et du bord du talus, entre 10 et 300 m de profondeur (**Battaglia et Forest in Ifremer 2001 in Chafika Hebbar ; 2013**).

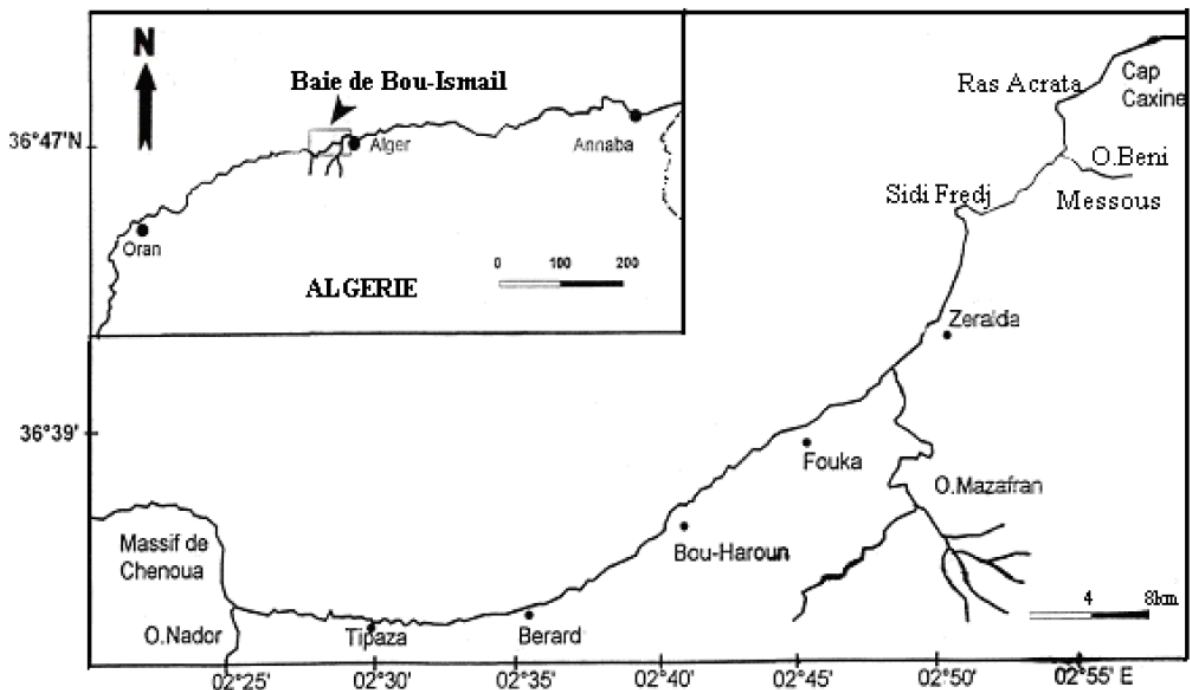
L'espèce serait peu fréquente en Irlande, en Angleterre et l'ouest de l'Écosse (**Gibson et Robb, 1997 in Chafika Hebbar ; 2013**).

En Algérie, **Dieuzeide et al. (1959 in Chafika Hebbar ; 2013)** mentionnent que le rouget de vase est commun sur les fonds vaseux jusqu'à 150 m de profondeur et se trouve également en bordure des prairies de zostères et de posidonies. En été les jeunes s'approchent très près du rivage selon les mêmes auteurs.

## 2.4 La Baie de Bousmail

### 2.4.1 Description géographique et présentation du site

Notre site d'étude correspond à la baie de Bousmail appelée anciennement Golfe de Castiglione. Cette baie est la partie centrale du littoral algérien qui se trouve à 50 km à l'Ouest d'Alger et fait partie de la wilaya de Tipaza. Située entre 2°25' à l'Ouest et 2°55' à l'Est (**Berkani, 2011, in Aiouaz Amira ; 2017**). Elle est limitée à l'Est par le promontoire de Ras Acrata et à l'Ouest par le cap du mont Chenoua, par la plaine de Mitidja au sud et la Méditerranée au Nord. (**Abderrahmani, 2011, in Aiouaz Amira ; 2017**)



**Figure 5 :** Situation géographique et localisation de la baie de Bousmail. (Bachari Houma, 2009)

La région de Bousmail est une zone à vocation touristique, agricole et industrielle ; sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement préalable dans la plupart des cas s'accroissant en période estivale. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels (**Bachari Houma Fouzia ; 2009**).

## Synthèse bibliographique

---

### 2.4.2 Réseau hydrographique/apports terrigènes

La baie de Bousmaïl est le réceptacle d'oueds à régime irrégulier, avec un apport des particules dissoutes ou particulaires très importantes d'origine terrigènes, trois oueds déversent dans cette baie (**Benzohra, 1993 in Bachari Houma Fouzia ; 2009**):

- L'oued Mazafran : possède un bassin versant de  $1850 \text{ km}^2$ , c'est le plus important des oueds qui débouchent dans la baie. Sa surface spécifique érodée est estimée entre 1400 et  $1800 \text{ t/km}^2$ , tandis que le débit liquide à  $43.8 \text{ millions m}^3/\text{an}$ . Le débit solide à l'embouchure de l'oued est d'environ  $30000 \text{ t/an}$ . Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : marqué par un long étiage de Juin à début Décembre avec des débits représentant 17,38% du débit liquide annuel. Entre Décembre et Avril, ces débits sont 82,61%, débouchant au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda avec un débit liquide de  $7.566 \text{ m}^3/\text{s}$ . (**Benzohra, 1993 in Bachari Houma Fouzia 2009**)
- L'oued Nador : Présente un bassin versant d'une superficie de  $300 \text{ Km}^2$ . Son débit liquide est de  $28 \text{ millions m}^3/\text{an}$  ( $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Il regroupe trois affluant qui jouent un rôle important dans les apports en eaux usées et sédimentation. (**Benzohra, 1993 in Bachari Houma Fouzia 2009**)
- L'oued de Beni-Messous : Est situé entre El-Djamila et « club des pins » à  $18 \text{ Km}$  à l'ouest d'Alger. Son débit est faible par rapport au débit des oueds précédemment cités et estimé à  $7.7 \text{ millions m}^3/\text{an}$  ( $0.245 \text{ m}^3/\text{s}$ ). (**Benzohra, 1993 in Bachari Houma Fouzia ; 2009**)

### 2.4.3 Sédimentologie de la Baie de Bousmaïl

Vers l'embouchure de oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de  $25\text{m}$ , les sables grossiers caractérisent la baie. Au-delà de ce dépôt fluvio marin et jusqu'à une profondeur de  $10$  à  $15\text{m}$ , les sables moyens réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite continue jusqu'à Tipaza. (**Al Sid Chikh et al., 2009 in Bachari Houma Fouzia ; 2009**)

## Synthèse bibliographique

---

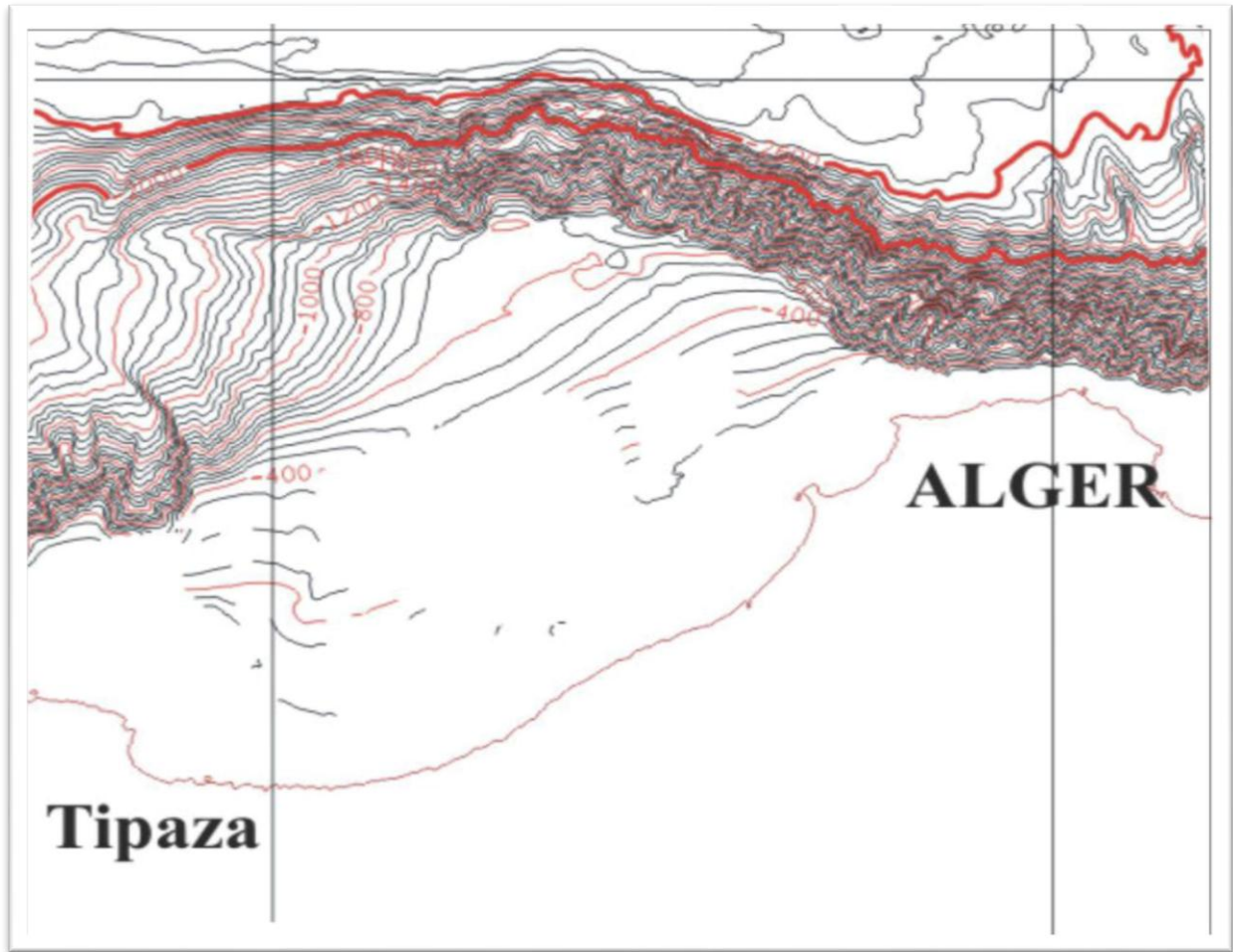
Une bande de sable fin apparait au large de Sidi-Fredj et Palm Beach à moins de 2 m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ces faciès, les sables fins vaseux longent la côte entre 25 à 40m de profondeur. Au large de Sidi-Fredj (2 à 3Km), un dépôt de sable moyen et gravier. (LEM, 1998 in Bachari Houma Fouzia ; 2009).

L'analyse des sédiments de la baie de Bousmaïl 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 envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures et le faciès rocheux. La répartition de ces faciès n'est pas identique, ainsi deux régions apparaissent : la région est ou orientale et la région ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologique propres, fut déjà signalée par ( Belkessa 1999 in Bachari Houma Fouzia ; 2009).

Les vases pures 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 n'est présent que dans la région orientale ; les sables graveleux se limitent au secteur oriental. (LEM, 1998 in Bachari Houma Fouzia ; 2009).

### 2.4.4 Bathymétrie de la baie de Bousmail

La ligne bathymétrique 200m est considérée généralement comme la limite de la marge continentale algérienne et le domaine du talus continental, sa largeur moyenne est de 24km, elle atteint 55km au maximum dans la baie de Bou-Ismaïl. Le plateau continental, étant très étroit, atteint un maximum de 13km au niveau du Mont Chenoua et un minimum de 3km entre Sidi Fredj et Alger. Il est caractérisé par une pente de l'ordre de 2 à 3% avec une ligne d'inflexion nette autour de l'isobathe 100m. Cette pente est perturbée par quelques pointements rocheux localisés au large du Mazafran et de Bousmail.(Bachari Houma Fouzia ; 2009)



**Figure 6** : Courbes bathymétriques de la baie de Bousmail (Lele Issa Halidou Abdelkader ; 2012)

### 2.4.5 Les infrastructures

Plusieurs infrastructures sont présentes dans la baie de Bou Ismail car c'est une zone à caractère touristique, de pêche, agricole et industriel. Elle abrite plusieurs ports de grande importance économique (le port de Sidi Fredj, le port de Bouharoun et le port de khemisti).

(Aiouaz Amira ; 2017).Mais aussi, plusieurs usines sont présentes, telles que :

## Synthèse bibliographique

---

**Tableau 4 :** Différentes industries présentes dans la baie de Bou Ismail (Harid, 2014 in Aiouaz Amira ; 2017)

| Dénomination de l'unité   | Nature de l'activité  |
|---------------------------|---|
| <b>Sarl Resiteck</b>      | Production de la peinture bâtiments                                 |
| <b>Alufer et Aluminal</b> | Métallurgie   |
| <b>Sarl Prochimal</b>     | Fabrication de produits d'entretiens                                |
| <b>Plastram</b>           | Transformation plastique  |
| <b>Pfizer</b>             | Fabrication des produits vétérinaires                               |
| <b>Imprimerie Shellia</b> | Utilisation importante d'encre                                      |
| <b>Tonic Emballage</b>    | Fabrication de boîte, gobelets, emballage de différentes dimensions |
| <b>Terra Céramique</b>    | Production des céramiques et poteries                               |
| <b>Sasace</b>             | Fabrication des sacs oxo-biodégradables                             |

### 2.4.6 Sources potentielles de pollution par les hydrocarbures

A cause de son caractère agricole bien développé, de la pollution fertilisante draine les pesticides polluants vers la mer et les nappes phréatiques.

Ainsi, la baie est une zone touristique et urbaine, donc les rejets domestiques et ceux des complexes touristiques jouent un rôle majeur dans la pollution de cette baie, surtout en période estivale, où le taux de rejets s'accroît.

Sans oublier que ces rejets sont évacués directement vers la mer sans aucun procédé de traitement, à l'aide des Oueds et des cours d'eau.

Aussi c'est une zone industrielle et donc, tous rejets toxiques seront jetés à la mer et en dernier, c'est une zone qui comporte pas mal de ports de pêche et de plaisance, donc c'est une autre source de pollution.

## Synthèse bibliographique

Toutes ses sources vont contaminées les eaux de cette baie, non seulement par les hydrocarbures mais aussi, par d'autres polluants de différents natures et formes. (Boughrira, 2012 in Aiouaz Amira ; 2017)

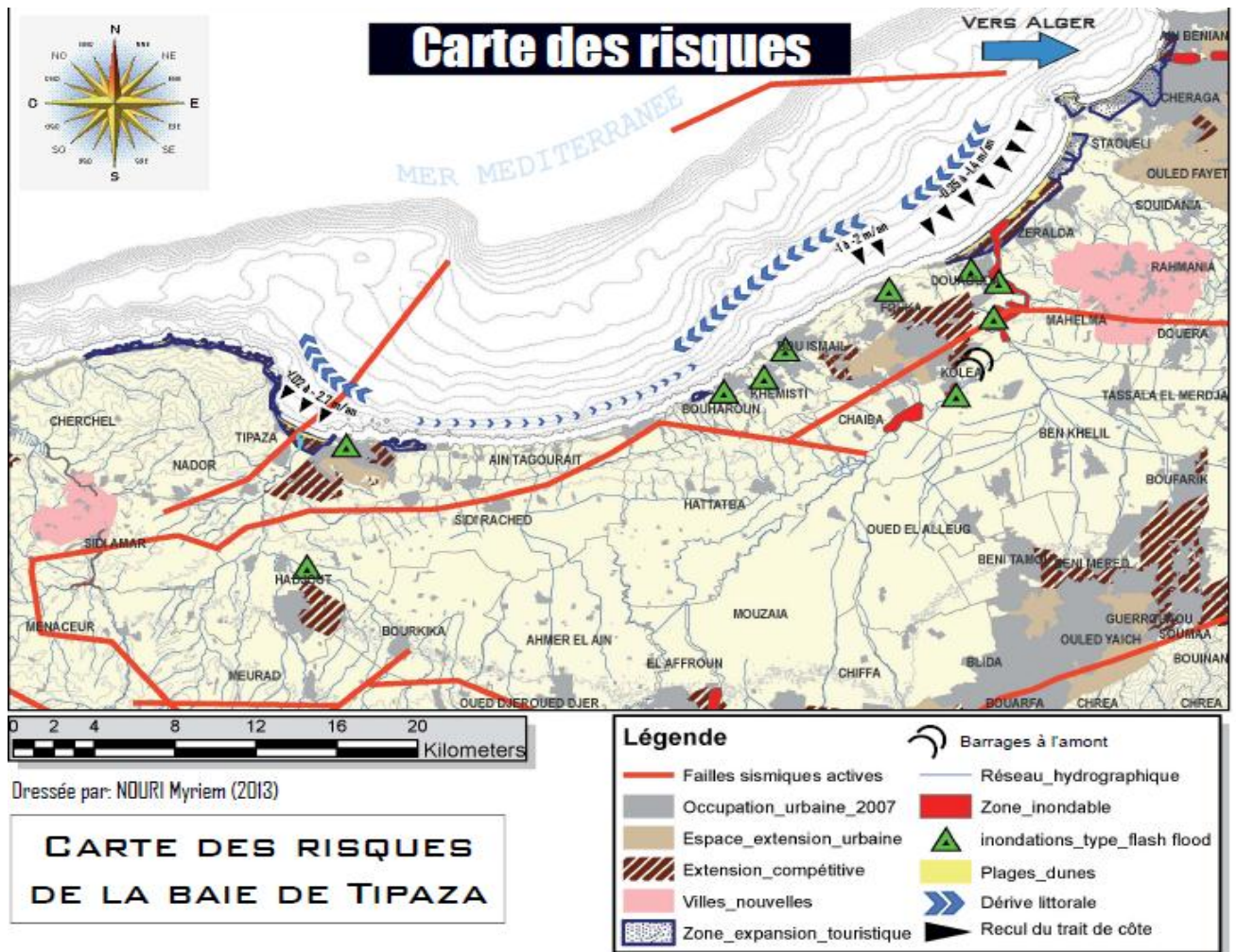


Figure 7 : les risques de la baie de bousmail (Myriem Nouri ; 2015)

# **Matériel et méthodes**

### 3 Matériel et méthodes

#### 3.1 Conditionnement du matériel

La verrerie et le matériel utilisés doivent être lavés et conditionnés pour éviter tous risques de contaminations.

Les étapes à suivre pour le conditionnement sont :

- Lavage avec de l'eau et un détergent
- Rinçage à l'eau acidulée à 5%
- Rinçage à l'eau distillée
- Rinçage à l'hexane
- Rinçage à l'acétone
- Séchage à l'étuve à 120°C pendant 24h
- Le matériel est couvert avec du papier aluminium préalablement rincé avec de l'hexane et séché à l'étuve à 120°C pendant 24h.

#### 3.2 Echantillonnage

Les individus du poisson rouget traités au laboratoire sont pêchés de la baie de Bousmail et exactement dans le site ayant les coordonnées suivants : **(36.667217 N ; 2.705748 E)** par un Rais d'un chalutier. Par la suite, ces poissons sont mise dans un congélateur pour éviter leur dégradation.

#### 3.3 Prétraitement de la matrice biote

Le protocole d'analyse des HAPs dans le biote utilisé est celui de KIM et al.,(2014) avec quelques modifications .

Le prétraitement et l'analyse de la matrice biote passe par plusieurs étapes :

## Matériel et méthodes

---

### 3.3.1 Dissection et récupération des organes (chair et foie)

- Mesurer la longueur et le poids du poisson (mesures biométriques)



**Figure 8 :** mesurer la longueur du rouget

- Déterminer le sexe de l'individu (mal, femelle ou immature) sachant que chez les individus femelles : deux gonades rosâtres dans les cotés et chez les individus males : les gonades sont sous forme de filaments blanchâtres par contre les individus immatures sont dépourvus de gonades. Généralement, la longueur de l'individu mature dépasse les 12 cm (la première maturité de poisson rouget de vase).



**Figure 9 :** récupération du chair et foie du poisson

- Couper la partie dorsale du poisson par un bistouri et récupérer la chair et le foie dans des piluliers en verre.  
Les piluliers doivent être conditionnées et bien étiquetés.

## Matériel et méthodes

---

### 3.3.2 Congélation

- Mettre les piluliers (chair et foie) dans un congélateur à  $-18^{\circ}\text{C}$  pour éviter la dégradation et l'évaporation des hydrocarbures et inhiber toutes réactions chimique indésirables.

### 3.3.3 Lyophilisation

- Les échantillons congelés sont mise dans un appareil CHRIST BETA 1-8 à  $-50^{\circ}\text{C}$  et à 0.1 atm pendant 48 heures pour éliminer toute gouttelettes d'eau de la chair et le foie.
- Conserver les échantillons lyophilisés dans un dessiccateur jusqu'au jour de l'analyse.



**Figure 10** : lyophilisateur CHRIST BETA 1-8

### 3.3.4 Broyage et homogénéisation

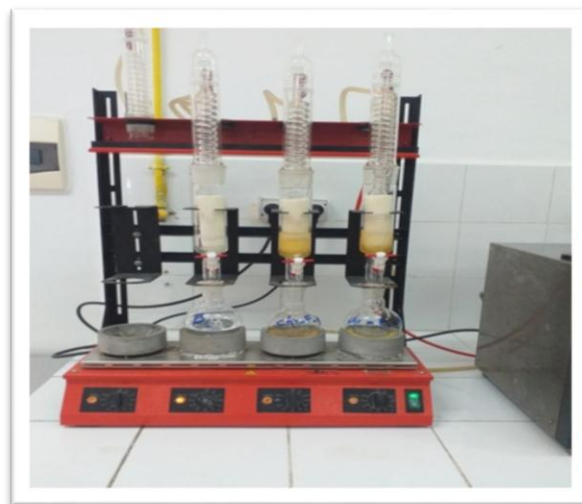
- Les échantillons lyophilisés sont broyés par un mixeur jusqu'à l'obtention d'une poudre fine pour permettre la bonne pénétration du solvant pendant l'extraction.
- Mettre la poudre dans des piluliers conditionnés et étiquetés.
- Conserver dans un dessiccateur.



**Figure 11** : broyage du chair et foie du rouget

### 3.3.5 Extraction solide-liquide

- Cette étape se fait à l'aide d'un extracteur Soxhlet, elle permet de récupérer tous les hydrocarbures contenus dans le biote (le rouget) dans un mélange de solvants (hexane/acétone) : échange de matière entre le biote et le solvant d'extraction).
- L'extraction par soxhlet est une méthode d'extraction utilisant la solubilité des composés cibles dans un solvant organique pour les extraire d'échantillons solides et l'insolubilité du reste de l'échantillon dans le solvant choisi (**Alice Paris ; 2018**).
- L'extracteur Soxhlet est composé de : 4 postes, chacun muni par un réfrigérant, un matras, un ballon et une plaque chauffante.



**Figure 12** : Extraction solide-liquide à L'aide d'un extracteur Soxhlet

## Matériel et méthodes

---

- Les cartouches en cellulose utilisées dans l'étape de l'extraction solide-liquide doivent être conditionnées par une extraction à blanc qui a les mêmes étapes de l'extraction solide-liquide : Mise des cartouches dans les matras
  - Ajouter un volume 150 ml (1V/1V) de hexane/acétone
  - Lancer l'extraction à blanc pendant 4h
  - Récupération des cartouches dans un papier aluminium conditionné
- Les étapes de l'extraction solide-liquide sont :
  - Pesé 2g de l'échantillon du rouget à l'aide d'une balance de précision
  - Mise des 2g dans une cartouche en cellulose conditionnée
  - Ajout d'une pincé de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  activé auparavant pour l'élimination de toute gouttelettes d'eau et d'humidité
  - Mise des cartouches dans les matras
  - Mise des (boiling chips) dans les ballons afin d'homogénéiser le solvant
  - Préparer un mélange hexane/acétone avec un volume de 150 ml (1V/1V)
  - Remplissage de l'extracteur avec ce mélange
  - Lancer l'extraction pendant 8h pour permettre de faire environ 32 cycles de rinçage du biote
  - Récupération du solvant contenant les hydrocarbures dans un ballon après refroidissement
  - Fermeture des ballons avec du papier aluminium et la conservation dans un réfrigérant pour éviter l'évaporation des hydrocarbures

La température pour le réfrigérant est : environ de  $2.2^\circ\text{C}$  et la température pour la plaque chauffante est maintenue à  $60^\circ\text{C}$ .

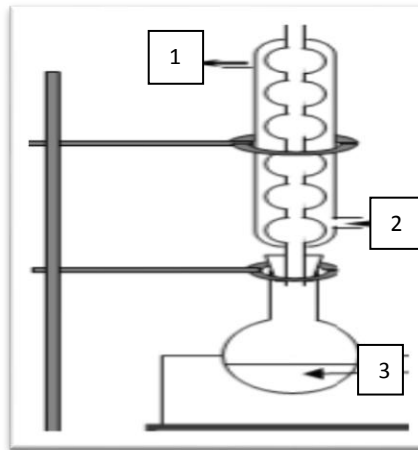
### 3.3.6 Saponification

- Pendant l'extraction solide-liquide des composés autre que les hydrocarbures sont récupérés (les lipides). afin d'éliminer ces composés on procède à l'étape de saponification
- Préparation d'une solution de l'hydroxyde de sodium éthanolique
  - Pesé 2g de NaOH avec une balance de précision
  - Mise d'environ 20 ml de l'éthanol dans une fiole

## Matériel et méthodes

---

- On agite à l'aide d'un agitateur mécanique
- Remplir la fiole avec de l'éthanol jusqu'au trait de jauge
- Ajouter au ballon 5 ml de l'hydroxyde de sodium éthanolique
- Saponifier pendant 1h à une température de 60°C dans un chauffe ballon muni d'un réfrigérant pour éviter l'évaporation
- Filtration de l'échantillon avec un simple filtre pour éliminer les boiling chips et le précipât obtenu.



**Figure 13** : Schémas de saponification: 1 (réfrigérant), 2 (circulation de l'eau), 3 (hydrocarbures+solvant+ l'hydroxyde de sodium éthanolique)  
(Internet)

### 3.3.7 Extraction liquide-liquide

- Le but de cette étape est d'isoler une substance chimique d'un milieu solubilisée dans un solvant extracteur, dans lequel la solubilité de l'espèce est très élevée.
- Les étapes de l'extraction liquide-liquide sont :
  - Après saponification on met la solution obtenue dans une ampoule à décanter
  - On ajoute 30ml d'hexane et 40ml d'eau distillé
  - On agite pendant 20min avec dégazage continu chaque 3min
  - On laisse la solution décanter et les deux phases se séparent (phase aqueuse et phase organique)
  - Répéter cette étape deux fois pour un meilleur rendement
  - Récupérer la phase organique dans un ballon



**Figure 14 :** Extraction liquide-liquide

### 3.3.8 Concentration sous évaporateur rotatif

- Le but de cette étape est de réduire le volume du solvant jusqu'à atteindre un volume de 10ml en utilisant l'évaporateur rotatif.
- L'évaporateur rotatif est un système ayant pour but l'évaporation de solvant afin de concentrer l'échantillon. Le principe de cette technique est basé sur l'évaporation d'importantes quantités de solvant sous vide d'air. Le solvant contenant l'échantillon est placé dans un ballon mis en rotation dans un bain marie chauffé (40°C). La pression du montage est ensuite diminuée grâce à une trompe d'eau. Le solvant porté à ébullition va s'évaporer puis être refroidi par le système de refroidissement. Les vapeurs condensées de solvant pur vont être récupérées dans un ballon de récupération (Alice Paris ; 2018).

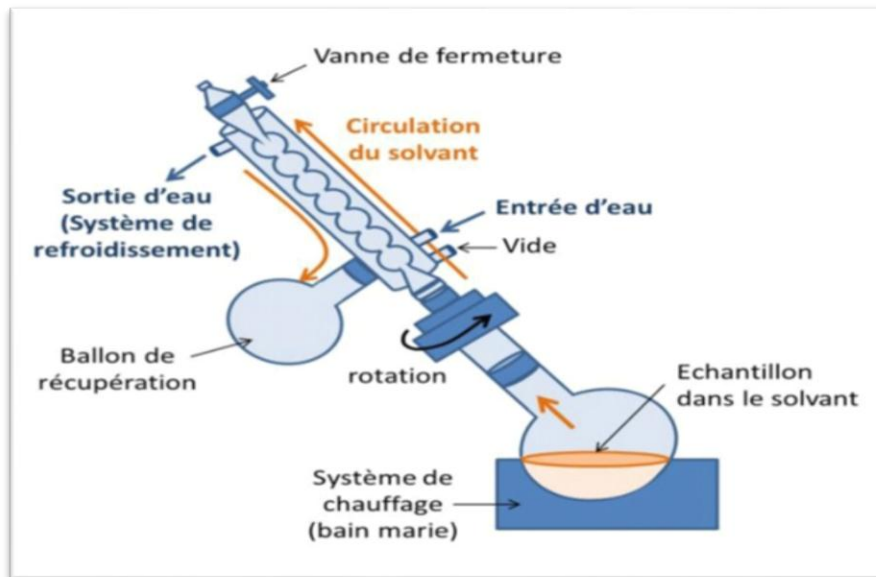
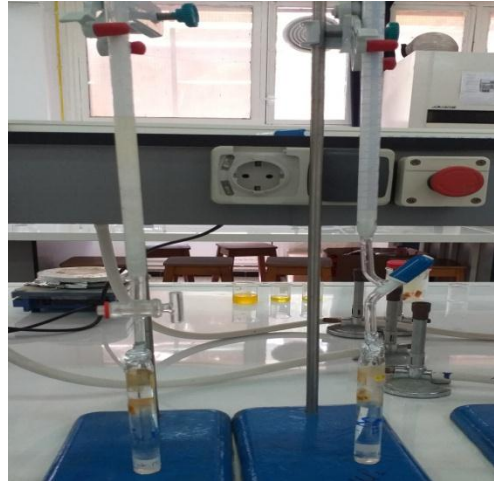


Figure 15 : Schéma représente le principe de l'évaporateur rotatif (Alice Paris ; 2018)

### 3.3.9 Fractionnement et purification

- Le but de cette étape est de séparer les hydrocarbures aliphatiques et les HAP.
- Cette étape est réalisée par une chromatographie à colonne ouverte en utilisant le gel de Silice (pouvoir séparateur: fractionnement) et l'Alumine (pouvoir de purification).
- La réalisation de cette chromatographie passe par les étapes suivantes :
  - Mise de la laine de verre à l'aide d'une tige en verre dans une burette conditionnée de 1cm de diamètre et de 25ml de volume.
  - Mélange de 5g de gel de Silice avec de l'hexane et mettre le mélange dans la burette à l'aide d'un entonnoir en évitant les bulles d'air et récupérer l'hexane sans laisser la colonne séchée.
  - Répéter la même opération avec 5g de l'Alumine.
  - Ajout d'une pincée de sulfate de sodium anhydre pour éliminer l'humidité de l'échantillon.
  - Ajout de l'échantillon.
  - Ajout d'un mélange hexane/dichlorométhane de 20ml (7V/3V) et laisser passer.
  - Récupérer l'échantillon dans un tube à essai.



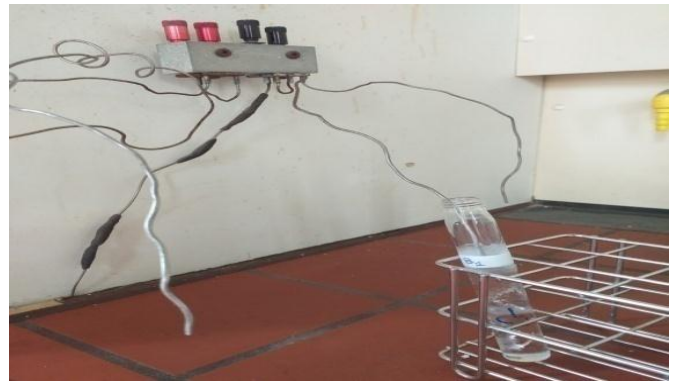
**Figure 16** : la chromatographie à colonne ouverte

### 3.3.10 La concentration sous le jet d'Azote

- Le but de cette étape est de réduire le volume de l'échantillon jusqu'à atteindre un volume de 10ml à l'aide d'un générateur d'Azote PEAK Scientific comme source de ce gaz d'azote.



**Figure 17** : générateur d'Azote PEAK scientifique



**Figure 18** : concentration sous le jet d'Azote

### 3.4 La chromatographie

#### 3.4.1 Définition de la chromatographie

La chromatographie est un ensemble de procédés applicables à des mélanges moléculaires ou ioniques, basés sur des différences de distribution des solutés entre une phase stationnaire et une phase mobile continue: les deux phases étant mises en contact intime et à contre courant (**Latifa Ben Saad 2013**).

#### 3.4.2 Les différentes méthodes chromatographiques

Il existe plusieurs méthodes chromatographiques les plus utilisés sont:

- La chromatographie liquide à haute performance HPLC
- La chromatographie sur couche mince CCM
- La chromatographie en phase liquide CPL
- La chromatographie en phase gazeuse CPG

##### 3.4.2.1 La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Elle permet d'opérer la séparation de composés volatils de mélanges très complexes et une analyse quantitative des résultats à partir d'un volume d'injection réduit (**Jean-François Cavalli le ; 2002**).

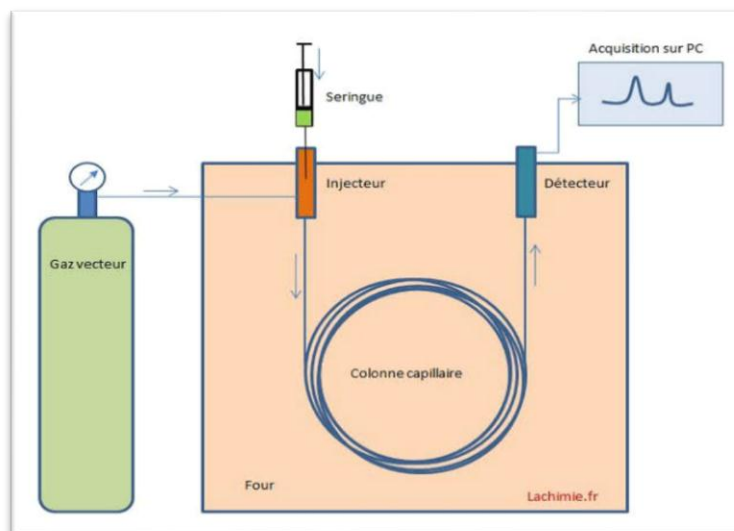
Pour concurrencer l'utilisation de l'HPLC, la CPG offre :

- Une grande adaptabilité par un grand choix de phases stationnaires, de températures, et de débit de phase mobile ainsi que sa composition (azote, argon, hélium, hydrogène, ...)
- L'utilisation de méthodes physiques de détection très sensibles (de l'ordre du picogramme)
- L'automatisation assurant l'utilisation de très nombreux échantillons. (**TEISSIER Thomas MADET Nicolas ; 2004**)

### 3.4.2.1.1 Principe

Le principe de la séparation repose sur la différence d'affinité entre les composés pour la phase mobile et la phase stationnaire.

Un composé qui aura plus d'affinité pour la phase mobile, aura peu d'interaction avec la phase stationnaire et sera donc moins ralenti par celle-ci et sera donc élué plus rapidement qu'un composé qui aura plus d'affinité avec la phase stationnaire et sera plus souvent en interaction avec la phase stationnaire qu'avec la phase mobile. (TEISSIER Thomas MADET Nicolas ; 2004)



**Figure 19** : Schémas représente le principe de la CPG (source : internet)

Dans le cadre de ce travail, l'appareil utilisé est un chromatographe Shimadzu QP 2010 de type EL 70ev quadripôle avec un injecteur split-splitless. La séparation chromatographique est réalisée avec une colonne capillaire de type OV1701 (d'une longueur de 25m) à phase non polaire (5% phenyl-methylpolysiloxane) avec une bibliothèque (Nist05).

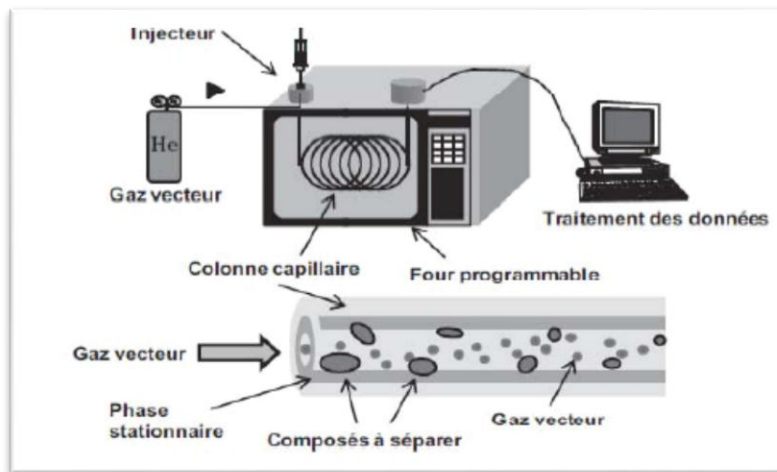
Le gaz vecteur utilisé est l'hélium (He) et le volume injecté est 1 $\mu$ l.

## Matériel et méthodes

---

### 3.4.2.1.2 Spectrométrie de masse (GC-MS)

La chromatographie en phase gazeuse permet la séparation de différents composés présents dans une solution. La phase mobile est un gaz (le plus souvent He). Le mélange à analyser est introduit dans le circuit gazeux par vaporisation dans une chambre d'injection. La vapeur formée circule dans la colonne capillaire au contact de la phase stationnaire. Les constituants du mélange à séparer se partagent entre le gaz vecteur et la phase stationnaire sur laquelle ils s'adsorbent. La colonne placée dans un four à température programmable, est chauffée progressivement. Le gaz vecteur entraîne progressivement les molécules à séparer en fonction de leur taille et de leur polarité. Les molécules, partiellement ou entièrement résolues par l'analyse chromatographique, sont amenées dans la source d'ionisation du spectromètre de masse grâce à la ligne de transfert chauffée. Le spectromètre de masse est constitué d'une chambre d'ionisation dans laquelle des filaments génèrent un faisceau d'électrons de 70eV. Ce faisceau va bombarder les molécules permettant en proportion variable soit uniquement leur ionisation ou bien leur fragmentation et ionisation. Les ions sont focalisés, accélérés et passent dans l'analyseur du spectromètre de masse qui est un quadripôle puis détectés par électro-multiplicateur. (Olivier Kouadio ; 2018)



**Figure 20** : Schémas représente le principe de la GC- MS (Olivier Kouadio ; 2018)

# Résultats et discussion

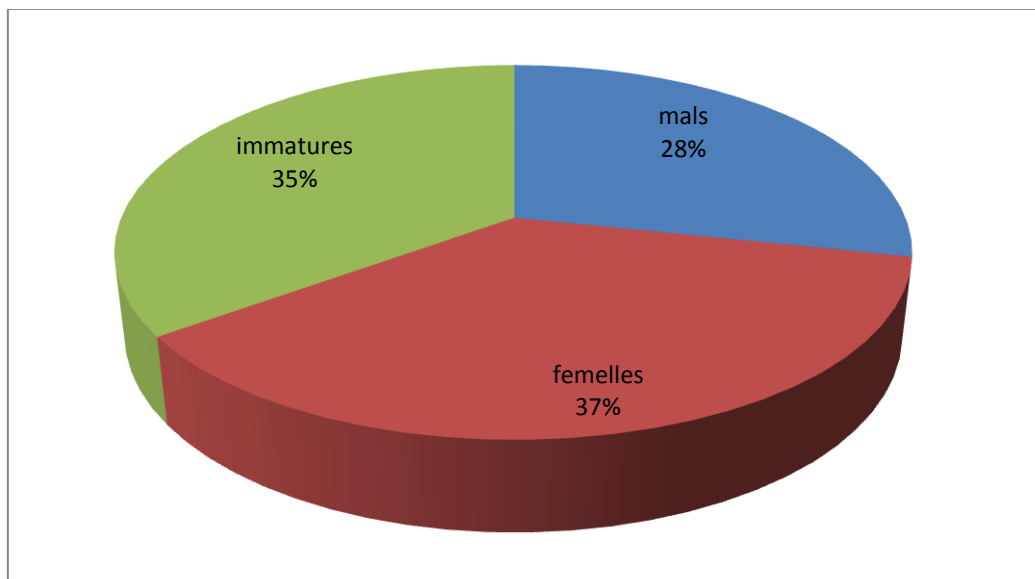
### 4 Résultats et discussion

#### 4.1 Paramètres biométriques

Nous avons fait le prétraitement et la mesure biométrique de 60 individus du rouget de vase, leurs tailles varient entre 10 et 18 cm et leurs poids varient entre 13 et 61.5 g.

Après la dissection on a classé les individus selon le sexe et on a obtenu les résultats suivants :

- 17 males
- 22 femelles
- 21 immatures



**Figure 21** : pourcentage de chaque sexe du rouget barbet de vase: M (mal), F (femelle), I (immature)

##### 4.1.1 Relation Taille/Poids totale

Pendant toute la vie du poisson, sa longueur et son poids sont fortement corrélés. La relation entre la taille et le poids d'un poisson se traduit par la formule de type :

$$W = a .Lt^b$$

## Résultat et discussion

W : poids frais du poisson (g)

Lt : longueur totale (mm)

a : constante

b : coefficient d'allométrie

Le coefficient b est caractéristique de l'espèce et de la phase de développement (Mayrat ; 1970 in K.Mahé, et al ; 2005). Il est isométrique c'est à dire égal à 3, ou alors il présente une allométrie soit minorante ( $b < 3$ ), soit majorante ( $b > 3$ ) (Teissier, 1948 in K.Mahé, et al ; 2005). Pour augmenter la précision de cette relation, il est nécessaire de recueillir un nombre suffisant de données expérimentales.

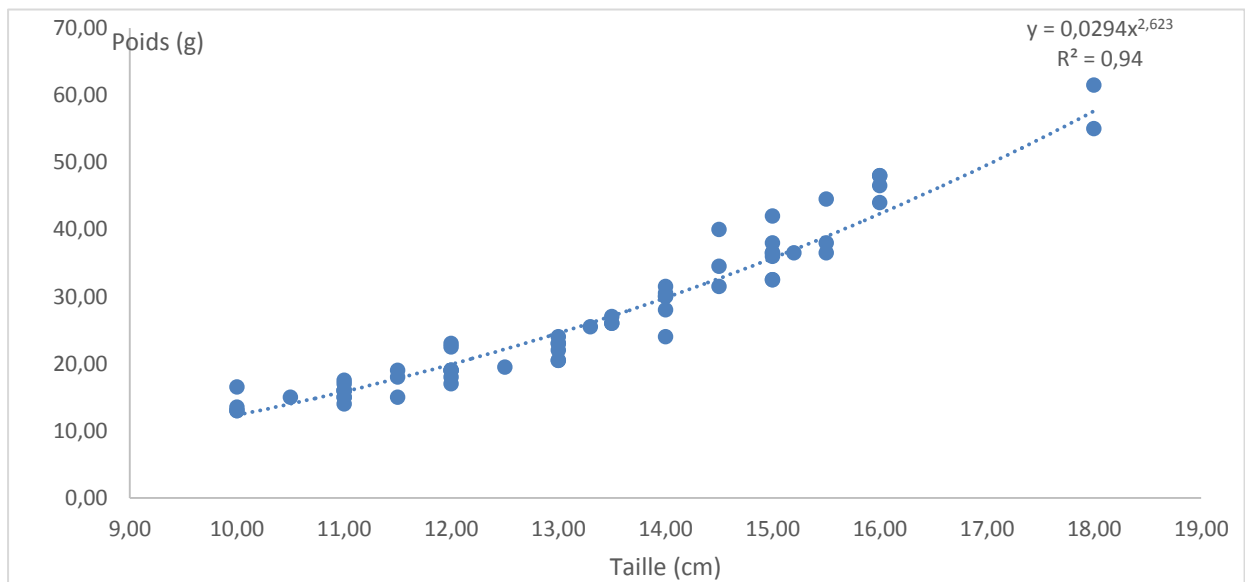


Figure 22 : Relation taille/poids de la présente étude

La relation taille/poids comprenant la totalité de l'échantillon, soit 60 individus, est la suivante :

$$W = 0,0294.Lt^{2,623} \text{ Avec } r^2=0,94$$

Le coefficient de corrélation ( $r = 0,88$ ) étant légèrement proche de 1, le poids est donc corrélé à la taille. Le coefficient d'allométrie de 2,623 indique une allométrie minorante. De ce fait, le rouget barbet de vase présente une croissance pondérale inférieure à sa croissance en taille ; Donc le rouget barbet de vase de la wilaya de Tipaza grossit moins vite qu'il ne grandit. Cependant, les résultats de cette étude ne concordent pas avec les autres résultats trouvés sur

## Résultat et discussion

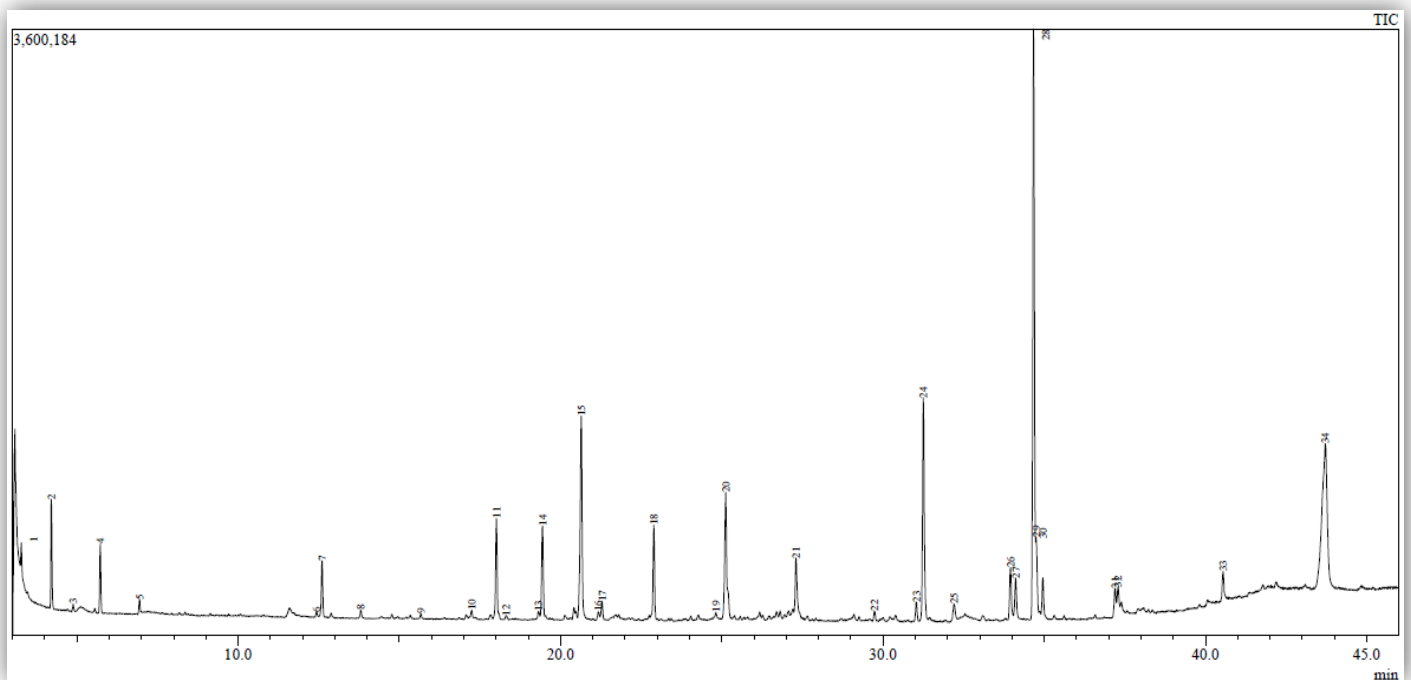
---

le rouget barbet de vase dans les différentes zones de la Méditerranée, ceci peut s'expliquer par le nombre insuffisant d'individus présents dans notre étude.

### 4.2 Résultats et discussion de l'analyse des HAPs par CPG

L'analyse des échantillons est effectuée à l'université de Jijel, faculté science de la vie et de la nature par l'ingénieur de laboratoire «Dasdous Rachid ».

Le chromatogramme suivant (Figure 23) correspond aux résultats obtenus après le dosage de l'échantillon n°1 (la chair de la femelle du rouget de vase).



**Figure 23** : Chromatogramme obtenue de dosage de l'échantillon 1 la chair de femelle de rouget de vase

A partir de ce chromatogramme, nous avons constaté la présence d'un HAP au niveau du 17<sup>ème</sup> Pic (Le Benzène : un noyau benzénique et des radicaux (méthyl et hexenyl) avec un temps de rétention de 21.28 minutes et une surface équivalente de 0.67 %, qui signifie une faible concentration de cet élément.

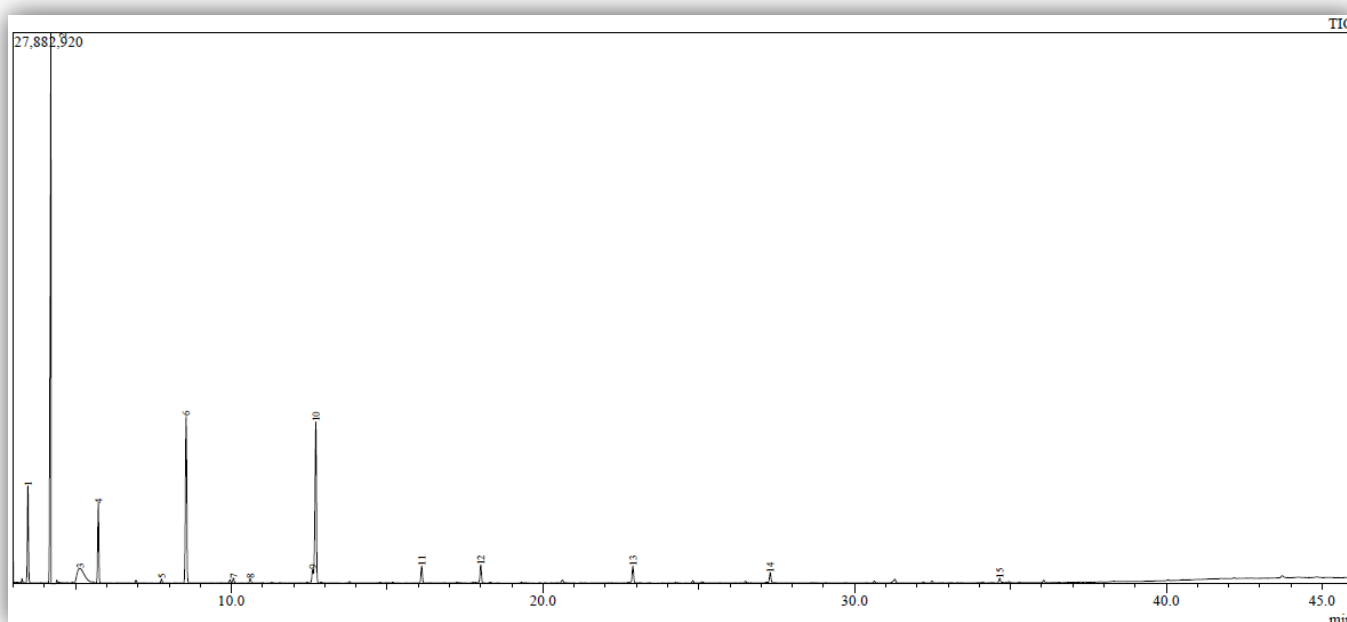
## Résultat et discussion

Nous avons pu identifier également un autre composé : Le phénol (qui est l'un des dérivés hydroxylés du benzène et des hydrocarbures aromatiques) au niveau de 20<sup>ème</sup> Pic dans le chromatogramme, avec un temps de rétention de 25.12 minutes et une surface équivalente de 6.16 %.

**Tableau 5** : Les composés aromatiques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 1

| Peak | R.Time | Area    | Area% | Height | Height% | Name   | Base m/z |
|------|--------|---------|-------|--------|---------|--|----------|
| 17   | 21.285 | 375894  | 0.67  | 107654 | 0.78    | <b>Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-</b> | 119.10   |
| 20   | 25.122 | 3461334 | 6.16  | 747894 | 5.41    | <b>Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate</b>    | 164.05   |

Le chromatogramme suivant (Figure 24), correspond aux résultats obtenus après le dosage de l'échantillon 2 (la chair de femelle du rouget de vase).

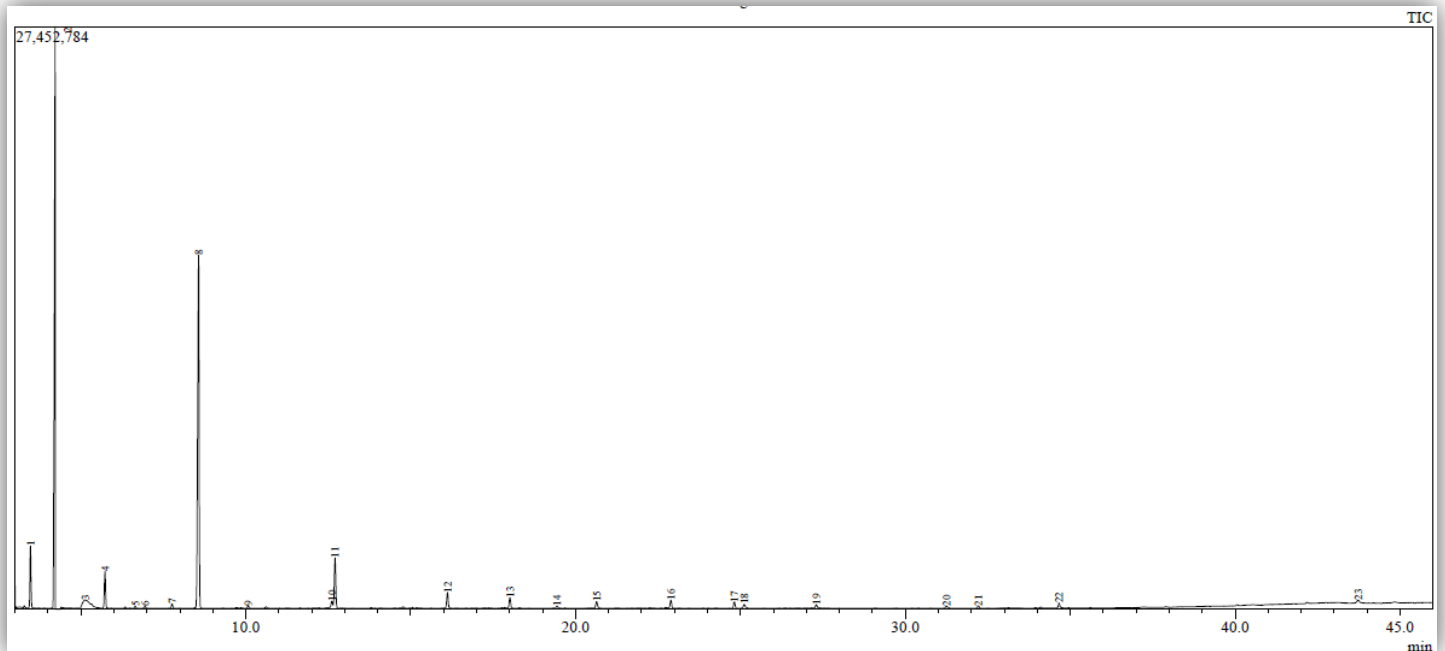


**Figure 24** : Chromatogramme obtenue de dosage de l'échantillon 2 (chair de femelle)

A partir des résultats présents au-dessus, aucun HAP n'est détecté. Cependant, on a pu identifier d'autres composés comme les hydrocarbures aliphatiques cycliques tels que le Cyclopentene au niveau du 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> Pic avec un temps de rétention de 5.141 min et 7.758 minutes avec une surface équivalente de 7.00 % et 0.35% respectivement.

## Résultat et discussion

---



**Figure 25** : chromatogramme obtenue du dosage de l'échantillon 3 le foie de l'immaturo de rouget de vase

Ce chromatogramme (Figure 25) montre les résultats obtenus du dosage de l'échantillon 3 (le foie d'un individu immature du rouget de vase).

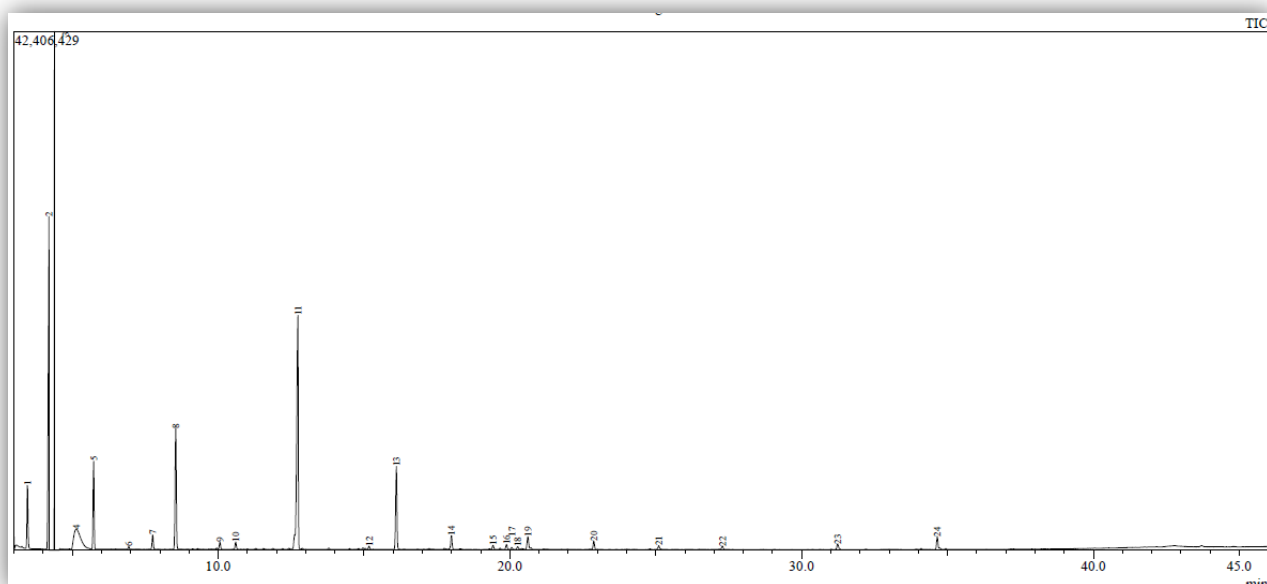
Aucun HAP n'est détecté dans ce chromatogramme. Cependant, on a pu identifier d'autres composés comme les hydrocarbures aliphatiques cycliques tel que le Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl- au niveau du 3<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> Pic dans le chromatogramme, avec un temps de rétention de 5.131 min et 7.762 minutes avec une surface équivalente de 3.97 % et 0.41% respectivement.

Nous avons également constaté la présence du Phenol, 2,4-bis (1,1-dimethylethyl et Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate au niveau de 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> Pic dans le chromatogramme, avec un temps de rétention de 24.815 min et 25.117 minutes et une surface équivalente de 0.69 % et 0.48% respectivement.

## Résultat et discussion

**Tableau 6** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-3

| Peak      | R.Time | Area    | Area% | Height | Height% | Name                                       | Base m/z |
|-----------|--------|---------|-------|--------|---------|--|----------|
| <b>3</b>  | 5.131  | 5536306 | 3.97  | 368902 | 0.67    | Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-       | 123.05   |
| <b>7</b>  | 7.762  | 575497  | 0.41  | 202316 | 0.36    | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-  | 123.10   |
| <b>17</b> | 24.815 | 958687  | 0.69  | 297228 | 0.54    | Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-        | 191.05   |
| <b>18</b> | 25.117 | 673613  | 0.48  | 177747 | 0.32    | Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate | 164.05   |



**Figure 26** : chromatogramme de l'échantillon 5 la chair du mal de rouget de vase

Ce chromatogramme (Figure 26) correspond aux résultats obtenus de dosage de l'échantillon 5 (la chair d'un individu mal du rouget de vase).

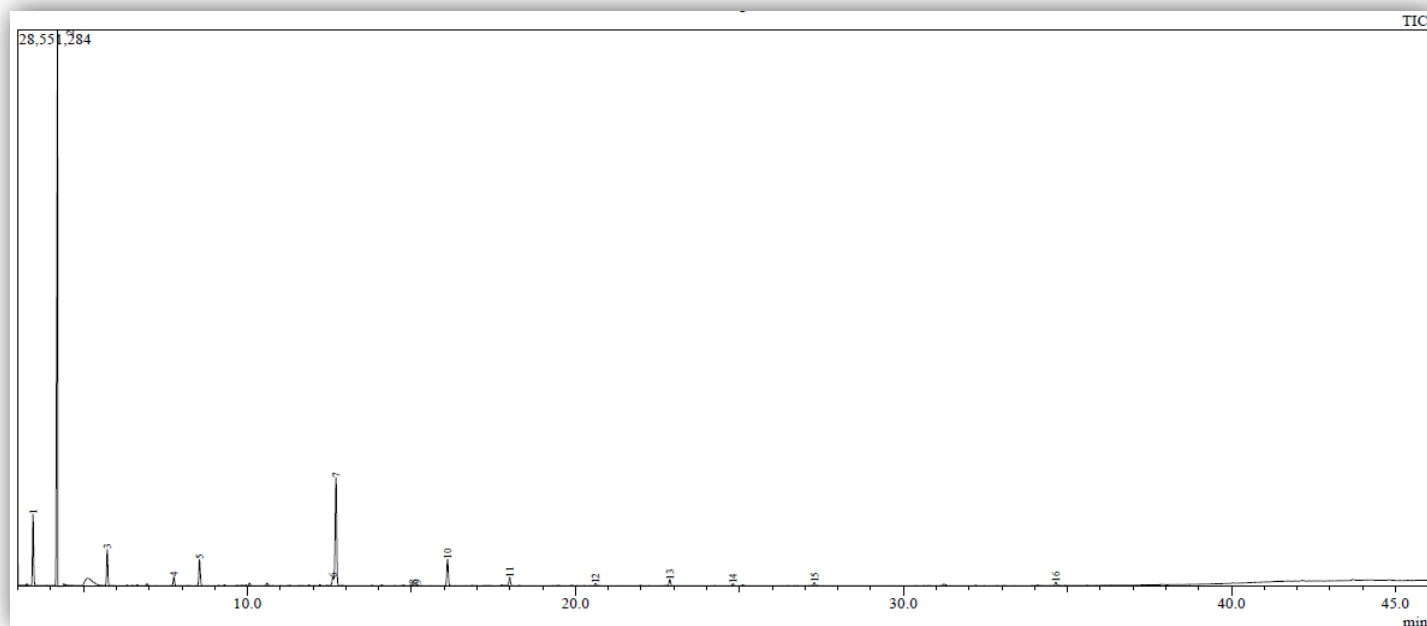
Idem pour l'échantillon-5, nous n'avons pas détecté des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

## Résultat et discussion

Les autres composés cycliques que nous avons pu identifier sont par ordre : le cyclohexane (Pic 3), le cyclopentene (Pic 4 et 5) et le Phenol (Pic 19 et 21) qui ont respectivement le pourcentage des aires suivantes : 7.61%, 9.21%, 1.20 % 1.44% et 0.40 %.

**Tableau 7** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-5

| Peak      | R.Time | Area     | Area% | Height   | Height% | Name  | Base m/z |
|-----------|--------|----------|-------|----------|---------|---|----------|
| <b>3</b>  | 4.383  | 21247331 | 7.61  | 42406429 | 33.08   | <b>2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-, O-methyloxime</b> | 55.15    |
| <b>4</b>  | 5.138  | 25701254 | 9.21  | 1619870  | 1.26    | <b>Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-</b>             | 123.10   |
| <b>7</b>  | 7.753  | 3354044  | 1.20  | 1158348  | 0.90    | <b>2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-</b>        | 123.10   |
| <b>19</b> | 20.614 | 4032757  | 1.44  | 1033481  | 0.81    | Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-                       | 164.10   |
| <b>21</b> | 25.105 | 1126215  | 0.40  | 291445   | 0.23    | Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate              | 164.10   |



**Figure 27** : Chromatogramme de l'échantillon 6 la chair d'un individu mal

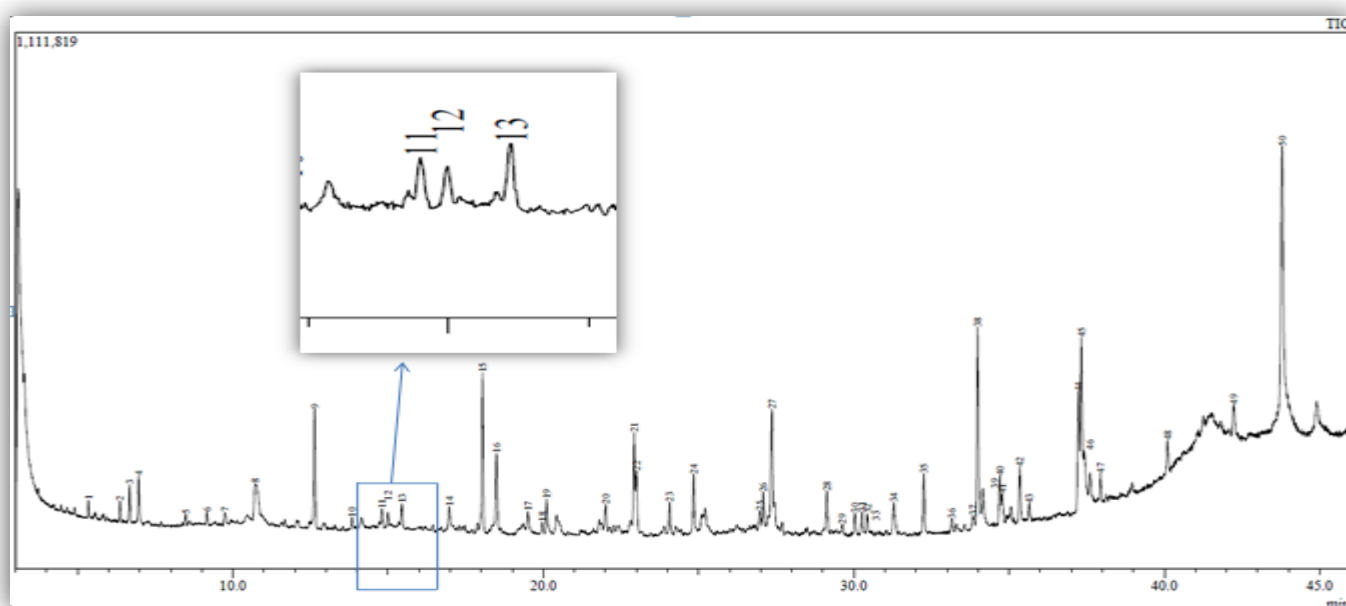
Ce chromatogramme (Figure 27) correspond aux résultats obtenus de dosage de l'échantillon 6 (la chair d'un individu mal du rouget de vase).

## Résultat et discussion

Dans cet échantillon, nous avons remarqué l'absence totale des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Cependant, Le composé aliphatique cyclique le 2-Cyclopentene-1-one,2,3,4,5-tetramethyl- est de nouveau apparu au niveau du 4<sup>ème</sup> Pic dans le chromatogramme, avec un temps de rétention de 7.754 minutes avec une surface équivalente de 1.19 %.

**Tableau 8** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon-6

| Peak | R.Time | Area    | Area% | Height | Height% | Name                                      | Base m/z |
|------|--------|---------|-------|--------|---------|---|----------|
| 4    | 7.754  | 1179063 | 1.19  | 422734 | 0.96    | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl- | 123.10   |



**Figure 28** : Chromatogramme de l'échantillon 12 le foie du mal

Le chromatogramme de la figure 28 correspond aux résultats obtenus après le dosage de l'échantillon 12 (le foie d'un individu mal du rouget de vase).

A partir de ce chromatogramme, nous avons constaté la présence de deux HAPs au niveau du 11<sup>ème</sup> Pic (Le Naphtalène : un alcène qui a 2 cycles, de formule brute  $C_{10}H_8$ ) avec un temps de rétention de 14.799 minutes et une surface équivalente de 0.697 %, et le Benzène (un noyau

## Résultat et discussion

benzénique et des radicaux méthyl) au niveau de 28<sup>ème</sup> Pic avec un temps de rétention de 29.132 minutes et une surface équivalente de 1.51 %.

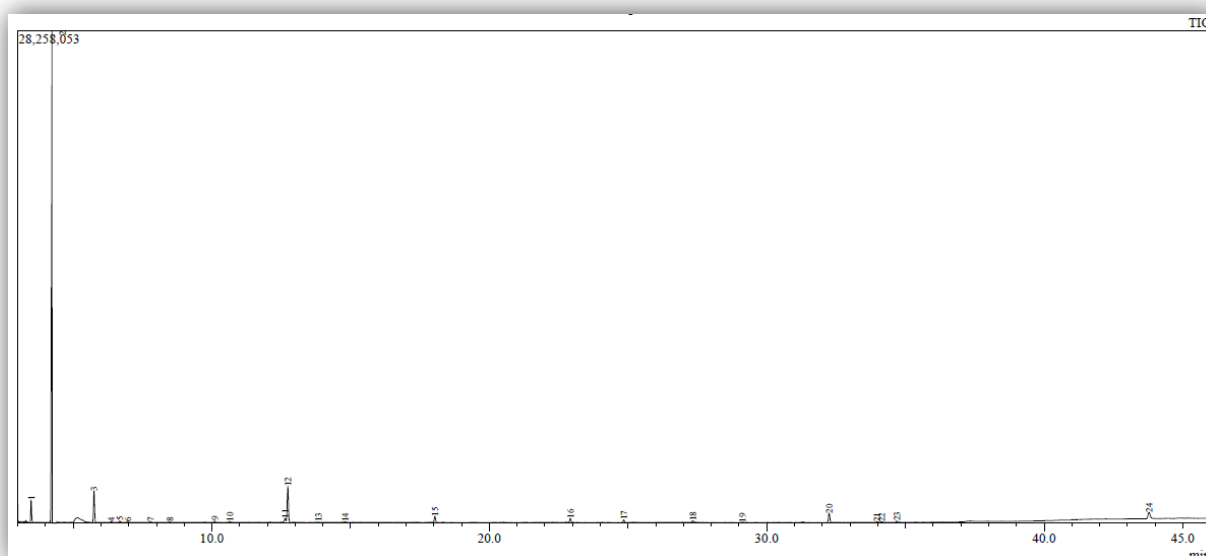
**Tableau 9** : Hydrocarbures aromatiques cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 12

| Peak | R.Time | Area   | Area% | Height | Height% | Name   | Base m/z |
|------|--------|--------|-------|--------|---------|--|----------|
| 11   | 14.799 | 140563 | 0.69  | 40425  | 0.79    | Naphthalene  | 128.00   |
| 28   | 29.132 | 307126 | 1.51  | 83849  | 1.64    | Benzene, 1,1'-(1,1,2,2-tetramethyl-1,2-ethanediyl)bis- | 119.05   |

Nous avons également pu identifier d'autres composés cycliques : le cyclohexane et le phénol (qui est l'un des dérivés hydroxylés du benzène et des hydrocarbures aromatiques) au niveau de 10<sup>ème</sup> et 24<sup>ème</sup> Pic dans le chromatogramme, avec un temps de rétention de 13.839 minutes et une surface équivalente de 0.28 % et 24.841 minute et 2.16% respectivement.

**Tableau 10** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 12

| Peak | R.Time | Area   | Area% | Height | Height% | Name                                | Base m/z |
|------|--------|--------|-------|--------|---------|-------------------------------------|----------|
| 10   | 13.839 | 57201  | 0.28  | 22052  | 0.43    | Cyclohexane, hexyl-                 | 83.05    |
| 24   | 24.841 | 437832 | 2.16  | 120691 | 2.36    | Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- | 191.00   |



**Figure 29** : chromatogramme de l'échantillon 13 le foie d'un individu femelle

## Résultat et discussion

Ce chromatogramme (Figure 29) correspond aux résultats obtenus après le dosage de l'échantillon 13 (le foie d'un individu femelle du rouget de vase).

Le chromatogramme de la figure 35 montre la présence d'un seul composé de la famille des Hydrocarbures aromatiques polycycliques au niveau du 14<sup>ème</sup> Pic (Le Naphtalène) avec un temps de rétention de 14.800 minutes et une surface équivalente de 0.21 %.

**Tableau 11** : Hydrocarbures aromatiques cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon

13

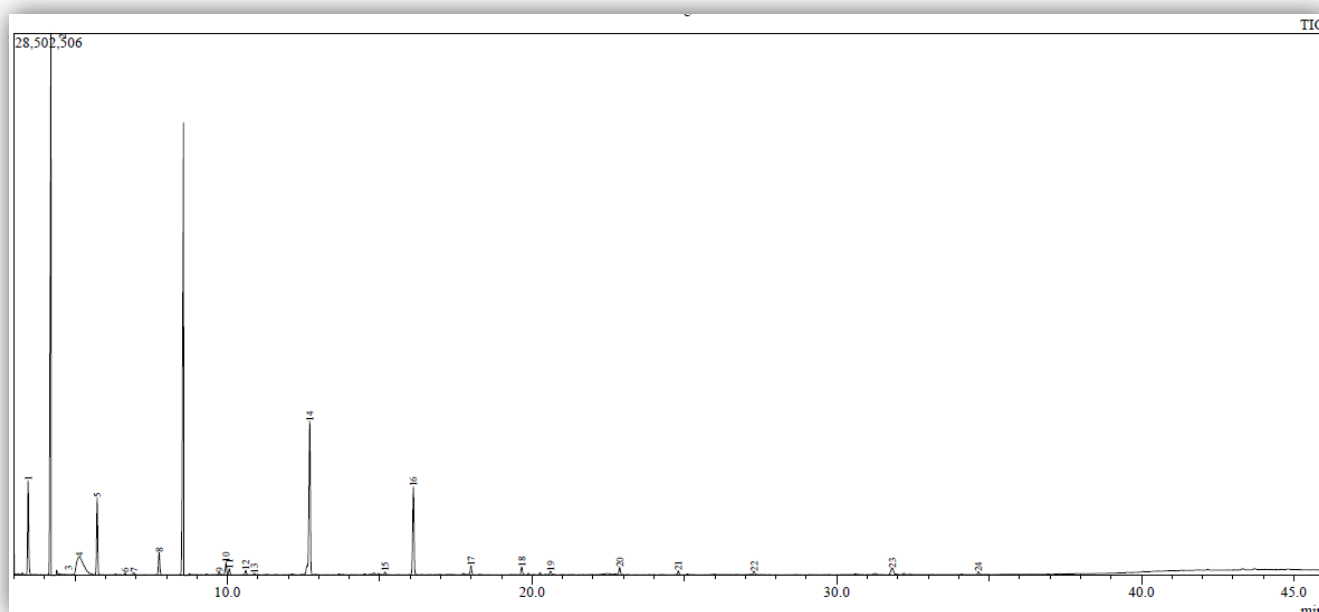
| Peak      | R.Time | Area   | Area% | Height | Height% | Name               | Base m/z |
|-----------|--------|--------|-------|--------|---------|--------------------|----------|
| <b>14</b> | 14.800 | 142145 | 0.21  | 43967  | 0.12    | <b>Naphthalene</b> | 128.00   |

Dans le même chromatogramme, d'autres composés cycliques ont été apparus : le cyclopentène, le cyclohexane et le phénol au niveau de 7<sup>ème</sup>, 13<sup>ème</sup>, et 17<sup>ème</sup> Pic respectivement, avec un temps de rétention de 7.791, 13.834, et 24.845 minutes, et pour des surfaces équivalentes de 0.25 %, 0.09%, et 0.68% respectivement.

**Tableau 12** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 13

| Peak      | R.Time | Area   | Area% | Height | Height% | Name   | Base m/z |
|-----------|--------|--------|-------|--------|---------|--|----------|
| <b>7</b>  | 7.791  | 172813 | 0.25  | 68525  | 0.19    | <b>2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-</b> | 123.00   |
| <b>13</b> | 13.834 | 59244  | 0.09  | 21843  | 0.06    | <b>Cyclohexane, (1-methylethyl)-</b>             | 83.05    |
| <b>17</b> | 24.845 | 464573 | 0.68  | 147314 | 0.41    | <b>Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-</b>       | 191.00   |

## Résultat et discussion



**Figure 30** : Chromatogramme obtenue de l'échantillon 14 le foie d'un individu femelle

Ce chromatogramme (Figure 30) correspond aux résultats obtenus de dosage de l'échantillon 14 (le foie d'un individu femelle du rouget de vase).

Au niveau de cet échantillon, aucun HAP n'est détecté.

Les autres composés cycliques identifiés sont : le Cyclohexene, le Cyclopentene, et le Phénol.

**Tableau 13** : Les composés cycliques retrouvés après l'analyse de l'échantillon 14

| Peak      | R.Time | Area     | Area% | Height  | Height% | Name  | Base m/z |
|-----------|--------|----------|-------|---------|---------|---|----------|
| <b>3</b>  | 4.394  | 513816   | 0.34  | 265047  | 0.47    | <b>2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-, O-methyloxime</b> | 83.05    |
| <b>4</b>  | 5.139  | 14035424 | 9.19  | 896457  | 1.59    | <b>Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-</b>             | 123.10   |
| <b>8</b>  | 7.757  | 3588489  | 2.35  | 1172348 | 2.08    | <b>2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-</b>        | 123.10   |
| <b>21</b> | 24.799 | 598269   | 0.39  | 200724  | 0.36    | <b>Phénol, 2,4-bis(1,1-diméthylethyl)-</b>              | 191.05   |

## Résultat et discussion

---

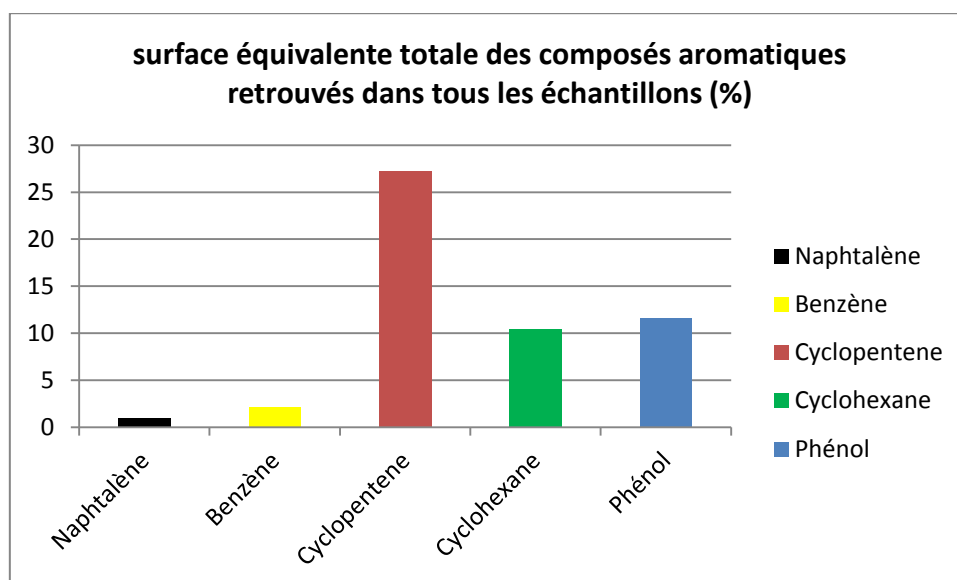
A partir de ces résultats, nous pouvons dire que la majorité de la famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques sont rarement présentés dans les matrices chair et foie de rouget de vase de la région de Bousmail.

Les deux HAPs qui ont fait l'exception sont le Benzène et le Naphtalène où nous avons remarqué la présence du Benzène dans la chair des femelles de rouget (échantillon-1) et dans le foie des mâles (échantillon-12).

Pour le Naphtalène, nous avons pu l'identifier au niveau du foie des deux sexes (échantillon-12 échantillon-13)

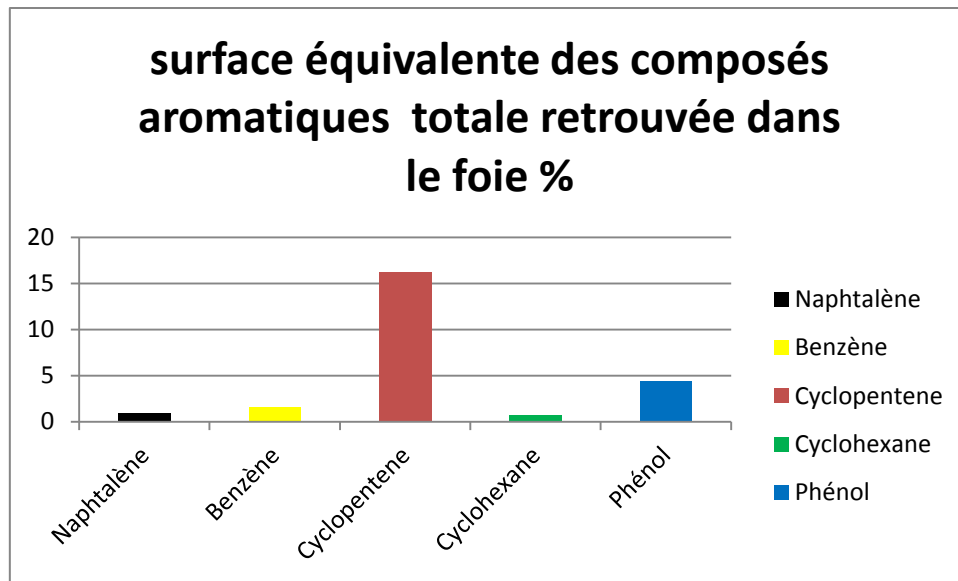
D'une autre part, le foie des males de l'échantillon-12 contient les deux HAPs avec une surface totale de 2.2 %.

Comme on le voit dans cet histogramme (figure 31): on a remarqué la présence de 2 HAP qui sont le Naphtalène et le Benzène avec des faibles concentrations, on a trouvé aussi des autres composés aromatiques : le Cyclopentène avec une concentration élevée, le Cyclohexane et le Phénol avec des concentrations plus au moins élevées.

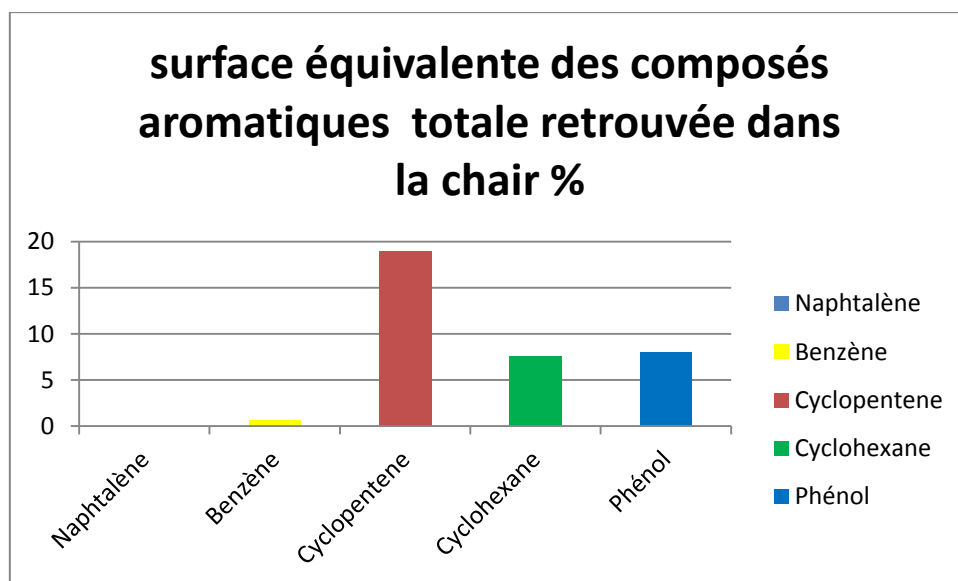


**Figure 31** : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans tous les échantillons

## Résultat et discussion



**Figure 32** : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans le foie



**Figure 33** : Surface équivalente totale des composés aromatiques retrouvés dans le foie

Selon les histogrammes précédant (figures 32 et 33) on a remarqué la présence du Naphtalène dans le foie des échantillons mais pas dans la chair, le Benzène est présent dans les deux matrices foie et chair. On voit aussi que le cyclopentène est présent avec des concentrations élevées dans les deux matrices, la même chose pour le phénol ; par contre le cyclohexane est de faible concentration dans le foie contrairement à la chair.

## Résultat et discussion

---

Dans cette étude on a trouvé deux HAPs qui sont le Naphtalène et le Benzène avec des faibles concentrations et généralement dans le foie (n'est pas consommable) contrairement à l'étude de **Aiouaz Amira ; 2017** qui a travaillé aussi sur le rouget de vase dans la baie de Bousmail, ou on a pu identifier plusieurs HAPs (Naphtalène, Acénaphtylène, Acénaphtène, Phénanthrène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a) pyrène) et avec des concentrations plus au moins élevés.

Le Naphtalène est un hydrocarbure aromatique polycyclique de formule générale ( $C_{10}H_8$ ), il peut être produit à partir de goudron de houille ou de pétrole. (INERIS)

Sachant que l'essentiel du naphtalène présent dans la nature (89 % environ selon l'INERIS) vient de combustions incomplètes (pyrolyse) (chauffage domestique au bois) et de la sublimation du naphtalène utilisé comme insecticide. Environ 10 % des émissions dans l'air viendraient de la distillation du charbon. La fumée de tabac en contient de petites quantités.

Aujourd'hui, 60 % du naphtalène produit est vendu comme produit chimique intermédiaire dans la fabrication d'anhydride phtalique, selon l'INERIS. Cet anhydride phtalique sert à synthétiser les phtalates et divers agents plastifiants, résines, teintures, insecticides ou répulsifs, etc. Il est aussi employé comme agent de tannage du cuir et dans certains tensioactifs.

Ses effets éco toxicologiques sont mal connus, mais il a été montré qu'il est bio accumulable chez plusieurs espèces de poissons ;(ex : *Cyprinus carpio*, *Pimephalespromelas*), moules (*Mytilus edulis*) et huîtres (*Ostreaedulis*). (**Veith et al (1979)**, **Riley et al (1981)**).

Le naphtalène semble pouvoir être absorbé par les racines et feuilles des plantes, mais **l'INERIS en 2005** n'a pas trouvé d'études sur ses effets ni sur d'éventuels facteurs de bioconcentration.

Compte tenu de sa structure chimique le naphtalène est réputé très stable. Il semble très peu biodégradable en conditions normales. La Commission européenne (**CE, 1996**) a retenu une demi-vie de 150 jours dans les eaux de surface. Quelques tests de biodégradation en condition anaérobie et notamment dans les sédiments, laissent penser qu'il est stable.

Le naphtalène est classé en tant que substance cancérigène de catégorie 3 par l'Union Européenne, et dans le groupe 2B par le Centre international de recherche sur le cancer (**CIRC**).

## Résultat et discussion

---

Pour le benzène, c'est un hydrocarbure aromatique polycyclique de formule générale (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) C'est un précurseur important pour la synthèse de nombreux composés organiques : Matières plastiques, caoutchoucs synthétiques, solvants, plastifiants, détergents, parfums, colorants, additifs alimentaires, médicaments, pesticides, explosifs, etc.

Il est désormais reconnu comme : cancérigène en raison de ses propriétés d'agent intercalant (l'inclusion réversible d'une molécule entre deux autres molécules), sa structure parfaitement plane lui permettant de se glisser entre les bases azotées de l'ADN, provoquant des erreurs de transcription et/ou de réplication.

En ce qui concerne les autres composés cycliques où nous avons remarqué la présence de Cyclopentène, le Cyclohexane ainsi que Phenol. Les deux hydrocarbures alicycliques (Cyclopentène et le Cyclohexane) sont des hydrocarbures aliphatiques cycliques.

Le cyclohexane est un dépresseur du système nerveux central. En cas d'intoxication importante on peut observer des vertiges, une perte de conscience, des tremblements et une aréflexie. Ces signes peuvent s'accompagner de nausées et de vomissements et dans les cas graves d'un collapsus cardio-vasculaire parfois mortel. (N. Bonnard et .,al ; 2003)

Le phénol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O) est un composé toxique qui est facilement absorbé par la peau et les voies respiratoires et digestives. Il est reconnu pour affecter le système nerveux central et provoquer des dommages au foie et aux reins. Le contact oculaire provoque de graves lésions pouvant résulter en une cécité. (**Fiche de sécurité chimique #9, Division santé et sécurité en milieu de travail et d'études, Été 2012, Université de Sherbrooke**)

# Conclusion

### 5 Conclusion

Notre objectif consiste à identifier et évaluer le taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques présents dans la chair et le foie du rouget de vase de la baie de Bousmail.

L'espèce a été choisie par ce que c'est une cible principale de la pêche Méditerranéenne et a une grande valeur commerciale. Aussi, c'est une espèce benthique qui se tient au contact du fond ou sédiment, ce qui facilite sa pêche. Le rouget barbet a fait l'objet de plusieurs études sur la pollution par les hydrocarbures et le fait que cette espèce est bio-indicatrice de la pollution.

Dans notre étude les échantillons du rouget de vase ont été pêchés au niveau de la baie de Bousmail.

En total 60 individus sont récoltés dont 17 mâles, 22 femelles, 21 individus de tailles différents varient entre 10 et 18 cm et de poids varient entre 13 et 61.5 g .

La méthode utilisée pour la détermination et l'analyse des HAPs présents dans le biote est la chromatographie en phase gazeuse avec la détection par spectrométrie de masse (GC-MS).et l'appareil utilisé est un chromatographe Shimadzu QP 2010 de type EL 70ev quadripôle. Cette méthode permet d'analyser les composés à l'état de traces.

L'analyse effectuée montre que :

- La chair du rouget de vase est dépourvue des HAPs dans tous les échantillons.
- Le foie du rouget de vase présente une faible concentration du Naphtalène dans deux échantillons (12: le foie de mâle et 13: foie de femelle).
- Autre que le Benzène et Naphtalène on a marqué la présence d'une autre substance qui peut être toxique qui est le phénol dans plusieurs formes chimiques dans les échantillons (1: chair de femelle, 3: foie de l'immature, 5: chair de mâle, 12: foie de mâle, 13: foie de femelle ,14: foie de femelle)

A la base des résultats obtenus précédemment, nous pouvons à la fois tirer quelques recommandations à mettre en avant.

## Conclusion

---

Comme continuation de cette étude, et afin d'assurer le maintien ou le rétablissement d'écosystèmes aquatiques en bonne santé, nous proposons de :

- Etaler le travail effectué au niveau de la baie de Bousmail, sur une plus longue distance à l'échelle régionale, puis sur tous le littoral algérien.
- Faire des études pour d'autres matrices biotes autre que le rouget de vase ou pour des organes différents pour la même espèce par exemple les gonades pour savoir si le sexe influe sur la contamination par les hydrocarbures aromatiques polycycliques.
- Inclure l'évaluation du taux de pollution par d'autres molécules tels que le phénol, les métaux lourds ...

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### 6 Références bibliographiques

**AISSAT, F (2010)**, Ecologie, biologie et exploitation du rouget de vase *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 de la région algéroise. Mémoire de magister. Ecologie et environnement marin Océanographie biologique et environnement. Alger. Université des sciences technologiques Houari Boumediene. 67 p

**ALBINET A (2015)**, Guide méthodologiques pour la surveillance des hydrocarbures aromatiques polycycliques HPA dans l'air ambiant et dans les dépôts. Laboratoire centrale de surveillance de la qualité de l'air. 51 p

**BACHARI HOUMA, F (2009)**. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat. Sciences de l'univers et environnement. Paris. Université de Val D e Marne Paris XII. 272 p

**BAGHDADI MAZINI D., RACHIDI A et .,al (2012)**. Dosage des HAP dans les produits de pêche par CG-MS au niveau des cotes marocaines. Article original.les technologie de laboratoire-2012, Volume 7, N°29. P.P 90-98

**BEKNNICHE, N (2014)**, Caractérisation des activités de biodégradation des hydrocarbures par différents genre microbiens isolés de cites contaminés. Mémoire de magister. Biologie moléculaire et génétique des microorganismes. Oran. Université d'Oran. 102 p

**BENABDALLAH, H (2016)**, Techniques d'extraction, de purification et de conservation. Polycoié du cours. Master 1 Analyses biochimiques. Sétif. Université de Ferhat Abbas. 77 p

**BENSAAD, L (2013)**, Etude de la séparation de fluor quinolones par HPLC : Application à l'étude de leur dégradation par rayonnement Gamma. Mémoire de master. Chimie analytique. Tunisie. Université Tunis El Manar. 63 p

**BONNARD N., FALCY M et ., al (2003)**, Cyclohexane. Fiche toxicologique N° 17. Cahiers de notes documentaires. Les services techniques et médicaux de l'ENRS. P.P 93-97

## Références bibliographiques

---

**BOTTA F., ALBINET A et ., al (2014)**, Origines des HAPs dans les milieux aquatiques : Bilan des méthodes d'identification des sources applicables au domaine de l'eau et premier choix des profils caractéristiques appropriés. Office national de l'eau et des milieux aquatiques. 46 p

**BOUR, O (2005)**, 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-Ro1, 85 p

**CABILLIC, J., FALLOT, C (2017)**, HAP dans le biote – influence de la prise d'essai sur le résultat d'analyse- Rapport AQUAREF 2017.

**CABILLIC, J., FALLOT, C-** Rapport final sur l'étude de faisabilité de l'extraction et/ou de la purification par QuEChERS pour l'analyse des HAPs dans le biote- Rapport AQUAREF.

**CAVALLI, J-F (2002)**, Caractérisation par CPG/SM et RMN du carbone-13 d'huiles essentielles de Madagascar. Thèse de doctorat. Chimie organique et analytique. Université de Corse Pascal Paoli. France. 261 p

**CENTRE D'EXPERTICE EN ANALYSES ENVIRONNEMENTALE DU QUEBEC**, Détermination des hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub> à C<sub>50</sub>) : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme. MA. 400 – HYD.1.1, Rév. 3, Ministère du développement durable, de l'environnement, et lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016, 17 p

**CENTRE D'EXPERTICE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUEBEC**. 2015. Hydrocarbures pétroliers : caractéristiques, devenir et criminalistiques environnementale- Etude GENV222 et GENV23, Evaluation environnementale stratégique globale sur les hydrocarbures. Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 41 p. et Annexes.

**CHALAGHMI H, (2015)**, Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde *Ruditapes sp.*

## Références bibliographiques

---

Thèse de doctorat. Géochimie et éco toxicologie. France. Université de Bordeaux et Université de Monastir. 260 p

**COLOMBANO S., SAADA A et ., al (2014).** Nature des produits pétroliers et origine du vieillissement : tentative de l'identification de la source via la prise en compte des impacts et l'analyse de l'âge approximatif des diversement. Rapport final. Rapport BRGM RP-64174-FR

**EL MRABET K,** Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé. Thèse de doctorat. Chimie analytique. France. Université Pierre et Marie Curie. 292 p

**FATTAL, P (2008),** Pollution des cotes par les hydrocarbures. France. Presses universitaire de Rennes. 395 p

**FEKNOUS, N (2017),** Essais d'isolement et d'identification des souches bactériennes à pouvoir auto-épurateur vis-à-vis des hydrocarbures. Thèse de doctorat. Microbiologie appliquée. Université Badji Mokhtar. Annaba. 134 p

**Fiche de sécurité chimique 9 (2012).** Division santé et sécurité en milieu de travail et d'études. Université de Sherbrooke. 4 p

**France – IDA J (1992),** Analyse de produits naturels de taxus canadensis. , Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelables. Canada. Université de Québec. 103 p

**FRANCOIS Y,** Chromatographie en phase gazeuse CPG. Cour de Licence professionnelle en industrie chimiques et pharmaceutiques. Laboratoire de spectrométrie de masse des interactions et des systèmes. 26 p

## Références bibliographiques

---

**GAGNAIRE, B (2019)**, Evaluation des effets de polluants sur poissons au laboratoire et sur le terrain : développement et utilisation de bio marqueurs-intérêt dans l'évaluation du risque environnemental. Thèse de doctorat. Marseille. Université Aix- Marseille Ecole doctorale sciences de l'environnement (ED 251). 105 p

**GASPERI, J (2006)**, Introduction et transfert des hydrocarbures à différentes échelles spatiales dans le réseau d'assainissement parisien. Thèse de doctorat. Sciences et techniques de l'environnement. Paris. Ecole national des ponts et chaussées. 264 p

**GEFFARD, O (2001)**, Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse de doctorat. Eco toxicologie. France. Université de Bordeaux 1. 351 p

**GHARBI, H .; KTARI, M (1979)**, Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) du golfe de Tunis. Journal contribution. Tunisie. Institut national scientifique et technique d'océanographie et de pêche, 2025 Salamambo. P.P 41-52

**GHUTHIER, C (2007)**, Biodégradation des hydrocarbures en milieu poreux insaturé. Thèse de doctorat. Physique-chimie. France. Université de Pau et des pays de l'Adour. Institut français du pétrole. 249 p

**HEBBAR, C (2013)**, Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans le littoral oranais. Thèse de doctorat. Gestion des ressources halieutiques en science de l'environnement. Oran. Université d'Oran. 192 p

**HUC Q.Y., ROUCACHE J et .,al (1976)**. Application de la chromatographie sur couche mince à l'étude quantitative et qualitative des extraits de roches et des huiles. Revue. Institut français du pétrole. France. P.P 67- 91

**INERIS** : L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques- France

## Références bibliographiques

---

**KOUADIO O, (2011)**, Dépollution de sols contaminés par des hydrocarbures aromatiques polycycliques : les minéraux peuvent-ils être des acteurs de dépollution. Mémoire de master. Sciences de la terre. France. Université Henri Poincaré. 26 p

**LAMPEREA MALDONADO D-K (2009)**, Caractérisation et origine des métaux traces ; hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs Péri- Urbains. Thèse de doctorat. Génie civil. France. Ecole centrale de Nantes, Ecole doctorale sciences pour l'ingénieur, géosciences, architecture. 244 p

**LAURENCE, B., LECOMTE, P., VERONIQUE, M, (1998)**, Comparaison inter laboratoire de résultats d'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans un sol. CNRSSP. Douai. P.P 41-47

**LE BIHANIC, F, (2013)**, Effets des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur les stades précoces de poisson modèles- Développement de bio essais et études comparée de mélanges. Thèse de doctorat. Géochimie et éco toxicologie. France. Université de Bordeaux 1 Ecole doctorale sciences et environnements. 276 p

**LELE ISSA HALIDOU, A (2012)**, Structure et évolution du bassin offshore de Bousmail. Mémoire de master. Géo-ressources. Tlemcen. Université Abou Bakr Belkaid. 43 p

**MEDJDOUL, F et KHAJITE, K (2018)**, Abattement des concentrations en sels d'alumine dans les eaux traitées de la station de SEAAL du barrage de TAKSEBT par des procédés d'adsorption. Mémoire de master. eau et environnement. Tizi Ouzou. Université de Mouloud Mammeri. 50 p

**MAHE, F., DESTOMBES et al (2005)** . Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Mance Orientale et mer du Nord. Rapport de Contrat IFREMER/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais. 187 p

## Références bibliographiques

---

**OUA HIL, A (2017)**, Etat de la pollution par la matière particulaire et dissoute dans le système fluviomarin d'Oued Mazafran embouchure (Baie de BouIsmaïl). Mémoire de master. Alimentation en eau potable. Algérie. Ecole national supérieur d'hydraulique Arbaoui Abdellah. 50 p

**PARIS, A (2017)**, Extraction et analyse des hydrocarbures aromatiques : approches méthodologiques et application à des matrices fruitières. Thèse de doctorat. Sciences agronomiques, biotechnologies agro-alimentaires. France. Université Normadie. 268 p

**RAMADE F, (2007)**, Introduction à l'éco toxicologie fondements et applications. Paris : 11, rue Lavoisine F-75008 Paris. 609 p

**Riley R. Tet al (1981)**, Uptake and accumulation of naphthalene by the oyster *Ostrea edulis*, in a flow-through system. *Marine Biol*, 61, P.P 267-276

**ROUIDI, S (2014)**, Evaluation de la contamination par les hydrocarbures des sédiments superficiels (fluviaux et marins) de la région de Skikda (nord-est algérien). Analyses statistiques. Thèse de doctorat. Biologie végétale et environnementale. Annaba. Université de Badji Mokhtar. 69 p

**SELMOUN M., BENKHEBECHE D-E (2016)**, Contribution à l'étude de la biodégradation des hydrocarbures dans les boues de forage par des bactéries productrices de bio surfactants. Mémoire de master. Ecologie microbienne. Constantine. Université des Frères Mentouri. 46 p

**SHIMADZU**, Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP. Chromatographie en phase liquide (SPE en ligne) chromatographie en phase gazeuse. Carnet analytique. [WWW.shimadzu.fr](http://WWW.shimadzu.fr) .12 p

**TEISSIER T., MADET N, (2004)**, Chromatographie en phase gazeuse CPG. Compte rendu de Travaux pratiques de chromatographie. Université de Créteil- Paris. 11p

**Veith G. D., et al (1979)** - Measuring and estimating the bioconcentration factors of chemicals in fish. *J Fish Res Board Can*, 36, 1040-1048

## Références bibliographiques

---

Sites internet:

[WWW.shimadzu.fr](http://WWW.shimadzu.fr)

[WWW.inrs.fr/fichetox](http://WWW.inrs.fr/fichetox)

<http://www.cedre.fr/fr/lutte/lutte-terre/polluant.php>

[www.sealifebase.org](http://www.sealifebase.org)

# *Annexes*

## 7 Annexes

**Annexe 1** : Tableau des Mesures biométriques des échantillons du rouget (poids: g ; longueur: cm ; sexe : F[femelle], M[mal], I [indéfini ou immature]) F[femelle], M[mal], I [indéfini ou immature])

|           | poids | Longueur | sexe |    | poids | longueur | sexe |
|-----------|-------|----------|------|----|-------|----------|------|
| <b>1</b>  | 20.5  | 13       | M    | 31 | 46.5  | 16       | F    |
| <b>2</b>  | 18    | 11.5     | I    | 32 | 38    | 15       | F    |
| <b>3</b>  | 24    | 14       | M    | 33 | 34.5  | 14.5     | F    |
| <b>4</b>  | 15    | 10.5     | I    | 34 | 44.5  | 15.5     | F    |
| <b>5</b>  | 16    | 11       | I    | 35 | 18    | 12       | I    |
| <b>6</b>  | 30    | 14       | M    | 36 | 36.5  | 15       | M    |
| <b>7</b>  | 26    | 13.5     | F    | 37 | 32.5  | 15       | F    |
| <b>8</b>  | 23    | 13       | M    | 38 | 17    | 11       | I    |
| <b>9</b>  | 42    | 15       | F    | 39 | 61.5  | 18       | M    |
| <b>10</b> | 40    | 14.5     | F    | 40 | 36.5  | 15       | F    |
| <b>11</b> | 16    | 11       | I    | 41 | 44    | 16       | F    |
| <b>12</b> | 19    | 12       | I    | 42 | 31.5  | 14.5     | M    |
| <b>13</b> | 28    | 14       | M    | 43 | 13    | 10       | I    |
| <b>14</b> | 36    | 15       | F    | 44 | 48    | 16       | F    |
| <b>15</b> | 55    | 18       | M    | 45 | 15    | 11       | I    |
| <b>16</b> | 16.5  | 10       | I    | 46 | 31.5  | 14       | F    |
| <b>17</b> | 19.5  | 12.5     | M    | 47 | 13.5  | 10       | I    |

|           |      |      |   |    |      |      |   |
|-----------|------|------|---|----|------|------|---|
| <b>18</b> | 19   | 12   | I | 48 | 48   | 16   | F |
| <b>19</b> | 15   | 11.5 | I | 49 | 22.5 | 12   | M |
| <b>20</b> | 26   | 13.5 | F | 50 | 23   | 13   | F |
| <b>21</b> | 30   | 14   | F | 51 | 17.5 | 11   | I |
| <b>22</b> | 38   | 15.5 | F | 52 | 24   | 13   | M |
| <b>23</b> | 16   | 11   | I | 53 | 23   | 12   | M |
| <b>24</b> | 36.5 | 15.5 | M | 54 | 15   | 11   | I |
| <b>25</b> | 22   | 13   | F | 55 | 25.5 | 13.3 | F |
| <b>26</b> | 19   | 12   | I | 56 | 32.5 | 15   | F |
| <b>27</b> | 17   | 12   | I | 57 | 13   | 10   | I |
| <b>28</b> | 14   | 11   | I | 58 | 36.5 | 15.2 | F |
| <b>29</b> | 20.5 | 13   | M | 59 | 30.5 | 14   | M |
| <b>30</b> | 27   | 13.5 | M | 60 | 19   | 11.5 | I |

## Annexe 2 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 1

| Peak | R.Time | Area    | Area % | Height | Height% | Name   | Base m/z |
|------|--------|---------|--------|--------|---------|--|----------|
| 1    | 3.273  | 3.273   | 0.46   | 157196 | 1.14    | Tetrachloroethylene                              | 165.85   |
| 2    | 4.206  | 4.206   | 2.68   | 650541 | 4.71    | 3-Penten-2-one, 4-methyl-                        | 83.05    |
| 3    | 4.882  | 4.882   | 0.20   | 45613  | 0.33    | p-Xylene   | 91.00    |
| 4    | 5.723  | 5.723   | 1.83   | 409612 | 2.96    | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)- | 123.05   |
| 5    | 6.942  | 6.942   | 0.36   | 81712  | 0.59    | 1-Decene   | 41.05    |
| 6    | 12.433 | 102517  | 0.18   | 31866  | 0.23    | Cyclohexane, 1,5-diethyl-2,3-dimethyl-           | 83.10    |
| 7    | 12.602 | 1064151 | 1.89   | 335386 | 2.43    | 1-Dodecene                                       | 43.05    |
| 8    | 13.804 | 146663  | 0.26   | 45598  | 0.33    | Cyclohexane, hexyl-                              | 83.10    |

|    |        |          |       |         |       |   |        |
|----|--------|----------|-------|---------|-------|---|--------|
| 9  | 15.667 | 76755    | 0.14  | 27583   | 0.20  | Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-  | 340.85 |
| 10 | 17.241 | 145433   | 0.26  | 48168   | 0.35  | 1,7-Dimethyl-4-(1-methylethyl)cyclodecane   | 41.05  |
| 11 | 18.010 | 2033113  | 3.62  | 597577  | 4.32  | 1-Tetradecene   | 43.05  |
| 12 | 18.312 | 107141   | 0.19  | 25382   | 0.18  | Cyclohexane, 1,2,4,5-tetraethyl-  | 111.15 |
| 13 | 19.314 | 131352   | 0.23  | 38241   | 0.28  | Cyclohexane, octyl-   | 83.10  |
| 14 | 19.438 | 1944868  | 3.46  | 547573  | 3.96  | Caryophyllene   | 41.05  |
| 15 | 20.640 | 5021249  | 8.94  | 1203606 | 8.71  | 3-Allyl-6-methoxyphenol   | 164.10 |
| 16 | 21.170 | 186064   | 0.33  | 47202   | 0.34  | 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-   | 161.15 |
| 17 | 21.285 | 375894   | 0.67  | 107654  | 0.78  | Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-methyl-   | 119.10 |
| 18 | 22.892 | 1852646  | 3.30  | 559929  | 4.05  | 1-Nonadecene  | 43.05  |
| 19 | 24.817 | 86837    | 0.15  | 32116   | 0.23  | Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2,4-di-t-butylphenyl esters   | 191.05 |
| 20 | 25.122 | 3461334  | 6.16  | 747894  | 5.41  | Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate  | 164.05 |
| 21 | 27.302 | 1600154  | 2.85  | 354074  | 2.56  | 1-Nonadecene  | 97.10  |
| 22 | 29.736 | 206285   | 0.37  | 60618   | 0.44  | 1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol,decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-,[1ar-(1a.alpha.,4a.alpha.,7.beta.,7a.beta.,7b.a | 43.05  |
| 23 | 31.035 | 386486   | 0.69  | 113456  | 0.82  | 9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-   | 55.00  |
| 24 | 31.251 | 4961192  | 8.83  | 1321952 | 9.57  | Hexadecanoic acid, methyl ester   | 74.05  |
| 25 | 32.202 | 399409   | 0.71  | 90964   | 0.66  | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester   | 149.05 |
| 26 | 33.954 | 1208131  | 2.15  | 307249  | 2.22  | n-Hexadecanoic acid   | 73.05  |
| 27 | 34.113 | 923711   | 1.64  | 241412  | 1.75  | Dibutyl phthalate   | 149.00 |
| 28 | 34.669 | 12599106 | 22.43 | 3501504 | 25.34 | 8-Octadecenoic acid, methyl ester   | 55.05  |
| 29 | 34.749 | 1494178  | 2.66  | 486955  | 3.52  | 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester  | 67.05  |
| 30 | 34.958 | 1063223  | 1.89  | 243519  | 1.76  | Octadecanoic acid, methyl ester   | 74.05  |
| 31 | 37.195 | 666421   | 1.19  | 167618  | 1.21  | Oleic Acid  | 55.05  |
| 32 | 37.290 | 713692   | 1.27  | 169034  | 1.22  | 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-  | 67.05  |
| 33 | 40.548 | 723161   | 1.29  | 173747  | 1.26  | Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester   | 129.00 |

|           |        |          |        |          |        |             |       |
|-----------|--------|----------|--------|----------|--------|-------------|-------|
| <b>34</b> | 43.718 | 9370540  | 16.68  | 846864   | 6.13   | Tetracosane | 57.05 |
|           |        | 56166960 | 100.00 | 13819415 | 100.00 |             |       |

### Annexe 3 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 2

| <b>Peak</b> | <b>R.Time</b> | <b>Area</b> | <b>Area %</b> | <b>Height</b> | <b>Height %</b> | <b>Name</b>   | <b>Base m/z</b> |
|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|---|-----------------|
| <b>1</b>    | 3.470         | 11527393    | 7.50          | 4900409       | 8.35            | 4-Penten-2-one, 4-methyl-   | 43.05           |
| <b>2</b>    | 4.205         | 55004675    | 35.77         | 27859610      | 47.50           | 3-Penten-2-one, 4-methyl-   | 83.05           |
| <b>3</b>    | 5.141         | 10765847    | 7.00          | 716312        | 1.22            | Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-                              | 123.05          |
| <b>4</b>    | 5.729         | 10354363    | 6.73          | 4036512       | 6.88            | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-                  | 123.05          |
| <b>5</b>    | 7.758         | 532791      | 0.35          | 197905        | 0.34            | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-                         | 123.05          |
| <b>6</b>    | 8.547         | 25448466    | 16.55         | 8422270       | 14.36           | 2-Pentanone, 5-(acetyloxy)-                                       | 43.00           |
| <b>7</b>    | 10.064        | 672363      | 0.44          | 236202        | 0.40            | 3,3-Dimethyl-hepta-4,5-dien-2-one                                 | 123.05          |
| <b>8</b>    | 10.605        | 617894      | 0.40          | 211883        | 0.36            | 1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl-                             | 83.05           |
| <b>9</b>    | 12.610        | 2036517     | 1.32          | 652697        | 1.11            | 1-Dodecanol   | 41.05           |
| <b>10</b>   | 12.709        | 26579506    | 17.29         | 8133335       | 13.87           | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                                | 123.05          |
| <b>11</b>   | 16.105        | 2653389     | 1.73          | 858324        | 1.46            | 2-Butynoic acid, 4-[(tetrahydro-2H-pyran-2-yl)oxy]-, methyl ester | 83.05           |
| <b>12</b>   | 18.003        | 2716984     | 1.77          | 877694        | 1.50            | 1-Tetradecene   | 41.05           |
| <b>13</b>   | 22.884        | 2577872     | 1.68          | 834971        | 1.42            | 1-Octadecene  | 43.05           |
| <b>14</b>   | 27.292        | 1596724     | 1.04          | 501290        | 0.85            | 1-Octadecanol   | 43.05           |
| <b>15</b>   | 34.654        | 68456       | 0.43          | 216031        | 0.37            | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                           | 55.05           |
|             |               | 153753240   | 100.00        | 58655445      | 100.00          |   |                 |

### Annexe 4 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 3

| <b>Peak</b> | <b>R.Time</b> | <b>Area</b> | <b>Area %</b> | <b>Height</b> | <b>Height %</b> | <b>Name</b>               | <b>Base m/z</b> |
|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| <b>1</b>    | 3.468         | 6419022     | 4.61          | 2924110       | 5.27            | 4-Penten-2-one, 4-methyl- | 43.05           |

|           |        |          |       |          |       |   |        |
|-----------|--------|----------|-------|----------|-------|---|--------|
| <b>2</b>  | 4.213  | 51697861 | 37.09 | 27441695 | 49.49 | 3-Penten-2-one, 4-methyl-                               | 83.05  |
| <b>3</b>  | 5.131  | 5536306  | 3.97  | 368902   | 0.67  | Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-                    | 123.05 |
| <b>4</b>  | 5.729  | 4497839  | 3.23  | 1723525  | 3.11  | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-        | 123.05 |
| <b>5</b>  | 6.648  | 257959   | 0.19  | 103905   | 0.19  | 4-Nonene, 5-methyl-                                     | 55.05  |
| <b>6</b>  | 6.940  | 250767   | 0.18  | 90381    | 0.16  | 1-Decene  | 41.05  |
| <b>7</b>  | 7.762  | 575497   | 0.41  | 202316   | 0.36  | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-               | 123.10 |
| <b>8</b>  | 8.566  | 51038038 | 36.62 | 16628527 | 29.99 | Acetic acid, 1-chlorocarbonyl-1-methylethyl ester       | 43.05  |
| <b>9</b>  | 10.073 | 341425   | 0.24  | 121205   | 0.22  | 3,3-Dimethyl-hepta-4,5-dien-2-one                       | 123.05 |
| <b>10</b> | 12.607 | 1041355  | 0.75  | 321391   | 0.58  | 1-Dodecene  | 41.05  |
| <b>11</b> | 12.706 | 7371747  | 5.29  | 2367806  | 4.27  | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                      | 123.05 |
| <b>12</b> | 16.115 | 2230459  | 1.60  | 726893   | 1.31  | Cyclopentanecarboxylic acid, 1-methyl-                  | 83.00  |
| <b>13</b> | 18.009 | 1473808  | 1.06  | 484469   | 0.87  | 1-Tetradecene   | 41.05  |
| <b>14</b> | 19.437 | 306571   | 0.22  | 95949    | 0.17  | Caryophyllene   | 93.05  |
| <b>15</b> | 20.636 | 1040109  | 0.75  | 300220   | 0.54  | 3-Allyl-6-methoxyphenol                                 | 164.10 |
| <b>16</b> | 22.889 | 1153904  | 0.83  | 370347   | 0.67  | 1-Nonadecene  | 43.05  |
| <b>17</b> | 24.815 | 958687   | 0.69  | 297228   | 0.54  | Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-                     | 191.05 |
| <b>18</b> | 25.117 | 673613   | 0.48  | 177747   | 0.32  | Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate              | 164.05 |
| <b>19</b> | 27.298 | 481202   | 0.35  | 150102   | 0.27  | 1-Nonadecene  | 43.05  |
| <b>20</b> | 31.243 | 357582   | 0.26  | 95149    | 0.17  | Hexadecanoic acid, methyl ester                         | 74.00  |
| <b>21</b> | 32.212 | 354628   | 0.25  | 107965   | 0.19  | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester | 149.00 |
| <b>22</b> | 34.659 | 678527   | 0.49  | 227008   | 0.41  | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                 | 55.00  |
| <b>23</b> | 43.730 | 634691   | 0.46  | 126989   | 0.23  | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester          | 149.00 |

---

139371597 100.00 55453829 100.00

---

## Annexe 5 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 5

| Peak      | R.Time | Area     | Area% | Height   | Height% | Name  | Base<br>m/z |
|-----------|--------|----------|-------|----------|---------|---|-------------|
| <b>1</b>  | 3.461  | 12748645 | 4.57  | 5165658  | 4.03    | 4-Penten-2-one, 4-methyl-   | 43.05       |
| <b>2</b>  | 4.197  | 53770810 | 19.26 | 27246592 | 21.25   | 3-Penten-2-one, 4-methyl-   | 83.10       |
| <b>3</b>  | 4.383  | 21247331 | 7.61  | 42406429 | 33.08   | 2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-, O-methyloxime                  | 55.15       |
| <b>4</b>  | 5.138  | 25701254 | 9.21  | 1619870  | 1.26    | Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-                              | 123.10      |
| <b>5</b>  | 5.730  | 18628307 | 6.67  | 7184957  | 5.60    | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-                  | 123.10      |
| <b>6</b>  | 6.934  | 572563   | 0.21  | 223949   | 0.17    | 1-Decene  | 41.10       |
| <b>7</b>  | 7.753  | 3354044  | 1.20  | 1158348  | 0.90    | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-                         | 123.10      |
| <b>8</b>  | 8.546  | 29380694 | 10.53 | 9895451  | 7.72    | 2-Pentanone, 5-(acetyloxy)-                                       | 43.05       |
| <b>9</b>  | 10.058 | 1764979  | 0.63  | 598887   | 0.47    | 4-Acetyl-1-methylcyclohexene                                      | 123.10      |
| <b>10</b> | 10.600 | 1765915  | 0.63  | 593544   | 0.46    | 1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl-                             | 83.10       |
| <b>11</b> | 12.730 | 68102130 | 24.40 | 19105642 | 14.90   | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                                | 123.10      |
| <b>12</b> | 15.172 | 743457   | 0.27  | 254181   | 0.20    | 5,6-Dihydroxy-5-isopropyl-6-methyl-hept-3-en-2-one                | 59.05       |
| <b>13</b> | 16.107 | 21143311 | 7.57  | 6781482  | 5.29    | 2-Butynoic acid, 4-[(tetrahydro-2H-pyran-2-yl)oxy]-, methyl ester | 83.05       |
| <b>14</b> | 17.994 | 3419670  | 1.23  | 1092542  | 0.85    | 1-Tetradecene   | 41.05       |
| <b>15</b> | 19.422 | 1104972  | 0.40  | 330337   | 0.26    | Caryophyllene   | 41.05       |
| <b>16</b> | 19.883 | 1405339  | 0.50  | 418295   | 0.33    | 2-Propanone, 1-(3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (Z)-    | 163.15      |

---

|           |        |           |        |           |        |  |        |
|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|--|--------|
| <b>17</b> | 20.063 | 555747    | 0.20   | 160221    | 0.12   | 4-(2-Methyl-cyclohex-1-enyl)-but-3-en-2-one          | 149.15 |
| <b>18</b> | 20.065 | 710510    | 0.25   | 215661    | 0.17   | 2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2-(1,1-dimethylethyl)- | 149.15 |
| <b>19</b> | 20.614 | 4032757   | 1.44   | 1033481   | 0.81   | Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-                    | 164.10 |
| <b>20</b> | 22.875 | 2094168   | 0.75   | 680090    | 0.53   | 1-Nonadecene   | 43.05  |
| <b>21</b> | 25.105 | 1126215   | 0.40   | 291445    | 0.23   | Phenol, 2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate           | 164.10 |
| <b>22</b> | 27.281 | 898846    | 0.32   | 271810    | 0.21   | 1-Nonadecene   | 43.05  |
| <b>23</b> | 31.234 | 1765721   | 0.63   | 459298    | 0.36   | Hexadecanoic acid, methyl ester                      | 74.05  |
| <b>24</b> | 34.650 | 3112670   | 1.12   | 1000929   | 0.78   | 8-Octadecenoic acid, methyl ester                    | 55.05  |
|           |        | 279150055 | 100.00 | 128189099 | 100.00 |  |        |

## Annexe 6 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 6

| <b>Peak</b> | <b>R.Tim e</b> | <b>Area</b> | <b>Area %</b> | <b>Height</b> | <b>Height %</b> | <b>Name</b>  | <b>Base m/z</b> |
|-------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|--|-----------------|
| <b>1</b>    | 3.459          | 8293125     | 8.37          | 3646922       | 8.27            | 4-Penten-2-one, 4-methyl-                            | 43.00           |
| <b>2</b>    | 4.205          | 55516595    | 56.02         | 28534572      | 64.71           | 3-Penten-2-one, 4-methyl-                            | 83.05           |
| <b>3</b>    | 5.723          | 4699513     | 4.74          | 1854676       | 4.21            | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-     | 123.10          |
| <b>4</b>    | 7.754          | 1179063     | 1.19          | 422734        | 0.96            | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-            | 123.10          |
| <b>5</b>    | 8.536          | 3868771     | 3.90          | 1328733       | 3.01            | 2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-                     | 43.00           |
| <b>6</b>    | 12.604         | 464874      | 0.47          | 176129        | 0.40            | 1-Dodecanol  | 43.05           |
| <b>7</b>    | 12.697         | 16343178    | 16.49         | 5360017       | 12.16           | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                   | 123.10          |
| <b>8</b>    | 15.043         | 218879      | 0.22          | 78715         | 0.18            | 2-Decanone   | 58.00           |
| <b>9</b>    | 15.172         | 198639      | 0.20          | 62529         | 0.14            | 2-Butanone, 3-ethoxy-3-methyl-                       | 59.00           |
| <b>10</b>   | 16.099         | 4264707     | 4.30          | 1359603       | 3.08            | 2-Butynoic acid, 4-[(tetrahydro-2H-pyran-2-yl)oxy]-, | 83.05           |

| methyl ester |        |          |        |          |        |  |        |
|--------------|--------|----------|--------|----------|--------|--|--------|
| <b>11</b>    | 17.993 | 1335282  | 1.35   | 420102   | 0.95   | 1-Tetradecene  | 43.05  |
| <b>12</b>    | 20.609 | 402276   | 0.41   | 106526   | 0.24   | 2-Propanone, 1-(3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (Z)- | 163.10 |
| <b>13</b>    | 22.876 | 991125   | 1.00   | 317957   | 0.72   | 1-Octadecanol  | 43.05  |
| <b>14</b>    | 24.799 | 316687   | 0.32   | 103027   | 0.23   | Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2,4-di-t-butylphenyl esters        | 191.05 |
| <b>15</b>    | 27.283 | 504869   | 0.51   | 157140   | 0.36   | 1-Nonadecene   | 43.05  |
| <b>16</b>    | 34.645 | 503663   | 0.51   | 165903   | 0.38   | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                        | 55.05  |
|              |        | 99101246 | 100.00 | 44095285 | 100.00 |  |        |

## Annexe 7 : Liste des composés obtenus après le dosage de l'échantillon 12

| Peak      | R.Time | Area   | Area% | Height | Height% | Name                        | Base m/z |
|-----------|--------|--------|-------|--------|---------|-----------------------------|----------|
| <b>1</b>  | 5.348  | 83378  | 0.41  | 35822  | 0.70    | 5-Undecene, 3-methyl-, (E)- | 55.05    |
| <b>2</b>  | 6.362  | 111629 | 0.55  | 42960  | 0.84    | 3-Octene, 2,6-dimethyl-     | 55.00    |
| <b>3</b>  | 6.674  | 193901 | 0.95  | 76577  | 1.50    | 5-Chloro-5-methylnonane     | 55.00    |
| <b>4</b>  | 6.968  | 271321 | 1.34  | 93356  | 1.83    | 1-Decene                    | 55.00    |
| <b>5</b>  | 8.479  | 80726  | 0.40  | 25472  | 0.50    | Hexane, 3,3-dimethyl-       | 43.05    |
| <b>6</b>  | 9.163  | 76613  | 0.38  | 26387  | 0.52    | 2,5-Dimethylanisole         | 136.05   |
| <b>7</b>  | 9.747  | 110512 | 0.54  | 26182  | 0.51    | Hexane, 3,3-dimethyl-       | 57.05    |
| <b>8</b>  | 10.721 | 650987 | 3.21  | 73686  | 1.44    | Hexanoic acid               | 60.00    |
| <b>9</b>  | 12.633 | 810533 | 3.99  | 246241 | 4.82    | 1-Dodecanol                 | 43.05    |
| <b>10</b> | 13.839 | 57201  | 0.28  | 22052  | 0.43    | Cyclohexane, hexyl-         | 83.05    |

|           |        |         |      |        |      |  |        |
|-----------|--------|---------|------|--------|------|--|--------|
| <b>11</b> | 14.799 | 140563  | 0.69 | 40425  | 0.79 | Naphthalene  | 128.00 |
| <b>12</b> | 14.992 | 95337   | 0.47 | 30052  | 0.59 | Hexanoic acid, 2-ethyl-                                | 88.00  |
| <b>13</b> | 15.445 | 156080  | 0.77 | 47721  | 0.94 | Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-                       | 340.85 |
| <b>14</b> | 16.969 | 161575  | 0.80 | 43176  | 0.85 | Octanoic Acid  | 60.00  |
| <b>15</b> | 18.042 | 1056841 | 5.20 | 328986 | 6.45 | 1-Tetradecene  | 41.05  |
| <b>16</b> | 18.490 | 660943  | 3.26 | 165094 | 3.23 | Undecanoyl chloride                                    | 125.05 |
| <b>17</b> | 19.501 | 134749  | 0.66 | 36652  | 0.72 | Nonanoic acid  | 60.00  |
| <b>18</b> | 19.966 | 66609   | 0.33 | 22571  | 0.44 | 1-Undecanol  | 83.05  |
| <b>19</b> | 20.102 | 246106  | 1.21 | 70775  | 1.39 | Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-                   | 280.85 |
| <b>20</b> | 22.007 | 242956  | 1.20 | 58864  | 1.15 | 1-Undecene, 8-methyl-                                  | 43.05  |
| <b>21</b> | 22.923 | 670436  | 3.30 | 205661 | 4.03 | 1-Pentadecanol   | 97.10  |
| <b>22</b> | 22.997 | 449467  | 2.21 | 126858 | 2.49 | 3,7-Undecanedione, 6,6,10-trimethyl-                   | 57.00  |
| <b>23</b> | 24.066 | 244172  | 1.20 | 67936  | 1.33 | Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-                     | 354.85 |
| <b>24</b> | 24.841 | 437832  | 2.16 | 120691 | 2.36 | Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-                    | 191.00 |
| <b>25</b> | 26.973 | 151952  | 0.75 | 38711  | 0.76 | Diethyl Phthalate                                      | 149.00 |
| <b>26</b> | 27.079 | 251747  | 1.24 | 75287  | 1.48 | 1,2-Benzenediol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-           | 207.00 |
| <b>27</b> | 27.359 | 1085242 | 5.34 | 243655 | 4.77 | 1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-       | 221.00 |
| <b>28</b> | 29.132 | 307126  | 1.51 | 83849  | 1.64 | Benzene, 1,1'-(1,1,2,2-tetramethyl-1,2-ethanediyl)bis- | 119.05 |
| <b>29</b> | 29.628 | 76603   | 0.38 | 21304  | 0.42 | Pentadecanal-  | 82.10  |
| <b>30</b> | 30.034 | 131369  | 0.65 | 41573  | 0.81 | 2,4-Diphenyl-4-methyl-2(E)-pentene                     | 143.05 |
| <b>31</b> | 30.266 | 159131  | 0.78 | 46687  | 0.91 | Tetradecanoic acid                                     | 73.00  |
| <b>32</b> | 30.434 | 164895  | 0.81 | 43837  | 0.86 | Cyclononasiloxane, octadecamethyl-                     | 73.05  |

|           |        |          |        |         |        |   |        |
|-----------|--------|----------|--------|---------|--------|---|--------|
| <b>33</b> | 30.708 | 55909    | 0.28   | 5933    | 0.12   | 2-Butynone, 1-acetyl-4-[1-piperidyl]-                   | 97.05  |
| <b>34</b> | 31.284 | 332389   | 1.64   | 67152   | 1.32   | Hexadecanoic acid, methyl ester                         | 74.05  |
| <b>35</b> | 32.255 | 429626   | 2.12   | 120213  | 2.36   | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester | 149.00 |
| <b>36</b> | 33.154 | 117827   | 0.58   | 29661   | 0.58   | Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-                      | 354.80 |
| <b>37</b> | 33.837 | 146326   | 0.72   | 29630   | 0.58   | Cyclododecanemethanol                                   | 98.05  |
| <b>38</b> | 33.987 | 1589565  | 7.83   | 414423  | 8.12   | n-Hexadecanoic acid                                     | 73.00  |
| <b>39</b> | 34.155 | 372674   | 1.84   | 75631   | 1.48   | Dibutyl phthalate                                       | 149.00 |
| <b>40</b> | 34.705 | 379981   | 1.87   | 103542  | 2.03   | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                 | 55.05  |
| <b>41</b> | 34.782 | 253519   | 1.25   | 65719   | 1.29   | (R)-(-)-14-Methyl-8-hexadecyn-1-ol                      | 67.05  |
| <b>42</b> | 35.343 | 420404   | 2.07   | 113294  | 2.22   | 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol                  | 71.05  |
| <b>43</b> | 35.650 | 100834   | 0.50   | 32113   | 0.63   | Cyclononasiloxane, octadecamethyl-                      | 428.85 |
| <b>44</b> | 37.235 | 978067   | 4.82   | 253119  | 4.96   | 9-Octadecenoic acid, (E)-                               | 55.00  |
| <b>45</b> | 37.328 | 1700928  | 8.38   | 362568  | 7.10   | 9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester                 | 67.05  |
| <b>46</b> | 37.608 | 366965   | 1.81   | 75252   | 1.47   | Methyl (Z)-5,11,14,17-eicosatetraenoate                 | 79.05  |
| <b>47</b> | 37.942 | 209164   | 1.03   | 65522   | 1.28   | Cyclononasiloxane, octadecamethyl-                      | 73.00  |
| <b>48</b> | 40.101 | 323294   | 1.59   | 75806   | 1.49   | Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane                     | 354.80 |
| <b>49</b> | 42.237 | 359756   | 1.77   | 75725   | 1.48   | Tetracosamethyl-cyclododecasiloxane                     | 354.85 |
| <b>50</b> | 43.789 | 2629157  | 12.95  | 509262  | 9.98   | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester  | 149.00 |
|           |        | 20304917 | 100.00 | 5103665 | 100.00 |   |        |

## Annexe 8 : les composés obtenus de dosage de l'échantillon 13

| Peak      | R.Time | Area     | Area% | Height   | Height% | Name  | Base m/z |
|-----------|--------|----------|-------|----------|---------|---|----------|
| <b>1</b>  | 3.481  | 2694868  | 3.92  | 1286731  | 3.58    | 4-Penten-2-one, 4-methyl-                               | 43.00    |
| <b>2</b>  | 4.230  | 46615699 | 67.87 | 28248322 | 78.64   | 3-Penten-2-one, 4-methyl-                               | 83.00    |
| <b>3</b>  | 5.750  | 4478947  | 6.52  | 1790228  | 4.98    | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-        | 123.05   |
| <b>4</b>  | 6.365  | 120475   | 0.18  | 49043    | 0.14    | 4-Nonene, 5-methyl-                                     | 69.05    |
| <b>5</b>  | 6.671  | 232883   | 0.34  | 86130    | 0.24    | 5-Chloro-5-methylnonane                                 | 55.05    |
| <b>6</b>  | 6.967  | 226776   | 0.33  | 74877    | 0.21    | 1-Decene  | 41.05    |
| <b>7</b>  | 7.791  | 172813   | 0.25  | 68525    | 0.19    | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-               | 123.00   |
| <b>8</b>  | 8.482  | 90889    | 0.13  | 34474    | 0.10    | Octane, 3,3-dimethyl-                                   | 71.10    |
| <b>9</b>  | 10.102 | 251931   | 0.37  | 85263    | 0.24    | 3,3-Dimethyl-hepta-4,5-dien-2-one                       | 123.00   |
| <b>10</b> | 10.642 | 230015   | 0.33  | 63881    | 0.18    | 1,5-Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl-                   | 83.00    |
| <b>11</b> | 12.635 | 481229   | 0.70  | 179477   | 0.50    | 1-Dodecanol   | 41.05    |
| <b>12</b> | 12.735 | 6061708  | 8.83  | 2022672  | 5.63    | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                      | 123.00   |
| <b>13</b> | 13.834 | 59244    | 0.09  | 21843    | 0.06    | Cyclohexane, (1-methylethyl)-                           | 83.05    |
| <b>14</b> | 14.800 | 142145   | 0.21  | 43967    | 0.12    | Naphthalene   | 128.00   |
| <b>15</b> | 18.040 | 1141045  | 1.66  | 365249   | 1.02    | 1-Tetradecene   | 41.05    |
| <b>16</b> | 22.923 | 702941   | 1.02  | 234153   | 0.65    | 1-Nonadecene  | 97.05    |
| <b>17</b> | 24.845 | 464573   | 0.68  | 147314   | 0.41    | Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-                     | 191.00   |
| <b>18</b> | 27.337 | 282013   | 0.41  | 78472    | 0.22    | 1-Pentadecanol  | 83.05    |
| <b>19</b> | 29.124 | 60874    | 0.09  | 17010    | 0.05    | 2,5-Bis[4-(3-methylbenzamido)phenyl]-1,3,4-oxadiazole   | 119.00   |
| <b>20</b> | 32.251 | 1818654  | 2.65  | 522631   | 1.46    | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester | 149.00   |

|           |        |          |        |          |        |  |        |
|-----------|--------|----------|--------|----------|--------|--|--------|
| <b>21</b> | 33.977 | 104071   | 0.15   | 30625    | 0.09   | n-Hexadecanoic acid                                    | 59.95  |
| <b>22</b> | 34.142 | 94746    | 0.14   | 31566    | 0.09   | Phthalic acid, 6-ethyl-3-octyl butyl ester             | 148.95 |
| <b>23</b> | 34.694 | 213874   | 0.31   | 72241    | 0.20   | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                | 55.05  |
| <b>24</b> | 43.783 | 1942143  | 2.83   | 364829   | 1.02   | 1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester | 149.00 |
|           |        | 68684556 | 100.00 | 35919523 | 100.00 |  |        |

## Annexe 9 : les composés obtenus après le dosage de l'échantillon 14

| <b>Peak</b> | <b>R.Time</b> | <b>Area</b> | <b>Area %</b> | <b>Height</b> | <b>Height %</b> | <b>Name</b>  | <b>Base m/z</b> |
|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|--|-----------------|
| <b>1</b>    | 3.458         | 11754499    | 7.70          | 4936707       | 8.77            | 4-Penten-2-one, 4-methyl-                            | 43.05           |
| <b>2</b>    | 4.205         | 58555195    | 38.33         | 28491464      | 50.59           | 3-Penten-2-one, 4-methyl-                            | 83.10           |
| <b>3</b>    | 4.394         | 513816      | 0.34          | 265047        | 0.47            | 2-Cyclohexen-1-one, 3,5-dimethyl-, O-methyloxime     | 83.05           |
| <b>4</b>    | 5.139         | 14035424    | 9.19          | 896457        | 1.59            | Cyclopentene, 1,2,3,4,5-pentamethyl-                 | 123.10          |
| <b>5</b>    | 5.725         | 10256403    | 6.71          | 4018945       | 7.14            | 3-Heptyne-2,6-dione, 5-methyl-5-(1-methylethyl)-     | 123.10          |
| <b>6</b>    | 6.639         | 244539      | 0.16          | 89878         | 0.16            | 4-Nonene, 5-methyl-                                  | 55.05           |
| <b>7</b>    | 6.929         | 344231      | 0.23          | 99717         | 0.18            | 1-Pentanol, 3,4-dimethyl-                            | 43.00           |
| <b>8</b>    | 7.757         | 3588489     | 2.35          | 1172348       | 2.08            | 2-Cyclopenten-1-one, 2,3,4,5-tetramethyl-            | 123.10          |
| <b>9</b>    | 9.736         | 327561      | 0.21          | 101704        | 0.18            | 1-Pentanol, 2,3-dimethyl-                            | 43.05           |
| <b>10</b>   | 9.951         | 1787918     | 1.17          | 629348        | 1.12            | 4-Hexenoic acid, 2-acetyl-2,5-dimethyl-, ethyl ester | 43.00           |
| <b>11</b>   | 10.061        | 904430      | 0.59          | 312696        | 0.56            | 4-Acetyl-1-methylcyclohexene                         | 123.10          |

|           |        |           |        |          |        |   |        |
|-----------|--------|-----------|--------|----------|--------|---|--------|
| <b>12</b> | 10.601 | 637451    | 0.42   | 221915   | 0.39   | N,N'-Bis(2,6-dimethyl-6-nitrosohept-2-en-4-one)                   | 83.05  |
| <b>13</b> | 10.879 | 260376    | 0.17   | 82781    | 0.15   | 2,2,3,3,4,4-Hexamethyltetrahydrofuran                             | 83.05  |
| <b>14</b> | 12.702 | 26960182  | 17.65  | 8055261  | 14.30  | 2,5-Heptadien-4-one, 2,6-dimethyl-                                | 123.10 |
| <b>15</b> | 15.169 | 428403    | 0.28   | 143530   | 0.25   | 5,6-Dihydroxy-5-isopropyl-6-methyl-hept-3-en-2-one                | 59.00  |
| <b>16</b> | 16.103 | 14518742  | 9.50   | 4590657  | 8.15   | 2-Butynoic acid, 4-[(tetrahydro-2H-pyran-2-yl)oxy]-, methyl ester | 83.05  |
| <b>17</b> | 17.993 | 1318167   | 0.86   | 443467   | 0.79   | 1-Tetradecene   | 41.05  |
| <b>18</b> | 19.656 | 1254811   | 0.82   | 401909   | 0.71   | Ethoxycitronellal   | 87.10  |
| <b>19</b> | 20.603 | 615849    | 0.40   | 175263   | 0.31   | 2-Propanone, 1-(3,5,5-trimethyl-2-cyclohexen-1-ylidene)-, (Z)-    | 163.15 |
| <b>20</b> | 22.874 | 1115185   | 0.73   | 371145   | 0.66   | 1-Nonadecene  | 43.05  |
| <b>21</b> | 24.799 | 598269    | 0.39   | 200724   | 0.36   | Phénol, 2,4-bis(1,1-diméthylethyl)-                               | 191.05 |
| <b>22</b> | 27.283 | 438472    | 0.29   | 159550   | 0.28   | 1-Nonadecene  | 43.05  |
| <b>23</b> | 31.823 | 1898083   | 1.24   | 327813   | 0.58   | 8-Octadecenoic acid, methyl ester                                 | 55.05  |
| <b>24</b> | 34.647 | 398021    | 0.26   | 131214   | 0.23   | 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-                           | 55.05  |
|           |        | 152754516 | 100.00 | 56319540 | 100.00 |   |        |

## Résumé :

Cette étude c'est focalisée sur l'évaluation du taux des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le foie et la chair du rouget de vase de la baie de Bousmail. La récolte des échantillons est effectuée par un rai de chalutier.

L'analyse des hydrocarbures aromatique polycycliques présents dans le rouget barbet par CG-MS montre une présence des faibles concentrations de deux Hydrocarbures aromatiques polycycliques (Naphtalène et Benzène) et la présence de trois autres composés aromatiques qui sont : Cyclopentene, Cyclohexane et le phénol.

Mots clés : hydrocarbures aromatique polycycliques ; Bousmail ; rouget barbet.

## Summary :

This study focused on evaluating the level of polycyclic aromatic hydrocarbons in the liver and flesh of red mullet from Bousmail Bay. The samples are collected by a trawler beam. Analysis of the polycyclic aromatic hydrocarbons present in red mullet by CG-MS shows the presence of low concentrations of two polycyclic aromatic hydrocarbons (Naphthalene and Benzene) and the presence of three other aromatic compounds which are: Cyclopentene, Cyclohexane and phenol.

Keywords : polycyclic aromatic hydrocarbons ; Bousmail ; red mullet.

## ملخص :

ركزت هذه الدراسة على تقييم مستوى الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات في الكبد ولحم البوري الأحمر من خليج بوسماعيل. تم جمع العينات بواسطة قبطان سفينة صيد. اظهر تحليل الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات الموجودة في سمك البوري الأحمر بواسطة تقنية CG-MS وجود تركيزات منخفضة من اثنين من الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (النفثالين والبنزين) ووجود ثلاثة مركبات عطرية أخرى وهي: السيكلوبنتين والسيكلوهكسان والفينول.

الكلمات المفتاحية : الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ; بوسماعيل ; سمك البوري الأحمر.