



## Mémoire de Master

Présenté par :

- **HAMLAOUI Souad**
- **RADJI Kahina**

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie*

*Spécialité : Analyses Chimiques*

**Thème :**

***Evaluation de la pollution générée par les terminaux  
territoires de Bejaia***

Soutenu le : 29 / 06/ 2016

Devant le jury composé de :

| Nom&Prénom          | Département d'affiliation | Qualité   |
|---------------------|---------------------------|-----------|
| BOUKERROUI A. Hamid | Chimie                    | Président |
| AIT BRAHAM Laila    | Chimie                    | Examineur |
| BOUROUNA Mustapha   | Chimie                    | Encadreur |

2015-2016

# Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la détermination et la volonté pour mener à terme ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur de mémoire Mr BOUROUINA Mustapha, qui nous a énormément apporté d'aides lors de nos rencontres tout au long de cette année et pour l'encadrement de ce travail, sa disponibilité, ses conseils et surtout ses critiques qui nous ont permis d'avancer dans nos recherches.

Nous remercions particulièrement monsieur OURABAH Khaled, notre encadreur au CRD (Boumerdes), qui nous a suivis, conseillé et soutenu tout au long de notre stage pratique. Nous avons réellement apprécié son implication personnelle et son intérêt pour notre travail qui nous a prêté des documents et des ouvrages qui nous ont aidés dans notre analyse pratique.

Nous remercions également les membres de jurés pour avoir accepté de juger ce mémoire.

Nous remercions le chef de département HSE de la SONATRACH de Bejaia, Mr ALLOUT Hachemi et chef de département environnement de CRD de Boumerdes Mr ZERIRI Djamel qui nous a permis d'établir notre stage au sein de son laboratoire.

Un grand merci à Mr ZENATI Rahim pour leur relecture de ce mémoire.

Nous tenons sincèrement à remercier Mr MANSER Madjid, Mr BEZEGHICHE Brahim, et Mme KHAN Fariel qui nous ont porté de l'aide à la réalisation de ce travail nous remercions enfin tout notre entourage et en particulier les personnes qui nous ont aidés à différents niveaux.

**Ce travail n'aurait pas pu être réalisé sans toutes ces personnes, leur intérêt et leur implication et nous espérons qu'il sera à la hauteur de leurs attentes.**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail  
A mon cher père  
Qui m'a toujours encouragé et motivé dans mes études  
A ma chère mère  
Pour toute l'affection et l'amour qu'elle m'a toujours offert  
A mes chers frères sœurs qui m'ont toujours souhaité le meilleur  
Am mon cher fiancé Omar et toute sa famille  
A mes amis et surtout à mon binôme Souad  
A tous ceux que j'aime  
Et  
Tous ceux qui m'aiment*

*Kahina*

*Je dédie ce travail  
A ma chère mère  
Pour toute l'affection et l'amour qu'elle m'a toujours offerts  
A mon cher père  
Qui a beaucoup sacrifié pour me faire réussir  
A mes chers frères et sœurs qui m'ont toujours souhaité le meilleur  
A mes amis et surtout mon cher binôme Kahina  
A tous ceux que j'aime  
Et  
Tous ceux qui m'aiment*

*Souad*

# SOMMAIRE

## La partie théorique

List d'abréviation

Liste des tableaux

Liste de figure

## INTRODUCTION

### Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux

Introduction

|   |    |
|---|----|
| I. Définition de la pollution.....                                    | 3  |
| - I.1. Les différents types de pollution par les rejets liquides..... | 3  |
| - Pollution organique.....  | 4  |
| - Pollution microbiologique.....                                      | 4  |
| - Pollution par les hydrocarbures.....                                | 4  |
| - Pollution minérale.....   | 4  |
| - Pollution chimique.....   | 4  |
| II. La pollution générée par les métaux lourds.....                   | 5  |
| II.1. Définition des métaux lourds.....                               | 5  |
| II.2. Caractéristique physico-chimique des métaux étudiés.....        | 5  |
| II.2.1. Caractéristiques physiques.....                               | 6  |
| II.2.2. Caractéristiques chimiques.....                               | 7  |
| II.3. L'impact des métaux lourds sur la santé et l'environnement..... | 8  |
| - Le Chrome: Cr.....  | 8  |
| - Le Plomb : Pb.....  | 9  |
| - Le Cadmium: Cd.....   | 10 |
| - Le Nickel : Ni.....   | 11 |
| - Le Manganèse : Mn.....  | 11 |
| - Le Fer: Fe.....   | 12 |
| - Le Zinc: Zn.....  | 13 |
| - Le cuivre: Cu.....  | 14 |
| III. La pollution générée par des hydrocarbures.....                  | 15 |

|   |    |
|---|----|
| III.1. Définition des hydrocarbures.....                              | 15 |
| III.2. Principales sources d'hydrocarbure.....                        | 16 |
| III.3. Caractéristiques physique des hydrocarbures.....               | 16 |
| - Températures de changement d'état.....                              | 17 |
| - Densité du pétrole : le degré API.....                              | 17 |
| - Viscosité.....  | 17 |
| - Chaleur de combustion.....  | 17 |
| III.4. Impacte des hydrocarbures sur la santé et l'environnement..... | 18 |

## **Chapitre II : Techniques d'analyses**

### Introduction

|   |    |
|---|----|
| I. La spectroscopie d'absorption atomique (SAA).....            | 19 |
| I.1. Principe de la SAA.....                                    | 19 |
| I.2. Application de la spectroscopie d'absorption atomique..... | 20 |
| I.3. Dosages par absorption atomique.....                       | 20 |
| I.4. Instrumentation de base en Absorption Atomique.....        | 20 |
| - Source.....   | 21 |
| - Dispositifs thermiques pour obtenir des gaz atomiques.....    | 21 |
| - Monochromateur.....   | 22 |
| - Détecteurs.....   | 22 |
| I.5. Les interférences de la SAA.....                           | 23 |
| - Interférences spectrales.....                                 | 23 |
| - Interférences chimiques.....                                  | 23 |
| - Interférences physiques.....                                  | 23 |
| I.6. La correction des interférences.....                       | 23 |
| - Correction des interférences spectrales.....                  | 24 |
| - Correcteur par effet Zeeman.....                              | 24 |
| - Correction des interférences physiques.....                   | 24 |
| - Correction des interférences chimiques.....                   | 25 |
| II. La chromatographie en phase gazeuse CPG.....                | 25 |
| II.1. Principe et instrumentation de base de la CPG.....        | 25 |
| II.2. Gaz vecteur.....  | 26 |
| II.3. Les colonnes.....   | 27 |

|   |    |
|---|----|
| - Les colonnes capillaires.....                             | 27 |
| II.4. Détecteur à ionisation de flamme (FID).....           | 28 |
| III. spectrophotométrie.....                                | 28 |
| III.1. Principe de fonctionnement du spectrophotomètre..... | 29 |

## **La partie pratique**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Matériels et produits utilisés..... | 30 |
|-------------------------------------|----|

### **Chapitre III : Matériels et méthodes**

#### Introduction

|   |    |
|---|----|
| I. Présentation de la zone d'étude.....                                     | 32 |
| II. Mode de prélèvement des échantillons.....                               | 34 |
| II.1. Prélèvement des échantillons d'eau.....                               | 34 |
| II.2. Prélèvement des échantillons de sédiment.....                         | 34 |
| III. Préparation des échantillons pour l'extraction des métaux lourds ..... | 35 |
| III.1. Pour l'eau.....  | 35 |
| III.2. Pour sédiments.....  | 35 |
| IV. Lixiviation.....  | 36 |
| V. Mesure des paramètres physico-chimiques.....                             | 36 |
| V.1. Mesure de pH.....  | 36 |
| V.2. Mesure de conductivité.....  | 37 |
| V.3. Détermination de la Turbidité.....                                     | 37 |
| VI. Dosage des indicateurs de pollutions .....                              | 38 |
| VI.1. Dosage du phosphore.....  | 38 |
| VI.2. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO.....              | 38 |
| VI.3. Dosage du nitrite.....  | 39 |
| VI.4. Dosage du nitrate.....  | 40 |
| VI.5. Détermination des matières en suspension MES dans l'eau.....          | 40 |
| VII. Dosage des métaux lourds.....  | 41 |
| VIII. Détermination de l'indice d'hydrocarbures.....                        | 42 |
| VIII.1. Préparation des réactifs.....                                       | 42 |
| VIII.2. Dosage des hydrocarbures.....                                       | 43 |
| VIII.2. Etapes de dosage des HCT.....                                       | 43 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| - Extraction.....          | 43 |
| - Purification.....        | 43 |
| - Concentration.....       | 43 |
| - Analyse par CPG/FID..... | 44 |

## **Chapitre IV : Résultats et discussions**

### Introduction

|  |    |
|--|----|
| I. Les paramètres physico-chimiques.....   | 46 |
| - Température.....   | 47 |
| - pH.....  | 47 |
| - Conductivité électrique.....   | 47 |
| - La turbidité.....  | 48 |
| II. Les paramètres de pollution.....   | 48 |
| - Demande Chimique en Oxygène (DCO).....   | 49 |
| - Les nitrates $\text{NO}_3^-$ .....   | 49 |
| - Les nitrites $\text{NO}_2^-$ .....   | 50 |
| - Les phosphates $\text{PO}_4^{3-}\text{P}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ et $\text{P}_2\text{O}_5$ ..... | 50 |
| - Matières en suspension MES.....  | 50 |
| III. Les métaux lourds.....  | 51 |
| IV. Les hydrocarbures.....   | 52 |
| V. Interprétation des résultats.....   | 53 |

## CONCLUSION

### Référence bibliographique

### Annexes

# Liste d'aberviations

**AFNOR** : Agence Francaise de la Normalisation.

**API**: American Petroleum Institute.

**CC**: Cathode Creuse.

**CPG**: Chromatographie en Phase Gazeuse.

**CRD**:Centre de Recherche et Développement

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**ETM** : Eléments Traces Métalliques.

**FAU**:Formazine Attenuation Unit

**FID**: Détecteur à Ionisation a Flamme.

**HCT** : Hydrocarbure Totaux.

**JORAD**: Journal Officiel de la République Algérienne.

**LQ** : Limite de Quantification

**MES** : Matieres En Suspension.

**OES**: Optical Emission Spectroscopy.

**OMS**: Organisation Mondiale de la Santé

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

**PM** : Point Moléculaire.

**POPs** : Polluants Organiques Persistants.

**SAA** : Spectrométrie d'Absorption Atomique.

**SEF** : Spectrométrie d'Emission de Flamme.

**SONATRACH**: Société National de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures

# Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure n°1</b> : Les diverses parties d'un appareil d'absorption atomique mono-faisceau..... | 21 |
| <b>Figure n°2</b> :Lampe à cathode creuse d'un modèle classique.....                            | 21 |
| <b>Figure n°3</b> :Brûleur d'un appareil d'absorption atomique.....                             | 22 |
| <b>Figure n°4</b> :Chromatographe en Phase Gazeuse.....   | 26 |
| <b>Figure n°5</b> : Une installation de CPG.....  | 26 |
| <b>Figure n°6</b> : Colonne capillaire.....   | 28 |
| <b>Figure n°7</b> : Principe de fonctionnement de spectrophotomètre.....                        | 29 |
| <b>Figure n° 8</b> : Cartographie du site industriel contaminant Oued Sghir.....                | 33 |
| <b>Figure n°9</b> :point de prélèvement oued Sghir de Bejaia.....                               | 33 |
| <b>Figure n°10</b> : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau.....                   | 47 |
| <b>Figure n°11</b> : Résultats du paramètre physico-chimique de sédiments.....                  | 48 |
| <b>Figure n°12</b> : Résultats des paramètres de pollution pour l'eau.....                      | 50 |
| <b>Figure n°13</b> : Résultats des paramètres de pollution de sédiments.....                    | 50 |
| <b>Figure n°14</b> : Résultats de dosage des métaux lourds pour l'eau.....                      | 53 |
| <b>Figure n°15</b> : Résultats de dosage des métaux lourds de sédiments.....                    | 54 |
| <b>Figure n°16</b> : Résultats des teneurs en hydrocarbure de l'eau et sédiments.....           | 57 |

# Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau n°1</b> : Les caractéristiques physiques des métaux lourds étudiés.....                   | 5  |
| <b>Tableau n°2</b> : Les caractéristiques chimiques des métaux lourds étudiés .....                  | 6  |
| <b>Tableau n°3</b> : La technique utilisée pour la préparation des sédiments.....                    | 35 |
| <b>Tableau n°4</b> : Les fréquences et les longueurs d'ondes spécifiques de chaque métal étudié..... | 41 |
| <b>Tableau n°4</b> : Les conditions de travail par la CPG dans CRD.....                              | 44 |
| <b>Tableau n°5</b> : Les résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques de l'eau.....       | 46 |
| <b>Tableau n°6</b> : Les résultats obtenus pour les paramètres physico-chimiques des sédiments....   | 47 |
| <b>Tableau n°7</b> : Les résultats obtenus pour différents paramètres de pollution de l'eau.....     | 48 |
| <b>Tableau n°8</b> : Les résultats obtenus pour différents paramètres de pollution des sédiments...  | 49 |
| <b>Tableau n°9</b> : Les résultats obtenus pour le dosage des ETM dans l'eau.....                    | 51 |
| <b>Tableau n°10</b> : Les résultats obtenus pour le dosage des ETM dans les sédiments.....           | 51 |
| <b>Tableau n°11</b> : Les résultats d'analyse de l'indice d'hydrocarbure.....                        | 52 |

# Introduction

L'eau, source de vie et de développement, compte parmi les richesses naturelles les plus précieuses et indispensable pour le développement sociale et économique des pays.

L'eau est grandement utilisée par les industries, aussi bien dans des procédés de fabrication, pour chauffer ou refroidir des installations que dans des opérations de lavage qui génèrent des rejets sources de pollution. Celle-ci varie considérablement en fonction du type d'activité industrielle. La pollution peut être de type particulière, dissoute ou thermique, sous forme de matières organiques, des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des hydrocarbures ou des micropolluants. Toutes ces pollutions d'origine industrielle peuvent avoir de très graves conséquences sur les animaux et les végétaux. En effet elles peuvent entraîner jusqu'à l'extinction de certaines espèces

Bejaia compte parmi les villes les plus exposées à ce genre de pollution, en raison de la présence de nombreuses et diverses industries qui font appel à des quantités d'eau de plus en plus considérables. Cependant, les produits pétroliers sont l'une des causes de la pollution des eaux.

L'impact de la pollution par les hydrocarbures et les métaux lourds sur l'environnement est frappant et très visible sur les plages les roches souillées en bord de mer inquiètent le public. Les effets sur la faune et la flore sont préjudiciables car ils sont souvent irréversibles.

Bien que bon nombre d'études aient été consacrées à cette problématique, les résultats fournis par divers critères sont souvent difficilement interprétables, car ils sont été obtenus par des méthodes différentes et qui portent sur des produits mal définis. Le besoin se fait sentir pour une étude systématique basée sur une méthodologie parfaitement définie sectionné parmi les techniques existantes.

Une bonne connaissance des caractéristiques physico-chimiques de l'eau est indispensable car on veut entreprendre une estimation fiable et objective des conséquences de l'activité humaine sur ce milieu.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui consiste en la détermination du degré de pollution par l'hydrocarbure et les métaux lourds au niveau d'oued Sghir de Bejaia.

Ce document est structuré en quatre chapitres. Le premier représente des généralités sur la pollution des eaux industrielles générées par les hydrocarbures et métaux lourds, à savoir l'origine, le type de la pollution, les propriétés physico-chimiques des hydrocarbures et métaux lourds et sa toxicité dans le milieu marin.

Le second chapitre traite des différentes techniques d'analyses que nous avons appliquées durant notre investigation, parmi lesquelles, la Chromatographie en Phase Gazeuse, la Spectroscopie d'Absorption Atomique et la spectrophotométrie.

Le troisième chapitre est axé sur la méthodologie de travail, à savoir la présentation du site et les méthodes de travail adoptées.

Enfin, le quatrième et dernier chapitre est consacré aux résultats et discussions, suivis d'une conclusion générale.

L'eau est impliquée dans toutes les grandes activités industrielles. Elle entre en contact avec des matières premières minérales ou organiques, qu'elle dissout ou entraîne avec elle. Ce sont les raisons pour lesquelles chaque activité industrielle engendre des rejets polluants, reversés très souvent directement dans l'eau ou dans le sol.

Il existe de très nombreux polluants, qui diffèrent par leur origine (minérale, organique, industrielle, etc.), par leur taille (micropolluants ou macro-polluants), selon le milieu qu'ils affectent (l'atmosphère, les sols, l'eau). On distingue aussi les polluants primaires, directement produits par les activités humaines ou les sources naturelles (oxydes de carbone, d'azote, hydrocarbures, métaux lourds...), et les polluants secondaires, qui résultent de la transformation des premiers par une réaction chimique (ozone, dioxyde d'azote, acide nitrique) [1].

Nous nous intéresserons aux rejets liquides transportés par l'eau, appelés couramment les eaux résiduaires industrielles transportant en général divers produits hautement toxiques (hydrocarbures, métaux lourds,...) avec des taux souvent très élevés.

## **I. Définition de la pollution**

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu.

Nous avons entre autres: la pollution de l'air provoquée par des polluants dits atmosphériques; la pollution du sol souvent d'origine industrielle ou agricole (l'utilisation des engrais), et la pollution de l'eau qui peut résulter de la contamination des eaux usées par les métaux lourds, des rejets des produits d'hydrocarbures [2].

### **I.1. Les différents types de pollution par les rejets liquides**

Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du process industriel.

Selon des activités industrielles, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses telles que : les matières organiques, les hydrocarbures, les métaux lourds, les acides, Etc.

On peut citer plusieurs types de pollution :

➤ **Pollution organique**

La pollution organique est la plus répandue. Elle peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'autoépuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite, la respiration de divers organismes aquatiques prend la marche sur la production d'oxygène.

➤ **Pollution microbiologique**

La pollution microbiologique se développe conjointement à la pollution organique par une prolifération de germes d'origines humaines ou animales dont certains sont éminemment pathogènes.

➤ **Pollution par les hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables. Leur densité inférieure à celle de l'eau les fait surnager et leurs vitesse de propagation dans le sol est de 5 à 7 fois supérieure à celle de l'eau. Ils constituent un redoutable danger pour les nappes aquifères, alors qu'en surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère.

➤ **Pollution minérale**

La pollution minérale due essentiellement aux rejets industriels modifie la composition minérale de l'eau. Si certains éléments sont naturellement présents et sont indispensables au développement de la vie ; un déséquilibre de ces mêmes éléments provoque le dérèglement de la croissance végétale ou des troubles physiologiques chez les animaux.

D'autres comme les métaux lourds, hautement toxiques, ont la fâcheuse propriété de s'accumuler dans certains tissus vivants et constituent une pollution différée pour les espèces situées en fin de la chaîne alimentaire.

➤ **Pollution chimique**

La pollution chimique génère des pollutions souvent dramatiques pour les écosystèmes par leur concentration dans le milieu naturel à certaines époques de l'année.

Parmi les polluants chimiques, on distingue : les métaux lourds, les pesticides et les détergents. Ils comprennent, en particulier, le plomb, le mercure, le cadmium qui sont les plus dangereux en plus d'autres métaux lourds [3].

## II. La pollution générée par les métaux lourds

### II.1. Définition des métaux lourds :

Les métaux lourds sont les éléments les plus nocifs dans les eaux résiduaires, notamment dans les boues où ils sont accumulés pendant les différentes phases de l'épuration. Leur origine est, avant tout, industrielle, mais aussi diffuse (corrosion des tuyauteries). Les métaux les plus fréquemment retrouvés dans les eaux résiduaires sont le fer, l'aluminium, le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure et le nickel [4].

D'un point de vue purement chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux.

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou, dans certains cas, métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$ .

D'un point de vue biologique, on en distingue deux types, en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques [5].

Les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5.
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium ( $Z=11$ ).
- Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques [6].

## II.2. caractéristique physico-chimique des métaux étudiés

### a- Les caractéristiques physiques

Le tableau ci- après résume les caractéristiques physico-chimiques des huit métaux étudiés.

**Tableau n°1** : Les caractéristiques physiques des métaux lourds étudiés [7].

| <b>Elément métallique</b>                  | <b>Zn</b> | <b>Fe</b>     | <b>Cd</b>      | <b>Pb</b> | <b>Cu</b>  | <b>Ni</b>     | <b>Cr</b>     | <b>Mn</b>     |
|--|-----------|---------------|----------------|-----------|------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Caractérisations</b>                    |           |               |                |           |            |               |               |               |
| <b>Numéro atomique</b>                     | 30        | 26            | 48             | 82        | 29         | 28            | 24            | 25            |
| <b>Masse atomique (g.mol<sup>-1</sup>)</b> | 65,38     | 55,85         | 112,1          | 207,2     | 63,65      | 58,7          | 51,9          | 54,9          |
| <b>La densité (g.cm<sup>-3</sup>)</b>      | 7,14      | 7,86          | 8,65           | 11,34     | 8,92       | 8,9           | 7,15          | 7,43          |
| <b>Point d'ébullition (C°)</b>             | 907       | 2750          | 765            | 1740      | 2567       | 2732          | 2671          | 1962          |
| <b>La couleur</b>                          | Bleuâtre  | Blanc argenté | Blanc Brillant | Gris bleu | Rouge brun | Blanc argenté | Blanc argenté | Blanc argenté |

### b- Caractéristiques chimiques :

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques chimiques des métaux étudiés.

Tableau n°2 : les différentes propriétés chimiques des métaux lourds étudiés [7].

| Elément métalliques | Caractérisations chimiques   |
|---------------------|--|
| <b>Zn</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Le Zinc est moyennement réactif, se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux.</li> <li>✓ Il réagit avec des acides dilués.</li> <li>✓ L'état d'oxydation le plus connu est <math>Zn^{+2}</math>.</li> </ul>  |
| <b>Fe</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Métal gris de structure cristalline.</li> <li>✓ Malléable, ductile et perméable au champ magnétique.</li> <li>✓ Le Fer est insoluble dans l'eau et les bases. Il est soluble dans les acides.</li> </ul>  |
| <b>Cd</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Il est très malléable et ductile.</li> <li>✓ C'est un métal relativement rare.</li> <li>✓ Il a une bonne résistance à la corrosion.</li> </ul>  |
| <b>Pb</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Il se trouve sous forme de sulfure, de carbonate, de sulfate, plus rarement de chromate ou de molybdate.</li> <li>✓ Le plomb possède quatre isotopes naturels non radioactifs.</li> <li>✓ C'est un mauvais conducteur de l'électricité.</li> <li>✓ Il peut donner naissance à des ions bivalents ou des ions trivalents.</li> </ul> |
| <b>Cu</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ C'est un bon conducteur de la chaleur et de l'électricité.</li> <li>✓ Il est présent dans la nature sous forme de sulfure, dans les roches basaltiques et dans les schistes.</li> </ul>   |
| <b>Ni</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Il est dur, malléable.</li> <li>✓ Le Nickel est peu réactif car il s'oxyde rapidement.</li> <li>✓ Il est utilisé comme catalyseur dans les réactions d'hydrogénation.</li> <li>✓ L'ion le plus répandu est <math>Ni^{+2}</math> de couleur verte.</li> </ul>  |
| <b>Cr</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ C'est un métal dur.</li> <li>✓ Il résiste à la corrosion et au ternissement.</li> <li>✓ Il fait partie de la série des métaux de transition.</li> <li>✓ Le Cr dans son état d'oxydation est de <math>Cr^{+2}</math> est un réducteur.</li> </ul>  |
| <b>Mn</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ C'est un métal de transition.</li> <li>✓ C'est un métal dur et fragile.</li> <li>✓ Il s'oxyde facilement.</li> </ul>  |

## II.4.L'impact des métaux lourds sur la santé et l'environnement

### II.4.1. Le Chrome: Cr

#### Impact sur la santé

On peut être exposé au chrome en respirant, en mangeant, en buvant ou par contact de la peau avec du chrome ou des composés chromés. Le niveau de chrome dans l'air et dans l'eau est en général faible.

En grande quantité, le chrome est dangereux pour la santé, principalement pour les personnes travaillant dans l'industrie de l'acier et du textile.

Le chrome peut avoir les conséquences suivantes :

- Eruptions cutanées.
- problèmes respiratoires.
- Dommages au foie et aux reins.
- Cancer des poumons.
- La mort.

#### Impact sur l'environnement

Il y a plusieurs types de chrome qui n'ont pas tous les mêmes effets sur les organismes. Le chrome pénètre dans l'air, l'eau et le sol sous les formes chrome (III) et chrome (VI) lors des processus naturels et du fait de l'activité humaine.

Dans l'eau, le chrome est absorbé sur les sédiments et devient immobile, seule une petite partie du chrome qui se retrouve dans l'eau finit par se dissoudre.

Le chrome n'est pas connu pour s'accumuler dans le corps des poissons, mais des concentrations élevées en chrome, du fait du rejet de produits en métal dans les eaux de surface peut endommager les ouïes des poissons nageant dans des eaux proches du point de rejet [8].

## II.4.2. Le Plomb : Pb

### Impact sur la santé

Le plomb est l'un des quatre métaux les plus nocifs pour la santé et qui peut se dissoudre dans l'eau (potable) lors de la corrosion des tuyaux. Ce phénomène est plus susceptible de se dérouler lorsque l'eau est légèrement acide. C'est pourquoi les systèmes municipaux de traitement de l'eau doivent maintenant effectuer un ajustement du pH de l'eau pour les eaux destinées à la consommation.

Pour ce que l'on en sait, le plomb n'effectue aucune fonction essentielle dans le corps humain, il a seulement des effets nocifs.

Le plomb peut avoir plusieurs effets indésirables, tels que:

- Perturbation de la biosynthèse de l'hémoglobine et anémie.
- Problèmes aux reins.
- Fausses couches.
- Perturbation du système nerveux.
- Capacités d'apprentissage des enfants diminuées.

### Impact sur l'environnement

Le plomb est présent naturellement dans l'environnement. Cependant, la plupart des concentrations en plomb que l'on trouve dans l'environnement sont le résultat des activités humaines. A cause de l'utilisation de plomb dans l'essence, un cycle non naturel de plomb a été créé. Le plomb est brûlé dans les moteurs des voitures, ce qui crée des sels de plomb.

Les grosses particules retombent au sol immédiatement et polluent les sols ou les eaux de surface, les petites particules parcourent de longues distances dans l'air et restent dans l'atmosphère. Une partie de ce plomb retombe sur terre lorsqu'il pleut. Ce fait, la pollution au plomb est un problème mondial.

Le plomb s'accumule dans le corps des organismes aquatiques et ceux du sol. Ils souffrent des conséquences d'un empoisonnement au plomb.

Le plomb est un produit chimique particulièrement dangereux car il peut s'accumuler dans des organismes individuels, mais aussi dans la chaîne alimentaire toute entière [9].

### II.4.3. Le Cadmium: Cd

#### Impact sur la santé

On peut trouver principalement le cadmium dans la croûte terrestre. Il est toujours présent en combinaison avec du zinc. On le trouve dans les pesticides et les engrais, il peut donc pénétrer dans l'environnement par le sol.

Les aliments qui sont riches en cadmium peuvent augmenter de façon importante les concentrations en cadmium du corps humains. Les fumées de tabac transportent le cadmium dans les poumons.

Le cadmium est d'abord transporté jusqu'au foie par le sang. Là, il se lie aux protéines pour former des complexes qui sont transportés jusqu'aux reins, le cadmium s'accumule dans les reins, où il endommage les mécanismes de filtration.

Quand on respire du cadmium, cela peut sérieusement endommager les poumons, Cela peut même entraîner la mort (les personnes qui travaillent dans l'industrie du raffinage des métaux).

Les autres problèmes provoqués par le cadmium sont:

- Fracture des os.
- Problèmes au niveau système nerveux central.
- Désordre psychologique.
- Probable altération de l'ADN ou développement de cancer.

#### Impact sur l'environnement

Une grande quantité de cadmium est libérée dans l'environnement de façon naturelle. Environ 25 000 tonnes de cadmium sont libérées par an.

Le cadmium peut être transporté sur de longues distances lorsqu'il est absorbé par les boues. Ces boues riches en cadmium peuvent polluer aussi bien les eaux de surface que les sols.

Quand le cadmium est présent dans les sols cela peut être extrêmement dangereux, car la consommation par l'intermédiaire de la nourriture va augmenter. Les sols acidifiés amplifient la consommation de cadmium par les plantes. C'est un danger potentiel pour les animaux qui dépendent des plantes pour survivre. Le cadmium peut s'accumuler dans leur organisme.

Les organismes des eaux salées sont connus pour être plus résistants à l'empoisonnement au cadmium que les organismes d'eau douce [10].

#### **II.4.4. Le Nickel : Ni**

##### **Impact sur la santé**

Le nickel est un composé qui est présent dans l'environnement à des concentrations très faibles. L'homme utilise le nickel pour différentes applications, comme composants de l'acier ou d'autres produits métalliques.

L'homme peut être exposé au nickel en respirant, en buvant de l'eau, en consommant des aliments ou en fumant des cigarettes. En petites quantités, le nickel est essentiel mais une absorption trop importante, peut entraîner des conséquences néfastes sur la santé,

- Risque de développer un cancer des poumons, du larynx et de la prostate.
- Nausées, vomissements et vertige après une exposition au gaz.
- Echec de naissance.
- Problèmes cardiaques

##### **Impact sur l'environnement**

Relâché dans l'air par les centrales et les incinérateurs de déchets, le nickel se dépose sur les sols ou retombe après réaction avec l'eau de pluie et peut finir dans les eaux de surfaces quand il est présent dans les eaux usées.

La part la plus importante du nickel relâché dans l'environnement est adsorbée par les sédiments et les particules du sol et devient, par conséquent, immobile. Cependant, dans les sols acides, le nickel devient plus mobile et peut rejoindre les eaux souterraines.

On sait que des concentrations élevées en nickel dans des sols sablonneux peuvent endommager les plantes et, dans les eaux de surface, elles peuvent diminuer le taux de croissance des algues. Les micro-organismes peuvent aussi souffrir d'une diminution de croissance due à la présence de nickel [11].

#### **II.4.5. Le Manganèse : Mn**

##### **Impact sur la santé**

Le manganèse est un composé très commun que l'on peut trouver partout sur terre. Nécessaire à l'homme pour survivre mais, aussi toxique lorsque des concentrations trop

élevées sont présentes dans le corps humain où il est transporté par le sang jusqu'au foie, aux reins et au pancréas.

Le manganèse agit essentiellement au niveau du système respiratoire et du cerveau. Les symptômes d'un empoisonnement au manganèse sont des hallucinations (troubles de la mémoire et des problèmes nerveux).

Etant essentiel pour notre santé, une carence en manganèse entraîne aussi des conséquences:

- Coagulation du sang.
- Problèmes de peau.
- Augmentation du taux de cholestérol.
- Problèmes au niveau du squelette.

### **Impact sur l'environnement**

Le manganèse est présent naturellement dans l'environnement, sous forme solide dans le sol et sous forme de petites particules dans l'eau et dont les concentrations dans l'eau sont augmentées par l'activité industrielle.

Dans les plantes, les ions manganèses sont transportés jusqu'aux feuilles après avoir été prélevés dans le sol. Trop peu de manganèse peut être absorbé dans le sol, ce qui entraîne des perturbations dans les mécanismes de la plante, par exemple une perturbation de l'obtention d'oxygène et d'hydrogène à partir de l'eau. Les plantes peuvent souffrir de la toxicité du manganèse [12].

### **II.4.6. Le Fer: Fe**

#### **Impact sur la santé**

On peut trouver du fer dans la viande, les produits complets comme les pommes de terre et les légumes. Le corps humain absorbe le fer des produits animaux plus vite que le fer provenant des plantes.

Le fer est une part importante de l'hémoglobine: c'est l'agent colorant rouge du sang qui transporte l'oxygène dans notre corps.

Il peut causer des conjonctivites, des problèmes de rétines s'il est en contact et reste dans les tissus. Les fonctions des poumons ne sont pas affaiblies avec la sidérose. L'inhalation

de concentrations excessives d'oxyde de fer peut augmenter le risque de développement de cancer du poumon, particulièrement pour les ouvriers exposés.

### **Impact sur l'environnement**

Le *Fer (III)-O-arsénite*, penta-hydraté peut être dangereux pour l'environnement. Une attention particulière devrait être portée aux plantes, à l'air et à l'eau. C'est la raison pour laquelle il est fortement conseillé de ne pas laisser entrer le produit chimique dans l'environnement parce qu'il y persiste [13].

### **II.4.7. Le Zinc (Zn)**

#### **Impact sur la santé**

Très connue et très peu toxique, le zinc est une substance qui est présente naturellement. L'eau contient une certaine quantité de zinc qui peut atteindre des niveaux pouvant être à l'origine de problèmes de santé à cause des rejets industriels et des lieux de déchets toxiques.

En quantités importante, le zinc peut, néanmoins, provoquer des problèmes de santé importants, comme :

- Des crampes d'estomac.
- Des irritations de la peau.
- De l'anémie.
- Une exposition intensive au chlorure de zinc peut provoquer des désordres respiratoires.

#### **Impact sur l'environnement**

Le zinc est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol. La présence des concentrations en zinc de façon non naturelle influe négativement sur la faune et la flore.

L'eau est polluée en zinc du fait de la présence de grandes quantités dans les eaux usées industrielles.

Certains poissons peuvent en accumuler dans leur organisme s'ils vivent dans des eaux contaminées en zinc.

Sur un sol riche en zinc, seul un nombre limité de plantes a des chances de survivre. C'est pourquoi, diverses espèces de plantes ne poussent pas près des usines manipulant du zinc. La présence de zinc en concentration élevée est une sérieuse menace pour la production

des terres agricoles. Malgré le risque que cela représente, les engrais contenant du zinc sont toujours utilisés.

Enfin, le zinc peut interrompre l'activité du sol, car il exerce une influence négative sur celle des micro-organismes et les vers de terre [14].

#### **II.4.8. Le Cuivre: Cu**

##### **Impact sur la santé**

Le cuivre est une substance très commune qui est naturellement présente dans l'environnement et où elle est diffusée par des phénomènes naturels.

On peut trouver du cuivre dans beaucoup de type d'aliments, dans l'eau et dans l'air. Alors, on absorbe quotidiennement des quantités importantes de cuivre en mangeant, buvant et respirant. L'absorption de cuivre est nécessaire, car le cuivre est un élément essentiel pour la santé.

Dans l'environnement du lieu de travail, une contamination au cuivre peut provoquer un état proche de la grippe dite fièvre du fondeur, un état qui disparaît au bout de deux jours.

Une exposition au cuivre à long terme peut provoquer :

- Une irritation au nez, à la bouche et aux yeux.
- Des maux de tête.
- Des maux d'estomac.
- Des vomissements, des vertiges et des diarrhées.

Les prises intentionnelles de fortes doses de cuivre peuvent provoquer des dommages aux reins et au foie et peut même provoquer la mort. On n'a pas encore déterminé si le cuivre est cancérigène.

##### **Impact sur l'environnement**

Le cuivre peut être relâché dans l'environnement par des sources naturelles et par les activités humaines. Parmi les sources naturelles, on peut citer: les poussières soufflées par le vent, les feux de forêt. Quelques exemples d'activité humaine contribuant à la dispersion du cuivre: l'exploitation minière, la production de métaux, la production de bois et la production de fertilisants aux phosphates.

Dans les eaux de surface, le cuivre peut parcourir de longues distances, que ce soit suspendu sur des particules de boue ou comme ion libre.

Du fait de ses effets sur les plantes, le cuivre est une sérieuse menace pour la production des terres agricoles. Malgré cela, les engrais contenant du cuivre sont toujours utilisés.

Le cuivre peut interrompre l'activité du sol, car il influence de façon négative l'activité des micro-organismes et des vers de terre. La décomposition de la matière organique est sérieusement ralenti de ce fait.

Quand le sol des terres agricoles est pollué par du cuivre, les animaux absorbent des concentrations importantes leur causant des problèmes de santé [15].

### III. La pollution générée par des hydrocarbures

Les pétroles bruts sont d'une grande complexité et sont formés de trois grandes catégories de composés :

- les hydrocarbures saturés ou alcanes ;
- les hydrocarbures aromatiques ;

Les produits lourds (composés aromatiques à haut poids moléculaire contenant des hétéroatomes tels que soufre, oxygène ou azote) [4].

Les hydrocarbures pétroliers sont des polluants aux propriétés physiques, chimiques et toxiques variées. Les principales sources d'émission dans l'environnement sont produites par l'industrie pétrolière et par les effluents d'industries utilisant des produits pétroliers à l'intérieur de leurs procédés industriels. De plus, un entreposage inadéquat de ces produits, un déversement accidentel ou un lessivage par les eaux de précipitation sont autant de causes susceptibles d'entraîner une contamination ponctuelle par les hydrocarbures pétroliers [16].

La pollution 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 et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets largués par les navires de façon volontaire ou accidentelle (marées noires) [17].

#### III.1. Définition des hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés organiques à base de carbone et d'hydrogène provenant de la distillation du pétrole. Ils peuvent être linéaires (paraffines), ramifiés (iso-

paraffines), cycliques (naphtènes), aromatiques ou oléfiniques (contenant un ou plusieurs liens doubles) [18].

Les hydrocarbures pétroliers sont des polluants aux propriétés physiques, chimiques et toxiques variées. Les principales sources d'émission dans l'environnement sont produites par l'industrie pétrolière et par les effluents d'industries utilisant des produits pétroliers à l'intérieur de leurs procédés industriels [16].

Dans le cadre du présent travail, nous nous concentrerons sur l'étude des molécules d'hydrocarbures qui sont uniquement composées de carbone et d'hydrogène. Cette famille se subdivise en 6 groupes dont les cinq plus importants sont alcane, alcène, alcyne, cyclane et aromatique [19].

### III.2. Les principales sources d'hydrocarbure

Il est bien connu que la principale source actuelle d'hydrocarbure est le pétrole brut qui est un mélange complexe d'hydrocarbure. La seconde est le charbon dont l'importance était primordiale, autrefois, dans le domaine de l'énergie [20].

Le pétrole est toujours majoritairement constitué d'hydrocarbures, entre autres, les alcanes sont les composés prépondérants (jusqu'à plus de quarante atomes de carbone). On y trouve aussi des cyclanes, des aromatiques, des produits soufrés, azotés, oxygénés en quantités variables selon le gisement [19].

Les origines de leur présence dans les eaux sont multiples: rejets de produits pétroliers (garage, industrie pétrolière, navigation...), effluents des usines à gaz, fumées dont les particules sont entraînées par les eaux météoriques, etc [21].

### III.3. Les caractéristiques physiques des hydrocarbures

D'une manière générale, les caractéristiques d'un hydrocarbure étaient directement liées à la famille (groupe) à laquelle il appartient.

Le pétrole brut et le gaz naturel ont des compositions différentes. En effet, en fonction des caractéristiques des alcanes on constate que les composants  $C_1$  à  $C_4$  sont gazeux à l'état naturel alors qu'à partir du pentane les hydrocarbures sont liquides.

➤ **Températures de changement d'état**

La longueur de la chaîne carbonée influe sur les températures de fusion et d'ébullition. Ces températures de changement d'état croissent avec la longueur de la chaîne carbonée.

Nous avons vu qu'à température normale, avec cinq atomes de carbone, les alcanes de 5 à 16 atomes de C sont liquides; ce sont ceux-là que nous retrouverons dans les bacs de stockage.

➤ **Densité du pétrole : le degré API<sup>1</sup>**

La densité par rapport à l'air pour les alcanes gazeux ou par rapport à l'eau pour les alcanes liquides ou solides augmente également avec la longueur de la chaîne carbonée.

Le pétrole brut est classifié léger, moyen ou lourd, selon sa gravité ou densité, telle que mesurée sur l'échelle de l'American Petroleum Institute (API).

Le « degré API » est utilisé dans le système anglo-saxon pour mesurer la densité d'un pétrole, on précisant toujours la température.

- Degré API (T) =  $(141,5 / \text{Densité à T}) - 131,5$ .
- Densité (T) =  $141,5 / (131,5 + \text{API à T})$

La limite inférieure du pétrole conventionnel est généralement placée à 15°API. Le brut léger a une densité API supérieure à 31,1°, le brut moyen a une densité d'entre 22,3° et 31,1° et le pétrole lourd a une densité de moins de 22,3°.

➤ **Viscosité**

La viscosité des alcanes varie rapidement en fonction de leur nombre d'atomes de carbone ; lorsque le nombre d'atomes de carbone d'un alcane est supérieur à 16, il se solidifie à une température supérieure à 18°C.

➤ **Chaleur de combustion**

La chaleur de combustion des alcanes à N atomes de carbone est approximativement de  $658 N + 243$  kJ/mole.

Les premiers termes étant relativement plus riches en hydrogène, leur chaleur de combustion est un peu plus élevée.

---

<sup>1</sup>**Exemple** : Un liquide de densité de 1,00 à 15°C (H<sub>2</sub>O=1kg/litre) à une densité API de 10°API à 15°C. (Degré API =  $141,5/1 - 131,5 = 10^\circ\text{API}$ )

On montre par ailleurs, que le pouvoir calorifique, quantité de chaleur dégagée par la combustion de 1 kg d'alcane, tend vers une limite de 46 000 kJ/kg quand N augmente indéfiniment [19].

### III.4. Impact des hydrocarbures sur l'homme et l'environnement

Une fois le risque pour l'environnement avéré, on ne parle plus de contamination mais de pollution et de polluant [22].

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets Industriels.

Les hydrocarbures font partie de la famille des polluants organiques persistants qui sont des molécules ayant les propriétés toxiques, persistantes dans l'environnement, bio-accumulables et pouvant être transportées sur de longues distances [23].

Lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement, les constituants du produit pétrolier sont altérés par des mécanismes de biodégradation, d'évaporation, de lixiviation, etc. Ils présentent, à l'analyse, des chromatogrammes tout à fait différents de ceux des mélanges frais puisque les composés observés après la dégradation correspondent aux fractions les plus persistantes du mélange original [18].

Dans le cadre de l'approvisionnement en eau potable des agglomérations, les effets nocifs des hydrocarbures se manifestent aux niveaux:

- de la santé du consommateur.
- de la qualité gustative et olfactive de l'eau de consommation.
- de l'aspect esthétique de l'eau.
- du traitement de l'eau.

Du point de vue de la santé de l'homme, il est pratiquement impossible de boire par inadvertance, une eau contenant suffisamment d'hydrocarbures parce que des effets toxiques puissent se présenter. A des petites concentrations, le goût et l'odeur de l'eau sont déjà très prononcés. Par exemple, une huile minérale peut être détectée par certaines personnes au seuil de 1 mg/L. L'essence minérale confère à l'eau un goût et une odeur à partir de 0,005 mg/L [21].

La détection d'une espèce chimique ou biochimique ainsi que l'évaluation de sa quantité ou de sa concentration peuvent être effectuées soit à l'aide d'instruments d'analyse tels que les chromatographes, au moyen de divers spectromètres, soit à l'aide des capteurs.

Il est de ce fait nécessaire de faire une distinction aussi claire que possible entre ces deux moyens d'analyse sachant que ceux-ci sera inévitablement un peu caricaturale.

On peut dire des instruments d'analyse qu'ils sont généralement complexes, coûteux et souvent difficiles à mettre en œuvre. Ils sont aussi le plus souvent volumineux et tributaires de sources d'énergie relativement importantes, donc peu adaptés à l'analyse sur site. Ils sont enfin affligés de temps de réponse souvent très longs (préparation des échantillons, étalonnage, durée de l'analyse proprement dite, sortie des données...). En revanche, l'avantage capital, de ces instruments, est la possibilité d'obtenir une analyse complète du milieu.

Ce qui concerne les capteurs sont simple à utilisés, moins couteux de temps de réponse court, sont donc adaptés à l'analyse sur site.

Dans ce chapitre, nous présenterons les principales techniques d'analyse d'eau pour la détection des différents polluants.

## **I. La spectroscopie d'absorption atomique(SAA)**

### **I.1. Principe de la SAA**

La spectroscopie d'absorption atomique se base sur la propriété des atomes d'être excites suite à l'absorption d'une énergie extérieure sous forme d'un rayonnement électromagnétique.

La grandeur d'intérêt de mesure d'absorption atomique est la quantité de lalumière de longueur d'onde de résonance qui absorbée lorsqu'elle traverse un nuage d'atomes.La quantité de lumière absorbée augmente d'une façon prévisible lorsque le nombre des atomes augmente dans le trajet de son faisceau. On peut donc faire une détermination quantitative de la présence d'un élément en mesurant la quantité de lumière absorbée.Pour analyser individuellement un élément en présence des autres, on utilise une source lumineuse spécifique et en sélectionne la longueur d'onde appropriée [24].

## I.2. Application de la spectroscopie d'absorption atomique

La spectroscopie d'absorption atomique est une méthode sensible permettant l'analyse quantitative de plus de 60 éléments. Les raies de résonance des éléments non métalliques sont en général situées en dessous de 200nm, ce qui empêche leur dosage par le spectrophotomètre usuel [25].

## I.3. Dosages par absorption atomique

L'absorbance de l'élément dans la flamme dépend du nombre d'atomes  $N_0$  restés à l'état fondamental sur le trajet optique. On procède par des mesures comparatives avec des solutions d'étalonnage. L'absorbance s'exprime par la relation suivante :

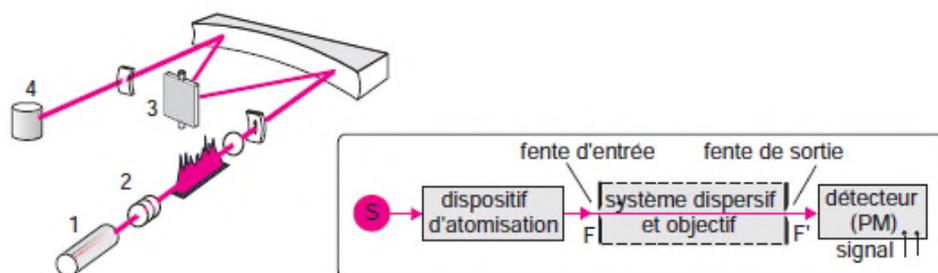
$$A = K.C$$

$A$  : absorbance,  $C$  : concentration de l'élément,  $K$  : coefficient propre à chaque élément pour la longueur d'onde choisie.

La comparaison s'arrête là avec la relation de B er et Lambert (on ne calcule pas le coefficient d'absorption). L'appareil affiche l'absorbance en faisant le rapport des intensités transmises en l'absence, puis en présence de l'échantillon. La linéarité n'est effective que pour les concentrations faibles [26].

## I.4. Instrumentation de base en Absorption Atomique

Le schéma optique d'un appareil d'absorption atomique, illustr e ici par un modèle de base de type mono-faisceau, comporte quatre parties principales.



**Figure n o 1** : Les diverses parties d'un appareil d'absorption atomique mono-faisceau.

**1** : source (lampe spectrale) ; **2** : flamme du bruleur ; **3** : monochromateur à réseau ;  
**4** : détecteur (photomultiplicateur).

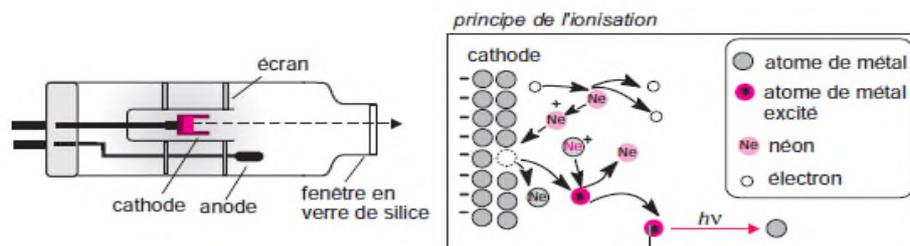
Le faisceau lumineux issu de la source (1) traverse la flamme (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique, avant d'être focalisé sur la fente d'entrée d'un monochromateur(3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde. Le trajet optique se termine sur la fenêtre d'entrée du détecteur (4)[26].

### ➤ Source

Deux principaux paramètres sont à considérer pour choisir une source lumineuse en absorption atomique : son intensité qui doit être la plus élevée possible et sa largeur de bande qui doit être la plus étroite possible [27].

#### • Lampes à cathode creuse CC

Sont les plus couramment rencontrées comme sources de rayonnement à spectre de raies. Ce sont des lampes à décharges utilisant l'argon ou le néon comme gaz de remplissage sous une pression de quelques centaines de Pascals.



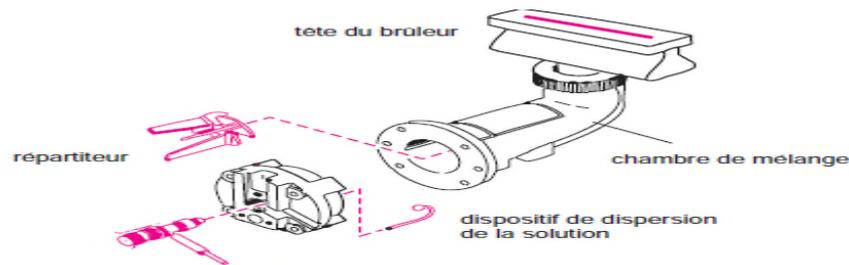
**Figure n°2:**Lampe à cathode creuse d'un modèle classique.

La cathode est un cylindre creux dont l'axe de révolution correspond à l'axe optique de la lampe d'une intensité de quelques milliampères. À droite, dans l'encadré, est représenté le schéma de l'excitation des atomes de la cathode sous l'impact des ions néon).

### ➤ Dispositifs thermiques pour obtenir des gaz atomiques

#### Atomisation par nébulisation dans une flamme :

La flamme est principalement caractérisée par sa réactivité chimique, sa température et son spectre, et n'est utilisée qu'une flamme appropriée à chaque élément. La réactivité chimique de la flamme n'étant pas homogène, il importe de régler la position du trajet optique de l'appareil[26].



**Figure n°3:** Brûleur d'un appareil d'absorption atomique.

### Atomisation électrothermique

Le dispositif précédent avec flamme et nébuliseur est remplacé par un four à graphite composé d'un tube en carbone graphite comportant une petite nacelle destinée à recevoir une quantité d'échantillon, de quelques mg ou mL, connue avec précision.

Le cycle de chauffage comporte généralement plusieurs étapes. Pour éviter toute perte par projections, on fait croître graduellement la température pour sécher puis décomposer et enfin atomiser l'échantillon. Dans cette dernière étape, la montée en température peut atteindre 2000 °C/s grâce à quoi l'échantillon est porté en 3 à 4 secondes à l'état de gaz atomique[25].

#### ➤ **Monochromateur**

Le rôle de monochromateur consiste à isoler la longueur d'onde de l'analyse tout en éliminant la lumière parasite. La sélection s'effectue généralement par un système dispersif de type réseau de diffraction mobile pour les systèmes mono éléments et une association réseau/prisme pour les systèmes multiéléments. Dans ce dernier cas, le faisceau est ensuite envoyé vers un détecteur multicanaux[27].

#### ➤ **Détecteurs**

La mesure de l'intensité lumineuse est généralement effectuée par un tube photomultiplicateur dans les systèmes mono élémentaires. Ces dispositifs sont remplacés par des détecteurs multicanaux de type barrettes de diodes dans les systèmes éléments qui permettent la mesure simultanée les intensités aux différentes longueurs d'onde des éléments analyses[27].

### I.5. Les interférences de la SAA

#### ➤ Interférences spectrales

Le dispositif à four graphite peut conduire à une émission parasite due aux parois du tube. Les composés de la matrice peuvent conduire également à des absorptions annexes.

On n'est donc jamais à l'abri de la superposition de deux radiations : celle choisie pour le dosage avec une raie secondaire appartenant à un autre élément. En absorption atomique, les confusions sont rares, mais il est quelquefois conseillé d'effectuer une seconde mesure en changeant la longueur d'onde. En émission atomique ce problème est fréquent, les spectres étant plus complexes[26].

#### ➤ Interférences chimiques

Quand on fait appel à l'absorption atomique pour rechercher des éléments à l'état de traces, il est important de tenir compte de la matrice dans laquelle ils sont présents. Il faut suivre des protocoles bien établis pour supprimer les interférences ioniques ou chimiques. À titre correctif, on introduit dans les solutions à doser des sels minéraux ou des réactifs organiques servant «d'agents libérateurs » [26].

#### ➤ Interférences physiques

Elles sont représentées principalement par les interférences dites de transport qui sont liées aux différences de viscosité entre la solution étalonnée et les échantillons et plus généralement aux propriétés physiques des solutions étudiées[27].

### I.6. La correction des interférences

La correction de fond est souvent nécessaire pour les éléments ayant des raies de résonance appartenant à la région ultraviolette lointaine est essentielle pour atteindre une grande précision dans la détermination des faibles concentrations d'éléments dans des matrices complexes.

➤ **Correction des interférences spectrales**

Les modèles utilisant ce mode de correction comportent une seconde source continue constituée par une lampe à deutérium. Les mesures reposent sur l'emploi d'un miroir tournant. On commence d'abord par régler le monochromateur sur la raie choisie pour le dosage de l'élément à évaluer. Quand la lampe à deutérium est sélectionnée, sachant quel échantillon est nébulisé dans la flamme, on évalue pratiquement le seul fond d'absorption car la bande passante est d'une centaine de fois plus large que la raie d'absorption choisie. Quand la lampe à cathode creuse est sélectionnée, on mesure cette fois l'absorbance totale (fond d'absorption et absorption de l'analyte). Les absorbances étant additives, la différence entre les deux mesures permet de connaître l'absorption due au seul élément [28].

➤ **Correcteur par effet Zeeman**

Pour corriger l'absorbance non spécifique, en particulier en absorption atomique électrothermique, l'utilisation de l'effet Zeeman est une solution valable pour ce problème. C'est le phénomène de décomposition des raies spectrales que l'on observe lorsqu'un rayonnement est émis ou absorbé par des atomes ou des molécules placés dans un champ magnétique. Les raies d'émission (ou d'absorption) du spectre sont « divisées » en multiplets à répartition symétrique par rapport à la fréquence de la raie pour laquelle le champ magnétique est nul.

Un champ magnétique modulé (à la fréquence de l'amplificateur de mesure) est appliqué à la source d'atomisation perpendiculairement au flux émis par la source d'émission (effet Zeeman inverse + effet Zeeman transversal). Le flux issu de la source d'atomisation est polarisé à l'aide d'un polariseur fixe. Le récepteur reçoit, en l'absence du champ, la radiation totale  $\lambda$  qui permet de mesurer l'absorbance totale, et lorsque le champ est établi, les radiations  $\sigma$  permettent de mesurer l'absorbance non spécifique [29].

➤ **Correction des interférences physiques**

Par vérification de la viscosité de la solution à analyser on s'assure de la similitude de composition (solvant, concentration en acide, teneur en sels...) entre les solutions d'étalonnage et d'échantillons.

Ne pas confondre la nébulisation des échantillons en solution organique aux étalons aqueux.

### ➤ Correction des interférences chimiques

Dans le cas d'une combinaison de l'atome, les remèdes généraux consistent à employer, soit des flammes plus réductrices ou plus chaudes, soit un correcteur d'interaction (le calcium est libéré par addition de lanthane). Pour éviter la formation des carbures dans le système sans flamme, on peut utiliser des fours avec revêtement pyrolytique ou les traiter à l'hydroxyde de tantale (ces traitements sont en particulier recommandés pour le dosage de l'étain).

On peut aussi faire l'économie de ces artifices qui permettent de supprimer les interactions de type chimique en soumettant l'échantillon à analyser à un traitement préliminaire: séparation sur résines, extraction par solvant,...etc.

Il existe un grand nombre de recettes pour modifier la matrice d'un échantillon, pour chaque cas sa solution[30].

## II. La chromatographie en phase gazeuse( CPG)

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une technique très répandue grâce à son extrême sensibilité, à sa polyvalence, à la rapidité de mise au point des analyses nouvelles et aux possibilités d'automatisation, qui augmentent encore plus son intérêt. La séparation sur la colonne se faisant sur des composés qui doivent être à l'état gazeux, l'analyse des liquides ou solides impose de pouvoir les transformer à l'état de vapeur par chauffage [27].

### II.1 Principe et instrumentation de base de la CPG.

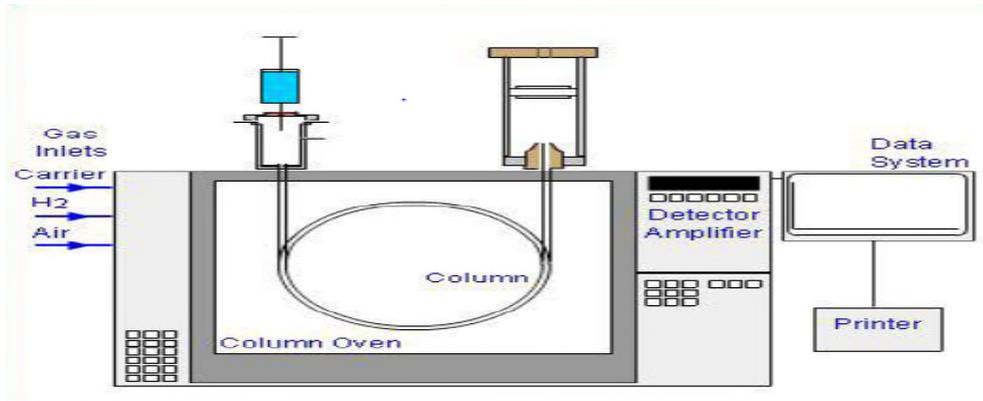
La chromatographie en phase gazeuse ou CPG s'applique à des échantillons gazeux ou susceptibles d'être volatilisés par élévation de la température.

Cette technique s'applique donc aux molécules de bas poids moléculaires (PM < 500 g/mol) et aux composés stables avec la température.

Dans cette technique chromatographique :

- la phase stationnaire est soit un liquide soit un solide.
- la phase mobile est un gaz qui balaie en permanence la colonne et qui est encore appelé gaz vecteur.

Un appareil de CPG comprend différents modules : une source de gaz, une chambre d'injection, un four dans lequel est placée une colonne, un détecteur et un système d'acquisition des données [26].

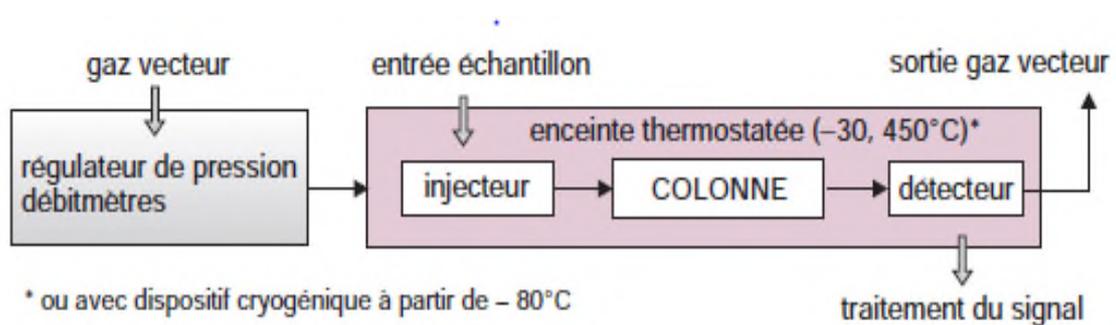


**Figure n°4:** Les diverses parties d'un appareil de chromatographie en phase gazeuse.

L'analyse débute à l'instant où on introduit une très petite quantité de l'échantillon, sous forme liquide ou gazeuse, dans l'injecteur, qui a la double fonction de le porter à l'état de vapeur et de l'amener dans le flux gazeux en tête de la colonne. Celle-ci se présente comme un tube de faible section enroulé sur lui-même, de 1 à plus de 100 m de longueur suivant les cas et contenant la phase stationnaire.

Cette colonne est placée dans une enceinte à température régulée. Elle peut servir à des milliers d'injections successives. La phase gazeuse qui a traversé la colonne passe dans un détecteur avant de sortir à l'air libre[31].

On peut résumer le principe d'installation de la CPG par le schéma suivant :



**Figure n°5:** Une installation de CPG.

## II.2. Le gaz vecteur

On utilise comme phase mobile l'un des trois gaz suivants : l'hélium, le diazote ou le dihydrogène. Ce gaz vecteur doit être exempt de traces d'hydrocarbures, de vapeur d'eau et de dioxygène qui se comportent comme des impuretés préjudiciables pour certaines phases stationnaires polaires et qui réduisent la sensibilité des détecteurs. C'est la raison pour laquelle on place un double filtre, desséchant et réducteur, juste en amont du chromatographe.

La nature du gaz vecteur ne modifie pas de manière significative les valeurs des coefficients de distribution  $K$  des composés par suite de l'absence d'interaction entre gaz et solutés, la température étant le seul facteur de modification important[32].

### Systeme d'injection

La chambre d'injection possède une double fonction :

- provoquer la volatilisation instantanée des échantillons liquides.
- assurer un mélange homogène de la vapeur ainsi formée et du gaz vecteur.

### Prélèvement de l'échantillon

Les échantillons sont toujours injectés en petites quantités (1 à 10  $\mu$ l), à des concentrations pas trop élevées. Les systèmes d'injection sont soit manuels, soit automatisés.

## II.3. Les colonnes

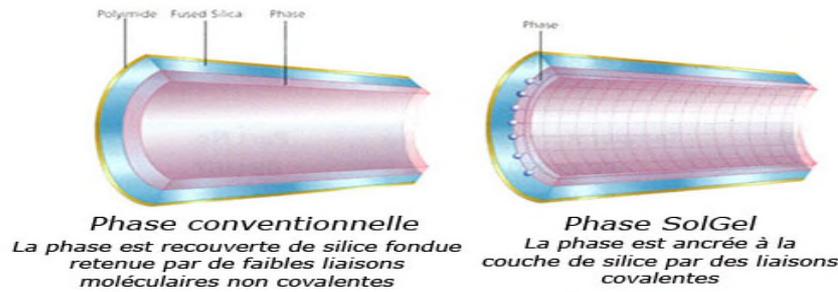
Il existe deux types; les colonnes remplies (ou à garnissage) et les colonnes capillaires. Elles n'offrent pas les mêmes performances. Pour les colonnes remplies, la phase stationnaire est immobilisée par imprégnation ou par réaction chimique avec le support poreux. Pour les colonnes capillaires, une faible épaisseur de phase stationnaire est soit déposée, soit greffée sur la surface interne de la colonne[32].

### ➤ Les colonnes capillaires

Les colonnes capillaires sont des colonnes de très faible diamètre interne qui varie de 0,1 à 0,35 mm et de longueur de 15 à 100 m.

Les colonnes sont des tubes vides à l'intérieur desquels la phase stationnaire est déposée sur la paroi interne sous forme d'un film régulier.

Les colonnes capillaires sont préparées à partir de silice fondue très pure, issue de la combustion dans une atmosphère d'oxygène de  $\text{SiH}_4$  ou de  $\text{SiCl}_4$ .



**Figure n°6:** Colonne capillaire

Leur avantage essentiel sur les colonnes remplies est de conduire à des pics plus étroits donc à des séparations plus poussées dans le cas de mélanges complexes.

#### II.4. Détecteur à ionisation de flamme (FID)

Considéré comme pratiquement universel pour les composés organiques, c'est le détecteur par excellence de la CPG actuelle. Le courant gazeux issu de la colonne pénètre dans la flamme d'un petit brûleur alimentée par un mélange d'hydrogène et d'air. Ce détecteur détruit l'échantillon dont la combustion produit des ions et des particules chargées. Lorsque les molécules traversent la flamme, elles sont ionisées ce qui provoque entre les électrodes un courant électrique qui est ensuite amplifié [33].

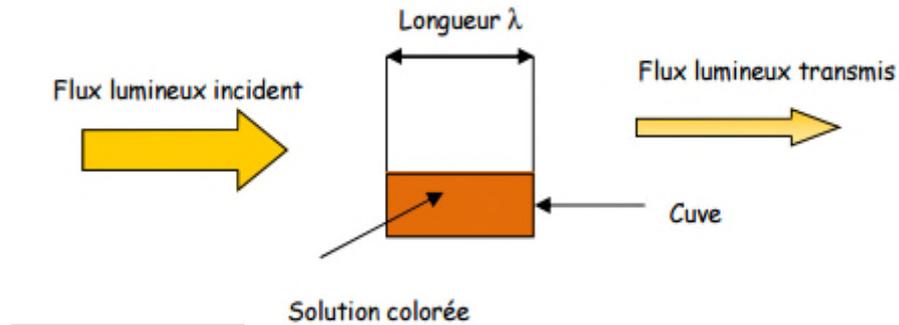
### III. spectrophotométrie

La spectrophotométrie est l'étude quantitative des interactions entre la lumière et la matière. Lorsque de la lumière traverse une substance, est en partie transmise et elle en partie absorbée. Si une substance absorbe dans le domaine visible ( $400\text{nm} < \lambda < 800\text{nm}$ ), alors elle est colorée. Eclairée par de la lumière blanche, elle prendra la couleur des radiations qui parviennent à traverser, couleurs complémentaires des couleurs absorbées. Il s'agit de transitions électroniques.

Cette technique permet de mesurer plusieurs paramètres tels que la DCO, phosphates, nitrate, nitrites et turbidité.

### III.1. Principe de fonctionnement du spectrophotomètre

Le spectrophotomètre fait passer une radiation monochromatique (de longueur d'onde  $\lambda$ ) à travers une cuve de longueur (L) contenant une solution analyte. Il mesure alors l'absorbance A (grandeur liée à la quantité de lumière absorbée par la solution). La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance [35].



**Figure n°7** : Principe de fonctionnement de spectrophotomètre.

## Matériels utilisés

- Ampoules à décante
- Appareil Chromatographie en phase gazeuse- FID.
- Appareil de la Spectroscopie d'absorption atomique –FID.
- Balance.
- Béchers.
- Broyeur.
- Centrifugeuse.
- Colonne de purification.
- Conductimètre.
- Culières en inox.
- Dessiccateur.
- Dispositif d'agitation 60cycles/mn.
- Dispositif de chauffage a reflux.
- Dispositif de filtration sous pression.
- Éprouvettes.
- Erlen Mayer.
- Etuve.
- Filtre membrane de diamètre moyen de pore 0.45  $\mu\text{m}$ .
- Fioles.
- Flacons en verre.
- Glacière.
- Micropipettes.
- Micro-séparateurs.
- PH-mètre.
- Pipetes de 10ml.
- Plaque agitatrice.
- Spectrophotomètre
- Tamis de 63 $\mu\text{m}$ .
- Turbidimètre.

## Produits utilisés

- Acétone ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) à 99,5%.
- Acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) à 37%.
- Acide nitrique  $\text{HNO}_3$  ( $d = 1,4$ ).
- Eau distillée.
- Kits préparés de marque HACH pour la DCO, nitrates, nitrites, et phosphates.
- n-décane ( $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ ) à 99%.
- n-hexane ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) à 99%.
- n-hexane ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) à 99%.
- n-tétracontane ( $\text{C}_{40}\text{H}_{82}$ ) à 97%.
- Silicate de magnésium ( $\text{MgSiO}_3$ ), appelé aussi Florisil.
- Sulfate de magnésium heptahydraté ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) à 99,5%.
- Sulfate de sodium anhydre ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

Dans ce projet de mémoire, nous avons adopté une méthode utilisée communément dans l'évaluation environnementale.

Les indicateurs de pollution que nous avons soigneusement choisis d'après notre investigation sur terrain, sont les suivants: pH, conductivité, turbidité, MES, DCO, phosphore, nitrates, nitrites, ainsi que quelques éléments toxiques, tels que les hydrocarbures et certains métaux lourds.



Figure n°8 : Cartographie du site industriel contaminant Oued Sghir.

## I. Présentation de la zone d'étude

L'exploration pétrolière en Algérie remonte au dernier quart du 19<sup>ème</sup> siècle, avec les premières explorations dans le nord, en 1877, dans la région d'Aine Zeft, près de Rélizane, dans l'Ouest de l'Algérie. en 1956, l'un des gisements les plus importants dans le monde fut découvert à Hassi Messaoud (850Km au Sud-est d'Algérie) avec une superficie de 2500 Km<sup>2</sup>.

La création de SONATRACH en 1963 ; affiliée à la Direction Régional de Bejaia (GRGB), constitue le moteur du développement des richesses du sous-sol algérien.

La Région Transport Centre (RTC) est la première unité opérationnelle chargée du transport du pétrole brut et du condensat, sa créations étroitement liée a la mise en service en 1959 du premier oléoduc (OBI-24''/'22) en Algérie, reliant Haoud El Hamra (Hassi Messaoud) au Terminal Marin de Bejaia (TMB), d'une longueur de 668 Km, ainsi assurerla livraison de ses produits ; pétrole brut et condensat, destinés a l'exportation via le port de Bejaia.

### I.1. Description du Terminal Marin de Bejaia (TMB)

Le Terminal Marin de Bejaia relève de la région transport. Il est situé à 2 Km au sud-ouest de la ville Bejaia. Le terminal marin il est limité à l'est par le golf de Bejaia et oued Sghir, au sud par oued Soummam et à l'ouest par la route nationale N°9 et au nord par la voie ferrée. La TMB dispose de 16 bacs de stockages d'une capacité de 35000 à 50000 m<sup>3</sup>, repartis comme : 12 bacs au terminal nord et 4 bacs au terminal sud. (**Fig. n°9**)

La quantification des éléments à l'état de traces et les différents polluants dans l'environnement n'est pas aisée.

Elle a été une source de nombreuses erreurs. Dans de nombreux cas, l'analyse des polluants et éléments toxiques a pour but la surveillance de la qualité du milieu aquatique. La première démarche consiste à choisir le compartiment où se fera l'échantillonnage tout en tenant compte d'un certain nombre de paramètres (accessibilité, sécurité de l'échantillonneur, ..).

En fonction de ces paramètres, nous avons pu cibler dans Oued Sghir de Bejaia un site pour nos prélèvements.

Ce site est situé à l'intérieure de la SONATRACH qui est la source des rejets d'effluents.



**Figure n°9** : point de prélèvement oued Sghir de Bejaia.

## II. Mode de prélèvement des échantillons

### II.1. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier ses caractéristiques physico-chimiques.

Il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire.

L'utilisation de récipients métalliques est à déconseiller en raison des problèmes de corrosion. Pour les analyses bactériologiques, les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur. Le volume nécessaire pour une analyse complète d'eau varie de 2 à 5 litre [35].

Nous avons utilisé des flacons en verre, après les avoir soigneusement rincés avec de l'acide nitrique (3N) et de l'eau distillée et ensuite, séchés à l'étuve à 80°C.

Lors de prélèvement nous avons trempé délicatement le flacon à l'intérieur de l'eau, à une profondeur de 20 à 25 cm de la surface. Pour la conservation, on a utilisé une glacière avec une réserve de froid à 4°C.

### II.2. Prélèvement des échantillons de sédiment

A proximité de matières dissoutes, les eaux superficielles contiennent plus particulièrement des particules en suspension. Ces particules dont la taille varie, des dimensions des colloïdes à quelques centaines de  $\mu\text{m}$ , sont constituées d'éléments minéraux et organiques en provenance des sols ou des résidus d'activités humaines [35].

Les prélèvements des échantillons de sédiment ont été effectués à l'aide d'une cuillère en inox à une profondeur de 5 à 10cm. Ensuite, ils ont été placés dans des flacons en verre préalablement rincés à l'acide nitrique (3N) et à l'eau distillée, et séchés à 80°C. Enfin, les échantillons ont été conservés dans des glacières à 4°C [36].

### III. Préparation des échantillons pour l'extraction des métaux lourds

#### III.1. Pour l'eau

À côté de la simple dilution, la minéralisation s'impose dans la majorité des cas pour les eaux résiduaires fortement polluées. Cette étape de digestion essentielle limite les interférences liées aux matières organiques.

##### III.1.1 La méthode utilisée :

On a acidifié l'échantillon d'eau par l'ajout de l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ;  $d = 1,4$ ) jusqu'à pH inférieur à 2 puis on a filtré l'échantillon acidifié sur une membrane de porosité  $0,45\mu\text{m}$  à l'aide d'une pompe à vide et on le conserve dans une glacière à  $4^\circ\text{C}$  [6].

#### III.2. Pour sédiments

La technique que nous avons appliquée est représentée selon les étapes ressorties dans notre synthèse bibliographique comme dans le tableau n°3

**Tableau°3** : La technique utilisée pour la préparation des sédiments.

| Etape   | Technique   |
|---|---|
| <b>Etape 1 prétraitement de l'échantillon</b> | -Séchage à $80^\circ\text{C}/48\text{h}$<br>-Broyage<br>-Tamisage ( $63\mu\text{m}$ )   |
| <b>Etape 2 Digestion de l'échantillon</b>     | -Dissolution de 1 g de sédiments dans un mélange d'acides suprapurs $\text{HNO}_3$ (65%) et $\text{HCl}$ (36.5%) dans un rapport (1:3)<br>-Chauffage à reflux jusqu'à ébullition durant 40min |
| <b>Etape 3 Mise en solution</b>               | -Filtration du liquide obtenu dans une fiole de 50ml<br>-Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 50ml   |

## IV. Lixiviation

La lixiviation, au sens littéral, concerne l'extraction d'un ou plusieurs éléments sous l'action d'un solvant. Par extension, on appelle lixiviation toute opération consistant à soumettre une matrice (solide, pâteuse, pulvérulente, etc..) à l'action d'un solvant, en général de l'eau, et on appelle lixiviat l'effluent aqueux rejeté dans le milieu naturel par une décharge.

### IV.1. Objectifs des essais de lixiviation

L'objectif général des essais de lixiviation est de quantifier la mobilité des espèces chimiques polluantes ou non, présentes dans des matrices solides.

#### Mode opératoire

Ce mode opératoire est effectué selon AFNOR XP X 31-210. Premièrement on a déterminé la masse exacte de l'échantillon à 0,1 g près, et on a introduit dans un flacon, un volume  $v$  d'eau déminéralisée de façon à ce que le rapport du volume d'eau à la masse exacte  $m_0$  de l'échantillon soit de 1L/100g.

. Après agitation manuelle, le flacon est immédiatement soumis à une agitation permanente à l'aide d'un agitateur, la température étant de 20° C et la durée de mise en contact est  $24 \pm 1$  h pour une lixiviation unique.

Et, enfin, le contenu du flacon est soumis à une filtration sous vide sur un filtre membrane de diamètre moyen de pore 0,45 $\mu$ m.

## V. Mesure des paramètres physico-chimiques

### V.1. Mesure de pH

Déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau à analyser.

**Mode opératoire**

On remplit le bécher par l'échantillon à analyser, on fait plonger l'électrode dans cet outil puis on le laisse jusqu'à la stabilisation totale et on fait la lecture. Après chaque mesure nous rinçons l'électrode par l'eau déminéralisée ».

**V.2. Mesure de conductivité**

La conductivité électrique mesure le pouvoir conducteur d'une eau.

**Mode opératoire**

On remplit le bécher par l'eau (ou lixiviat-sédiment), on fait plonger l'électrode dans ce dernier et dès la stabilisation, on fait la lecture de la valeur de la conductivité.

**V.3. Détermination de la Turbidité****Principe**

La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'échantillon d'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules des matières en suspension présentes dans l'échantillon. La quantité de turbidité mesurée dépend de variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules. Il n'existe pas de relation directe entre la turbidité d'une eau et sa teneur en matières en suspension.

**Mode opératoire**

On règle d'abord le turbidimètre en introduisant le numéro de programme mémorisé qui est égale à 750 puis on sélectionne la longueur d'onde à 860 nm.

Par la suite on remplit la cellule de capacité de 25ml avec 10 ml d'eau désionisée (le blanc) puis on le met dans le puits de mesure.

Par la fin on prend 10 ml d'eau à analyser dans la seconde cellule, et on mesure la turbidité.

## VI. Dosage des indicateurs de pollutions

### VI.1. Dosage du phosphate

#### Principe

Le phosphate dans les eaux naturelles et usées se trouve uniquement sous forme de phosphates, la seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'ortho phosphate. Toutes les autres formes requièrent un prétraitement pour les transformer en ortho-phosphate et les analyser.

L'ortho-phosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène, selon cette réaction :



#### Mode opératoire

On a utilisé des kits de marque HACH de type LCK 350

On verse une quantité de 0,4 ml de notre échantillon dans le tube qui contient : sodium peroxydisulfate, Méta-borate de sodium et lithium sulfate et on agite. Puis on le met dans un thermo-réacteur HT 2005 de température 170°C pendant 15 min.

Après le refroidissement, on ajoute 0,5 ml de solution 16% d'acide sulfurique et on change le bouchon qui contient : Méta-borate de sodium, on agite pendant 10 min.

Par la suite on met le tube dans un photomètre DR 1900 pour mesurer la quantité de phosphate totale dans l'échantillon cela après fixer la longueur d'onde à 714 nm et aussi choisir la formule chimique associée ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P totale,  $\text{PO}_4^{3-}$  totale et  $\text{P}_2\text{O}_5$  totale).

### VI.2. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

#### Principe

Le test de la DCO consiste en mesure de l'oxygène équivalent à la quantité de matières organiques oxydables par le dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , dans une solution d'acide

sulfurique à 50%. Un composé mercurique est ajouté pour réduire les interférences dues à l'oxydation des ions chlorures par le dichromate.

**Mode opératoire :**

On a utilisé des kits de marque HACH de type LCK 514

D'abord, on agite le tube à analyser, puis par une micropipette on prélève 1 ml d'échantillon et on l'introduit dans le tube qui contient une solution de : 90% sulfurique, sulfate de mercure et bichromate de potassium.

Par la suite, on met le tube dans un thermo-réacteur à température 170°C pendant 15 minutes, on agite environ deux 2 minutes, puis le laissant refroidir avant d'analyser, et enfin, on le met dans un photomètre DR 1900 pour mesurer la quantité de la DCO dans l'échantillon. Après avoir régler la longueur d'onde à 605 nm.

**VI.3. Dosage du nitrite****Principe**

Pour les faibles teneurs, le principe consiste en réaction des nitrites présents dans l'échantillon avec l'acide sulfanilique, pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo-tropique pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.

**Mode opératoire**

On a utilisé des kits de marque HACH de type LCK 342

On ouvre le tube et on verse 0,2 ml d'échantillon, ce dernier contient une solution d'acide aminonaphtalene sulfonique, sel de sodium, acide sulfanilique, sel de sodium di-hydraté. On ferme bien, on agite, on le laisse réagir pendant 10 minutes avant d'analyser.

Entre temps on fixe la longueur d'onde à 515 nm et la formule chimique du nitrite ( $\text{NO}_2$  totale) et enfin l'échantillon et mis dans le puits de mesure. On note la valeur affichée.

## VI.4. Dosage du nitrate

### Principe

Le Cadmium métallique contenu dans les gélules de réactifs réduit les nitrates présents dans l'échantillon en nitrites. Les nitrites réagissent en milieu acide avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazonium. Ce sel réagit avec l'acide phosphorique pour former un complexe coloré ambre. L'intensité de coloration est proportionnelle à la concentration en nitrates.

### Mode opératoire

On a utilisé des kits de marque HACH de type LCK 340

Premièrement on verse 0,2 ml d'échantillon dans un tube qui contient une solution 60% d'acide sulfurique et 33% d'acide phosphorique.

Par la suite on ajoute 1ml d'une solution qui contient : 2-propano. Nous avons agité la cuve d'analyse, en la laissant réagir pendant 15 minutes. Avant d'analyser il est nécessaire d'introduire la longueur d'onde 345 nm et la formule chimique du nitrate :  $\text{NO}_3$  totale.

Par la fin on met le tube préparé dans le puits de mesure, on le ferme et on fait la lecture.

## VI.5. Détermination des matières en suspension (MES) dans l'eau

### Principe

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée. La détermination des particules colloïdales, des matières minérales ainsi que celles volatiles contenues dans l'eau.

### Mode opératoire

Avant le pesé de filtre à vide, c'est nécessaire de le laver avec l'eau distillée puis le sécher à 100- 105 °C. Après le refroidissement ce dernier on le pèse à vide et on note sa masse  $m_1$  en gramme, on le met dans un filtre sous pression et on verse la prise d'essai 100 ml (l'eau de rejet).

Après on introduit le filtre dans une étuve à 105°C pendant 30 minutes pour assurer un bon séchage, et on laisse refroidir dans un dessiccateur. Enfin, on pèse le filtre à nouveau et on note sa masse  $m_2$  en gramme.

#### Expression des résultats

Le taux de matières en suspension exprime en mg/L est donné par la formule :

$$\text{MES} = (\text{mg/L}) = [(m_2 - m_1) / V_{PE}] * 10^6$$

$M_1$  = la masse du filtre vide (en g)

$M_2$  = la masse du filtre plein (en g)

$V_{PE}$  = le volume de la prise d'essai d'eau à analyser (en ml).

### VII. Dosage des métaux lourds

Le dosage des éléments trace métallique est effectuer par la spectroscopie d'absorption atomique après l'étape de digestion de l'échantillon. Pour chaque élément a une lampe et une longueur d'onde spécifique.

Le dosage de chaque métal se fait par le choix d'une gamme d'étalonnage a différente concentration et cette dernière, correspond une absorbance et l'ordinateur trace la courbe d'étalonnage (voir l'annexe).

**Tableau°4** : Les flammes et longueurs d'ondes spécifiques de chaque éléments étudiés.

| Eléments a dosé | Longueur d'onde (nm) | La flamme                            |
|-----------------|----------------------|--------------------------------------|
| Cr              | 357,9                | Acétylène- air réductrice sans excès |
| Mn              | 279,5                | Acétylène – air oxydante             |
| Fe              | 248,3                | Acétylène – air oxydante             |
| Ni              | 232,0                | Acétylène – air oxydante             |
| Cu              | 324,7                | Acétylène – air oxydante             |
| Zn              | 213,8                | Acétylène – air                      |
| Cd              | 228,8                | Acétylène – air                      |
| Pb              | {283,3 – 217,0}      | Acétylène – air                      |

## VIII. Détermination de l'indice d'hydrocarbures

### VIII.1. Préparation des réactifs

#### Solvant d'extraction avec composés de référence

➤ **Solution mère du solvant d'extraction**

On dissout 20mg de n-tétracontane dans hexane, puis on ajoute 20 µl de n-décane et dilue avec l'hexane jusqu'à 1L. La solution doit être hermétiquement fermée et conservée au réfrigérateur.

➤ **Solution fille du solvant d'extraction**

Elle s'obtient par dilution de la solution mère du solvant d'extraction 10 fois avec l'hexane.

➤ **Solution d'essai de stéarate de stéaryle :**

On dissout 200 mg de stéarate de stéaryle, dans 100 ml avec la solution fille du solvant d'extraction. Cette solution sert à vérifier l'efficacité de la procédure de purification.

### VIII.2. Dosage des hydrocarbures totaux (HCT)

Cette méthode est décrite par ISO 9377-2. Une quantité connue d'un échantillon homogénéisé est extraite par agitation mécanique à l'aide d'acétone/n-hexane. Après addition d'eau déminéralisée, la phase organique est séparée.

Les composés polaires sont éliminés par adsorption sur du florisol. Une partie aliquote de l'extrait purifié est analysée par chromatographie en phase gazeuse sur une colonne capillaire puis détection par ionisation de flamme. L'aire totale des pics est mesurée dans la plage séparant les étalons n-décane ( $C_{10}$ ) et n-tétracontane ( $C_{40}$ ). La teneur en huiles minérales de l'échantillon est quantifiée par rapport à un étalon externe composé en quantités égales de deux types différents d'huiles minérales [34].

### VIII.2.1. Etapes de dosage des HCT

#### ➤ Extraction

On acidifie l'échantillon à pH= 2 en ajoutant de l'acide minéral (HCl), si cela n'a pas été fait sur le lieu du prélèvement. On ajoute environ 80g de sulfate de magnésium ( $MgSO_4$ ), pour 900 ml d'échantillon pour éviter l'émulsion<sup>1</sup>.

Puis, on ajoute 50 ml de solution étalon de solvant d'extraction par 900ml d'échantillon. On ferme la bouteille et on agite vigoureusement pendant 30 min à l'aide d'un agitateur magnétique.

On retire le bouchon et le remplace par le micro-séparateur. On ajoute suffisamment d'eau pour permettre la récupération de la couche d'agent d'extraction du micro-séparateur; et on transfère celle-ci dans une colonne pour purification.

#### ➤ Purification

On transfère la phase d'agent d'extraction dans une petite colonne remplie avec du Florisil (2 g) de et recouverte d'une couche de sulfate de sodium(2 g), utilisée pour absorber l'eau.

On laisse percoler la phase d'agent d'extraction, suivie par 10ml supplémentaires d'agent d'extraction, à travers la colonne, dans un appareil de concentration approprié. On rince, ensuite, la colonne avec environ 10ml d'agent d'extraction.

#### ➤ Concentration

En utilisant le dispositif d'évaporation, on concentre l'extrait à un volume d'en6ml.

On continue la concentration l'extrait jusqu'à un volume légèrement inférieur à 1 ml à l'aide d'un léger courant d'azote.

On complète avec l'agent d'extraction jusqu'à l'obtention d'un volume de 1ml. On transfère une aliquote de l'extrait dans une fiole à septum pour l'analyse par chromatographie en phase gazeuse.

---

<sup>1</sup>NOTE 1 : l'ajoute de sulfate de magnésium  $MgSO_4$  n'est pas nécessaire s'il est certain que les échantillons ne forment pas d'émulsions pour bien séparer l'eau et la solution fille.

### III.3. Analyse par CPG/FID

L'analyse des extraits est réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID).

Le chromatogramme a été enregistré dans les conditions suivantes :

**Tableau n°4** : les conditions de travail par la CPG dans CRD.

| <b>Analyse</b>                  |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Température                     | 300 c°                          |
| Pression                        | 18 Kpa                          |
| Flux total                      | 55,8ml/min                      |
| Débit de la purge               | 45,6ml/min                      |
| Durée d'application de la purge | 1 min                           |
| Débit économiseur de gaz        | 20 ml/min                       |
| Délai d'application de la purge | 5min                            |
| Injecteur Splitless             | 200c° par min de 150c° à 350 c° |
| <b>Four</b>                     |                                 |
| Température initial             | 40 c° durant 5 min              |
| Rampe 1                         | 5 c° par min de 40 c° à 50 c°   |
| Rampe 2                         | 20c° par min de 60 c° à 300 c°  |
| Température final               | 300 c° durant 8 min             |
| <b>Colonne</b>                  |                                 |
| Pression                        | 18.1 Kpa                        |
| Débit                           | 7,4 ml/min                      |
| Vitesse moyenne                 | 53cm/s                          |
| Mode                            | Constant flow                   |
| <b>Détecteur</b>                |                                 |
| Température                     | 350 c°                          |
| Débit de H <sub>2</sub>         | 45ml/min                        |
| Débit d'air                     | 450ml/min                       |
| Flamme                          | On                              |

---

| <b>Gaz vecteur</b> |           |
|--------------------|-----------|
| Hélium             | 2-3ml/min |
| Pression           | 5,5psi    |

Ce chapitre a pour objectif de définir la qualité physico- chimique des eaux de Oued Sghir et de caractériser le chimisme des eaux qui nous permettra d’analyser le degré de pollution de l’eau et des sédiments de ce site, en le comparant aux normes du JORAD (journal officiel de la République Algérienne: décret exécutif n°06-141 du 19 Avril 2006)et del’OMS (organisation mondial de la santé).

Cette étude se base sur la détermination de plusieursparamètresphysiques(pH, turbidité, conductivité, température), chimiques (DCO,nitrites, nitrates, phosphates et les MES),et de la teneur en ETM (éléments traces métalliques) et des hydrocarbures.

Les analyses ont été réalisées au niveau de Centre de Recherche et Développement (CRD) de Boumerdes, plus précisément, au niveau du département ‘Environnement’.

### I. Les paramètres physico-chimiques

L’objet de ces analyses est de mettre en évidence les caractéristiques physiques et chimiques de l’eau qui permettent d’évaluer son état et son degré de pollution physique et chimique. La pollution physique affecte les caractéristiques de l’eau telle la turbidité, la conductivité, le pH et la température.

La détermination des caractéristiques physicochimiques de l’eau et des sédiments est essentielle pour le choix d’un traitement adéquat.(*Tableau 5 et 6*)

**Tableau n°5:** Les paramètres physico-chimiques de l’eau.

| Paramètres              | Echantillon A<br>Date:<br>21/04/2016 | Echantillon B<br>Date :<br>08/05/2016 | Norme<br>JORAD | Norme<br>OMS |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|
| Température<br>(°C)     | 22,5                                 | 25                                    | 30             | <30          |
| pH                      | 7,28                                 | 7,97                                  | 6,5 - 8,5      | 6,5 - 8,5    |
| Conductivité<br>(µS/Cm) | 1357                                 | 1426                                  | -              | <1000        |
| Turbidité (FAU)         | 5                                    | 13                                    | -              | 5            |

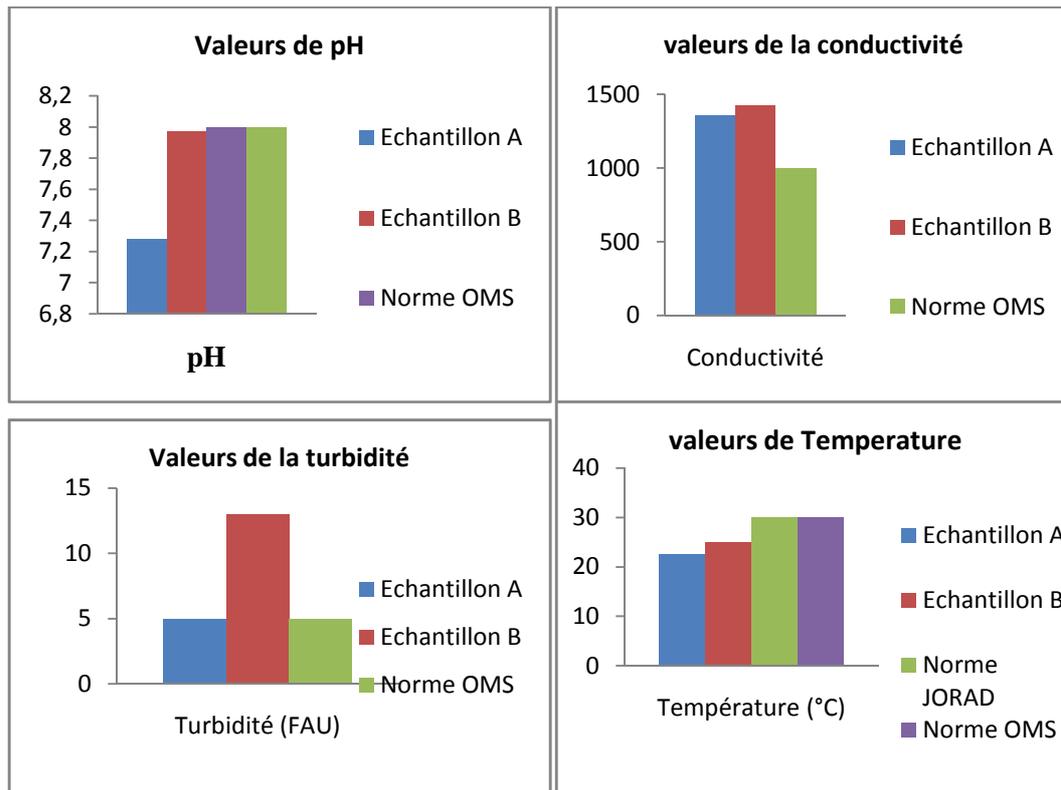


Figure n°10 : résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Tableau n°6 : Les paramètres physico-chimiques des sédiments.

| Paramètre            | Echantillon C<br>Date : 21/04/2016 | Norme AFNOR |
|----------------------|------------------------------------|-------------|
| pH                   | 8,10                               | < 7,5       |
| Conductivité (µS/Cm) | 604                                | -           |

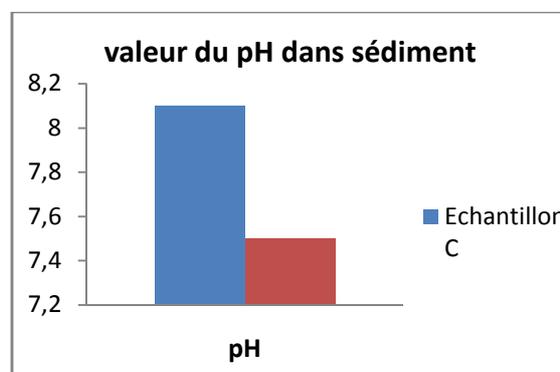


Figure n°11 : résultats du paramètre physico-chimique de sédiments.

## I.1. Discussion

### ➤ **Température**

Dans le canal du rejet, la température atteint 22,5 - 25°C pour l'eau. Cette légère augmentation de température est due à l'influence de la température extérieure sur l'eau du canal puisque ce dernier se trouve à ciel ouvert. Selon ces valeurs, on peut conclure que la température des eaux ne dépasse pas celle des normes (OMS et JORAD) limitées à 30°C.

### ➤ **pH**

Pour l'eau :

Le pH, indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 8,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5 la croissance des microorganismes est directement affectée. Selon les résultats obtenus la valeur moyenne est de 7,625; on peut conclure que le pH varie dans la fourchette de valeurs admise par les deux normes OMS et JORAD.

Pour sédiments :

La valeur de pH de sédiments est de 8,10 elle est élevée par rapport à celle de l'eau. Selon la norme décrite par AFNOR, les sédiments forment un milieu alcalin (basique)

### ➤ **Conductivité électrique**

La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité et la capacité de l'eau à conduire un courant électrique.

Pour l'eau :

Pour les deux échantillons d'eau (A et B), les valeurs de la conductivité varient entre 1357 et 1426  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces deux valeurs sont supérieures à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (norme de l'OMS) ce qui indique que l'eau de l'oued Sghire est riche en éléments dissous (sels minéraux).

Pour les sédiments :

La valeur de sédiment qui est de 604  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elle est inférieure à celles trouvées pour l'eau.

➤ **La turbidité**

Les valeurs de la turbidité obtenues sont élevées 5 et 13 FAU. Cette augmentation est due à la présence des particules en suspension dans l'eau de l'oued Sghir (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, poussières, ...).

## II. Les paramètres de pollution

Pour déterminer le degré de pollution, des différents paramètres de pollution, il faut évaluer les paramètres de pollution et leurs quantités dans l'eau et les sédiments de l'oued Sghir.

**Tableau n°7** : Les résultats des différents paramètres de pollution de l'eau.

| Paramètre                              | Echantillon A<br>Date: 21/04/2016 | Echantillon B<br>Date: 08/05/2016 | Norme<br>JORAD<br>(mg/L) | Norme<br>OMS (mg/L) |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| DCO (mg/L)                             | 89                                | 97                                | 120                      | < 90                |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)    | 8,7                               | 9,3                               | 3                        | < 1                 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)    | 0,70                              | 4,29                              | < 2                      | 1                   |
| P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) | 1,17                              | 1,29                              | 1                        | -                   |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)   | 0,85                              | 1,56                              | 1                        | < 0,7               |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)   | 0,42                              | 0,72                              | 2                        | < 2                 |
| MES (mg/L)                             | 43                                | 56                                | 30                       | < 20                |

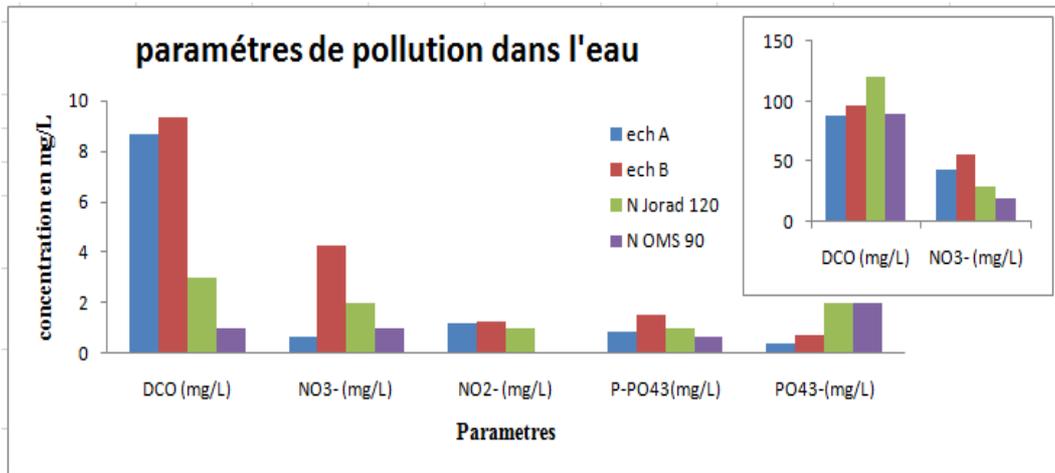


Figure n°12 : Résultats des paramètres de pollution pour l'eau.

Tableau n°8 : Les différents paramètres de pollution dessédiments.

| Paramètres                              | Echantillon C<br>Date: 21/04/2016 | Norme AFNOR |
|---|-----------------------------------|-------------|
| DCO (mg/L)                              | 998                               | 300         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)     | 6,45                              | 40          |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)     | 4,33                              | 20          |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/L) | 4,76                              | 3           |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)    | 14,63                             | 10          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/L)    | 11,93                             | 10          |

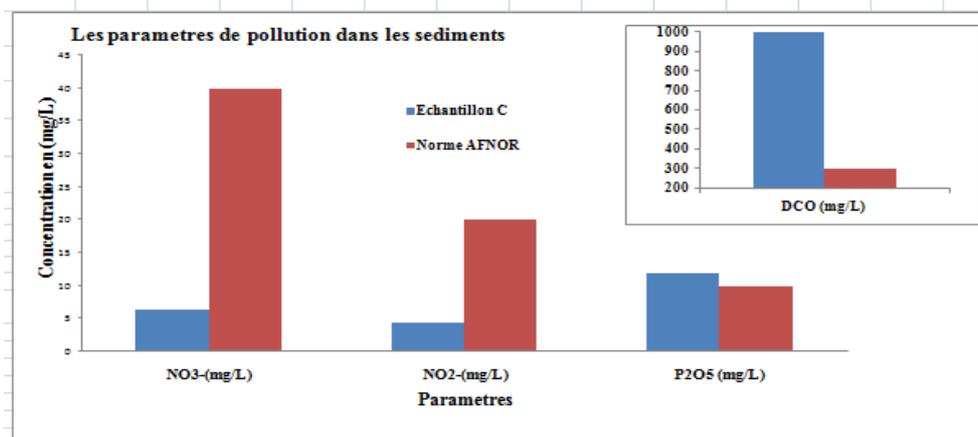


Figure n°13: résultats des paramètres de pollution de sédiments.

## II.1. Discussion

### ➤ La demande chimique en oxygène (DCO)

#### Pour l'eau

Les résultats obtenus, montrent que la quantité moyenne de la DCO des deux échantillons d'eau est supérieure à la valeur guidés de l'OMS, et inférieure a la norme décrit par JORAD.

#### Pour sédiments

Et pour les sédiments (lixiviat) la valeur de la DCO est de 998 mg/L. elle est supérieure à la norme AFNOR.

### ➤ Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

#### Pour l'eau

Nous remarquons d'après les analyses effectuées que les valeurs obtenus sont très élevées, (8,42 – 9,3 mg/L). Ces valeurs dépassent la norme déclarée par l'OMS et JORAD.

#### Pour sédiment

La valeur de nitrate obtenu est de 6,45 mg/L, elle est inférieure à la norme exigée par AFNOR.

### ➤ Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Pour l'eau

Les résultats de notre étude confirment que la teneur en nitrite de l'échantillon- **B** est très élevée; elle dépasse la limite guide par l'OMS et JORAD. La valeur l'échantillon **A** est inférieur au seuil limité par ces deux normes.

#### Pour sédiment

Et pour le lixiviat –sédiment, le résultat obtenu est de 4,33 mg/L, cette valeur est inférieure à la norme de AFNOR.

➤ **Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{P}_2\text{O}_5$ )**

Pour l'eau

Les résultats obtenus montre que la teneur en ions phosphates ne dépasse pas les normes déclarées par l'OMS et le JORAD

Pour sédiments

Les valeurs obtenues sont supérieure à la norme exigée par AFNOR.

➤ **Les matières en suspension (MES)**

Pour l'eau

Parcomparaison des résultats obtenus aux normes déclarées par l'OMS et le JORAD, les deux échantillons A et B dépassent la limite exigée.

### III. Les métaux lourds

**Tableau n°9** : Les résultats obtenu pour le dosage des ETM dans l'eau.

| <b>Élément</b>   | <b>Echantillon A<br/>(mg/L)</b> | <b>Echantillon B<br/>(mg/L)</b> | <b>Norme JORAD<br/>ppm</b> |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| <b>Cadmium</b>   | 0,0016                          | 0,01408                         | 0,005                      |
| <b>Cuivre</b>    | 0,00573                         | 0,00174 <LQ                     | 1                          |
| <b>Plomb</b>     | 0,0449                          | <LQ                             | 0,05                       |
| <b>Chrome</b>    | <LQ                             | 0,00331                         | 0,05                       |
| <b>Manganèse</b> | 0,0589                          | 0,06217                         | 0,05                       |
| <b>Fer</b>       | 1,013                           | 0,6424                          | 0,2                        |
| <b>Zinc</b>      | 0,198                           | 0,341                           | 5                          |
| <b>Nickel</b>    | 0,005                           | <LQ                             | 0,05                       |

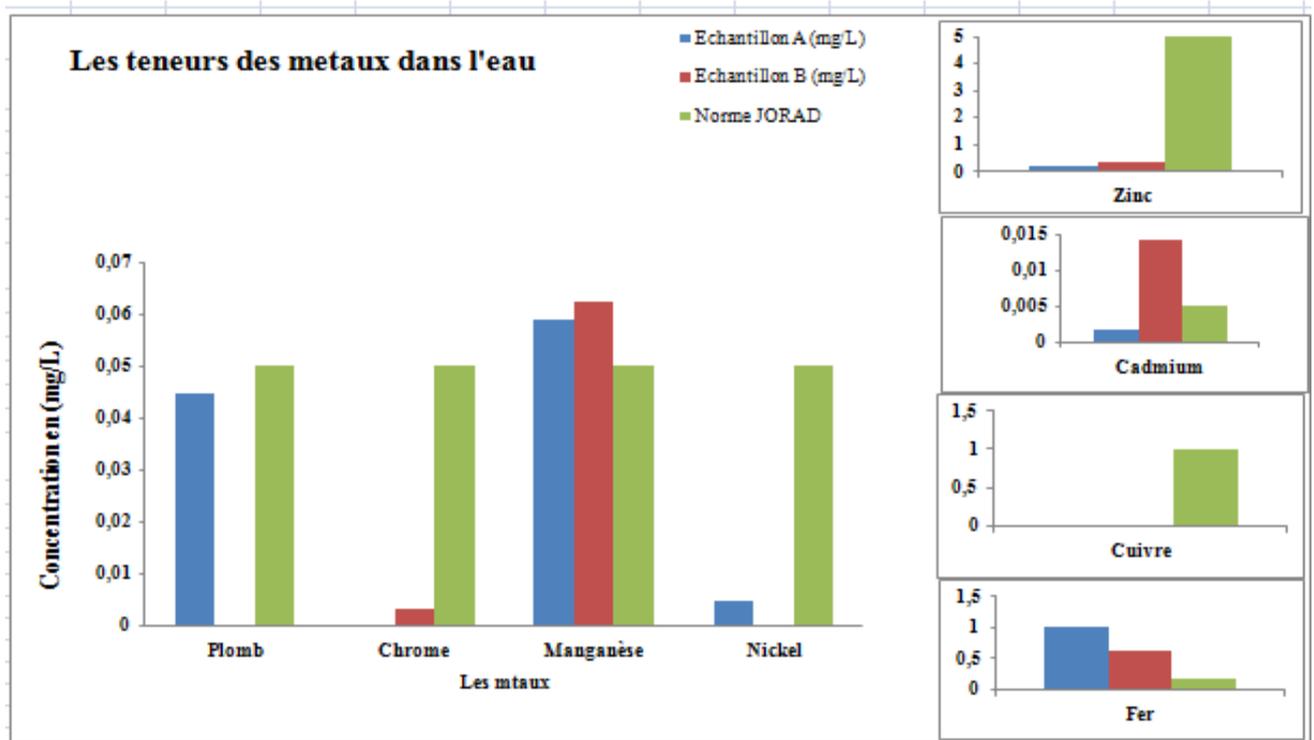


Figure n°14 : résultats de dosage des métaux lourds pour l'eau.

Tableau n°10 : Les résultats obtenu pour le dosage des ETM dans les sédiments.

| Elément   | Echantillon C (mg/Kg) | Norme selon JORAD (mg/Kg) |
|-----------|-----------------------|---------------------------|
| Cadmium   | 0,01814               | 0,6                       |
| Cuivre    | 0,03989               | 26                        |
| Plomb     | 0,02047               | 22                        |
| Chrome    | 0,5448                | 45                        |
| Manganèse | 4,687 >LQ             | 400                       |
| Fer       | 745,9                 | 2000                      |
| Zinc      | 5,9                   | 88                        |
| Nickel    | 0,6954                | 45                        |

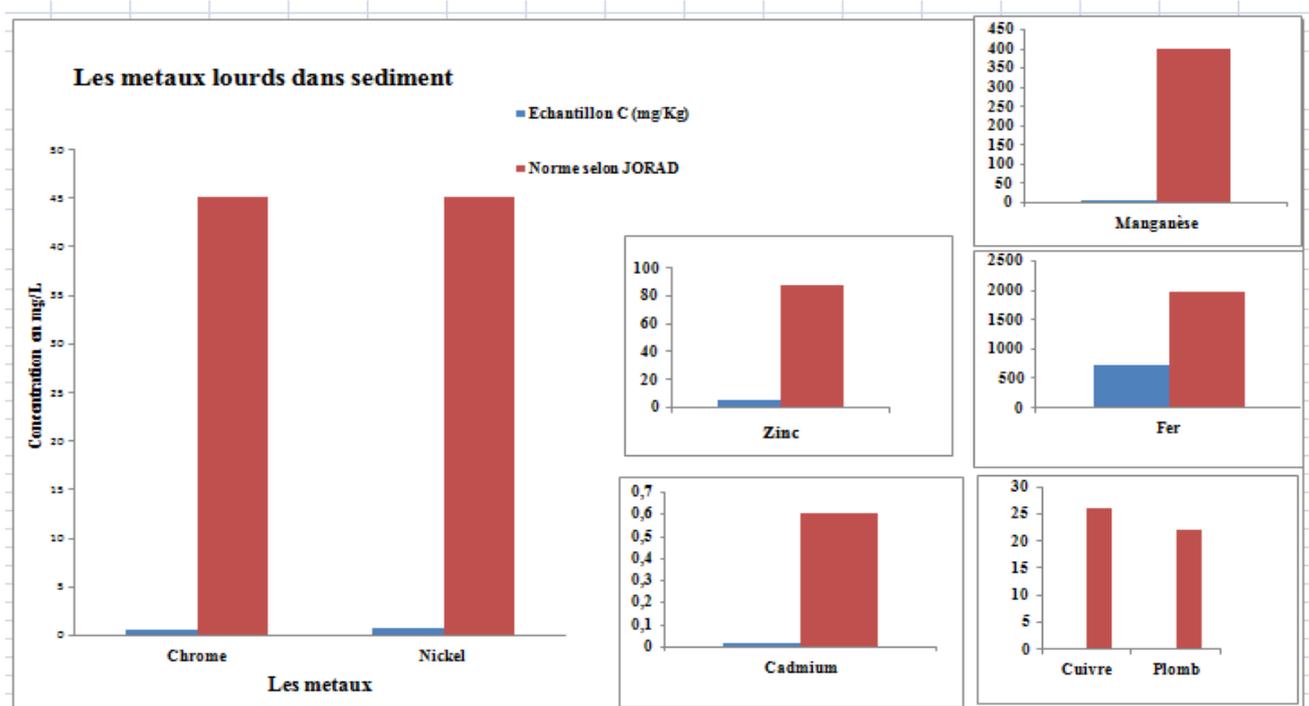


Figure n°15 : résultats de dosage des métaux lourds de sédiments.

### III.1. Discussion

#### Pour l'eau

Pour l'échantillon A il y a certain valeurs des métaux lourds qui dépassent la norme exige par le JORAD on cite : Mn et Fe

Et pour l'échantillon B, les éléments qui dépassent la norme sont : Cd, Mn et Fe.

#### Pour les sédiments

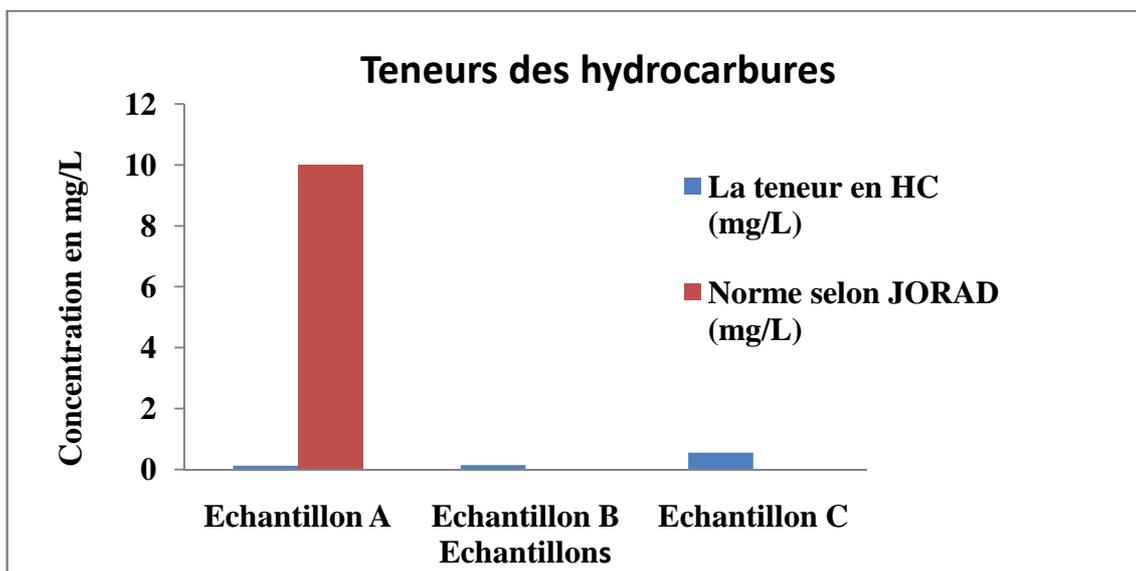
La quantité trouvée des huit métaux lourds étudiés contenus dans les sédiments sont inférieures aux limites établies par le JORAN.

### IV. Les hydrocarbures

Les résultats des analyses des hydrocarbures contenus dans les sédiments et l'eau sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau n°11** : Les résultats d'analyse de l'indice d'hydrocarbure.

| Echantillons  | La teneur en HC<br>(mg/L) | Norme selon JORAD<br>(mg/L) |
|---------------|---------------------------|-----------------------------|
| Echantillon A | 0,13                      | 10                          |
| Echantillon B | 0,15                      |                             |
| Echantillon C | 0,56                      | 5                           |

**Figure n°16** : résultats des teneurs en hydrocarbure de l'eau et sédiments.

#### IV.1. Discussion

##### Pour l'eau

Les valeurs trouvées sont insignifiantes (0,13 et 0,15mg/L).Elles sont inférieures à la valeur guide duJORAD.

##### Pour les sédiments

Cette étude fait ressortir que la présence des hydrocarbures dans les sédiments est faible, on trouve une valeur qui est de 0,56 mg/L qui est inférieure aux normes.

## V. Interprétations des résultats

A la lumière des résultats obtenus on peut conclure que :

- ✓ Les résultats obtenus au cours de notre recherche montrent que les températures de l'eau d'oued Sghir sont inférieures à la norme de l'OMS et de JORAD. En fait, la majorité des paramètres physico-chimiques sont dépendants de la température.
- ✓ D'après les résultats obtenus durant notre étude, nous avons montré que les valeurs de pH d'oued Sghir se retrouvent dans l'intervalle de la norme fixe soit par l'OMS et par JORAD.

En manière générale, le pH des eaux d'oued Sghir est neutre à légèrement alcaline.

- ✓ La conductivité donne une mesure de la concentration en sels minéraux dissous dans l'eau et détectée par la teneur en ions libres.

Pour les deux échantillons, les valeurs de la conductivité obtenues sont supérieures à la norme ce qui indique que les eaux d'oued Sghir sont riches en éléments dissous.

- ✓ La DCO c'est un test qui permet d'estimer la teneur en matière organique et minérale d'une eau.

Pour nos résultats, les valeurs de la DCO observées dépassent la norme exigée par l'OMS et JORAD. De ce fait, nous pouvons déduire que la charge polluante de cette région est élevée.

- ✓ Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble.

Pour les deux échantillons, nos résultats montrent que les teneurs en nitrate sont élevées dépassent la norme exigée par l'OMS et le JORAD.

- ✓ Dans les eaux des rejets d'oued Sghir, les teneurs en nitrites sont supérieures à la limite fixée par l'OMS et JORAD. Ces valeurs élevées des nitrites proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

- ✓ Les phosphates sont des anions facilement fixés par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la matière organique. Des

teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution. D'une manière générale, les résultats obtenus durant notre recherche indiquent la présence de la pollution par les phosphates.

- ✓ Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

Le classement par abondance de concentration des ETM trouvés dans les eaux d'oued Sghir : Fe > Zn > Mn > Cd > Ni > Pb > Cu > Cr. Certains de ces métaux ayant des concentrations supérieures à celles établies par JORAD, donc il y a une contamination par certains des métaux lourds.

Les teneurs des ETM dans les sédiments sont classées selon leur concentration par : Fe > Zn > Mn > Ni > Cr > Cu > Pb > Cd. Ces concentrations sont inférieures à celles établies par JORAD.

Ces valeurs faibles en métaux lourds sont probablement dues au mauvais prélèvement.

- ✓ La teneur en hydrocarbures ne dépasse pas les normes, cela traduit soit l'installation de traitement ou le lessivage de la couche superficielle de sédiment et de l'eau (prélèvement est mal fait).

## Conclusion

L'objectif principal de ce travail est l'évaluation de la pollution issue des activités industrielles de l'entreprise Sonatrach de Bejaia, et ce, par le contrôle de ces rejets d'effluents liquides industriels, au moyen de prélèvements d'échantillons d'eau résiduaires industrielles rejetées et sédiments; notamment, par l'analyse physico-chimique et organique ainsi que l'analyse métallique, des teneurs métaux lourds. Ces analyses nous ont permis d'établir un diagnostic préliminaire sur la qualité d'eau rejetées et, par conséquent, leurs impacts sur la faune et la flore.

Ce travail rentre également dans le cadre de l'application des techniques spectroscopiques à l'analyse des éléments traces métalliques existant dans les différentes matrices naturelles, détermination des hydrocarbures. Pour ce faire, nous avons fait appel à la chromatographie en phase gazeuse ainsi qu'à la spectrophotométrie pour les différents paramètres de pollution.

Les principaux résultats obtenus par l'analyse d'hydrocarbures, métaux lourds et les différentes paramètres, ont permis de d'aboutir aux conclusions suivantes :

Dans un premier temps, la description des données récoltées montre que les eaux résiduaires sont de nature douteuse et hors classe. S'agissant des paramètres de pollution en comparant les valeurs relevées aux normes, nous confirmons qu'il y a, effectivement, bien une pollution.

Dans l'analyse métallique, les valeurs obtenues ne sont pas conformes à la norme établie par l'OMS. Il y a, donc, une contamination par les métaux lourds étudiés.

Les résultats obtenus dans l'analyse des hydrocarbures sont acceptables, comparés aux normes JORDAN et l'OMS. A ce niveau, l'eau n'est pas contaminée par les hydrocarbures.

Par ailleurs, il va sans dire et rappeler que ces résultats sont obtenus au terme d'une seule étude, ce qui reste insuffisant pour qu'ils puissent faire l'objet d'une conclusion définitive.

# Annexes

## I. Courbe d'étalonnage de Nickel: A=f(C)

$$y = ax + b : \quad a = -0,008594 ; \quad b = 0,0801788 ; \quad R^2 = 0,99702$$

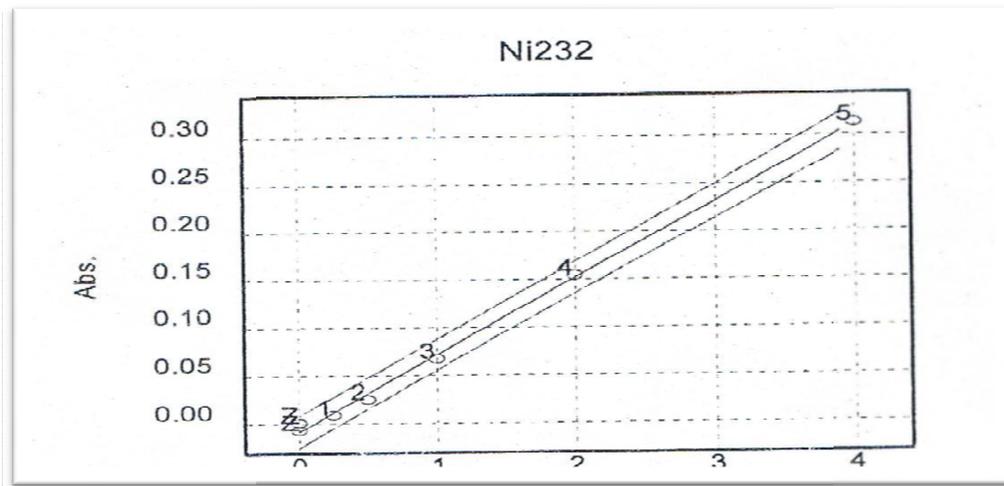


Figure n°1. : La courbe d'étalonnage pour le sédiment et les deux échantillons d'eau.

## II. Courbe d'étalonnage de Cuivre : A=f(C)

$$y = ax + b : \quad a = 0,07311 ; \quad b = 0,00048 ; \quad R^2 = 0,99883$$

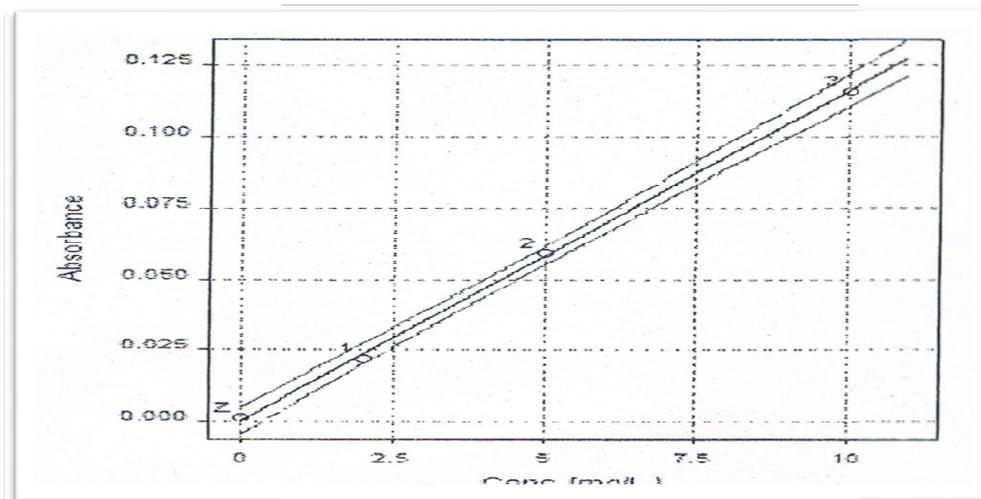


Figure n°2 : La courbe d'étalonnage pour le sédiment et les deux échantillons d'eau.

### III. Courbe d'étalonnage de Manganèse

$$Y=ax+b : \quad a= 0,09078 \quad ; \quad b=0,001115 \quad ; \quad R^2= 0,99510$$

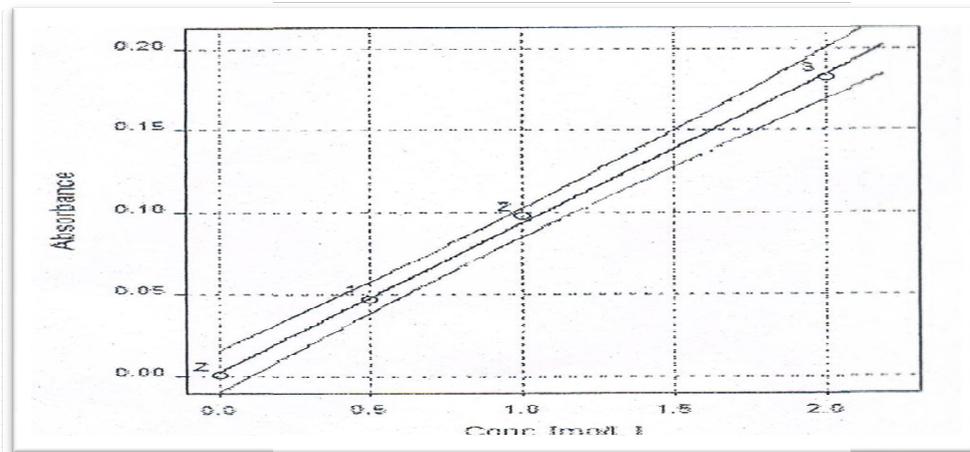


Figure n°3 : La courbe d'étalonnage pour le sédiment et les deux échantillons d'eau.

### IV. Courbe d'étalonnage de Plomb

$$Y=ax+b : \quad a= 0,01156 \quad ; \quad b= 0,00124 \quad ; \quad R^2= 0,99844$$

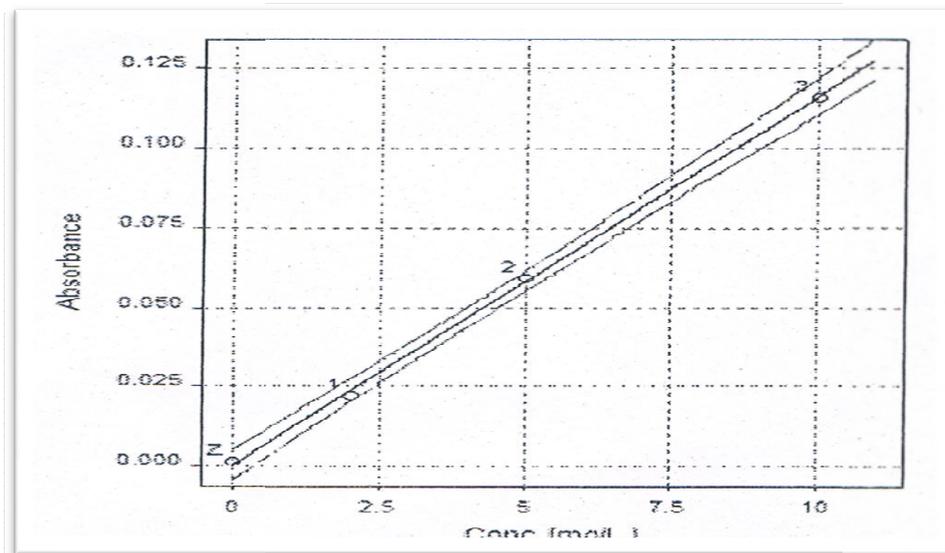


Figure n°4 : la courbe d'étalonnage de sédiment et deux échantillons d'eau

## V. Courbe d'étalonnage de Cadmium

$$y = ax + b : \quad a = 0,24405 \quad ; \quad b = 0,000736 \quad ; \quad R^2 = 0,99470$$

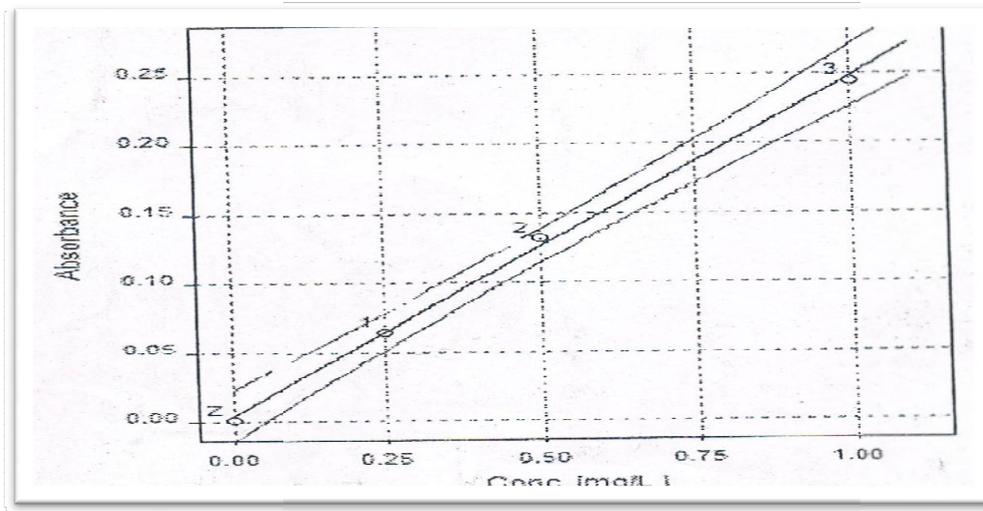


Figure n°5 : la courbe d'étalonnage de sédiment et deux échantillons d'eau.

## VI. Courbe d'étalonnage de Fer,

$$y = a x + b \quad a = 0,0175 \quad ; \quad b = 0,002135 \quad ; \quad R^2 = 0,98797$$

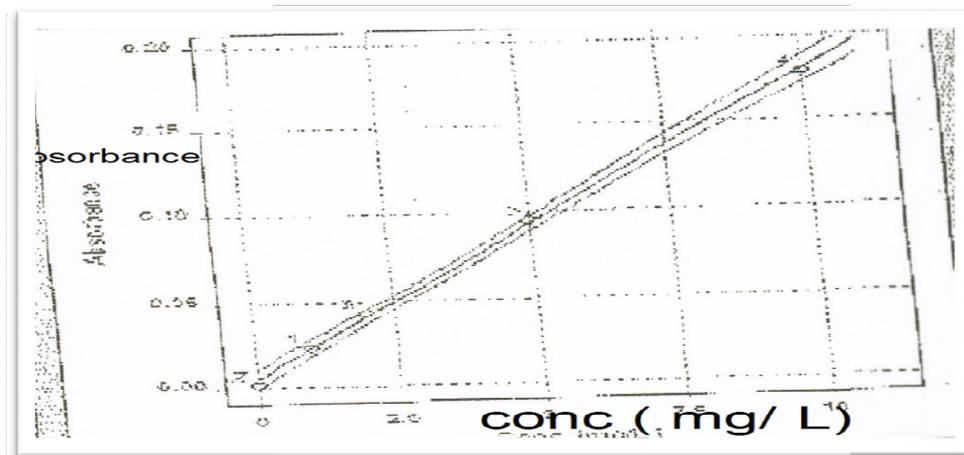


Figure n°6 : la courbe d'étalonnage de sédiment et deux échantillons d'eau.

### VII. Courbe d'étalonnage de Chrome

$$y = ax+b \quad a=0,0759 \quad ; \quad b=0,001682 \quad , \quad R^2=0,99901$$

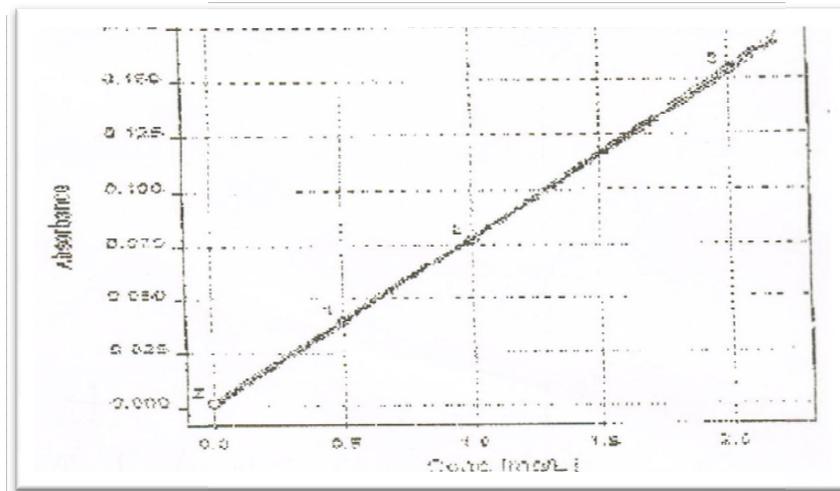


Figure n°7 : la courbe d'étalonnage de sédiment et deux échantillons d'eau.

### VIII. Courbe d'étalonnage de Zinc

$$y = ax+b \quad a=0,21048 \quad ; \quad b=0,00028 \quad ; \quad R^2=0,99691$$

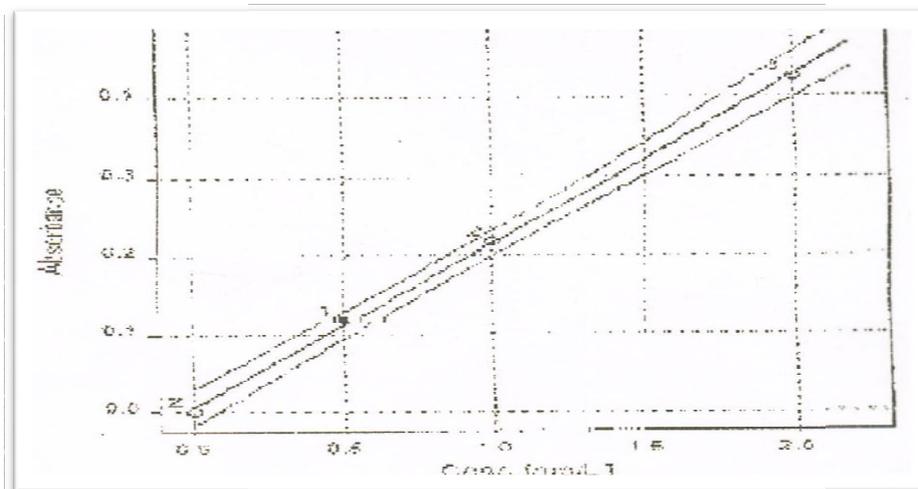


Figure n°8 : la courbe d'étalonnage de sédiment et deux échantillons d'eau.



1- Dispositif d'agitation pour l'essai de lixiviation



2- centrifugeuse



3-L'appareil de la SAA



4- Les flammes



5- Le thermo-réacteur



6- Spectrophotomètre



7-Turbidimètre



8- pH-mètre



9- Conductimètre



# *Bibliographie*

- [1] –J.B. LEROY ; la pollution des eaux ; 4<sup>e</sup> Edition, 1999 Paris. ISBN : 2130445497.
- [2] –Article Honoria ; La Pollution Des Eaux Superficielles Et Des Nappes Phréatiques ; volume 10 Pages ; 11 Mars 2015.
- [3] -La qualité de l'eau ; Agence de l'eau : SEINE- NORMANDIE.
- [4] -J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET; L'Analyse de l'eau ;Dunod ; 9e édition;2009 Dunod Paris, 1959, pour la 1re édition.
- [5]-T.D.HUYNH ; Impact des métaux lourd sur l'interaction plante /ver de terre / microflore tellurique ; Thèse ; - Université de Paris ; 12/12/2009 ; page 16.
- [6]-BELABED. B ; la pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba «Sources de contamination des écosystèmes aquatiques; La thèse ; université Badji- Mokhtar – Annaba-2010.
- [7]- BARKAI.O, N. L. EKENGELE et O. A. D. BALLA ; Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang ; Département des Sciences de la Terre, Université de N'Gaoundéré, Région de l'Adamaoua, Cameroun.
- [8]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
<http://www.lenntech.fr/périodique/éléments/Cr.htm>
- [9]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
«<http://www.lenntech.fr/data-perio/Pb.htm>
- [10]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS  
«<http://www.lenntech.fr/data-period/Cd.htm>
- [11]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
<http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/Ni.htm>.
- [12]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
«<http://www.lenntech.fr/périodique/éléments/Mn.htm>.

[13]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
«<http://www.lenntech.fr/périodique/éléments/Fe.htm>.

[14] - [Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
<http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/Zn.htm>

[15]-Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V. All rights reserved; Lyon 2014; PARIS.  
«<http://www.lenntech.fr/data-périodique/Cu.htm>

[16]-Bremond.R et Vuichard R; Paramètres de la qualité des eaux ; Ministère de la protection de la nature et de l'environnement ; SPEPE, Paris, 1973, 179 p

[17]–MEKHALFI. F ; Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, mémoire de magister, université SKIKDA.

[18]-Centre d'Expertise en Analyse Environnementale Du Québec., 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.1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, 2013, 16 p.

[19]-Introduction aux Hydrocarbures;Rappel de théorie ; support de formation ; cours exp-pr-rt030 - révision 0.1.

[20]-CRINI.G, BABOT.P.M ; Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, procédés membranaires, bio-adsorption et oxydation chimique; université de franche; 2007 ; ISBN 978-2-84867-197-0

[21]-Centre D'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, Détermination des huiles et des graisses dans les eaux : méthode gravimétrique, MA. 415 – HGT 2.0, 2011.

[22]–ROUIDI.S ; Evaluationde la contamination par les Hydrocarbures des sédiments superficiels (fluviaux et marins) de la région de Skikda analyse statistique » ;thèse de doctorat; université Badji Mokhtar – Annaba – Alger 2014.

[23]-POINARD.J ; Mise en point d'un protocole pour l'analyse des hydrocarbures totaux dans l'eau ; université pierre et marie curie, Ecole des mines de paris et Ecole nationale de génie Rural des eaux et des forêts ; 26/09/2008.

[24] -John Lynch ; Analyses physico-chimique des catalyseurs industrie.

[25]-D.A. SKOOG ; F. J. HOLLER ; T.A.NIEMAN ; Principes d'analyse instrumentale ; de Boeck Diffusion s.a ; 2003.

[26] -F. Rouessac et A. Rouessac ; Analyse Chimique ; DUNOD ; 6ème Edition ; Paris 2004.

[27] -F. Rouessac et A. Rouessac ; Analyse Chimique ; DUNOD ; 7ème Edition ; Paris 2009.

[28]-FLAJNIK. C, DELLES. F; Evaluation of Deuterium and Zeeman Background Correction with the Presence of Spectral Interferences Determinations of Arsenic in an Aluminum Matrix and Selenium in an Iron Matrix by GFAAS. Agilent Technologies. 1995 AA119. 7p.

[29]-PINTA. M, DE KERSABIEC .A.M, RICHARD.M.L; Possibilités d'exploitation de l'effet Zeeman pour la correction d'absorptions non spécifiques en absorption atomique, V. 10, N° 5, D. 207 à 215 ; 1982.

[30]-LINDEN ; Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, volume 2. Tech. & Doc. /Lavoisier. 1993. 510p. ISBN: 978-2852065987.

[31]-N. J.RENAULT ; développements analytiques: micro-capteurs électrochimiques pour le suivi in-situ des contaminants, Laboratoire IFOS, Ecole Centrale de Lyon, 69134 ECULLY Cedex (France) Reçu le, 06 Janvier 2003, Accepté le 16 Mai 2003.

[32]-M-P. BASSEZ ; Chromatographie en phase gaz ;<http://chemphys.ustrasbg.fr/mpb>.

[33]-Mode opératoire - Qualité de l'eau : Détermination de l'indice hydrocarbure par extraction au solvant et chromatographie en phase gazeuse (MO-AUI-E30) ; version01 ; DTD ; SONATRACH.

**[34]** - CAMARA. S, BANGOURA. K, MAGASSOUBA. M, Condé. N. Bah H: Bulletin du CERESCOR, N°1.2 Conakry laboratoire hydrochimie, oct.1998.

**[35]** -JEAN RODIER avec la collaboration de : BAZIN, J.-P.B.ROUTIN et al. ;L'analyse de l'eau- eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ;DUNOU ; 8<sup>e</sup>Édition ; Paris, 1996 ; page 5 à 735.

**[36]** -ALLOUIS, MEKHNACHE.D ;Techniques de préparation de sédiments pour l'extraction des métaux lourds ;Mémoire fin de cycle : promotion 2010 -page 43.

**[37]** - JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26 ; 24 Rabie El Aouel 1427 ; 23 avril 2006.

## **Résumé**

Les eaux usées, si elles étaient rejetées dans le milieu sans traitement, pollueraient gravement l'environnement. En effet, certaines eaux usées contiennent une charge polluante importante. C'est pourquoi la réglementation impose des normes de rejet, dans les eaux superficielles suivant différents types de dispositifs d'épuration et de rejets.

L'objectif de notre travail consiste à déterminer le degré de pollution des eaux d'oued Sghir issus de Terminal Marin de Bejaia par différentes techniques d'analyses.

Les résultats des analyses physicochimiques, des éléments minéraux et les matières organiques de ces eaux résiduaires et sédiments ont montrés une forte et irrégulière pollution qui est préjudiciable pour le milieu récepteur. La norme OMS et Le décret de JORAD sont souvent dépassées pour la majorité des paramètres étudiés.

## **Abstract**

Wastewater, if released into the environment without treatment, seriously pollute the environment. Indeed, some waste water contains a significant pollutant load.

This is why the regulations impose emission standards, surface water following different types of cleaning systems and releases.

The aim of our work is to determine the degree of pollution of river waters Sghir from Terminal Marin Bejaia by various analytical techniques.

The results of physicochemical analyzes, minerals and organic matter components of these waste water and sediments have shown a strong and irregular pollution that is damaging to the receiving environment. The standard Oms et Decree of Jorad are often exceeded for most of the parameters studied.