

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1995-سكيدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement.

Spécialité: Ecologie des Milieux Naturels.

Intitulé :

Suivi la qualité des eaux du littoral Est algérien (wilaya de
Skikda)

Présenté Par :

- + Djekrif amel.
- + Djareddir ahlem.
- + Djefal amira.

Membre de Jury:

HADJOUJJA, N (MCB)	Président	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
MOHAMED BEN ALI .R. (MAA)	Promoteur	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda
BOUKEHLA, A (MCA)	Examineur	Univ. Du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

Avant tout, nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions en premier notre encadreur Med Mohamed Ben Ali Rym. Qui n'a cessé de nous prêter son soutien scientifique et moral depuis qu'il a accepté de diriger ce travail. Nous le remercions pour sa gentillesse et ses conseils judicieux tout long de cette période et nous le prions de jamais lui exprimer notre reconnaissance.

Nous remercions ensuite l'ensemble des membres du jury, qui ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention notre travail : madame Fekrache .F et madame Hadjoudja. N.

Nous remercions aussi les professeurs de l'université de 20 AOUT 1955 SKIKDA, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Enfin, nos vifs remerciements au Mr Bouchama Fateh, Mr Ghenai Fethi, Mr Haroune pour leurs chaleureux accueils au sein du laboratoire du complexe RA2K Sonatrack, Skikda, un grand merci pour ses conseils et ses remarques.

DEDICACES

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect,
la reconnaissance...*

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce thème...

*A mon très cher père l'homme le plus parfait dans le monde que dieu
ait pitié de lui, le secret de ma réussite et mon grand exemple qui a
rêvé toujours de me voir heureux.*

*A la lumière de mes de mes jours, la source de mes efforts, la femme de
mon cœur, ma vie et mon bonheur, ma mère à qui je souhaite une
longue vie pleine de bonheur et de santé.*

*A ma deuxième mère, au cœur le plus gentil et à la femme la plus
merveilleuse, à la bien-aimée de mon cœur et à la lumière de mes
yeux, pour se réjouir de ma joie et pleurer de ma peine, ma tante bien-
aimée Fadila.*

*A mes très chères sœurs qui ont été toujours à mes côtés : safaa ma
première encouragement ma belle inspiration, pour leur soutien.*

A mes très chers frères : Alaa dîn et Houssam dîn.

*À ma chère tante Hayat et son mari, dans les veines de mon cœur,
Samah, Doaa, Heba Al-Rahman, Zain Al-Din.*

A ma chère tante Malika et Saïda.

A ma chérie et amie d'enfance Fatima.

A mon grand-père et ma grand-mère.

A mes petits Lina, Batool, Elaine.

A mes chers oncles Hicham, Saleh.

À mon ami bien-aimé et âme sœur, à mon soutien, Ahlem.

A ma chère amie Amira.

A toute ma grande famille.

Amel

DEDICACES

J'aimerais en premier lieu remercier mon dieu ALLAH qui m'a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, à mon très cher père Abd El Hamid tout ce qu'il a fait pour moi, par leur soutien moral et matériel, leur encouragement, pour ça patience.

A ma très chère mère Fouzia celle qui m'a transmis la vie, le courage, et l'amour pour leur soutien, pour ça tendresse, et pour l'encouragement qu'elle a me donnée pendant mon parcours.

A mes très chères sœurs : Chaïma, Nour El Houda, Khouloud et Malak.

A mes très chers frères : Abd Samia et Amir.

A tous ma famille et mes très chères amies : Chourouk, Ibtissam, Anfel et Ibtissam. Pour leur soutien.

A mes chers collègues : Amel et Ahlem.

A tous ceux et celles qui m'ont encouragé, entourés de leur soutient durant les moments difficiles avec tant d'amour et de compréhension.

Amira

DEDICACES

*Avant tout, je remercie notre dieu, **ALLAH**, le Miséricordieux,
l'Unique,*

Le Puissant ... pour sa protection et son guide.

Je dédie ce mémoire

*A mes très chers parents **Mohamed** et **Derbal kheira** qui ont été
présents à chaque étape,*

*Qui par leur bonne volonté, leur patience, leurs conseils pertinents,
leur assistance, m'ont aidé et m'ont soutenue tant sur le plan moral
que financier pour voir se réaliser un de leurs vœux les plus chers.*

*J'aimerais vous remercier pour votre confiance en moi, votre
encouragement, pour tous les efforts et les sacrifices que vous avez
faits pour que je devienne ce que je suis. Puisse Dieu vous préserver en
bonne santé et vous accorder bonheur et longue vie.*

*A mes chers frères **Youcef**, **Bilal** et **Ismail** et A ma très chère sœur
Asma.*

*A ma très chère cousin, ma deuxième sœur et amie d'enfance
Khouloud.*

Pour votre encouragement et votre présence morale

Je vous souhaite un grand avenir et une vie prospère et rayonnante.

*À mes deux chères tantes **Salha** et **Souad**.*

*A mon oncle maternel **Khaled**, A mon seul oncle **Ahcen**.*

A la mémoire de mes grands-pères et mes grandes mères.

*À ma moitié, mon âme sœur, à mon soutien, **Amel**, merci pour ta
présence dans ma vie.*

*A ma chère amie **Amira**.*

*Merci à tous ceux que je n'ai pas cités ici mais à qui je pense quand
même.*

***Ahlem**.*

Résumé

Cette présente étude consiste à évaluer la qualité des eaux côtières au niveau du littoral de Skikda. Cette étude est basée sur l'analyse des paramètres physico-chimiques, le dosage des métaux lourds (Fe, Pb), ainsi que l'appréciation de la contamination par les hydrocarbures sur des échantillons d'eau de mer prélevés dans sept sites durant trois mois, février, mars et avril 2023.

Les résultats des paramètres d'analyses d'eau de mer ont montré des résultats spatio-temporels variés mais restent dans les normes pour les paramètres, Température, pH, oxygène dissous et nitrate en revanche ces eaux côtières se caractérisent par une conductivité électrique importantes ce qui explique une forte minéralisation, une nature très dure, ainsi qu'une turbidité forte et une teneur en matière en suspension importante au sein des sites (port de pêche et plage Saf_Saf).

Il ressort du dosage des métaux lourds, que les sites étudiés ne présentent pas une contamination par le Fer et le Pb. Ainsi que les variations des hydrocarbures Totaux de ces eaux côtières ne dépassent pas les normes Algérienne.

Mots clés : Eaux côtières, qualité, métaux lourds, hydrocarbures, Skikda.

Abstract

This study aims to assess the quality of coastal waters in the Skikda littoral area. The study is based on the analysis of physico-chemical parameters, heavy metal determination (Fe, Pb), and the assessment of hydrocarbon contamination in seawater samples collected at seven sites during three months, February, March, and April 2023.

The results of the seawater analysis parameters showed spatial and temporal variations but remained within the standards for temperature, pH, dissolved oxygen, and nitrate. However, these coastal waters are characterized by high electrical conductivity, indicating high mineralization and hardness. Additionally, they exhibit high turbidity and significant suspended matter content within the sites (fishing port and Saf_Saf beach).

The analysis of heavy metals revealed that the studied sites do not present contamination by iron (Fe) and lead (Pb). Furthermore, the variations in total hydrocarbons in these coastal waters do not exceed Algerian standards.

Keywords : Coastal waters, quality, heavy metals, hydrocarbons, Skikda.

ملخص

هذه الدراسة الحالية تهدف إلى تقييم جودة المياه الساحلية على طول الساحل في سكيكدة. تستند هذه الدراسة إلى تحليل المعلمات الفيزيكيو كيميائية وقياس المعادن الثقيلة (الحديد، الرصاص)، بالإضافة إلى تقدير التلوث بالهيدروكربونات في عينات ماء البحر التي تم جمعها من سبعة مواقع خلال ثلاثة أشهر، في شباط (فبراير) وآذار (مارس) ونيسان (أبريل) 2023.

أظهرت نتائج تحليل معلمات ماء البحر نتائج متنوعة من حيث المكان والزمان، ولكنها تبقى ضمن المعايير المقبولة بالنسبة للمعلمات مثل درجة الحرارة والحموضة والأكسجين المذاب والنترات. ومع ذلك، تتميز هذه المياه الساحلية بتوصيلية كهربائية عالية مما يشير إلى تعدين قوي وطبيعة صلبة للغاية، بالإضافة إلى اضطراب شديد في العكارة وارتفاع في تركيز المواد العالقة في المواقع (ميناء الصيد وشاطئ صاف صاف).

ومن خلال تحليل المعادن الثقيلة، فإن الأماكن المدروسة لا تظهر تلوثاً بالحديد والرصاص. ولا تتجاوز تباينات الهيدروكربونات الكلية في هذه المياه الساحلية المعايير الجزائرية.

كلمات مفتاحية: المياه الساحلية، الجودة، المعادن الثقيلة، الهيدروكربونات، سكيكدة.

Titre	page
Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographiques (La pollution marine)	
I. Introduction.	3
I.1. Les types des polluants.	3
I.1.1. Les macros polluantes.	3
I.1.2. Les micros polluants.	3
I.2. La pollution marine.	4
I.2.1. Définition.	4
I.2.2. Les types de la pollution marine.	4
I.2.2.1. Pollution physique.	4
I.2.2.2. Pollution thermique.	5
I.2.2.2.1. Pollution par eutrophisation.	5
I.2.2.2.2. Pollution par les eaux usées.	5
I.2.3. Pollution radioactive.	5
I.2.4 La pollution biologique.	5
I.2.4.1 Les marées vertes et rouges.	6
I.2.5. La pollution chimique.	6
I.2.5.1. La pollution par les hydrocarbures.	6
a. Définition.	6
b. La composition chimique des hydrocarbures.	6
c. Les impacts des hydrocarbures.	6
I.2.5.2. Pollution par les métaux lourds.	7
a. Définition.	7
b. Classification des métaux lourds.	7
❖ Les métaux essentiels.	7
❖ Les métaux toxiques.	7

c. Origine des métaux lourds.	8
❖ Origine naturel.	8
❖ Origine anthropique.	8
d. Les métaux lourds dans le milieu marin.	8
e. La toxicité des métaux lourds.	9
I.2.5.3. Les métaux étudiés.	9
I.2.5.3.1. Le fer	9
a. Généralité.	9
b. Propriété du Fer	9
c. Toxicité du Fer.	10
I.2.5.3.2. Le plomb.	10
a. Généralité.	10
b. Le comportement du plomb dans l'eau.	11
c. La toxicité du Plomb.	11
I.3. Les sources de la pollution marine.	12
I.3.1. Source agricole.	12
I.3.2. Source domestique.	12
I.3.3. Source industriel.	12
a. Eau à caractère minéral dominant.	12
b. Eau à caractère organique dominant.	13
c. Eau à caractère caractéristiques mixtes.	13
Chapitre II : Matériels et méthodes	
II. Présentation de la zone d'étude.	14
II.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda.	14
II.2. Climatologie	14
II.3. Hydrographie	14
II.4. La zone côtière	15
II.5. Choix des sites d'échantillonnages	15
II.6. Caractéristiques générales des sites étudiés	16
➤ Site 1 : Port de pêche de Collo	16
➤ Site 2 : Plage Lebrarak	16
➤ Site 3 : Plage MOLO	17
➤ Site 4 : Plage BIKINI	17
➤ Site 5 : L'îlot des chèvres	18

➤ Site 6 : Plage Saf-Saf	18
➤ Site 7 : El Marsa, plage El Remila	20
II.7. Protocole d'échantillonnage	20
II.8. Méthode et période d'échantillonnage	21
II.9. Méthodes et paramètres d'analyse	23
II.9.1. Matériels utilisés	23
II.9.2. Mesures des paramètres physico-chimiques	24
II.9.2.1. Mesure in situ	24
a. La Température	24
II.9.2.2. Mesuré au niveau de laboratoire	25
a. Potentiel d'hydrogène (PH)	25
b. Détermination de la conductivité électrique (EC)	26
c. La turbidité	27
d. Les matières en suspension (MES)	27
e. Détermination de l'oxygène dissous OD	29
f. La dureté (TDS)	30
g. Les hydrocarbures	30
h. Détermination des Nitrates NO ₃ ⁻	31
i. Détermination du Plomb	32
j. Détermination du Fer	34
Chapitre III : Résultats et discussion	
III. Résultats physico_ chimiques des eaux côtières	36
III.1. La température	36
III.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	37
III.3. La conductivité électrique	38
III.4. Oxygène dissous	39
III.5. Total solide dissous (TDS)	40
III.6. La turbidité	41
III.7. La matière en suspension	42
III.8. Nitrate (NO ₃)	43
III.9. Le plomb (Pb)	44
III.10. Le fer (Fe)	45
III.11 Les hydrocarbures	46
Conclusion	49

Tables des matières

Références Bibliographiques

/

Liste des tableaux

Titre	page
Tableau N° 1 : Caractéristiques de Fe	09
Tableau N° 2 : Les caractéristiques physico-chimiques du Plomb	11
Tableau N°3 : les sites et les dates de prélèvement et types d'analyses	22
Tableau N°4 : Les appareillages et les paramètres mesurés	24
Tableau N°5 : Comparaison des teneurs des hydrocarbures totaux dans les eaux littorales à proximité de nos zones d'étude, obtenues antérieurement	48

Liste des figures

Titre	page
Figure N° 1 : carte de localisation et des limites de la wilaya de Skikda.	14
Figure N°2 : carte du réseau hydrographique de la wilaya de Skikda.	15
Figure N° 3 : Carte de localisation des points des échantillonnages. (Google Earth, 2023).	15
Figure N°4 : Le point de prélèvement, (14/02/2023).	16
Figure N°5 : le point de prélèvement, (14/02/2023).	17
Figure N°6 : Le point de prélèvement.	17
Figure N°7 : Le point de prélèvement plage BIKINI, (13/02/2023).	18
Figure N°8 : Le point de prélèvement, L'ilot des chèvres. (photo personnelle).	18
Figure N°9 : Le point de prélèvement, plage Saf-Saf. (photo personnelle).	19
Figure N°10 : Image satellite, plage Saf-Saf. (Google Earth,2023).	19
Figure N° 11 : Le poin de prélèvement plage EL REMLA. (07/04/2023).	20
Figures 12 : Etiquetage des échantillons.	21
Figure N° 13 : Les matériels utilisés.	23
Figure N°14 : Le Thermomètre utilisé, pour la Mesure in situ.	25
Figure N° 15 : PH-Conductimètre.	26
Figure N° 16 : Turbidimètre.	27
Figure N° 17 : Spectrophotomètre.	28
Figure N°18 : Appareil de détermination des hydrocarbures dans l'eau.	31
Figure N°19 : Réactifs d'analyse de pb.	33
Figure N°20 : Réactifs d'analyse du Fe.	34
Figure N°21 : variations spatio-temporelles de la température de l' mer.	36
Figure N°22 : variations spatio-temporelles de pH de l'eau de mer.	37
Figure N°23 : variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau d' mer.	38
Figure N°24 : variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous de l'eau d' mer.	39
Figure N°25 : variations spatio-temporelles de la dureté totale de l'eau de mer.	40
Figure N°26 : variations spatio-temporelles de la turbidité de l'eau de mer.	41
Figure N°27 : variations spatio-temporelles de la matière en suspension de l'eau de mer.	42
Figure N°28 : Variation spatio-temporelle de nitrate dans l'eau de mer.	43

Liste des figures

Figure N°29 : Variation spatio-temporelle du plomb dans l'eau de mer.	44
Figure N°30 : Variation spatio-temporelle du fer dans l'eau de mer.	45
Figure N°31 : Variations spatio-temporelle des hydrocarbures Totaux dans l'eau de mer.	46

Liste des abréviations

- % : Pour Cent.
- ° : Degré.
- C° : Degré Celsius.
- Ca²⁺ : Calcium.
- K⁺ : Potassium.
- Na⁺ : Sodium.
- NO₃⁻ : Nitrate.
- T° : Température.
- µg : Microgramme.
- µm : Micromètre.
- µS : Micro siemens.
- Ar : Masse Atomique.
- As : Arsenic.
- ASTM : American Society for Testing and Materials.
- CaCO₃ : calcium de carbonate.
- CaSO₄ : calcium de sulfate.
- CE : Conductivité électrique.
- Cd : Cadmium.
- cm : centimètre.
- cm³ : centimètre cube.
- Co : Cobalt.
- Cr : Chrome.
- Cu : Cuivre.
- E : Est.
- Fe : Fer.
- g : gramme.
- Mg²⁺ : Magnésium.
- GL1K : Complexe de Liquéfaction de Gaz.
- H : Hydrogène.
- HCL : Acide chlorhydrique.
- Hg : Mercure.
- H₂ S : Sulfure d'hydrogène.
- IR : Infra Rouge.
- Km : kilomètre.

Liste des abréviations

- **l** : Litre.
- **m** : Mètre.
- **MES** : Matière en suspension.
- **mg** : Milligramme.
- **min** : Minute.
- **ml** : millilitre
- **mm** : Millimètre.
- **Mo** : Molybdène.
- **ms** : Mili Siemens.
- **N** : Nord.
- **Na₂ So₄** : Sulfate de sodium.
- **NTU** : Unité de turbidité néphélométrie.
- **Ni** : Nickel.
- **OD** : Oxygène dissous.
- **Pb** : Plomb.
- **PbCl₂** : Plomb de chlorure.
- **PbCO₃** : plomb de carbonates.
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **Ppm** : parties par million.
- **RA2K** : Raffinerie de Skikda, Complexe topping de Condensat.
- **S** : Siemens.
- **Sb** : Antimoine.
- **Se** : Sélénium.
- **TDS** : Dureté.
- **Ti** : Titane.
- **V** : Vanadium.
- **Z** : Numéro Atomique.
- **Zn** : Zinc.

Introduction

Introduction

Le milieu aquatique constitue près de 71% de la superficie de la terre, et l'équilibre de notre planète en dépend fortement. La pollution de ce milieu risque de provoquer de grands dégâts écologiques (perturbation de cycles biogéochimiques, carence en eau, extinction de certaines espèces, etc.) [1].

Dans le milieu aquatique, de nombreuses substances toxiques générées par les activités humaines sont quotidiennement déversées. Les contaminants majeurs sont regroupés en plusieurs familles dont les plus importantes sont les hydrocarbures, les métaux lourds, les polychlorobiphényles et les pesticides. [1].

La pollution des eaux littorales, constitue des aspects majeurs du déséquilibre des milieux aquatiques on distingue trois type de pollution, physique, chimique et biologique, cette pollution est liée aux rejets industriels, aux eaux usées d'origine urbaine, et industriel a l'emploi des pesticides et des engrais dans l'agriculture il s'y ajoute la pollution exponentielle aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport. [2]. [3].

Les zones côtières sont très importantes pour la vie des océans, c'est elles qui filtrent et transforment les nombreux déchets et polluants que nous rejetons. Ce sont aussi des lieux de reproduction, des nurseries et des zones d'alimentation pour l'homme et pour de nombreuses espèces marines, et elles méritent donc à ce titre d'être protégées. [4]. En Algérie, l'organisation d'une surveillance du milieu marin est devenue une nécessité. En effet, la côte algérienne s'étend sur 1550 km. La zone littorale représente 1,9% de la superficie globale du pays, qui compte à elle seule près de 40% de la population totale. [5].

À l'instar du reste des espaces côtiers méditerranéens, le littoral algérien est soumis aux pressions croissantes des activités anthropiques et aux changements globaux, engendrant des impacts négatifs tant sur le milieu côtier que sur les activités socioéconomiques qui en dépendent la pêche ou le tourisme. [6].

Skikda est une ville industrielle et portuaire et un pôle économique par excellence qui se base en général sur la production des hydrocarbures, c'est une image réduite d'une Algérie industrielle. Mais malheureusement cette situation bénéfique sur le plan économique a engendré beaucoup de méfaits sur les citadins et sur la ville elle-même. La pollution est un phénomène qui caractérise la ville de Skikda, surtout la pollution marine qui occupe le fil d'actualité de nos jours, puisque elle est la cause principale du réchauffement climatique de la planète et de la destruction de l'écosystème

Introduction

marin. La combinaison entre la pollution marine et les émissions de gaz à effet de serre, engendre des dangers considérables sur la faune et la flore marine. [7].

L'objectif de cette étude est d'établir un bilan de la qualité du milieu marin. Notre recherche est basée sur le suivi des paramètres physico-chimiques des eaux côtières, et l'estimation des teneurs des métaux lourds (Pb, Fer) et les hydrocarbures des sept sites du littoral orientale algérienne en particulier sur l'état de Skikda est depuis cote d'El MARSJA jusqu'à l'ouest cote de Collo.

A cet effet le présent manuscrit s'articule en trois chapitres :

- ✓ Le **Chapitre I**, représente une synthèse bibliographique, concerne des généralités sur la pollution marine et les contaminations chimiques par les métaux lourds, les hydrocarbures.
- ✓ Le **chapitre II**, est consacré aux **Matériels et méthodes**, qui concernent la description de notre zone d'étude. Ainsi les divers prélèvements d'échantillonnages, et décrit les méthodes et techniques utilisées au cours de ce travail, à savoir l'analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de mer étudiées.
- ✓ Le **chapitre III**, est consacré à l'interprétation et la discussion des résultats obtenus pour les différents paramètres mesurés et déterminés.

Et enfin une conclusion générale résumera l'essentiel du travail effectué.

Chapitre I

Généralités

I. Introduction

Le terme pollution existe depuis longtemps et se définit comme le résultat de l'introduction ou la présence d'un agent polluant et de ses effets dans un environnement donné. Le terme altéragène lui-même a un sens large, ou tous les facteurs qui provoquent un changement environnemental. Il peut s'agir de l'introduction de certains produits chimiques nocifs pour certain espèce ou pour toutes les espèces, de modification de certain paramètre physique comme la température, ou encore de l'introduction de vibration, radiation virales, de bactéries. [8].

Ramade 2000, donne une définition plus stricte du terme : « toute modification du Flux d'énergie, de l'intensité du rayonnement, de la concentration de constituants chimiques naturels ou de l'introduction de produits chimique artificiels dans la biosphère constitue une pollution. [9].

I.1. Les types des polluants

Le Polluant, tout agent physique, chimique ou biologique d'un système hydrologique qui, du fait de sa concentration dans l'eau, perturbe le bon équilibre de l'écosystème et réduit la possibilité d'usage de l'eau. [10].

Le comportement d'une substance dans l'environnement est difficile car cela dépend à appréhender car il dépend de ses propriétés et de la nature du milieu dans lequel on le trouve. Par exemple, sa capacité à pénétrer dans l'atmosphère dépend de sa volatilité et de sa solubilité dans l'eau. [10].

I.1.1. Les macros polluantes

Ce sont des molécules naturellement présentes dans l'environnement à des concentrations différentes de celles habituellement observées, qui conduisent à une cinétique accrue des réactions biochimiques. [11].

I.1.2. Les micros polluants

Produit actif minéral ou organique susceptible d'avoir une action toxique à des concentrations infimes (de l'ordre du $\mu\text{g/l}$ ou moins). [11].

Les micropolluants sont susceptibles de contaminer différents compartiments eau/air/sol car ils sont directement introduits dans l'écosystème lui-même. [11].

Les mécanismes de transfert de ces polluants des zones de rejet et de traitement vers le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines concernent leur cycle de vie et le cycle de l'eau. [11].

De par leur nature même, les traces de contaminants sont dangereuses. Intensité et La durée de leur présence dans l'eau (facteur d'exposition) détermine le risque pour le milieu aquatique et les écosystèmes, ainsi que pour la santé humaine. [11].

En raison de leur impact sur l'environnement, ces polluants font de plus en plus l'objet d'une surveillance régulière. Cependant, leur détection dans les cours d'eau est difficile en raison de la diversité des substances, de la variabilité des pollutions et de leur Faible concentration. [10].

I.2. La pollution marine

I.2.1 Définition

La pollution marine est défini, comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, de matière d'énergie, y compris de source sous-marine d'origine humaine, qui est susceptible de causer des effets néfastes sur les ressources, les organismes et les écosystèmes marines. Entraînant une perte de la biodiversité, une atteinte à risque pour la santé humaine, obstacles aux activités en mer, et notamment la pêche, le tourisme et les loisirs, et autres utilisation de la mer, détérioration de la qualité de l'eau du point de son utilisation et réduction de la valeur favorable des eaux pour le milieu marin. [12].

I.2.2. Les types de la pollution marine

I.2.2.1. Pollution physique

La pollution physique représente les éléments solides transporter par l'eau, qui se répartissant en plusieurs catégories selon leur nature et leur taille, telle que : particule de carbone, silice, sable et limon provenant d'effluents industriels ou d'eau de chantier. [13].

Lorsque la structure physique du milieu marin est modifiée par divers facteurs, on parle de pollution physique. Il peut s'agir du rejet d'eau douce, qui va réduire la salinité d'un lieu (via une centrale hydroélectrique), du rejet d'eau de chauffage ou de refroidissement (via une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquéfié), de rejet liquide ou solide qui modifie la turbidité du milieu Substance (boue, limon, encombrant, etc.) qui est une source radioactive. [14]. [15].

Or, le rejet de chaleur dans l'environnement constitue aujourd'hui une forme de pollution physique du milieu naturel susceptible de provoquer de véritables bouleversements, puisque d'un point de vue écologique il existe un paramètre fondamental, à savoir la température ambiante. Cependant, dans certains pays industrialisés, les températures en aval des centrales électriques

peuvent augmenter jusqu'à 7 à 8 °C, entraînant des changements radicaux dans les biomes aquatiques et leur fonctionnement. [16].

I.2.2.2. Pollution thermique

Le terme pollution thermique désigne une augmentation ou une diminution de la température de l'eau par apport à une activité humaine typique, qui aura un impact sur la vie aquatique. La contamination étant diffuse et imperceptible, elle n'est pas toujours perçue comme une véritable pollution. Ce type de pollution est provoqué par les rejets d'eau chaude des systèmes de refroidissements, des centrales électriques conventionnelle ou des centrales nucléaires. [17].

I.2.2.2.1. Pollution par eutrophisation

Le terme « eutrophisation » fait référence à la sur fertilisation de l'eau due à un apport important de composés phosphorés et azotés provenant des déchets domestique et industriel ainsi que L'activité agricole. Ces mélanges favoriser la croissance des micros et grandes algues qui constituent la première couche de la majorité des chaînes alimentaires marine (phytoplancton). Ils exercent une pression bien supérieure à celle des organismes aquatiques qui suffoquent. Selon cette étude l'accumulation des plantes qui produisent de grande quantité de nutriment d'origine végétal et à l'origine de l'eutrophisation, qui est généralement un phénomène très lent. [18].

I.2.2.2.2. Pollution par les eaux usées

Les eaux usées, sont les eaux résiduaire de l'industrie ou de la communauté, qui sont destiné à être jetés après utilisation. Ce sont des eaux qui en perdu leur pureté originale à cause d'un usage industriel ou domestique et sont devenues impropres à d'autre usage de haute qualité. L'eau usée ne doit pas être rejetée en grand quantité dans l'environnement avant d'être traitée, pour éliminer les polluants indésirables en passant par une station d'épuration. [19].

I.2.3. Pollution radioactive

Cela implique le rejet international ou non international donne l'environnement par les activités humaines de substance radioactive qui pourraient mettre en danger la santé humaine endommager les ressources biologiques, les écosystèmes ou les biens matériels, ou interférer avec l'utilisation licite de l'environnement. [20].

I.2.4. La pollution biologique

La présence de micro-organismes pathogène dans l'eau de mer, tels que l'œuf parasite (ténia, ascarides, trichocéphales), les bactéries typhoïde, tuberculose, choléra, les champignons pathogène

(candida), les leptospires pathogènes, et divers virus pathogène (poliovirus, hépatite, entérovirus), peut être un indicateur général de la pollution biologique. [21].

Cette contamination peut être causée par le rejet de diverses substances organiques fermentescibles dans les eaux continentales à partir de diverses sources (eaux usées urbaines, fumier, industrie, élevage, etc.) et entraîne une contamination bactérienne sévère. Dans de nombreux cas, elle pose de graves problèmes de santé publique : la qualité de l'eau potable, la santé des plages, et ces problèmes ne se limitent pas aux pays du tiers monde. L'expansion de la contamination microbienne des eaux continentales et côtières a entraîné une résurgence de maladies pathogènes (E. coli, hépatites, entérovirus, etc.). [16].

Il peut également s'agir de l'introduction d'espèces marines (ex. caulerpa : *Caulerpa taxifolia*) dans des zones où elles ne sont normalement pas présentes mais ont un impact significatif. [15].

I.2.4.1. Les marées vertes et rouges

Les termes « marées vertes » et « marées rouges » désignent respectivement la prolifération des algues marines, souvent appelées laitue de mer, pour la première, et du dinoflagellé (phytoplancton) pour le dernier

Il s'agit d'une réponse biologique typique à un environnement marin saturé en nutriments qui pourrait entraîner l'asphyxie de l'environnement. Outre le fait que ces algues pouvant produire des zones mortes ou dégager des gazes, dans du sulfure d'hydrogène (H_2S), qui pouvant être mortels pour l'homme. [19].

I.2.5. La pollution chimique

Il s'agit de la pollution causée par le déversement de produits chimiques tels que les hydrocarbures, les détergents, les fongicides, les pesticides, les métaux lourds, etc. [14].

De nombreuses substances synthétiques issues de l'ingéniosité humaine peuvent produire des sous-produits plus dangereux (métabolites) tels que les dioxines. [16].

En conséquence, les océans du monde sont systématiquement pollués par des substances toxiques, même dans les zones les plus reculées, comme le cabillaud de la mer baltique avec des niveaux record. [16].

I.2.5.1. La pollution par les hydrocarbures

a. Définition

Les hydrocarbures sont des polluants omniprésents dans l'océan. Hydrocarbures provenant des déversements et rejets de pétrole et de produits transformés (sources dia-génétiques), combustion incomplète de la matière organique, en particulier la biomasse et les combustibles fossiles, infiltration naturelle de pétrole, apports naturels de sources continentales de haute qualité. Produits issus de la transformation de la biomasse végétale et marine et de leurs procureurs biologiques après dépôt. [22].

b. La composition chimique d'hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des molécules formées en combinant des atomes de carbone et hydrogène avec la formule général (C_x, H_y). Les hydrocarbures sont divisés en trois grandes groupes selon leur composition chimique, à savoir : les hydrocarbures non aromatique, aromatique et les hydrocarbures lourd et saturés. [23].

c. Les impacts d'hydrocarbures

Lors la pollution des hydrocarbures en milieu marin, les effets sur la faune et la flore à la fois physique (coincement, asphyxie des habitants) et toxique (pollution des organismes vivants par des processus chimique). La gravité de la contamination dépend des conditions environnementales et météorologiques, de la sensibilité de l'emplacement et de la quantité et du type de pétrole déversé. Ces normes impliquent des vitesses de dégradations naturels plus ou moins longues et des temps des expositions biologique correspondant.

Les déversements des hydrocarbures, en particulier à court thème, ont des impacts négatifs importants sur les populations humaines locales (par la privation de ressources et les impacts sociaux et économiques, notamment sur le tourisme). [24].

I.2.5.2. Pollution par les métaux lourds

a. Définition

Les métaux lourds sont des éléments métalliques naturels dont la densité est supérieure à 5 g/cm^3 . Ces éléments se retrouvent le plus souvent dans l'environnement à l'état de traces : le mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, cobalt, manganèse...etc. [25]. Le terme métal lourd « heavy metal », évoque également la notion de toxicité. Le terme « éléments traces métalliques », également utiliser pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement. [26].

b. Classification des métaux lourds**❖ Les métaux essentiels**

Ces les éléments ne sont pas disponibles à l'état de trace pour nombreux processus cellulaire et se trouvent en très faible proportion dans les tissus biologique. [27].

Certaines substances pouvant devenir toxiques lorsque leur concentration dépasse un certain seuil. Si le cas du cuivre (Cu). Du Zinc (Zn) et du fer (Fe). Exemple, le Zinc (Zn), à une concentration milli molaire, est oligo-élément qui participe à de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinases, peptidases), et il est crucial pour les métabolismes des protéines, des glucides et des lipides. [28].

❖ Les métaux toxiques

Ce Sont polluant et toxiques pour les organismes même à faible concentration. Il est n'ont aucun effet bénéfique connu sur les cellules. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), cadmium (Cd). [29].

c. Origine des métaux lourds**❖ Origine naturelle**

Les métaux lourds sont naturellement présents dans les roches et sont libérer lors de l'altération des roches pour former le fond géochimique. [30].

❖ Origine anthropique

Les métaux provenant d'importations anthropiques, existent sous des formes chimiques assez réactives et présentent donc un plus grand risque que les métaux provenant de source naturels, qui sont généralement sous des formes relativement inertes. [31].

d. Les métaux lourds dans le milieu marin

Les métaux lourds dans l'eau et dans les sédiments sont absorbés par les plantes et les animaux marins, le dépassement d'une certaine quantité chez ces espèces conduit à leur accumulation dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire. Leurs concentrations peuvent menacer la survie de certaines populations naturelles et constituer un danger pour les consommateurs de fruits de mer car elles peuvent se concentrer dans les espèces marines, être difficiles à éliminer et être largement distribuées dans le milieu aquatique. Ses effets très nocifs ont été démontrés dès les années 1950 suite à un empoisonnement mortel dans la ville japonaise de Minamata. Les résidents ont mangé du poisson contaminé par des déchets de mercure provenant d'une usine voisine. La maladie est ensuite transmise à toute la jeune génération par le lait maternel. [32].

e. La toxicité des métaux lourds :

Les métaux sont généralement divisés en deux catégories, selon qu'ils sont essentiels aux êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au développement de processus biologiques (oligo-éléments). c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Manganèse (Mn), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Chrome (Cr), de l'Arsenic (As), et du Titane (Ti), Dans ce cas, leur concentration dans l'organisme doit satisfaire les besoins métaboliques de ce dernier. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut avoir des effets néfastes. [33].

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le plomb (Pb), le Cadmium (Cd), et l'Antimoine (Sb). [33].

I.2.5.3. Les métaux étudiés

I.2.5.3.1. Le Fer

a. Généralité :

Le fer est le quatrième élément le plus abondant de la croûte terrestre et sa présence dans l'eau peut provenir de diverses sources : le lessivage des sols, qui dissout les roches et les minéraux du sous-sol ; les rejets industriels (mines, métallurgie, pollution sidérurgique) ; les canalisations métalliques (fonte ou acier) corrosion ou présence de dépôts antérieurs. [34]. [35].

Tableau N° 01 : Caractéristiques de Fer [36].

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm ³)
Fer	du latin, Ferrum	Fe	/	26	55,847	7,87

b. Propriété du fer

- ✓ Est un élément chimique avec le symbole et le numéro atomique 26. Le noyau de l'atome de fer numéro 56 est l'isotope le plus stable de tous les éléments chimiques car il possède l'énergie de liaison nucléaire la plus élevée. [37].
- ✓ Est élément de transition le plus abondant, représentant 4,5 % de la croûte en masse, avec une densité de 7,86 g/cm³ et un point de fusion de 1537 °C. [38].

c. Toxicité du fer

Le mécanisme principal de la toxicité du fer est sa capacité à induire la formation de radicaux libres, qui conduisent à la peroxydation des lipides. Traditionnellement, l’empoisonnement au fer a été décrit comme évoluant en cinq stades : maladie digestive, amélioration clinique transitoire, toxicité systémique avec choc, acidose métabolique, hépato-toxicité avec coagulopathie et séquelles gastro-intestinales telles que des sténoses. En plus du traitement symptomatique, le traitement comprend un nettoyage digestif par irrigation intestinale et une thérapie par chélation de la déféroxamine. [34]. [35].

L’exposition à long terme au fer est principalement due à des causes professionnelles et, après inhalation de poussières et d’oxydes de fer, elle peut entraîner une pneumoconiose surchargée. [34]. [35].

La sidérose oculaire est une maladie chronique grave qui peut entraîner une perte de vision dans l’œil affecté. Survient lorsqu’un objet étranger contenant du fer pénètre ou entre en contact l’œil. [34]. [35].

I.2.5.3.2. Le Plomb

a. Généralité

C'est un métal bleu brillant qui est très mou, très malléable et ductile. Il se ternit au contact de l'air humide, ne réagit pas avec l'oxygène ou l'eau, mais est corrodé par l'acide nitrique. Ses composés sont toxiques. [36].

La contamination au plomb plusieurs sources : les industries (fonderies de la métallurgie, les câbles, bâtiments...etc.), les incinérations d'ordures et les peintures réalisées avec des composés de sulfates et de plomb basique. [37]. D’ailleurs les déchets (Boues) solides et liquides représentent environ 81 % du plomb rejeté dans l'environnement, souvent dans les décharges. Mais ce sont les émissions atmosphériques qui provoquent la propagation du plomb dans l'environnement. [34]. Le plomb, l'un des principaux polluants atmosphériques métalliques dans l'air, forme une couche d'oxyde de plomb qui le protège contre la corrosion. L'introduction de l'essence sans plomb a considérablement réduit ces émissions. [38].

Tableau N° 02 : Les caractéristiques physico-chimiques du Plomb. [38].

Numéro atomique	Masse atomique	Masse volumique	Température de fusion	Température d'ébullition	Symbole chimique	Minerai d'origine
82	270	11,35 g/cm ³	327°	1,740°	Pb	Galène

b. Le comportement du plomb dans l'eau

Le plomb est présent dans l'eau de mer sous forme de carbonates PbCO_3 , (40 à 80%) ou de chlorures PbCl_2 (1 à 40 %), de sulfures et de phosphates. [36].

La dégradation aérobie de la matière organique particulaire (surface du sédiment) favorise une remise en solution du plomb aussi. La dissolution des oxydes de fer et de manganèse provoque également sa solubilité.

Alors, bien que la majeure partie du plomb existe sous forme dissoute dans le milieu marin, le métal est fixé aux particules organiques, qui sont ensuite absorbées par les sédiments et incorporées dans les organismes, qui se déposent également lorsqu'ils meurent. [38].

c. La toxicité du Plomb

- La toxicité des composés minéraux du plomb est liée à leur plus ou moins grande solubilité dans l'eau. [36]. Ce sont des composés et des sels de plomb qui sont plus toxiques que le plomb métallique. Le plomb dans le corps humain, qu'il soit ingéré ou inhalé, se diffuse par le sang vers les organes où le plomb est stocké (cerveau, cheveux, os, etc.) ou par le cutanée. [38].
- L'intoxication aiguë se traduit par une néphropathie avec anurie, parfois associée à une maladie neuromusculaire. [38]. L'intoxication aiguë est rare, généralement l'intoxication est liée à une exposition chronique. [38]. Il est reconnu qu'une dose de plomb de 1 mg est suffisante pour provoquer un empoisonnement rapide au plomb. [36].
- Les fœtus et les jeunes enfants sont particulièrement sensibles aux effets neurocomportementaux toxiques du plomb. [39].
- Une exposition chronique peut entraîner des risques d'hypofertilité, de malformation fœtale. [40].
- L'intoxication chronique se caractérise par une anémie, un ictère, des bords gingivaux, une anorexie, des douleurs à l'estomac et une diarrhée accompagnée de nausées. [41].

I.3. Les sources de la pollution marine

I.3.1. Source agricole

Une grande partie de la pollution est produite par l'agriculture des produits chimiques (insecticide, pesticides), sont utilisés pour tuer les insectes qui se nourrissent de ces plantations ou pour accélérer la croissance des plantes.

A travers le cycle de l'eau, ces engrais s'accumulent tous dans la mer, produisant ainsi le même effet que sur la terre. Beaucoup de poissons meurent. Par exemple, en France 80.000 tonnes de nitrates sont utilisées finissent dans le milieu marin.

Pour lutter contre ce type de pollution, les agriculteurs doivent privilégier les produits naturels et utiliser avec parcimonie. [16].

I.3.2. Sources domestique

Il s'agit d'un type de pollution due principalement aux rejets domestiques (eaux domestiques, eaux de lavage collective, médicaments périmés, Matière fécales, etc.). Il est associé à de grandes concentrations urbaines. Les eaux usées des habitations et des entreprises contribuent à la pollution des eaux urbaines.

Les polluants urbaines sont représentés par les déchets domestiques, les eaux d'égout, restes de nourriture, déversements d'abattoirs, déversements d'hôpitaux, détergents à lessive, détergents, pesticides et toutes sortes de substances toxiques jetées par les résidents.

Le débit de rejet varie fortement en fonction de la taille des agglomérats et de leur réactivité. [42].

I.3.3. Source industriel

Les rejets liquides industriels peuvent apporter de graves pollutions organiques et toxiques, il s'agit de déchets divers provenant de diverses industries, principalement installés à rivage, tant pour l'évacuation directe des déchets que pour le refroidissement des machines. [43].

Selon Henri Roques, 1980 : On peut brièvement considérer trois grands groupes :

a) Eau à caractère minéral dominant

Ces rejets contiennent des solides en suspension et des sels dissous, qui sont souvent chauds lorsqu'ils sont mélangés à de l'eau de refroidissement, ce qui peut appauvrir le milieu récepteur en oxygène. [44].

b) Eau à caractère organique dominant :

C'est surtout le cas de résidus d'industries agroalimentaires : abattoirs, élevage industriels conserveries, etc.

Leur composition très variable est souvent combinée : débris, minéraux, graisses, protéines, sels divers, etc. [44].

c) Eau à caractéristiques mixtes :

Ce sont des eaux qui contiennent un ou plusieurs constituants plus ou moins facilement biodégradable mais qui contiennent des milieux carencés ou inhibés par d'autres constituants. Parmi elles citent les effluents des : industries textiles, papeteries et industrie du bois, raffinerie et usines pétrochimiques, laveries, industrielles, industrie mécaniques, etc. [45].

Chapitre II

Matériels et Méthodes

II. Présentation de la zone d'étude.

II.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda.

La ville de Skikda est située dans la partie nord-est de l'Algérie, bordant la mer Méditerranée au nord, bordant la wilaya d'Annaba à l'est, la wilaya de Jijel à l'ouest, Constantine et Guelma au sud, Mila au sud-ouest, à une latitude de $36^{\circ}5'N$ et $36^{\circ}15'N$ et entre les longitudes $7^{\circ}15'E$ et $7^{\circ}30'E$. La superficie totale est de 4137,68 kilomètres carrés et le littoral est long de 142 kilomètres, ce qui représente 12% du littoral algérien. [46].



Figure N° 1 : Carte de localisation et les limites de la wilaya de Skikda. [47].

II.2. Climatologie

Notre zone d'étude appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides et son climat est à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur.

La phase humide comprend les montagnes à l'ouest et les sommets à l'est et au sud. La zone subhumide couvre plus des 4/5 du territoire de la province, avec des précipitations comprises entre 1000 et 1500 mm/an.

Sous l'influence maritime, les zones côtières connaissent des hivers doux ($11^{\circ}C$ en janvier) et des étés chauds ($24^{\circ}C$ en août) avec peu de variation de température. Elles sont moins douces en hiver ($9^{\circ}C$) et plus chaudes en été ($27^{\circ}C$), avec des amplitudes plus prononcées dans les régions intérieures. [48].

II.3. Hydrographie

Le réseau hydrologique de la Wilaya de Skikda est traversé par 3 principaux cours d'eau (Figure N°3) : l'OUED EL KEBIR à l'est, le SAF-SAF au centre et le GEUBLI à l'ouest, avec 7 bassins hydrologiques dont la répartition des précipitations par bassin versant. [49].

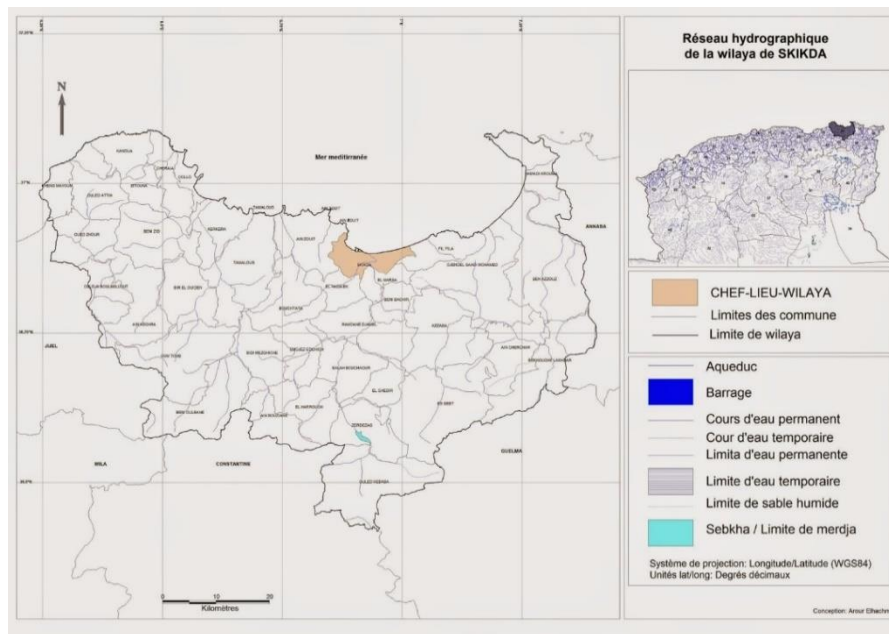


Figure N°2 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Skikda. [50].

II.4. La zone côtière

Le littoral de Skikda s'étend sur plus de 130 kilomètres, avec une zone maritime de 3 069 kilomètres carrés, s'étendant de Tamanart à l'ouest à El Marsa à l'est, avec des plages de sable continues (Figure N°3) La façade maritime est caractérisée par un plateau continental dont les 2/3 sont accidentés.

La côte de Skikda est divisée en 3 zones : la zone ouest commence à l'embouchure de L'ouad El Zehour à l'ouest et se termine à Stora à l'est, avec un terrain escarpé et des falaises imposantes ; la zone centrale est représentée par la côte de Ben Mhidi, des platanes, Falaises de Guerbes et Filifla, Enfin, il y a la région orientale, comprenant la côte de La Marsa et les falaises du Cap de Fer (voir la Figure N°3).[48]

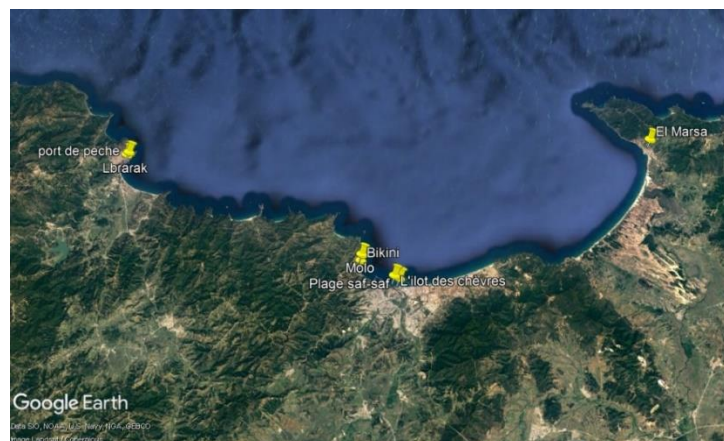


Figure N° 3 : Carte de localisation des points des échantillonnages. (Google Earth, 2023).

II.5. Choix des sites d'échantillonnages

Le choix des sites de prélèvement des échantillons se repose, d'une part, sur la qualité du site en fonction de l'éloignement et la proximité de sources de la pollution et d'autre part, sur la facilité d'accès.

Notre zone d'étude s'étend sur le littoral oriental algérien en particulier sur l'état de Skikda est depuis cote d'El Marsa jusqu'à l'ouest cote de Collo.

II.6. Caractéristiques générales des sites étudiés

- **Site 1 : Port de pêche de Collo**, situé entre la latitude $37^{\circ}00'15''N$ et la longitude $6^{\circ}34'14''E$, à l'Ouest de Skikda à 80Km. D'une superficie d'un hectare, il est réputé par flottille de sardiniers. La pollution dans cette zone liée essentiellement aux rejets opérationnels (fuites diverses d'huiles des bateaux ports ou autres).



Figure N°4 : Le point de prélèvement, port de peche Collo. (photo personnelle).

- **Site 2 : Plage Lebrarak**, située entre latitude de $37^{\circ}00'05''N$ et longitude de $6^{\circ}34'05''E$. Lebrarak, C'est une petite plage à l'entrée de la ville de Collo à seulement 0,6 Km de son centre, est située à l'est du port de pêche. À près de cette plage il y'a un petit abattoir datant de l'ère coloniale. L'abattoir, toujours en exploitation, est une source de pollution pour cette plage à cause de rejets liquides des provenant de lui.



Figure N°5 : Le point de prélèvement, plage Lebrarak. (photo personnelle).

- **Site 3 : Plage Molo**, sa localisation est entre latitude $36^{\circ}54'16''$ N et longitude $6^{\circ}52'49''$ E. et situé à la frontière ouest de port de Stora. C'est une petite plage rocheuse. On peut considérer cette plage comme une jetée. Très rocheuse en allant vers le phare et ses arcades. ses eaux d'un bleu clair avec un sable peu fin composé d'agrégats de roches diverses. la source de pollution pour cette plage dans les rejets au niveau du phare et des habitations.



Figure N°6 : Le point de prélèvement, plage Molo.

- **Site 4 : Plage Bikini**, Située entre latitude de $36^{\circ}53'53''$ N et longitude de $6^{\circ}52'47''$ E. Elle est après paradis plage à l'entrée du village Stora elle s'étend du grand virage jusqu'à à la limite de la jetée du port de pêche. Son sable fin, ses eaux peu profondes font que cette plage était très peuplée en été. pour éviter les effets secondaires plus tard et pour la sécurité sanitaire elle est censé que la baignade y est interdite, vu le déversement de différents rejets d'hydrocarbures qui peut arriver du port voisin.



Figure N°7 : Le point de prélèvement plage Bikini. (photo personnelle).

- **Site 5 :** L'îlot des chèvres, à voisinage de l'hotel El MANAR à l'îlot des chèvres, dans ce endroits les eaux usées urbaine est une source contamination pour ces eaux maritimes.

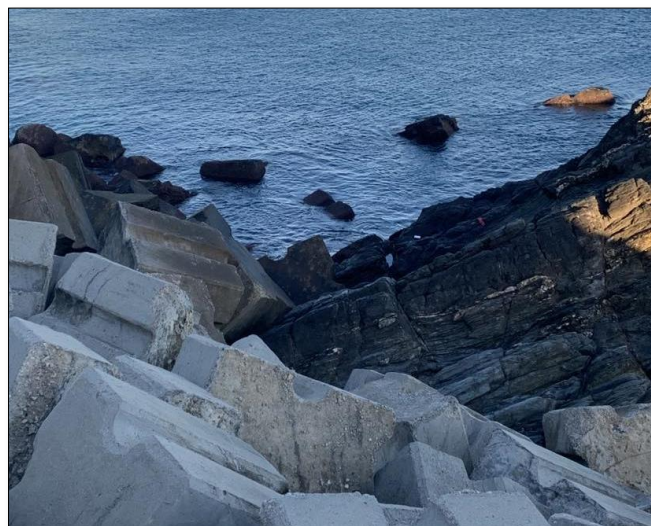


Figure N°8 : Le point de prélèvement, L'îlot des chèvres. (photo personnelle).

- **Site 6 : Plage Saf-Saf**, située entre la latitude $36^{\circ}52'52''N$ et la longitude $6^{\circ}55'47''E$. Cette plage est très étroite puisque sa largeur se trouve entre 30 et 40 mètres. Elle est bordée à l'ouest l'ancien port de skikda et à voisinage à l'Est par l'embouchure de Oued Saf-Saf et le nouveau port.

Egalement une zone industrielle se trouve au voisinage de ce site, cette zone entraîne une pollution industrielle par :

- L'eau de refroidissements rejetés directement dans la mer sans traitement préliminaire.
- Les eaux de processus représentées par les eaux des huiles évacuées par le canal de rejet de GL1K.

- Les eaux domestiques de la zone industrielle qui ont collecté dans les fosses et évacuée par le canal de rejet par GL1K.

En outre, des eaux usée et industriel par l'oued Saf-Saf peut causer une contamination de cette plage.



Figure N°9 : Le point de prélèvement, plage Saf-Saf. (photo personnelle).



Figure N°10 : Image satellite, plage Saf-Saf. (Google Earth,2023).

➤ **Site 7 : Plage El Marsa.**

La localisation de LA MARSA est entre la latitude de 37°02'01''N et la longitude de 7°15'21''E. (Google Earth). **plage EL El Marsa:** La plage est située dans une crique isolée, elle est bordée à l'est le port de peche de la Marsa, il mesure environ 1,63 km de long, ce qui est moyen. La plage se caractérise par ses eaux cristallines et son sable doux et blanc. La plage est également entourée d'une végétation et de falaises imposantes.



Figure N° 11 : Le poin de prélèvement, plage EL Remila. (photo personnelle).

II.7. Protocole d'échantillonnage

L'étude des écosystèmes marins s'appuie sur des descripteurs complémentaires, caractérisés par des analyses physico-chimiques. [51].

Les examens ne peuvent être correctement interprétés que si sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, il est correctement transporté au laboratoire et analysé immédiatement ou après un court laps de temps, selon des procédures minutieuses pour éviter toute contamination accidentelle. [52].

Les échantillons doivent être prélevés dans des bouteilles en verre borosilicaté ou en plastique jetables. Les flacons ne peuvent être ouverts qu'au moment du prélèvement. Après le prélèvement, la bouteille doit être fermée jusqu'à ce que l'analyse soit effectuée. [53].

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, les échantillons doivent être clairement étiquetés juste avant le prélèvement et les étiquettes doivent être lisibles et inamovibles. [54].



Figure N°12 : Etiquetage des échantillons.

II.8. Méthode et période d'échantillonnage

L'échantillonnage des eaux côtières a été effectué sur trois mois, à raison d'une fois par mois (février, mars, avril), durant l'année 2023, au niveau de sept (7) sites d'étude.

L'échantillonnage a été réalisé selon les recommandations techniques préconisées par Rodier et *all* 1996. Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés à 1 mètre de profondeur pour éviter de collecter le film de surface, qui s'enrichit significativement dans des flacons en verre opaque, dans lesquels ces échantillons d'eau ont été collectés, rincés plusieurs fois avant de les remplir et de les transporter vers des glaciers dans un réfrigérateur à +4 °C jusqu'à l'analyse.[54]

Tableau N°3 : Les sites et les dates de prélèvement et types d'analyses.

Les sites de prélèvement	Les dates de prélèvement	Types d'analyses
Port de pêche	14/02/2023	Les paramètres physiques_ chimiques : (T°, pH, Cond, TDS, O ₂ dissous, turbidité, MES, nitrate). Les métaux lourds (Pb, Fe). Les hydrocarbures.
	18/03/2023	
	19/04/2023	
El Berarak	13/02/2023	
	18/03/2023	
	19/04/2023	
Mollo	14/02/2023	
	18/03/2023	
	16/04/2023	
Bikini	13/02/2023	
	18/03/2023	
	19/04/2023	
L'îlot des chèvres	14/02/2023	
	19/03/2023	
	19/04/2023	
Plage Saf-Saf	13/02/2023	
	19/03/2023	
	19/04/2023	
El Marasa	14/02/2023	
	17/03/2023	
	19/04/2023	

II.9. Méthodes et paramètres d'analyse

II.9.1. Matériels utilisés

- ❖ Au moment de prélèvement
 - ✓ Bouteille en plastiques : pour les échantillons d'eau de mer.
 - ✓ Une glacière.
 - ✓ Thermomètre : pour les mesures in situ.
- ❖ Au niveau de laboratoire
 - ✓ **Verrerie**
 - Bêchers
 - Pipette
 - Fiole Erlenmeyer
 - Burette
 - Ampoules forme boule robinet en verre
 - Dessiccateur
 - Eprouvette Graduée.

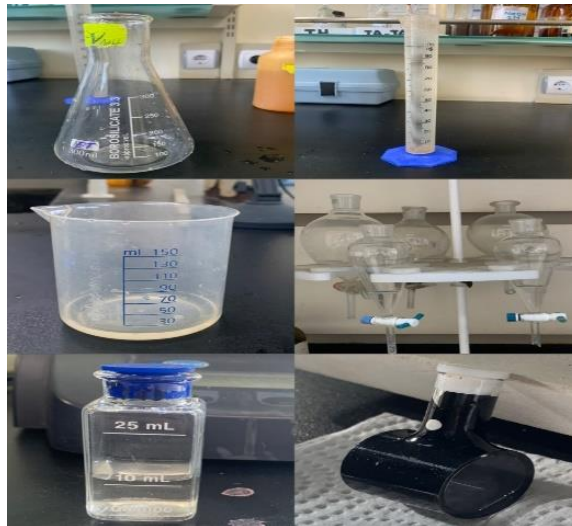


Figure N°13 : Les matériels utilisés.

➤ Appareillage

Les appareillages utilisés pour les différentes analyses sont regroupés dans le tableau suivant

Tableau N°04 : Les appareillages et les paramètres mesurés

Types d'appareils.	Paramètres mesurés.
Spectrophotomètre DR2800(HACH).	MES, OD, Nitrate, Sulfate, Fer, Pb.
Appareil de détermination des hydrocarbures dans l'eau ASTM D3921 (HORIBA).	Les hydrocarbures.
PH-Conductimètre HQ440d(HACH).	PH, Conductivité, TDS.
Turbidimètre 2100Q(HACH).	Turbidité.
Thermomètre de 100°C.	Température.

La qualité de l'eau de mer est appréciée après l'étude de plusieurs indices de pollution de l'eau de mer

- **Qualité physique :** Température, la conductivité électrique, matière en suspension, turbidité.
- **Qualité chimique :** PH, sels minéraux, oxygène dissous, nutriments (nitrates, sulfate), etc.

Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations.

II.9.2. Mesures des paramètres physico-chimiques

II.9.2.1. Mesure in situ

a. La Température

La température de l'eau joue un rôle important, par exemple la solubilité des sels et des gaz, dont l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. De plus, la vitesse des réactions chimiques et biochimiques augmente d'un facteur 2 à 3 pour chaque augmentation de température de 10°C. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante, mais aussi par les éventuels rejets d'eaux usées chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes. [55].

La mesure de la Température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. [56]. Nous avons mesuré la température in situ à l'aide d'un thermomètre, et en

pratique ce paramètre est très sensible aux conditions environnementales et peut changer de manière importante s'il n'est pas mesuré in situ.



Figure N°14 : Le Thermomètre utilisé, pour la Mesure in situ.

II.9.2.2. Mesuré au niveau de laboratoire

Les analyses physico-chimiques, ont été réalisées dans laboratoire de chimie de la raffinerie RA2K (SONATRAC, Skikda).

a. Potentiel d'hydrogène (PH)

Le PH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des PH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin), la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. [55].

En l'absence d'influences extérieures, la valeur du PH reflète l'équilibre entre les principales substances chimiques présentes dans l'environnement et est également un indicateur d'une sorte de pollution directe ou indirecte. [56]. Un PH bas (eau acide) augmente considérablement le risque que les métaux soient présents sous des formes ioniques plus toxique, Un PH élevé augmente la concentration d'ammoniac qui est toxique pour les poissons. [55]. La pollution d'atmosphère et les précipitations acides restent principales sources d'acidité des masses d'eau. [57].

• Principe

Détermination potentiométrique de la concentration des ions hydrogène dans l'eau. Le principe est basé sur la différence de potentiel de l'électrode immergée par rapport à une référence et à une température donnée.

• Mode opératoire

- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.
- Immerger les électrodes dans l'échantillon agité.
- Effectuer la lecture du PH. (ASTM)



Figure N° 15 : PH-Conductimètre HQ440d(HACH).

b. Détermination de la conductivité électrique (EC)

La conductivité (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire un courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs, en revanche, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité standard est généralement exprimée en milli siemens par mètre (mS/ m) à 20°C. [55].

En effet, ce paramètre donne une indication de la concentration totale en ions dans l'eau, ainsi qu'un critère d'appréciation de la minéralisation globale de l'eau, puisque la plupart des sels dissous dans l'eau sont sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures etc.). L'évolution de ces concentrations peut avoir un impact sur le milieu naturel. [58]. Les espèces aquatiques ne tolèrent généralement pas les variations importantes des sels dissous qui peuvent être observées, par exemple, dans le cas de débordements d'eaux usées. [53].

• Principe

La conductivité électrique offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

• Mode opératoire

- Mettre l'appareil sous tension.
- Allumer l'appareil en appuyant sur l'interrupteur se trouvant de l'équipement.
- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.
- Immerger les électrodes dans l'échantillon agité. Lire la conductivité sur l'échelle. Le résultat est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm . (ASTM).

c. La turbidité

La turbidité est définie comme la diminution de la clarté d'eau due à la présence de matière non dissoute.

La turbidité est utilisée pour déterminer la clarté de l'eau, c'est-à-dire la pénétration de la lumière. Son savoir et son importance permettent de déterminer l'épaisseur de la couche photosynthétique (zone euphorique), et apprécier la quantité des matières en suspension. [59].

La turbidité est exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélémétrie).

• Mode opératoire

- Agiter l'échantillon et remplir dans une cuvette jusqu'au trait (environ 30 ml) en prenant soin de manipuler la cuvette par la partie supérieure. Boucher la cuvette.
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Lire lorsque le signal est stable et noter le résultat en UTN. **(HACH)**.



Figure N° 16 : Turbidimètre 2100Q (HACH).

d. Les matières en suspension (MES)

Pour apprécier la qualité d'une eau, il est toujours nécessaire d'évaluer quantitativement sa charge en matière dissoute et particulaire.

En océanographie, on considère comme dissous tout ce qui passe au travers d'un filtre dont la porosité est d'environ 0,5 μm . Par conséquent, le matériel particulaire est le matériel retenu sur ce même filtre.

Outre les matières dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension de tailles et de formes diverses, minérales et organiques, d'origine soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons) soit terrestre (apports des rivières, produits de l'érosion côtière, débris rejetés par l'océan) ou du vent (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer). [56]

Ces matériaux affectent la transparence de l'eau et réduisent la pénétration de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse. [60]. Ils interfèrent également avec la respiration du poisson. De plus, les solides en suspension peuvent accumuler de grandes quantités de substances toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques). Les matières en suspension sont exprimées en mg/l

- **Mode opératoire**

- Agiter 500ml de l'échantillon dans agitateur magnétique à grande vitesse durant 2 minutes.
- Verser l'échantillon agité dans bécher de 600ml.
- Préparation de l'échantillon : mix l'échantillon et immédiatement verser 10ml de l'échantillon dans une cellule carrée.
- Préparation du blanc : remplir une seconde cellule carrée avec 10ml de l'eau ultra pur. Insérer le blanc dans le spectrophotomètre.
- Mix l'échantillon préparé pour éliminer les bulles d'air. Insérer l'échantillon dans le spectrophotomètre et lire le résultat en mg/L. **(ASTM)**.

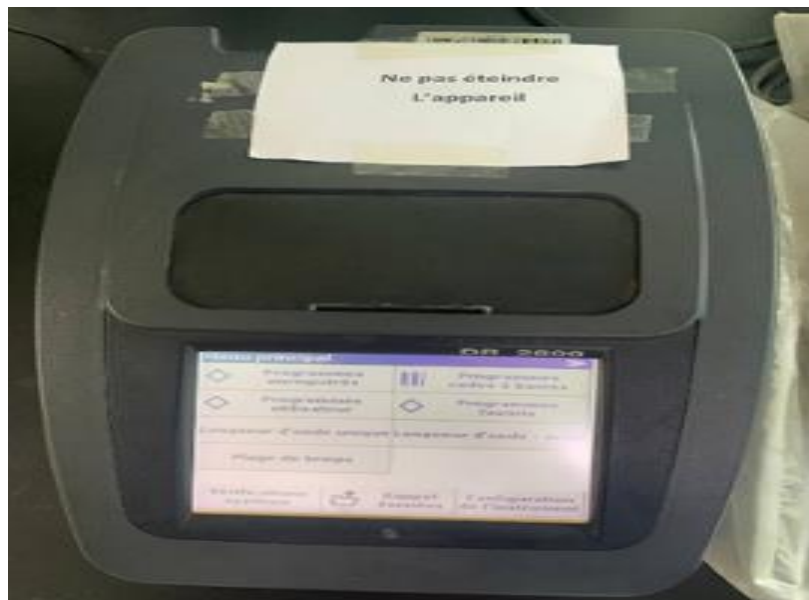


Figure N° 17 : Spectrophotomètre DR2800(HACH).

e. Détermination de l'oxygène dissous OD

Parmi les gaz dissous, l'oxygène est le gaz qui joue le rôle le plus important dans la qualité biologique de l'eau, il est essentiel à la respiration des organismes, il favorise la dégradation des organismes détritiques et l'achèvement des cycles biochimiques. L'oxygène dans l'eau est le résultat de l'échange entre l'atmosphère et la surface de l'eau et de l'activité photosynthétique du phytoplancton. La concentration en oxygène dissous, comme le pH, est l'un des paramètres de qualité de l'eau les plus importants pour la vie aquatique. La concentration en oxygène dissous varie quotidiennement et saisonnièrement car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle d'oxygène dans l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'air, disponibilité de l'eau en des éléments nutritifs.

La concentration de cet oxygène dissous est également fonction de la vitesse à laquelle l'oxygène s'appauvrit dans l'environnement en raison de l'activité biologique aquatique ainsi que de l'oxygène présent dans l'eau et des processus de décomposition de la matière organique.

C'est un composé essentiel du milieu aquatique car c'est le réactif limitant des principales voies de biodégradation des polluants organiques. La nitrification de l'azote ammoniacal est source d'hypoxie, et de plus, le développement du phytoplancton dans les zones eutrophies peut conduire à une sursaturation.

En général, plus la concentration en oxygène dissous (OD), n'est proche de la saturation, plus la capacité de l'environnement aquatique à absorber la pollution est forte. [55].

- **Principe**

La méthode se base sur la réaction entre l'oxygène naissant et l'oxygène qui oxydée donne à la solution une couleur mauve plus, ou moins intense, selon le contenu en oxygène.

- **Réactif**

- ✓ Ampoule AccuVac d'oxygène dissous

- **Mode opératoire**

- **Préparation du blanc** : remplir une cuve ronde de 10 ml jusqu'au trait avec l'échantillon, fermer la cuve avec le bouchon.
- Remplir un bouchon bleu pour ampoule avec l'échantillon.
- **Préparation de l'échantillon** : recueillir au moins 40 ml de l'échantillon dans un bécher de 50 ml, remplir une ampoule AccuVac d'oxygène dissous, gamme haute avec l'échantillon, Conserver l'extrémité de l'ampoule immergée jusqu'à son remplissage complet.

- Sans retourner l'ampoule, positionner immédiatement le bouchon bleu sur l'embout de l'ampoule. Agiter l'ampoule pendant 30 secondes.
- Essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve. Indication à l'écran : 0,0 mg/L.
- Essuyer l'extérieur de l'ampoule AccuVac (l'échantillon préparé) et l'introduire dans le compartiment de cuve. Mesurer Les résultats est indiqués en mg/L. **(HACH)**.

f. La dureté (TDS)

La dureté de l'eau est la somme des différentes concentrations. Cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins (Na^+ , K^+ et H^+). Cela est généralement dû aux ions Ca^{++} et Mg^{++} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend à réduire la toxicité du métal. La dureté est mesurée en milligrammes de CaCO_3 par litre. [55].

La dureté est aussi appelée dureté calcium-magnésium ou consommation de savon. Elle est exprimée en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . [61].

- **Principe**

Détermination potentiométrique des ions des sels dans l'eau.

- **Mode opératoire**

- Laver soigneusement les électrodes avec l'eau distillée.
- Immerger les électrodes dans l'échantillon agité.
- Lire la TDS sur l'échelle. Le résultat est exprimé en mg/l. **(ASTM)**.

g. Les hydrocarbures

- **Principe**

Le principe de l'absorption de l'infra rouge (IR) reflète bien la structure chimique des molécules, et les caractéristiques d'absorption des modèles d'IR est indiquée par la structure chimique de la substance. Donc, l'absorption à différentes longueurs d'ondes dans le domaine de l'infra rouge est mesurée, la position de l'intensité des bandes d'absorption nous permet de faire une analyse qualitative et quantitative des substances.

- **Réactif**

- Solvant d'extraction S-316
- Acide chlorhydrique concentré (HCL).
- Sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4).

- **Mode opératoire**

- A l'aide d'une ampoule à décanter graduée de 100ml, prendre 30ml d'échantillon (bien mélangé).
- Ajouter 01 ou 02 gouttes de HCL pour rendre le PH à 2.
- Ajouter 30ml de solvant d'extraction S-316.
- Agiter rigoureusement et dégazer plusieurs fois, laisser le mélange se stabilise jusqu'à la bonne séparation de deux phases.
- Faire extraire le maximum de la phase organique dans un bécher puis ajouter environ 1g de Na₂SO₄ et bien agiter.
- Filtrer la phase organique. Remplir la cellule avec 6.5ml de la phase organique.
- Placer la cellule dans l'appareil et lire le résultat en mg/L. **(ASTM)**.



Figure N°18 : Appareil de détermination des hydrocarbures dans l'eau ASTMD3921 (HORIBA).

h. Détermination des Nitrates NO₃-

Les ions nitrate, la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, entrent dans le cycle de l'azote en tant que support principal de la croissance du phytoplancton et sont ensuite régénérés à partir de la forme organique par les bactéries. Les ions nitrates proviennent de l'oxydation des nitrites par des bactéries appelées Nitrobacter. [60].

Les nitrates sont intéressants pour leur rôle d'indicateurs de pollution et, en particulier, pour leur rôle d'engrais, donc il est stimulant la croissance de la flore aquatique. [62].

- **Principe**

Les nitrates sont réduits à l'état d'ammoniac à l'aide du cadmium en milieu acide (acide sulfanilique).

- **Réactif**

- Nitra Ver 6.
- Nitra Ver 3.

- **Mode opératoire**

- Remplir une éprouvette graduée de 25mL jusqu'au trait de 15mL avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif Nitra Ver 6 dans l'éprouvette. Boucher l'éprouvette. Une période de réaction de 3 minutes va commencer.
- Agiter énergiquement l'éprouvette pendant 3 minutes.
- Transférer avec précaution 10mL de l'échantillon dans une cuve carrée.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif Nitra Ver 3 dans la cuve (l'échantillon préparé).
- Agiter doucement la cuve pendant 30 secondes. Une période de réaction de 15 minutes va commencer.
- Préparation du blanc : remplir une autre cuve carrée jusqu'au trait de 10mL avec l'échantillon original. Introduire dans le compartiment de cuve. Sélectionner sur l'écran : Zéro.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve. Les résultats sont indiqués en mg/L. **(HACH)**

i. Détermination du Plomb

- **Réactif**

- Solution de conservation acide pPb-1.
- Solution de fixation pPb-2.
- Solution d'éluant pPb-3.
- Solution neutralisante pPb-4.
- Poudre indicatrice pPb-5.

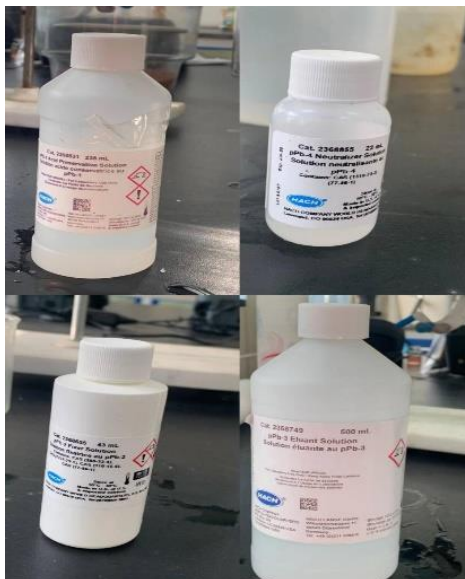


Figure N°19 : Réactifs d'analyse de Pb.

- **Mode opératoire**

- Remplissez une éprouvette en plastique gradué de 100 ml avec 100 ml de l'échantillon. Verser l'échantillon mesuré dans un bécher en plastique de 250 ml.
- À l'aide d'un compte-gouttes en plastique de 1ml, ajoutez 1,0 ml de solution de conservation acide pPb-1 à l'échantillon et agitez pour mélanger. (Laissez-le pendant 2 minutes pour la réaction).
- Utilisez un deuxième compte-gouttes en plastique de 1 ml pour ajouter 2,0 ml de solution de fixation pPb-2. Agiter pour mélanger.
- Montez un nouvel extracteur de colonne rapide dans un support annulaire avec une pince. Placez un bécher en plastique de 150 ml sous l'extracteur.
- Trempez le tampon de coton dans de l'eau déminéralisée et compressez-le avec le piston.
- Versez lentement l'échantillon préparé au centre de l'extracteur de colonne. Attendez que l'échantillon s'écoule. Après l'arrêt du flux compressez complètement le tampon absorbant.
- Placez un bécher propre et sec de 150 ml sous l'extracteur à l'aide d'une éprouvette gradué en plastique de 25 ml, ajoutez 25 ml de solution d'éluant pPb-3 à l'extracteur.
- À l'aide d'un compte-gouttes en plastique de 1 ml, ajoutez 1,0 ml de solution neutralisante pPb-4 au bécher, agitez soigneusement pour mélanger.

- Ajouter le contenu d'un sachet de poudre indicatrice pPb-5 dans le bécher et agiter soigneusement pour mélanger. La solution deviendra brune.
- Verser 10mL de solution dans une cellule d'échantillon carrée. (Laissez-le pendant 2 minutes pour la réaction).
- Insérez la cuve à échantillon dans le porte-cuve. Appuyez sur ZÉRO L'écran affichera 0µg/L Pb.
- Retirez la cellule d'échantillon et ajoutez 3 gouttes de solution de décoloration pPb-6 à la cellule. Agiter pour bien mélanger.
- Insérez l'échantillon dans le porte-cuve et lire le résultat en mg/L Pb. (HACH)

j. Détermination du Fer

• Principe

Le fer total ($\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3}$) est d'abord converti à l'état d'ions qui réagissent avec le TPTZ (2, 4,6-tripyridyl-5-triazine) pour produire un composé chélate (corps chimique qui peut fixer des cations métalliques entre des atomes électronégatifs) de couleur bleu. La mesure de l'absorption de la couleur donne la concentration du Fer total.

• Réactif

- HCl N (1/1).
- CHLORYDRATE D'HYDROXYL AMINE ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$).
- ACETATE d'AMMONIUM.
- TPTZ ($\text{C}_6\text{H}_4\text{N}$)₃ C_3N_3 .



Figure N°20 : Réactifs d'analyse du Fe.

- **Mode opératoire**

- Prendre une prise d'essai de 100ml d'échantillon dans un Erlenmeyer. Ajouter 2ml HCl (1/1), (Faire bouillir jusqu'au volume 40 à 50).
- Ajouter 2ml CHLORYDRATE d'HYDROXYL AMINE.
- Ajouter 5ml d'ACETATE d'AMMONIUM et mélanger.
- Ajouter 5ml de TPTZ et mélanger. Compléter à 100ml avec l'eau distillée.
- Allumer le spectrophotomètre et après l'initialisation choisir la méthode Fer TPTZ (950) dans le programme favori. (Attendre 10min).
- Introduire le blanc (eau distillée) en utilisant la cellule carrée de 10ml dans le compartiment de l'instrument et appuyer sur ZERO.
- Introduire l'échantillon en utilisant une autre cellule de la même manière et appuyer sur MESURE. Noter directement le résultat du Total Fer en mg/l. **(ASTM)**

Chapitre III

Résultats et Discussions

III. Résultats physico_ chimiques des eaux côtières

III.1. La température

Les résultats de la mesure de la température de l'eau de mer des sept sites sont regroupés dans les courbes graphiques suivantes.

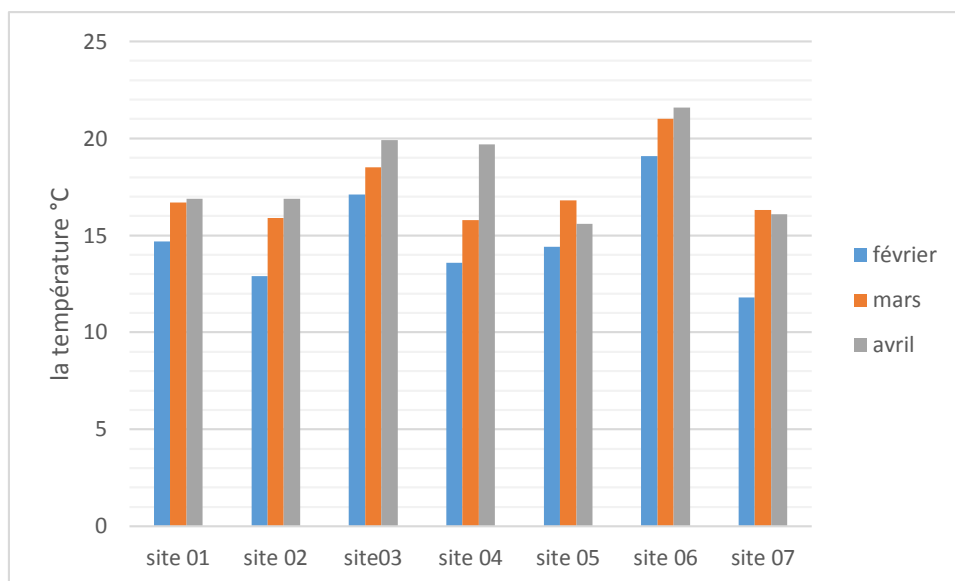


Figure N°21 : variations spatio-temporelles de la température de mer.

La température agit sur le phénomène de la photosynthèse, dont son rôle est très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. [63].

D'autre part, elle influe sur le pH. La valeur médiane 7 à 25°C, correspond à une solution neutre. [63]. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. [64].

La variation mensuelle de la température enregistrée au cours de cette étude a été marquée par une température maximale de 21,1°C en avril au site 6 (plage Saf-saf), et une température minimale de 11,8°C au Site 7 (EL Marsa) en mois de février.

Cette variation maximale enregistrée au niveau du site 6 (plage Saf-saf) peut être expliquée par la présence des rejets industriels, notamment le dit site est à proximité de la centrale thermique électrique qui est marqué par une pollution thermique.

Les températures de l'eau de mer, dans notre zone d'étude sont ambiantes et correspondent au climat régnant au moment du prélèvement d'échantillon. Elles sont en accord avec la norme de 25°C. [61].

Selon (Allouche et Djija, 2020), les variations spatio-temporelles de la température varient entre

[15,9 °C et 18,9 °C]. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans notre étude pour les sites 1 (port de pêche), 2 (Mollo), 7 (El Marsa).

III.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats de la mesure du pH de l'eau de mer des sept sites sont regroupés dans les courbes graphiques suivantes

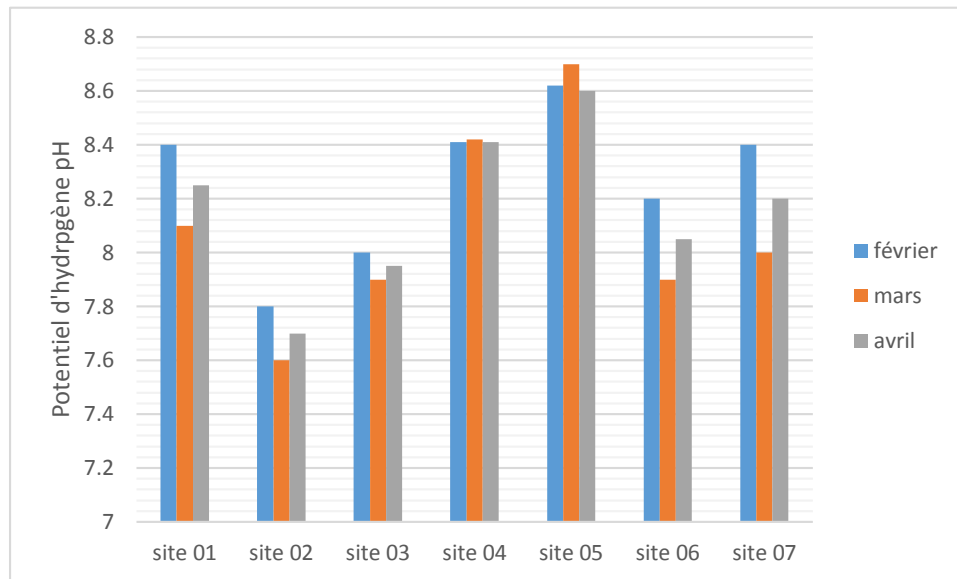


Figure N°22 : variation spatio-temporelles de pH de l'eau de mer.

Le pH (Potentiel hydrogène) mesure la concentration des ions H_3O^+ dans une solution aqueuse.

Les valeurs en pH enregistrées au cours de cette étude révèlent que le pH est légèrement alcalin dans les sept sites, il oscille entre 7,7 et 8,7. (Figure N°22).

Les valeurs minimales coïncident avec les périodes en grandes crues.

Toutefois ces valeurs du pH restent dans les normes algériennes (pH inférieur 6 –pH supérieur 8). [65].

III.3. La conductivité électrique

Les résultats de la mesure de la conductivité électrique de l'eau de mer des sept sites Sont regroupés dans les courbes graphiques suivantes

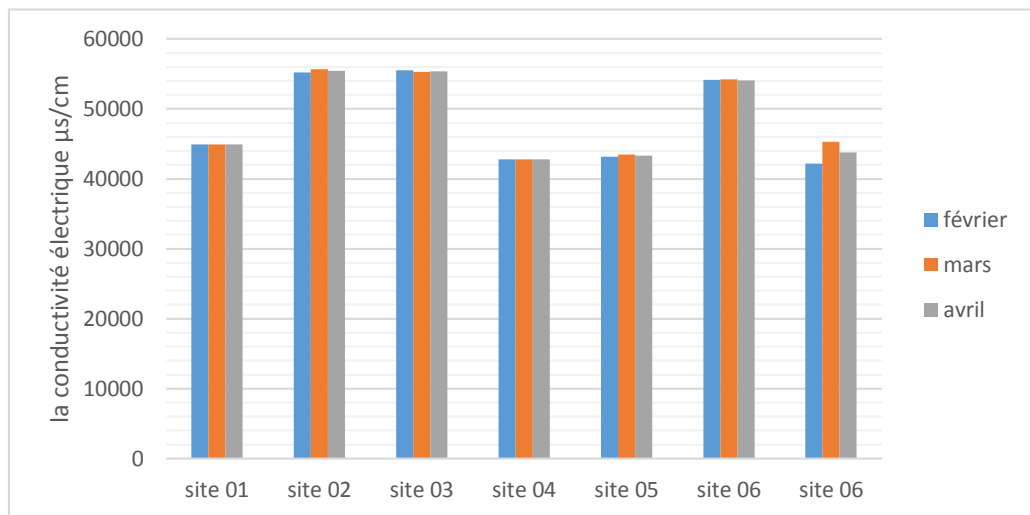


Figure N°23 : variation spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de mer.

La mesure de la conductivité électrique permet une évaluation rapide mais très approximative de la salinité globale de l'eau cela dépend de la quantité de sel indestructible. Il constitue une bonne estimation de la concentration totale des matières en solution dans l'eau. En effet, des contrastes de conductivités mesurées sur les milieux peuvent mettre en évidence une contamination dans les zones de mélange ou d'infiltration. [66].

L'augmentation de la conductivité d'une solution est due à la forte concentration en sels tel que les chlorures. [36].

Les variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de notre zone d'étude ont été marquées par une variation maximale de 55700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au site 2 (Collo) en mars et une variation minimale de 42200 μS au site 6 (plage Saf-saf) en février.

Ces eaux de mer marquent une (CE) assez importante, ce qui est expliqué par une minéralisation très élevée selon la classification de [36]. Ces valeurs dépassent même la minéralisation de l'eau de mer qui est de l'ordre de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Selon (Allouche et Djija, 2020), [67], les variations spatio-temporelles de la conductivité électrique varient entre [51100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 43600 $\mu\text{S}/\text{cm}$]. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans notre étude pour les sites 1 (port de pêche), 2 (Mollo), 7 (El Marsa).

III.4. Oxygène dissous

Les résultats de la mesure de l'oxygène dissous de l'eau de mer des sept sites Sont regroupés dans les courbes graphiques suivantes

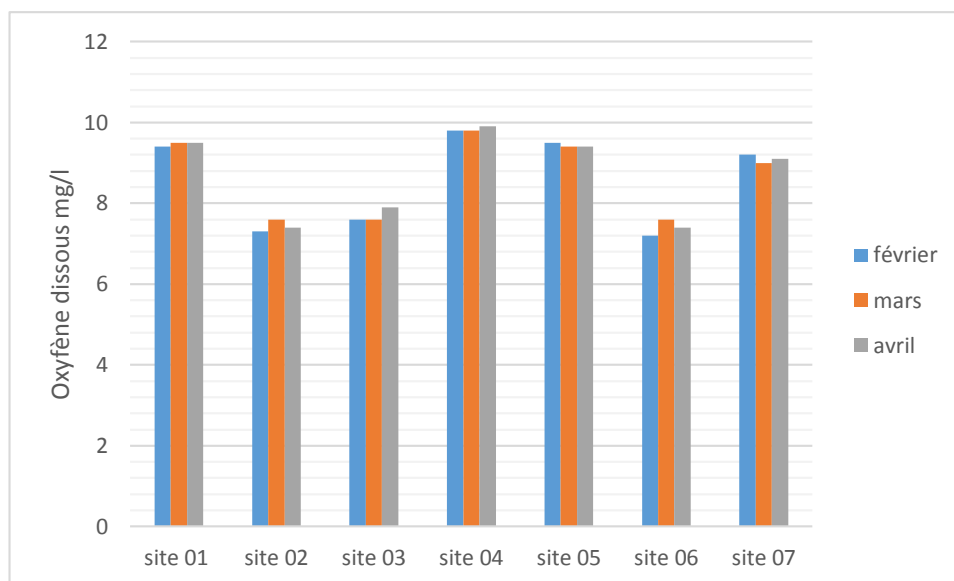


Figure N°24 : variation spatio-temporelles de l'oxygène dissous de l'eau de mer.

L'oxygène, qui est toujours présent dans l'eau, n'est pas un élément constitutif et sa volatilité est fonction de la température de la solution, de la pression partielle atmosphérique et de la salinité.

Les variations de ce paramètre sont dues au mélange des masses d'eau, aux échanges air-mer, à la respiration de la biomasse (ensemble de la faune et la flore aquatiques) et à la photosynthèse. [61]. Pendant la période d'étude, les valeurs d'oxygènes dissous des eaux de mer superficielles sont relativement stables, varient entre une valeur maximale de 9,9 mg/l et une valeur minimale de 7,2 mg/l dans le site 4 (Bikini) en avril et site 6 (plage Saf-saf) en février respectivement.

D'après les résultats, nous avons remarqué que la concentration de l'oxygène dissous de l'eau de mer dans notre zone d'étude ne dépasse pas la norme qui est de l'ordre de 10mg /l. [65].

III.5. Total solide dissous (TDS)

Les résultats de la mesure de total solide dissous de l'eau de mer des sept sites durant trois mois

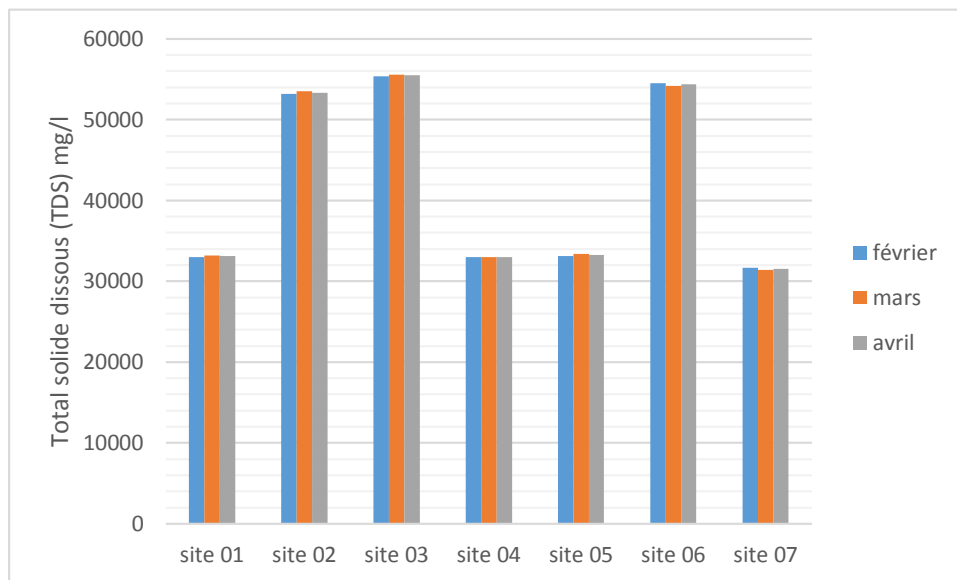


Figure N°25 : variation spatio-temporelles de la dureté totale de l'eau de mer.

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plus part des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentrations en CaCO_3 . [61].

La dureté est due à la présence d'ion bivalent surtout le calcium, le magnésium et le sulfates. [68].

Les variations de la dureté totale des eaux de mer étudiées sont marquées par un maximum de 55600 mg/l au niveau du site 3 (Mollo) en mois de mars et un minimale de 31400 mg/l au niveau du site 7 (El Marsa) au cours du mois de mars. Ces valeurs de la dureté totale de l'eau de mer étudiée sont très élevées à la norme 10 mg/l donc ces eaux ici sont de nature très dur. [61].

III.6. La turbidité

Les valeurs de la turbidité enregistrées lors de trois mois au niveau des sept sites mois sont représentées dans les courbes graphiques suivantes

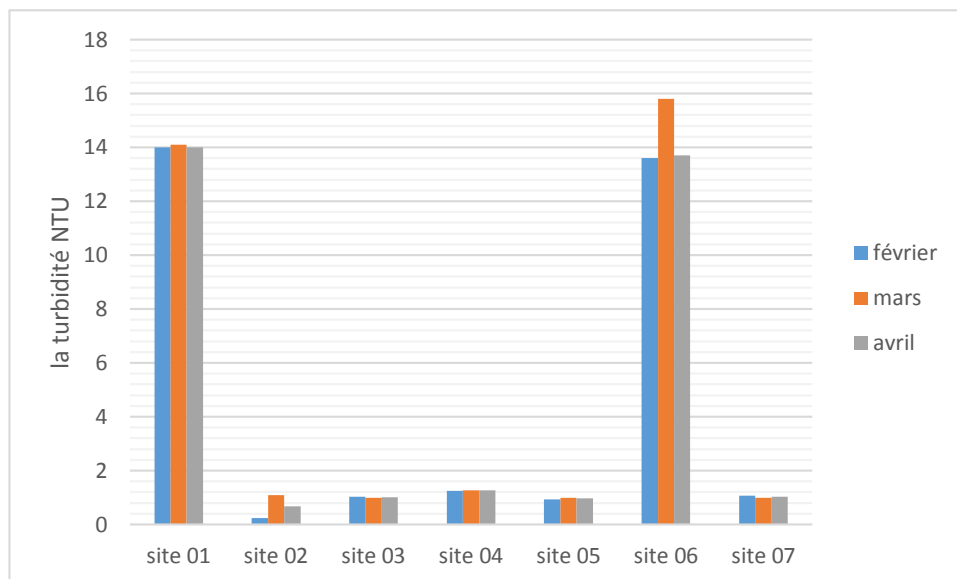


Figure N°26 : variation spatio-temporelles de la turbidité de l'eau de mer.

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argile, limon), des matières organiques (matières organiques mortes ou des végétaux en décomposition ...) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau. [50].

Les turbidités étudiées dans les septes sites montrent différentes variations. La valeur la plus faible a été enregistrée au niveau du site 2 (Lebrarak) au cours de mois de février (0,24 NTU), la plus forte valeur (15,8 NTU) a été enregistrée en mars dans le site 6 (l'îlot des chèvres).

Les teneurs de la turbidité au niveau des sites 02, 03, 04, 05, 07 (Lebrarak), (Mollo), (Bikini), (l'îlot) (El Marasa) respectivement est relativement stable varient entre (1,27 NTU, 1 NTU). Ces teneurs restent dans la norme. Par contre les variations enregistrées au niveau des sites 01 (port de pêche) et 06 (l'îlot des chèvres) dépassent largement la valeur limite acceptable qui de l'ordre de 5 NTU. [65]. (JORA, 2006).

Les valeurs élevées peuvent être expliquées par la présence des microorganismes, et les teneurs en particules colloïdale et solide en suspension. Ces augmentations aussi présentent un grand inconvénient pour le bon développement de la vie aquatique (limitation de la pénétration de la lumière, obstruction des branchies des poissons et des bivalves. etc. [61].

III.7. La matière en suspension

Les concentrations de matière en suspension (MES) déterminées lors de trois mois des sept sites sont représentées dans les courbes graphiques suivantes :

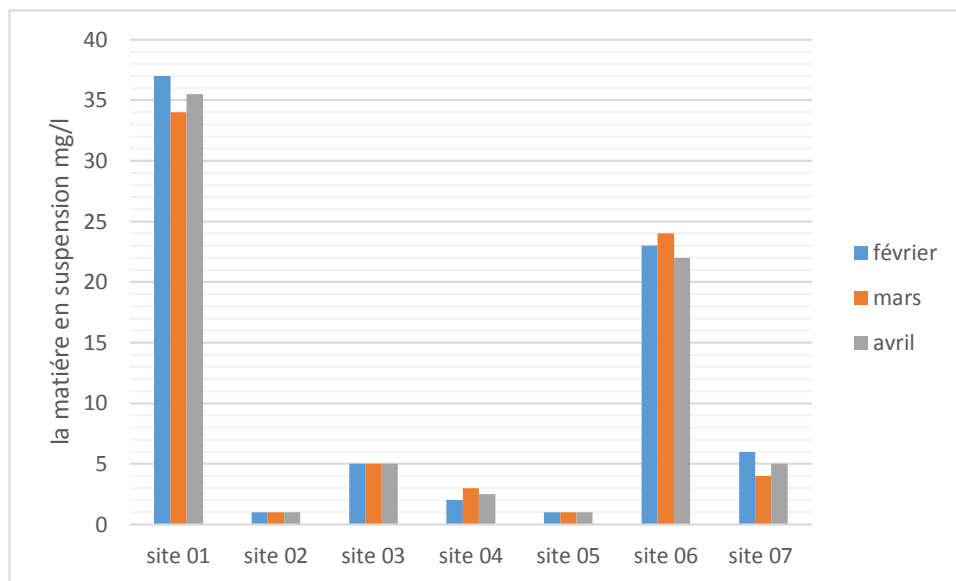


Figure N°27 : variations spatio-temporelles de la matière en suspension de l'eau de mer.

La mesure des matières en suspension (MES) est importante dans les milieux côtier car elle reflète à la fois l'importance des apports continentaux et la remise en suspension de sédiments sous l'influence des conditions météorologiques (vent, pluie...). Les MES influencent également la production primaire, une charge particulaire élevée peut en effet modifier l'importance de la couche euphotique [56].

Les valeurs enregistrées lors de la campagne de mesure pour les matières en suspension montrent des valeurs plus ou moins hétérogènes, la valeur maximale obtenue dans le site 1 (port de pêche) qui est de l'ordre de 37 mg/l en février et un minimale de 1 mg/l observé au niveau de site 5 durant les trois mois.

Il faut noter également une importance en matière en suspension (MES) au sein du site 6 (plage Saf-saf), oscille entre (24 et 22 mg/l) au cours du mois de mars et avril respectivement.

La tenue de la MES enregistrée au sein du site 1 (port de pêche Collo) dépasse la valeur limite acceptable 35 mg/l. [65]. Par contre les valeurs de MES obtenue pour les autres sites restent dans les normes.

Ces teneurs obtenues sont influencées par beaucoup de paramètres, et essentiellement l'état de la mer le jour de mesure (calme ou agitée), les courants, l'oxygène dissous, la sédimentation qui est soumise à l'effet de l'agitation. Les valeurs élevées dans le site 1 (port de pêche) est caractérisé par une forte circulation et reçoit les rejets directement des déchets enregistre les plus grandes valeurs. En fonction du type de bassin. [69].

Ces valeurs importantes peut être également interpréter par la présence de plancton, les phytoplanctons, le zooplancton qui sont les plus emportant de MES. Près des rivages, l'action des vagues et des marées peut mettre en suspension de mg/l de sable, limon ou autre dépôts qui varient selon les courants et profondeur des fonds. [70].

La pollution par des rejets urbains ou industriels peut devenir prépondérante. Cas de site 6 (plage Saf-saf).

Selon (Bendjeddou. 2013), Les teneurs excessives de la matière en suspension influent sur la transparence de l'eau de mer et cela induit à une mauvaise production photosynthétique, mais elle peut être comme une source de nourriture pour la faune si celle-ci ne dépasse pas les normes. [69].

III.8. Nitrate (NO₃)

Les concentrations du Nitrate déterminées lors de trois mois des sept sites.

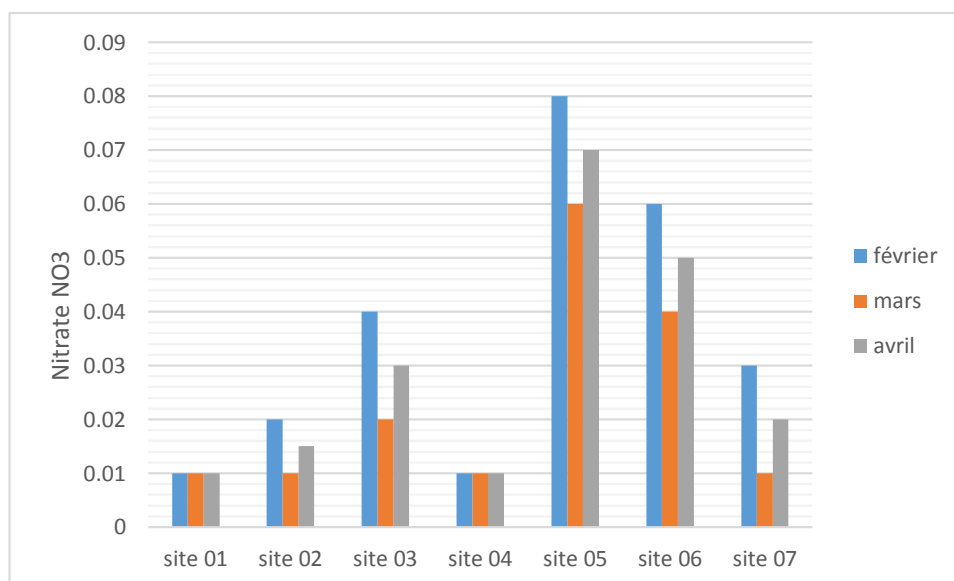


Figure N°28 : Variation spatio-temporelle de nitrate dans l'eau de mer.

Les nitrates (NO_3^-) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont le produit de l'oxydation de l'azote par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau. [71].

L'étude spatio-temporelle des éléments nutritifs montre que les teneurs en nitrate (NO_3^-) restent stables dans les sites 1 (port de pêche) et 4 (Bikini) avec une valeur de 0,01 mg/l. En revanche, nous remarquons des fortes teneurs au niveau de site 5 (l'îlot) avec un pic au mois de février qui atteint 0.08 mg/l.

Les valeurs en nitrate sont relativement faibles ne dépassant pas la norme qui est de l'ordre de 50mg/l (JORA 2026). [65].

Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites. [61].

III.9. Le plomb (Pb)

Les concentrations en plomb déterminées lors de trois mois des sept sites.

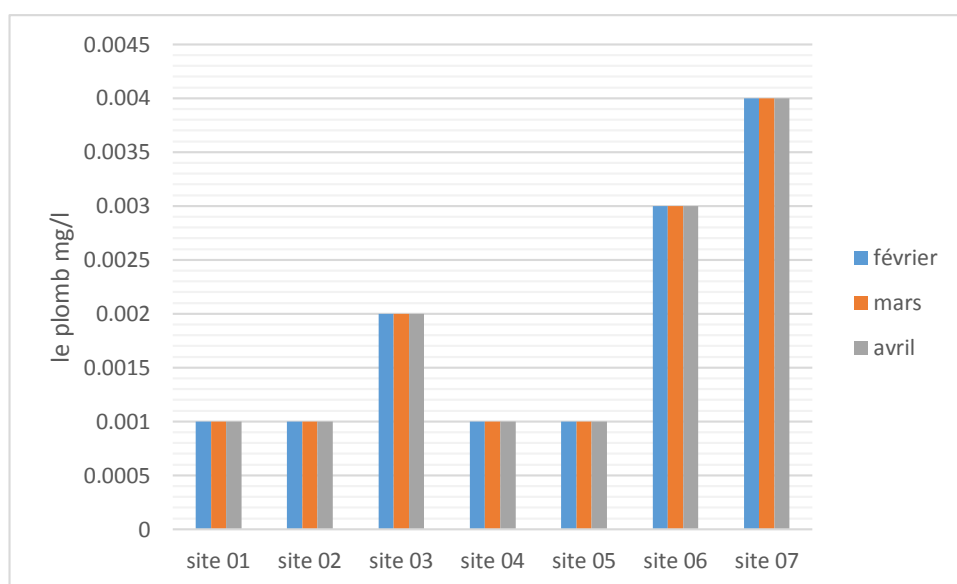


Figure N°30 : Variations spatio-temporelle du plomb dans l'eau de mer.

Le plomb est très répandu et très utilisé dans l'industrie, les possibilités de pollution sont extrêmement nombreuses et variées. Les activités humaines entraînant la formation d'aérosols plombifères, constituent actuellement la principale source de Pb dans l'eau. D'autres origines persistent, notamment dues aux différentes activités industrielles utilisant le Pb comme matière première ou comme adjuvant, ce qui amène à un déversement annuel de 3800 tonnes de plomb uniquement dans les zones côtières méditerranéennes. [73].

Le dosage des métaux lourds dans notre zone d'étude montre que les concentrations de Plomb (Pb) varient entre (0,004 mg/l et 0,001mg/l) lors de notre période d'étude.

Les teneurs en ce métal enregistrées dans les sites étudiés sont inférieures aux normes algériennes qui sont de l'ordre de 0,5 mg/l. [65]. Ce qui indique que l'eau de mer étudiée ne présente pas une pollution métallique en plomb.

Les valeurs en plomb (Pb) obtenue dans notre étude sont similaires à celle obtenue par (MESSAI, 2014) et (BOUCHECHE et all. 2020). [74]. [75].

III.10. Le fer (Fe)

Les concentrations du fer déterminées lors de trois mois des sept sites.

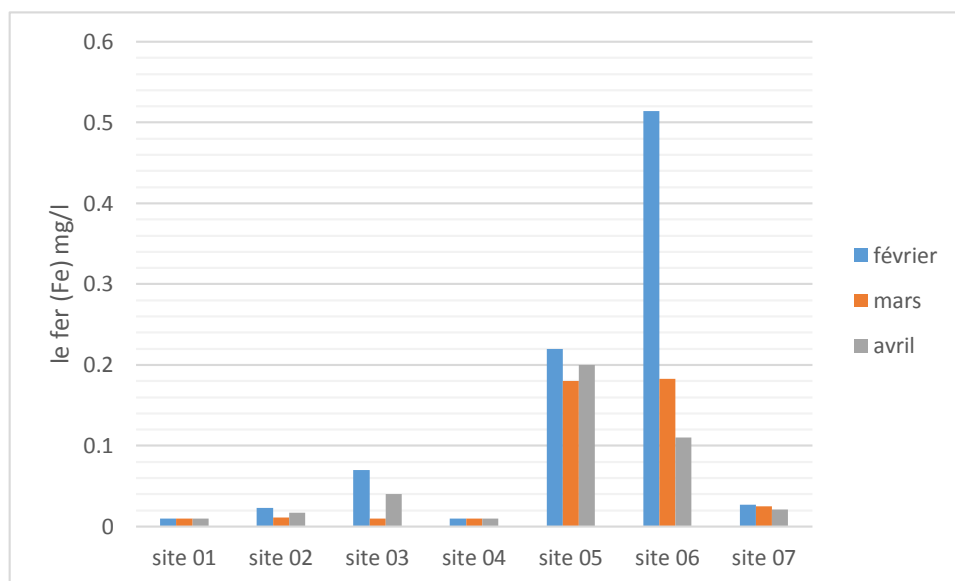


Figure N°31 : Variation spatio-temporelle du fer dans l'eau de mer.

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelques mg/l de fer, ayant pour origine de ruissellement terrestre ou par pollution industrielle ; dans les réseaux de distribution d'eau, elle provient le plus souvent de la corrosion des canalisations d'alimentation en eau ou de la coagulation-floculation à l'aide de sels ferriques. [61].

Au niveau des eaux de mer de notre zone d'étude, les valeurs marqués en (Fe) présentent des variations spatio-temporelles, fluctuent entre un maximum de 0,514 mg/l pour le site 6 (plage Saf saf) au mois de février et un minimum de 0,01 mg/l au niveau des sites 1 (port de pêche) et 4 (Bikini) au cours de trois mois.

Durant toute la période d'étude, les valeurs enregistrées pour le fer ne dépassent pas la valeur limite fixée par le décret 06-141 qui est de l'ordre de 3mg/l (JORA 2006).

Les concentrations du fer présentes dans le site 6 (Plage Saf-saf), peut être expliqué à la proximité de ce dernier aux différents activités industrielles et le processus de corrosion au niveau des stations.

Selon (Allouche et Djidja. 2020), les teneurs en Fe des eaux de mer oscillent entre 0,04 et 0,07 mg/l. Ces valeurs sont en conformité avec notre résultat. [67].

III.11. Les hydrocarbures

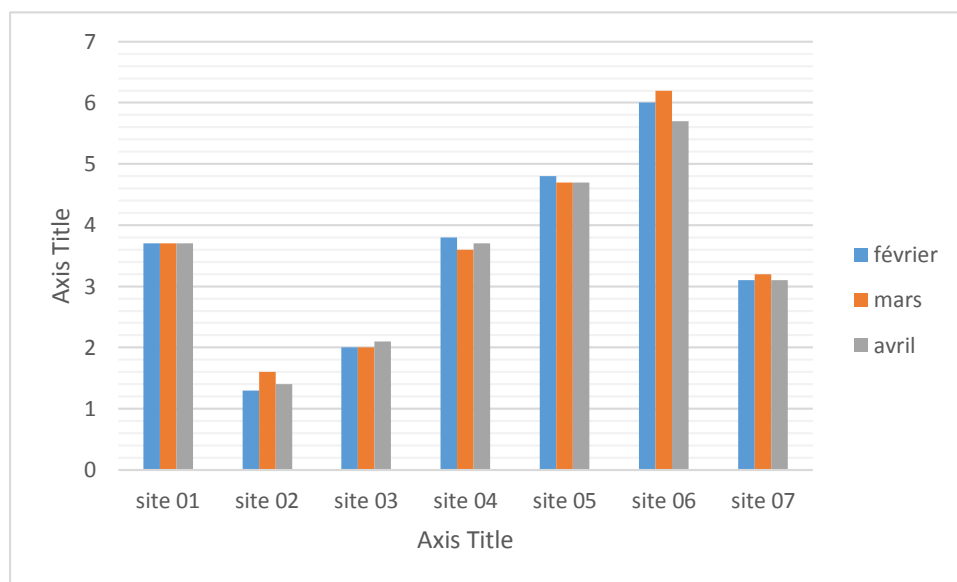


Figure N°32 : Variations spatio-temporelle des hydrocarbures Totaux dans l'eau de mer.

Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Cette pollution peut être accidentelle ou volontaire. [76]. Ainsi les sources des hydrocarbures en milieu marin peuvent être naturelles et/ou anthropogéniques.

Les hydrocarbures peuvent être bio synthétisés et libérés dans le milieu marin par l'activité métabolique des organismes aquatiques et terrestre ou par la décomposition de leurs matières organique. [22].

La pollution anthropique par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport à l'utilisation de produits finis (carburants, lubrifiants,...). [76].

Ces contaminants considérer comme les déchets les plus toxiques rejetés en mer, [72]. Connus pour leur persistance et leur toxicité dans les milieux marins, car ils sont relativement stables et peu solubles dans l'eau et ils s'adsorbent fortement aux sols et en matières en suspensions. Outre, ces

substances peuvent limiter l'apport d'oxygène dans les eaux de surface lorsqu'elles sont présentes en concentrations élevées. [53].

La figure N°32, laisse apparaître les variations des hydrocarbures au fil du temps et de l'espace, les variations se réfèrent aux changements plus ou moins irréguliers. Un pic de valeur 6,2 mg/l qui est enregistré au niveau du site 6 (L'îlot des chèvres), pendant le mois de mars où les hydrocarbures atteignent un niveau élevé lors de notre période d'étude, dans ce cas la valeur est légèrement inférieure à la norme 10 mg/l. [65]. En revanche une valeur minimale de 1,3 mg/l a été enregistrée dans le site 2 (El REMILA).

Durant notre période d'étude, les valeurs les plus élevées 4,7 mg/l, 5,9 mg/l sont marqués dans les sites 5 et 6 (L'îlot des chèvres, plage Saf-Saf) respectivement, ceci peut être expliqué par la proximité de ces derniers de la zone industrielles de Skikda, de ce fait des rejets de l'industrie peuvent atteindre ces milieux, les rejets industriels contiennent des quantités non négligeables en hydrocarbures suites à leurs utilisations en tant que sources d'énergie et de matière primaire pour divers produits tout au long de la chaîne industrielle. [76].

Les teneurs des hydrocarbures rencontrés dans le site 1 (port de pêche), et le site 4 (Bikini) qui est situé à la limite de la jetée du port de pêche, peut être dû à des déversements accidentels voir intentionnels lors de nettoyage des bateaux de pêche. Vu que les déversements accidentels de pétrole provenant de navires de plates-formes pétrolières ou de pipelines sont l'une des principales sources anthropiques d'hydrocarbures dans l'eau de mer. [76].

Les teneurs en hydrocarbures élevées peuvent avoir un impact significatif et toxique sur la faune et la flore car ils s'adsorbent fortement aux sols et sont très solubles dans les graisses ce qui favorise leur bioaccumulation dans les tissus humains et animaux [53]. Lorsque les hydrocarbures pénètrent dans les réseaux alimentaires, ils peuvent s'accumuler dans les organismes tout au long de la chaîne alimentaire, cela entraîner une bioaccumulation de substances toxiques, ça constitue une menace pour la vie marine et peuvent entraînant la mortalité des organismes aquatiques, également un risque pour les humains en tant que consommateurs de produits de la mer. [77].

Le suivi des concentrations des hydrocarbures totaux a permis de comparer nos données avec celles des autres études obtenues antérieurement, sur le littoral de Skikda.

Tableau N°5 : Comparaison des teneurs des hydrocarbures totaux dans les eaux littorales à proximité de nos zones d'étude, obtenues antérieurement.

Stations	Concentration des HCT (ppm)	Références
Plage Molo.	1,40	Mezedjeri et Djebbar. 2013
	10	Boutefnouchet et <i>al.</i> 2005
	3,2	Notre étude. 2023
Port de pêche Stora	3,41	Mezedjeri et Djebbar. 2013
	12,26	Gueddah. 2014
	3,8	Notre étude. 2023
Ilot des chèvres.	2,03	Mezedjeri et Djebbar. 2013
	4,8	Notre étude. 2023
Plage Saf-saf.	2,49	Mezedjeri et Djebbar. 2013
Nouveau port	1,39	Gueddah. 2014
Plage Saf-saf	6,2	Notre étude. 2023
Valeur limite	10	Décret exécutif n°06-141 (J.O.R.A N°26 du 23 avril 2006). [65].

Le tableau N°5 montre une comparaison entre les concentrations des hydrocarbures totaux obtenues lors de notre période d'étude et l'ensemble des résultats obtenus par (Mezedjeri et Djebbar. 2013). (Boutefnouchet et *al.* 2005)., (Gueddah, 2003), est apprécié par rapport aux valeurs limites acceptables par JORA.

Dans les eaux du site (Molo), nous constatons une teneur rencontrée par (Boutefnouchet. 2005) qui est en conformité avec la valeur réglementaire Algérienne (10 mg/l), en revanche, les concentrations observées par (l'étude présente. 2023) et (Mezedjeri et Djebbar. 2013) sont inférieure à la norme Algérienne.

Dans les eaux de port de pêche (Stora) qui est à proximité de notre site d'étude (Bikini), nous remarquons (Tableau N°5) une augmentation de la concentration des hydrocarbures obtenue par (Gueddah ,2014), qui est supérieur à la norme réglementaire Algérienne et à celles observées en (2013) par (Mezedjeri et Djebbar), et par (l'étude présente. 2023).

Conclusion

Conclusion

Conclusion

L'évaluation de la pollution de la zone côtière de la région de Skikda à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau de mer, par l'analyse physico-chimique (T°C, pH, conductivité, matière en suspension, turbidité, oxygène dissous, TDS, nitrate), des hydrocarbures totaux des eaux marines superficielles ainsi que l'analyse des teneurs en métaux lourds (Pb, Fe). Cette étude nous a permis d'avoir un constat sur la qualité des eaux marines des sept sites étudiés à partir de données et d'informations rassemblées au cours de notre étude.

D'après les résultats obtenus des eaux côtières on peut conclure que :

- ❖ Les variations spatio-temporelles des paramètres d'analyses d'eau de mer sont dans les normes pour les paramètres pH, température, oxygène dissous, nitrate.
- ❖ Ces eaux côtières se caractérisent par une forte minéralisation et une nature très dure, ce qui puisse nuire au bon développement de certaines espèces marines.
- ❖ L'analyse physico-chimique d'eau de mer a montré que les valeurs de la turbidité dépassent la norme édictée par JORA au sein des sites (Port de pêche), (plage Saf_Saf).
- ❖ Les valeurs enregistrées lors de la campagne de mesure pour la matière en suspension montrent des valeurs élevées dépassant la norme acceptable par JORA au sein de site (port de pêche).
- ❖ Ces eaux de mer ne présentent pas une contamination par le Fe et Pb.
- ❖ Les variations spatio-temporelles en hydrocarbures Totaux dans l'eau de mer lors de notre étude ne dépassent pas les normes Algérienne.

Néanmoins, il est clair que des analyses partielles et irrégulières ne présentent souvent pas la précision et la rigueur indispensable. Pour cela il faudrait mettre en œuvre une politique de sécurité et de protection de l'environnement notamment par :

- Création de laboratoires spécialisés.
- Définition des responsabilités et autorités.
- Mise en place d'un système de révision/évaluation.
- Formation qualitative et adéquate ainsi qu'une remise à niveau continue du personnel
- Création de zones écologiques protégées (ZPE).
- Les industriels qui sont responsables de leurs rejets doivent également organiser l'assainissement de leurs eaux usées.
- L'immersion et l'incinération des déchets en mer sont interdites.
- Les ports doivent fournir des services de récupération des déchets durant les escales.

Conclusion

- Les agglomérations doivent traiter leurs eaux usées, avant leur rejet dans le milieu marin.
- Maîtrise de l'information et des données environnementales.
- Harmonisation et uniformisation des données et de l'information environnementale.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1]. **Ramade, F. (2007)** : Introduction à l'éco toxicologie : fondements et applications. Ed Lavoisier.
- [2]. **Gaujous, D. (1995)** : La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2^{ème} Edition technique et documentation, Edition Lavoisier, Paris. P.49.
- [3]. **Brisou, J F., Denis, F A. (1978)** : Hygiène de l'Environnement Maritime. Edition Masson, Paris P.248.
- [4]. **Boutiba, Z., Taleb, M.Z., Abi-ayed, S.M. (2003)** : Etat de la pollution marine de la cote oranaise. Edit. Dar El Gharb, Oran, P.69.
- [5]. **Grimes, S., Boutiba, Z., Bakalem, A., Bouderbala, M., Boudjellal, B., Boumaza, S., Boutiba, M., Guedioura, A., Hafferssas, A., Hemida, F., Kaidi, N., Kerzabi, F., Khelid, H., Merzoug A., Nouar A., Sellali B., Sellali-Merabtine H., Semroud R., Seridi H., Taleb M.Z., Touahria, T. (2004)** : Biodiversité marine et littorale algérienne. Projet Sonatrack/LRSE. Eds. Sonatrack. P.362.
- [6]. **ONED. 2019** : ODD 14, Conserve et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable, rapport national Volontaire Algérie.
- [7]. **Babouri, R. (2022)** : quand la façade double peau interagit avec la pollution marin : centre anti-pollution marine à Skikda : mémoire de master, architecture, université Constantine 3.
- [8]. **Pérès, J., et al (1976)** : la pollution des eaux marine, paridé .P .01-67-70-71-117.
- [9]. **Ramade, F. (2000)** : Dictionnaire encyclopédique des pollutions – les polluants de L'environnement a l'homme. Edt. Ediscience international. Paris. P. 690.
- [10]. **RNB. (1999)** : Réseau National de Basin. Les micropolluants dans les cours d'eau français, 3 années d'observation (1995 – 1997). Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et les agences de l'eau. France.
- [11]. **Mouchel, J-M., Thévenot, D. (2003)** :- Support de cours d'Ecotoxicologie du CEREV «Centre d'enseignement et de Recherche Eau Ville environnement ».
- [12]. **Goeury, D. (2014)** : "La pollution marine", in Woessner Raymond (dir.), Mers et océans, Paris : Atlande, Clefs concours. P.6.
- [13]. **Aminot, A., Guillaud, J. (1993)** : Spéciation du phosphore et apports en baie de seine orientale, IFREMER, Océanologique acta, Vol 16, N°5-6, p. 617-623.
- [14]. **G.I.S, Posidonie. (1996)** : Groupement d'Internet Scientifique d'études et de protection de l'environnement marin. Biologie méditerranéenne, nuisance et pollution.
- [15]. **Gravez, V., Bernard, G. (2006)** : Pollution marine : Les définitions. Www. com.univ- mrs.fr.

Références Bibliographiques

- [16]. **Vincent, M. (2006)** : Etude d'expertise en Aquaculture- Environnement- pêche - Pollution. Saint- Maximin- France.
- [17]. **Pesson, P. (1976)** : Pollution des eaux continentales, Édition bordas, paris. P. 285.
- [18]. **Matinez, J. (1975)** : les pollutions de l'eau. ADDOUR-GARONNE. Revue de l'eau dans le Midi atlantique .Fr. (fascicule), n°8 : p.1-11.
- [19]. **Zeghoud, M. (2014)** : Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire de master, Université d'el-Oued. P.20.
- [20]. **Oudiz, A., Brenot, J., Cessac, B., Maigne, J.-P., Santucci, P. (2000)** Methodology for the management of industrial sites contaminated with radionuclides in France.
- [21]. **Gauthier, M.J., F-E., Perry. J. (1980)**: Introduction to environmental toxicology Black well scientific publication, p. 484.
- [22]. **Zaghden, H., Kallel, M., Elleuch, B, Oudot J., Saliot, A. (2007)**: Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Sfax, Tunisia, Mediterranean Sea. Marine Chemistry v 105. p. 70-89.
- [23]. **Chalghmi, H. (2016)** : Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde Rudi tapes SP. Thèse de doctorat en science : Géochimie et éco toxicologique. Université de Bordeaux, et de l'université de Monastir.P.16.
- [24]. **Eurosob. (2018)** : Les effets des pollutions aux hydrocarbures sur l'environnement marin [en ligne]. Disponible sur : « eurosob.fr/les_effets_des_pollution_aux_hydrocarbures_sur_lenvironnement_marin ». [Consulté, le 06/mai/2023].
- [25]. **Arris, S. (2008)** : Etude expérimentale de l'élimination des polluants organique par adsorption sous-produits de céréales. Thèse de doctorat en sciences : Génie de procédés, université de Constantine Algérie. P. 07.
- [26]. **Baker, A., Walker, P. (1989)**: Eco physiology of metal uptake by tolerant plants. In: heavy metal tolerance in plants- evolutionary aspects Shaw, A. (Eds), CR. C press, p. 155_177.
- [27]. **Loué., A. (1993)** : Oligo-éléments en agriculture _ Ed. Nathan (Ed), pp_45_177.
- [28]. **Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001)**: Trace elements in soils and plants. 3 rd CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D.C.

Références Bibliographiques

- [29]. **Behanzin, G., Adjou, E., Yessoufou, A., G., Dahouenon, A.E., Sezan, A. (2014)** : Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, *Journal Applied Biosciences*, Vol 83, pp 7499-7505.
- [30]. **Bourelrier, P., Berthelin, J. (1998)** : Contamination des sols par éléments traces : les risques et leur gestion. CR. Ass Sci, 42. Ed. Lavoisier, Paris.
- [31]. **Weiss, D., Shoty, W., Kempf O. (1999)**: Archives of Atmospheric Lead Pollution. *NaturWissenschaften*. Mémoire de magister de l'université de Tlemcen-Algérie.
- [32]. **Jica., Matet., Onned. (2008)** : Compte rendu du séminaire conjoint Algérie Japon pour la qualité de l'environnement. Alger, p 102.
- [33]. **Casas., Stello. 2005** : Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu, et Zn) chez la moule, *mytilusgalloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèses de doctorat : océanologie biologique, Environnement marin, p. 314.
- [34]. **Nestel, P., Davidsson, L. (2003)** : Anémie carence en fer et anémie ferriprive. Etat Unis D'Amérique, 2003.
- [35]. **Gunnar, F., Nodberg, B.A., Nodberf, F.W., Friberg, L. (2007)**: Handbook on the Toxicology of metals. 3eme edition. Academic Press, 25 juin 2007. 1024 p. ISBN : 978-0123694133.
- [36]. **Rodier, J. (1996)** : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduelles - Eaux de mer. 8ème ed. Dunod, p.1383.
- [37]. **Bliefert, C., Perraud, R. (2011)** : Chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchets. 2ème Édition, Ed. De Boeck Université, Bruxelles. p. 465.
- [38]. **Mahan, B. (1987)**: Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A.
- [39]. **Wittmers, L., Aufderheide, A., Rapp, G, Alich, A. (2002)**: Archaeological contributions of skeletal lead lead analysis. *Acc. Chem. Res.* 35: 669.
- [40]. **LAUWERYS, R. (1990)**: Toxicologie industrielle ET Intoxication professionnelle, 3ème Edition. Masson édition.
- [41]. **Bliefert, C., Perraud R. (2004)** : Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets. Boeck Université. pp. 373-374.
- [42]. **Miquel, M. G. (2001)** : Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifique et Techniques, p. 365.

Références Bibliographiques

- [43]. **Ramade, F. (2000)** : Dictionnaire encyclopédique des pollutions – les polluants de L'environnement a l'homme. Edt. Ediscience international. Paris, pp.50-186.
- [44]. **Viala, A., Botta, A., (2005)**. Toxicologie, 2ème édition Lavoisier tec and doc, p.1122.
- [45]. **Habbar, C. (2005)** : Surveillance de la qualité bactériologiques des eaux de baignade, cas des plages d'Ain-Franin et de Kristel 2005. Mémoire de magister en science de l'environnement et climatologie. D.pt, de physique. Université d'Oran.
- [46]. **Hadjadj, R., Bouabid, A. (2022)** : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de robinets dans la ville de Skikda. Mémoire de master : écologie fondamentale et appliqué. Université Mentouri Constantine. P. 19.
- [47]. **Aniref. (2020)** : disponible sur [<https://www.aniref.dz/index.php?layout=edit&id=109>]. Consulté le 21/05/2023.
- [48]. **Aniref** : Monographie de la wilaya de Skikda. Disponible sur : [<https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHE%20WILAYA%20SKIKDA.pdf>], consulté le 22/05/2023.
- [49]. **A.N.P.E. (1994)** : Monographie de la wilaya de Skikda, p. 186.
- [50]. **Elhachmi, A. (2015)** : Découpage administratif de l'Algérie, Monographie Disponible sur: [<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique-SKIKDA.html>]. Consulté le [22/05/2023].
- [51]. **Rodier, J., Bernard, L., Nicole M., Coll. (2009)** : L'Analyse de l'eau 9 ème édition DUNOD, Paris. P. 1579.
- [52]. **Rodier, J., Bazin, C., Bourtin, J., Chambon, P., Champsaur, H., Rodil. (2005)** : Analyse de l'eau : eaux naturelles aux résiduaires, eau de mer, 8ème édition DUNOD, paris. P. 1383.
- [53]. **Rodier, J. (2009)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 9 ème édition DUNOD, Paris. P. 1383.
- [54]. **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P, Chambon, P., ET Champsaur, H. (1996)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. . 8 ème édition DUNOD. p.1384.
- [55]. **Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky. (2005)** : Catherine. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement Observatoire des Données de l'Environnement. Fiche2 p1/16.

Références Bibliographiques

- [56]. **Aminot, A., Kérouel, R. (2004)** : Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses. Editions Quatre. P.336.
- [57]. **Mddep. (2006)** : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.
- [58]. **Bradai, M. N. (1994)** : Mémoire sur la floraison et la fructification de deux phanérogames marines sur les côtes sud-est de la Tunisie. Par Asma Hamza, Mohamed Nejmeddine Bradai, institut national scientifique et technique d'océanographie et de Pêche, 3029 sfax (Tunisie). Mar.Life 1994.
- [59]. **Afnor. (1999)** : La norme internationale ISO 7027.
- [60]. **Aminot, A., Chaussepied, M. (1983)** : Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edt CNEXO.
- [61]. **Rodier, J. (2009)** : L'analyse de l'eau - 10e édition Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.
- [62]. **Gaujous. (1995)** : « la pollution des milieux aquatique » Ed Tec et Doc. PARIS, 1995.
- [63]. **De Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C. (2005)** : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface cadre général Fiche 2, Institut Bruxellois « IBGE » pour la gestion de l'environnement/observatoire des données de l'environnement.
- [64]. **Rodier, J. (1984)** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition DUNOD Paris.
- [65]. **JORA, (2006)** : Journal officielle de la république Algérienne N° 46.
- [66]. **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. (2005)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. DUNOD, Paris.
- [67]. **Allouche. A., Djidja. A. (2020)** : Biosurveillance de la pollution marine du littoral de Skikda, mémoire de master. Université 20 Aout 1955 – SKIKDA. P53.
- [68]. **Hamouni, S. (2008)** : Etude des prétraitements en osmose inverse pour une eau de mer cas de station de dessalement de croso (Alger, Est) : mémoire de magister : procédés chimiques et environnement. Université de Houari Boumediene. P.6-84.

Références Bibliographiques

- [69]. **Bendjeddou, H. (2013)** : Evaluation des niveaux de la pollution marine par les hydrocarbures et les métaux lourds dans l'eau de mer et du sédiment superficiels marin dans Baie de Alger. Mémoire de magister, l'école nationale supérieure hydraulique. P.76.
- [70]. **Cardot, c. (1999)** : les traitements de l'eau du génie de l'environnement « procédés physico-chimique et biologique » Edition ellipses, paris.
- [71]. **Beatson, C.G. (1978)** : Methaemoglobinaemia-Nitrates in drinking water, Environ. Health, 86, 31.
- [72]. **Mille, G., Asia, L., Guiliano, M., Malleret, L., Doumenq, P. (2007)** : Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos area, France). Marine Pollution Bulletin 54 : 566-575.].
- [73]. **Danovaro, R., (2003)** : Pollution threats in the Mediterranean Sea : an overview. Chem. Ecol. 19: 15-32.
- [74]. **MESSAI, K. (2014)** : Etude la pollution maritime par les métaux lourds dans la cote de Jijel, Pollution des écosystèmes et ecotoxicologie. Mémoire de master, université de Constantine 1, P42.
- [75]. **Boucheche, B., Boukharouba, M., Guerriche, A. (2020)** : Etude physicochimique et bactériologique des eaux de mer polluées "zone industrielle de Skikda", mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma.P39.
- [76]. **Galaf, F., Ghannam, S. (2003)** : Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin : pollution chimique. Mémoire de troisième cycle en Agronomie Halieutique. Institut Agronomique et Vétérinaire, Rabat. p.36.
- [76]. **Pizon, F.X. (2005)** : Evolution des risques de pollution par les hydrocarbures depuis les naufrages de l'Erika et de Prestige. Communication présentée à Hyères le 11 mars 2005 au 4ème forum Méditerranéen des risques pétroliers (<http://www.afcan.org/interventions1.html>).
- [77]. **Louiz, L., Kinani, S., Gouze, M.E., Ben-Attia, M., Menif, D., Bouchonnet, S., Porcher, L.M., Ben-Hassine, O.K., Ait Aissa, S. (2008)** : Monitoring of dioxin-like, estrogenic anti-androgenic activities in sediments of Bizerta lagoon (Tunisia) by means of in vitro cell-based bioassays : hydrocarbons. Science of the Total Environment 402 :318-329.

Références Bibliographiques
