

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 أوت 1955 - سكيكدة
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

Option: Ecologie des milieux naturels

Intitulé

**Evaluation de la qualité des eaux du littoral Est
Algérien**

Présenter par :

- Baibeche Hind
- Bouakaz Nedjoua
- Bouaninba Nour El imane
- Ramram Kawter

Membre de jury :

BOUKAHLA A	MCB	Présidente	Université de Skikda
MOHAMED BEN ALI R	MAA	Directrice de mémoire	Université de Skikda
HADJOU DJ S	MCB	Examinatrice	Université de Skikda

Année universitaire : 2021/2022



Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier le bon DIEU de nous avoir aidés à réaliser cet ouvrage.

Nous tenons à remercier Madame Mèd Benali .R., de nous avoir fait confiance, et pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de diriger cette étude.

Nous remercions ensuite l'ensemble des membres du jury, qui ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention notre travail : madame BOUKATHLA A présidente de jury madame HADJOUJ S

Nos remerciements sont également adressés à tous les enseignants et les cadres du département de science naturellequi ont contribué à notre formation.

Enfin, il nous serait difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail. Que ce soit dans ses que nous signons l'expression de mes vives

Thanks

Before any one else i want thank God, El-Hamdou Lillah .

I must make a special mention of two persons:

The parents by whom I was loved and brought up with whom have experienced happiness, love and security. To the Dad and Mom, I offer this work.

And when I think of my parents, it's the idea of the whole family which comes to me:

My brother and sisters: Charref Eddine, Sara, Soundes, Naila

My big family by the grands parents that I love my Unkels and tantes.

Special thank to my favroute tante Dounia

My belove childhood friends: Rayene et Chaima and the gorgeous Asma

And my specials ones: Hind and Abd-Elmoumen

To all these I am very grateful for the encouragement, help and support they gave me in special way.

And of course the help I reicived from my beautiful partners: Nedjoua and Kawter who make the team looks like one person.

And special thanks to our honorable professor Dr.MED Benali R.for here grate, and honest work with us.

Nour El-Imane

Dédicace

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 tout ce qu'il a fait pour moi, par leur soutien moral et matériel, leur encouragement, pour ça patience.

A ma très chère mère celle qui m'a transmis l'a vie, le courage, et l'amour pour leur soutien moral et matériel, Pour ça tendresse, et pour l'encouragement qu'elle a me donnée pendant mon parcours, que dieu tout puissant garde mes parents et les protège.

Une spéciale dédicace à ma très chère sœur Wafa qui a été un soutien morale généreux et précieux pendant toutes mes années d'études et pendant toute ma vie, merci beaucoup.

A ma chère sœur Karima, son mari et ses enfants

A mes chers frères : Fayçal, Ahmed et leurs femmes et leurs enfants, a mon chère frère Lotfi.

A tous ma famille, Mes amis sans exception.

Et mes chères collègues Nour , Kawter et hind.

Nedjoud

Dédicace

Je tiens, tout d'abord, à remercier Allah qui m'a donné la volonté et le courage pour aller jusqu'au bout dans la réalisation de mon travail.

Je dédie, ensuite, cette modeste réalisations à mes très chers parents.

A mon très cher père Mohammed pour tout ce qu'il a fait pour moi, par son soutien moral et matériel, son encouragement et sa patience.

A ma très chère mère Zahira, qui m'a transmis l'a vie, le courage et l'amour pour également, son soutien moral et matériel, pour son encouragement et surtout sa tendresse, qui ont été un appui de taille durant tout mon parcours. Que Dieu le Tout Puissant garde mes parents et les protège. Je ne peux et je ne dois aussi oublier mes très chères sœurs : Amina

et Chaima et ma belle-sœur Mériem ; mes chers frères, Salah et

Youcef. et mes beaux frères Zaid Zohir et djeribi Karim

A mes neveux Anes et Djoud et mes nièces Razan et Celia, à ma famille qui ont du supporter mes encarts de rythme de vie et d'humeur et qui m'ont toujours soutenu et encouragé.

Je dédie ce travail aussi à toute la promotion d'écologie (2021/ 2022) sans exception, surtout mes chères collègues Nour el-Imane Nejdoua et Hind. Et à mes amis, Khaoula et Fella. Une spéciale dédicace à mon amie d'enfance, Nour, pour ses précieuses orientations dont elle ne m'a pas privée tout au long de cette étude.

Que Dieu Tout Puissant me le garde toutes et tous.

kawter

Résumé

La protection de l'environnement est devenue une nécessité et un défi majeur auxquels le monde est confronté. Il faut donc à la fois restaurer et préserver et protéger tous types d'écosystèmes contre les effets des différentes activités anthropiques.

La région de notre étude subit plusieurs sources de pollutions telles que l'industrie pétrolière de Skikda qui présente la plus grande menace pour toute la région, puis vient le trafic portuaire, les eaux usées et le trafic routier .cette étude a concerné le littoral Est Algérien .Pour cela l'objectif de notre travail est l'évaluation de la de la qualité des eaux du littoral Est Algérien, afin de systématiser toutes les données existantes pour pouvoir après les utiliser pour prévoir, réduire ou modérer les impacts négatifs sur les milieux naturels marins.

Cette recherche est basée sur des prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau. Notamment, par l'analyse physico-chimique (T°C, pH, conductivité.), et organique (hydrocarbures totaux) des eaux marines superficielles ainsi que l'analyse des teneurs en métaux lourds, les résultats obtenu montrent que les polluants varient selon les stations et leurs position géographique, tous les valeurs n'ont pas dépassés la norme algérienne surtout celle des éléments de traces métallique , sauf il y a une forte concentration des sels minéraux.

Mots clés : Littoral, évaluation, qualité, au, Est algérien.

Abstract

Environmental protection has become a necessity and a great challenge facing the world. It is therefore necessary to restore, preserve and protect all kinds of ecosystems from the effects of various human activities.

Our study area is exposed to several sources of pollution, such as the oil industry in Skikda, which represents the greatest threat to the entire region, followed by the port, sewage water, and roads that belong to all the coasts of eastern Algeria. And this assessment, which aims to organize all the existing data so that it can be used to predict negative impacts on the natural marine environments, which can be reduced or mitigated.

This research depends on the spatio-temporal collection of water samples. In particular, through physical and chemical analysis (temperature, pH, salinity..., etc.) and organic analysis (total hydrocarbons) of surface marine waters as well as analysis of heavy metal content, so that the obtained results show that pollutants differ according to the stations and their geographical location. All values did not exceed the Algerian specifications, especially the mineral elements, except for the presence of a high concentration of mineral salts.

Key words: evaluation, quality, water, Algerian.

ملخص

أصبحت حماية البيئة ضرورة وتحديًا كبيرًا يواجهه العالم. لذلك من الضروري استعادة جميع أنواع النظم البيئية والحفاظ وحمايتها من تأثيرات الأنشطة البشرية المختلفة

تتعرض منطقة دراستنا لعدة مصادر للتلوث مثل صناعة النفط بسكيكدة والتي تمثل عليها أكبر تهديد للمنطقة بأسرها و يأتي بعدها الميناء ومياه الصرف والطرق التي تخص كل سواحل شرق الجزائر . و هذا التقييم الذي يهدف إلى تنظيم جميع البيانات الموجودة بحيث يمكن استخدامها للتنبؤ بالآثار السلبية على البيئات البحرية الطبيعية مما يمكن تقليلها أو تخفيفها.

يعتمد هذا البحث على الجمع المكاني والزمني لعينات المياه. على وجه الخصوص ، من خلال التحليل الفيزيائي والكيميائي (درجة حرارة المؤية ، ودرجة الحموضة ، و الملوحة... ، وما إلى ذلك) والتحليل العضوي (إجمالي الهيدروكربونات) للمياه البحرية السطحية وكذلك تحليل محتوى المعادن الثقيلة ، بحيث تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن الملوثات تختلف حسب المحطات وموقعها الجغرافي ، فجميع القيم لم تتجاوز المواصفات الجزائرية خاصة العناصر المعدنية باستثناء وجود تركيز عالٍ من الأملاح المعدنية.

الكلمات المفتاحية: التقييم ، الجودة ، المياه ، جزائر

Sommaire

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abreviations

Introduction général	1
1 La pollution marine.....	3
2 Les types de polluants.....	3
2.1 Les macro-polluants	3
2.2 Les micropolluants	3
3 Les principaux types de la pollution	4
3.1 La pollution chimique.....	4
3.2 La pollution physique	4
3.3 La pollution biologique	5
3.4 La pollution thermique	5
4 Principaux paramètres considérés.....	6
4.1 Paramètres physico-chimiques	6
4.1.1 Température	6
4.1.2 Potentiel d'hydrogène (pH).....	6
4.1.3 Conductivité électrique de l'eau.....	6
4.1.4 Salinité.....	6
4.2 Paramètres indicateurs de pollution.....	7
4.2.1 Demande biochimique en Oxygène (DBO5)	7
4.2.2 Matières en suspension (MES).....	7
5 Utilisation et toxicités des ETM étudiés	7
5.1 Le Zinc.....	7
5.2 Le Fer.....	8
6 Biosurveillance de la pollution marine	8
1. Présentation de la zone d'étude	10
2. Présentation des sites de prélèvement	10
2.1. Présentation de la zone Skikda	10
2.2. Présentation de la zone Jijel.....	12
2.3. Présentation de la zone Annaba.....	12
2.4. Présentation de la zone El Tarf.....	12
3. Echantillonnage.....	15

3.1. Technique d'échantillonnage.....	15
4. Méthodes de mesures et d'analyses	17
4.1. Paramètres physicochimiques.....	17
4.1.1. Mesure de la température de l'eau	17
4.1.2. Mesure du pH et de la conductivité électrique et de salinité	17
4.1.3. Mesure de turbidités.....	18
4.2. Les paramètres indicateurs de pollution	19
4.2.1. Mesure du DBO ₅	20
4.2.2. Mesure des hydrocarbures.....	20
4.3. Mesure des ETM	22
1 Résultats physico-chimique des eaux	24
1.1 Température.....	24
1.2 Potentiel d'hydrogène pH.....	25
1.4 Conductivité électrique.....	26
1.5 Total des solides dissous TDS	27
1.6 Turbidité	28
1.7 Salinité	28
1.8 Hydrocarbures	29
1.9 Demande biochimique en oxygène DBO ₅	30
2 Résultats des métaux lourds.....	31
2.1 Le fer.....	31
2.2 Le Zinc.....	31
Conclusion.....	33
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

DDE	Dichlorodiphenyldichloroethylene
PCB	Polychlorinated biphenyl
pH	Potentiel d'hydrogène
TDS	Total solide dissous
μS	Micro simens
Cm	Centimètre
DBO	Demande biochimique en oxygène
Mg	Milligramme
L	Litre
MES	Matière en suspension
ETM	Élément en trace métallique
Fe	Fer
Cd	Cadmium
Cu	Cuivre
As	Arsenic
Au	Or
T ⁰	température
Cond	Conductivité électrique
SAL	Salinité
C ⁰	Degré Celsius
NTU	Unité turbidité Néphélométrique
IF	Infrarouge
SAA	spectrophotomètre d'absorption atomique.
JORA	Journal offéciel de la république algérienne

Liste des tableaux

N°	Titres	Page
1	Localisation des points d'échantillonnages des sites d'étude	13
2	La date et point de prélèvement et type d'analyse	14
3	Conservation des prélèvements selon les normes NF EN ISO	16
4	Matériels d'analyse de quelque paramètres physico-chimiques	19

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Sources de pollution et leur transformation.	9
2	image satellitaire par google earth représente les sites de prélèvement	10
3	Photos personnelles de quelques sites de prélèvement	15
4	Photo personnelle de sonde multi-paramètre	18
5	Photo personnelle de turbidimètre	18
6	Photo personnelle d'un oxymètre	19
7	Photos personnelles d'un OxiTop (WTW)	20
8	Schéma représentant les composants de SAA	23
9	Variations spatio- temporelles de la température de l'eau de mer	24
10	Variations Spatio-temporelles du pH de l'eau de mer	25
11	Variations spatio-temporelles de la Conductivité électrique de l'eau de mer.	26
12	Variations spatio-temporelles de TDS de l'eau de mer	27
13	Variations spatio-temporelles de la turbidité de l'eau de mer	28
14	Variations spatio-temporelles de la salinité de l'eau de mer	28
15	Variations spatio-temporelles de l'hydrocarbure de l'eau de mer	29
16	Variations spatio-temporelles de la demande biochimique en oxygène de l'eau de mer	30
17	les variations spatio-temporelles de Fer de l'eau de mer	31
18	les variations spatio-temporelles du Zinc de l'eau de mer	31

Introduction

Introduction

Ces dernières décennies, la mer méditerranéenne est l'une des mers les plus polluées au monde, elle est pratiquement fermée donc elle contient la plus grande biodiversité par rapport aux autres mers du monde, elle est très menacée par la pollution marine surtout dans les villes portuaires.

L'Algérie elle aussi s'attaque à ce problème grandissant. En effet, la politique de développement en Algérie depuis l'indépendance, est basée sur l'industrialisation et de rattrapage économique, et les zones littorales font l'objet de la concrétisation de ces objectifs.

La pollution de la côte algérienne est devenue inquiétante dont les causes principales sont les activités anthropiques (urbanisation, industrie et l'agriculture) elles génèrent plusieurs types de polluants comme les polluants organiques et microbiens, les déchets plastiques (est la quantité la plus élevées au monde), les métaux lourds, les résidus médicamenteux... ..À côté de ça la pression exercée par le tourisme, constitue l'un des problèmes qui doivent être gérés efficacement afin d'empêcher toute dégradation future du milieu marin et littoral.

Chaque année, la pollution gagne du terrain à Skikda. Même les plages autorisées à la baignade ne sont pas totalement propres (22 plages à Skikda sont interdites à la baignade à cause de leurs fortes pollutions). Malgré les efforts fournis par le ministère de l'environnement en partenariat avec les autres ministères et appuyés par le nouveau projet d'entretien du littoral, le constat est alarmant.

L'environnement marin se retrouve soumis à des pollutions diversifiées surtout par les hydrocarbures, sachant que Skikda ne dispose même pas d'un barrage flottant de haute mer, en s'opposant aux directives mondiales du développement durable, pour des considérations écologiques qui permettent que les eaux limitrophes du complexe se soient débarrassées d'un métal nuisible.

Notre sujet de recherche est visé principalement à l'évaluation de la qualité des eaux du littoral de l'est algérien par l'étude de la pollution marine et leurs effets sur le long du littoral étudié à savoir, la ville de Skikda, Jijel, Annaba et El Tarf, afin de trouver des solutions pour préserver et exploiter rationnellement ces milieux. A cet effet le présent manuscrit s'articule en trois chapitres :

Le **Chapitre I**, repose sur une **synthèse bibliographique**, réservé à la présentation de la pollution marine et des différents types de polluants du milieu marin.

Introduction

Le **chapitre II**, est consacré aux **Matériel et méthodes**, nous commençons par la description de notre zone d'étude ,ainsi que, décrire 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 résumera l'essentiel du travail effectué .

Chapitre I

Généralités

1. La pollution marine

La pollution marine est un problème qui touche tous les pays du monde. L'océan n'a pas de frontière et les effets de la pollution sur les écosystèmes marins et sur les santés humaines peuvent parfois se faire sentir très loin de la source de pollution. Le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP, 1989), comme étant "l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément".

2. Les types de polluants

Le polluant, tout agent physique, chimique ou biologique dans un hydrosystème, qui y provoque, par sa concentration dans l'eau, des perturbations préjudiciables au bon équilibre de l'écosystème et en réduit les possibilités d'usages de l'eau. (RNB, 1999)

Le comportement dans l'environnement d'une substance est difficile à appréhender car il dépend de ses propriétés et de la nature du milieu dans lequel elle se trouve. Par exemple, sa capacité à se retrouver dans l'atmosphère dépend à la fois de son degré de volatilité et de sa solubilité dans l'eau (RNB, 1999). Selon MOUCHEL et THEVENOT (2003) on distingue 2 types de polluants :

2.1. Les macro-polluants

Ce sont des molécules naturelles qui se trouvent dans l'environnement à des concentrations différentes de celles habituellement observées, ce qui entraîne une augmentation de la cinétique des réactions biochimiques.

2.2. Les micropolluants

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). Les micropolluants sont susceptibles de contaminer les différents compartiments eau, air et le sol puisqu'ils sont directement introduits au sein même de l'écosystème. Il existe plusieurs types de polluants qui affectent le milieu marin provoquant plusieurs altérations pour les espèces marines, parmi ces polluants : les métaux lourds, les biocides, les hydrocarbures, les substances eutrophisantes, les substances radioactives, les matières en suspension, les eaux usées et les détergents.

3. Les principaux types de la pollution

La plupart du temps, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent en synergie les uns sur les autres. Ainsi, un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique) (GRAVEZ et BERNARD, 2006).

3.1. La pollution chimique

C'est une pollution due au déversement de substances chimiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les biocides, les pesticides (DTT, Lindane...), les métaux lourds (Pb, Cd, Hg...) (GIS, 1996). De nombreuses substances de synthèse issues du génie humain ont la capacité d'engendrer des sous-produits (métabolites) encore plus dangereux comme le DDE, les dioxines. Ainsi l'océan mondial est systématiquement pollué par des substances toxiques, même dans ses régions les plus reculées, à titre d'exemple les morues de la mer Baltique présentent des teneurs record en PCB (VINCENT, 2006).

3.2. La pollution physique

On parle de cette pollution lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu (par une centrale hydroélectrique), d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou une usine de regazéifications de gaz liquide), d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, macrodéchets...), d'une source de radioactivité (GRAVEZ et BERNARD, 2006). Cependant, le rejet de chaleur dans l'environnement constituant de nos jours une forme de pollution physique du milieu naturel capable de provoquer de vrais bouleversements, car d'un point de vue écologique, il existe un paramètre incontournable qui est la température du milieu. Or, dans certains pays industrialisés, l'augmentation de température en aval des centrales électriques peut atteindre 7 à 8°C, ce qui engendre une modification totale des communautés aquatiques et de leurs modes de fonctionnement (VINCENT, 2006).

3.3. La pollution biologique

Il peut s'agir de pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, Champignons) provenant des égouts qui peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (GRAVEZ et BERNARD, 2006). Cette pollution peut résulter du rejet dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles d'origines divers (effluents urbains, matières

fécales, industries, élevages,) et se traduit par une forte contamination bactériologique. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiène publique : qualité des eaux potables, salubrité des plages, qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde. Cette extension incessante de la pollution microbiologique des eaux continentales et littorales a pour conséquence une recrudescence d'affections pathogènes (colibacilles, hépatites, virus entériques...) (VINCENT, 2006).

Il peut également s'agir de l'introduction d'une espèce marine dans une zone où elle est normalement absente et dans laquelle elle a un impact non négligeable (ex : la caulerpe : *Caulerpataxifolia*) (GRAVEZ et BERNARD, 2006).

3.4.La pollution thermique

Il y a pollution thermique quand une eau chaude produite au cours de certains processus industriels est rejetée dans les voies navigables. De nombreuses industries comme les centrales qui utilisent de la vapeur pour produire de l'électricité, pompent de l'eau pour refroidir leurs installations. L'eau devenue chaude est ensuite légèrement refroidie avant d'être rejetée dans le milieu marin mais sa température reste plus chaude qu'elle ne l'était à l'origine, provoquant ainsi un léger réchauffement du milieu récepteur. (BERG *et al.*, 2009)

L'augmentation de la température d'une masse d'eau a des effets chimiques, physiques et biologiques. Les réactions biochimiques comme la décomposition des déchets, se produisent plus rapidement, consommant plus d'oxygène dissous. De plus, l'oxygène se dissout moins dans l'eau chaude que dans l'eau fraîche et la concentration de l'eau en oxygène dissous a des effets importants sur la vie aquatique. (BERG *et al.*, 2009)

Quand le taux d'oxygène dissous diminue à cause d'une pollution thermique, les poissons ventilent plus souvent leurs branchies pour s'oxygéner correctement. Cette situation provoque un gros stress chez le poisson car il tente d'obtenir plus d'oxygène à partir d'une concentration plus petite d'oxygène dissous dans l'eau. D'autres changements subtils peuvent apparaître dans les activités et le comportement d'organismes aquatiques dans une eau polluée thermiquement parce que la température a un effet sur les cycles de reproduction, les rythmes digestifs et respiratoires. A des températures plus élevées, les poissons ont besoin de davantage de nourriture pour garder leur masse corporelle. Ils ont généralement une espérance de vie plus courte et les populations sont plus petites. En cas de pollution thermique forte, les poissons et les autres organismes aquatiques meurent. (BERG *et al.*, 2009).

4. Principaux paramètres considérés

4.1. Paramètres physico-chimiques

4.1.1. Température

La température de l'eau est fonction de la température ambiante, des processus chimiques et biochimiques qui ont lieu dans le milieu aquatique, de la température des affluents au cours d'eau. Elle influence beaucoup de phénomènes physico-chimiques tels que le pouvoir auto-épurateur d'une eau polluée, la solubilité des gaz, la conductivité et le pH (LEYNAUD, 1968).

La prise de la température des échantillons est effectuée *in situ* par l'utilisation d'un thermomètre. Nous avons plongé le thermomètre dans les flacons, après la lecture de la température, nous avons enregistré les valeurs de la température dans la fiche d'échantillonnage. LEYNAUD, 1968)

4.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est la mesure de la concentration en ions Hydronium (H_3O^+) provenant de la dissociation des molécules d'eau en protons H^+ . Il contrôle les vies aquatiques et régule le processus d'épuration dans les plans d'eau. LEYNAUD, 1968)

4.1.3. Conductivité électrique

C'est la quantité d'électricité transportée d'une électrode à l'autre à travers un secteur de 1 cm, d'un conducteur ayant une différence de potentiel de 1V/cm. Elle permet d'estimer le degré de minéralisation d'une eau et est liée à la force ionique. Elle est proportionnelle à la teneur en sels dissous (TDS). Elle s'exprime en micro siemens par centimetre ($\mu S/cm$). (Rodier, 2009)

4.1.4. Salinité

Elle désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau de mer (Rodier, 2009). La salinité est le caractère essentiel de l'eau de mer, elle est de l'ordre de 37 en Méditerranée et environ 35 dans les océans (BOULARES et REDJEM, 2012).

4.2. Paramètres indicateurs de pollution

4.2.1. Demande biochimique en Oxygène (DBO5)

La DBO des eaux naturelles exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable par le développement des micro-organismes dans des conditions données, qui reste inférieure à 2 mg/l (CHAPMAN *et al.*, 1996).

4.2.2. Matières en suspension (MES)

Ce sont des substances minérales ou organiques insolubles diverses. Suivant leur densité et les caractéristiques du milieu récepteur ; elles évaluent la répartition de la charge polluante entre la pollution dissoute et la pollution sédimentée (BONTOUX, 1993) elles sont exprimées en mg/l.

5. Utilisation et toxicités des ETM étudiés

Les métaux lourds sont dangereux pour les systèmes aquatiques, ils pénètrent dans les écosystèmes avec les précipitations, les cours d'eau, les effluents et les rejets accidentels relégués comme sous-produits des industries, des mines ou s'échappant des bateaux. Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nano gramme ou du microgramme par litre. (Rodier, 1996).

5.1. Le Zinc

Le zinc est très souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 %. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie (Rodier, 1996).

Les principaux secteurs d'utilisation étant la couverture de bâtiments (40%), les barres et profilés (20%), la chimie, notamment du caoutchoute (12%). L'apport de zinc au milieu marin est essentiellement imputable à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons. Dans les zones portuaires, le zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion. De plus, le zinc est contenu dans certaines peintures antisalissure (Ifremer, 2001).

➤ Toxicité

Les sels de zinc sont moins toxiques que ceux du cuivre ou du cadmium et présentent la particularité d'être moins nocifs pour les organismes marins que pour ceux des eaux douces, en raison de l'action protectrice des ions calcium. Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves. (Ifremer, 2001).

5.2. Le Fer

Le fer est parmi les éléments métalliques les plus fréquemment rencontrés dans l'eau (Bontoux, 1993). Il provient de la lixiviation des terrains traversés, des minéraux argileux, et exclusivement des rejets industriels (Rodier, 1996).

➤ **Toxicité**

Le fer élément essentiel de la nutrition humaine. Les besoins journaliers sont de 1 à 2 mg l'ingestion de grandes quantités de fer produit une hémochromatose, dans cette affection, les mécanismes normaux de régulation n'agissent plus efficacement et il se produit des lésions de tissus par suite d'accumulation de fer (Ramade, 2000).

6. Biosurveillance de la pollution marine

Les réponses aux grandes questions scientifiques que pose la protection de l'environnement littoral passent nécessairement par une meilleure connaissance des mécanismes de toxicité, afin d'améliorer l'évaluation prédictive des impacts. Aujourd'hui, les connaissances acquises sur le fonctionnement des écosystèmes permettent une meilleure appréciation de la capacité d'acceptation du milieu. Ceci pose la question des stratégies de surveillance de l'environnement, mais également des méthodologies permettant de connaître les tendances d'évolution à long terme des paramètres de qualité du milieu et des niveaux de contamination des populations (RNO, 2003).

La mesure directe des contaminants dans l'eau fait appel à des techniques analytiques sophistiquées et coûteuses, difficilement applicables à de grandes séries d'échantillons. Par ailleurs, la variabilité temporelle du milieu littoral ne confère que peu de représentativité à une mesure ponctuelle dans la colonne d'eau (RINBIO, 2001).

L'écotoxicologie marine est maintenant en mesure de proposer un premier élément de réponse à l'évaluation de l'effet des polluants par le développement d'indicateurs biologiques ou bioindicateurs (RNO, 2006).

La présentation d'indicateurs, la justification scientifique de leur utilisation, ainsi que la liaison entre les différents niveaux sont présentés pour les différents échelons d'organisation biologique ci-après. Malheureusement, les liens entre les niveaux biochimiques et écologiques sont aujourd'hui encore difficiles à établir formellement (PNUE/PAM, 2004).

- Au niveau génique : biomarqueurs moléculaires pour déceler les modifications génétiques induites au niveau des organismes et/ou de la population ;
- Au niveau des organismes : biomarqueurs pour mesurer les effets biologiques ; biochimiques à physiologiques ; Liaisons avec le niveau moléculaire ;
- Au niveau des populations : il comprend la génétique démographique pour détecter les stress, les modifications morphologiques et les modifications de la dynamique démographique ; Liaisons

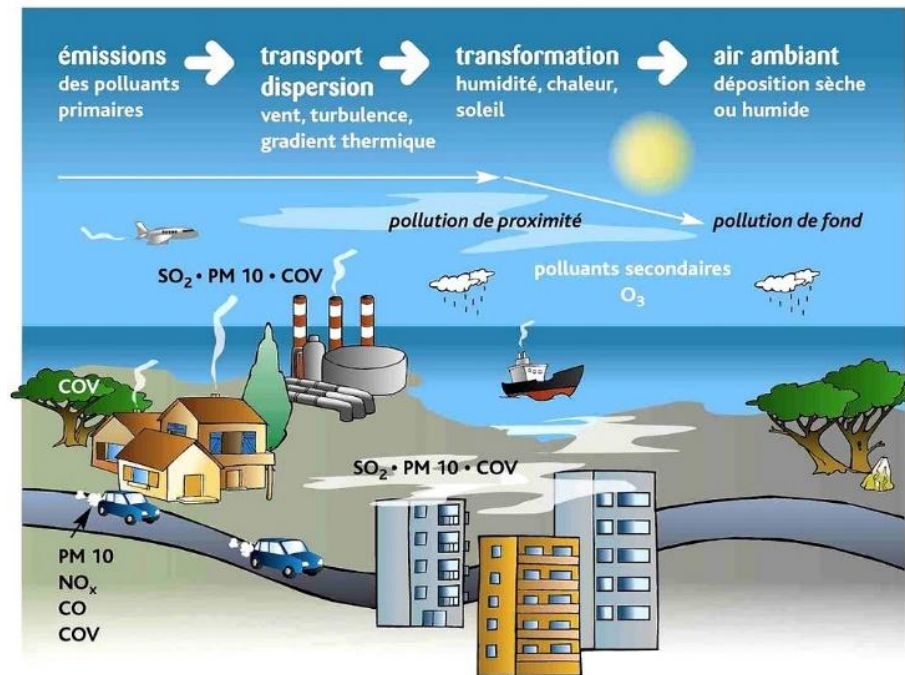


Figure1 : Sources de pollution et leur transformation

- Au niveau des communautés : composition, structure et fonction communautaires – toute une série ou une combinaison d’indicateurs écologiques Liaisons avec le niveau de la population.
- Au niveau des habitats : surveillance des habitats d’espèces clés ! Liaisons avec les niveaux de la population et de la communauté. Ce niveau comprend la surveillance des Oiseaux et des Mammifères, ainsi que des écosystèmes intacts comme les aires spécialement protégées.

Chapitre II

Matériel et méthode

II.1. Présentation de la zone d'étude

Le littoral est généralement défini comme une zone de contact entre le continent et la mer.

Le littoral algérien est divisé traditionnellement en trois zones côtières : Est, Centre et Ouest.

Notre étude met l'accent sur la zone littoral Est algérien, précisément la wilaya de Skikda, Jijel, Annaba et El Tarf.

Deux campagnes d'échantillonnage ont été effectuées à raison d'une fois par mois, au mois de Mars et Avril, durant l'année 2022. L'échantillonnage a été effectué au niveau de 10 stations.

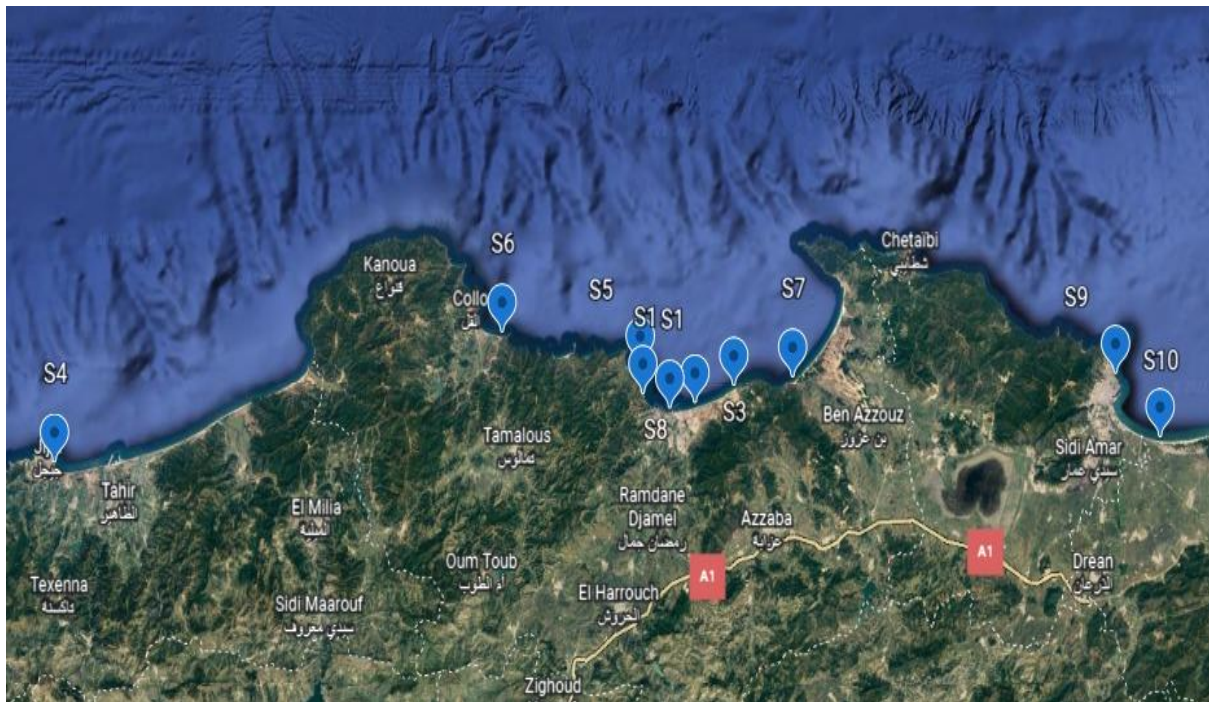


Figure 2 : Carte de la zone d'étude et localisation des stations d'échantillonnage. (google earth ,2022)

II.1.1. Présentation des sites de prélèvement

1.1.2. Présentation de la zone de Skikda

La wilaya de Skikda est située au Nord-Est de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen. Elle s'étend sur une superficie de 4 118 km².

La région de Skikda se situe entre la longitude : $x_1= 6,242357003^\circ$, $x_2= 7,406133003^\circ$ et la latitude : $y_1= 36,41902900^\circ$, $y_2= 37,08974800^\circ$. Elle est limitrophe avec , la mer méditerranéen au Nord, les wilayas de Constantine, Mila et Guelma au Sud , la wilaya de Jijel à l'Ouest et la wilaya d'Annaba à l'Est.(Arour, 2010)

Site1 : L'îlot des chèvres

C'est une plage sablonneuse et rocheuses au même temps appelée également Ilot des Chèvres elle se situe à l'est du centre-ville de Skikda, c'est une station interdite à la baignade du fait de sa situation près du complexe pétrochimique ainsi que la traversé de l'oued Saf-Saf qui déverse ses polluants directement en mer. (Bousnan, 2016)

Site2 :Bikini

La plage Bikini (nouvelle plage de Stora)

Cette plage est située à l'est du port de pêche, à quelques kilomètres à l'ouest de l'ancien port. Alors, elle subit une pression non négligeable sachant qu'elle est très fréquentées en saison estivale.(Bousnan, 2016)

Site8 : L'arbi ben Mhidi

La plage de ben Mhidi fait plus de 7 kilomètres de long dont la moitié se situe dans la commune voisine de Filfila. Elle est longée et délimitée au nord par la route CW21. Elle se trouve à 17 kilomètres du centre-ville de Skikda, dont nous avons pris l'échantillon de poste1 (sirène).(JIMDO, 2016)

Site3: Oued Righa (Filfila)

La plage de ben Mhidi fait plus de 7 kilomètres de long ,dont la moitié se situé dans la commune voisine de Skikda. A son extrémité se trouve la plage d'Oued Righa qui tire son nom de l'oued qui la traverse. La plage est très large , la baignade y est autorisée.(JIMDO, 2016)

Site7 : Guerbes

Plage Sophia (Guerbes) est située à proximité de Naufrage – Sophia, et au nord de Djebel Laharta, est une plage de la commune de djendel.(JIMDO, 2016)

Site5 : L'île des Calatines

Les calatines, la plage est entièrement sauvage, elle n'offre pas d'accès autre que par la mer. Sa longueur est environ de 70 mètres. (JIMDO, 2016)

Site6 : Ben zouit (collo)

La plage de Benzouit est mitoyenne avec celle de Telza dans la commune de Collo. Elles sont d'ailleurs séparées par un oued limitant les frontières entre les deux communes. Elle mesure à peu près 2200 mètres. La baignade y est autorisée. (JIMDO, 2016)

2.2. Présentation de la zone de Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord-Est de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen. Elle s'étend sur une superficie de 2.398 km².

La région de Jijel se situe entre la longitude : $x_1 = 5,425200004^\circ$, $x_2 = 6,511326997^\circ$ et la latitude : $y_1 = 36,51850100^\circ$, $y_2 = 36,93916300^\circ$. Elle est limitrophe avec :

- La mer méditerranée au Nord ;
- la wilaya de SKIKDA à l'Est ;
- la wilaya de BEJAIA à l'Ouest ;
- les wilayas de Constantine et de Mila au Sud (Arour, 2010)

Site4 : Kotama (Casino)

La plage kotama (casino) située en plein centre de la ville de Jijel, sa situation est près du port.

2.3. Présentation de la zone Annaba**Site9 : Saint Cloud**

Située au nord de la ville d'Annaba, la plage Saint Cloud est la plus visitée durant toute la période de l'année et ce, suite à sa position géographique.

La plage Saint Cloud d'Annaba, nommée aussi plage Fellah Rachid. (JIMDO, 2016)

2.4. Présentation de la zone El Tarf

La wilaya de El-tarf est située au Nord-Est du pays, sur le littoral méditerranéen. Elle s'étend sur une superficie de 3 339 km².

La région de El-tarf se situe entre la longitude : $x_1 = 7,666770998^\circ$, $x_2 = 8,684631002^\circ$ et la latitude : $y_1 = 36,39078500^\circ$, $y_2 = 36,95188900^\circ$. Elle est limitrophe avec :

- La mer méditerranée au Nord.
- Les wilayas de Guelma et Souk Ahras au Sud.
- La wilaya d'Annaba à l'Ouest.
- La Tunisie à l'Est. (Arour, 2010)

Site10 : Echatt

La plage située dans la ville d'Echatt dans la daïra de ben mehidi et la wilaya d'El Tarf.

Tableau 1 : Localisation des points d'échantillonnages des stations d'étude

Stations		Longitude	Latitude
S1	L'îlot des chèvres	6° 55' 45"E	36° 52'54" N
S2	Bikini	6°53'27"E	36°53'22"N
S3	Oued Righa (Filfila)	7°03'01" E	36°54'27" N
S4	Kotama (Jijel)	5°46'37" E	36°48'49" N
S5	Les Calatines	6°52'19" E	36°55'51" N
S6	Ben zouit (collo)	6° 37' 03" E	36°58' 07" N
S7	Guerbes	7° 8' 36" E	36° 54' 41" N
S8	Larbi ben mhidi (poste 1)	6°58'39" E	36° 53'14" N
S9	Saint Cloud (Annaba)	7°45'57" E	36°55'13" N
S10	Echatt (El Tarf)	7°51'12" E	36°50'27" N

Tableau 2 : Période de prélèvement et type d'analyse

Date de prélèvement	Point de prélèvement	Type d'analyse
21/03/2022	Guerbes	Paramètres physico-chimiques : (T°, pH, Cond, SAL, O2 dissous, turbidité, Ca ⁺² , Cl ⁻ , Hydrocarbure). Paramètres indicateurs de pollution (DBO5...) Les métaux lourds (Zn, Fe).
21/04/2022		
28/03/2022	L'îlot des chèvres	
21/04/2022		
12/04/2022	Oued Righa (Filfila)	
30/04/2022		
23/03/2022	Bikini	
20/04/2022		
31/03/2022	Les Calatines	
07/04/2022		
30/03/2022	Kotama (Jijel)	
28/04/2022		
09/04/2022	Saint cloud (Annaba)	
29/04/2022		
09/04/2022	Echatt (El Tarf)	
30/04/2022		
20/03/2022	Ben zouit (Collo)	
01/04/2022		
23/03/2022	Larbi ben mhidi (postel)	
20/04/2022		



Figure3 : Photos de quelques stations de prélèvement. (Photos personnelles)

3. Echantillonnage

Les prélèvements d'eau de mer sont en général réalisés dans des hauteurs d'eau très variées, comprises entre quelques centimètres et plusieurs centaines de mètres.

La variabilité dans le temps et dans l'espace de la qualité de l'eau de mer implique la nécessité d'une grande adaptabilité des moyens et des savoirs faire. **(Rodier,2009)**

3.1. Technique d'échantillonnage

Les échantillons d'eau de mer à aspect homogène, sont prélevés à environ cinq mètres du bord de mer et a une trentaine de centimètres de profondeur. Nous les avons soumis à différents types d'analyses et de mesures physico-chimiques. **(Rodier, 2009)**, dont nous avons suivi les étapes suivantes lors de l'échantillonnage :

Premièrement remplir les étiquettes d'échantillon grâce aux informations fournies par l'observation : la date, l'heure, le lieu de prélèvement et la température in situ de l'eau de mer, puis remplir jusqu'à débordement les bouteilles avec de l'eau de mer, coller les étiquettes sur chacun des bouteilles ; placer les bouteilles dans une glacière. **(Rodier, 2009)**

Tableau 3 : Conservation des prélèvements selon les normes NF EN ISO (Rodier 2009)

Caractéristique Ou élément analysé	Récepteur	Technique de conservation	Volume minimum du prélèvement (en mL)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant...
Conductivité	P ou Vb	Mesure in situ de préférence	100	4	24h (obsc)
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	6 h (obsc.)
Température	-	Mesure de préférence in situ	-	-	Instantané- ment
Oxygène dissous (mg/l)	Vb	Mesure in situ de préférence	300	4	24 h (obsc.)
Turbidité	P ou V	0	100	4	24 h (obsc.)
Salinité	-	Mesure de préférence in situ	100	-	-
Chlorures	P ou V	0	100	-	1 mois
DBO5	P ou V	Remplir Complète- ment	1 000	4	24 h (obsc.)
Hydrocarbures	V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2 (ne pas remplir complément	1 000	4	1 mois

		le flacon)			
Métaux : Zn, Fe	P	Acide nitrique q.s.p. pH < 2 (utiliser HCl si la technique par hydrures est mise en oeuvre pour l'analyse)	100 à 500	–	1 mois

4. Méthodes de mesures et d'analyses de l'eau de mer

4.1. Paramètres physicochimiques

4.1.1. Mesure de la température

La température est prise au point même de prélèvement, à l'aide d'un thermomètre. L'immersion du thermomètre est d'une durée suffisante pour que la température soit bien celle du milieu liquide. La lecture est pratiquée immédiatement après la remontée.

Les résultats exprimés en °C, sont reportés sur des fiches relatives à chaque site.

4.1.2. Mesure du pH, la conductivité électrique et la salinité

Le pH, la conductivité électrique et la salinité, ont été mesuré dès le retour au laboratoire, le jour même du prélèvement à l'aide d'un multi-paramètre, a été utilisé comme suit :

- ✓ Étalonnage pour calibrer l'appareil pour chaque mesure.
- ✓ Immerger la sonde correspondant à chaque paramètre considéré dans l'échantillon pendant quelque seconde.
 - ✓ Le résultat de mesure s'affiche sur l'écran avec son unité de mesure.
 - ✓ Le résultat est reporté sur des fiches préalablement préparées.
 - ✓ Dans le but d'éviter que les résultats ne soient erronés, les sondes sont rincées à l'eau distillée puis tamponnée avec du papier absorbant après chaque mesure et pour chaque échantillon. (**Allouch, 2020**)



Figure 4 :Un multi-paramètre (Photo personnelle)

4.1.3. Mesure de la turbidité

La méthode de détermination de la turbidité est très simple à l'aide d'un turbidimètre, Les résultats sont exprimés en NTU.

Mode opératoire

- Prélever 10 ml de chaque échantillon à analyser ;
- Allumer le turbidimètre ;
- Remplir une cuve carrée de 10 ml d'eau distillée puis placer dans l'appareil et appuyé sur zéro;
- Placer les échantillons l'un après l'autre, appuyé sur mesurer puis les résultats s'affichent en NTU.

(ABID, 2018)



Figure 5 :Photo personnelle de turbidimètre

Tableau 4 : Matériels d'analyse de quelques paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Matériels d'analyses	Unités	Sources
pH	Ph mètre		Rodier, 2009
Température	Sonde de terrain	Degrés Celsius	Rodier, 2009
Conductivité électrique	Conductimètre	$\mu\text{S/cm}$	Rodier, 2009
Turbidité	Turbidimètre	NTU	Rodier, 2009
Oxygène dissous	Oxymètre	mg/l	Rodier, 2009
DBO ₅	Méthode instrumentale	mg/l d'O ₂	Rodier, 2009
Métaux lourds	Par spectrométrie.	mg/l	Rodier, 2009

4.2. Les paramètres indicateurs de pollution

4.2.1. Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO, « demande biochimique en oxygène », est une unité de mesure de référence de la pollution organique des eaux. En observant les taux et les variations de la concentration en oxygène dissous dans l'eau, on peut en déduire la quantité de polluants organiques qu'elle contient.

La raison est simple : bactéries et micro-organismes ont besoin d'oxygène pour dégrader (par oxydation) les matières organiques. En cas de forte pollution de ce type, la suractivité des micro-organismes provoque une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau. Par conséquent, plus la demande d'oxygène est élevée (et donc son taux diminue), plus cela permet de quantifier la pollution. (Bonvoisin, 2020)

Le rejet des matières organiques fermentescibles par un émissaire d'égout, par exemple, provoque immédiatement une déplétion de la teneur en oxygène dissous par dégradation sous l'action des bactéries aérobies, qui va s'atténuer dans le sens du courant. (Ramade, 2002)

L'échantillon d'eau mesuré à l'aide d'une fiole à trop plein, est introduit dans des flacons ambrés maintenus dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air à une température de 20 °C, pendant 5 jours sous agitation constante.

Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par de l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessous de l'échantillon.

Chaque flacon est muni d'un manomètre qui enregistre la dépression provoquée par la consommation de l'O₂ et la fixation du CO₂. (Rodier et *al*, 2009)



Figure7 :Photos personnelles d'un OxiTop (WTW)

4.1.7. Mesure des 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.

- **Appareillages et Réactifs**

Réactifs : a_ Solvant d'extraction S-316.

b_ Sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄).

c_ Acide Chlorhydrique Concentré (HCl).

Appareillages : a_ Analyseur des hydrocarbures dans l'eau OCMA-350.

b_ Le générateur de solvant S-305.

c_ Support pour Ampoule à décanter.

d_ Ampoule à décanter de 100 ml graduée.

e_ Bêchers.

f_ Papier filtre
g_ Pipette de 5ml.

- **Mode opératoire**

1. Collecte un litre d'échantillon d'eau représentatif dans un flacon en verre bouchonné.
2. Allumer l'analyseur des hydrocarbures dans l'eau OCMA-350 le laisser se stabilise durant 30 min (jusqu'à la disparition de l'indication WARM UP sur l'analyseur).
3. A l'aide d'une Ampoule à décanter graduée de 100 ml, prendre 30 ml d'échantillon (bien mélangé).
4. Ajouter 01 ou 02 gouttes de l'acide chlorhydrique concentré (HCl) pour rendre le pH à 2.
5. Ajouter 30ml de solvant d'extraction S-316
6. Fermer l'Ampoule a décanté, agiter rigoureusement et dégazer plusieurs fois.
7. Laisser le mélange se stabilise sur une porte ampoule jusqu'à la bonne séparation des deux phases (30 seconde environ).
8. Faire extraire le maximum de la phase organique (en box) dans un bécher puis ajouter environ 1g de sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) et bien agiter.
9. A l'aide d'un papier filtre et entonnoir en verre faire filtrer la phase organique.
10. Remplir la cellule avec 6.5 ml de la phase organique jusqu'à la limite.
11. Placer la cellule (sèche et propre) en positionnant le point blanc en face dans l'analyseur OCMA 350 et lire le résultat en mg/l (ou appuyer sur mesure pour vérifier la stabilité).
12. Enlever la cellule et la nettoyer avec solvant.
13. Récupérer le solvant dans le générateur de solvant SR-305 (pour régénération).

4.2.Mesure des éléments traces métalliques (ETM)

Les teneurs des ETM (Zn, Fe...) sont déterminées dans l'eau par spectrométrie d'absorption atomique a flamme. (Rodier et *al.* 2009)

La spectrophotométrie d'absorption atomique permet la détermination de la plupart des éléments à partir de l'échantillon concentré soit par extraction liquide-liquide soit par coprécipitation ou cocrystallisation puis redissolution de l'élément. Se reporter aux différents dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique dans les eaux naturelles. (Rodier et *al.* 2009)

- ✓ **Mode opératoire**

- Ajouter 5ml d'acide nitrique par prise d'essai de 100ml. Chauffer à l'aide d'une plaque chauffante jusqu'à réduction du volume entre 15 et 20 ml.
- Veiller à éviter toute ébullition de l'échantillon.

- Laisser refroidir, laver le filtre plusieurs fois avec l'acide nitrique 1% et filtrer l'échantillon de façon à retenir sur le filtre les matériaux insolubles susceptible de boucher le nébuliseur.
 - Recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml.
 - Laver le filtre plusieurs fois avec de l'eau ultra pure, Puis continuer le volume Jusqu'à 100ml.
- (Bousnane, 2016)**

✓ **Principe**

La spectrométrie SAA consiste à vaporiser l'échantillon liquide à l'aide d'une flamme dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée émettant des longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses, dont les longueurs d'ondes correspondent à l'élément dosé sont absorbées par les ions existées présentent dans la flamme. Lorsque les atomes d'un élément ont été détectés, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de lumière d'une fréquence F bien définie et propre à cet élément dispersé dans une flamme possédant la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence F. il en résulte une absorption du rayonnement incident lié à la concentration de l'élément considéré **(BOUKRI, 2019)**

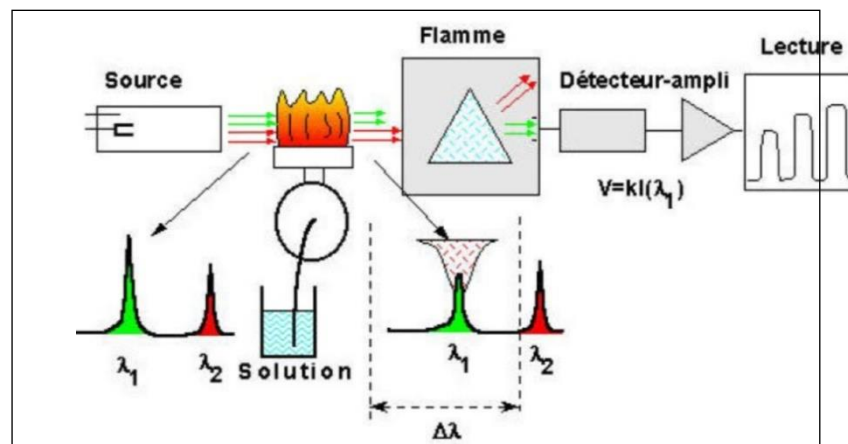


Figure 8 : Schéma représentant les composants de SAA **(BOUKRI, 2019)**

Cette absorption est mesurée à l'aide d'un prisme dispersif et d'une cellule photoélectrique : elle est directement proportionnelle à la concentration de l'élément qui est déterminé par l'application de la loi empirique de Beer- Lambert-Bouguer. **(BOUKRI, 2019)**

$$\text{Log } I_0/I = K \times L \times C$$

I₀: Intensité de la radiation incidente.

I: Intensité de la radiation après la traversée de la flamme ou cellule de quartz.

K: Constante caractéristique de l'échantillon.

L: Longueur du chemin optique.

C: Concentration dans la solution de l'élément considéré.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de mer

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques obtenus pour les différents sites lors de notre période d'étude sont présentés ci-dessous :

III.1.1. Température

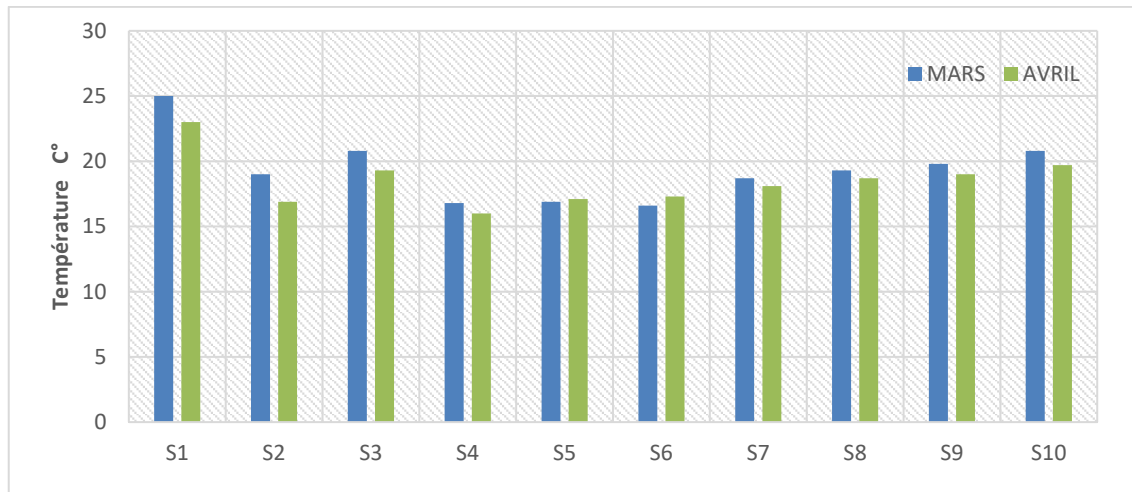


Figure 9 : Variations spatio-temporelles de la température de l'eau de mer

La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimique des écosystèmes aquatique (**Ramade ,1993**).

Les températures observées lors de notre période d'étude au niveau des différents sites sont peu variées, l'évolution de la température de l'eau est assez similaire (Figure9).

Ces valeurs obtenues nous permettent de constater que les températures enregistrées sont en dessous de la norme Algérienne recommandée qui est de 30°C (**JORA, 2006**).

La valeur la plus élevée enregistrée au niveau du site S1(plage l'ilot) au mois de mars (25C°), et une valeur minimale au mois d'avril dans le S4 (plage kotama casino) (16 C°). Les eaux proches de la surface ont la même température que l'atmosphère, plus en allant vers le fond la température diminue. En revanche, les valeurs maximales enregistrées au site S1, pour les deux mois d'étude, peut être expliqué par la proximité de ce site de la plateforme pétrochimique de Skikda, notamment la centrale thermique électrique (CTE), qui présente une pollution thermique, les valeurs de la température au niveau des rejets de cette dernière (CTE) sont toujours élevées sauf en période d'arrêt de la centrale pour maintenance. (Mezedjri ,2008).

1.2. Potentiel hydrogène (pH)

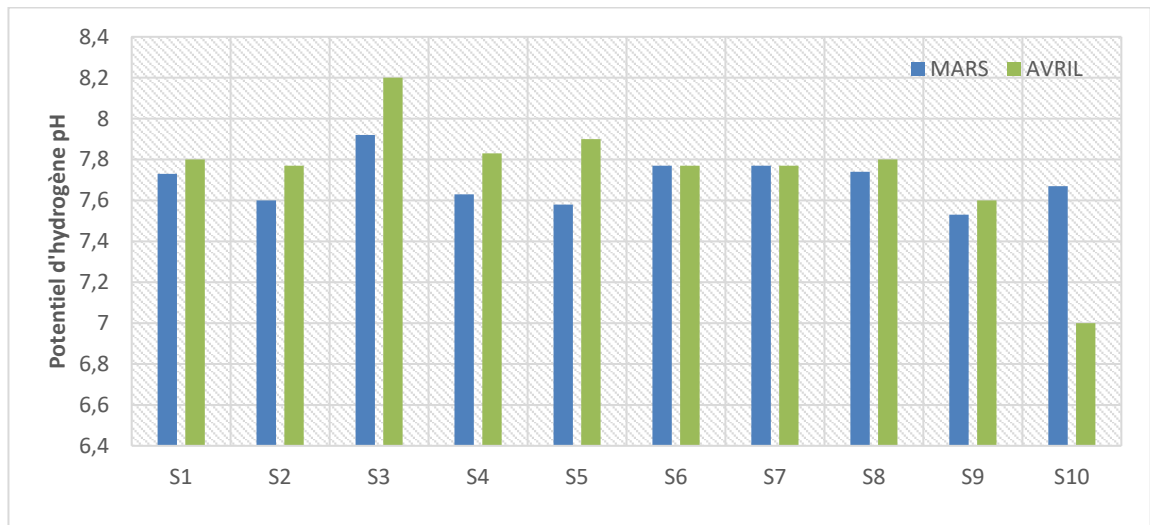


Figure10 : Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de mer.

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

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, à pH 7 on dit que cette eau est neutre (Rodier, 1998).

Les variations spatio-temporelles du pH présentent une valeur maximale au niveau du S3 (plage bikini) avec un pH (8,2) au mois d'avril et une valeur minimale au niveau du S10 (plage echatt). Le pH enregistré dans toutes les stations est légèrement alcalin, ainsi, sont en conformité à la norme Algérienne édictée par **JORA, 2006**, comprise entre 6,5- 8,5. Ces valeurs du pH sont compatibles avec la vie des poissons qui est comprise entre 5 et 9 (**RODIER, 2005**).

1.3. Conductivité électrique

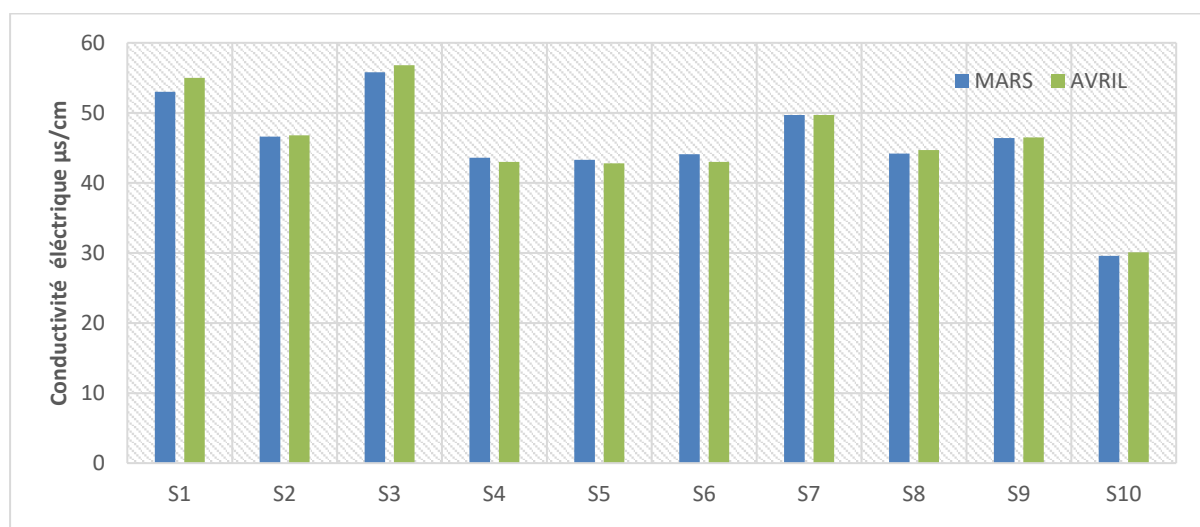


Figure 11 : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique de l'eau de mer.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Rodier et al. 2005).

Elle dépend de la quantité des sels minéraux. Elle constitue une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solution dans l'eau. En effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions des zones de mélanges ou d'infiltration. (Bremond.R, Vuichard, 1973)

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique obtenues dépassent de loin la conductivité des eaux marine qui est de l'ordre de 30 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rodier ,1998) , nos résultats de la conductivité électrique sont assez importante, elles sont marquées par un maximum de 55800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au mois de mars pour le site S3 (plage Oued Righa) et un minimum de 29000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le S10 (plage Echatt) (Figure12) . Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODEIR, 2009), ceci est le signe d'une très forte minéralisation et peut être expliqué par la présence des rejets des eaux usées.

1.4. Total des solides dissous (TDS)

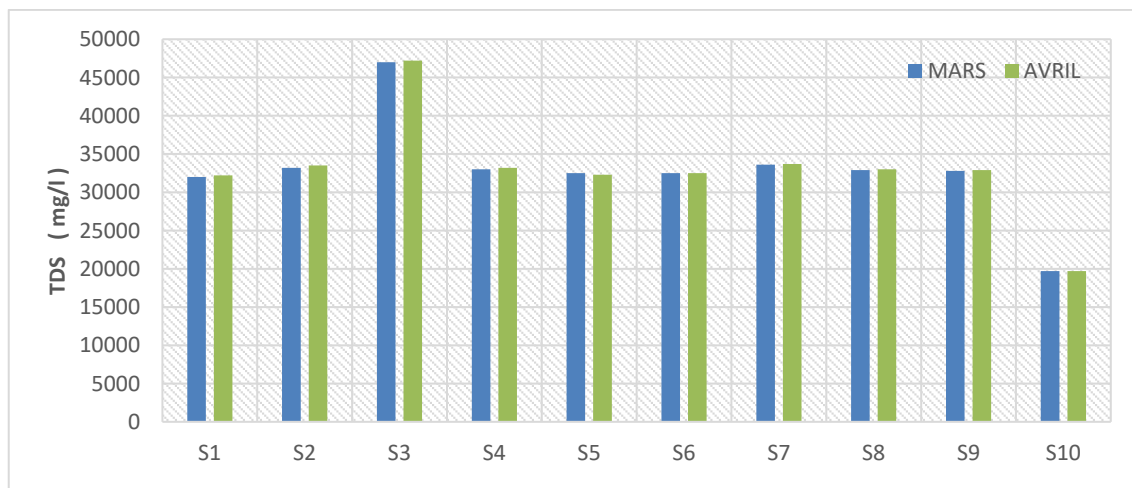


Figure12 : Variations spatio-temporelles de TDS de l'eau de mer.

Il n'est pas facile de définir un niveau de ségrégation entre une eau douce et une eau dure. Cependant, on peut considérer qu'à des teneurs inférieures à 75 mg/l qu'il s'agit d'une eau douce (Rodier, 1998 ; ASTM, 1974 ; AFNOR, 1979) et qu'au dessus il s'agit d'une eau dure.

L'examen de la figure (12) révèle les valeurs de la dureté total des eaux de mer prélevées durant notre période d'étude qui oscillent entre 4700 mg/l et 20000 mg/l. Ces valeurs montrent que les eaux de mer sont de nature très dure (ASTM, 1947 ; Rodier,1998).

1.5. Turbidité

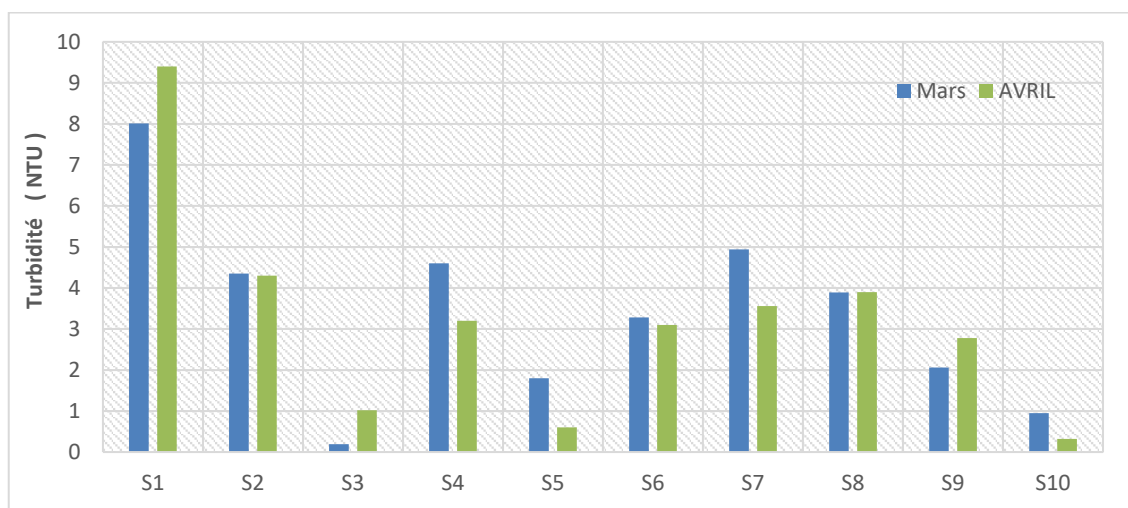


Figure13 : Variations spatio-temporelles de la turbidité de l'eau de mer.

Les valeurs moyennes de la turbidité enregistrées dépassent la limite réglementaire qui est de 5 NTU (JORA, 2006) dans la station S1 (la plage l'ilot), c'est le plus turbide avec une valeur de 9,2 NTU au mois d'avril et 8 NTU en mois de mars, tandis que des valeurs minimales de 0,1 et 0,3 sont enregistrées dans les stations S3 et S10 respectivement, ces variations peut être favorisée par la pluie et le vent , l'augmentation de la turbidité est liée principalement à ces deux facteurs climatiques .

La turbidité est le résultat de la présence des particules diverses en suspension dans l'eau. Certains auteurs font un rapprochement entre la turbidité ou la transparence et les matières en suspension. (Bremond.R, Vuichard, 1973)

1.6. Salinité

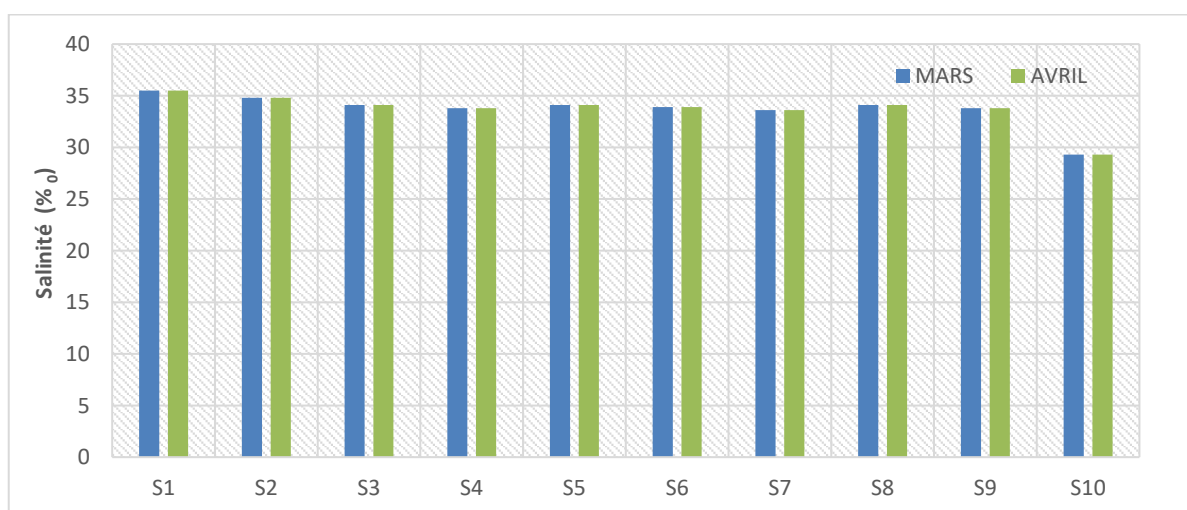


Figure14 : Variations spatio-temporelles de la salinité de l'eau de mer.

Dans l'étude du milieu marin, la mesure de la salinité est importante du fait qu'elle exerce une influence significative sur la densité de l'eau de mer. Représentant la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer.

Elle est souvent associée à la mesure de la température. Bien qu'elle soit considérée comme représentant le contenu en sels dissous de l'eau de mer (**Rodier, 2009**).

Les teneurs obtenues dans notre étude varient entre 35‰ et 29‰ (**Figure15**), alors ils sont considérés comme des valeurs d'une eau de mer normale au niveau de la méditerranée. On peut aussi constater que les valeurs de la salinité sont relativement semblables entre les stations.

1.7. Hydrocarbures

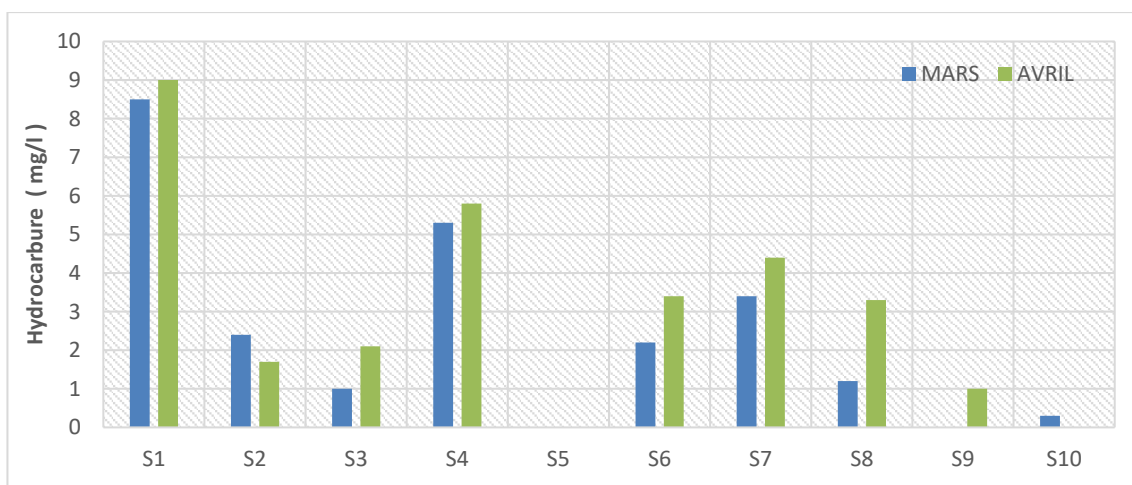


Figure15 : Variations spatio-temporelles des hydrocarbures de l'eau de mer

Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux de mers et d'océans.

Les hydrocarbures totaux sont des polluants organiques présentent non seulement dans les effluents d'industries pétrochimiques mais aussi dans les eaux résiduaires urbaines. La quantité rejetée par habitant et par jour est de l'ordre de 10g, ce qui représente une concentration non négligeable (THOMAS, 1995).

Les résultats obtenus durant notre période d'étude varient entre une valeur maximale de (9 mg/l) dans la station S1 (plage l'îlot) au mois d'avril , puis la station S4 (plage casino Jijel) avec une valeur de (5.8mg/l) , peut être expliquée par la présence du port de pêche de jijel juste à côté de cette plage .Pour le S1, cette augmentation est produite par les différents rejets occasionnés par l'industrie pétrochimique (rejets de RA1/K,RA2/K ,RTE...), ainsi que l'embouchure de l'Oued Saf-Saf qui est situé près de la plage S1 (plage l'îlot) . Cependant pour les sites S5 (plage des calatines), S9 (plage saint claud)en mois de Mars et S10 (plage El chatt)en mois d'Avril , nous avons révélé une absence totale de toute trace d'hydrocarbure. Toutefois, les valeurs qui sont enregistrées dans tous les sites d'étude restent en dessous de la norme algérienne qui est fixé à 10 mg/l tout au long de la période d'étude.

1.8 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

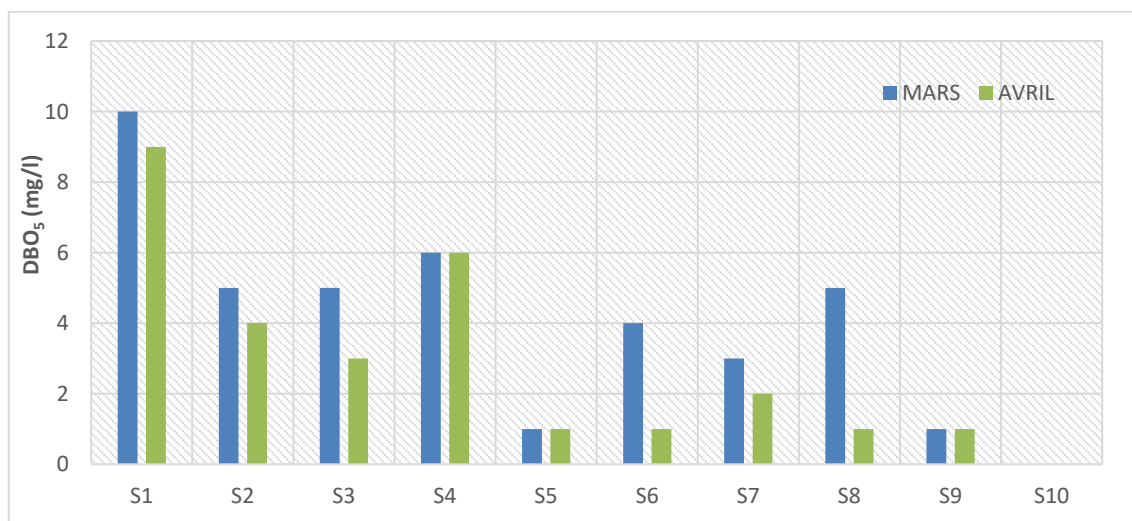


Figure16 : Variations spatio-temporelles de la DBO₅ de l'eau de mer

La demande biochimique en oxygène (DBO₅), exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu, mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. (MIZI,2006; RODIER et al,2006 ; BERN et CORDONNIER., 1991).

Les valeurs obtenues de la DBO₅ durant notre période d'étude, ne dépassent pas la norme algérienne 35mg/l (JORA, 2006) dans tous les sites (Figure 17). Elles sont marquées par un maximum de 10

mg/l et 9 mg/l au mois de mars et avril respectivement au niveau du S1 , ces valeurs expliquent la présence de la matière organique biodégradable provenant probablement de port de pêche ou de l'industrie de raffinage du pétrole, tandis que nous avons enregistré une teneur de 1mg/l dans le S5 (plage des calatines) et une absence totale dans le site S10 (plage echatt) , ces deux dernier ,se considèrent comme des sites témoins, des sites éloignés de toute source de pollution .

2. Résultats des métaux lourds

Pour les métaux lourds, nous n'avons étudié que la variation spatiale au niveau de six sites de chaque polluant métallique considéré (Figure 18 et 19) .

2.1 Le fer

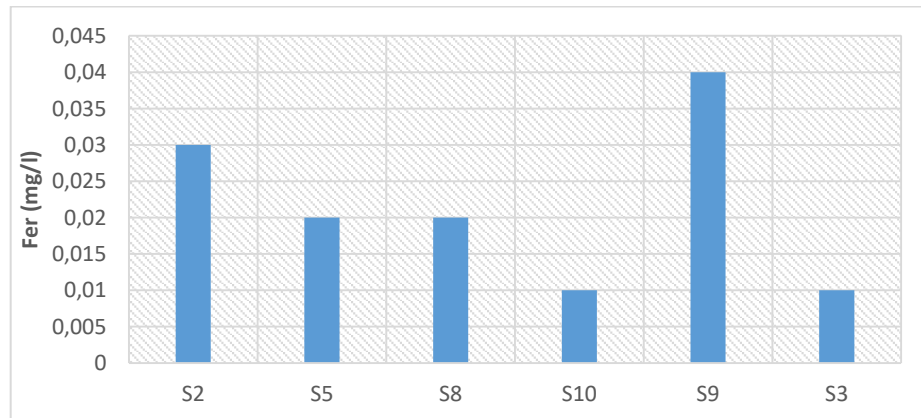


Figure17 : les variations spatiales de fer de l'eau de mer.

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. (Rodier, 2009).

En plus de l'industrie (minière et chimique), l'origine du fer soluble dans les eaux peut être le lessivage des terres par les pluies et les rivières qui drainent une fraction de ce métal vers la mer. (Geuddah,2003)

Les teneurs en Fer des eaux de mer enregistrées durant la période de prélèvement, oscillent entre 0.01 et 0.04 mg/l (**Figure18**), ces teneurs sont en conformité avec la norme fixée par le texte

(JORA, 2006), ces teneurs enregistrées sont issus principalement des activités industrielles (industrie chimique, métallurgie, galvanoplastie, sidérurgie, trafic routier, etc.)

2.2. Le Zinc

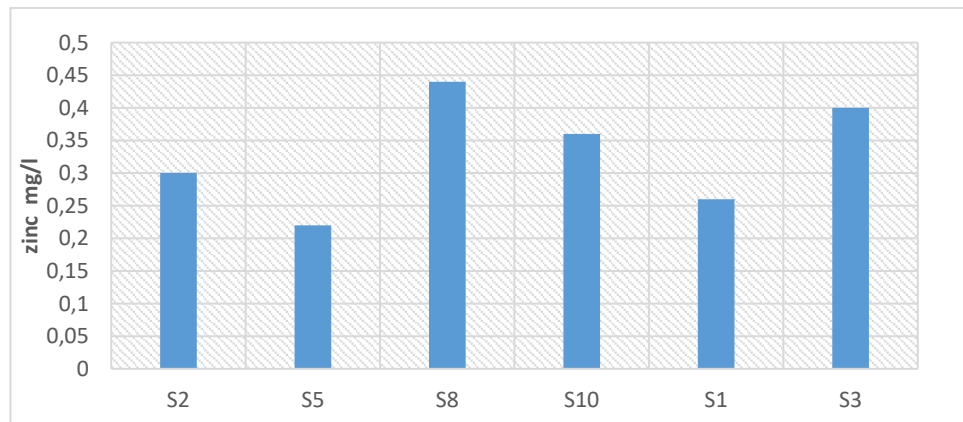


Figure18: les variations spatiales du Zinc de l'eau de mer.

Le zinc est un élément chimique métallique, bleuâtre, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Il est assez abondant dans la croûte terrestre, mais on ne le trouve pas à l'état libre dans la nature, mais sous forme d'oxyde de zinc (ZnO), de silicate (2ZnO , SiO_2 , H_2O), de carbonate de zinc (ZnCO_3)...etc. (Gueddah,2003)

Les variations spatiales du Zn, varient entre un maximum de 0.44 mg/l pour la station S8 (plage echatt) et un minimum de 0.22mg/l pour la station S5 (plage des calatines). La présence du Zn dans les différents sites avec des teneurs en dessous de la norme (3 mg/l) nous permet de constater qu'il n'y a pas de pollution par cet élément lors de notre période d'étude.

Conclusion

Conclusion

Le présent travail a été consacré à l'évaluation de la qualité des eaux du littoral de l'Est algérien, à travers dix sites répartis sur quatre villes voisines (El teref, Annaba ,Skikda et Jijel), les sites d'étude ont été choisis selon l'exposition de chaque plage aux différentes source de pollution , dont nous avons opté pour des sites qui ont connu une activité anthropique importante ,ainsi que des sites qui sont loin de toute source de pollution et sont considérés comme des sites témoin .

Les résultats des caractéristiques physico-chimiques des eaux échantillonné ont révélé des résultats un peu similaires pour les plages qui sont à proximité des rejets industriels, des rejets des eaux usées et les activités portuaire.

Pour les paramètres qui n'ont pas dépassés la norme algérienne, la température mais qui est quand même un peut élevé dans le site 1 (plage l'îlot des chèvres) a cause de la proximité de site de la plateforme petrochimique de Skikda; le pH est légèrement alcalin ; la salinité est semblable pour tous les sites.

Pour les hydrocarbures ,il ya quand même une présence dans la plage l'îlot des chèvre qui est proche de l'industrie pétrolière et la plage de Jijel qui est influencée par l'activité portuaires.

Les valeurs maximales en DBO5 sont enregistrées dans le site 1 (l'îlot des chèvres) et ça reviens toujours pour la même raison c'est sa localisation ,tandis que la quantité des métaux lourd pendant notre période d'étude ne dépassent pas la norme algérienne pour le meme site malgré l'activité industrielle. Pour la conductivité électrique qui a dépassé de loin la norme dans le site 3 (plage oued righa) ceci et le signe d'une forte miniralisation et peut être expliqué par la présence des rejets des eaux usées, pour le paramètre total des solides dissous tous les résultats montre que les eaux de mer sont de nature très dures aussi la turbidité affiche une valeur maximale dans la station l'îlot des chèvres .

De ce fait, un contrôle rigoureux des eaux de ces plages doit être réalisé au cours de tout le cycle annuel et par des gens spécialisés, ce qui permettra une bonne surveillance de ces écosystèmes. L'installation d'une station d'épuration des eaux ménagères et des eaux industrielles s'impose afin d'éviter tout risque de contamination et de pollution dont les conséquences sont souvent irréversibles

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

ABID, G (2018).Evaluation des performances épuratoires de la STEP de Tizirt, MEMOIRE DE FIN DE CYCLE en vue de l'obtention du diplôme Master : Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 26p.

Allouch, A (2020).Biosurveillance de la pollution marine Du littoral de Skikda.Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master : Ecologie des Milieux Naturels.Université 20 Aout 1955, 25p.

Aroua., 2010. E. Découpage administratif de l'Algérie & Monographie <en ligne>. Disponible sur : <<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/?m=0>>.

AFNOR., 1979. Recueil de normes françaises .eaux, méthodes d'essais.

BERNE F ET CORDONNIER J., 1991 .traitement des eaux. pp6-14.

BERG D.M., RAVEN P.H. et HASSENZAHL D.M ., 2009. Environnement. De Boeck, 6^{ème} édition .pp 554-569.

Bremond.R, Vuichard, R(1973) paramètre de la qualité des eaux, OSPEPE. Paris.

Bonvoisin, A (2020). Mesure de DBO : évolutions et méthodes complémentaires, Aquaprox i-tech (ex-hytec industrie) [en ligne], (428), <https://www.revue-ein.com/article/analyse-la-mesure-de-DBO> [page consulté le 30/01/2020].

Bousnane, M (2016).Evaluation de la pollution (Hydrocarbure et métaux lourds) des eaux marines superficielles de la ville de SKIKDA.Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master : Ecologie des Ecosystèmes Aquatiques. Université 20 Aout 1955, 34P

BOUKRI, K (2019).Biosurveillance des ETM dans quelques stations du littorale de la région centre d'Algérie en utilisant un bioindicateur, la moule *Mytillus galloprovincialis* (Lamarck 1819). Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences biologiques : Biodiversité et Environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 25P.

BOULARES I, REDJEM S ., 2012.Evaluation de l'impact de l'activité industrielle et portuaire sur les eaux marines superficielles de la région de Skikda.139p.

Chiffolleau J.F.,Claisse D., Cossa D., Ficht A., Ganzalez J.L.,2001. La contamination métallique, Ifermer, 39p.

Références bibliographiques

- HAMMADACHE, 2016. Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système solplante (Phragmites australis) dans le bassin versant d'Oued Nil de la région de Jijel. Université M'Hamed Bougara Boumerdes. 48 p.
- JORA., 2006. Journal Officiel de la République Algérienne. Décret ministériel n°06141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.
- Jimdo., 2016. plages d'Algérie en ligne < disponible sur : <https://fr.jimdo.com>
- Gueddah, 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de SKIKDA : impact sur l'écosystème marin côtier ; Mémoire magister en science de la mer. Université Badji Mokhtar, Annaba. p38
- Groupe of experts on the scientific aspects of marine pollution(GESAMP); 1989.the atmospheric input of trace species to the world oceans.(IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA UN/UNEP Joint). Rep. Stud.GESAMP,(38):111p.
- GRAVEZ et BERNARD., 2006. Pollution marine ; Les définitions.www.com.univmrs.fr.4p
- LEYNAUD G., 1968. Les pollutions thermiques : influence de la température sur la vie aquatique. Paris : *Ministère français de l'agriculture*. pp224-881.
- MOUCHEL J.M., THEVENOT D., 2003 .Support de cours d'écotoxicologie du CEREV« Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville environnement ».120p.
- MIZI A., 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar, Annaba. p163.
- Ramade, 2000. Elément d'écologie :action de l'homme sur la biosphère.p245
- Ramade.F(2002) dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement 2ème édition.DUNOD paris p1075.
- RAMADE F., 1993. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'environnement. Ediscience. Paris, 822 pp.
- Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau. Eau naturelles-Eaux résiduaires-Eaux de mer. 8ème Edit. DUNOD. 1383p
- RODIER J .,2009. L'analyse de l'eau : analyses physico-chimiques des eaux naturelles, 9^{ème}Edition Dunob, Paris

Références bibliographiques

RODIER J., 2005. L'analyse de l'eau .8^{ème} édition, dunod, Paris .p1381

Réseau National de Bassin (RNB) .,1999. Les micropolluants dans les cours d'eau français, « Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville environnement ».3 années d'observations (1995 à 1997).

RINBIO., 2001. Réseaux intégrateurs biologiques novembre évaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation des satations artificielles de moule en méditerranée résultats de la campagne 2000. Ifermmer, direction de l'environnement et de l'aménagement littorale.

RNO., edit 2003. Traveayx du réseau national d'observation de la qualité du milieu marin. Surveillance environnementale, Ifermmer.

Pichars, 2005. INERIS-Fiche de données toxicologiques et environnementals des substances chimique, INERIS, Verneuil-en-Halatte, France,69p.

THOMAS O. ; 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, 192 p