

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



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

Option : Environnement Marin et côtier

Sujet :

Contribution à l'évaluation de la qualité du milieu marin dans la cote oranaise (Golfe d'Arzew).

Présenté par :

- M^r. CHERIEF Fouad
- M^{lle}. YOUSFI Hafidha

Soutenu le : 17/10/2021 devant le jury suivant :

M ^r . HAMDI B.	Professeur	(ENSSMAL)	Président
M ^{me} . KERAGHEL M.	Maitre des conférences B	(ENSSMAL)	Examinatrice
M ^{me} . ADEM A.A.	Maitre assistante B	(ENSSMAL)	Examinatrice
M ^{me} . HOUMA-BACHARI F.	Professeur	(ENSSMAL)	Promotrice

Promotion : 2020/2021

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, le Tout-Puissant qui nous a offert la force et la patience pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promotrice Madame HOUMA-BACHARI F, qui a accepté de diriger ce travail dès nos premières discussions pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons aussi à remercier vivement Monsieur HAMDI. B d'avoir accepté de présider ce jury et surtout pour sa gentillesse particulière. Nos remerciements vont aussi à M^{me}. KERAGHEL. M, pour avoir accepté d'examiner notre travail et de nous avoir aidés à effectuer l'analyse spatiale, et M^{me}. ADEM. A.A, pour avoir accepté d'examiner notre travail d'une part, et d'autre part pour sa disponibilité et sa gentillesse, qu'elle trouve ici nos sincères reconnaissances.

Nous remercions aussi M. BOUDJELLAL B.Y. et M^{me}. EDDALIA N, de nous avoir apportés leurs aides précieuses, pour tous leurs conseils, critiques et les données qu'ils ont mis à notre disposition et pour le temps qu'ils nous ont accordé tout au long de notre travail au laboratoire de Sidi Fredj.

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici nos sincères remerciements

Dédicace

À ma mère :

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi. Que dieu te garde et t'accorde santé et bonheur pour que tu restes la splendeur de ma vie.

À mon père :

Puisse ce travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation.

Puisse dieu te prêter longue vie, santé et bonheur.

À mon cher frère **Fathi** et à mes très chères sœurs : **Imene** et **Rofia** qui comptent énormément pour moi.

A toutes ma famille : **YOUSFI** et **BRAHIMI**.

À mes chères amis(e) : **Naouel**, **Wassim**, **Mira**, **Sihem**, **Belkacem**, **Yasmine**, **Ania** et **Mario** à qui je tiens plus particulièrement.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq années inoubliables ;

À vous tous qui m'aimez ;

À mon cher binôme qui est sérieux et toujours en bonne humeur ; et à toute sa famille.

Hafidha.

Dédicace

À ma mère :

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi. Que dieu te garde et t'accorde santé et bonheur pour que tu restes la splendeur de ma vie.

À mon père :

Puisse ce travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation.

Puisse dieu te prêter longue vie, santé et bonheur.

À mes chers frères qui comptent énormément pour moi.

*A toutes ma famille : **CHERIEF.***

*À mes chères amis(e) : **Wassim Tarek, Anissa et Yasmina** à qui je tiens plus particulièrement.*

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq années inoubliables ;

À vous tous qui m'aimez ;

À ma chère binôme qui est sérieuse et toujours en bonne humeur ; et à toute sa famille.

Fouad

Liste des Figures

Figure 1-1	La structure chimique de la chlorophylle	11
Figure 1-2	Cycle de l'azote en milieu océanique	15
Figure 1-3	Cycle du phosphore dans l'eau de mer	15
Figure 1-4	Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après	16
Figure 2-1	localisation de la zone d'étude golfe d'Arzew	18
Figure 2-2	Diagramme climatique de la wilaya d'Oran	19
Figure 2-3	Carte descriptif de l'assainissement au niveau de la zone	22
Figure 2-4	Localisation des rejets dans le golfe d'Arzew	24
Figure 2-5	Localisation des rejets dans le port de Béthioua	25
Figure 4-1	Variations de la température de surface dans le golfe d'Arzew	37
Figure 4-2	Carte de distribution spatiale de la température en surface dans le golfe d'Arzew	37
Figure 4-3	Variations de salinité de surface dans le golfe d'Arzew	38
Figure 4-4	Carte de distribution spatiale de la salinité en surface dans le golfe d'Arzew	39
Figure 4-5	Variations de la concentration de l'oxygène dissous de surface dans le golfe d'Arzew	39
Figure 4-6	Carte de distribution spatiale d'O ₂ dissous en surface dans le golfe d'Arzew	40
Figure 4-7	Variations du pH de surface dans le golfe d'Arzew	41
Figure 4-8	Carte de distribution spatiale du pH en surface dans le golfe d'Arzew	41
Figure 4-9	Variations de la turbidité de surface dans le golfe d'Arzew	42
Figure 4-10	Carte de distribution spatiale de la turbidité en surface dans le golfe d'Arzew	42
Figure 4-11	Variations de la Matière en suspension de surface dans le golfe d'Arzew	43
Figure 4-12	Carte de distribution spatiale de la Matière en suspension en surface dans le golfe d'Arzew	44

Figure 4-13	Variations de la concentration de la chlorophylle- <i>a</i> de surface dans le golfe d'Arzew	44
Figure 4-14	Carte de distribution spatiale de la chlorophylle- <i>a</i> en surface dans le golfe d'Arzew	45
Figure 4-15	Variations des nitrates de surface dans le golfe d'Arzew	46
Figure 4-16	Carte de distribution spatiale des nitrates en surface dans le golfe d'Arzew	46
Figure 4-17	Variations des nitrites de surface dans le golfe d'Arzew	47
Figure 4-18	Carte de distribution spatiale des nitrites en surface dans le golfe d'Arzew	47
Figure 4-19	Variations des phosphates de surface dans le golfe d'Arzew	48
Figure 4-20	Carte de distribution spatiale des phosphates en surface dans le golfe d'Arzew	48
Figure 4-21	Variations des silicates de surface dans le golfe d'Arzew	49
Figure 4-22	Carte de distribution spatiale des silicates en surface dans le golfe d'Arzew	49
Figure 4-23	Diagramme température – salinité	50
Figure 4-24	Diagramme température – O ₂ dissous	51
Figure 4-25	Diagramme O ₂ dissous – MES	51
Figure 4-26	Diagramme MES – Chlorophylle	52

Liste des Tableaux

Tableau 1-1	Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu marin	7
Tableau 2-1	Débit des eaux usées rejetées en mer à Arzew	22
Tableau 2-2	Débit des eaux usées rejetées en mer à Bethioua	23
Tableau 2-3	Trafic par produit en tonne par an du port d'Arzew en 1994	24
Tableau 3-1	Trafic par produits pétroliers du port de Béthioua	25
Tableau 4-1	Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans le Golfe d'Arzew	36
Tableau 4-3	Intervalle des résultats obtenus des sels nutritifs	45

Abréviations :

°C	Degré Celsius
Al	Aluminium
As	Arsenic
Cd	Cadmium.
Cm	Centimètre
Hab/j	Habitat/jour
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
Hg	Mercur
IBGE	Institut Bruxellois de Gestion de l'Environnement
L	Litre
MES	Matière en Suspension
MOP	Matière organique Particulaire
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OD	Oxygène dissout
Pb	Plombe
PCB	Polychlorobiphényle
pH	Potentiel d'Hydrogène
PSU	Practical Salinity Unit
RéFEA	Real Estate Financial Executives Association
S	Siemens
Tu	Transparence de l'Eau
Zn	Zinc
GNL	Gaz Naturel Liquéfaction

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1. Chapitre I : Généralité.....	5
1.1.Pollution en milieu marin.....	5
1.1.1. Définition	5
1.1.2. Sources de pollution	5
1.1.3. Type de pollution	6
1.2.Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer	8
1.2.1. Température (T°C).....	8
1.2.2. Salinité (PSU).....	9
1.2.3. Oxygène dissous (OD)	9
1.2.4. Potentiel d'hydrogène (pH).....	10
1.2.5. Conductivité électrique (C)	10
1.3.Les paramètres indicateurs de pollution	10
1.3.1. Turbidité (NTU).....	10
1.3.2. Matières en suspension (MES).....	11
1.3.3. Matière organique particulaire (MOP).....	11
1.3.4. La chlorophylle- <i>a</i>	12
1.4.Sels nutritifs	13
1.4.1. Définition	13
1.4.2. Le rôle des sels nutritifs	13
1.4.3. Les sources des sels nutritifs	13
1.4.4. Différentes formes des sels nutritifs.....	14
1.4.5. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs	16
1.4.6. Sels nutritifs et le rapport de Redfield.....	17
2. Chapitre II : Généralités sur la zone d'étude.....	19
2.1.Situation géographique du golfe d'Arzew	19
2.2.Situation administrative	20
2.3.Conditions météorologiques	20
2.3.1. Climat.....	20

2.3.2. Vents	21
2.3.3. Température	21
2.3.4. Précipitation	21
2.3.5. Facteurs hydrodynamiques.....	21
2.4. Hydrologie	22
2.5. Sources de pollution dans le golfe d'Arzew	22
2.5.1. Eaux usées et rejets industriels.....	22
2.5.2. Les infrastructures portuaires	24
3. Chapitre III : Matériels et méthodes	28
3.1. Prélèvement des échantillons	28
3.2. Campagne en mer et stratégies de prélèvements	28
3.3. Localisation des stations de prélèvement.....	28
3.4. Logistiques et matériel de prélèvements et de mesure in situ.....	28
3.5. Echantillonnage et conservation	29
3.6. Méthodes d'analyses :.....	29
3.6.1. Les paramètres physico-chimiques	29
3.6.2. Matières en suspension (MES).....	29
3.6.3. Chlorophylle.....	31
3.6.4. Sels nutritifs	33
4. Chapitre IV : Résultats et discussion	37
4.1. Analyse paramétrique	37
4.1.1. Température (°C)	37
4.1.2. Salinité (PSU).....	39
4.1.3. L'Oxygène dissous (mg/l).....	40
4.1.4. Le Potentiel d'Hydrogène (pH).....	41
4.1.5. Turbidité (NTU)	43
4.1.6. Matières en suspension (mg/l)	44
4.1.7. Chlorophylle_a (µg/l).....	45
4.1.8. Analyse des sels nutritifs.....	46

4.2. Analyse bi-variées	51
4.2.1. Diagramme température- salinité	51
4.2.2. Diagramme température-oxygène dissous	51
4.2.3. Diagramme MES-O ₂ dissous	52
4.2.4. Diagramme MES – Chlorophylle- <i>a</i>	53
CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXE	

Introduction Générale

La pollution : est un problème d'actualité, elle affecte pratiquement tous les écosystèmes, y compris l'environnement marin. Le milieu marin est menacé par plusieurs types de pollution. En effet, les zones côtières sont des espaces fragiles et très sollicités. Ils sont exposés à d'énormes risques : la pression démographique, la croissance des zones urbaines, associée à une expansion rapide de l'industrie, et du tourisme et à une exploitation intensive des ressources marines. Cela a suscité une prise de conscience de la communauté internationale concernant le développement durable de ces espaces, et leurs ressources naturelles (MENNAD, 2008).

La mer méditerranéenne est soumise à un problème grave de pollution indéniablement causé par l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voies d'industrialisation, à la civilisation moderne et l'activité de l'homme.

La côte algérienne et notamment le golfe d'Arzew reçoivent quotidiennement des flux de pollution de diverses sources, ayant des impacts non négligeables sur le milieu marin (BACHARI, 2009).

Face à cette pollution, les êtres humains se sont mobilisés pour lutter, limiter et étudier ses effets, en mesurant des paramètres physiques, chimiques et nutriments. Considérés comme descripteurs d'eau de mer, ces derniers constituent par conséquent un outil important pour l'étude des phénomènes et les processus qui se déroulent à l'intérieur de l'océan.

L'appréhension de la pollution nécessite l'utilisation de nouvelles technologies, telle que la télédétection qui permet l'évaluation et le suivi de son évolution de ce phénomène à des coûts relativement faibles, en un temps réduit et sur une large couverture. Ce type d'étude est d'un grand intérêt pour les gestionnaires du littoral puisqu'il offre aux responsables des éléments d'information nécessaire, à la prise de décision (BOUFENIZA et ZAROUALI, 2013).

L'évaluation de la qualité de l'eau et du niveau de pollution de l'environnement côtier constitue une priorité pour la protection du milieu marin et de ses ressources. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre problématique. La présente recherche concerne les eaux de la côte oranaise (Golfe d'Arzew) soumises aux déversements d'eaux (usées et industrielles).

Notre approche méthodologique est structurée de la manière suivante :

- Le premier chapitre représente un récapitulatif des connaissances générales sur la thématique abordée, nous aborderons la pollution marine, les paramètres physiques et chimiques comme étant des indicateurs de pollution, divers nutriments minéraux dissous dans l'eau de mer, et la chlorophylle comme l'un des pigments photosynthétiques de base. Nous aborderons également le phénomène d'eutrophisation des zones côtières.
- Le deuxième chapitre est destiné à la présentation de la zone d'étude.
- Le troisième chapitre intitulé matériel et méthodes, expliquera la démarche méthodologique adoptée et analytique appliquée pour la détermination des différents paramètres recherchés.
- Le quatrième chapitre : résultats et discussion, c'est la partie qui regroupe et discute les résultats obtenus.

- Enfin, une synthèse du travail effectué, en dénombrement des phénomènes les plus importants concernant cette étude. Les perspectives et les recommandations sont présentées en conclusion.

CHAPITRE 01

Généralités

1. Chapitre I : Généralité

1.1. Pollution en milieu marin

1.1.1. Définition

Selon la convention des Nations unies sur le droit de la mer 1982, la pollution marine est définie comme étant « *l'introduction directe ou indirecte de déchets, de substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité, des risques pour la santé humaine, des obstacles pour les activités maritimes, et notamment la pêche, le tourisme et les loisirs ainsi que les autres utilisations de la mer, une altération de la qualité des eaux du point de vue de leur utilisation, et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin* » (GOEURY, 2014).

1.1.2. Sources de pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, ces dernières peuvent être classées en trois types :

- Pollutions accidentelles ;
- Pollutions diffuses ;
- Pollutions anthropiques.

Ces différents types de pollution ont plusieurs sources, et qui peuvent être due aux :

1.1.2.1. Rejets d'effluents domestiques

Ce sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration, et sont caractérisées par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux, sels minéraux (Azote, Phosphore, etc.), détergents ...etc. (KANKOU, 2004)

1.1.2.2. Rejets industriels

Ces rejets constituent la première grande source de pollution. Ils résultent de différentes industries, telles que : la production d'énergie, l'industrie chimique, métallurgique, électronique, qui utilisent des combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (RAMAD, 2000).

1.1.2.3. Pollution agricole

Elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (l'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**LEROY, 1999**).

1.1.3. Type de pollution

Il existe plusieurs types de pollution selon leurs natures prédominantes :

1.1.3.1. Pollution physique

On parle de pollution physique 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, comme une centrale hydroélectrique, d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide), d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon...), d'une source de radioactivité (tableau 1-1) (**LEDIRACH, 2013**).

La pollution physique résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. On distingue :

- **Pollution mécanique (solide)**

Elle provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement ou encore des décharges à ciel ouvert. Elle englobe aussi les opérations de dragage, de l'érosion et les rejets solides dans le milieu aquatique.

- **Pollution thermique**

Causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines. Le changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

- **Pollution radioactive**

Elle est liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs.

1.1.3.2. Pollution chimique

Elle est caractérisée par la présence de produits chimiques en solution, qui peuvent changer les propriétés de l'eau (acides, bases...) (tableau 1-1), et affecter indirectement les organismes aquatiques (**LACAZE, 1996**).

Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd,.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les herbicides, les sels, etc... Utilisés dans les maisons avec les produits ménagers ou d'entretiens (détergents), mais aussi dans les jardins comme les engrais (**BENKADDOUR, 2018**).

1.1.3.3. Pollution biologique

Il peut s'agir de pollution par micro-organismes (les germes, bactéries, virus, champignons, etc.) (Tableau 1-1), qui proviennent des égouts et prolifèrent à leur arrivée dans le milieu marin.

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 (**LEDIRACH, 2013**).

Tableau 1-1: Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu marin.

Type de pollution	Nature	Origines
Physique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S. (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, Agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides, herbicides, Fongicides)	Industrie, agriculture
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industries
	Composés organiques de synthèse	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
Biologique	Bactérie, virus, champignons...	Effluents urbains, agricoles

1.2. Propriétés physico-chimiques de l'eau de mer

1.2.1. Température (T°C)

La température est un paramètre très important pour la connaissance des masses d'eaux, ainsi que pour la détermination des champs de densité et donc des courants. Elle joue un rôle primordial très important dans les cycles biologiques (reproduction, maturation, cycle sexuel et migration) (MILLOT, 1987).

C'est une caractéristique physique importante, elle joue le rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz et dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels (RODIER, 1997).

D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (**BACHARI, 2009**).

1.2.2. Salinité (PSU)

C'est un descripteur indispensable en milieu marin, elle représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer. Sa mesure permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983; RODIER et al, 2005**).

La salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau de mer, les ions bromure et iodures étant remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée (**RODIER et al., 2009**).

Dans les océans, la salinité est voisine de 35psu et décroît de l'équateur aux pôles. Toutefois, certaines mers présentent des salinités assez différentes, par exemple la Méditerranée : 38-39, la mer Rouge : 36-47, la mer Baltique : < 15, la mer Noire : 18-22 (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

1.2.3. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous est un paramètre important gouvernant la majorité des processus biologiques du milieu aquatique (**RODIER, 1992**).

La concentration de l'oxygène dissous est la résultante des facteurs suivants :

- **Facteurs Physiques** : Température, Pression atmosphérique, salinité, échange air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau (**AMINOT et KEROUEL, 2004; RODIER et al., 2005**).
- **Facteurs chimiques** : phénomènes de photo-oxydation, réactions d'oxydation chimique.
- **Facteurs biologiques** : la respiration et la photosynthèse (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

L'oxygène peut être mesuré par des techniques simples, en particulier par un dosage chimique selon la méthode de Winkler ou par la méthode électrochimique (**COPIN-MONTEGUT , 1996**).

1.2.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou la basicité d'un milieu c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺) (IBGE, 2005).

Il dépend de la teneur en dioxyde de carbone; c'est-à-dire qu'une modification de la concentration du CO₂ (respiration, photosynthèse, échange air- océan) qui entraînera donc une modification du Ph.

$$\text{pH} = - \log a \dots \dots \dots (1.1)$$

a : activité de l'ion H⁺ (RAMAD, 2000).

Le pH caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (RéFEA, 2008).

Le pH de l'eau de mer du méditerrané est quant à lui évalué à 8,2.

1.2.5. Conductivité électrique (C)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Ce paramètre donne une indication de la concentration totale de l'eau en ions. Comme une grande partie des sels dissous dans l'eau s'y trouvent sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures, etc.) (BRADAI, 1994).

Elle est également en fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent être présentés, en ce qui concerne la conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, Ce paramètre permet de caractériser l'eau (RODIER et al., 2005).

Elle s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002).

$$1 \text{ S /m} = 10^4 \text{ } \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ mS/m} \dots \dots \dots (1.2) \quad (\text{RODIER, et al., 1996})$$

1.3. Les paramètres indicateurs de pollution

1.3.1. Turbidité (NTU)

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (METAHRI, 2012).

Elle est mesurée soit :

- Par la mesure de la profondeur de disparition du disque de Sicchi, ce dernier détermine la "profondeur de Sicchi" en mètre ;
- Par un turbidimètre, elle est alors exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).
 - $NTU < 5 \Rightarrow$ eau claire ;
 - $5 \leq NTU < 30 \Rightarrow$ eau légèrement trouble ;
 - $30 \leq NTU > 50 \Rightarrow$ Eau trouble.

La connaissance de la turbidité a une double importance, elle détermine l'intensité lumineuse pénétrante sous la surface et elle permet également une approche de la qualité des eaux.

1.3.2. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autre microorganisme de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux (**MERABET, 2010**).

Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 μm . Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse (**TANDIA, 2009**).

Dans les océans, la concentration des MES est faible : elle diminue de la surface jusqu'au fond. Par contre les plus grandes teneurs en MES sont au niveau des milieux côtiers et estuariens.

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales (**RODIER et al, 2009**).

1.3.3. Matière organique particulaire (MOP)

La matière organique particulaire est une matière organique grossière figurée du sol/substrat, isolée par tamisage sous eau dans les fractions granulométriques macro-organique supérieure à 0,05 mm. Il est également convenu qu'il s'agit d'une fraction labile, formée des résidus de

végétaux dont la taille est comprise entre 50 nanomètres et 2 millimètres. Cette fraction s'obtient après une dispersion mécanique du substrat par agitation (AQUA PORTAIL, 2009).

1.3.4. La chlorophylle-*a*

La chlorophylle *a* est un pigment qui est présent dans toutes les cellules végétales (Figure 1-1). C'est grâce à la chlorophylle-*a* que les plantes sont vertes ! Ce pigment est à la base du processus de photosynthèse, car il permet de capter la lumière du soleil (SORBONNE, 2015).

Elle est considérée comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité en donnant une indication sur la biomasse phyto-planctonique (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Les phéopigments sont les produits de la dégradation des pigments chlorophylliens (IFREMER, 2008).

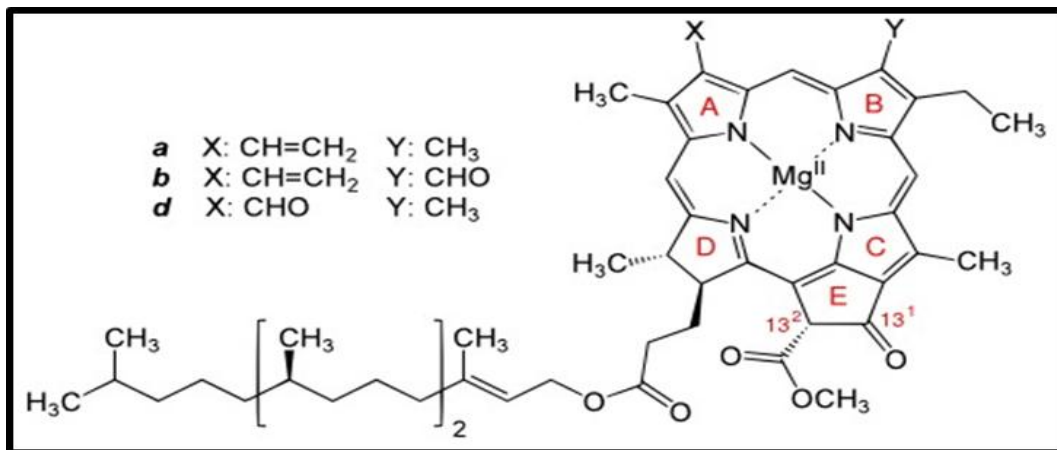


Figure 1-1: La structure chimique de la chlorophylle (LESCA, 2013).

1.3.4.1. La chlorophylle dans l'eau de mer

Le phytoplancton a besoin de lumière et de nutriments pour se développer. La lumière se trouve en surface et décroît en profondeur, tandis que les nutriments sont en concentration plus élevée en profondeur.

Dans l'eau de mer, la colonne d'eau est mélangée (par de forts coups de vent par exemple), tout ce qu'il y a dans la couche supérieure est alors mélangé et homogénéisé. Le phytoplancton est mélangé dans toute la couche de mélange et la concentration en chlorophylle devient homogène au sein de cette couche. L'approfondissement de la couche de mélange permet l'approvisionnement de la surface en nutriments. Toutefois l'éclairement moyen reçu par le phytoplancton dans la couche de mélange n'est pas suffisant et le

phytoplancton ne pourra utiliser les nutriments présents qu'au retour de conditions plus calmes (stratifiées), au printemps (FLOAT, 2015).

1.4.Sels nutritifs

1.4.1. Définition

Les sels nutritifs sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse autotrophe de matière organique. Le terme est souvent réservé aux éléments dont la concentration constitue parfois un facteur limitant (ce qui exclut le carbone inorganique toujours en excès dans la couche de surface des océans) (LACAZE, 1996).

Les sels nutritifs sont les différentes formes minérales de l'azote (les ions nitrates, nitrite et ammonium), du phosphore (ions ortho-phosphates) et de la silice (ions silicates) essentielles pour la vie aquatique.

1.4.2. Le rôle des sels nutritifs

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leurs variations sont gouvernées par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (JACQUES et TREGUER, 1968).

Ils constituent un outil capital pour la caractérisation et l'identification des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, cycle biogéochimique de certains éléments chimiques et autres, notamment en Méditerranée (BETHOUX et al., 1998).

1.4.3. Les sources des sels nutritifs

Les sels nutritifs dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externe et interne) :

- **Source externe** : Regroupe tous les apports continentaux qui sont transportés à la mer, soit par la voie éolienne ou par voie fluviale. Ces derniers peuvent contenir des substances toxiques pour le milieu marin (BOULAHDID, M, 1987).
- **Source interne** : Est la source la plus importante, car elle représente environ 79 % (BOULAHDID, 1987).

Elle est assurée par flux verticaux et leurs régénérations à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les micro-organismes autotrophes de la couche euphotique (LEVITUS et al., 1993).

1.4.4. Différentes formes des sels nutritifs

1.4.4.1. Azote

L'azote N, est un élément qui entre dans la composition de nombreuses molécules fondamentales du vivant. En milieu marin, il est présent dans des composés très divers à des degrés d'oxydation qui lui confèrent des réactivités très variables. Le cycle de l'azote, en milieu marin, est probablement le plus complexe, puisqu'il englobe des processus qui opèrent à tous les niveaux de l'écosystème, depuis l'échelle microscopique (procaryotes) jusqu'à celle des cycles biogéochimiques (EZZAT, 2016).

Dans l'eau de mer, l'azote est à la fois présent sous des formes gazeuses, dissoutes et particulaires. Parmi ces composés dissous, le diazote N₂ est la forme la plus abondante, mais il constitue un cas à part puisqu'il n'est exploitable que par une communauté de bactéries et cyanobactéries capables de le réduire en ammonium afin de l'intégrer (CAPONE et al., 2008).

Bien que l'azote dissous soit présent sous différentes formes pour qu'il soit directement utilisable par les organismes vivants sont le nitrate (NO₃⁻), le nitrite (NO₂⁻) et l'ammonium (NH₄⁺) pour les formes inorganiques, l'urée et les acides aminés pour les formes organiques (Figure 1-4).

a) Les nitrates (NO₃⁻)

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phyto-planctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Le nitrate est produit par des bactéries (bactéries nitrifiantes) oxydant le nitrite lors de la réaction de nitrification. Ils entrent dans le cycle de l'azote et servent de support principal à la croissance du phytoplancton.

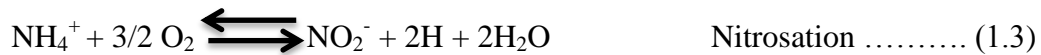
b) Les nitrites (NO₂⁻)

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en

milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983)

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes :

- L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas) :



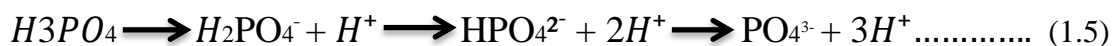
- La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobies, selon la réaction suivante :



1.4.4.2. Les composés phosphorés (PO₄³⁻)

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissoute et particulaire (PO₄³⁻ (9 %) et HPO₄⁻ (90%) et 1% de H₂PO₄) (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Dans la zone superficielle, le phosphore est très consommé par le phytoplancton au point que ses concentrations peuvent être non mesurables (bloom printanier). (COPIN-MONTEGUT, 1996) , et ces teneurs augmentent avec la profondeur au-dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique (BACHARI, 2009).



La distribution des différentes formes de phosphates dans l'océan est contrôlée par des processus physiques et biologiques. Dans les eaux de surface ; les ions PO₄³⁻ sont utilisés par le phytoplancton durant la photosynthèse (Figure 1-5) (MILLERO, 2013).

1.4.4.3. Silice dissoute (SiO₂)

La silice est un nutriment important utilisé dans les organismes aquatiques : Les diatomées, les radiolaires et silico-flagellés utilisent la silice pour constituer leurs squelettes siliceux (TREGUER et al., 1995).

Les composés du silicium restent sous forme inorganique, quel que soit leur phase. On distingue :

- les minéraux silicatés (minéralogie).
- les silicates $\text{Si}(\text{OH})_4$, terme utilisé en océanologie pour désigner l'acide orthosilicique dissous H_2SiO_4 , non ionisé à 98 % au pH moyen de l'eau de mer.
- La silice en phase solide constituée de quartz (minéral) ou d'opale (biogénique) (LACAZE, 1996).

Les concentrations en silicium dissous varient en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi les concentrations de surface sont généralement très faibles ($<1\mu\text{mol/l}$). Les concentrations augmentent progressivement lorsqu'on se rapproche des côtes de même, en milieu océanique profond elles peuvent atteindre $150\mu\text{mol/l}$ (Figure 1-6) (GERARD et al, 2004).

1.4.5. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

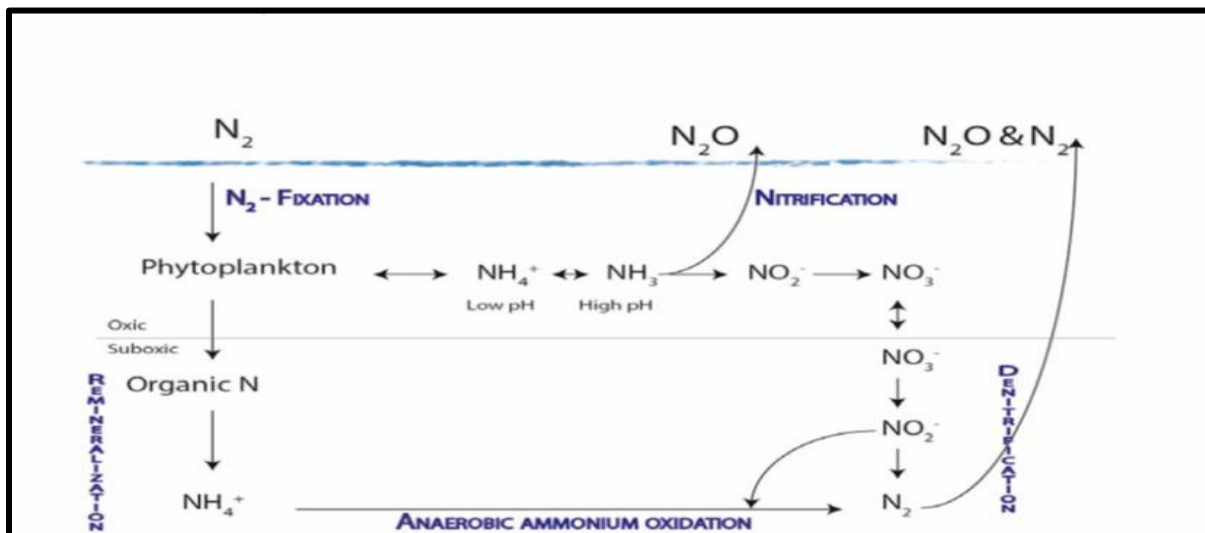


Figure 1-2: Cycle de l'azote en milieu océanique. (Modifié d'après (CLAUDE et al, 2007))

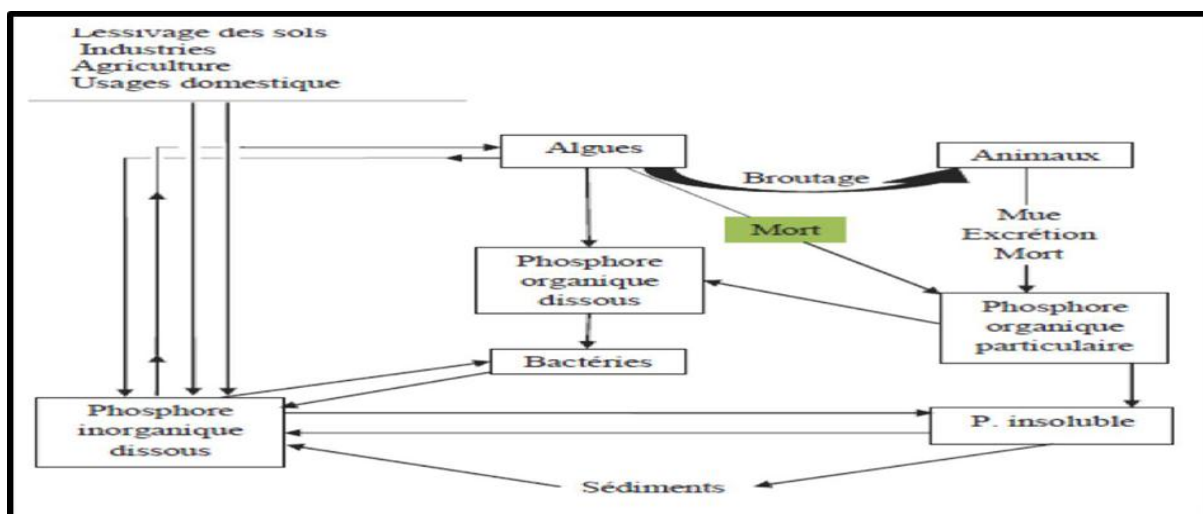


Figure 1-3: Cycle du phosphore dans l'eau de mer (LE GAL et al, 1988).

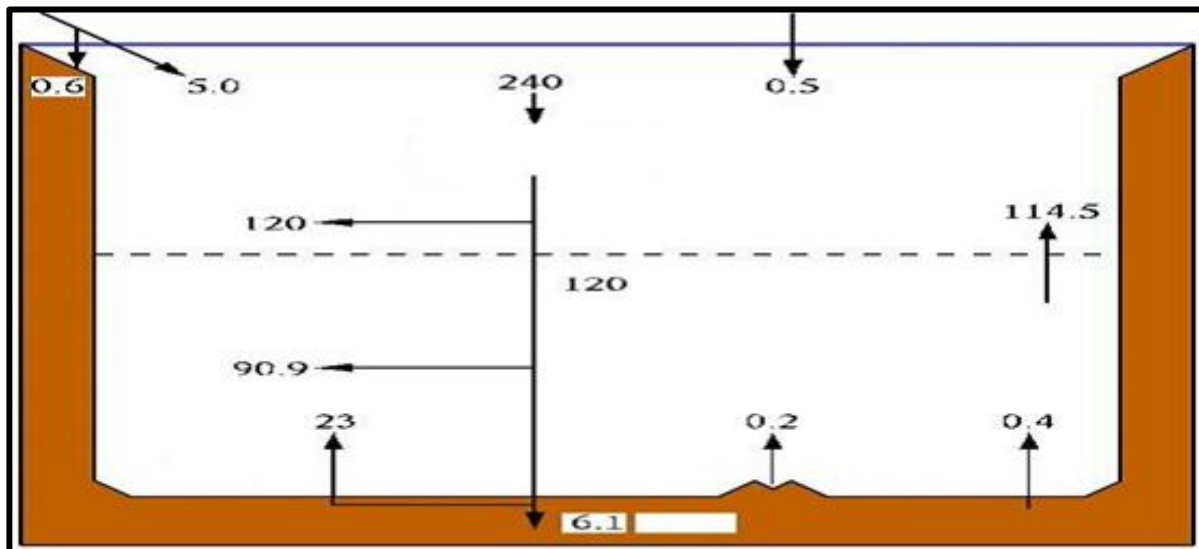


Figure 1-4: Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après (TREGUER et al., 1995).

1.4.6. Sels nutritifs et le rapport de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leur régénération à partir du matériel biogénique se font dans des proportions bien déterminées appelées communément rapport biogéochimique de Redfield. Après plusieurs travaux, Redfield (1934) et Redfield et al., (1963). Ils ont proposé les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique :

$$P/N/C/O_2 = 1/16/106/-138 \dots\dots\dots (1.6)$$

Ils ont également montré que cette composition de la matière organique influençait la composition en C/N/P des eaux dans lesquelles ces organismes marins vivent, puisque la source principale des sels nutritifs dans l'océan global est le recyclage interne.

Ce rapport varie avec les saisons et selon les régions et décroît avec la profondeur (MINSTER et BOULAHID, 1987).

CHAPITRE 02

Présentation de la zone d'étude

2. Chapitre II : Généralités sur la zone d'étude

Le déversement des déchets a entraîné de sérieux problèmes de pollution sur tout le long du littoral oranais, soit pour l'utilisation de ce milieu marin (la baignade ou la plaisance...) soit pour l'activité de pêche. De différentes observations effectuées, confirmées par de nombreuses études sur des sites côtiers de rejets urbains montrent l'existence d'effets très néfastes sur l'ensemble de l'écosystème marin et côtier :

- Contamination des sédiments et par conséquent du substrat ;
- Dégradation des eaux de baignade et de produits de la mer ;
- Et déséquilibre des peuplements naturels tel que la Posidonie (TAGHZOUT, 2015).

2.1. Situation géographique du golfe d'Arzew

Notre site d'étude est le golfe d'Arzew, il se situe au Nord-Est de la wilaya d'Oran. Il est compris entre le massif d'Arzew (cap Carbon, 0° 20'W) à l'ouest et le delta du Cheliff (cap Ivi, 0° 10'W) à l'est, ce qui lui confère un développement longitudinal d'environ 50 km.

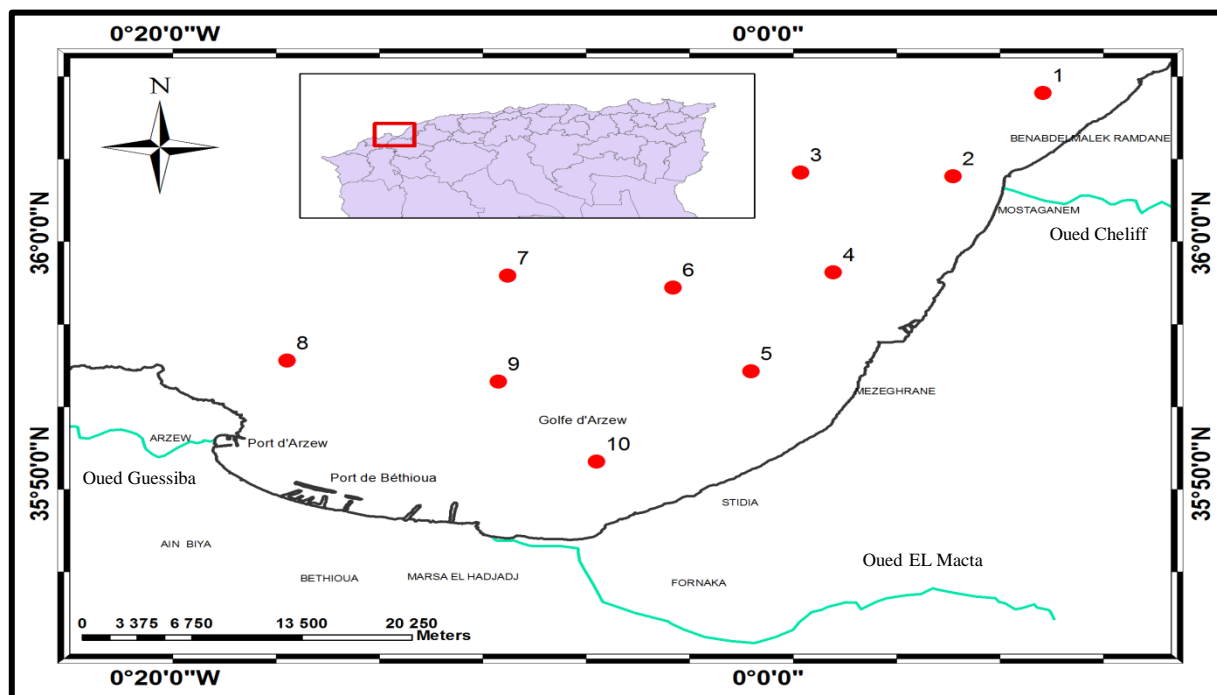


Figure 2-1: Localisation de la zone d'étude (golfe d'Arzew)

2.2. Situation administrative

Le golfe d'Arzew fait partie de la wilaya d'Oran et la wilaya de Mostaganem. Il comporte neuf communes : Arzew, Ain El Bia, Béthioua, Marsat El Hadjadj, Mocta Douz, Fornaka, Stidia, Mezeghrane, Mostaganem et Benabdelmalek Ramdane. Le golfe est limité à :

- A l'Ouest par la commune d'Arzew,
- A l'Est par la commune de Benabdelmalek Ramdane,
- Au Nord par la Méditerranée ;
- Au Sud par la commune de Béthioua, Marsat-El-Hadjadj, Mocta Douz, Fornaka, Stidia, Mezeghrane (Figure 2-1).

2.3. Conditions météorologiques

2.3.1. Climat

La zone d'étude (Oran/Arzew) est à la proximité de la mer, elle jouit d'un climat tempéré, subtropical Méditerranéen. Il se caractérise par un été sec qui dure de trois à quatre mois, et des hivers doux et humides. Dans un contexte plus général, cette zone est décrite comme étant aride/semi-aride.

Le climat de la région d'Oran est évidemment du type littoral méditerranéen à influence marine directe. Brouillards et brumes et un degré hygrométrique élevé toute l'année caractérisent le climat de la région où les pluies sont relativement plus abondantes que sur l'intérieur (l'arrière-pays) (ABDELAZIZ, 2016).

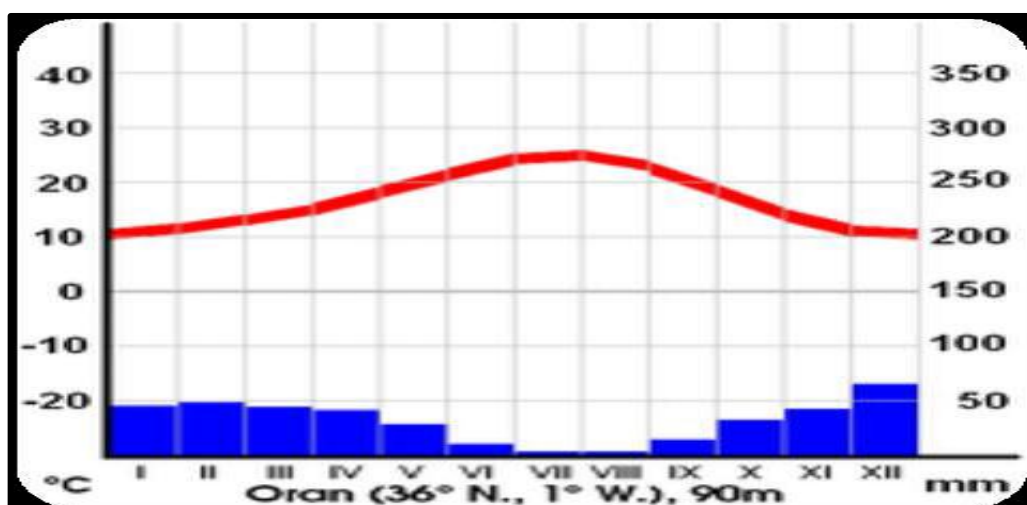


Figure 2-2: Diagramme climatique de la wilaya d'Oran. (DOUALI, 2012)

2.3.2. Vents

Les caractéristiques des vents Oranais sont : les vents qui de secteur Ouest, Sud-Ouest. Au mois de décembre prévalent les vents Sud-Ouest de 7 h à 18 h : les vents Ouest et Sud à 13 h. Les mêmes remarques peuvent être notées pour les mois de janvier, novembre, mars, avril, et mai ; néanmoins pour les trois derniers mois, on enregistre des vents Nord-Est.

Selon Ghodbani (2001), les mois de sécheresse sont les mois à prédominance des vents Nord-Est. Il existe par ailleurs des vents chauds (Sirocco) provenant du Sud et Sud-Ouest. Ce sont des vents chauds et secs de 09 à 16 jours par an (**KIES et KERFOUF, 2014**).

2.3.3. Température

Les périodes d'observation des températures de surface entre 2012 et 2013 des régions d'Oran et Arzew, indiquent la présence de fortes fluctuations saisonnières. Une baisse de température de septembre à février avec une valeur minimale en décembre-janvier ($T = 5-8 \text{ }^\circ \text{C}$) et une augmentation de mars à juin avec un maximum enregistré de juillet à août ($T = 35-38 \text{ }^\circ \text{C}$) sont également constaté (**KIES et KERFOUF, 2014**).

2.3.4. Précipitation

La précipitation mensuelle moyenne enregistrée entre 2012-2013 par les différentes stations météorologiques montre des maxima et des minima d'amplitude inégale, générant diverses reconfigurations et réponses écologiques de l'ensemble de l'écosystème côtier.

La précipitation maximale à Oran est variable du mois d'octobre à décembre, est en moyenne 150 mm, tandis que le maximum secondaire, centré sur les mois de janvier à avril. Ne dépasse pas 60 mm en moyenne. Le minimum en juillet et août ne dépasse pas 10 mm. Ceci est parfaitement cohérent avec les températures maximales saisonnières. En effet, lorsqu'elles s'annulent, les précipitations augmentent et vice versa (**KIES et KERFOUF, 2014**).

2.3.5. Facteurs hydrodynamiques

2.3.5.1. La houle

Le golf d'Arzew présente une côte diversement orientée. Elle est orientée Nord-Est-Sud-Ouest dans la partie orientale du golf, depuis l'embouchure de l'oued Cheliff jusqu'à celle de l'oued Macta.

Cette partie du golf est exposée aux houles de direction Ouest, et notamment celles de Nord-Ouest qui frappent perpendiculairement le rivage. Les houles d'Est et souvent celles du Nord-Est ont une direction parallèle ou tangente à la côte. Les houles engendrent un mouvement qui se matérialise par une dérivée littorale d'Est en Ouest, favorisant ainsi la dispersion des apports de l'oued Cheliff (KRACHAI, 2006).

2.3.5.2. Courants

Les eaux atlantiques constituent l'essentiel du courant algérien qui pénètre en surface par le Détroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algériennes. Le courant algérien est défini comme une veine de 30 à 40Km de largeur et de 150 à 200m d'épaisseur, c'est de l'eau océanique qui est modifiée par l'interaction avec l'atmosphère et le mélange avec les eaux méditerranéennes. Ces eaux sont caractérisées par des températures variables en surface (15 à 23°C). D'après (MILLOT, 1989), ce courant génère des upwellings côtiers plus ou moins intenses près des côtes (TAGHZOUT, 2015).

2.4. Hydrologie

Le bassin d'Arzew est drainé par quelques cours d'eau de direction Ouest-Est et Sud-Nord. A savoir : Oued Guessiba, Oued EL Macta et Oued Cheliff (permanents) Oued EL Mouhgon, Oued Tasmanit, Oued EL Rahi et Oued EL Mallah (temporels).

Les principaux Oueds sont permanents et prennent leur source à quelques kilomètres de la mer. Dans ce Bassin l'hydrologie de surface a été modifiée par la construction de grands bâtiments industriels dans la zone et des collecteurs ont été mis en place pour l'évacuation des eaux industrielles et urbaines ; accentuées par la croissance démographique rapide, voir la figure 2-1 (ABDELAZIZ, 2016).

2.5.Sources de pollution dans le golfe d'Arzew

2.5.1. Eaux usées et rejets industriels

Le golfe d'Arzew est parmi les côtes les plus polluées de la Méditerranée. D'une part, les immenses agglomérations urbaines avec leurs rejets liquides qui sont déversés et transportés en mer par les oueds, d'autre part, les immenses pôles industriels et les stations de dessalement.

a) Le secteur d'Arzew

- Le réseau d'assainissement est de type séparatif :
- Les eaux usées domestiques sont directement rejetées en mer ou dans l'oued El-Mahgout.
- Les eaux industrielles de la zone industrielle d'Arzew (Z.I.A) sont après prétraitement (raffinerie, séparation gravitaire) rejetées dans le milieu marin. (figure 2-2)
- Les exutoires sont du nombre de huit avec des forts débits (Tableau 2-1), dont les plus importants concernent les rejets R7 et R8 (eaux usées industrielles), R3 et R4 (eaux usées domestiques) et R5 qui est muni d'un collecteur principal où se rejoignent les eaux de l'hôpital, l'abattoir et des petites industries diverses (figure 2-2) (AZIZ, et TOUBA, 1996).

Tableau 2-1: Débit des eaux usées rejetées en mer à Arzew. (METAP, 1994)

Données caractéristiques	Situation		
	Actuel	Prochaine	Future
Eaux domestiques de temps sec (m ³ /j)	9 800	11 270	13 300
Production spécifique (l/hab.j)	167	167	167
Production industrielle (m ³ /j)	25 000	25 000	25 000

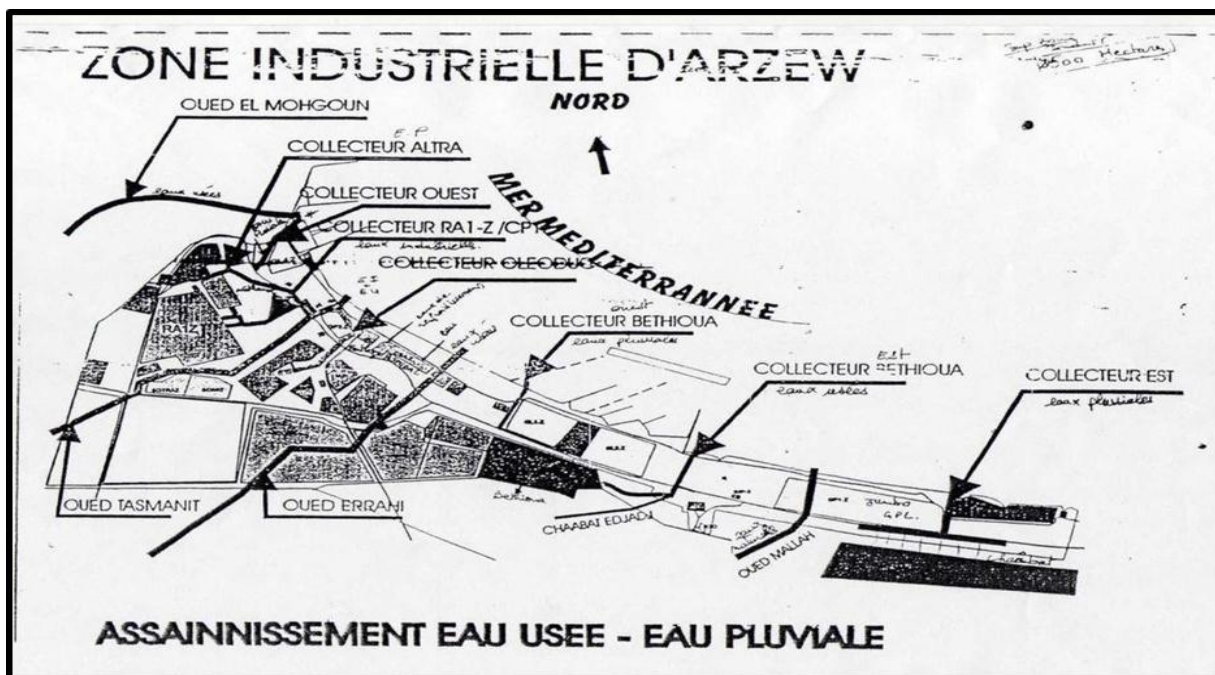


Figure 2-3: Carte descriptive de l'assainissement au niveau de la zone (EPA, 2009).

b) Le secteur de Béthioua

La ville de Béthioua possède un réseau d'assainissement de type pseudo-séparatif (Figure 2-2). On note l'absence de station d'épuration des eaux usées. Les eaux domestiques industrielles sont rejetées en mer sans aucun traitement (tableau 2-2). Les points de rejets sont au nombre de trois. Ils se déversent à l'extérieur du port à l'exception de l'un d'eux.

Tableau 2-2: Débits des eaux usées rejetées en mer de Béthioua (METAP, 1994).

Données caractéristiques	Station		
	Actuel	Future proche	Future
Eaux domestiques de temps sec (m ³ /j)	2 060	2 370	2 900
Production spécifique (l/hab.j)	25 000	25 000	25 000
Production industrielle (m ³ /j)	145	145	145

2.5.2. Les infrastructures portuaires

Il existe deux ports : Arzew et Bethioua qui figurent depuis plusieurs années au premier rang des ports nationaux, avec plus de 50 % du trafic national. Ils constituent la porte de sortie principale des hydrocarbures exportés d'Algérie (SAHNOUN et al, 2010).

a) Port d'Arzew

Le port d'Arzew est situé au débouché des plaines du Sig et de l'Harba (latitude 35° 50'N, longitude 0° 07' W), qui présente un abri exceptionnel pour les navires, ce qui a dû servir dans l'antiquité comme rade à de fins commerciaux (figure 2-3). Avec la découverte du pétrole et du gaz, le port d'Arzew a connu un essor considérable.

Le port d'Arzew s'est spécialisé dans l'exploitation des hydrocarbures, il est considéré comme étant le plus grand port pétrolier d'Algérie du point de vue de la superficie et le deuxième du point de vue trafic des hydrocarbures (18,2 millions de tonnes en 1994) (tableau 2-3) (AZIZ et TOUBAL, 1996).

Tableau 2-3: Trafic par produit en tonne par an du port d'Arzew en 1994.(DIRECTION DES PORTS, 1996)

Mode \ Produits	Produits Pétroliers	Minerais et produits métalliques	Produits Agricoles et denrées alimentaires	Minéraux et matériaux de construction	Engrais et produits chimiques	Marchandise Divers
Embarquement	17 901 591	25 178	2 886	19 160	401
Débarquement	303 372	14 098	13 789	31 787	29 671	13 122

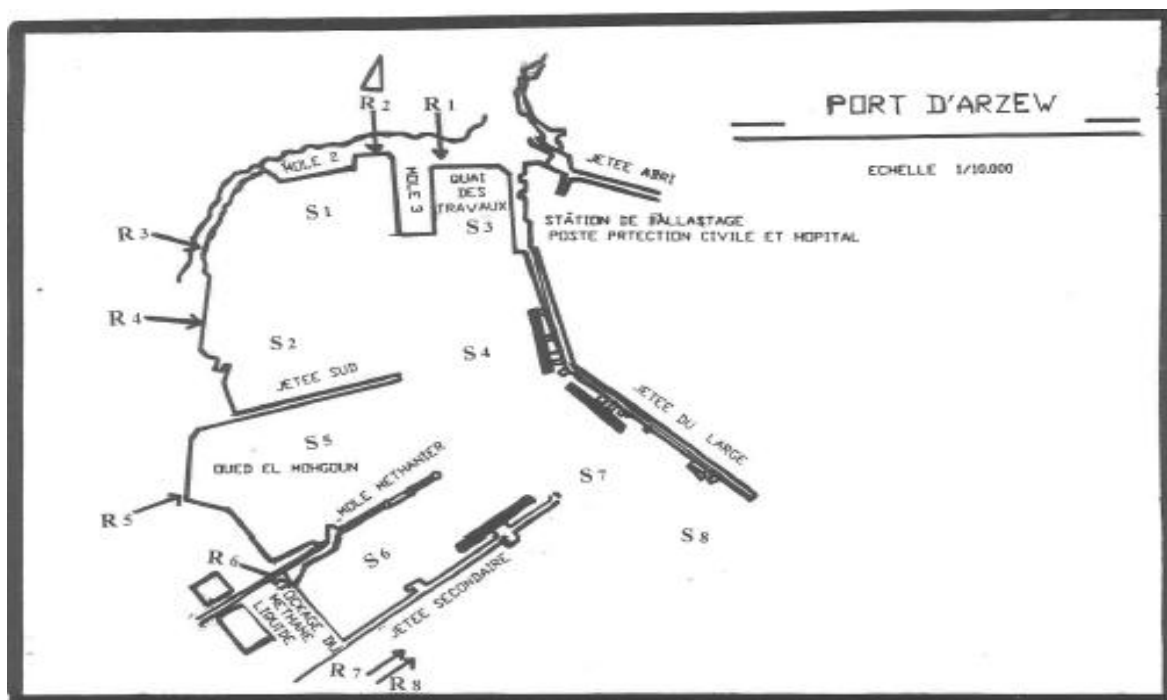


Figure 2-4: Localisation des rejets dans le port d'Arzew (AZIZ, et TOUBAL, 1996).

b) Le port de Bathioua

Le port de Béthioua offre un plan d'eau de 182 hectares répartis en 3 bassins (figure 2-4).

Equipé d'un terminal moderne pour exporter des produits raffinés, le condensat, l'ammoniaque et le G.N.L. Il est également doté d'une station de déballastage d'une capacité d'entreposage de 6000 m³.

Le port de Bethioua est à vocation industrielle et s'est spécialisé dans les hydrocarbures. Il est classé premier port d'Algérie du point de vue du trafic total et pétrolier (tableau 2-4).

Tableau 2-4: trafic par produits pétroliers du port de Bethioua. (**DIRECTION DES PORTS, 1994**)

Produit pétrolier	Pétrole brut	Hydrocarbures gazeux	méthane	Butane, propane	Hydrocarbures raffinés
Embarquement	9 146 813	15 156 622	11 406 704	379 918	503 519
Débarquement	-----	-----	-----	-----	-----

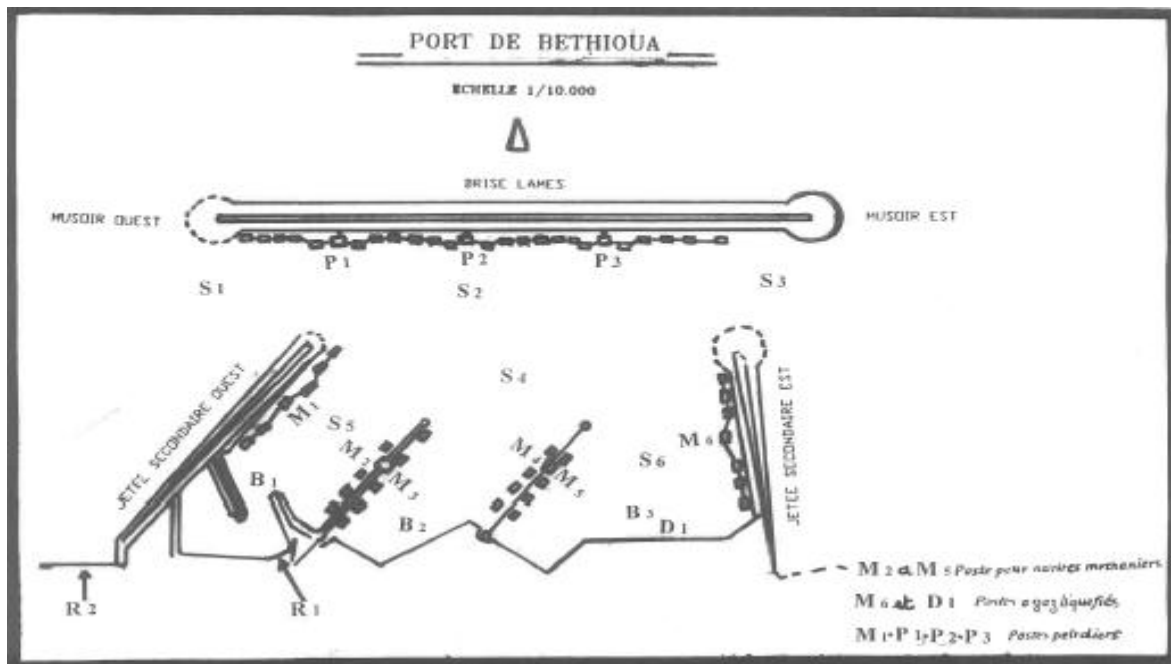


Figure 2-5: Localisation des rejets dans le port de Bethioua .

CHAPITRE 03

Matériels et méthodes

3. Chapitre III : Matériels et méthodes

Dans le cadre d'évaluation du degré de pollution du golfe d'Arzew, une sortie a été réalisée sur le terrain au niveau du golfe un prélèvement d'eau de mer au niveau des 10 stations à une profondeur de 3m. Les analyses ont aussi concerné les différents paramètres physico-chimiques et les indicateurs de pollution. Les différents sites de prélèvement ont été choisis selon l'importance de leurs rejets et déversements (industriels, sanitaires et autres) en mer.

3.1. Prélèvement des échantillons

Afin de mesurer les paramètres physico-chimiques (température, salinité, oxygène dissous et potentiel d'hydrogène), les nutriments (nitrates, nitrites, ortho-phosphates et silicates) et la chlorophylle, des échantillons d'eau de mer ont été prélevés avec une bouteille Niskin. Pour chaque station, un flacon de 125 ml destiné à l'analyse des nutriments et deux flacons de 1,5 l, l'un pour les matières en suspension (MES) et l'autre destiné à l'analyse de la chlorophylle. Les flacons ont été placés directement dans un sachet noir, à l'abri de la lumière. Tous les flacons d'échantillons sont ensuite conservés pour une analyse au laboratoire et ceux de sels nutritifs ils sont congelés jusqu'au moment d'analyse.

3.2. Campagne en mer et stratégies de prélèvements

Le prélèvement a été effectué le 26 juin 2021, dans le but de d'échantillonner de l'eau de mer dans la zone d'étude qui est le golfe d'Arzew.

Pour cela, un plan de travail a été établi et suivi, il consiste à utiliser une embarcation sur mer dans le but de prélever et analyser des matrices d'eau de mer. Lors de la campagne réalisée, des mesures in situ et des prélèvements d'eau de mer ont été réalisées dans plusieurs points différents le long du littoral oranais (Golfe d'Arzew).

3.3. Localisation des stations de prélèvement

Le choix des sites de prélèvement des échantillons s'est reposé sur la facilité d'accès et la disponibilité du matériel. Les différentes stations de prélèvement de la zone d'étude sont présentées dans la Figure 2-1.

3.4. Logistiques et matériel de prélèvements et de mesure in situ

Cette opération nécessite un matériel adéquat pour travailler en mer :

- La valise multi-paramètres : utilisé pour les mesures in-situ des différents paramètres physico-chimiques (T, S, Turbidité et OD).

- Bouteille Niskin.
- Des flacons : Des bouteilles en plastique (polyéthylène) de 1 L et 1,5 L.
- GPS : Pour localiser très précisément les sites avant les tournées de prélèvement.
- Des glaciaires avec packs de glace : Pour conservation des échantillons.
- Une embarcation pour les prélèvements côtiers.

3.5.Echantillonnage et conservation

Les flacons sont désignés par une étiquette qui porte l'origine de l'échantillon et la profondeur dans laquelle il a été prélevé. Ils sont ensuite conservés avec les flacons des sels nutritifs et du MES à basse température dans une glacière portative avec « packs » de froid assurant une température faible. La filtration pour la chlorophylle et la MES est faite dès le retour au laboratoire. Les flacons destinés à l'analyse des sels nutritifs sont conservés dans un congélateur pour une analyse ultérieure.

3.6.Méthodes d'analyses :

3.6.1. Les paramètres physico-chimiques

Les mesures des paramètres physico-chimiques (température, salinité, turbidité et de l'oxygène dissous) ont été effectuées in situ pour chaque station de prélèvement à l'aide d'une valise multi paramètre HANNA HI9828 pH/ORP/DO (Annexe 1). Cet appareil est muni des sondes électrolytiques.

- Les valeurs de l'oxygène dissous s'affichent en mg /l avec une exactitude de $\pm 1,5\%$ à $\pm 3\%$.
- Les valeurs de la température s'affichent en °C avec une exactitude $\pm 0,15^\circ\text{C}$.
- Les valeurs de la salinité s'affichent en PSU avec une exactitude $\pm 2\%$.
- Les valeurs de la turbidité s'affichent en NTU.

La calibration de l'appareil sert à corriger les valeurs, elle est effectuée par une solution unique (HI 9828 – 25).

3.6.2. Matières en suspension (MES)

La mesure des matières en suspension se fait par filtration, cette méthode est basée sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre en fibre de verre de $0,45\ \mu\text{m}$. Le poids de matière retenu par le filtre, noté P est déterminé par pesée différentielle (avant et

après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé

➤ **Appareillage (Annexe 1)**

- Rompe de filtration.
- Disques filtrants type Whatman®GF/F ,0.45µm.
- Étuve de type Heraeus, à 70 °C.
- Balance de précision 10^{-5} g (au 1/10000 g).
- Éprouvette graduée de 500 ml et de 1 L et des pinces.
- Dessiccateur.

➤ **Mode opératoire**

1. Préparation des filtres

- Mettre les filtres en fibre de verre au four à 450-500°C pendant 1h environ (les étaler sur une feuille d'aluminium).
- Laver abondamment les membranes à l'eau distillée (50-70 ml d'eau par membrane) en le plaçant sur la base du support-filtre, sans mettre l'entonnoir, et sous un très léger vide.
- Déposer les filtres dans leurs boîtes, mettre les boîtes sans leurs couvercles à l'étuve (70 à 105°C) et les recouvrir d'une feuille d'aluminium pour les protéger de la poussière.
- Laisser les filtres sécher pendant 2h.
- Sortir les boîtes à filtres de l'étuve, replacer les couvercles sans les serrer et mettre aussitôt les boîtes dans le dessiccateur ; les y laisser jusqu'à la pesée.
- Numéroter les filtres (sur le porteur) ou les boîtes à filtres (sur le fond et le couvercle), de façon indélébile.
- Peser chaque filtre (P1), le cas échéant avec sa nacelle en aluminium, à la précision de 0,01 mg.
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

2. Filtration

- Homogénéiser l'échantillon. Agiter fortement les échantillons après la conservation.
- Mesurer aussitôt le volume à filtrer (de préférence supérieur à 100 ml), à l'aide d'une éprouvette.

- Placer le filtre et le centrer dans les dispositifs de filtration.
- Verser l'échantillon sur le filtre puis appliquer le vide, sans créer une dépression supérieure à 0,6 bar.

3. Séchage et pesée des filtres

- L'étuve doit être stabilisée à 70°C.
- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans les couvercles, à l'étuve et les recouvrir d'une feuille d'aluminium pour protéger les filtres de la poussière. Laisser sécher pendant 2h.
- Sortir les boîtes à filtres de l'étuve replacer les couvercles sans les serrer et mettre aussitôt les boîtes au dessiccateur ; les y laisser jusqu'à la pesée.
- Peser chaque filtre, le cas échéant dans sa nacelle en aluminium, à la précision requise. Soit P_2 ce poids.

4. Expression de résultats

La détermination de la concentration de la matière en suspension est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (P_2 - P_1) \times 1000 / \text{VF} \dots \dots \dots (3.1)$$

P1 : Poids du filtre avant filtration de l'échantillon (g).

P2 : Poids du filtre après la filtration de l'échantillon (g).

VF : Volume d'eau filtrée en litres (l).

3.6.3. Chlorophylle

L'étude de la concentration des eaux en chlorophylle, considéré autant que marqueur de la production primaire, est possible avec l'utilisation de la méthode fluo-métrique de **Yentch Menzel** (1963) adapté par **Holm-Hansen et Reiman** (1978) pour l'extraction des pigments à l'aide du méthanol (**LEMAIRE, 2002**).

L'analyse de la chlorophylle a été faite 4 jours après le prélèvement.

➤ Principe

La méthode de spectrophotométrie ultra-violet mesure l'émission de fluorescence de molécules soumises à un rayonnement d'excitation ultraviolet. La réponse est en fonction de la structure moléculaire et s'applique aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées donc à la chlorophylle.

➤ **Appareillage (Annexe 1)**

- Dispositif de filtration : La filtration est effectuée sous vide en utilisant des filtres en fibre verre GF/F (0,45µm).
- Les tubes de mesure : Des tubes en verre de 10 ml avec bouchon utilisés pour l'extraction, enveloppés dans le papier aluminium pour éviter l'exposition à la lumière.
- Centrifugeuse.
- Spectrophotomètre fluorescence : modèle TURNER DESIGNR 10.005R.
- Matériels courants de laboratoire.

➤ **Réactifs (Annexe 3)**

- Méthanol pur,
- Solution d'acidité chlorhydrique 0,3 N.

➤ **Mode opératoire**

A. A bord du navire

- Rincer le flaconnage,
- Remplir les flacons,
- Stocker les flacons dans la glacière à l'abri de la lumière.

B. Au laboratoire

- Déposer un filtre sur le dispositif de filtration,
- Homogénéiser doucement l'échantillon,
- Mesurer l'eau de mer avec l'éprouvette,
- Verser l'échantillon dans le dispositif de filtration,
- Actionner la pompe à vide (0,2 bar maximum),
- Juste avant que le filtre ne sèche, rincer les parois du dispositif avec un peu d'eau filtrée,
- Mettre le filtre dans un papier aluminium,
- Stocker au congélateur (-25°C).

1. Extraction

- Dans le tube contenant le filtre, ajouter 7 ml de Méthanol pur à 97%.

- Le tube est ensuite bouché et placé dans un réfrigérateur (5°C) pour une période d'extraction de 30 minutes.
- Après ce délai la fluorescence de l'échantillon est mesurée sur un fluorimètre Turner designs 10.005R équipé d'un Kit pour la détermination de la chlorophylle a (lampe F4T4BL, Filtre primaire Corning 5-60, filtre secondaire Corning 2-60).

2. Mesure fluorimétrique

- Mettre en fonction le fluorimètre (environ 1h avant les mesures),
- Régler l'appareil à zéro,
- Rincer plusieurs fois la cuve « Echantillon » avec la pissette Méthanol puis avec un peu d'échantillon à analyser,
- Pipeter suffisamment de volume pour faire la mesure,
- Mesurer la fluorescence,
- Sortir la cuve et ajouter 100µl de la solution d'acide chlorhydrique 0,3 N,
- Agiter et replacer la cuve, laissé agir pendant 2 min,
- Mesurer la fluorescence à 700 nm,
- Calculer les concentrations.

➤ Calcul des concentrations

La mesure fluorimétrique est effectuée avant acidification. Les concentrations de la chlorophylle a sont évaluées d'après la formule :

$$[\text{Chlo } a] (\mu\text{g/L}) = F0/K0 * v/VI \dots \dots \dots (3.2)$$

Ou :

F0 : Valeur de fluorescence

K0 : Le coefficient d'étalonnage établi avec de la chlorophylle a pure (Sigma C5753)

v : Le volume d'extraction (5,2 ml) et **V** le volume filtré (250 ml).

3.6.4. Sels nutritifs

Une fois le prélèvement d'eau fait, les échantillons ont été conservés au réfrigérateur pendant deux jours à 4°C. Ensuite l'analyse a été faite par SKALAR.

3.6.4.1. Principe de dosage des sels nutritifs dans l'eau

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de BEER-LAMBERT qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.L.C \dots \dots \dots (3.3)$$

I₀, I : sont respectivement, l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant ;

ϵ : le coefficient d'extinction moléculaire variant en fonction de la température et de la longueur d'onde ;

L : longueur du milieu traversé exprimé en cm ;

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l ;

A : absorbance de la solution ;

D.O : Densité optique de la solution.

3.6.4.2. Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau

L'analyse consiste à réaliser automatiquement les différentes manipulations nécessaires à un dosage manuel : prélèvement, analyse et lecture (**Rodier et al., 1996**).

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs s'est fait par colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée « Auto-Analyseur SAN PLUS » selon les protocoles définis par le fabricant (**SKALAR, 1998**).

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide et flux continu :

Une veine liquide progresse, par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, en continu, ce qui autorise une polyvalence et une grande souplesse. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail.

A. Dosage des nitrites

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider et Robinson, 1952 et Skalar, 1998**).

B. Dosage des nitrates

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (**WOOD et al., 1967**).

Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrites (**Rodier et al., 1996**).

C. Dosage des ortho-phosphates

En présence d'antimoine tartrate de potassium à une température de 40°C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**MURPHY et RILEY, 1962**).

Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

D. Dosage du silicium dissous

Le silicium dissous (représenté dans l'eau par 95% sous forme d'acide orthosilicique $\text{Si}(\text{OH})_4$, (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**) réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. (**MURPHY et RILEY, 1962**)

➤ Étalonage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis de solutions filles pour chaque élément à analyser (voir annexe 3).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes (voir annexe 3).

CHAPITRE 04

Résultats et discussion

4. Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous étudierons les résultats obtenus concernant les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs des prélèvements réalisés au niveau du golfe d'Arzew (juin 2021).

Globalement, ces résultats permettent de comprendre la distribution spatiale des paramètres physico-chimiques, matières en suspension, chlorophylle et des sels nutritifs ; à travers une analyse binaire.

4.1. Analyse paramétrique

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau ci-dessous sous forme de valeurs moyennes et extrêmes pour le golfe d'Arzew. Ils sont exposés en discutant les paramètres mesurés, notamment les mesures effectuées in situ et celles du laboratoire,

Tableau 4-1 : les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans le golfe d'Arzew.

	T (°C)	S (PSU)	OD (mg/l)	pH	MES (mg/l)	Chl _a (µg/l)	TU (NTU)
Minimum	19,3	36,84	7,43	8,16	1,76	0,06	19,2
Maximum	20,22	37,71	10,25	8,32	6,36	0,24	41,73
Moyenne	19,81	37,28	8,89	8,24	3,42	0,16	26,36
Variance	0,12	0,1	0,82	0,05	1,67	0,003	42,13

4.1.1. Température (°C)

Les valeurs de températures obtenues présentent des variations entre les différentes stations. Au niveau du golfe d'Arzew, les températures de l'eau de surface sont comprises entre 19,3 et 20,22°C avec une moyenne de 19,81°C, ce qui représente une variance d'environ 0,12 (figure 4-1).

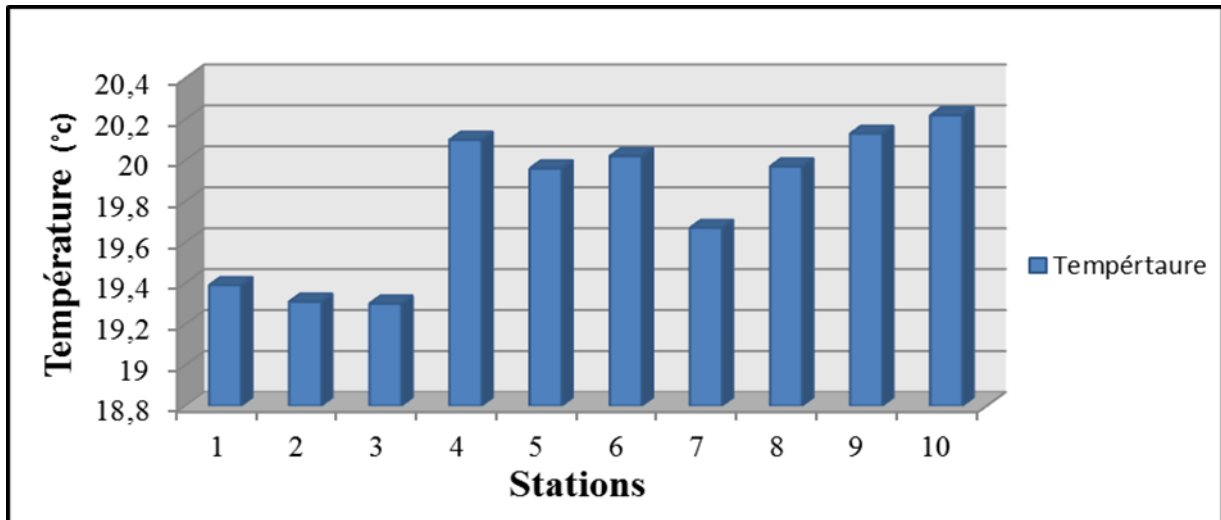


Figure 4-1 : Variation de la température de surface dans le golfe d’Arzew.

La température correspond à un élément fondamental en océanographie. Ce facteur conditionne largement et significativement l’écologie des systèmes marins et côtiers. Sa variation dépend de la température atmosphérique et du mélange des masses d’eau.

Au niveau du golfe d’Arzew, la distribution spatiale de ce paramètre en surface indique de fortes valeurs de température tout le long du golfe, où se trouvent la zone industrielle d’Arzew, la plupart des Oueds et les deux ports (Arzew et Bethioua).

En revanche, les eaux de surface de la partie Est, présentent des valeurs moyennes (19,4-19,6°C) autour d’Oued de Cheliff qui diminuent en allant vers le large (figure 4-2).

Les courants froids venant du large pourraient être à l’origine de cette distribution hétérogène de la température au sein de cette partie du golfe.

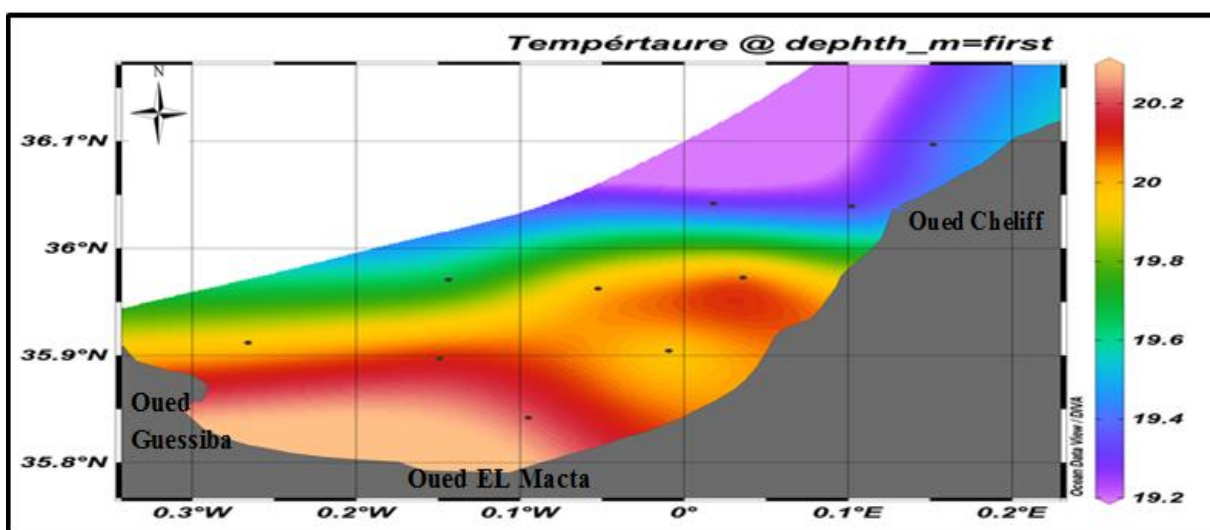


Figure 4-2 : Carte de distribution spatiale de la température en surface dans le golfe d’Arzew.

4.1.2. Salinité (PSU)

Les valeurs de salinité sont comprises entre 36,84 et 37,71 PSU avec une moyenne de 37,28 PSU et une variance de 0,1. Le minimum de salinité se trouve à la station 04, et le maximum à la station 05 (figure 4-3).

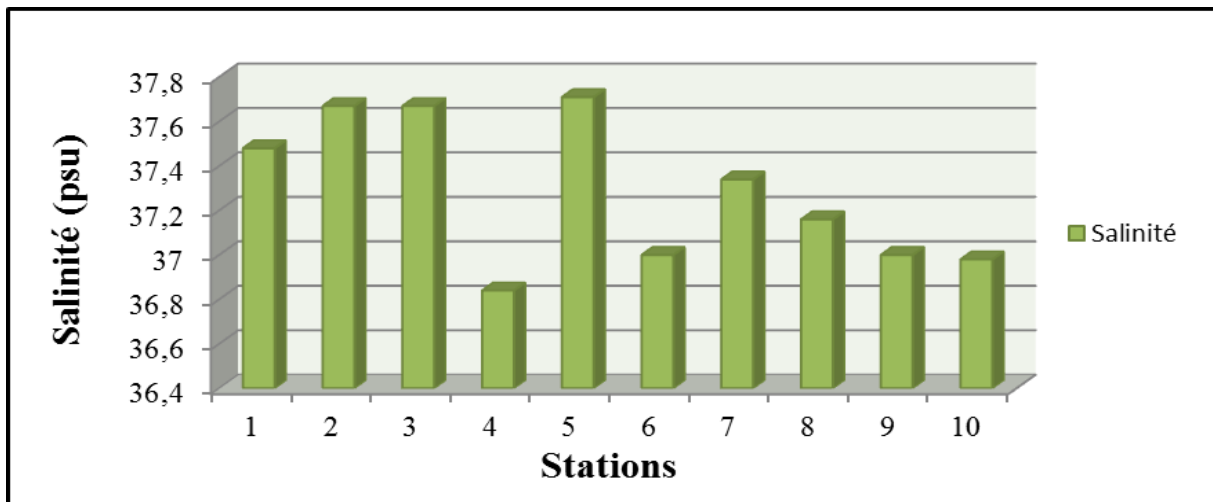


Figure 4-3 : Variation de salinité de surface dans le golfe d'Arzew.

La partie Ouest à proximité des embouchures des deux oueds (Guessiba et El Marcta) et les deux ports est caractérisée par les salinités les plus faibles en surface (Figure 4-4). Ceci peut être expliqué par les apports d'eaux douces.

L'influence des eaux continentales est nettement ressentie, surtout au niveau de l'embouchure de l'Oued Guessiba et celui d'EL Macta qui provoque la dessalure de l'eau de surface, diminuant la salinité de l'eau. Contrairement à la partie Est du golfe, la mesure de la salinité en surface indique des valeurs relativement importantes de la cote vers le large, avec un écart-type très faible de l'ordre de 0,8. Ceci est probablement dû à la diminution du débit de l'oued de Cheliff durant la période estivale.

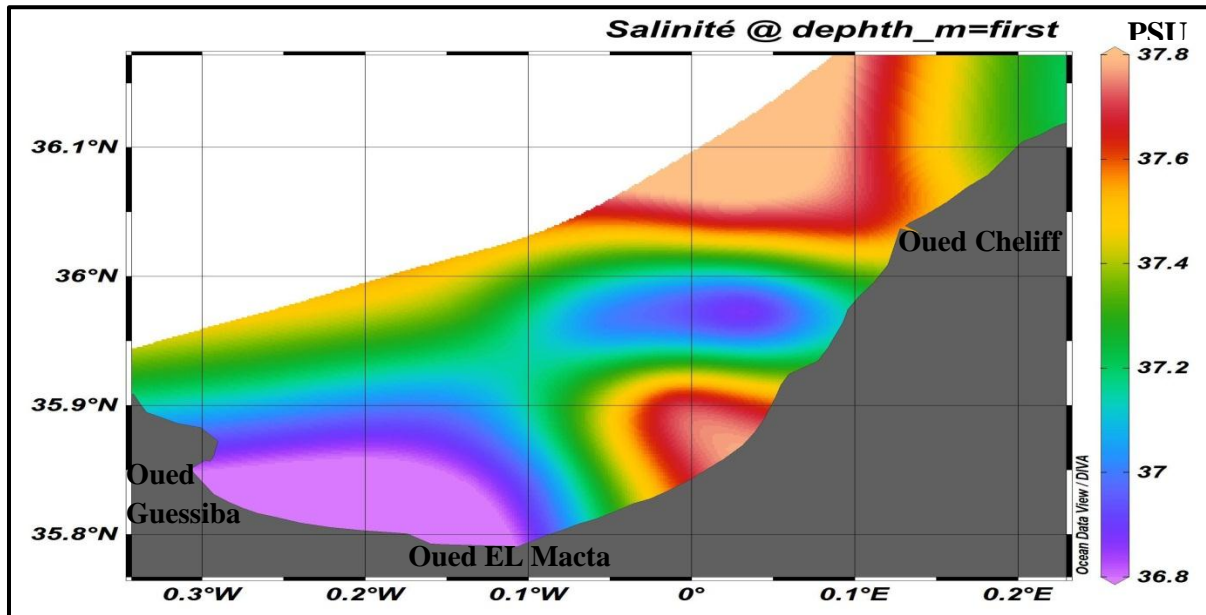


Figure 4-4 : Carte de distribution spatiale de la salinité en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.3. L'Oxygène dissous (mg/l)

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles du golfe d'Arzew révèlent une situation hétérogène. (Figure 4-5)

Les valeurs varient entre 7,43 mg/l, et 10,25 mg/l, avec une moyenne de 8,89 mg/l et une variance de 0,82.

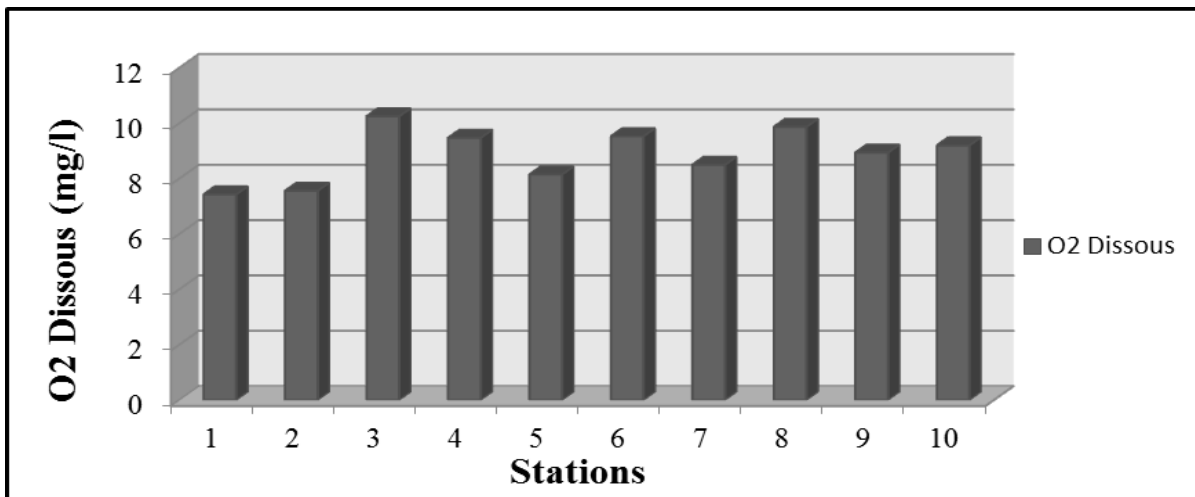


Figure 4-5 : Variation de la concentration de l'oxygène dissous de surface dans le golfe d'Arzew.

La figure (4-6) de la distribution de l'oxygène dissous de surface montre que les plus faibles valeurs d'oxygène dissous sont observées au niveau de la côte Est, ce qui pourrait être dû à la consommation d'oxygène pour la dégradation de la matière organique.

On allant vers le large, on relève des teneurs plus élevées, ce qui est dû à une présence d'une concentration de la chlorophylle, ce qui enrichit cette zone en oxygène dissous par l'activité photosynthétique de cette dernière.

Note : La couleur rouge qui s'affiche sur la carte à côté de l'oued de Guessiba ne montre pas les vraies valeurs vu qu'on n'a pas pu faire un prélèvement dans cette zone (accès interdit à l'intérieur du port). Ceci est dû à l'interpolation excessive du logiciel.

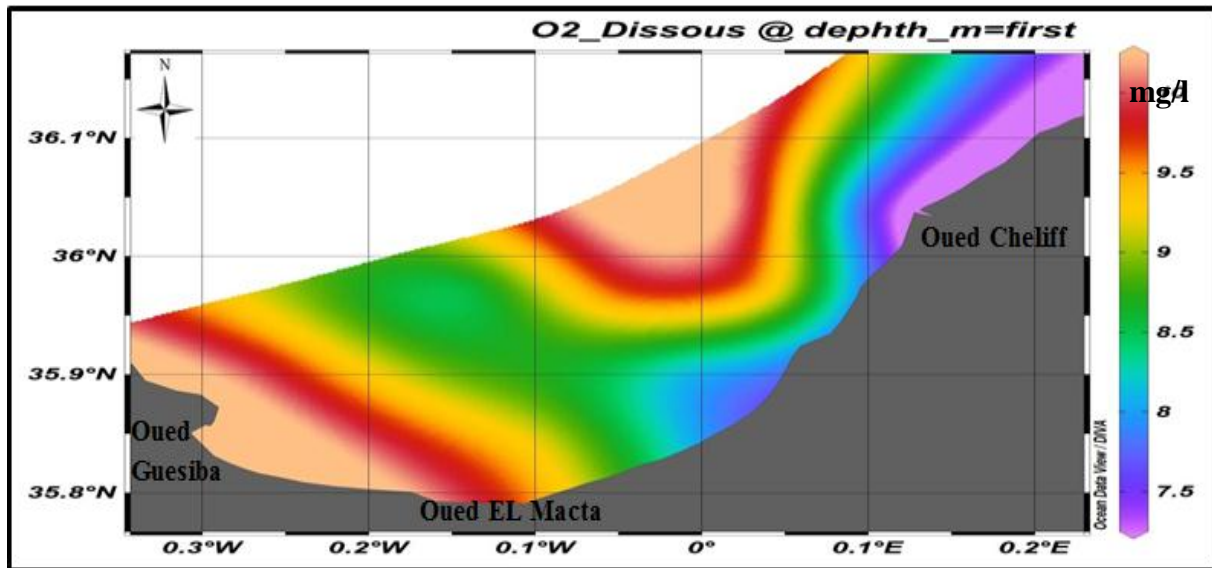


Figure 4-6 : Carte de distribution spatiale de l'oxygène dissous en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.4. Le Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs du potentiel d'hydrogène (pH) obtenues sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations, avec un minimum de 8,16 et un maximum de 8,32 ; une moyenne de $8,24 \pm 0,05$ et une variance de 0,0022. (Figure 4-7).

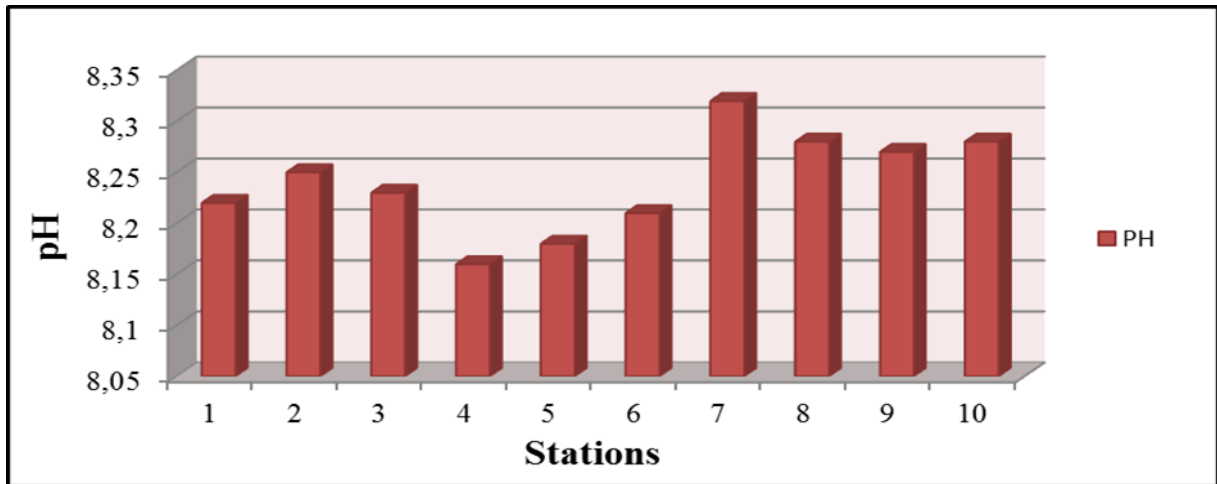


Figure 4-7 : Variation du pH de surface dans le golfe d’Arzew.

La valeur maximale du pH est de 8,16 relevée à Mersat EL Hadjadj à proximité du l’Oued EL Macta que ainsi d’une centrale thermique (figure 4-8).

Par contre la baisse du pH dans les autres stations peut être expliquée par l’importance des différents rejets industriels et agricoles acheminés par l’Oued.

La décomposition de la matière organique peut influencer également la baisse du pH, car elle engendre une production du CO₂, et donc une diminution du pH. Cette distribution serait vrai semblablement influencée par les apports d’eaux continentales, des rejets urbains et industriels. Le contraire est vrai : la où il y a de la photosynthèse, le pH augmente (consomation du CO₂).

Le pH peut devenir dans ce cas un important indicateur de pollution.

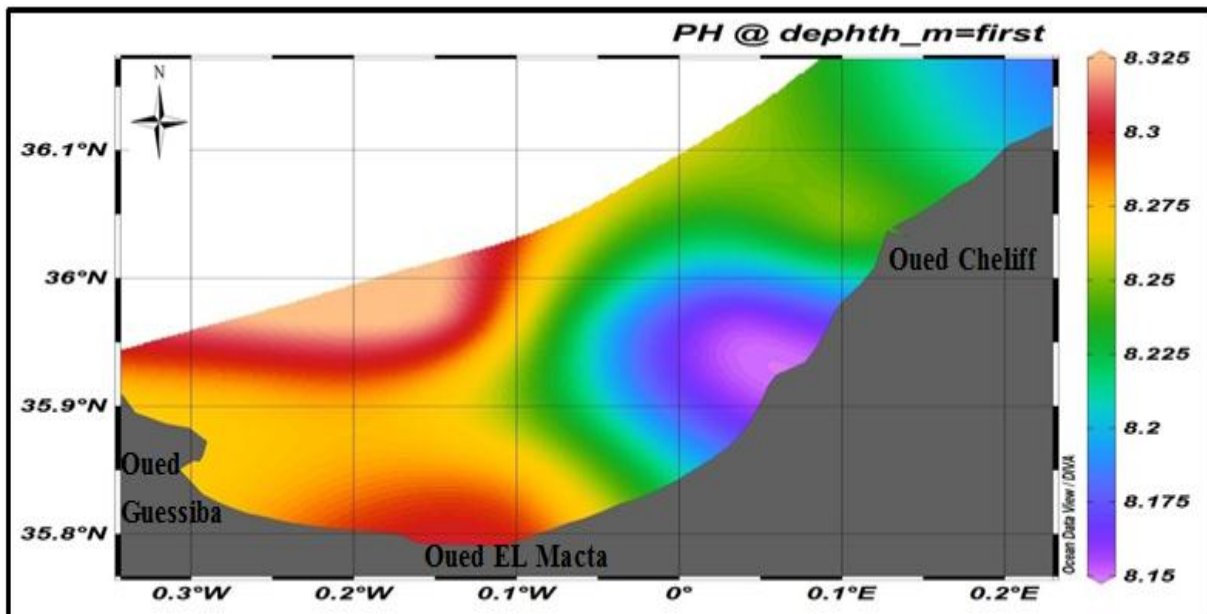


Figure 4-8 : Carte de distribution spatiale du pH en surface dans le golfe d’Arzew.

4.1.5. Turbidité

Les valeurs de la turbidité montrent que la station 07 marque les valeurs les plus élevées (41,73 NTU) contrairement à la station 08 (19,1 NTU) avec une moyenne de 26,36 NTU et une variance de 42,13. (Figure 4-9).

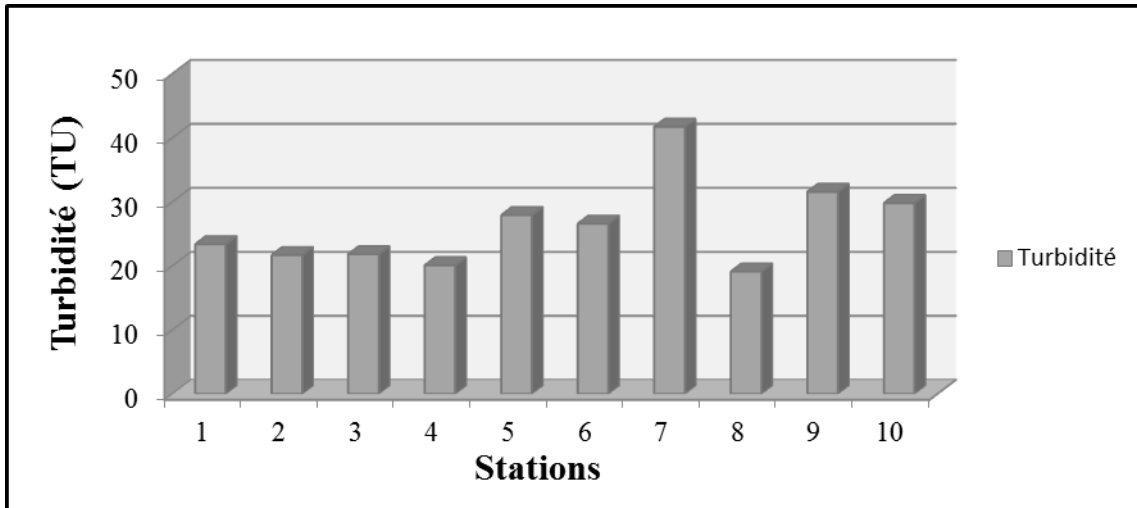


Figure 4-9 : Variation de la Matière en suspension de surface dans le golfe d’Arzew.

D’après cette carte de distribution spatiale de la turbidité en surface dans le golfe d’Arzew, la turbidité proximité d’oued el Macta est importante en comparant avec le reste du Golfe.

Ces valeurs sont dues, d’une part, aux apports terrigènes et, d’autre part, à la remise en suspension par les vagues et les courants, ainsi qu’à la contribution de particules organiques (figure 4-10).

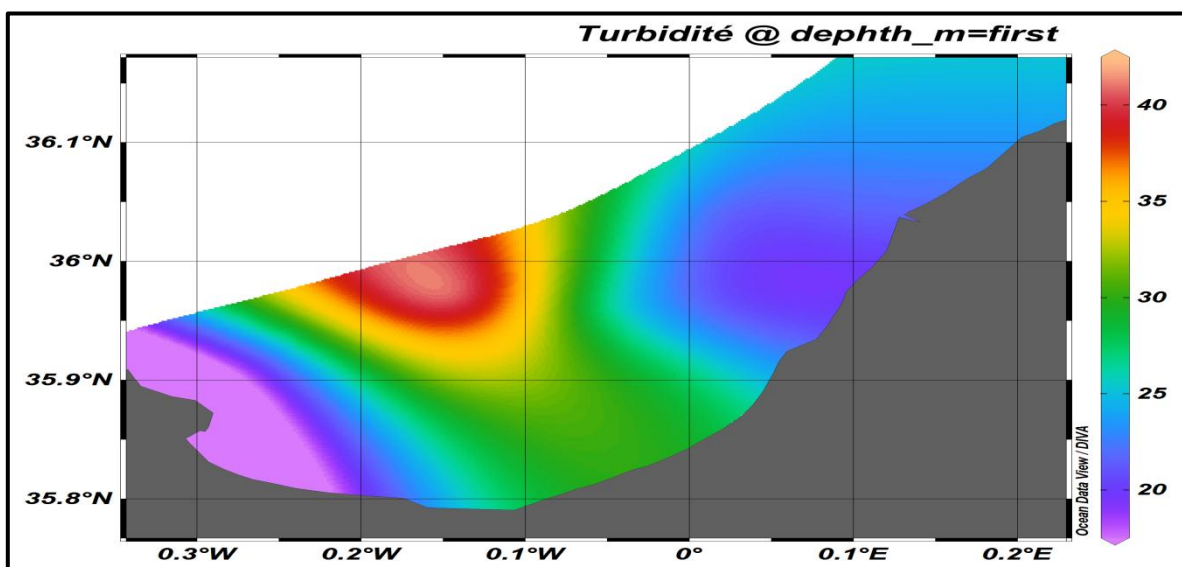


Figure 4-10 : Carte de distribution spatiale de la turbidité en surface dans le golfe d’Arzew.

4.1.6. Matières en suspension (mg/l)

Les valeurs de MES au niveau du golfe d'Arzew varient en général dans l'intervalle [1,76 et 6,36 (mg/l)] avec une moyenne de 3,42 mg/l et une variance de 1,57. (Figure 4-11)

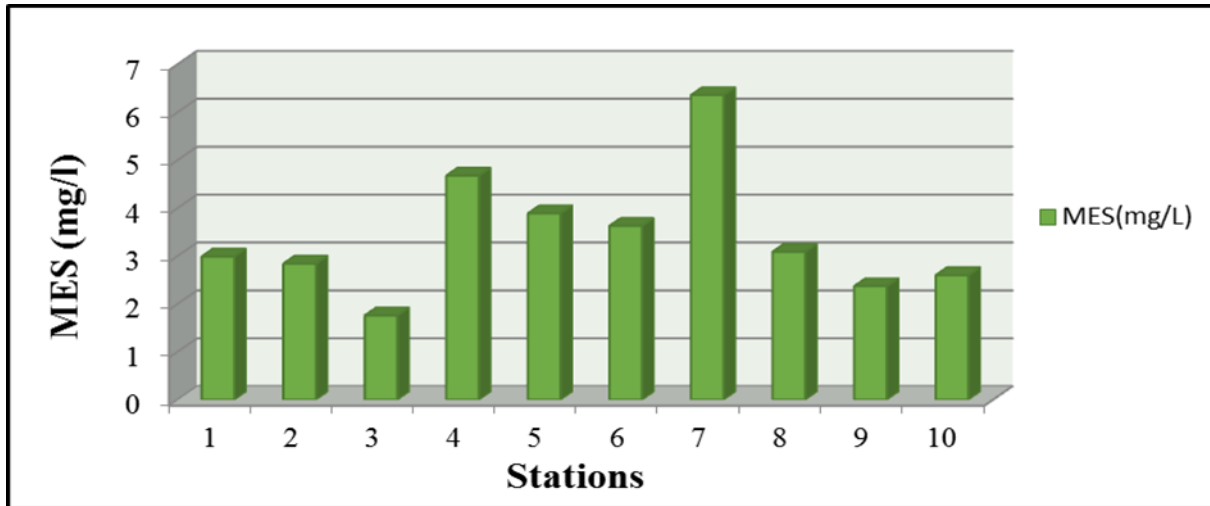


Figure 4-11 : Variation de la Matière en suspension de surface dans le golfe d'Arzew.

La figure (4-12) montre la distribution spatiale de ce paramètre, les teneurs en MES dans le golfe d'Arzew sont un peu importantes auprès des côtes.

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement, il s'agit essentiellement d'effluents urbains ainsi l'érosion côtière.

Les variations de la concentration en matières en suspension dépendent des propriétés physico-chimiques, des conditions climatiques, de l'intensité de l'hydrodynamisme, du diamètre des particules, de l'influence des apports marins et continentaux, et du cycle de développement du plancton.

Note : Nous supposons que les valeurs de la MES vont être très importantes à proximité des deux ports, vu que cette zone connaît une très forte activité industrielle ainsi un trafic maritime intense.

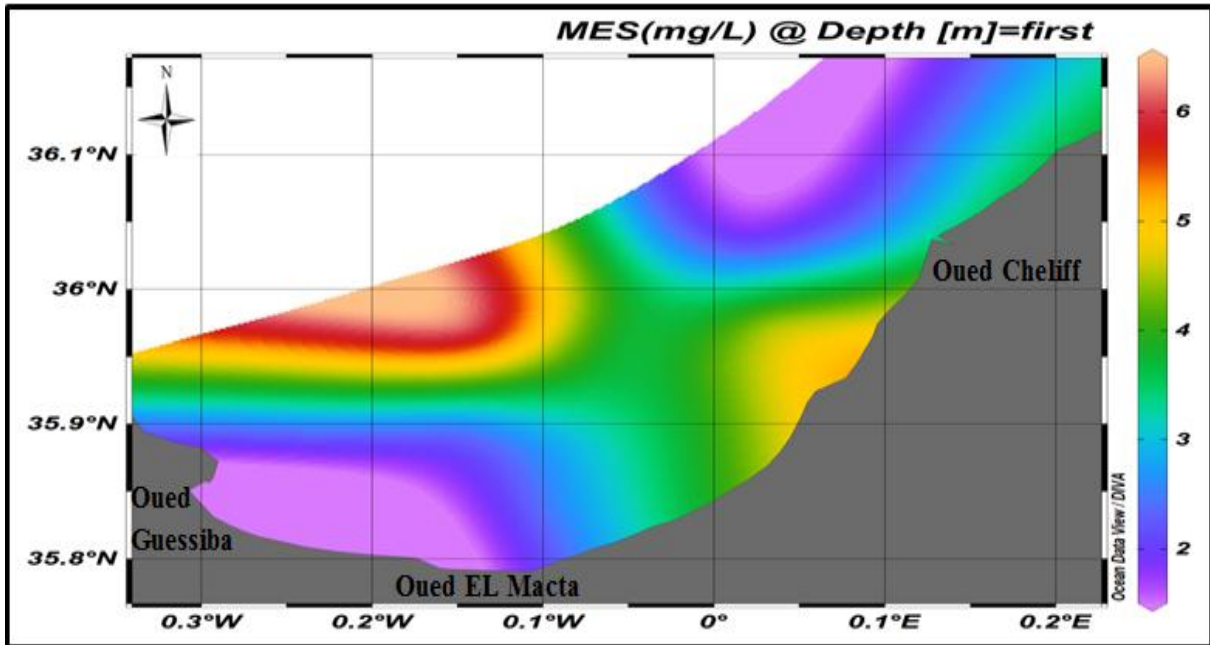


Figure 4-12: Carte de distribution spatiale des matières en suspension en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.7. Chlorophylle_a ($\mu\text{g/l}$)

Les concentrations de la chlorophylle trouvées au niveau de toutes les stations du golfe d'Arzew sont faibles, allant d'une valeur minimale de $0,06 \mu\text{g/l}$ à une valeur maximale de $0,24 \mu\text{g/l}$, avec une moyenne de $0,16 \mu\text{g/l}$ et une variance de $0,003 \mu\text{g/l}$ (figure 4-13).

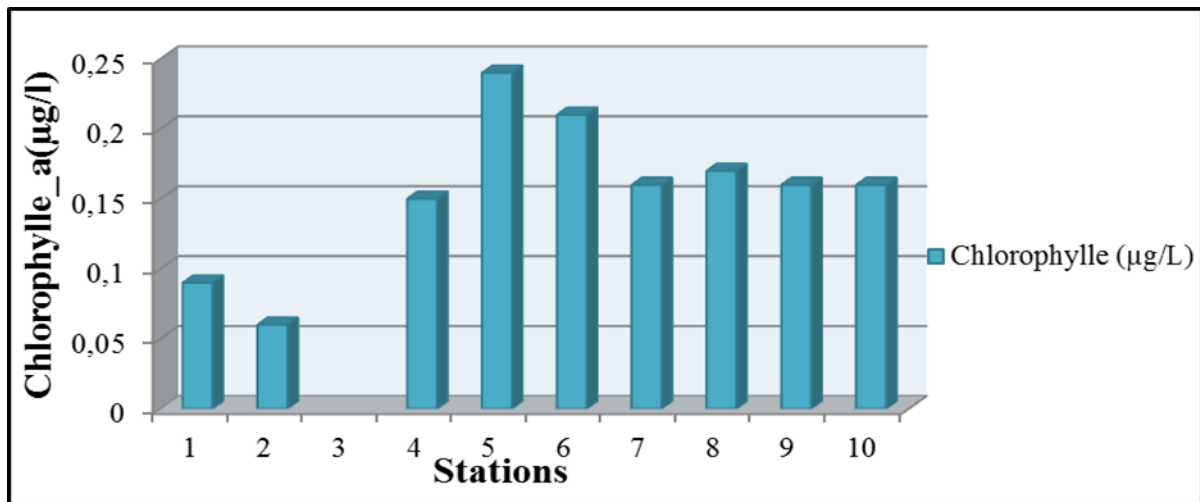


Figure 4-13 : Variation de la concentration de la chlorophylle-a dans la surface du golfe d'Arzew.

Note : le tube 3 de la chlorophylle s'est cassé au moment de la centrifugation.

La distribution spatiale de la chlorophylle-a en surface (Figure 4-14), montre qu'au niveau des stations qui se trouvent entre les deux Oueds (EL Macta et Cheliff), la concentration de la

chlorophylle est un peu élevée par rapport aux autres stations, elle est due à l'enrichissement en sels nutritifs et à une forte activité photosynthétique.

Contrairement aux autres stations spécifiquement ceux qui sont proches des ports, où la concentration de la chlorophylle-a est faible. Cela est peut être dû à la forte turbidité des eaux de surface.

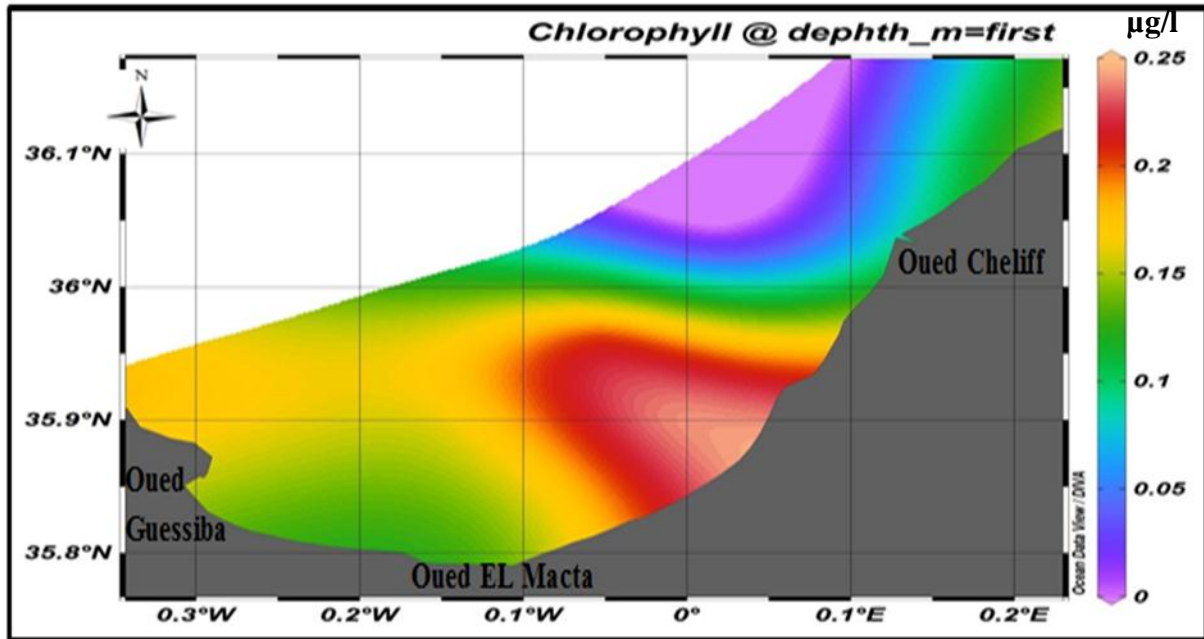


Figure 4-14 : Carte de distribution spatiale de la chlorophylle_a en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.8. Analyse des sels nutritifs

Les résultats de cette étude sont exposés en discutant les paramètres mesurés au laboratoire par l'auto analyseur (SKALAR®,1998):

Tableau 4-2 : Intervalle des résultats obtenus des sels nutritifs.

Paramètres	NO ₃ ⁻ (µmol/l)	NO ₂ ⁻ (µmol/l)	PO ₄ ³⁻ (µmol/l)	Si(OH) ₄ ⁻ (µmol/l)
Minimum	0,02	0,01	0,01	0,25
Maximum	0,06	0,02	0,05	0,53
Moyenne	0,04	0,01	0,02	0,39
Écart-type	0,01	0,00	0,01	0,10

4.1.8.1. Nitrates (NO₃⁻)

En ce qui concerne les ions nitrates, la valeur moyenne est de 0,04 µmol/l avec une variance de 0,0002. La valeur la plus faible est observée au niveau de la station 04 (0,02µmol/l); la station 06 marque la valeur la plus élevée (0,06 µmol/l). (Figure 4-13)

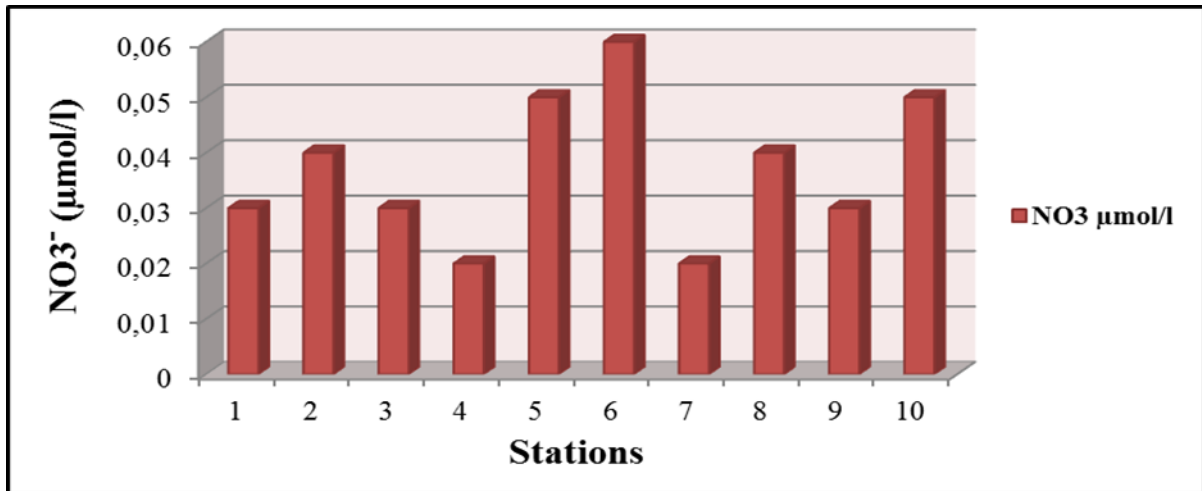


Figure 4-15 : Variation des nitrates de surface dans le golfe d’Arzew.

La (figure 4-16) montre la distribution horizontale spatiale des nitrates en surface, on constate que la partie Ouest du golfe est caractérisée par des teneurs très élevées en comparaison avec la partie Est. Ceci peut être expliqué par la présence des terres agricoles et leur lessivage dans cette région qui polluent le milieu en ces éléments nutritifs, comme elle peut aussi être liée à une oxydation des nitrites en nitrates par les bactéries et les rejets urbains aussi.

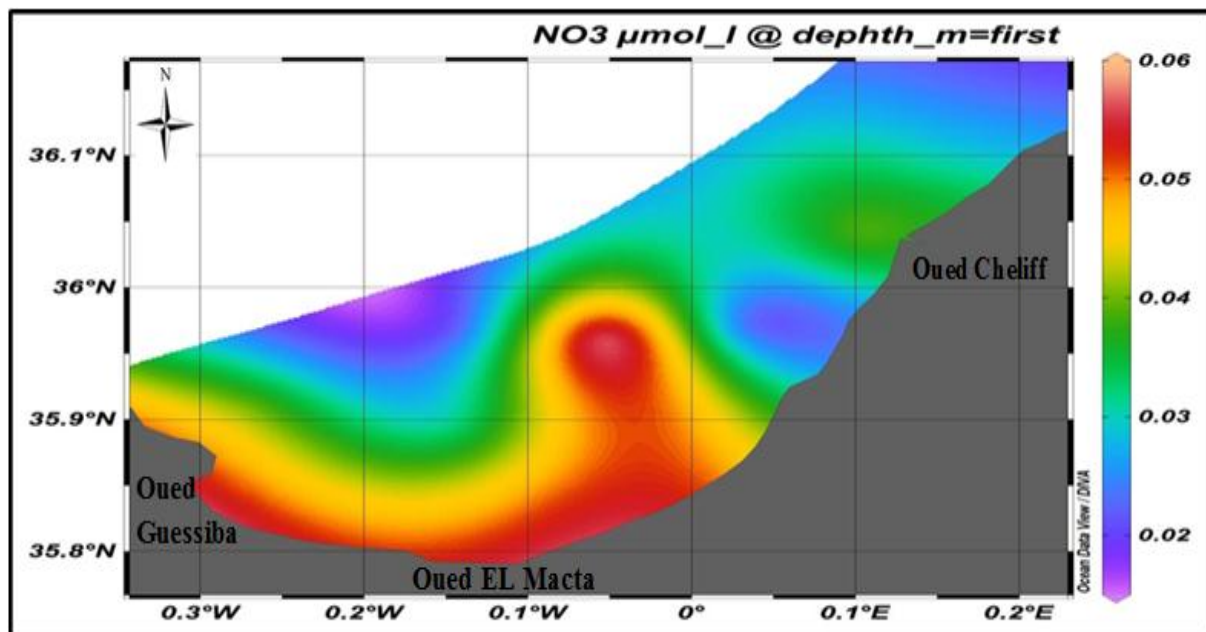


Figure 4-16 : Carte de distribution spatiale des nitrates en surface dans le golfe d’Arzew.

4.1.8.2. Nitrites (NO₂⁻)

Concernant les concentrations des ions nitrites, la valeur moyenne mesurée en surface est de l’ordre de 0,01μmol/l avec une variance de 0,0002. La valeur la plus faible est observée au niveau de la station 03 (0,01μmol/l) ; La station 05 marque la valeur la plus élevée en surface (0,02 mol/l). (Figure 4-17)

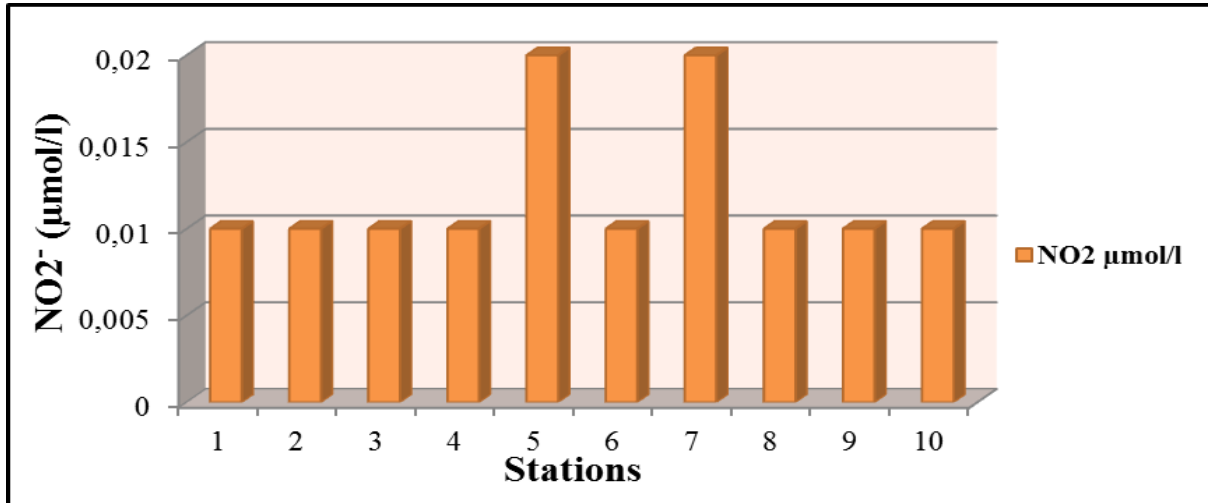


Figure 4-17 : Variation des nitrites de surface dans le golfe d'Arzew.

Concernant les concentrations des ions nitrites dans les différentes stations du Golfe d'Arzew, elles sont indétectables, à l'exception de la station 5 qui marque une valeur de 0,02 µmol/l. Ces valeurs sont logiques, car les ions nitrites sont des formes intermédiaires, et leur présence dans le milieu marin en quantité importante est due généralement à la présence d'une source polluante de nitrite. (Figure 4-18)

Les Nitrites et les Nitrates peuvent avoir comme origine le lessivage des terres agricoles chargées d'engrais vue l'activité agricole répandue dans la zone d'Arzew.

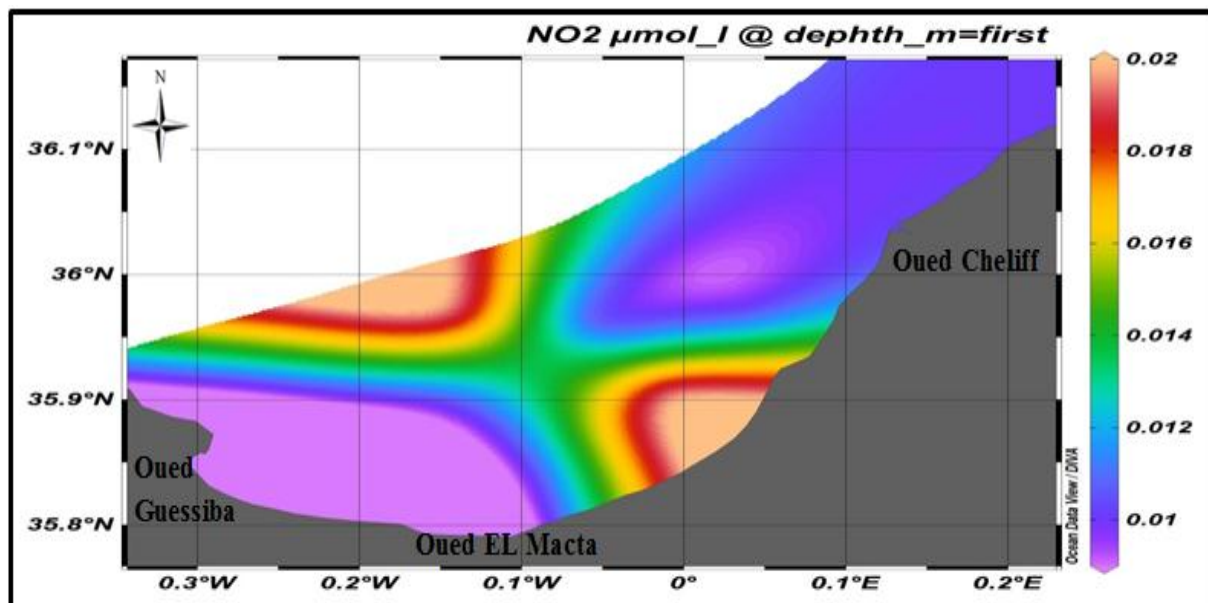


Figure 4-18 : Carte de distribution spatiale des nitrates en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.8.3. Ortho-phosphate (PO_4^{3-})

Les phosphates dans le golfe d'Arzew varient entre 0,01 et 0,05 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $0,02 \pm 0,01 \mu\text{mol/l}$ et une variance de 0,00015. La station 05 marque la concentration la plus élevée en phosphate (figure 4-19).

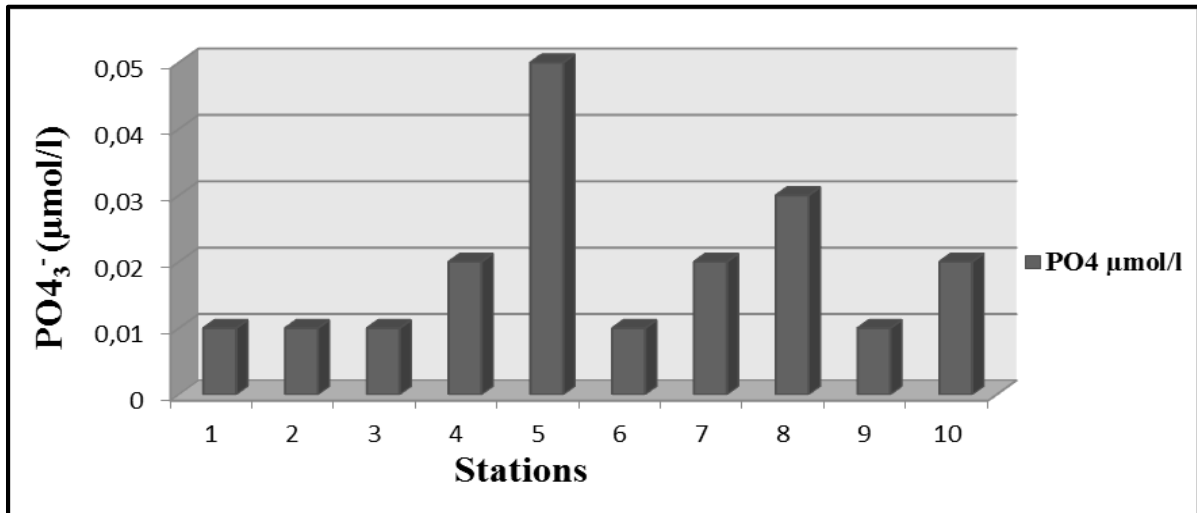


Figure 4-19 : Variations des phosphates de surface dans le golf d'Arzew.

La distribution en surface du phosphate (Figure 4-20), montre de faibles concentrations, à l'exception de la station 05 qui présente une concentration de 0,04 $\mu\text{mol/l}$. Nous supposons que les phosphates présents dans l'eau de mer viennent des eaux de ruissellement de l'Oued pollué par les détergents des eaux usées et qui se déversent vers le côté Est à l'aide des courants.

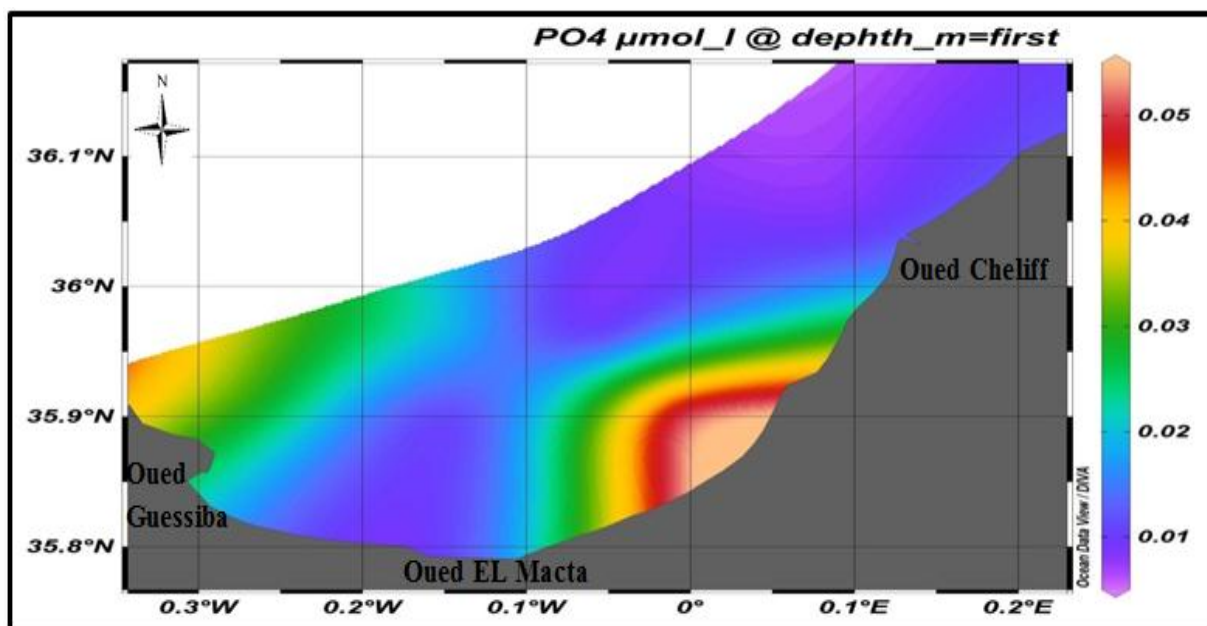


Figure 4-20 : Carte de distribution spatiale des phosphates en surface dans le golfe d'Arzew.

4.1.8.4. Silicium (SiO₂)

Les silicates dans le golfe d'Arzew varient entre 0,25 et 0.53 μmol/l avec une moyenne de 0.39 ± 0.10 μmol/l et une variance de 0,01 (figure 4-21).

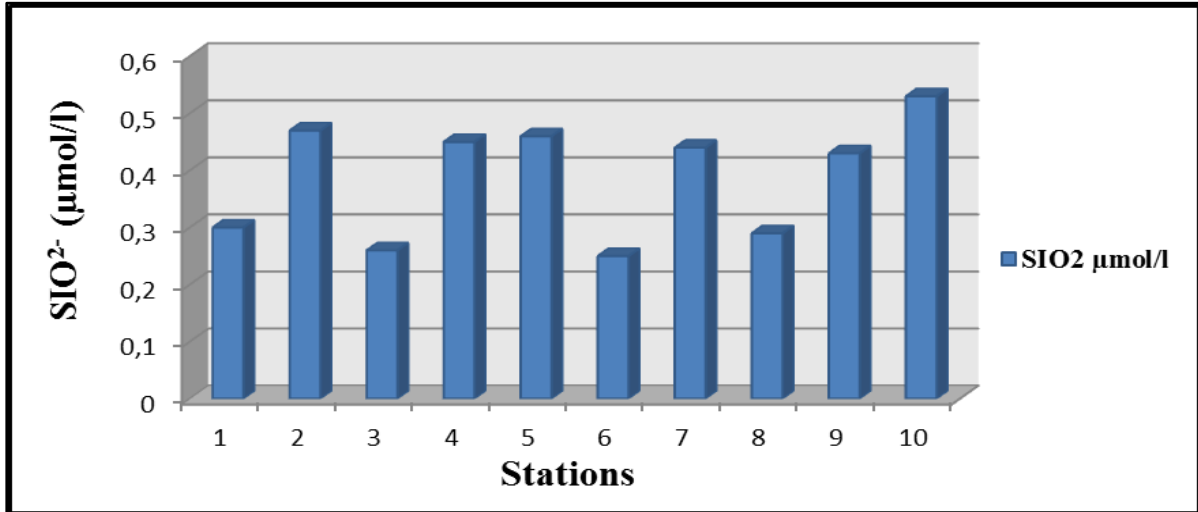


Figure 4-21 : Variation des silicates de surface dans le golfe d'Arzew.

D'après la carte de distribution spatiale horizontale des silicates en surface dans le golfe d'Arzew (figure 4.22), le maximum de silice s'étend de l'embouchure de l'Oued Chélif vers oued El Macta, et diminue progressivement en s'éloignant vers le large, ceci explique l'origine des silicates, par l'importance des rejets qui proviennent des deux Oueds et aussi du lessivage de la cote.

Si la concentration des silicates est importante là où il y a de la chlorophylle, ça pourrait être dû à la présence de phytoplancton à coquille siliceuse.

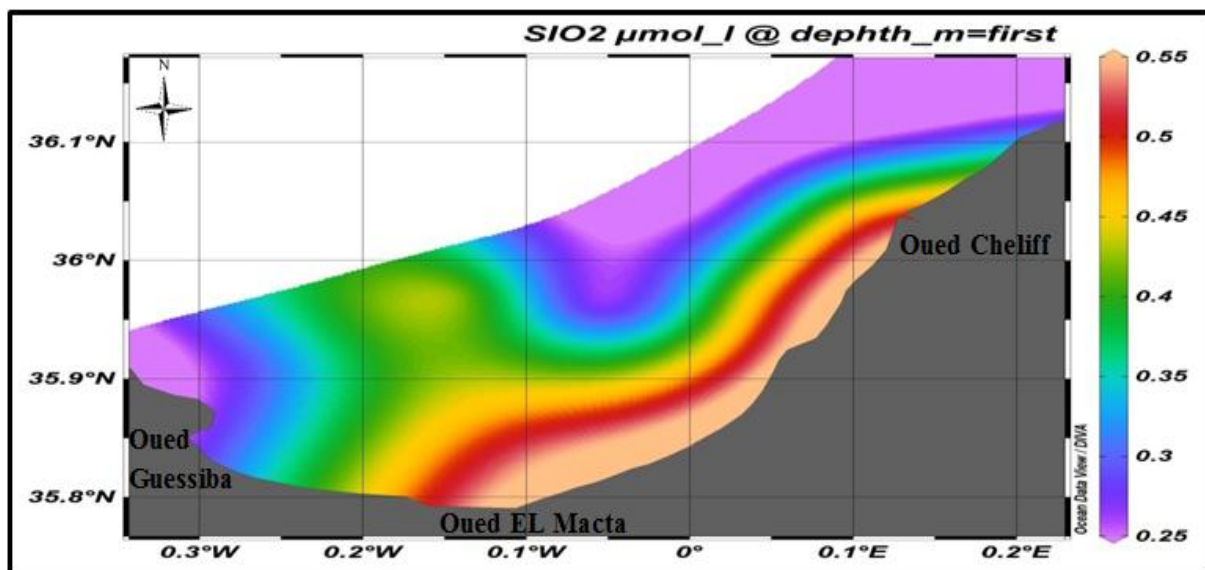


Figure 4-22 : Carte de distribution spatiale des silicates en surface dans le golfe d'Arzew

4.2. Analyse bi-variées

4.2.1. Diagramme température- salinité

Dans l'eau de mer, les eaux qui sont plus ou moins salées sont en même temps assez chaudes ; ce sont les eaux de surface.

Par ailleurs, la relation n'est pas vérifiée pour le golfe d'Arzew où nous sommes en présence d'une distribution assez dispersée et non significative entre ces deux paramètres.

Cette dispersion est peut être d'origine de la dérive des eaux atlantiques et dans une moindre mesure des eaux continentales.

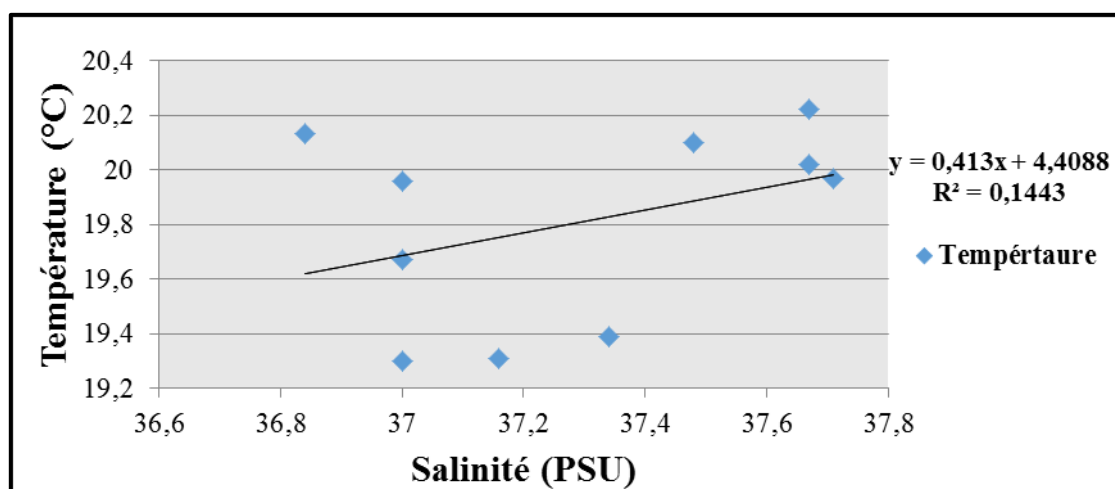


Figure 4-23: Diagramme température-salinité

4.2.2. Diagramme température-oxygène dissous

La stabilité de l'oxygène dissous est en fonction de plusieurs facteurs dont le plus important est la température.

Dans le golfe d'Arzew, l'oxygène dissous et la température in situ donne une corrélation linéaire avec une pente nulle ou très légèrement positive. Ceci peut être dû d'une part à la grande stabilité de la température (si nous ne tenons pas compte de la station située près de la cote) et à l'agitation des eaux qui facilite les échanges air_mer (figure 4-24).

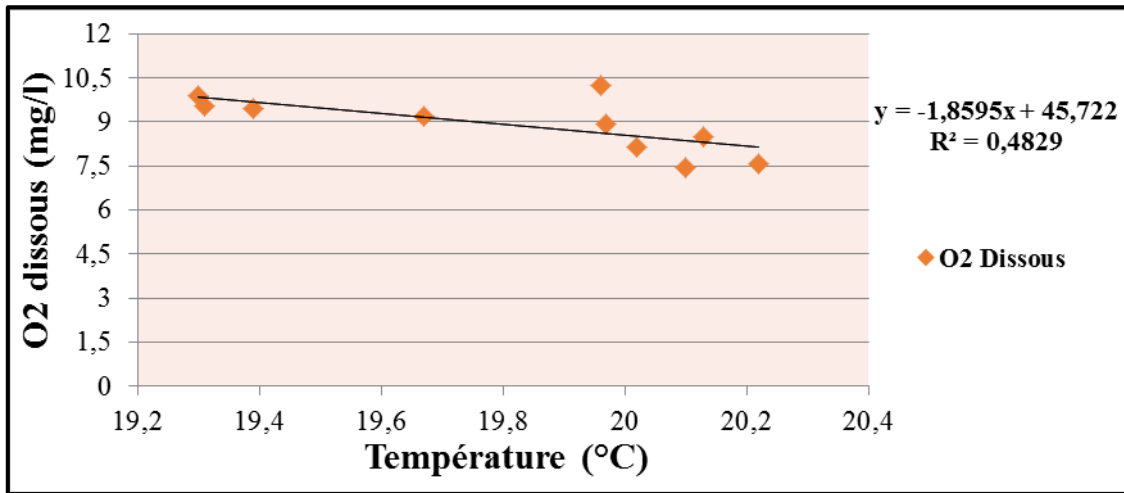


Figure 4-24: Diagramme température-O2 dissous

4.2.3. Diagramme MES-O₂ dissous

L'oxygène dissous varie en fonction de la concentration de la matière en suspension, ils sont donc inversement proportionnelles, c'est-à-dire, plus la concentration en matière en suspension augmente et plus la teneur en oxygène dissous diminue.

Dans le diagramme matière en suspension – oxygène dissous, nous remarquons que la corrélation trouvée n'est pas significative avec un écart-type important entre les valeurs.

Par ailleurs, la relation n'est pas vérifiée pour le golfe d'Arzew où nous sommes en présence d'une distribution assez dispersée et non significative entre ces deux paramètres (figure 4-25).

Ceci est peut-être dû que la valise multi-paramètres qui est mal calibrée lors du prélèvement.

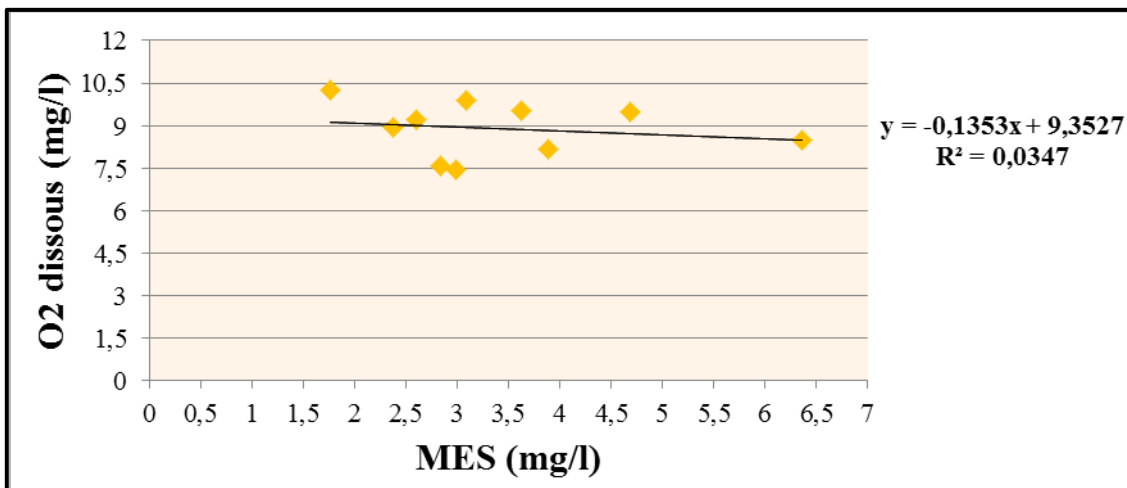


Figure 4-25: Diagramme MES-O₂ dissous

4.2.4. Diagramme MES – Chlorophylle-*a*

Les plus fortes teneurs en chlorophylle-*a* sont associées à la moindre turbidité ou transparence. Ceci montre le caractère limitatif de la pénétration de lumière par la turbidité (matière en suspension) pour le processus photosynthétique.

Dans ce cas, la relation n'est pas vérifiée où nous sommes en présence d'une distribution assez dispersée et non significative entre ces deux paramètres (figure 4-26).

Ceci est peut-être dû aux erreurs de l'appareillage (Spectrophotomètre à fluorescence).

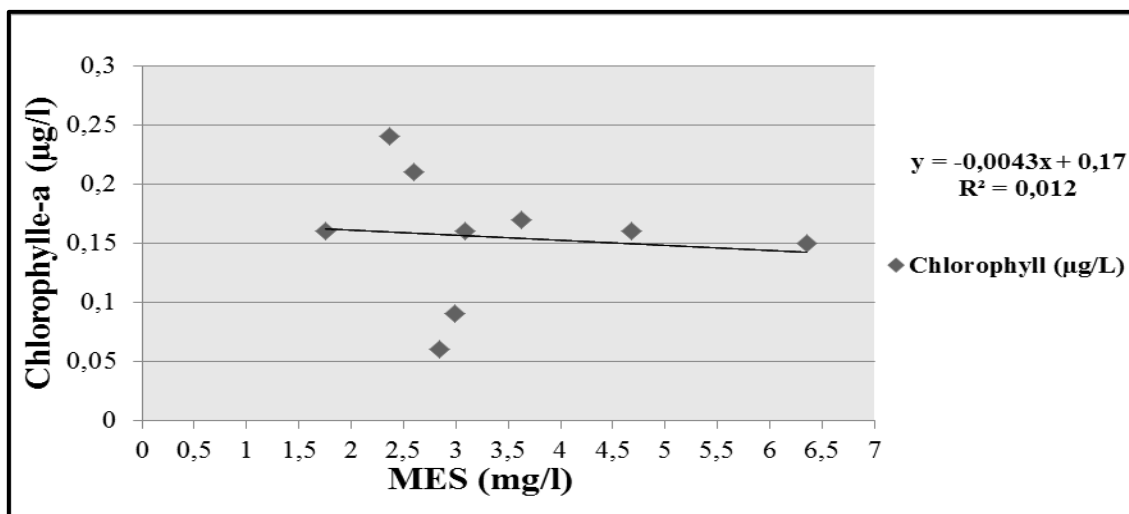


Figure 4-26: Diagramme chlorophylle – MES.

Conclusion Générale

L'étude menée à travers ce mémoire a utilisé une approche fondée conjointement sur la mesure des paramètres physiques et les dosages chimiques. Elle vise à vérifier l'état de pollution, et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier. Quelques mesures ont été effectuées immédiatement à bord, alors que d'autres nécessitant des équipements analytiques plus performants, sont réalisées au laboratoire. Cette expérience nous a permis d'effectuer un travail de terrain et d'équipe et de maîtriser quelques techniques de mesure.

- La qualité physico-chimique de l'eau dans les différentes stations de prélèvements a montré une variation plus au moins normal, sauf pour les stations qui se trouvent à proximité des embouchures des oueds et des rejets industriels et urbains déversés sans traitement préalable. Nous avons constaté que les différentes valeurs de température, pH, MES et chlorophylle décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du point de rejet. Cette décroissance est sans doute due à la combinaison de phénomènes physiques (Adsorption, dilution, dispersion et sédimentation)
- La prolifération des phytoplanctons dans ces milieux marins très pollués occasionne un excès d'oxygène dissous en surface, en effet la charge organique qui dépend étroitement de la composition chimique de l'eau de mer, des sédiments et des polluants présents est aussi directement proportionnelle à la couleur du milieu.
- Pour l'analyse des sels nutritifs, la fiabilité, la précision et surtout la rapidité qu'offre l'auto analyseur *Skalar® San Plus Analyser*, constitue un gain considérable qu'on ne pouvait acquérir par la méthode manuelle. Nous avons relevé des taux de certains sels nutritifs fertilisants d'origines anthropiques, domestiques ou agricoles surtout les silicates. Malgré cette richesse la silice ne peut pas être à l'origine d'une eutrophisation.

Les résultats obtenus ont montré que tout le golfe d'Arzew est exposé à des rejets d'eaux usées non traités, aux vidanges des bateaux et déballastages qui ont conduit à une pollution marine.

Notre travail avait pour but d'utiliser les mesures *in-situ* pour caractériser la pollution et les polluants des eaux de mer. Pour atteindre cet objectif nous avons développé la méthodologie suivante :

- L'évaluation de la pollution et les polluants *in situ*.
- Spatialisation et cartographie des paramètres.

À ce titre, quelques recommandations et perspectives s'imposent pour pouvoir étudier et protéger le golfe d'Arzew :

- L'emploi et le respect d'une réglementation rigoureuse et la sensibilisation de la population sur la qualité des eaux rejetées par les industries polluantes.
- L'implantation de stations d'épuration des eaux usées pour les différentes unités industrielles de la région.
- Assurer un suivi saisonnier et /ou mensuel des paramètres biochimiques et de pollution;
- Encourager l'installation des capteurs de mesure des paramètres physiques de l'eau de mer, afin de mieux comprendre le fonctionnement environnemental du golfe d'Arzew sous la pression anthropique, afin de prendre des mesures préventives ou bien draconiennes.
- La télédétection est une technique efficace pour le suivi spatio-temporel du milieu naturel. Son utilisation est très prometteuse, elle permet de couvrir une superficie importante rapidement et à peu de frais, par comparaison aux méthodes traditionnelles.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

ABDELAZIZ. T., (2016). Audit environnemental de la région d'Arzew. (Thèse doctorat) Environnement. Oran: Université d'Oran, 116 p.

AMINOT et CHAUSSEPIED, (1983). Manuel d'analyses chimiques dans l'eau de mer. Edition : CNEXO, Brest, France, 395 P.

AMINOT et KEROUEL, (2004). Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ed: Ifremer, France, 336 p.

AQUA PORTAIL, (2009). Matière organique particulaire : définition. Rapport d'activité. Document non publié. France: AQUA PORTAIL.

AZIZ. R., TOUBAL. T., (1996). Evaluation des taux de polluants inorganiques dans les sédiments superficiels des 3 milieux portuaires - Arzew, Bethioua, Oran. (Thèse doctorat). Environnement. Alger: ismal, 120 p.

BACHARI .F., (2009). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. (Thèse doctorat).Environnement. France: Paris XII, 274 p.

BENKADDOUR. B., (2018). Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie) (Thèse doctorat). Environnement. France: Perpignan, 118 p.

BETHOUX. P et al., (1998). Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analyses of concentrations with respect to environmental change. 155–169 pp.

BOUFENIZA. R et ZAROUALI. K., (2013). Conception d'un système d'information géographique (SIG) pour la spatialisation des paramètres de pollution dans la baie d'Alger. Mémoire de fin d'étude. (Mémoire d'ingénieur). Environnement. Alger: ENSSAMAL, 89 p.

BOULAHDID. M., (1987). Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer : étude du mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan (Thèse doctorat). Environnement. France: Paris 7, 290 p.

BRADAI. M.-N., (1994). Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de mer. Paris. Vol: 11, 128 p.

CAPONE. D-G et al., (2008). The marine nitrogen cycle. USA (Washington, D.C.). Vol: 3(4):186-192 pp.

CLAUDE. F et al., (2007). New processes and players in the nitrogen cycle: The microbial ecology of anaerobic and archaeal ammonia oxidation. Vol (11). ISME J, 19–27 pp.

COPIN-MONTEGUT .G., (1996). Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Institut Océanographique paris: 2eme édition, 319 p.

DIRECTION DES PORTS, (1996). Annuaire statistiques des ports de commerce (Ministère des transports), Rapport D'activité. Document non publié. Oran: DIRECTION DES PORTS.

Références bibliographiques

DIRECTION DES PORTS, (1994). Annuaire statistiques des ports de commerce (Ministère des transports). Rapport D'activité. Document non publié. Oran: DIRECTION DES PORTS.

DOUALI. I., (2012). Pourquoi Oran? Institut Océanographique-Oran. Rapport D'activité. Document non publié. Oran: DOUALI.

EZZAT. L., (2016). Effets de la disponibilité en sels nutritifs sur la réponse physiologique des coraux tropicaux dans le contexte du changement climatique. Vol: 14, Issue: 3, May-June 1 2016.

FLOAT, E. adopt a, (2015). Chlorophylle a. Mon Océan Moi. Rapport D'activité. Document non publié. France: FLOAT, E. adopt a.

GERARD. P et al., (2004). Manuel d'analyse chimique dans l'eau de mer. Rapport D'activité. Document non publié. France: GERARD.

GOEURY. D, (2014). "La pollution marine", in Woessner Raymond, Mers et océans. Rapport D'activité. Document non publié. Paris : **GOEURY** (Atlande).

IBGE, (2005). "L'eau à Bruxelles" Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement. Rapport D'activité. Document non publié. Bruxelles: IBGE.

IFREMER, (2008). Protocole d'échantillonnage et analyse de la chlorophylle en laboratoire. Rapport D'activité. Document non publié. France: IFREMER.

JACQUES. G., TREGUER. P, (1968). Ecosystème pélagique marin. France. Ed: Masson, 243 p.

KANKOU .M., (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. (Thèse doctorat). Environnement. France: Université de Limoges, 159 p.

KIES. F., KERFOUF. A., (2014). Impact of the climate change on the West coast of Algeria: Gulf of Oran, Arzew and Mostaganem. University of Milano Bicocca, Italy. Vol: 14, 4 p.

KRACHAI. N., (2006). Impacts des rejets urbains et industriels de la côte ouest de l'Algérie (Cas de la Baie d' Arzew). Environnement (Thèse doctorat). Oran: université d'Oran , 189 p.

LACAZE. J-C, (1996). L'eutrophisation des eaux marines et continentales. France. Ed: Ellipses ISBN13: 978-2-7298-4670-1192 pp.

GAL Y.et al., 1988. Biochimie marine, France: Dunod, ISBN-13 : 978-2225812774, 288 p.

LEDIRACH. L, (2013). Pollutions marines : les définitions – GIS Posidonie. Rapport D'activité. Document non publié. France: LEDIRACH.

LEMAIRE, E, (2002). Bio-marqueurs pigmentaires dans les estuaires macro-tidaux européens (Thèse doctorat) Environnement. France: Université Bordeaux, 236 p.

Références bibliographiques

LEROY J-B., (1999). La pollution des eaux. France : le point des connaissances actuelles. France: PUF 3e édition, 128 p.

LESCA. A.-M., 2013. Ressources Éducatives Libres - data.abuledu.org | Les ressources libres du projet Abuledu. Rapport d'activité. Document non publié. France: **LESCA**.

LEVITUS. S et al., 1993. Programme océanographique. Paris: 1er édition. Dunod, 245-273 pp.

Mennad. B., (2008). La bioaccumulation des métaux traces par le pageot commun (*pagellus erythrinus*) dans la côte algérienne : influence de la composition biochimique. Vol 11, 12 p.

MERABET.S., (2010). Évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Vol: 11 (3), 71-80 pp.

METAHRI. M-S., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou (Thèse doctorat). Environnement. Tizi-ouzou: Université Mouloud Mammeri, 196 p.

METAP, (1994). Etude de prospection contre la pollution des ports et du Littoral Algérien. Rapport d'activité. Document non publié. Algérie: **METAP**.

MILLERO. F.-J., (2013). Chemical Oceanography. USA : CRC Press, 290 p.

MILLOT. C., (1987). The circulation of the Levantine Intermediate Water in the Algerian Basin. J. Vol: 92, 8265–8276 pp.

MINSTER. J.-F., BOULAHIDID. M, (1987). Redfield ratios along isopycnal subsurface : a complementary study. Deep Sea Res. Vol.11. 11 p.

MURPHY. J., RILEY. J. P., (1962). A modified single method for determination of phosphates in natural waters. Vol: 27: 31-36 pp.

RAMAD. F., (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Rapport d'activité. Document non publié. France: RAMAD.

RéFEA, (2008). Analyse physico-chimique RéFEA. Rapport d'activité. Document non publié. France: RéFEA.

REJSEK. F., (2002). Analyse des eaux - Aspects réglementaires et techniques. Paris: 3eme édition, 360 p.

RODIER .J., (1997). L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer). Paris: 8Edition ed. Dunod, 1432 p.

RODIER. J et al., (2009). L'Analyse de l'eau. Paris: 9e édition, 1579 p.

RODIER. J et al., (2005). L'Analyse d'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Paris: 8e édition, 1384 p.

SAHNOUN .F et al., (2010). Contrôle de la pollution marine du littoral oranais (Thèse doctorat). Environnement. Oran: Université d'Oran, 86 p.

Références bibliographiques

SKALAR Analytical, (1998). User manual San Plus. SA1050 Random Access Auto Sampler, Numéro de la publication: 0101003 C, 23 P.

SORBONNE. UN, (2015). Chlorophylle-a; Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, Sorbonne Université. Rapport d'activité. Document non publié. France: SORBONNE.

TAGHZOUT. F., (2015). Impact Environnemental des rejets d'eau le long du littoral occidental Algérien (Thèse doctorat). Environnement. Oran: Université d'Oran, 139 p.

TANDIA. C-T., (2009). Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées, protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Rapport d'activité. Document non publié. France: TANDIA.

TREGUER. P et al., in M., 1995. The silica balance in the world ocean, Vol 268, Issue 5209, 375-379 pp.

ANNEXES

Annexe 1: Appareillages



Figure 1: Valise multi-paramètre de type HANNA



Figure 2: Bouteille de prélèvement NISKIN



Figure 3 : Dessiccateur



Figure 4: Pompe de filtration



Figure 5: Balance électrique



Figure 6: Four à moufle CARBOLITE OWF .1200



Figure 7: Étuve de marque « WTC binder »

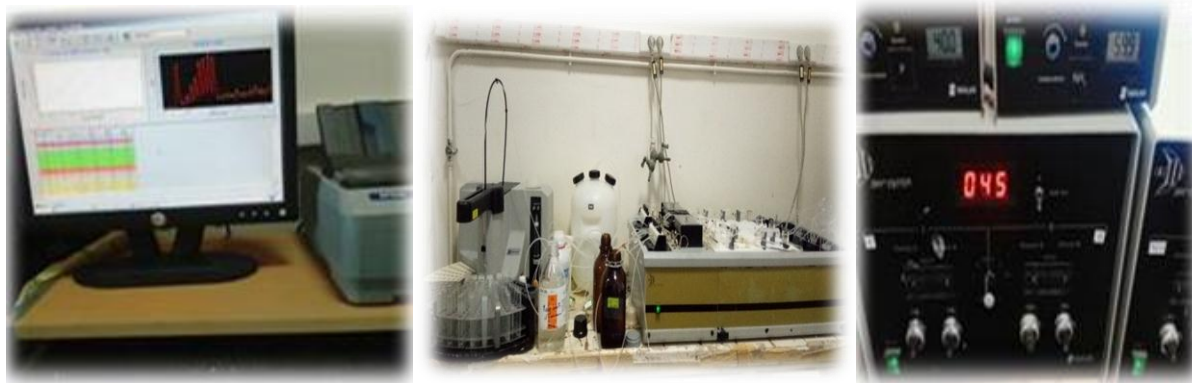


Figure 8-9-10: *Auto Analyser San Plus (SKALAR®,1998)*



Figure 11: Spectrophotomètre à fluorescence de type Hitachi



Figure 12: Centrifugeuse de marque *Hettich ZENTRIFUGEN*



Figure 13: Agitateur de marque «*Heidolph*»

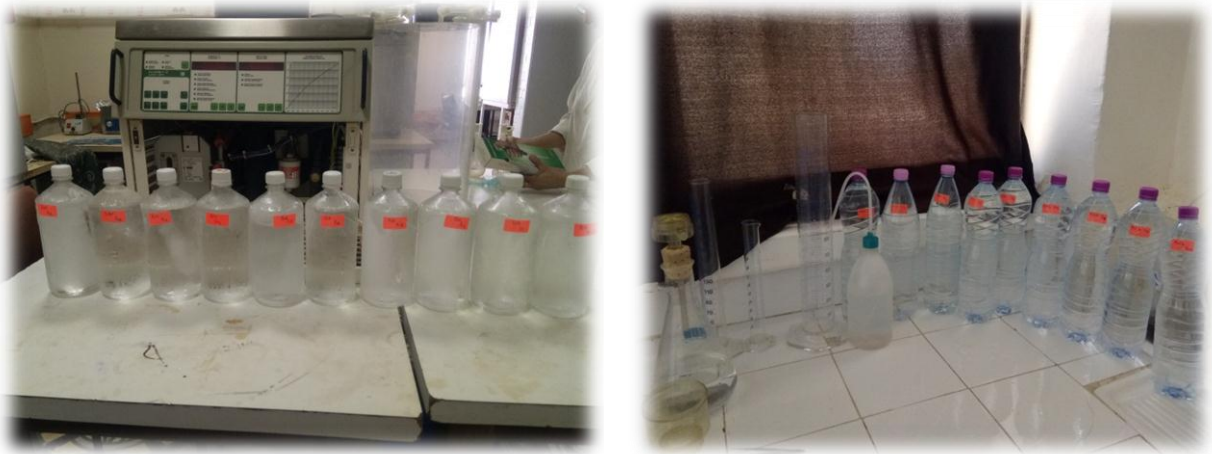


Figure 14-15 : Le tri des échantillons à analyser.

Annexe 2 : Résultats

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvement d'eau de mer.

Station	Altitude	Longitude
01	0,15172246	36,09697
02	0,10202202	36,039455
03	0,017756354	36,041996
04	0,035933662	35,972824
05	-0,009534353	35,904392
06	-0,052609466	35,9623
07	-0,1438958	35,97077
08	-0,26587525	35,911854
09	-0,14913996	35,8972
10	-0,09487612	35,841976

Tableau 2-3 : Résultats des paramètres physico-chimiques.

Station	Température	Salinité	Conductivité	PH	O2 Dissous
01	19,39	37,48	50,26	8,22	7,43
02	19,31	37,67	50,39	8,25	7,56
03	19,3	37,67	50,4	8,23	10,25
04	20,1	36,84	50,27	8,16	9,47
05	19,96	37,71	50,71	8,18	8,15
06	20,02	36,99	50,36	8,21	9,53
07	19,67	37,34	50,31	8,32	8,50
08	19,97	37,16	50,51	8,28	9,87
09	20,13	36,99	50,48	8,27	8,94
10	20,22	36,98	50,5	8,28	9,20

Station	O2 (%)	Turbidité	MES (mg/L)	Chl_a (µg/L)
01	75,60	23,37	2,99	0,09
02	73,10	21,68	2,84	0,06
03	103	21,81	1,76	/
04	78,30	20,08	4,68	0,15
05	92,60	27,92	3,89	0,24
06	93,50	26,58	3,63	0,21
07	91,10	41,73	6,36	0,16
08	95,20	19,10	3,09	0,17
09	84,60	31,56	2,37	0,16
10	91,40	29,80	2,60	0,16

Tableau 4 : La concentration des sels nutritifs.

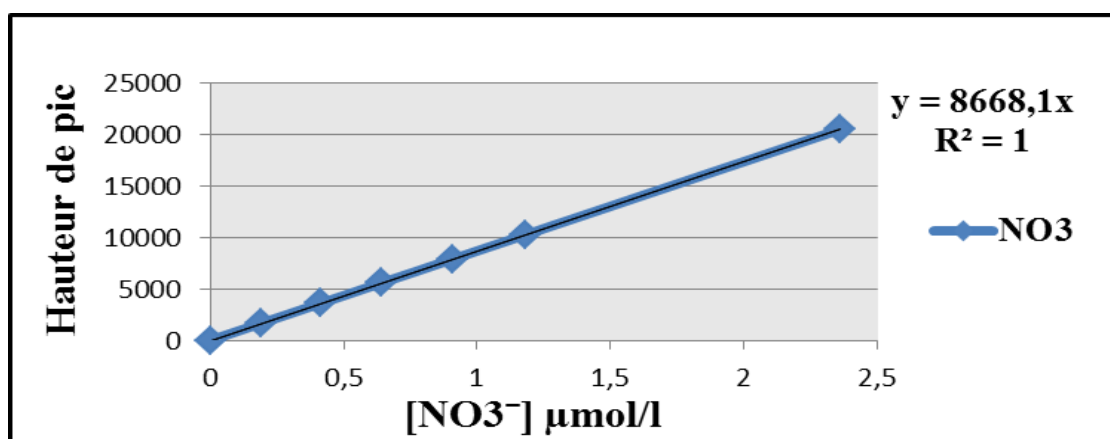
Identity1	NO2 $\mu\text{mol/l}$	NO3 $\mu\text{mol/l}$	PO4 $\mu\text{mol/l}$	SIO2 $\mu\text{mol/l}$
01	0,01	0,03	0,01	0,30
02	0,01	0,04	0,01	0,47
03	0,01	0,03	0,01	0,26
04	0,01	0,02	0,02	0,45
05	0,02	0,05	0,05	0,46
06	0,01	0,06	0,01	0,25
07	0,02	0,02	0,02	0,44
08	0,01	0,04	0,03	0,29
09	0,01	0,03	0,01	0,43
10	0,01	0,05	0,02	0,53

Tableau 5: Gamme d'étalonnage et hauteurs de pic correspondantes pour l'Ammonium, Nitrates, Nitrites, Phosphates et Silicate.

Identity1	NO2 $\mu\text{mol/l}$	NO2	NO3 $\mu\text{mol/l}$	NO3	PO4 $\mu\text{mol/l}$	PO4	SIO2 $\mu\text{mol/l}$	SIO2
Wash	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	0,20	1982	0,19	1654	0,19	777	0,51	891
S2	0,40	3922	0,42	3603	0,39	1578	1,01	1764
S3	0,61	6049	0,64	5544	0,62	2480	1,34	2324
S4	0,80	7934	0,91	7888	0,82	3275	1,84	3198
S5	1,21	12075	1,18	10218	0,98	3931	2,52	4384
S6	2,17	21615	2,36	20476	1,20	4788	4,98	8660

➤ Droites d'étalonnage

Les droites d'étalonnage sont établies manuellement après la mesure de l'absorbance des solutions filles préparées à des concentrations connues.

**Figure 16 :** Courbe d'étalonnage des nitrites.

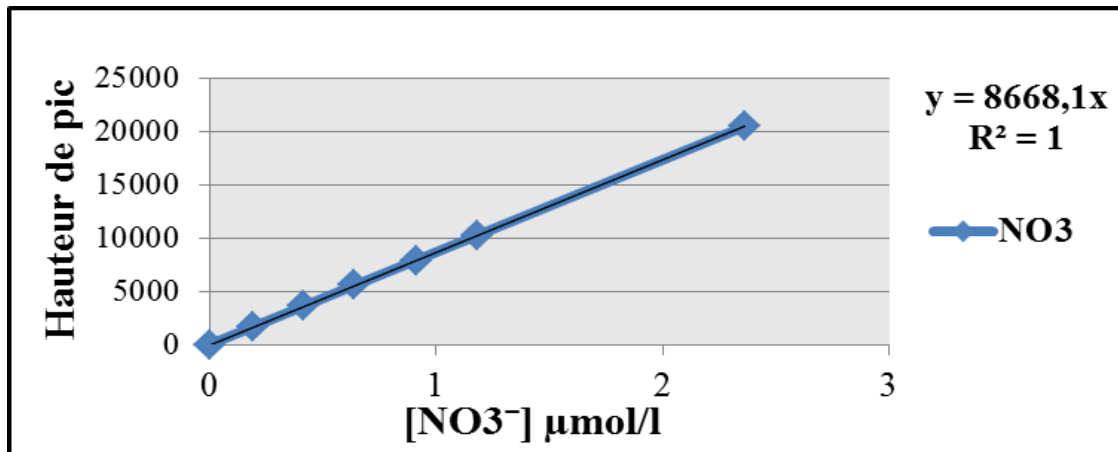


Figure 17: Courbe d'étalonnage des nitrates.

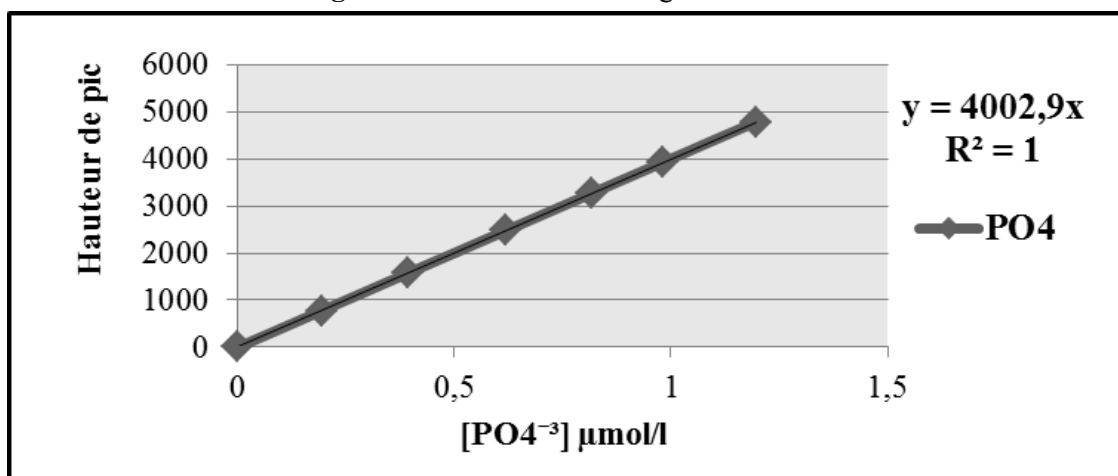


Figure 18 : Courbe d'étalonnage des phosphates.

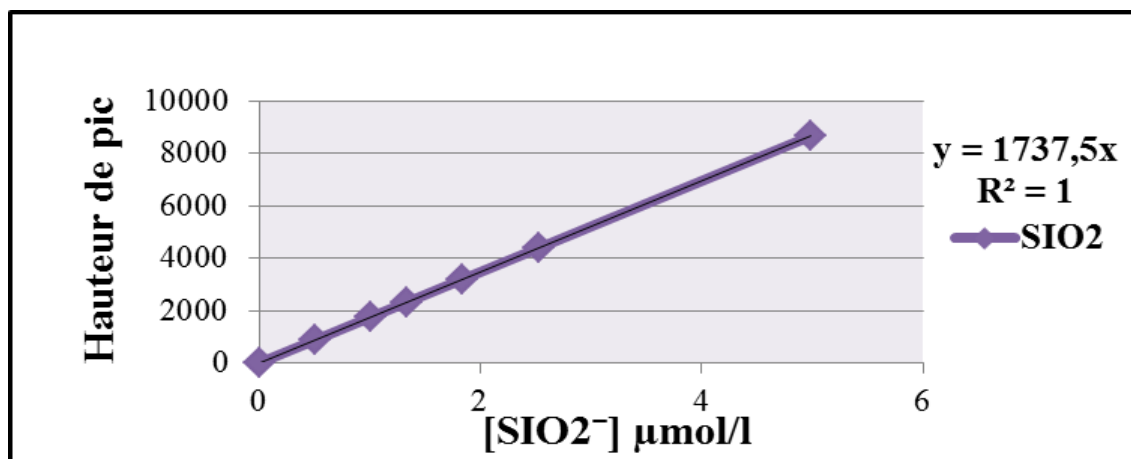


Figure 19 : Courbe d'étalonnage des silicates.

Annexe 3 : Dosage des sels nutritifs

I. Dosage des nitrites+ nitrates

1. Réactifs

1.1. Solution tampon

Produits chimiques exigés

- Chlorure d'ammonium NH_4Cl50g
- Solution d'ammonium NH_4OH (25%).....±1 ml
- Hydroxyde de sodium NaOH5g
- Eau distillée H_2O 1000 ml
- Bridj35 (35%).....3ml

Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8.2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note : la solution est stable pendant une semaine. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Réactif colorant :

Produits chimiques exigés

- Acide o-phosphorique H_3PO_4 (85%)..... 50 ml
- Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$10g
- α -Naphthyléthylène diamine di-hydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$ 0.5 g
- Eau distillée H_2O 850ml

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ±750 ml d'eau distillée. Ajouter le Sulfanilamide et l' α -Naphthyléthylène diamine di-hydrochloride et dissoudre. Ajouter à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : la solution est stable pendant 2 semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

1.3. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

2. Préparation des solutions étalons :

2.1. Solution mère de 100 ppm N(*) :

- Nitrate de sodium NaNO_3 0.6068 g
- Eau distillée H_2O1000ml

Préparation

Dissoudre le Nitrate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : la solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

2.2.Solution fille de 10 ppm N :

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm n dans 100 ml d'eau distillée.

Note : préparer la solution fille à 100 ppm chaque semaine et les standards chaque jours.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{mol/l}$ de N- NO_3 ou de N- NO_2 puis en $\mu\text{mol/l}$ de NO_3^- ou NO_2^- .

II. Dosage des orthophosphates

1. Réactifs

1.1.Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

- Tartrate de potassium et d'antimoine $\text{K}(\text{SbO}) \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$230 mg.
- Acide sulfurique H_2SO_4 (97%)69.4 ml.
- Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$6g.
- Eau distillée H_2O 1000 ml.
- FFD6.....2 ml.

Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter saignement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre.

Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : ne pas employer de cuillère en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50% en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69.4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est de 10% pour 300 ppb Si et 10% pour 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Solution d'acide ascorbique produit chimiques exigés :

- Acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 6g
- Acétone $\text{C}_3 \text{H}_8\text{O}_6$ 60g
- Eau distillée H_2O 1000 ml
- FFD6.....2 ml

Préparation :

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.3. Liquide et rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O régénérée chaque semaine.

2. Préparation des solutions étalons :**2.1. Solution mère de 100 ppm P (*)**

Produits chimique exigés :

- Dihydrogène o-phosphate de potassium KH₂PO₄.....0.4394 g
- Eau distillée H₂O.....1000 ml

Préparation :

Dissoudre le Dihydrogène o-phosphate de potassium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

2.2. Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

Note : préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jours.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{mol/l}$ de PO₄⁻.

III. Dosage des silicates**1. Réactifs****1.1. Solutions d'acide sulfurique**

Produits chimiques exigés :

- Acide sulfurique H₂SO₄ (97%).....10ml.
- Eau distillée H₂O1000 ml.
- FFD6.....2ml.

Préparation

Diluer l'Acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2.Solution de molybdate d'ammonium**Produits chimiques exigés :**

- Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$20g.
- Eau distillée H_2O 1000 ml.
- FFD6.....2 ml.

Préparation

Dissoudre le Molybdate d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

1.3.Solution d'acide oxalique :**Produits chimiques exigés :**

- Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$44g.
- Eau distillée H_2O 1000 ml.

Préparation

Dissoudre l'Acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois .Conservée à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.4.Acide d'ascorbique :**Produits chimiques exigés :**

- Acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$40g
- Eau distillée H_2O1000ml

1.5.Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O

Note : Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille de polyéthylène.

2. Préparation des solutions étalons :**2.1.Solution mère de 100 ppm Si (*)****Produits chimique exigés :**

- Métasilicate de sodium $\text{Na}_2\text{SiO}_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$1,0119g
- Eau distillée H_2O1000ml

Préparation

Dissoudre le métasilicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille de polyéthylène.

2.2.Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jours. Conserver dans une bouteille de polyéthylène.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{mol/l}$ de SiO_4 .

Résumé

Notre recherche concerne les eaux de la côte Oranaise (golfe d'Arzew) sujette au diversement des oueds, ou elle s'intéresse à l'étude des paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, O₂ dissous, turbidité, MES et chlorophylle) et les sels nutritifs (nitrites, nitrates, ortho phosphates et silicates) en surface. Le travail a pour but de faire une étude sur l'état de pollution et ses sources anthropiques ainsi leurs impacts directs ou indirects sur l'environnement marin. Ces sources sont principalement liés à l'industrie, l'agriculture et les eaux usées rejetées directement dans le golfe d'Arzew ou véhiculés par les oueds (Guessiba, El Macta et Cheliff) sont les plus concernés dans ce cas d'étude.

Ce travail contribue aussi à l'appréciation de la qualité des eaux du milieu marin côtier et le degré de la pollution.

Mot clés : pollution, sels nutritifs, chlorophylle, golfe d'Arzew, paramètres physico-chimiques.

Abstract

Our research concerns the waters of the Oran coast (Gulf of Arzew) subject to various wadis, where it is interested in the study of physicochemical parameters (temperature, salinity, pH, dissolved O₂, turbidity, MES and chlorophyll) and nutrient salts (nitrites, nitrates, ortho phosphates and silicates) on the surface. The aim of the work is to conduct a study on the state of pollution and its anthropogenic sources as well as their direct or indirect impacts on the marine environment. These sources are mainly linked to industry; agriculture and the wastewater discharged directly into the Gulf of Arzew or carried by the wadis (Guessiba, El Macta and Cheliff) are the most concerned in this case study.

This work also contributes to the appreciation of the quality of the waters of the coastal marine environment and the degree of pollution.

Keywords: pollution, nutrient salts, chlorophyll, Gulf of Arzew, physico-chemical parameters.

المخلص

يتعلق بحثنا بمياه ساحل وهران (خليج أرزيو) الخاضعة لأودية مختلفة ، حيث يهتم بدراسة المعلمات الفيزيائية والكيميائية والكلوروفيل) والأملاح الغذائية (النترت) MES المذاب ، التعكر ، O₂ (درجة الحرارة ، الملوحة ، الأس الهيدروجيني ، والنترات والفوسفات والسيليكات) على السطح. الهدف من العمل هو إجراء دراسة عن حالة التلوث ومصادره البشرية وكذلك آثاره المباشرة أو غير المباشرة على البيئة البحرية. ترتبط هذه المصادر بشكل أساسي بالصناعة والزراعة ومياه الصرف الصحي التي يتم هي الأكثر أهمية في دراسة الحالة (Guessiba و Macta و Cheliff) تصريفها مباشرة في خليج أرزيو أو التي تنقلها الوديان هذه. كما يساهم هذا العمل في تقدير جودة مياه البيئة البحرية الساحلية ودرجة التلوث

الكلمات المفتاحية: التلوث ، الأملاح المغذية ، الكلوروفيل ، خليج أرزيو ، البارامترات الفيزيائية والكيميائية