

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{me} BENGUEDDA Nadia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: Bioressources Marines

THÈME

**Contribution a l'étude de la pollution physico-chimique au
niveau de l'Oued El Mactaa**

Soutenue publiquement le 30 /06/2020

DEVANT LE JURY

Président	M ^{me} BORSALI Sofia	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M ^{me} BILLAMI Malika	MAA	U. Mostaganem
Examineur	M ^{me} TERBECHÉ Moufida	MCB	U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de laboratoire d'analyse du GNL1 de Bethioua

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener ce mémoire à son terme.

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon encadreur Mme Billami Malika

Enseignante à l'Université de Mostaganem pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant d'encadrer mon travail de mémoire de fin d'étude. Je lui suis reconnaissante pour le temps qu'elle a consacré pour diriger mes travaux de recherche et pour participer aux prélèvements sur le terrain. Je la remercie aussi pour son aide, son soutien moral et ses conseils tout au long de ces derniers mois.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à Mme BORSALI Sofia enseignante au département science de la mer et de l'aquaculture de l'université de Mostaganem, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude. Tous nos sincères remerciements vont à Mme TERBECHE Moufida enseignante au département science de la mer et de l'aquaculture de l'université de Mostaganem, pour avoir accepté pour sa part d'examiner ce travail. Qu'il nous soit permis de lui exprimer notre sincère gratitude.

Je souhaiterai exprimer mes plus vifs remerciements à monsieur Kaddirammar, chef de service du laboratoire d'analyse du GNL1 de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire et de me retrouver dans de bonnes conditions de travail, ainsi qu'à Mme Belhadj Samia responsable des analyses au laboratoire je la remercie également pour ses remarques constructives, son partage de savoir et de ses qualités scientifiques aussi à ses multiples encouragements.

A la fin je remercie chaleureusement mes parents leurs amour et soutiens moral, à mes sœurs, amis et plus précisément mon mari.

Sommaire

Chapitre I : pollution du milieu marin

I.1 Définition de la pollution.....	1
I.2 Classification de la pollution selon la source et la nature.....	1
I.2.1 Source de pollution	2
I.2.1.1 Pollution urbaine.....	2
I.2.1.2 Pollution agricole.....	2
I.2.1.3 Pollution industrielle.....	2
I.3 Nature de pollution (type)	2
I.3.1 Pollution chimique.....	2
I.3.1.1 La contamination chimique	3
I.3.1.1.1 Les substances chimiques	3
❖ Les métaux	4
❖ Les sources de contamination.....	4
❖ Les hydrocarbures.....	4
❖ Les pesticides.....	4
❖ Les biocides.....	4
❖ Les substances eutrophisantes.....	5
❖ Les substances organiques de synthèse	5
I.3.1.1.2 Les différents types de contamination chimique.....	5
a- Les toxiques rémanents	5
b- Les toxiques aigus.....	5
c - La bioconcentration.....	7
➤ La bioaccumulation.....	7
➤ La bioamplification	7
I.3.1.1.3. Les métaux lourds.....	7
a - Origine	8
b - Cycle biogéochimique.....	8
• Précipitations.....	8

• Adsorption et absorption.....	9
• Sédimentation.....	9
d - Principaux métaux traces.....	9
I.3.1.4 Les sels nutritifs.....	9
a- Les différentes formes des sels nutritifs.....	9
b - Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs.....	9
I.3.1.5 Pollution biologique.....	10
a --Principaux germes incriminés dans la pollution du milieu marin.....	10
b - Indicateurs microbiens.....	11
c - Les germes pathogènes.....	11
I.3.1.6.La pollution physique	11
I.3.1.7 Pollution mécanique.....	12
I.3.1.8 Pollution thermique	12
I.3.1.9 Pollution atomique	12

Chapitre II : description de la zone de oued el Mactaa

II.1.Description de la zone humide	13
II.2.Position géographique.....	14
II.3.Ressources économiques	16
II.4. Les problèmes d'ordre environnemental.....	16
1 - Période coloniale.....	16
2- Après l'indépendance, 1962 - 2002.....	18
3- Problèmes actuels, 2003 - 2012.....	18
a. La multiplication des sources de pollution.....	19
b. Le développement urbain et la densification du réseau routier.....	19
II.5. Quelles solutions pour la protection durable de la zone humide ?.....	21
a. La participation de tous les acteurs.....	21
b. Mise en place d'un plan de restauration écologique.....	22

II.6. Embouchure de l'oued el Mactaa.....	23
1- Situation.....	23
2- Embouchure.....	24

Chapitre III : étude des paramètres physico-chimique

III.1.Paramètres physico-chimiques.....	25
1. La température (°C).....	25
2- salinité (S‰).....	25
3. Le potentiel hydrogène (PH)	26
4. La conductivité électrique (µs) :.....	27
3. Les paramètres indicateurs de pollution.....	27
a-La matière en suspension (MES).....	27
b -L'oxygène dissous (O ₂).....	28
c-La turbidité (NTU).....	29
d- Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO ₅) (mg/l).....	29
e-Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l).....	29
h- La matière organique (MO) (mg/l).....	30
4. Les sels nutritifs.....	30
a-L'azote	31
b-L'ammonium (NH ₄ ⁺)	31
c-Les nitrites (NO ₂ ⁻) (mg/l).....	31
d-Les nitrates (NO ₃ ⁻) (mg/l).....	31
III.1.2.Matériels et méthodes.....	32
1. Mesure du PH	32
2. Température (°C).....	32
3. Conductivité (µs).....	32
4 .Oxygène dissous (mg/l).....	32
5. Salinité (PracticalSalinity Uni) (‰).....	32
6. Turbidité (NTU).....	33

a-Matériel de mesure.....	33
b- Etalons	33
c-Mode opératoire.....	33
d-Blanc de turbidité	34
7. Matière en suspension	34
a- Appareillage et Mode opératoire.....	34
b-Calcul et expression des résultats.....	35
8. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène DCO.....	35
a. Réactifs.....	35
b. Étalonnage de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.....	35
c- Mode opératoire.	35
d- Calcul et expression des résultats.....	36
9. Détermination de la demande biologique en oxygène pendant 5 jours	36
a-Principe	36
b. Réactifs.....	36
c. Mettre dans un récipient	37
d. Mode opératoire.....	37
e-Calculs et expressions des résultats.....	38
10. Dosage des sels nutritifs.....	39
a- Principe de dosage des sels nutritifs.	39
b- L'analyse des sels nutritifs.	39
10.1 Dosage de l'azote ammoniacal NH_3^+	39
a- Les réactifs.	40
b. Etalonnage.....	40
c. Mode opératoire :.....	40
10.2. Dosage de l'azote nitrite NO_2^-	41
a-Les réactifs :	41
b- Etalonnage.....	42
c-Mode opératoire.....	42

10.3. Dosage de l'azote nitrate NO_3^-	42
a. Les réactifs.....	43
b. Etalonnage.....	43
c-Mode opératoire.....	43

Chapitre IV/ : résultats et discussion

IV- Analyse physico chimique	45
❖ facteurs physico-chimiques	45
1 / PH	45
2/température (°C).....	46
3/Conductivité (μs)	47
4/Turbidité (NTU).....	48
5/ Oxygène dissous (mg/l).....	49
6/Matière en suspension (MES).....	50
7/ Nitrates (NO_3^-) (mg/l).....	51
8/ Nitrite (NO_2^-) (mg/l).....	52
9/Azote ammoniacal (NH_4^+) mg/l.....	53
10/DCO (mg/l).....	54
11/DBO5 (mg/l).....	55
12/ Salinité : (‰).....	56
13/Matière organique (mg/l).....	57
14/ Rapport DCO/ DBO ₅	58

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des abréviations

- **AgSO₄** : Sulfate mercurieux.
- **ANPE** : l'agence nationale pour la protection de l'environnement.
- **JORADP** : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire.
- **OMS** : organisation mondiale de la santé.
- **ORL**: Oto-rhino-laryngologie.
- **Km**: kilo mètre.
- **mm/an** : millimètre par an.
- **CO₂**: dioxyde de carbone.
- **S‰** :salinite par mille.
- **K** : kilomètre.
- **gr/l** : gramme par litre.
- **t °C** : température en degrés cellcus.
- **μ** : Microns.
- **Cm** : centimètre.
- **PH** : point hydroélectrique.
- **TA** : titre alcalimétrique.
- **TAC** : titre alcalimétrique complet.
- **BGN** : Bacilles Gram négatifs.
- **NPP** : Nombre le Plus Probable.
- **EPA** : Eau Peptone Alcaline.
- **MI** : milli litre.
- **UFC/100 ml** :unité française de concentration par millilitre.
- **TH** : titre hydrotimétrique.
- **UTN** : (Unité de Turbidité Néphélométrique).
- **C₈H₅KO₄** :hydrogenophtalate de potassium .
- **CaCO₃** : Carbonate de calcium.

- **Cu** :Cuivre .
- **DBO** : demande biologique en oxygène .
- **DCO** :demade chimique en oxygène .
- **EDTA** : Acide ethylène diamine titra acétique .
- **g** : Gramme.
- **H2SO4** : acide sulfurique .
- **H3PO4** : acide phosphorique .
- **Hcl** : Chlorure d'hydragène .
- **K** :Potassium .
- **K2Cr2O7** : Dichromate de potassium.
- **KH2PO4** : Phosphate hydrogède potassique.
- **Km** :Kilomètre .
- **M3** : Mètre cube .
- **MES** :Matiere en suspension .
- **Mg /L** : Milligramme par litre.
- **ml** :Millilitre .
- **Nacl** : Chlorure de sodium .
- **NaHSO4** :Hyrogéno sulfite de sodium .
- **NaOH** :Hydroxude de sodium .
- **NH3** :Amoniaque .
- **NH4** :Amonium .
- **NH4CL** : Chlore d'amonium.
- **NO2** : Nitrite.
- **NO3** :Nitrate .
- **NTK** :Azote total Kjedahl.
- **NTU** :NephilometricTurbidity Unit.
- **O2** :Oxgène .
- **Pb** :Plomb .
- **PH** :Potntielhydrogene .
- **C** :degré celsius.

Liste des figures

Figure (1) Apports au milieu littoral et impacts possibles (Equinoxe, 1990).....	11
Figure (2) Localisation de la Macta dans l'Ouest algérien.....	13
Figure (3) Le cordon dunaire côtier de la Macta bordant la mer Méditerranée.....	14
Figure (4) L'oued Habra, un des principaux affluents de la zone humide de la Macta.....	15
Figure (5) Submersion des zones de végétation par les plans d'eau durant la période hivernale, au nord de la zone humide de la Macta. [Cliché : T. GHODBANI et K. AMOKRANE, janvier 2010]	15
Figure (6) Régression des forêts de tamarix dans la plaine de la Macta entre 1850 et 1960 (source : P. SIMONEAU et P. QUEZEL, 1960).....	17
Figure (7) Evolution du défrichement et des plantations à Sig entre 1850 et 1880.....	17 20
Figure (8) Les diverses pressions sur l'environnement au niveau de la Macta.....	20
Figure (9) image satellitaire au niveau de la Macta.....	20
figure (10) OUED AL MACTAA VUE HORIZONTALE (prise le 24/03/2015 BELHACHEMI AHMED).....	20
Figure (11) EMBOUCHURE D'OUED AL MACTAA (prise le 24/03/2015 BELHACHEMI AHMED).....	24
Figure (12) histogramme de la variation du PH au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	45
Figure (13) histogramme de la variation de la température au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	46
Figure (14) histogramme de la variation de la conductivité au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	47
Figure (15) histogramme de la variation de la turbidité au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	48
Figure (16) histogramme de la variation de l'oxygène dissous au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	49
Figure (17) histogramme de la variation de la matière en suspension au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	50
Figure (19) histogramme de la variation du nitrite au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	51
Figure (18) histogramme de la variation de nitrates au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	52
Figure (20) histogramme de la variation d'Azote ammoniacal au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	53
Figure (21) histogramme de la variation de DCO au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	54
Figure (22) histogramme de la variation de DBO5 au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	55
Figure (23) histogramme de la variation de la Salinité (‰) au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	56
Figure (24) histogramme de la variation de la Matière organique (mg/l) au niveau de l'oued, l'eau de mer.....	57
Figure (25) histogramme de la variation du rapport DCO/ DBO5.....	58

Liste des tableaux

Tableau.1 Les métaux traces présents dans le milieu marin sont soit d'origines naturelles ou anthropiques	8
Tableau . Origine de la contamination des produits de la pêche par les bactéries(Equinoxe, 1990).	11
Tableau 3 - Les barrages réalisés dans le bassin versant de la Macta	18
Tableau 4 - Les avis de la population enquêtée sur la protection de la zone humide de la Macta (source: enquête de terrain réalisée en 2009).	22
Tableau 1: représente la variation du PH au niveau des deux sites de la station	45
Tableau 2: représente la variation de la température au niveau des deux sites de la station	46
Tableau 3: représente la variation de la conductivité au niveau des deux sites de la station	47
Tableau : représente la variation de la turbidité au niveau des deux sites de la station	48
Tableau 5: représente la variation de l'oxygène dissous au niveau des deux sites de la station	49
Tableau 6 : représente la matière en suspension au niveau des deux sites de la station	50
Tableau 7: représente la variation des nitrates au niveau des deux sites de la station	51
Tableau 8: représente la variation des nitrites au niveau des deux sites de la station	52
Tableau 9 : représente la variation de l'azote ammoniacal au niveau des deux sites de la station	53
Tableau 10: représente la variation de la DCO au niveau des deux sites de la station	54
Tableau 11: représente la variation de la DBO5 au niveau des deux sites de la station	55
Tableau 12: représente la variation de la salinité au niveau des deux sites de la station	56
Tableau 13: représente la variation de la matière organique au niveau des deux sites de la station	57
Tableau : représente la variation du rapport DCO/DBO ₅ au niveau des deux sites de la station.	58

RESUME

La disponibilité en eau est l'une des clés de la distribution des êtres vivants à la surface de la terre dans le milieu aquatique, l'eau se présente comme un facteur très complexe en raison des propriétés physico-chimiques très variables (température, salinité et le PH).

Espace très convoité, le littoral algérien fait l'objet de diverses pressions urbaines, industrielles et touristiques qui lui confèrent une grande vulnérabilité écologique.

Notre travail vise oued Mactaa ainsi leur embouchure ou eau de mer par une étude physico-chimique sur les eaux de surfaces.

L'objectif de cette étude est de déterminer la concentration de certains élément azote (ammonium, nitrate, nitrite) et les indicateurs de pollution DBO₅ DCO. Ainsi nous avons étudié l'influence de certains paramètres à savoir le pH, la température, la salinité et la conductivité pour confirmer la présence d'une pollution permanente du à la contamination de oued el Mactaa.

Mots clé : pollution marine – oued el Mactaa – milieu marin – paramètres physico-chimique – zone humide.

Abstract

Water availability is one of the keys to the distribution of living beings on the surface of the Earth in the aquatic environment; water is a very complex factor due to the very variable physico-chemical properties (temperature, salinity and PH).

The Algerian coastline is a highly sought-after space and is subject to various urban, industrial and tourist pressures, which give it a great ecological vulnerability.

Our work aims at Oued Mactaa thus their mouth or seawater by a physico-chemical study on surface waters.

The objective of this study is to determine the concentration of certain nitrogen elements (ammonium, nitrate, and nitrite) and pollution indicators DBO₅, DCO. Thus we studied the influence of certain parameters namely pH, temperature, salinity and conductivity to confirm the presence of permanent pollution due to contamination of Oued El Mactaa.

Key words: marine pollution - Oued El Mactaa-marine environment-physico-chemical parameters-wetland.

ملخص

يعد توفر الماء أحد مفاتيح توزيع الكائنات الحية على سطح الأرض في البيئة المائية، ويظهر الماء كعامل معقد للغاية بسبب الخصائص الفيزيائية والكيميائية المتغيرة للغاية (درجة الحرارة، الملوحة و pH) الساحل الجزائري منطقة مرغوبة للغاية ، ويتعرض لضغوط حضرية وصناعية وسياحية متنوعة تجعله عرضة للخطر البيئي.

يستهدف عملنا تحاليل فيزيائية و كيميائية على المياه السطحية للبحر و وادي المقطع. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تركيز بعض عناصر النيتروجين (الأمونيوم ، النترات ، النتريت) ومؤشرات التلوث DBO_5 ، DCO لذلك قمنا بدراسة تأثير عوامل معينة مثل الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والملوحة والتوصيل للتأكد من وجود تلوث دائم نتيجة تلوث وادي المقطع.

الكلمات المفتاح: التلوث البحري - وادي المقطع - البيئة البحرية - المعايير الفيزيائية والكيميائية - الأراضي الرطبة.

Introduction

La pollution est une dégradation de l'environnement résultant de la dissémination de produits toxiques ou de l'abandon de matériaux non biodégradables.

La pollution permanente est liée aux rejets industriels, aux eaux usées d'origine urbaine, à l'emploi des pesticides et des engrais dans l'agriculture ; il s'y ajoute la pollution exponentielle aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport. Notre étude sur La baie d'Arzew et précisément au niveau de oued el Mactaa et l'eau de mer, nous oriente vers une pollution permanente dont l'origine est connue.

L'évolution des méthodes d'investigations analytiques, nous ont amené à consacrer toute une étude des paramètres physico-chimique des eaux pour déceler le degré de pollution au niveau du milieu marin.

L'analyse physico-chimique de l'eau au niveau de oued el Mactaa et l'eau de mer concerne la mise en évidence des éléments ou composés pouvant semblés étranges au milieu marin et surtout des modifications de la composition normale de l'eau liée en grande partie à l'activité humaine.

Les données encore insuffisantes sur la pollution nous ont amené à entreprendre ce travail avec la collaboration des techniciens et ingénieurs du laboratoire GNL1 de Bethioua. Il s'agit d'établir dans un premier temps des analyses physico-chimique de oued el Mactaa et l'eau de mer.

Quatre chapitres s'imposent :

- la pollution marine.
- présentation du site «oued el Mactaa»
- Etude des caractères physico-chimique
- Résultats et interprétations.

L'intersection entre ces quatre chapitres nous éclaire vers une meilleure prévention pour diminuer la pollution.

I.1 Définition de la pollution

La pollution, c'est tout ce qui altère notre environnement ou notre santé, habituellement sous forme de substances, mais aussi sous forme d'ondes. La pollution s'attaque à l'air, à l'eau, au sol, à nos oreilles, à nos yeux. Dans le langage courant, la pollution est une dégradation de l'environnement résultant de la dissémination de produits toxiques ou de l'abandon de matériaux non dégradables. La pollution résulte en gros par l'activité humaine, elle comprend en particulierité **la pollution des eaux** (Aichiou.L, 2006)

La pollution d'eau est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. (Benkkadour.B, 2018)

Le groupe d'expert chargé d'étudier les aspects scientifiques de la pollution des mers (**GESAMP**) a défini la pollution des eaux comme étant l'introduction de l'homme dans le milieu marin, directement ou indirectement par des substances ou d'énergie pouvant entraîner des effets délétères aux ressources biologique, danger pour la santé humaine ainsi que celles des très vivants, entraves aux activités maritime (pêche), diminution de la qualité de l'eau ...

L'UNESCO la définit comme étant tous rejets à la mer directe ou indirecte de substance ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, qui empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de mer et réduit les possibilités de l'utilisation aux fins de loisirs

De même l'organisation mondiale de la santé (OMS) a fourni la définition suivante :

la pollution des milieux aquatiques est définie comme étant, toute modification des propriétés physique, chimique ou biologique ou tout rejets de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau d'une façon à créer une nuisance préjudiciable du point de vue de la santé, de la sécurité et du bien-être publique, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, agricoles, réactives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique

D'après ces quelques définitions on est sûr que la pollution des eaux est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels; elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques.

I.2 Classification de la pollution selon la source et la nature

Les deux critères principaux pour classer la pollution marine (Galaf, 2003).

I.2.1 Source de pollution :

Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique, les principales sont :

Urbaines (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...).

Agricoles (engrais, pesticides).

Industrielles (agroalimentaire, chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...). (Benkkadour.B,2018)

I.2.1.1 Pollution urbaine :

Ce type de pollution est dû essentiellement aux rejets domestiques (eaux collectives de lavage, huiles de vidange, médicament périmés, matières fécales ...). Elle est liée aux grandes concentrations urbaines. (Galaf, 2003).

I.2.1.2 Pollution agricole :

L'agriculture est responsable du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans l'eau de mer. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux notamment des nitrates.

Ainsi parmi les polluants d'origine agricole, les pesticides qui sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures contre leurs ennemis afin d'augmenter leurs rendements. (Galaf, 2003).

I.2.1.3 Pollution industrielle :

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique, il s'agit des différents déchets provenant des industries divers qui sont principalement installées au niveau du rivage à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour refroidir leurs machines (industrie alimentaire, industrie agricole, industrie chimique et pétrochimique ...) (Galaf, 2003)

I.3 Nature de pollution (type) :

Selon ce critère, la pollution est classée en trois catégories :

I.3.1 Pollution chimique :

Ce type de pollution est engendré par des rejets de produit chimiques d'origine industrielle et domestique, ces polluants sont de deux catégories :

- Les micropolluants chimiques organiques : hydrocarbures, pesticides, détergents et autres, ces polluants sont appelés les polluants organique permanents (POPs)
- Les micropolluants chimiques inorganiques : ils sont représentés essentiellement par les métaux lourds et des substances a concentration excessives.

Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique, certains sont hydrosolubles, facilement dilués par conséquent leur action est minime, d'autres sont hydrosolubles avec un pouvoir de ce concentrer au niveau des lipides et par conséquent ils vont emprunter la chaine alimentaires (Galaf, 2003)

I.3.1.1 La contamination chimique :

Il existe une centaine d'éléments rassemblés selon leurs propriétés dans le tableau de Mendeleïev, connu de tous les chimistes. Une fois assemblés, ces éléments donnent des molécules ou « substances ». L'homme en a identifié des millions, naturels ou synthétisées, dont une centaine de milliers est utilisée pour préparer des mélanges qui se retrouvent dans l'industrie ou chez le consommateur.

Ces préparations concourent, directement ou indirectement, a notre confort, mais une partie inutilisée ou transformée se retrouve sous forme de déchets, à l'origine de la pollution des milieux aquatiques (RNB, 1999).

I.3.1.1.1 Les substances chimiques :

Il est admis qu'il existe plus de 4millions de substances chimiques, essentiellement des substances organiques issues de la biosynthèse animale et végétale (Marchand, 2002)

Aujourd'hui, on estime qu'il y a plus de 100.000 produits chimiques qui sont utilisés régulièrement dans l'industrie et qui sont des contaminants et polluants potentiels de l'écosystème global.

Environ 2000 produit chimiques sont transportés par voie maritime, en vrac ou en colis les substances chimiques toxique sont rejetées dans l'environnement de deux manière, soit directement, lorsqu'elles sont utilisées comme telles par l'homme. C'est le cas des pesticides, des fertilisants et des différents solvants. Mais, ces substances peuvent aussi être rejetées indirectement sous forme de déchets industriels provenant de diverses activités comme l'extraction minière, la fabrication industrielle, l'incinération, la consommation de carburant ou les rejets accidentels (Moucheletthévenot, 2003).

Ces substances peuvent être classées en quelques grandes catégories comme suite (Marchandetkantin, 1997 ;marchandetbrunot, 1997).

❖ Les métaux :

Les plus toxiques pour l'environnement sont le mercure(Hg), la cadmium(Cd), le plomb(Pb), le zinc(Zn), le cuivre(Cu), le nickel(Ni), l'argent(Ag).

❖ Les sources de contamination :

Sont multiples, les activités minières, la sidérurgie, le transport (plomb). On les retrouve dans les piles, les batteries, comme adjuvant dans les peinture et colorants, ainsi que dans les engrais phosphorés (cadmium). (Galaf.2003).

❖ Les hydrocarbures :

Les hydrocarbures que l'on retrouve dans les pétroles bruts (la base de notre consommation énergétique est estimée a environ 86 millions de tonnes/an) et les produits raffinés sont utilisés comme carburants (essences, kérosènes , fuels domestiques, fuels lourds , etc.) et produits base de la synthèses organique industrielle. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui résultent de la combustion incomplète des produits pétroliers, sont les plus préoccupants pour les milieux aquatiques. Les émissions dans l'atmosphère d'HAP sont estimées à plusieurs milliers de tonnes (LACAZE.1980)

❖ Les pesticides :

Les pesticides ou produits phytopharmaceutiques recouvrent principalement les herbicides, les fongicides et les insecticides. Ils incorporent quelques 900 matières actives. Ces produits sont essentiellement issus de la synthèse organique bien que l'on retrouve certains produits minéraux comme le soufre ou le sulfate de cuivre. De grandes quantités sont épandues chaque année par les agriculteurs et les particuliers.(LACAZE.1980)

❖ Les biocides :

Les biocides représentent une large famille de substances chimiques actives utilisées dans un cadre non phytopharmaceutique. L'utilisation de peintures anti salissures sur la coque des navires provoque une contamination non négligeable par différentes matières actives métalliques (cuivre), organométalliques (tributylétain, TBT) ou organiques (diuron, irgaro1957).

❖ Les substances eutrophisantes :

Les substances eutrophisantes ne peuvent être considérées comme contaminants chimiques en termes de substances toxiques. Les rejets d'azote et de phosphore dans les milieux aquatiques peuvent provoquer le développement excessif d'organismes végétaux dans les eaux de surface, conduisant à des phénomènes d'eutrophisation que l'on observe dans les eaux continentales ainsi que dans les eaux marines littorales.

❖ Les substances organiques de synthèse :

Les substances organiques de synthèse représentent un très grand nombre de substances. Il comprend les solvants chlorés, les agents diélectriques utilisés dans les transformateurs et condensateurs électriques (pyralène ou PCB), les détergents, colorants.

Les substances les plus préoccupantes pour l'environnement sont les substances organochlorées aux formes très diverses : solvants, PCB, chlorobenzènes, chlorophénols, chloro-alcanes, ainsi que les substances bromées comme les retardateurs de flamme.(LACAZE.1980).

I.3.1.1.2 Les différents types de contamination chimique :

On distingue habituellement deux types de contaminants chimiques selon leurs toxicités :

a- Les toxiques rémanents :

Leur nocivité croît quand leur teneur dans le milieu augmente, car l'absorption croissante qui en résulte n'entraîne pas nécessairement une augmentation de leur élimination. Il s'agit des métaux lourds (mercure, plomb, cadmium, zinc, etc.) (Aubert&Anbert, 1973) qui s'accumulent le long des chaînes trophiques et rendent, ainsi, certaines espèces de poisson s'impropres à la consommation (boutiba, 2004).

b- Les toxiques aigus :

Leur toxicité se manifeste dès leur intrusion dans le milieu marin, mais elle décroît plus au moins rapidement, grâce aux phénomènes de dilution et de dégradation. Il s'agit de poisons violents comme l'arsenic. Ces polluants sont généralement considérés comme moins dangereux que les toxiques rémanents, car leurs effets étant limités dans le temps, sont plus faciles à contrôler (Aubert&Aubert, 1973).

➤ **Les sources et cheminement des contaminants toxiques dans le milieu marins :**

La présence des contaminants chimiques écotoxiques dans l'environnement marin reste toujours une préoccupation significative. Une substance ou une préparation est dite « écotoxique » lorsqu'elle présente ou peut présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement (METZMACHER.M 1979).

Dans un milieu aquatique, une partie des composés d'origine anthropique ou naturelle s'adsorbent sur les particules en suspension, puis s'accumulent au niveau des sédiments. Ainsi, les dépôts sédimentaires, à l'interface des zones océaniques et continentales, constituent de véritables filtres et réservoirs pour les contaminants connus ou non et forment d'importantes sources de contamination.

Les zones côtières sont des biotopes où de nombreuses espèces animales se reproduisent et méritent donc à ce titre d'être protégées. On s'aperçoit, aujourd'hui, que les perturbations environnementales ont aussi des répercussions sur la santé publique. Ainsi, les autorités américaines estiment que 10% des sédiments présents dans les lacs, rivières et baies sont suffisamment contaminés par des composés toxiques pour avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques, mais également sur la population humaine consommatrice des ressources aquatiques présents dans ces milieux (MONTEBET1999).

Il est devenu indispensable d'évaluer la qualité de ces milieux aquatiques au niveau des différentes matrices (eau, sédiment et biote). Les espèces benthiques sont exposées directement aux contaminants adsorbés sur la phase particulaire, mais aussi à ceux qui sont dissous dans l'eau interstitielle et dans l'eau à l'interface eau-sédiment.

Pour ce qui concerne les organismes pélagiques, ils sont contaminés par le relargage de contaminants sédimentaires dans la colonne d'eau et par la voie trophique (de nombreuses espèces se nourrissent d'organismes benthiques). Ainsi, le passage de xénobiotique du sédiment vers la colonne d'eau se fait par diffusion, mais surtout lors de la remise en suspension des sédiments, par des phénomènes naturels (marée, tempête,...) (Chapmantal, 1998), et par l'activité humaine comme les opérations de dragage (Leeetjones, 1982 ; Fichetetal, 1998 ; Matthiessenetal, 1998). Cet impact des sédiments contaminés sur les organismes benthiques (burgessetScott, 1992 ; Burgessetal, 1993).

Pourtant, ces deux types d'organismes (benthique et pélagique) doivent être pris en compte au même titre si on veut réellement protéger l'environnement marin.

Différents termes sont employés pour désigner les processus qui définissent le devenir des contaminants dans différents compartiments de l'environnement (physique ou biologique), On distingue :

c - La bioconcentration :

Elle est définie comme le processus par lequel une substance se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle des milieux aquatiques environnant. Le facteur de bioconcentration (FBC) est définie par le rapport de la concentration d'une substance a l'intérieur d'un organisme a sa concentration dans l'eau, compte tenu seulement de l'absorption provenant du milieu ambiant (Veith et al, 1979 ; Ramade, 1992).

➤ La bioaccumulation :

C'est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'une substance à partir de l'eau et de l'alimentation (Ramade, 1992). C'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné a partir du milieu extérieur. Ces substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaine trophique. Les concentrations maximales se retrouvent chez les grands prédateurs (poisson, mammifères marins, homme) ou chez les mollusques filtreurs comme les moules (Boutiba, 2003).

➤ La bioamplification :

Elle correspond au processus selon lequel la concentration d'un composé chimique dans un organisme est supérieure à celle de la proie qu'il consomme.

Il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumuler par une chaine trophique.

Si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il va s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaine alimentaire (Boutiba, 2003).

I.3.1.3. Les métaux lourds :

Parmi les éléments chimiques minéraux, les métaux occupent une place prépondérante dans le monde moderne car ils interviennent dans la plupart des secteurs d'activités.

Beaucoup d'entre eux, sont indispensables au monde vivant (fer, zinc, cuivre ...) parfois en très faible quantité (oligo-élément essentiels), mais, a forte dose ces oligo-éléments indispensables deviennent toxique.

Il y a des métaux comme le mercure (Hg), et le plomb (Pb) et le cadmium (Cd) qui sont uniquement toxiques pour les organismes vivants. Historiquement ces trois éléments toxiques ont été rassemblés sous le nom de métaux lourds car ils possèdent des propriétés communes :

Grande affinité pour le soufre, bioaccumulation dans les chaînes alimentaires et importante toxicité pour de nombreux être vivants (microbes, plantes, animaux, hommes). Ces propriétés néfastes se retrouvent aussi chez certains autres éléments comme le thallium, l'argent ou l'or ... tous reconnus toxique, mais qui ne doivent pas être classés parmi les « métaux lourds », terme uniquement réserver au mercure, au plomb et au cadmium. (Andre, 1996).

a - Origine :

Les métaux traces présents dans le milieu marin sont soit d'origines naturelles ou anthropiques (Tab.1)

Origine naturelle	Origine anthropique
<ul style="list-style-type: none"> - L'érosion et le lessivage des sols par les eaux des pluies et les fleuves - Transport par voie atmosphérique - Les activités sismique et volcanique 	<ul style="list-style-type: none"> - L'emploi des produits dans l'agriculture (pesticides) - Des rejets domestiques - Des déversements industriels

b - Cycle biogéochimique:

Les métaux sont transportés vers la mer par voie éolienne, ruissellement, action volcanique et a partir des rejets industriels. Une fois arrivé dans l'eau, ils s'accumulent dans les sédiments par différent processus (Dojlido et Best, 1993).

• Précipitations :

Il est important de signaler que la précipitation des éléments métalliques est inversement proportionnelle à leur stabilité dans l'eau, ainsi lorsque les eaux usées arrivent dans l'eau de mer il y a changement de spéciation de certains métaux. Certains d'entre eux vont se liés a la matière organique, d'autres vont précipiter, toutes ses formes vont finir par se déposer sur le fond (Dojlido et Best, 1993).

- **Adsorption et absorption :**

Les métaux présentent la particularité d'être adsorbés non seulement sur la surface des particules, tels que les oxydes de fer et de manganèse, mais aussi absorbés par les particules elles-mêmes. (Pinel et Astruc, 1985 in Dojildo et Best, 1993).

- **Sédimentation**

La sédimentation est un processus qui permet la réduction de la pollution métallique dans l'eau. Ce processus dépend essentiellement de la dimension des particules minérales, ainsi que de l'agitation, qui favorise la collision et donc une sédimentation plus importante. (Libes, 1992).

d - Principaux métaux traces :

Les principaux métaux traces qu'on trouve dans la mer sont Mercure, le Cadmium, le Plomb, le Cuivre, le Chrome, le Zinc, le Manganèse.

I.3.1.4 Les sels nutritifs :

Il a mis en évidence que les éléments qui risquent le plus de limiter la photosynthèse sont l'azote, le phosphore et le silicium, ils s'appellent les éléments nutritifs ; la disparition complète de ces éléments fixe la valeur de fertilité des eaux de mer.

Ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leur concentration dans le milieu aquatique augmente pour arriver à des seuils alarmantes.

Les sels nutritifs sont issus des continents par transport fluvial et éolien, des sédiments par suffusion et du volcanisme sous-marin.

L'origine principale est interne, elle correspond aux flux effectués par les organismes autotrophes dans la couche euphotique (Levitus et al, 1993).

Boulaïdid, 1987, a estimé que dans l'océan, 97% des sels nutritifs sont d'origine interne.

a- Les différentes formes des sels nutritifs

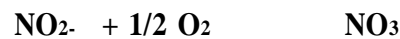
✓ **Nitrites (NO₂) et les Nitrates (NO₃-)**

Les nitrites résultent de l'oxydation de l'ammonium (NH₄) par des bactéries (Nitrosomonas), appelée « Nitrosation », qui s'effectue selon la réaction suivante :



Ils sont aussi issus de la réduction des nitrates dans les milieux anoxiques, ainsi que des excréments des organismes. Puisque les nitrites sont des formes intermédiaires relativement fugaces entre l'ammonium et les nitrates, leurs concentrations dans l'eau de mer varient de zéro à quelques micromoles par litres.

Les Nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (Nitrobacter) appelée « Nitratisation » qui s'effectue selon la réaction suivante :



L'ion nitrate qui est thermodynamiquement stable est l'espèce la plus utilisée lors de la photosynthèse (Copin- Monteguet, 1996).

C'est la plus répandue dans l'océan (environ 65% du stock de l'azote). Sa concentration varie très largement, les teneurs les plus élevées se situent aux niveaux des eaux intermédiaires.

b - Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs

Présents en excès, les sels nutritifs peuvent provoquer un phénomène d'eutrophisation du milieu, en particulier dans les zones fermées ou semi fermées (lagunes, estuaires...).

Ce phénomène se caractérise généralement par un enrichissement du milieu en substances nutritives (particulièrement les phosphates et les nitrates), provenant des sources naturelles ou anthropiques, ce qui provoque une prolifération massive des algues et des phytoplancton ; laquelle peut engendrer des effets nuisibles sur le milieu, tel que la désoxygénation (où même l'anoxie), la diminution de la biodiversité et la mortalité des poissons.

Ainsi, l'impact de l'enrichissement en sels nutritifs dépend du temps de résidence moyen des eaux dans la zone, autrement dit, dépend de la circulation générale dans la zone. Une circulation de grande emprise entraîne les eaux côtières riches et les dilue au large, si les courants sont assez faibles une petite stratification peut s'installer momentanément, l'enrichissement se traduira par une importante production végétale sur place (Galaf, 2003).

I.3.1.5 Pollution biologique

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons et les phycotoxines).

Parmi ces polluants, la pollution bactérienne est de loin la plus répandue et la plus étudiée.

La contamination bactérienne du milieu marin se fait d'une manière directe par baignades ou indirecte par les rejets des eaux usées ou par les eaux de ruissellement.

Dans le milieu marin, les bactéries servent de nourriture à de nombreux organismes marins, elles favorisent la fixation d'algues où de larves sur certains substrats, elles permettent également la dégradation de certains polluants tels que les pesticides et les hydrocarbures.

Cependant leurs effets peuvent être nuisibles. Certaines bactéries ont la capacité de concentrer des polluants tels que les métaux lourds (mercure), leur consommation par des mollusques filtreurs où des vers peut contaminer la chaîne alimentaire (Equinoxe, 1990).

a --Principaux germes incriminés dans la pollution du milieu marin *

Ces contaminants peuvent être véhiculés à l'homme par les produits de la pêche notamment les mollusques bivalves. Parmi les principaux germes incriminés dans la pollution du milieu marin, il y a des bactéries natives où indigènes et celles apportées par la pollution.

Le tableau suivant présente l'origine de la contamination des produits de la pêche par les bactéries.

Tableau 2. Origine de la contamination des produits de la pêche par les bactéries (Equinoxe, 1990).

Réservoir	Mode d'action	
	Infection	Intoxication
Milieu aquatique	<i>Vibrio, Listeria, Aëromonas et Plesiomonas</i>	<i>Clostridium botulinum</i>
Homme /Animal	<i>Salmonella, Escherichia coli et Shigella.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>

b - Indicateurs microbiens

La majorité des micro-organismes pathogènes sont d'origine fécale. En effet, pour contrôler ce type de pollution, on se base sur le choix de témoins nommés germes indicateurs où germes tests.

Le choix de ces indicateurs microbiens doit répondre à certaines exigences (Papadakis, 1982), qui sont :

- Être toujours présents.
- Être incapable de se multiplier dans le milieu aquatique.
- Être plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatique.
- Être mis en évidence, dénombré et identifiés à l'aide des techniques simples.

c - Les germes pathogènes

Ces genres proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution ; ils peuvent également être natifs du milieu marin.

Parmi ces germes, les genres : *Vibrio*, *Salmonelles*, les staphylocoques, la famille des Bacillaceae (genres *Bacillus* et *Clostridium*) sont les plus répandus (Equinoxe, 1990):.

I.3.1.6. La 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 liquide ou solide, d'une substance modifiant la turbidité du milieu, d'une source radioactive ou d'un rejet d'eau réchauffée.

La pollution physique est répartie en trois types (Equinoxe, 1990):

I.3.1.7 Pollution mécanique

qui due essentiellement à des substances solides, comme les boues, les solides flottants (sac en plastique, morceaux de bois), ces rejets ont comme première conséquence l'augmentation de la turbidité de l'eau.

I.3.1.8 Pollution thermique

la majorité des usines sont implantées d'une manière volontaire sur le littoral ou sur les bassins versants littoraux, ce type d'installation est à l'origine d'apports notables d'eaux résiduaires au milieu marin.

La pollution thermique est engendrée par les usines utilisant un circuit d'eau de mer pour le refroidissement de certaines installations (centrales thermique, nucléaire, raffineries...).

Il entraîne un réchauffement qui peut être brutal ou progressif. Ce réchauffement a un impact direct qui se traduit par la substitution de la faune et de la flore du milieu marin; ou indirectes tels que le développement bactérien et l'augmentation de la toxicité de certaines substances (Fruget, 1999).

I.3.1.9 Pollution atomique

Ce sont les radiations artificielles qui sont les plus graves pour la vie maritime, elle est due à un apport de radionucléide lié à l'utilisation de l'énergie atomique.

La pollution atomique a un impact direct aussi bien sur les organismes aquatiques que sur la santé humaine. Cet impact se traduit par le dérèglement du comportement d'êtres vivants.

II.1. Description de la zone humide :

La zone humide qui s'étend sur une superficie de 45.000 hectares zone optimale se trouve dans une dépression triangulaire parallèle au littoral méditerranéen à l'Ouest de l'Algérie. Elle est classée dans la convention de RAMSAR (Iran) depuis 2001, couvrant 23.000 ha, où est localisée la biodiversité végétale la plus importante. Avec des habitants des plus remarquables qui varient avec la dynamique temporelle de l'eau, les marais de la Macta constituent un habitat naturel particulier d'une importance primordiale pour la conservation de la biodiversité. C'est un habitat indispensable pour l'hivernage et la nidification des oiseaux migrateurs.

La Mactaa représente un écosystème spécifique sur le littoral ouest de l'Algérie (Fig. 2) par sa position et la richesse de sa biodiversité. Fragilisée par l'action anthropique, la Macta est classée en 2001 comme zone humide à protéger dans le cadre de la convention de Ramsar. La Macta est parmi les 42 zones humides algériennes qui ont été identifiées et intégrées dans la liste mondiale des sites Ramsar. Cependant, mis à part le site d'El Kala, qui est géré comme parc national et reconnu par un décret exécutif (Décret n° 83-462 du 23 juillet 1983 – JORA, n°31, 1983), aucune autre zone humide n'a été officiellement classée en Algérie. Ce classement intègre, avec des niveaux de protection différents, les trois zones composant ce milieu : les zones de marais, les zones de végétation naturelle et les zones agricoles. La superficie totale intégrant les trois secteurs est de 45 000 ha. (SKINER J. ZALEWSKI S. 1995)

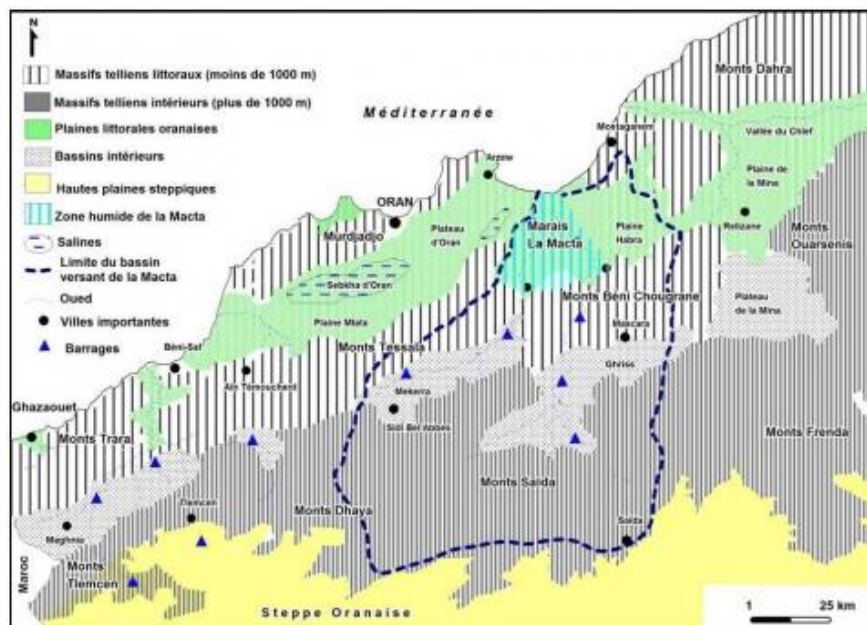


Figure 2 - Localisation de la Macta dans l'Ouest algérien

La zone humide de la Macta souffre actuellement d'une forte dégradation, qui se manifeste par la régression de la biodiversité, l'épuisement graduel des ressources naturelles et la banalisation du paysage naturel. La mise en réserve de la Macta devrait logiquement conduire à la redynamisation et la protection de cet écosystème fragile. Cependant des contraintes liées à la forte concurrence pour l'exploitation des ressources naturelles, l'absence de participation des locaux à la prise de décision et l'émergence de conflits entre usagers rendent cette protection très difficile.

II.2.Position géographique

La plaine de la Macta est située à une cinquantaine de kilomètres à l'est d'Oran et à une quarantaine de kilomètre à l'ouest de Mostaganem (Fig. 2), la zone d'étude est une dépression, entourée de montagnes et séparée de la mer par des dunes littorale. Elle couvre une superficie de 820 km², regroupant trois régions : la plaine de Sig, la plaine de l'Habra et la zone humide Ils occupent la partie aval d'un grand bassin versant, celui de la Macta. Du point de vue administratif, la plus grande partie des marais se trouve dans la wilaya de Mascara, le reste est partagé entre les wilayas de Mostaganem et d'Oran. La plaine de la Macta est une dépression de forme triangulaire, séparée de la baie d'Arzew par un cordon dunaire (Photo 1) bordé au nord-ouest par la sebkha d'Arzew et au nord-est par la retombée sud du plateau de Mostaganem (**Simmonneau P .1952**)



Photo 1- Le cordon dunaire côtier de la Macta bordant la mer Méditerranée. [Cliché : T. GHODBANI et K. AMOKRANE, janvier 2010]

La plaine en amont de la zone humide de la Macta s'élargit fortement d'ouest en est. Vers le sud, elle remonte jusqu'aux contreforts des monts telliens, les monts d'Ouled Ali et des Béni Chougrane, au niveau de Mohammadia. Cette plaine est parcourue par une série d'oueds, dont les plus importants

sont d'ouest en est : l'oued Sig, l'oued Habra (Photo 2) et l'oued Tinn.

Le premier alimente la basse plaine plus que les deux autres, partiellement canalisés jusqu'à l'aval du bassin versant, à quelques kilomètres du rivage. La confluence des trois oueds (Sig, Habra et Tinn), au niveau même de la zone humide de la Macta, forme l'oued Macta, lequel se jette en mer après avoir traversé le cordon dunaire à l'est de la localité de Mers El Hadjaj (**RAMSAR .IRAN.1971**)



Photo 2 - L'oued Habra, un des principaux affluents de la zone humide de la Macta. [Cliché : T. GHODBANI et K. AMOKRANE, janvier 2010]

La modestie des pentes sur la plaine littorale de la Macta ne permet pas une évacuation facile des eaux apportées par un réseau hydrographique dense. En revanche, cela facilite la submersion de larges zones proches de la mer, au nord, où l'altitude est inférieure à un mètre.



Photo 3 - Submersion des zones de végétation par les plans d'eau durant la période hivernale, au nord de la zone humide de la Macta. [Cliché : T. GHODBANI et K. AMOKRANE, janvier 2010]

La richesse ornithologique représente l'élément majeur de l'originalité des marais de la Macta et le principal facteur de classement dans le cadre de la convention de Ramsar (Conservation des Forêts, 2009). L'inventaire le plus récent de l'avifaune dressé par les Services des Forêts de la région a recensé 47 espèces d'oiseaux d'eau, dont 17 limicoles, 11 espèces marines et 16 espèces de rapaces, y compris des espèces rares dont l'outarde canepetière (*Tetraxtetrax*) et la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*). Parmi les quatre grands groupes d'oiseaux, on peut distinguer des espèces sédentaires, des espèces migratrices (hivernales ou estivales) et des migratrices partielles (RAMSAR .IRAN.1971)

II.3.Ressources économiques

La région de la Macta présente aussi des potentialités économiques importantes, basées essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. La zone agricole de la Macta est la première région oléicole et agrumicole de l'Ouest algérien, malgré les difficultés que connaissent ces activités depuis l'indépendance. À titre d'exemple, 3000 tonnes d'olives de table ont été exportées vers les autres régions d'Algérie en 2009. Le développement agricole n'est pas très ancien. Il a plutôt suivi les travaux d'assèchement et de drainage, et la mise en place par les colons français de réseaux d'irrigation et de drainage au début du siècle dernier. (RAMSAR .IRAN.1971)

II.4. Les problèmes d'ordre environnemental

Les problèmes relatifs aux déséquilibres de l'écosystème sont principalement liés à l'action des hommes. Cette dernière a évolué à travers trois grandes périodes.

1 - Période coloniale

Durant cette période, la Macta représentait pour les gestionnaires un milieu malsain, vecteur de maladies, et un espace sans utilité économique. Les marécages, qui jadis s'étendaient du littoral jusqu'aux abords des monts telliens, constituaient un véritable obstacle à l'installation des hommes. C'est pourquoi, tout au long du siècle dernier, d'importantes surfaces furent asséchées. Les travaux combinaient le comblement des parties basses, le creusement de canaux pour écouler les eaux stagnantes vers la mer et la destruction de la couverture végétale naturelle. Les terres récupérées étaient d'une grande fertilité, car riches en humus. La production des oliveraies et orangeriaies de Sig et de Mohammadia était de bonne qualité et d'importantes quantités étaient exportées vers d'autres régions d'Algérie. Les travaux de vidange des marais vers la mer ont entraîné le recul d'importantes surfaces de végétation naturelle, suite à la régression des apports en eau et au défrichement.

Parmi les espèces les plus touchées, se distingue le tamarix (*Tamarix africana*) (P. SIMONEAU et P. QUÉZEL, 1960). Cet arbre est bien adapté au milieu salin et très apprécié par un certain nombre d'oiseaux pour l'hivernage et la nidification. Selon B. TAFER (1996), au moment de la mise en valeur, les cônes de déjection des oueds Sig et Habra étaient occupés par d'importants peuplements de tamarix. Les statistiques forestières indiquent qu'en 1856, cette espèce constituait la forêt de l'Habra et le bois sacré de Bou Adejmi au nord de Sig. La forêt de l'Habra était estimée à 789 ha, et celle de Sig à 665 ha (M. ZIAD, 2002). La disparition des bois de tamarix a entraîné une "banalisation" de certains milieux.

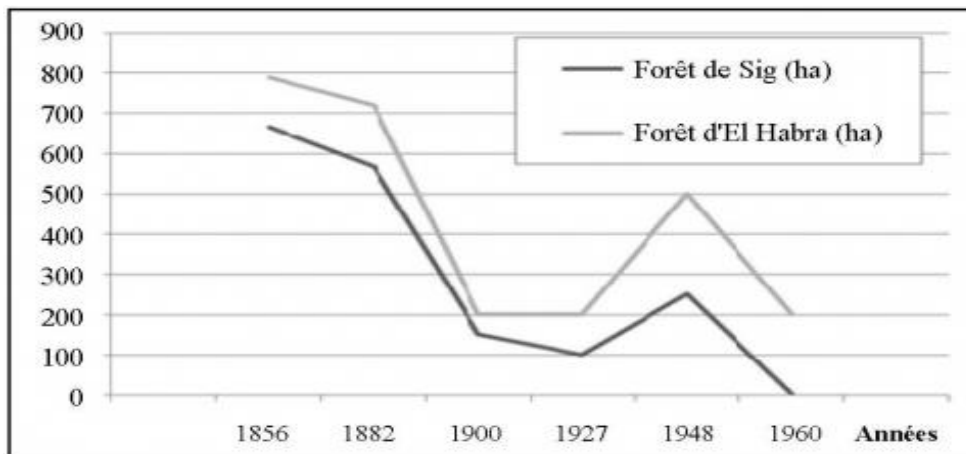


Figure 3 - Régression des forêts de tamarix dans la plaine de la Macta entre 1850 et 1960 (source : P. SIMONEAU et P. QUÉZEL, 1960)

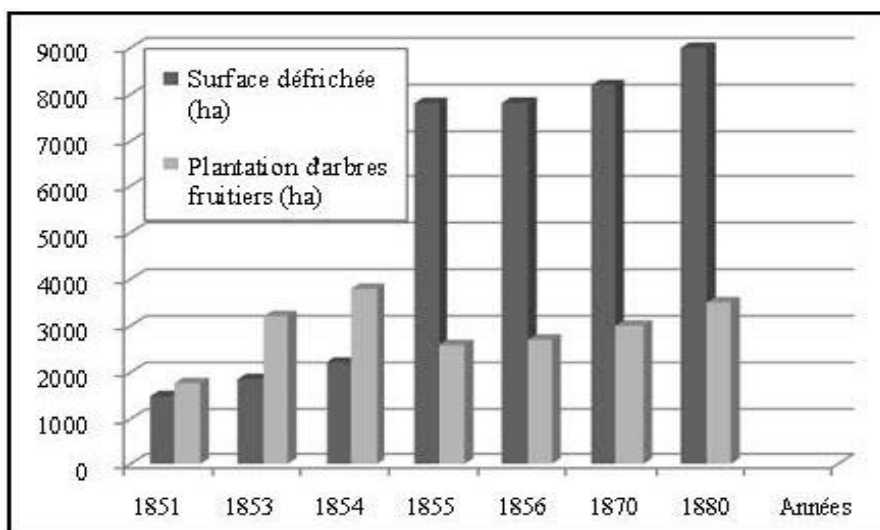


Figure 4 - Évolution du défrichement et des plantations à Sig entre 1850 et 1880 (source : B. TAFER, 1996).

Il en va de même pour la partie côtière de la Mactaa où le couvert forestier de la zone dunaire, à

l'est, est fortement dégradé (P. SIMONEAU et P. QUÉZEL, 1960). La situation s'est aggravée avec l'exploitation du bois et l'arrachage des plantations d'agrumes et des haies de cyprès, qui ont pris de l'ampleur à cause de l'exploitation du bois de chauffage. L'assèchement a été suivi par la réalisation de barrages dans le bassin versant de la Macta (Tab. 3), l'endiguement et la canalisation d'importants tronçons sur les affluents. Ces opérations ont provoqué la diminution des écoulements alimentant les marais et par conséquent l'altération de l'équilibre écologique de cette zone humide (M. MEDDI *et al.* 2009).

Barrage	Année de mise en service	Capacité en millions de m ³
Bouhanifia	1948	73
Sarno	1954	22
Fergoug	1970	18
Ouizert	1985	100
Cheurfa II	1992	82
Total	-	295

Tableau 3 - Les barrages réalisés dans le bassin versant de la Macta

(Source : Agence de Bassin, 2009).

2- Après l'indépendance, 1962 - 2002

Durant cette période les travaux hydrauliques furent de moins en moins nombreux et les projets de vidange de certains marais n'ont pas abouti faute de moyens financiers. Cela a ainsi favorisé quelques régénérations de mares. En revanche, les surfaces cultivées commencèrent à régresser pour de multiples raisons : manque d'eau, salinité trop forte, perte du savoir-faire agricole et mauvaise gestion en général. Une nouvelle pression a débuté avec la sédentarisation des nomades dans la région. Néanmoins le cheptel détenu jusqu'aux années 1980 était d'environ 20000 têtes, entre bovins, ovins et caprins, et ne dépassait pas encore les capacités de régénération de la couverture végétale. (T. GHODBANI, 2009).

3- Problèmes actuels, 2003 - 2012

Depuis presque une décennie, la pression anthropique sur l'exploitation des ressources s'est accentuée dans cette région et l'on a assisté à l'émergence de nouveaux facteurs de dégradation, tels que la pollution, le braconnage et l'urbanisation (T. GHODBANI, 2009).

a. La multiplication des sources de pollution

Celle-ci est devenue l'un des facteurs du déséquilibre environnemental de la zone humide de la Macta. La position géographique des marais, à l'aval d'un grand bassin versant, multiplie les risques de pollution par les substances chimiques d'origine agricole et urbaine, charriées par le réseau hydrographique. Ce dernier draine les eaux usées de villes intérieures importantes comme Saïda, Sidi-Bel-Abbès et Mascara. La pollution générée par l'utilisation de pesticides dans l'agriculture et de potassium dans la conservation des olives à Sig, ainsi que par le rejet dans la nature d'eaux usées industrielles non traitées, peut être nocif pour beaucoup d'espèces d'oiseaux, comme la cigogne (M. METZMACHER, 1979).

L'état actuel d'un nombre élevé de cours d'eau ou de petits lacs montre une eutrophisation avancée, liée aux rejets d'eaux usées domestiques et agricoles, riches en matière organique, dans le réseau hydrographique. L'impact principal est l'asphyxie graduelle du milieu aquatique. Il peut en résulter, avec le temps, une déstabilisation de la chaîne trophique et la disparition, en haut de la chaîne alimentaire, d'espèces telles que les poissons et les oiseaux. La multiplication des décharges sauvages, recevant tous types de déchets solides (ménagers, hospitaliers et industriels), contribue aussi à la pollution des eaux superficielles et souterraines. Elle favorise la prolifération de certaines espèces, comme le goéland brun ou le goéland argenté (*Larus fuscus*, *Larus argentatus*). Selon plusieurs spécialistes, une dilatation des niches écologiques altère la diversité spécifique (B. BRUN, 2000). Des données recueillies par les Services d'Hygiène Communales montrent que les plaines de la Macta, de Sig et de l'Habra regroupent un total de 25 décharges dont 8 sauvages et 7 autorisées mais non contrôlées. Ces sites reçoivent tous les types de déchets, sans tri ou traitement préalables. Outre la pollution d'origine terrestre, les pollutions marine et atmosphérique, générées par l'industrie pétrochimique le long du golfe d'Arzew, pourraient aussi avoir des conséquences irréversibles sur la zone humide de la Macta si des mesures ne sont pas prises.

b. Le développement urbain et la densification du réseau routier

Ces actions ne prennent pas en considération le caractère écologique de la Macta. La réalisation des divers projets se fait sans étude d'impact préalable. L'exemple le plus frappant est le dédoublement de la Route Nationale n° 11 entre Oran et Mostaganem, réalisé sur le cordon dunaire et qui a nécessité le déblaiement, entre 1997 et 2005, d'énormes quantités de sable. L'autre exemple, de même importance, est la réalisation d'un tronçon d'autoroute reliant Mascara à Oran, inscrit dans le grand projet de l'autoroute est-ouest. Ce chantier d'envergure, parallèle au gazoduc "MedGaz" reliant

HassiRmel à Almeira (Espagne), à la limite sud des marais, est vital pour l'économie algérienne. Mais il entraînera dans l'avenir une forte fréquentation et dynamisera probablement l'urbanisation de la plaine, ce qui rendra plus compliquée la préservation de la zone humide. Enfin, pour assurer l'alimentation en eau potable du littoral ouest algérien, il a été décidé de construire une grande usine de dessalement d'eau de mer, d'une capacité de 500000 m³/j, non loin de la rive gauche de l'embouchure de la Macta. Ce projet d'envergure, en cours d'achèvement, risque d'avoir des effets négatifs sur l'écosystème marin. En effet, sans traitement préalable, les rejets d'eau seront très chargés en sel à la fin du processus de dessalement. Ils modifieront donc la composition chimique des eaux littorales et impacteront ainsi les marais de la Macta, du fait des intrusions salines dans les nappes côtières. (T. GHODBANI, 2009).

Face à la pression anthropique (Fig. 5) et depuis le classement de la zone *humide* de la Macta en site Ramsar en 2001, une volonté de l'État se dessine en faveur de la protection de cet espace fragile. Toutefois les obstacles à cette nouvelle gestion conservatoire sont nombreux et les progrès très lents. (T. GHODBANI, 2009).

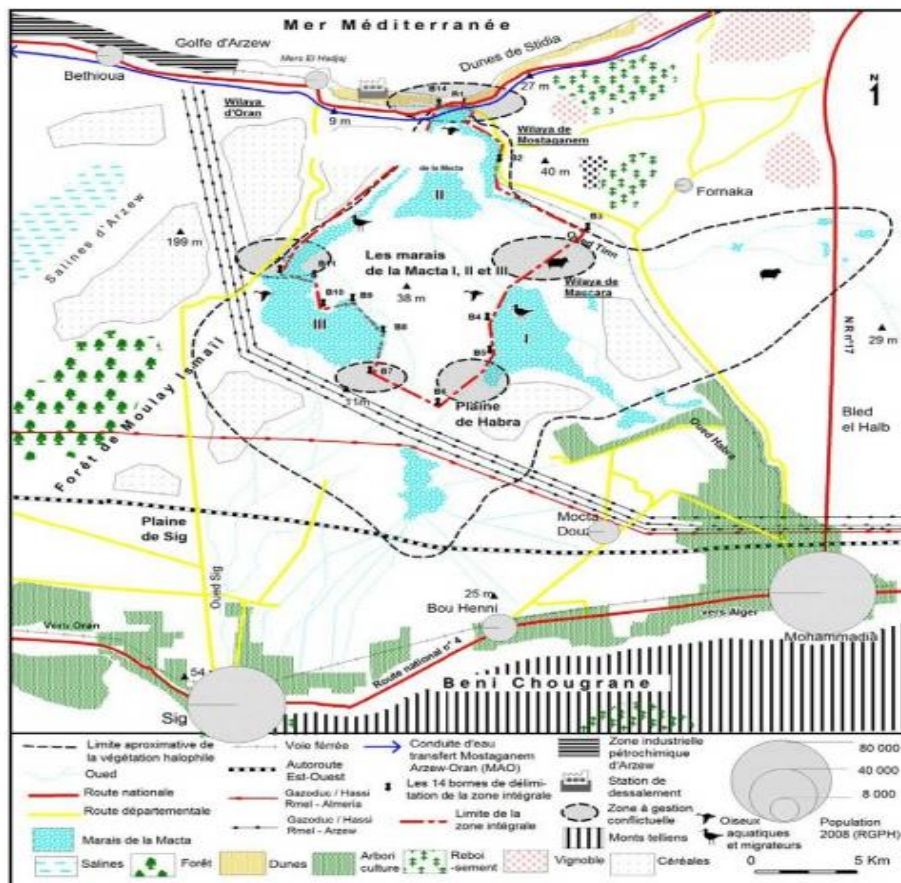


Figure 5 - Les diverses pressions sur l'environnement au niveau de la Macta.

Source : Cartes INC Sig et Mohammadia au 1/50000 et enquête de terrain 2009-2010.

II.5. Quelles solutions pour la protection durable de la zone humide ?

La gestion de la zone humide paraît compliquée, car elle est handicapée par la faiblesse des instruments de protection face aux enjeux fonciers et aux conflits d'usage. Dans cette situation, la protection ne peut être appréciée qu'à travers une stratégie globale intégrant tous les acteurs aux différentes échelles du territoire (**B. BRUN, 2000**). Cette stratégie, nous l'envisageons au travers de trois thèmes : l'approbation de nouveaux instruments de gestion ; l'intégration de tous les acteurs dans le projet de protection ; enfin, la mise en œuvre sur le terrain de solutions techniques efficaces.

a. La participation de tous les acteurs

L'intégration des acteurs dans la prise de décision est indispensable pour réduire les conflits d'usage. Un processus de négociation pourra alors être lancé pour rapprocher les points de vue et proposer si nécessaire des mesures de compensation en cas d'interdiction d'accès ou d'exploitation de certaines portions de la Macta. Cette gestion participative devra impliquer la population locale comme acteur principal et incontournable dans le développement durable de la région. Cette population, selon notre enquête, affiche un niveau élevé de conscience environnementale et manifeste une parfaite connaissance des enjeux relatifs aux ressources naturelles. À titre d'exemple, sur une question relative à la représentation de la zone humide, nous avons dégagé cinq grands groupes de réponses : 60 % ont répondu que la Macta est un milieu humide et dynamique, d'eau courante et/ou stagnante, et de régulation hydraulique ; 14 % perçoivent la zone des marais comme un espace de biodiversité et un support à beaucoup d'espèces végétales et animales ; 11 % se représentent la Macta comme une zone riche en ressources naturelles et en potentialités économiques ; 6 % ont répondu que la Macta est un espace de concurrence et de rapports conflictuels entre les différents usagers ; enfin, 1 % perçoit la zone humide comme une contrainte à l'urbanisation et qu'il faut donc assécher. Cette même population propose plusieurs solutions pour une gestion plus efficace de la Macta (Tab. 4). (**T. GHODBANI, 2009**).

Tableau 4 - Les avis de la population enquêtée sur la protection de la zone humide de la Macta (source: enquête de terrain réalisée en 2009).

Le maintien de la biodiversité biologique	14 %
Plus d'attention de la part des autorités locales	15 %
La mise en réserve naturelle et le gardiennage	20 %
Atténuer la pression sur les ressources naturelles	20 %
La maîtrise de la pollution	10 %
La restauration écologique des zones perturbées	8 %
Pas de réponse	12 %

L'implication des acteurs privés doit se faire par l'intermédiaire d'associations susceptibles de contribuer à l'encadrement des actions de restauration écologique (reboisement, lâchers d'oiseaux, signalement d'infractions, *etc.*) ou de mener des campagnes de sensibilisation et d'aide aux usagers dans la mise en œuvre du plan de gestion de la réserve. Des collaborations avec des ONG et des universitaires peuvent être envisagées. (T. GHODBANI, 2009).

b. Mise en place d'un plan de restauration écologique

Pour la réhabilitation de la zone humide et de ses multiples écosystèmes, un plan de restauration écologique doit être conçu. Ce plan de restauration devra intégrer, au-delà des trois zones humides de la Macta, l'ensemble du bassin versant.

Les solutions techniques devront viser à l'amélioration de la situation hydraulique, notamment par la multiplication des lâchers d'eau de barrages et l'enlèvement de quelques digues bordant les oueds Macta, Tinn et Habra. L'augmentation du niveau d'eau dans les marais et peut être l'inondation des surfaces auparavant asséchées, dont les terres excédentaires, permettra une régénération graduelle de la biodiversité et repoussera les *gueblisloin* des zones des marais. Ces actions, suivies par les gestionnaires de la réserve naturelle, devront être conformes à un dispositif d'intervention élaboré sur les court, moyen et long termes. Des mesures d'accompagnement pourront être envisagées, notamment l'endiguement des agglomérations pour les protéger contre d'éventuelles inondations survenant à l'issue de l'ouverture des digues et l'introduction de l'aquaculture dans le cadre de concessions de terrain aux jeunes demandeurs d'emploi. L'utilisation de l'eau des barrages pour ces opérations devra être compensée par de nouveaux apports issus de la station de dessalement de Mers el Hadjadj, qui entrera en production en 2013. À l'échelle du bassin versant, le plan de restauration écologique devra veiller à mettre en place un système de contrôle de la pollution et mener en

parallèle des actions de réhabilitation des zones altérées par les rejets d'eaux usées. Enfin, une révision des plans d'urbanisme conçus pour les agglomérations des bassins versants en général et de la zone humide de la Macta en particulier, devra être réalisée pour plus de durabilité dans les actions de protection. (T. GHODBANI, 2009)

II.6. Embouchure de OUED AL MACTAA

1- Situation

OUED AL MACTAA est un fleuve côtier (ouest Mostaganem , est Arzew) il est formé par la réunion de deux cours d'eau , SIG et L'HABRA son cours est entouré de MARAIS (20000 ha)



Figure 6–image satellitaire au niveau de la Macta.



Photo 4 -. OUED AL MACTAA VUE HORIZONTALE (prise le 24/03/2015 BELHACHEMI AHMED)

2- Embouchure

L'embouchure est la zone extrême des cours d'eau inférieur de l'OUED au niveau de la quelle ce dernier se divise en lui apportant des quantités considérable de sable de boue et de galet.



Photo 5 - EMBOUCHURE D'OUED AL MACTAA (prise le 24/03/2015 BELHACHEMI AHMED)

III.1. Paramètres physico-chimiques

1. La température (°C)

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces, paramètre nécessaire à la détermination de la stratification verticale et de la circulation océanique. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. Ainsi, la saturation des gaz dissous est fonction de la température et la mesure du pH requiert la connaissance de la température.

Dans les eaux océaniques, la température décroît de la surface vers le fond où elle varie de 0 à 2,5°C selon le lieu. Particularité méditerranéenne, l'étroit plateau continental donne accès aux eaux profondes à peu de distance de la côte avec, en dessous de 200 m de profondeur, une température d'environ 13 °C. La température des eaux marines de surface suit le cycle des saisons. L'eau de surface se réchauffe dès le printemps et, si les courants ne sont pas suffisamment intenses, une couche moins dense se crée, « isolant » les eaux sous-jacentes. Ce phénomène est accentué par les dessalures aux embouchures fluviales. Limitant les échanges avec l'atmosphère, il peut favoriser l'anoxie* des eaux de fond en milieu peu profond, enrichi en matières organiques (AMINOT, 2004).

2- salinité (S‰)

La première définition résulte de la technique reproductible de (Sorensen 1902); La salinité est la masse, en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée (AMINOT, 2004).

Mais la méthode correspondant à cette définition n'était pas applicable en routine. Cela a conduit à la notion de chlorinité (Sorensen, 1902) reposant sur la proportionnalité, énoncée par (Dittmardès 1884), entre les principaux constituants du sel de l'eau de mer. Le chlorure, qui représente 55% de la salinité, pouvait être dosé précisément en routine par argentimétrie. Cependant, pour ne pas que la valeur de la chlorinité d'une même eau de mer soit liée aux déterminations successives des masses atomiques de l'argent et du chlore, (Jacobsen & Knudsen, 1940) ont redéfini la chlorinité.

la chlorinité était convertie en salinité selon:

L'amélioration de la connaissance des caractéristiques de l'eau de mer, une nouvelle relation est entrée en vigueur en 1969; $S‰ = 1,80655 \times Cl$

Cette nouvelle expression concordait avec l'ancienne pour la salinité de 35,000. La salinité est le descripteur indispensable en milieu maria normalement associé à la mesure de la température. Les applications de la mesure de la salinité diffèrent en milieu côtier par rapport au milieu océanique.

En océanographie physique, la mesure très précise de la salinité (couplée à la température) sert à calculer la masse volumique de l'eau de mer. Paramètre nécessaire à la connaissance de la circulation océanique. Pour caractériser les masses d'eau (essentiellement océaniques) et étudier leur mélange, on utilise les diagrammes température-salinité. En milieux côtiers et estuariens, la salinité est le traceur idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer. Du fait de sa conservation, on s'y réfère pour connaître le comportement des éléments dissous dans les estuaires. En outre, comme la salinité y varie dans de larges gammes, elle peut constituer un critère de répartition des espèces vivantes (AMINOT, 2004).

3. Le potentiel hydrogène (PH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion a été introduite par **Sorensen en 1909** qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ (**PH = $-\log CH$**)

En l'absence d'influences externes, le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. En retour, il influence de nombreux processus chimiques ou biologiques en régulant, d'une part, les concentrations ou la spéciation d'espèces mineures telles que les métaux (précipitation, dissolution, complexation), d'autre part, les réactions enzymatiques, très sensibles à de petites variations de ce facteur. Les effets du pH sur les organismes marins ont ainsi été mis en évidence par de nombreux travaux (**Knutzen, 1981 ; Hinga, 2002**) (AMINOT, 2004).

Le pH de l'eau de mer en contact avec l'atmosphère reste ainsi dans une étroite fourchette, de l'ordre de 8 à 8,3. Il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO_2 , ou la reminéralisation de la matière organique, productrice de CO_2). Les variations qui en découlent dépassent rarement 2 à 3 dixièmes d'unité de pH.

Dans les estuaires, le pH peut varier dans de larges gammes du fait du mélange avec les eaux douces. En effet, la teneur et la composition en minéraux dissous dans les eaux douces sont très variables et plusieurs systèmes chimiques, notamment les silicates, interviennent en complément des carbonates dans la fixation du pH, généralement inférieur à celui de l'eau de mer. En outre, l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel (AMINOT, 2004).

4. La conductivité électrique (μs) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Rodier et al. 2005), La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot et Kérouek 2004), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (Ramade, 2000). La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau. L'unité de conductivité est le micro-Siemens par mètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$) (Rodier et al, 2005). La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité, mais les conditions de mesure sont alors plus complexes. Dans ce cas, la conductivité d'un échantillon est déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 % (Rodier et al, 2005).

3. Les paramètres indicateurs de pollution

a-La matière en suspension (MES)

La définition des matières en suspensions (Afnor, 1999a) indique qu'il s'agit des « matières éliminées par filtration soit centrifugation dans des conditions définies ».

Selon Ivanoff, 1972 : « En plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en Suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivante ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, débris déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique » (AMINOT, 2004).

C'est pourquoi, la connaissance de la matière en suspension est importante pour l'étude des milieux aquatiques. D'une part, les particules réduisent la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique, d'autre part elles présentent une surface de courant importante pour des échanges physico-chimiques ou biologiques avec une source nutritive non négligeable pour la faune (AMINOT, 1983).

Les teneurs les plus élevées sont rencontrés à proximité des côtes estuaire et plages, ou elles sont le résultat de l'association de nombreux phénomènes physiques tels que l'érosion, les transports par les voies atmosphériques, peut-être de rejet anthropique ou d'un remaniement du sédiment par les courants marins. Les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de milligrammes par litre dans les estuaires, et peuvent atteindre jusqu'à plusieurs grammes par litre.

Leur présence dans le milieu marin affecte la photosynthèse en réduisant la transparence des eaux (AMINOT, 1983)

En général, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption ; ainsi sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes,

b -L'oxygène dissous (O₂) :

Ce paramètre détermine la qualité du milieu, et gouverne la plus part des processus biologiques des écosystèmes aquatique (Aminot et Chaussepied, 1983), C'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer sur le plan quantitatif. La mesure de ce paramètre concerne exclusivement la mesure de l'oxygène moléculaire (O₂) en solution. Sa concentration et sa saturation dans l'eau de mer est régie par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques:

- Echanges à l'interface air-océan ;
- Utilisation dans les réactions d'oxydation chimique ;
- Diffusion et mélange au sein des masses d'eau;
- Utilisation par les organismes aquatique pour la respiration et photosynthèse ;
- Utilisation dans les phénomènes de photo-oxydation ;
- Production in situ par la photosynthèse.

La concentration de l'oxygène de l'eau est sous influence des processus biologiques. Ces derniers permettent soit :

- Sa saturation dans les zones eutrophes (accroissement important du phytoplancton) ;
- Ou sa sous-saturation dans les zones riches en matières carbonées (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (Aminot et Chaussepied, 1983).

Dans le cas de leur absence, sa concentration dans l'eau de mer en contact de l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation (Aminot et Kérouel, 2004).

C'est un paramètre utilisé essentiellement pour les eaux de surface. Au niveau de la mer à 20°C, la concentration en oxygène en équilibre avec la pression atmosphérique est de 8,8 mg/l d'O₂ à saturation.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène. L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau.

c-La turbidité (NTU)

Selon **Wezernak et Polcyn (1975)** qui retient la définition du manuel de American Public Health Association : « La turbidité traduit la propriété optique responsable de la dispersion et de l'absorption de la lumière plutôt que sa transmission en ligne droite à travers l'échantillon ». La norme ISO 7027(**Afnor, 1999**) définit la turbidité comme « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substance non dissoutes ».

- La turbidité permet de déterminer la transparence de l'eau, c'est-à-dire la pénétration de la lumière. Sa connaissance et son importance permet de :
- déterminer l'épaisseur de la couche photosynthétique (la zone euphorique).
- Apprécier la quantité des matières en suspension.

Ces dernières sont de très faible dimension composées d'argile, de limon, de particules organiques, de plancton et de divers autres organismes microscopique, qui peuvent être d'origine naturelle ou anthropique (US EPA, 1999).

La turbidité est exprimée en UTN (ou NTU) (Unité de Turbidité Néphélométrique), elle est variable selon les saisons. Dans les eaux côtières, sa valeur est de l'ordre de 0,5 à 5 NTU,

d- Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) (mg/l).

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène qu'une eau a besoin pour oxyder biologiquement la matière organique polluante par les microorganismes aérobies pendant 5 jours (**Copin-Montégut ; 1996**). Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une résiduaire, il est utilisable :

- Soit pour quantifier la charge polluante organique de l'eau.
- Soit pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel.
- Soit pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique.

e-Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/l).

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène (en milligramme) qu'un échantillon a besoin pour s'oxyder chimiquement. Le test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement des eaux usées. La DCO constitue la mesure de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène en partie les sels minéraux oxydables, les sels de métaux et la majeure partie des composés organiques, elle permet donc d'évaluer la quantité totale de pollution organique. Elle est moins représentative que la DBO de la décomposition des matières organiques qui a lieu dans le milieu naturel mais est rapide (**Rodier ; 1996**).

h- La matière organique (MO) (mg/l).

Dans les eaux, la matière organique se trouve sous les formes dissoutes et particulaire dont les proportions et le devenir varient beaucoup d'un type de milieu marin à l'autre. La matière organique est intimement liée aux activités biologiques, soit comme résultat de la synthèse de la biomasse, soit comme source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires, phytoplancton). Dans les zones riches en matière organique, sa présence fait courir au milieu un risque d'hypoxie, le risque étant plus grand quand cette matière organique est facilement dégradable par les bactéries (Aminot et Kérouel, 2004).

4. Les sels nutritifs

Il a été mis en évidence que les éléments qui risquent, le plus, de limiter la photosynthèse sont l'azote, le phosphore et silicium. De ce fait, ils sont appelés éléments nutritifs biolimitant. La richesse des eaux marines en ces éléments est signes de leur fertilité. Les organismes photosynthétisent leur substrats à partir des éléments présents dans le milieu marin, essentiellement, sous leur forme oxydée : CO_2 , H_2O , NO_3^- , PO_4^- et aussi Si(OH)_4 pour les organismes à testes siliciques.

Les sels nutritifs dans l'eau de mer peuvent provenir de deux sources principale : Source internes : sont représentées par l'azote, le phosphore et le silicium provenant des sédiments (qui constituent une importante réserve de la matière organique n'a pas le temps de se minéraliser avant son dépôt) d'une part et les remontées d'eaux profondes qui sont enrichies en sels nutritifs d'autre part.

Sources externes : sont représentées par les apports terrestres provenant des voies fluviales et directes d'une part, et les apports atmosphériques provenant des eaux de pluies d'autre part. Cette dernière source n'existe pas pour le phosphore.

Leur rôle en milieu marin réside dans le fait qu'ils forment un substrat chimique primordial pour le phytoplancton. Donc la richesse d'une eau marine en sels nutritifs reflète sa fertilité. Ce sont en outre des traceurs chimiques non conservatifs (gouvernés par les facteurs physiques, chimiques et biologiques) constituant 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, cycles biogéochimiques de certains éléments chimiques et autres, notamment, en Méditerranée.

a-L'azote

L'azote est présent sous de nombreuses formes minérales et organiques (degrés d'oxydation variables). Les apports depuis des sources externes au sol sont principalement sous forme de nitrates (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+) dans les engrais (et éventuellement les pluies) et sous forme d'azote organique dans les amendements organiques (Atteia, 2005).

b-L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source et oxydé par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations assez faibles, forme transitoire qui s'oxyde en milieu oxygéné en nitrite puis en nitrate. Lorsqu'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (Aminot, 1983).

c-Les nitrites (NO_2^-) (mg/l)

Dans le cycle de l'azote, les nitrites, au même titre que l'ammonium, sont considérées comme étant des ions en état transitoire, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelque micromole par litres d'azote nitreux (Aminot, 1983). Ces concentrations connaissent des variations saisonnières, en hiver, elles varient entre 0.5 et 1 $\mu\text{mol/l}$ puis suite au développement du phytoplancton, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (Aminot, 1983).

Les nitrites proviennent de l'excrétion directe ou l'oxydation des composées azotées excrétées.

d-Les nitrates (NO_3^-) (mg/l)

Les ions nitrates sont les plus stables en solution aqueuse. Dans le cycle de l'azote ils sont considérés comme la forme principale. Les nitrates proviennent de l'oxydation des nitrites sous l'action des bactéries du type nitrobacter.

L'intérêt des nitrates réside dans leur rôle d'indicateur de pollution et surtout leur rôle de fertilisant, puisque c'est essentiellement sous cette forme que les plantes assimilent l'azote. La concentration des nitrates dans l'océan varie d'une valeur faible ou nulle en surface à une teneur de 30 à 40 $\mu\text{mol/l}$ dans les eaux profondes océaniques.

III.1.2. Matériels et méthodes

❖ Choix des sites de prélèvement:

Les sites de prélèvement choisis afin de réaliser les analyses concernant les eaux de surface de oued el Mactaa et de la mer

❖ Prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués dans les deux stations mensuellement (prélèvement effectué une fois par mois). Les deux stations sont respectivement : oued Mactaa. Eau de mer

Les prélèvements sont effectués à 30 cm de profondeur dans des bouteilles en plastiques. Après les avoir rincées au moins 03 fois avec l'eau à prélever afin d'éviter toute contamination, puis sont transportés dans des glacières a température a 4°C pour inhiber l'activité microbienne surtout celles Gram négatifs

1. Mesure du PH

Le pH de l'eau a été mesuré par la méthode électrique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque WTW type pH 315 i/Set. L'électrode en verre, rincée à chaque fois, à l'eau distillée et légèrement essuyée est immédiatement plongée dans le flacon d'échantillon.

2. Température (°C)

Pour la température nous avons utilisés l'oxymétrie de type Oxii/Set. Cet appareil est muni d'une sonde électrique que l'on plonge dans l'eau de mer, ensuite les valeurs s'affichent par unité de °C.

3. Conductivité (μs)

L'analyse se fait directement à l'aide d'un conductimètre.

4 .Oxygène dissous (mg/l)

L'oxygène dissous peut-être mesuré par méthode chimique de Winkler (Aminot ; 1983) et (Rodier et al, 1996), mais on peut le mesurer sur le terrain par la méthode électrochimique en raison de sa rapidité. On utilise un oxymétrie de terrain de marque WTW type « Oxi330 i /Set .l'appareil est étalonné avant son utilisation. La valeur s'affiche sur un petit écran en mg/l avec une précision de ± 0.1 %.

5. Salinité (Practical Salinity Uni) (‰)

À l'aide du conductimètre on peut aussi mesurer la salinité in situ (PSU).

6. Turbidité (NTU)

a-Matériel de mesure

- Turbidimètre.
- Cuves de mesure: les cuves de mesure sont généralement spécifiques à un appareil.

Il est conseillé de nettoyer régulièrement l'intérieur avec le papier ou tissu prévu pour l'extérieur.

b- Etalons :

- **Eau de turbidité nulle.**

Cette eau sert à préparer les étalons primaires dilués, à diluer les échantillons trop turbides et à contrôler le blanc de turbidité.

L'eau déminéralisée de grande pureté, filtrée en sortie de l'appareil de production, peut être utilisée telle quelle. A défaut, filtrer une eau pure non colorée sur une membrane filtrante de 0.045m de diamètre de pore. Ne pas stocker cette eau.

- Etalon concentré de formazine (étalon à 4 000 FNU/NTU).

Les étalons à base de formazine permettent d'obtenir des suspensions stables et reproductibles, sous réserve de les préparer avec de l'eau à température ambiante (18-25°C). Dissoudre 5.00g de sulfate d'hydrazine (C₆H₁₂N₄, M= 140,2 g/mol) dans environ 400ml d'eau distillée.

Dissoudre 50.00 g d'hexaméthylène-térramine dans environ 400 ml d'eau distillée.

Introduire les deux solutions dans une fiole jaugée de 1litre, ajuster au volume, mélange puis laisser reposer 48h à 20-22°C afin que la suspension se développe. Cette suspension se conserve à température ambiante.

- Étalons primaires dilués.

Pour préparer les étalons primaires de travail, on dilue l'étalon concentré de turbidité avec de l'eau de turbidité nulle. La suspension à 4000 FNU est maintenue sous agitation magnétique pendant les prélèvements effectués à la pipette. Les étalons dilués ne sont pas stables plus de 2 jours à température ambiante. Au réfrigérateur, on peut conserver quelques semaines.

- Étalons secondaires

Ils ont une grande stabilité qui facilite le contrôle fréquent de l'étalonnage.

c-Mode opératoire.

Selon les notices techniques des fabricants (Aminot et al; 2004).

- L'étalonnage doit être fait systématiquement avant chaque série de mesure.
- L'appareil est calibré avec les étalons de formazine,
- l'étalonnage doit être effectué en 5 point au minimum.

- Les échantillons ne doivent pas être trop froids pour éviter la condensation sur les parois de la cuve.
- Homogénéiser l'échantillon avant la mesure en l'agitant intensément. Si le flacon est trop rempli, agiter une première fois, vider une petite fraction du volume puis agiter à nouveau fortement.
- Laisser les bulles d'air s'échapper (environ une minute) puis réhomogénéiser par quelques retournements lents du flacon.
- Transverse l'échantillon dans la cuve de mesure par écoulement non turbulent sur paroi (le volume préconisé par le fabricant).
- S'assurer de la propreté de toutes les faces optiques de la cuve de mesure ainsi que l'absence d'humidité et placer aussitôt la cuve dans l'appareil
- Effectuer la lecture après un bref délai lorsque le signal s'est stabilisé.

d-Blanc de turbidité :

Le blanc est à déterminer systématiquement avant chaque série de mesure puis régulièrement au cours de longues séries. On mesure le blanc de turbidité avec de l'eau à turbidité nulle. Pour les gammes basses, notamment, on attachera une attention particulière à la propreté des cuves ou des tubes contenant les étalons. Le blanc devrait rester < 0.1 FNU/NTU.

FNU : Formazine Nephelometric Unit.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

7. Matière en suspension

- **Principe de la méthode.**

La méthode consiste à faire passer l'eau à travers un filtre de retenir toutes les particules de taille supérieure à $0,45\mu\text{m}$. Le filtre est séché et pesé avant et après filtration. La différence des poids entre les deux pesées (P1, P2) permet de connaître la masse sèche totale de la matière en suspension dans le volume d'eau correspondant (Aminot et al ; 1983)

a- Appareillage et Mode opératoire.

Le filtre de type Wattman GF/C de diamètre 47mm.

Mettre les filtres au four à $450-500^{\circ}\text{C}$ pendant 1 heure, pour renforcer la rigidité et la solidité des membranes.

- Laver les filtres par l'eau distillée sous un très léger vide.
- Déposer les filtres dans des boîtes avec couvercles numérotés selon les stations de prélèvements, et les placer à l'étuve de marque NEMMERT à 70°C pendant 2 heures. Un dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius : Homogénéiser l'échantillon.

- Placer les filtres dans le dispositif de filtration .Verser 250ml de l'échantillon et appliquer le vide.
- Enlever les filtres et les mettre dans l'étuve (70°C pendant 2 h) pour le séchage. Une balance de précision 10-4de marque Denver Instruments M-220D :
- Peser les filtres vide (P1en mg).
- Peser les filtres après filtration (P2en mg).

b-Calcul et expression des résultats.

La concentration de MES est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (\text{P2} - \text{P1})/\text{V}$$

[MES] : Concentration de la matière en suspension (mg/l).

P1: Poids du filtre sec avant filtration (mg)

P2: Poids du filtre sec après filtration (mg).

V : Volume d'eau filtré.

8. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène DCO.

En milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure certaines matières contenues dans l'eau oxydées par un excès de dichromate de potassium sont dosées par le sulfate de fer et d'ammonium en présence d'un indicateur (ferroïne) (Rodier ; 1996).

a. Réactifs.

- Sulfate de mercure cristallisé HgSO_4
- Solution sulfurique de sulfate d'argent Ag_2SO_4
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium 0,25
 $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 ; 6 \text{H}_2\text{O}$
- Solution de dichromate de potassium 0,25 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
- Solution de ferroïne.

b. Étalonnage de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

- Mettre 5 ml de solution étalon de bichromate de potassium ; dans un bécher ; et compléter à 100ml avec la solution d'acide sulfurique. Titrer avec la solution de sulfate de fer.
- Laisser refroidir, ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne et déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer d'ammonium pour obtenir le virage au rouge, violacé.

c- Mode opératoire.

- Introduire 50ml de l'échantillon soigneusement homogénéisé dans un ballon de 500ml (contenant quelques billes pour la régulation de l'ébullition).
- Ajouter 1g de sulfate mercurique cristallisé.

- Ajouter 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.
- Ajouter 25ml de solution de bichromate de potassium 0.04mol /l.
- Avec précaution ajouter 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent en agitant par un mouvement circulaire le ballon et en refroidissant sur un courant d'eau froide.
- Porter à ébullition pendant deux heures sous réfrigérant à flux adapté au ballon.
- Laisser refroidir.
- Diluer à environ 350ml avec l'eau distillée.
- Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne.
- Titrer par la solution de sulfate de fer et d'ammonium jusqu'à obtenir le virage rouge violacé.
- Procéder aux mêmes opérations sur 50ml d'eau permutée.

d- Calcul et expression des résultats.

La demande en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litres est égale à :

$$DCO \text{ mg/l} = 8000(V_0 - V_1) T / V$$

- V_0 (ml) = Volume de sulfate de fer d'ammonium nécessaire pour le virage de l'échantillon.
- V_1 (ml) = Volume de sulfate de fer d'ammonium nécessaire à l'essai au blanc.
- T = Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.
- **V (ml) = Volume de la prise d'essai.**

9. Détermination de la demande biologique en oxygène pendant 5 jours

a-Principe

Sous l'action des microorganismes, résultent les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles par la dégradation des charges organiques polluantes.

La DBO5 : est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire, après incubation durant 5 jours, à 20°C, dans l'obscurité. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non (Rodier ; 1996).

b. Réactifs.

- Eau permutée (teneur en cuivre inférieur 0.01mg/l) exempte de chlore et de chloramines.
- Eau d'ensemencement constituée par une résiduaires urbaine fraîche filtrée sur filtre en papier plissé, prélevée dans un collecteur d'une zone résidentielle sans contamination industrielle significative.

- Eau de rivière , prélevée sur plusieurs kilomètres ,en aval d'une agglomération et stabilisée par une aération forcée pendant 24 heures , en prenant toutes précautions utiles pour ne pas la contaminer , notamment par l'addition de matière organiques , de matière oxydantes ou réductrices ou de métaux.
- Solution de phosphates :

Monohydrogèno phosphates de sodium ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 8.5g.

Dihydrogèno phosphates de potassium (KH_2PO_4) 2.8g.

Eau permutée qsp 1000ml.

Bien homogénéiser la solution

- Solution de sulfate de magnésium à 20g/l.
- Solution de chlorure de calcium à 25g/l.
- Solution de chlorure de fer à 1.5g/l.
- Solution de chlorure d'ammonium à 2g/l.
- Préparation de l'eau de dilution : L'eau de dilution est préparée à partir d'une eau permutée

c. Mettre dans un récipient

- ✓ Solution de phosphate 05ml.
- ✓ Solution de sulfate de magnésium 01ml
- ✓ Solution de chlorure de calcium 01ml
- ✓ Solution de chlorure de fer 01ml
- ✓ Solution de chlorure d'ammonium 01ml
- ✓ Eau permutée qsp 1000ml

Maintenir cette solution à 20°C et l'aérer tout en évitant toute contamination par des métaux, des matières organiques oxydantes ou réductrices. Arrêter l'aération dès que la solution contient 10mg/l d'oxygène dissous. Après repos pendant 12 heures (récipient débouché), ajouter 05ml d'eau d'ensemencement par litre de cette solution. Cette eau de dilution doit être utilisée dans les 24 heures.

d. Mode opératoire

- ✓ Mettre un volume connu d'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- ✓ Compléter avec de l'eau de dilution.
- ✓ Homogénéiser.

- ✓ Vérifier que le pH est compris entre 6 et 8. Dans le cas contraire préparer une nouvelle dilution en amenant le pH à une valeur, voisine de 7 par addition d'acide sulfurique ou d'hydroxyde de sodium puis compléter au volume.
- ✓ Remplir complètement un flacon avec cette solution.
- ✓ Bien boucher sans emprisonner des bulles d'air.
- ✓ Préparer également une série de dilutions successives, telle que la consommation d'oxygène soit voisine de 50% de la teneur initiale.
- ✓ Conserver les flacons à 20°C (+ ou -) 01°C et dans l'obscurité.
- ✓ Mesurer l'oxygène dissous subsistant au bout de 5 jours (120 heures).
- ✓ Pratiquer un essai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution (eau permutéeensemencée ou eau de rivière) et traiter deux fioles remplies de cette eau comme indiqué ci-dessous.
- ✓ Doser l'oxygène résiduel.
- ✓ Au cours de cet essai-témoin ; la consommation d'oxygène doit se situer entre 0.5 et 1.5g/l.
- ✓ Dans le cas contraire, l'ensemencement par l'eau de dilution n'est pas convenable et il est nécessaire d'en modifier la préparation.

e-Calculs et expressions des résultats.

Soit :

D0: Teneur en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au début de l'essai.

D5: Teneur moyenne en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au bout de cinq (05) jours d'incubation.

T0: Teneur en oxygène (mg/l) de l'une des dilutions de l'échantillon au début de l'essai.

T5: Teneur en oxygène (mg/l) de l'une des dilutions de l'échantillon au bout de cinq (05) jours d'incubation

F : Facteur de dilution tel que :

$$0.4 T_0 < T_0 - T_5 < 0.6 T_0$$

La demande biochimique en oxygène exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale :

$$BO_5 = F(T_0 - T_5) - (F-1) (D_0 - D_5)$$

10. Dosage des sels nutritifs.

a- Principe de dosage des sels nutritifs.

La colorimétrie

Est une méthode de dosage chimique basée sur une réaction de coloration pendant laquelle le mélange entre sel et les réactifs spécifiques aboutit à une solution finale qui tend vers une certaine coloration, et par conséquent, absorbe l'énergie lumineuse est d'autant plus important que la coloration de la solution est plus intense. Cette coloration est à son tour d'autant plus intense que la solution est plus concentrée.

Le principe de la colorimétrie obéit à la loi de BEER LAMBERT

Loi de BEER LAMBERT: un faisceau de lumière monochromatique qui traverse une solution ou un milieu de longueur (l) sera en partie absorbé par la solution et transmis après avoir traversé cette même solution. La quantité de lumière absorbée par la solution appelée absorbance (A) ou densité optique (DO) obéit à la loi de BEER LAMBERT qui s'exprime par l'expression suivante :

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon \cdot l \cdot c$$

Où:

- I_0 et I : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.
- ϵ : le coefficient d'extinction molaire d'une substance.
- l : la longueur de la solution ou milieu traversée par le rayonnement.
- c : la concentration de la solution absorbante.

b- L'analyse des sels nutritifs.

Les réactifs, les solutions étalons, et les protocoles de dosage pour chaque élément nutritif sont réalisés selon les protocoles décrits par (Aminot et al ; 1983).

10.1. Dosage de l'azote ammoniacal NH_3^+

La méthode décrite mesure la totalité de l'azote ammoniacal, soit N-NH_3^+ + N-NH_3

Il s'agit de la méthode Koroleff (1969)

Dans un premier, l'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique.

Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbe à 630 nm

a- Les réactifs.

❖ **Réactifs 1** : Solution de phénol-nitroprussiate.

Pour 1 L de réactifs :

- ✓ Dissoudre 35g de phénol et 400mg de nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}, 2\text{H}_2\text{O}$) dans l'eau distillée et compléter à 1000 L.
- ✓ Ces réactifs doivent être conservés au réfrigérateur et à l'abri de la lumière.

❖ **Réactifs 2** : Solution alcaline d'hypochlorite.

Pour 1 L de réactifs :

- ✓ Dissoudre 280 g de citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$) et 22 g de soude dans environ 800 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspond à 1,4 g de chlore, soit : 44 ml d'une solution à 10 degrés chlorométriques ou 40 ml d'une solution normale.
- ✓ Compléter à 1000 ml.
- ✓ Solution étalon primaire d'ammonium.
- ✓ Sécher 1 h à 110°C du sulfate d'ammonium de pureté analytique, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- ✓ Dissoudre 0.661 g dans 1000 ml d'eau distillée, 1 ml contient 10 mol/l de N-NH₄⁺.
- ✓ Cette solution est indéfiniment stable au réfrigérateur.
- ✓ Solution étalon secondaire d'ammonium.
- ✓ Diluer 20 fois la solution étalon primaire avec de l'eau distillée.
- ✓ Ajouter du chloroforme de 1 mol/l de N-NH₄⁺.

Elle est stable pendant une semaine au réfrigérateur, mais il est préférable de la préparer juste avant l'usage. 1 ml contient 0,5 mol/l de N-NH₄⁺.

b. Etalonnage.

Introduire dans des fioles jaugées de 500ml , 0,1-0,2-0,4-1-2,5-5-10-20-25-30ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec l'eau distillée pour obtenir les concentrations présentées respectivement comme suit : 0,1-0,2-0,4-1-2,5-5-10-20-25-30 μ mol/l.

Analyser ces solutions selon le mode opératoire de l'azote ammoniacal. Après avoir les absorbance, tracer la courbe d'étalonnage

c. Mode opératoire :

- Prendre 100ml de l'échantillon dans le flacon de réaction.
- Ajouter 3ml du réactif 1.
- Boucher et agiter pour mieux homogénéiser.
- Ajouter sans attendre 3 ml de deuxième réactif.
- Boucher et agiter à nouveau.
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 heures ou mieux pendant une nuit.

Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport à l'eau distillée

10.2. Dosage de l'azote nitrite NO₂⁻

La méthode décrite, fondée sur la réaction de Griess, et appliquée à l'eau de mer par Bendschneider et Robinson (1952).

Les ions nitrite forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide (pH < 2), puis le diazoïque réagit avec le N-naphtyl-éthylènediamine pour former le colorant rose absorbe à la longueur d'onde de 543 nm.

a-Les réactifs :

❖ **Réactifs 1**

Solution de sulfanilamide. Pour préparer 500 ml de réactifs :

- Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré (d= 1,18) dans 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml. Cette solution est stable indéfiniment

❖ **Réactifs 2**

Solution de N-Naphtyl-Ethylènediamine.

- Dans 500 ml d'eau distillée, dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine.
- La conserver au froid et à l'abri de la lumière, et la renouveler dès qu'il s'y développe une coloration brune.

Solution étalon primaire de nitrite :

- Sécher à 110°C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre NaNO₂

- Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1 000ml et ajouter 1ml de chloroforme.
- Transformer la solution dans un flacon en verre brun.
- Conservée au froid et à l'abri de la lumière, stable pendant 1 à 2 mois.

Solution étalon secondaire de nitrite.

- Pour obtenir la solution secondaire, diluer 100 fois la solution étalon primaire.

Cette solution doit être préparée extemporanément.

b- Etalonnage.

- Introduire, dans des fioles jaugées de 500 ml, 1-2-5-10ml de l'étalon secondaire et compléter à 500ml avec l'eau distillée, afin d'obtenir la gamme de concentrations : 0,1-0,2-0,5-1 $\mu\text{mole/l}$.
- Faire l'analyse de ces étalons selon le processus décrit pour l'azote nitreux.
- Mesurer l'absorbance et tracer la courbe d'étalonnage.

Cette solution doit être préparée extemporanément.

c-Mode opératoire.

Dans une éprouvette de 50 ml rincer par l'eau d'échantillon, introduire 50 ml de l'échantillon à analyser.

- Ajouter 1ml de réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 minutes.
- Ajouter 1ml du réactif 2 et mélanger à nouveau.
- Attendre 10min mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543nm, comme référence prenait l'eau distillée.

10.3. Dosage de l'azote nitrate NO_3^- .

La méthode retenue est celle fondée sur le dosage des ions NO_2^- obtenus par réduction quantitative des ions NO_3^- .

On réalité on mesure la somme des concentrations des ions NO_3^- et NO_2^- .

Par déduction de la concentration en nitrite, déterminé sans réduction, on obtient la concentration en nitrate

La réduction est effectuée par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood et al1967).

a. Les réactifs.

❖ **Réactifs 1 :** Solution de sulfanilamide.

Le même réactif pour l'analyse des ions nitrites.

❖ **Réactifs 2 :**

Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.

Même réactif que pour l'analyse des ions nitrite.

Solution étalon de nitrite :

Même solution que pour l'analyse des ions nitrite.

Solution étalon de nitrate :

- Dissoudre 0,0506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1L d'eau distillée,
- ajouter 1ml de chloroforme.
- Conservée au froid et à l'abri de la lumière et stable plusieurs mois.

Solution concentrée de chlorure d'ammonium.

- Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium NH_4Cl par litre de l'eau distillée

b. Etalonnage.

- Introduire, dans des fioles jaugées de 500 ml 0,25-1-1,5-2-2,5ml de la solution étalon de nitrite et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentrations 2,5-5-10-15-20-25mol/l.
- Prendre 50 ml de chacune de ces solutions, ajouter 1 ml de solution concentrée de NH_4Cl et mélanger.
- Poursuivre les analyses sur chacune de ces solutions selon le processus suivis pour le dosage des nitrates.
- Mesurer l'absorbance et tracer la droite d'étalonnage

c-Mode opératoire.

Analyse de la concentration totale nitrite + nitrate.

- Prendre 100ml d'échantillon, ajouter 2 ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5 ml de cette solution dans la colonne et les laisser écouler (cette procédure diminue les risques d'interférences entre échantillon successifs).
- Verser le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 30 premiers millimètres.
- Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millimètres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml d'effluent.

- Ajouter aussitôt 1 ml de réactifs 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 80 min
- Ajouter 1 ml du 2 réactifs, mélanger.
- Attendre au moins 10mins mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesure l'absorbance à 543 nm, par rapport à l'eau distillée.

IV- Analyse physico chimique

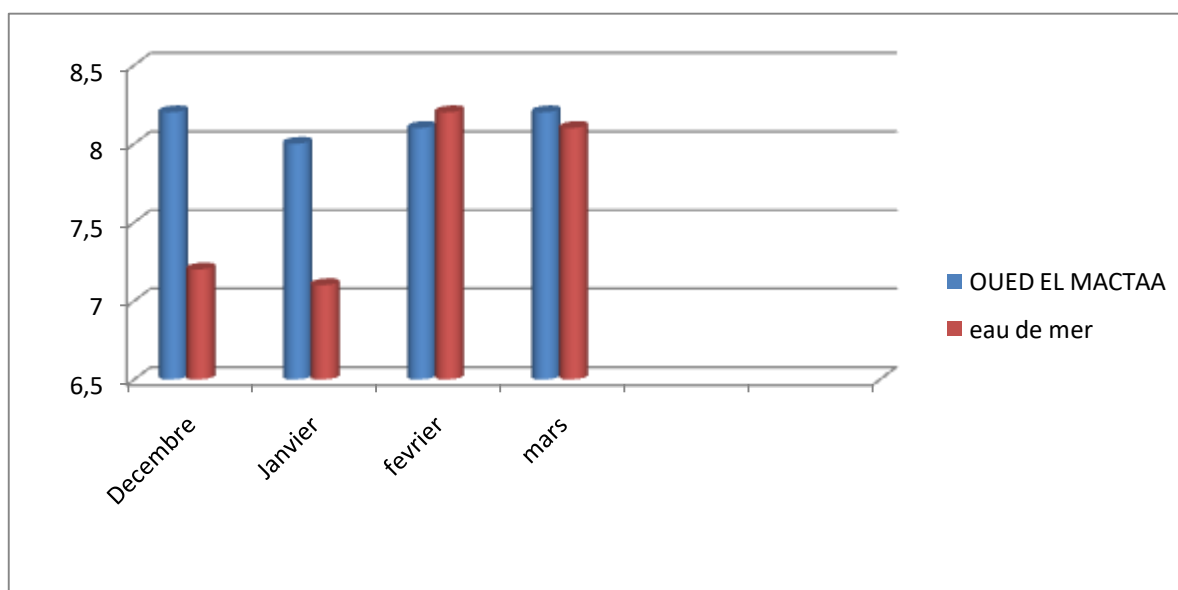
❖ facteurs physico-chimiques

1 / PH

La variation du PH au niveau des deux sites de la station

Tableau 1: représente la variation du PH au niveau des deux sites de la station

Sites mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	8,6	7,2
Janvier	8	7,1
Février	8,1	8,2
Mars	8,2	8,1



Histogramme de la variation du PH au niveau de l'oued, l'eau de mer

L'histogramme montre une variation du PH durant les quatre mois d'études entre 7,1 – 8.6 ce qui indique un PH alcalin du a la présence de microorganismes et d'éléments d'origine naturelle en provenance des roches, des sols.

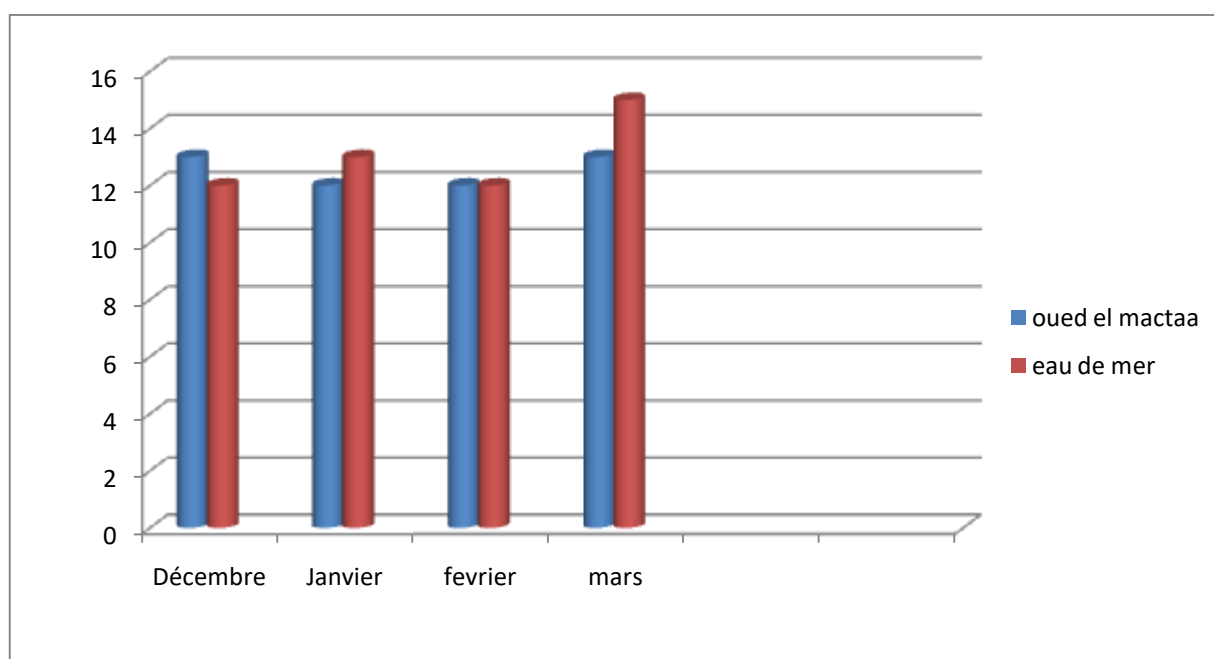
Les apports résultants des activités humaines, agglomérations, industrie et agriculture. Les résultats montrent un PH alcalin au niveau de l'oued et l'eau de mer. Le mois de février- Mars le PH varie entre 8.1- 8.2 au niveau de l'Oued et l'eau de mer. Le changement climatique, la pluviométrie a un effet sur certains éléments qui se trouvent au niveau de l'Oued ; ceux-ci modifient le PH qui semble être alcalin et qui est très suggestif à la présence de microorganismes au niveau de l'Oued vers l'eau de mer.

2/température (°C)

Variation de la température au niveau des deux sites de la station

Tableau 2: représente la variation de la température au niveau des deux sites de la station

Sites mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	13	12
Janvier	12	13
Février	12	12
Mars	13	15



Histogramme de la variation de la température au niveau de l'oued, l'eau de mer

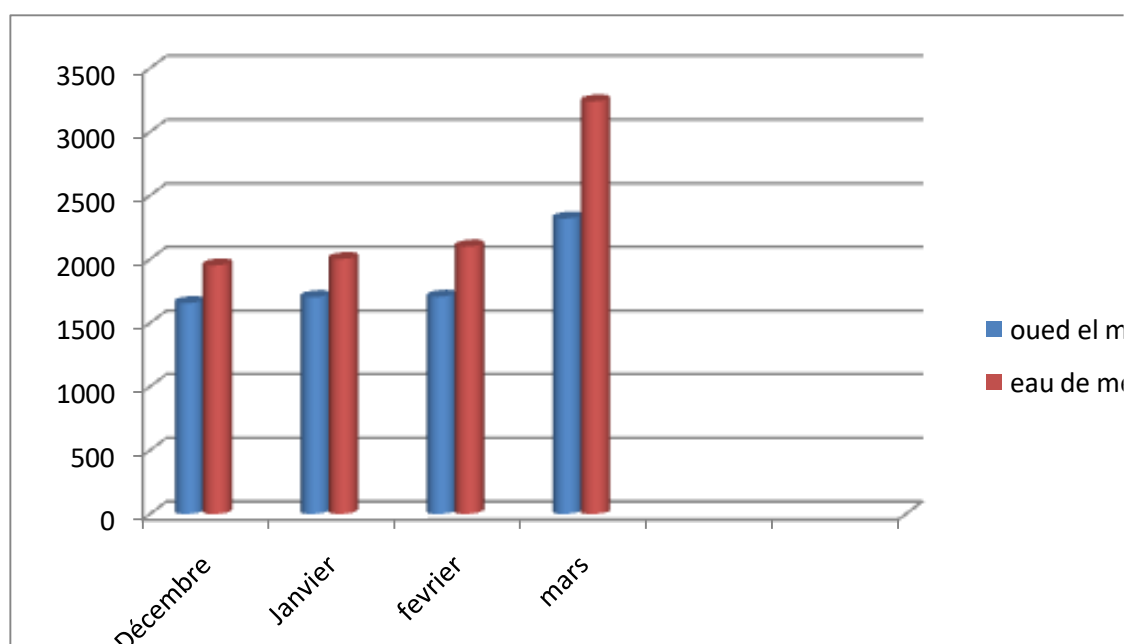
L'histogramme 2 montre une légère variation de la température. Le mois de février au niveau de l'oued et l'eau de mer 12 °C, contrairement au printemps où on remarque une hausse de la température au niveau de l'eau de mer par rapport à l'oued. La température élevée s'accompagne d'une modification de la densité d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation) une diminution de la solubilité des gaz (O₂) et la prolifération intense des algues.

3/Conductivité (µs)

Variation de la conductivité au niveau des deux sites de la station

Tableau 3: représente la variation de la conductivité au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	1656	1952
Janvier	1703	2002
Février	1706	2100
Mars	2320	3240



Histogramme de la variation de la conductivité au niveau de l'oued, l'eau de mer

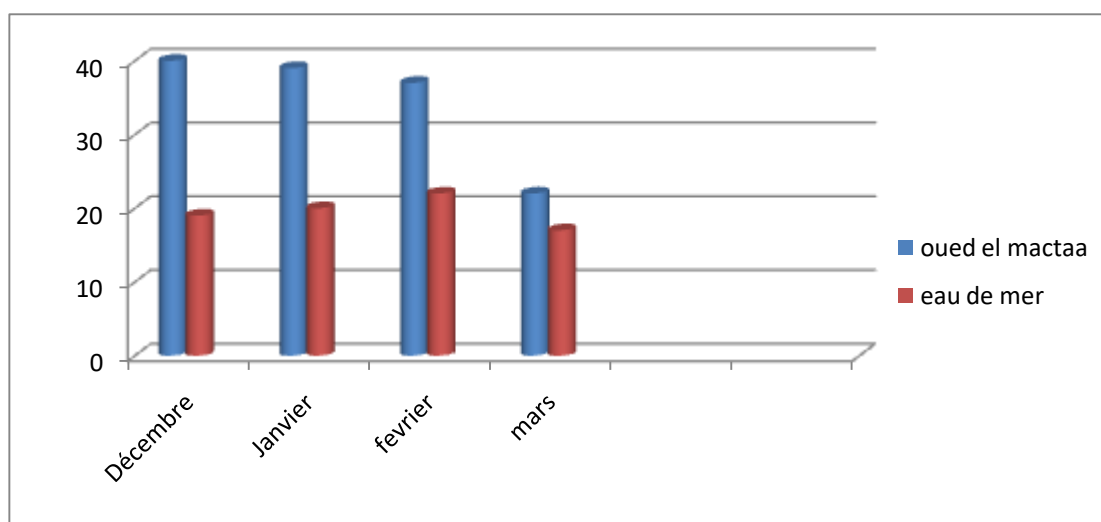
La conductivité électrique de l'eau de mer est mesurée par un conductimètre pour chaque échantillon durant les six mois. Les valeurs de conductivité permettent d'avoir une idée sur la minéralisation globale de l'eau. Le mois de février – mars des valeurs élevés au niveau de l'eau de mer par rapport a l'oued. L'augmentation de la conductivité dans l'eau de mer peut être du à l'augmentation de la productivité des rejets accumulés au niveau de l'oued qui sont conduits vers l'eau de mer.

4/Turbidité (NTU)

Variation de la turbidité au niveau des deux sites de la station

Tableau : représente la variation de la turbidité au niveau des deux sites de la station

Sites mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	40	19
Janvier	39	20
Février	37	22
Mars	22	17



Histogramme de la variation de la turbidité au niveau de l'oued, l'eau de mer

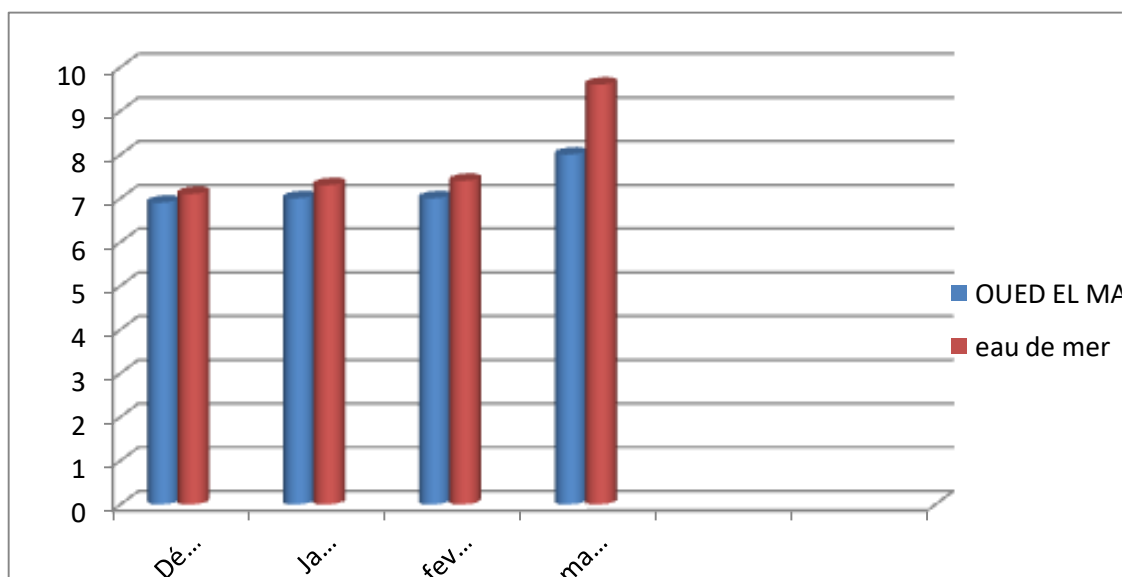
La turbidité durant les quatre mois est élevée au niveau de l'oued par rapport à l'eau de mer. Le changement climatique, la pluviométrie et les vents sont impliqués provoquant une présence de la matière en suspension (argiles, limons, grains de silices, matière organiques). Les eaux superficielles ont une turbidité élevée par rapport à l'eau de mer.

5/ Oxygène dissous (mg/l)

Variation de l'oxygène dissous au niveau des deux sites de la station

Tableau 5: représente la variation de l'oxygène dissous au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	6,9	7,1
Janvier	7	7,3
Février	7	7.4
Mars	8	9.6



Histogramme de la variation de l'oxygène dissous au niveau de l'oued, l'eau de mer

Une variation de la quantité d'O₂ dissous est remarquable du mois de décembre au mois de février entre 7 – 7.4 (oued, eau de mer). Le mois de Mars les teneurs on O₂ dissous sont élevés en mer par rapport à l'oued.

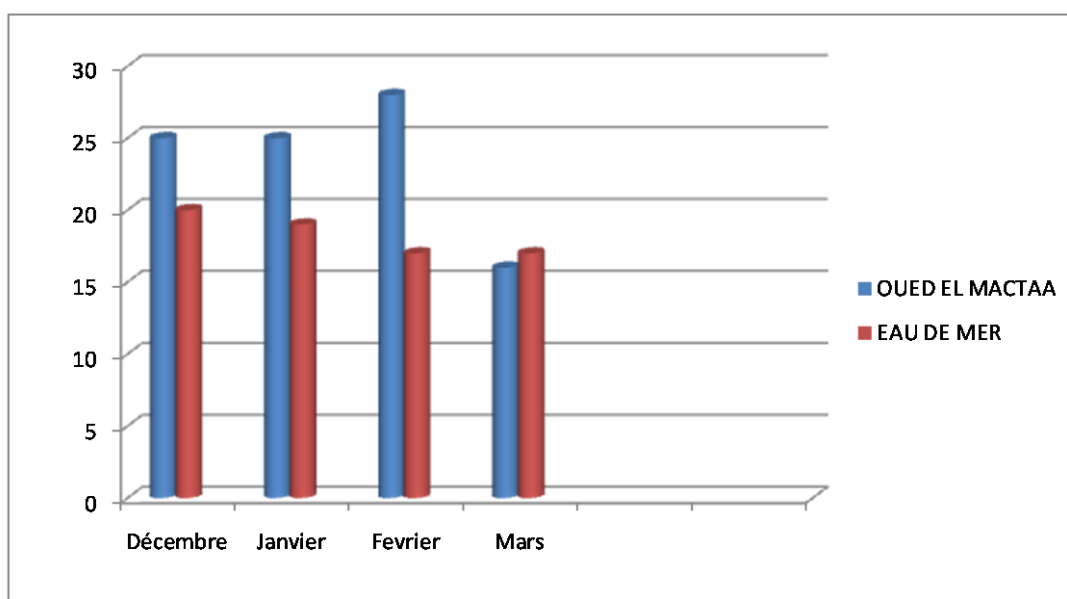
Au printemps les températures sont légèrement élevées donc les teneurs en O_2 dissous en eau de mer augmentent à cause de la prolifération des phytoplanctons autotrophes qui synthétisent des substances organiques en dégageant de l' O_2 . Le changement du taux d'oxygène dissous dans l'eau est dû à plusieurs facteurs en particulier la pression atmosphérique et la salinité ; l' O_2 dissous est aussi fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation.

6/Matière en suspension (MES)

Variation de la Matière en suspension (MES) au niveau des deux sites de la station

Tableau 6 : représente la matière en suspension au niveau des deux sites de la station

Sites mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	25	20
Janvier	25	19
Février	28	17
Mars	16	17



Histogramme de la variation de la (MES) au niveau de l'oued, l'eau de mer

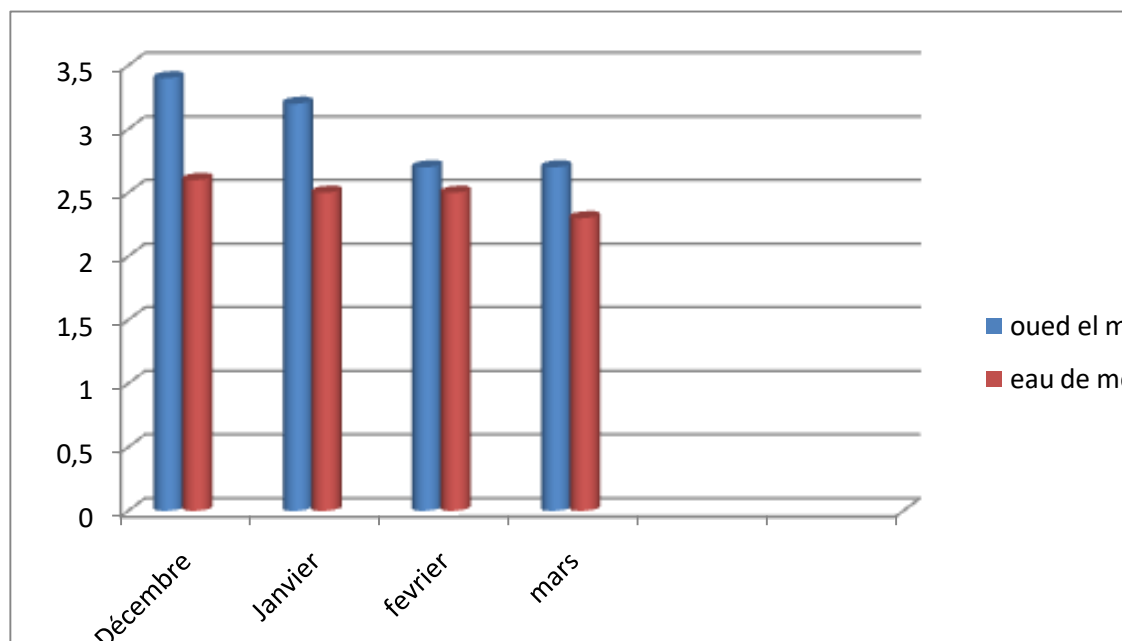
Les teneurs en matières en suspension dans les deux stations varient légèrement en hiver les teneurs sont élevées au niveau de l'oued, eau de mer. Le lessivage des terres par la pluviométrie engendre une forte concentration des composés minéraux organiques. Le mois de mars, les teneurs diminuent légèrement au niveau des deux stations, la température saisonnière influe sur les êtres vivants ainsi la prolifération et la multiplication favorise la dégradation de la matière en suspension.

a7/ Nitrates (NO_3^-) (mg/l)

Variation des nitrates au niveau des deux sites de la station

Tableau 7: représente la variation des nitrates au niveau des deux sites de la station

Sites / Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	3,4	2,6
Janvier	3,2	2,5
Février	2,7	2,5
Mars	2,7	2,3



Histogramme de la variation de nitrates au niveau de l'oued, l'eau de mer

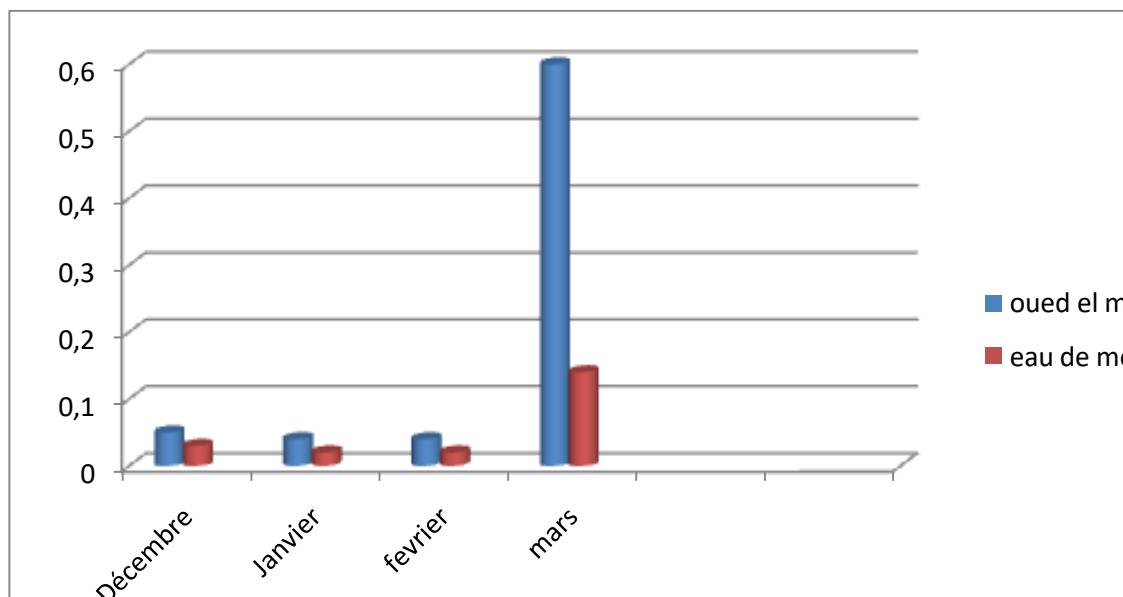
Les teneurs en NO_3^- sont élevés au niveau de l'oued par rapport à l'eau de mer durant les quatre mois les nitrates ont pour origine une nitrification de l'azote organique du aux teneurs en nitrates des terrains traversés. Les eaux de pluies peuvent contenir des nitrates en provenance des oxydes d'azote et de l'ammoniaque présente dans l'atmosphère. Les mois de Février-Mars, les teneurs en nitrates diminuent à cause des bactéries nitrifiantes et qui transforment les NO_3^- en NO_2 .

8/ Nitrite (NO_2^-) (mg/l)

La variation des nitrites au niveau des deux sites de la station

Tableau 8: représente la variation des nitrites au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	0.05	0.03
Janvier	0.04	0.02
Février	0.04	0.02
Mars	0.6	0.14



Histogramme de la variation des nitrites au niveau de l'oued, l'eau de mer

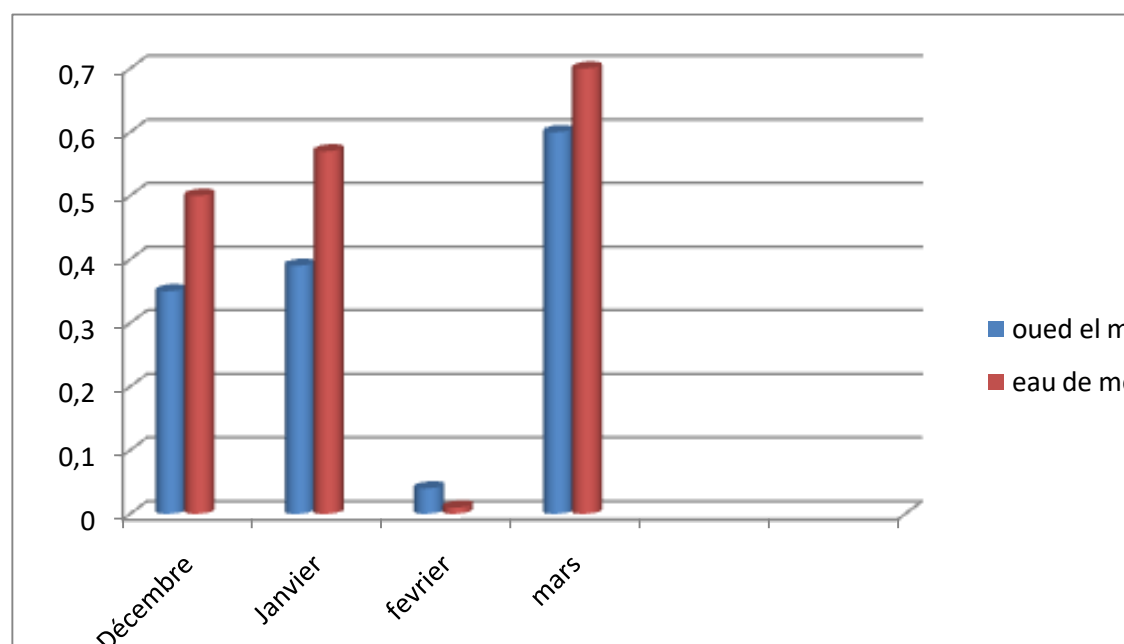
Les teneurs en (NO_2^-) diminuent le mois de décembre, janvier, février au niveau de l'oued, eau de mer à cause de l'action bactériologique provoquant la transformation d'azote en nitrite. Le mois de mars, l'utilisation d'engrais azotés en agriculture augmentent les teneurs en nitrite au niveau de l'oued ce qui entraîne une contamination au niveau de l'eau de mer mais celle-ci reste encore faible par rapport à l'oued.

9/Azote ammoniacal (NH_4^+) mg/l

Variation de L'azote ammoniacal au niveau des deux sites de la station

Tableau 9 : représente la variation de l'azote ammoniacal au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	0.35	0.50
Janvier	0.39	0.57
Février	0.04	0.01
Mars	0.60	0.70



Histogramme de la variation d'Azote ammoniacal au niveau de l'oued, l'eau de mer

Les teneurs en NH_4^+ sont moins importantes au niveau des deux stations au mois de février.

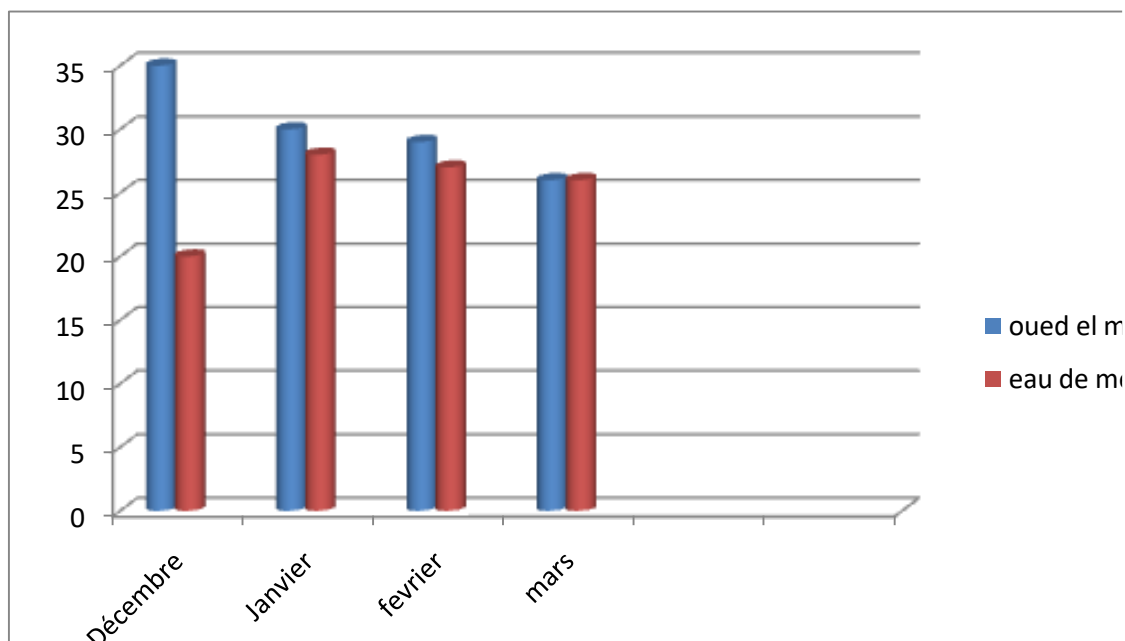
Le NH_4^+ peut provenir de l'azote des rejets urbains ou industriels ainsi au lessivage des sols enrichis en engrais azotés, ou bien de la dégradation incomplète de la matière organique. Les teneurs augmentent au niveau des deux stations au mois de Mars. La température élevée favorise la présence massive de microorganismes donc la nitrification permanente de l'azote ammoniacal ainsi l'utilisation intensive des engrais par l'agriculteur.

10/DCO (mg/l)

Variation de la DCO au niveau des deux sites de la station

Tableau 10: représente la variation de la DCO au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	35	20
Janvier	30	28
Février	29	27
Mars	26	26



Histogramme de la variation de DCO au niveau de l'oued, l'eau de mer

Les teneurs en DCO au niveau des deux stations varient légèrement le mois de janvier au mois de mars.

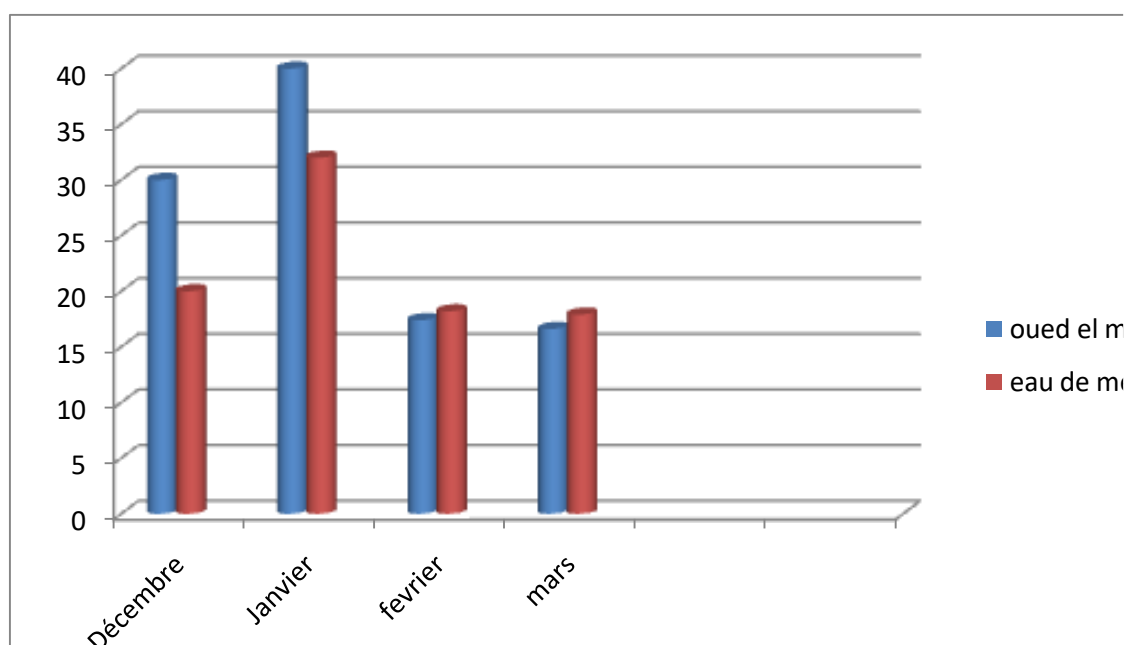
La DCO est importante avec de fortes teneurs le mois de décembre au niveau de la mer par rapport à l'oued et révèle la présence de la matière organique biodégradable ou non et demande une forte teneur en oxygène. Les xéno biotiques sont des rejets au niveau de l'oued, les engrais utilisés sont oxydés et dégradés.

11/DBO₅ (mg/l)

Variation de la DBO5 au niveau des deux sites de la station

Tableau 11: représente la variation de la DBO5 au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	30	20
Janvier	40	32
Février	17.4	18.2
Mars	16.6	17.9



Histogramme de la variation de DBO5 au niveau de l'oued, l'eau de mer

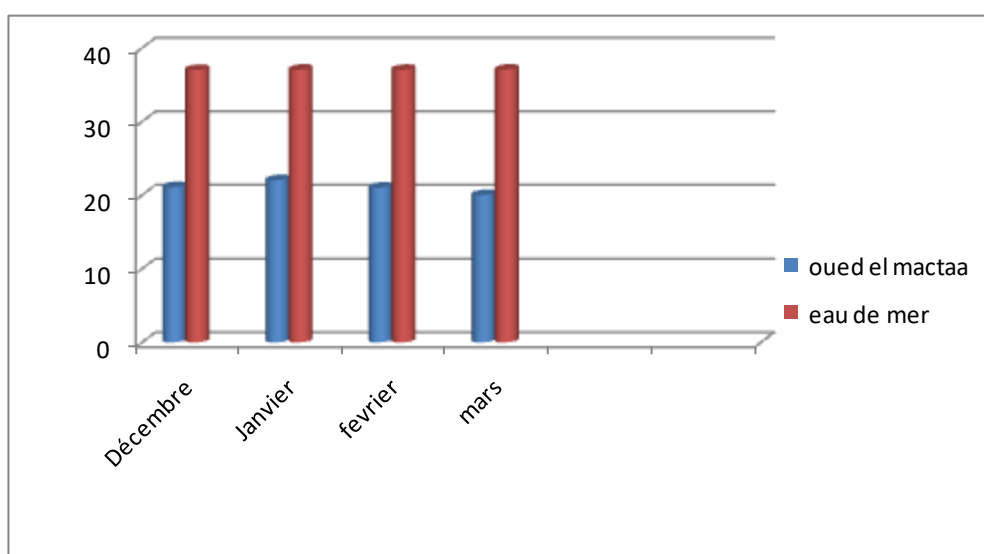
La dégradation de la matière organique en présence d'O₂ par les microorganismes (organotrophes, chimiotrophes). Le mois de décembre au mois de Mars la température diminue ce qui va induire l'augmentation du taux d'O₂. Le mois de janvier la DBO5 est importante au niveau de l'oued par rapport à l'eau de mer ce qui explique la présence de matière organique oxydable provenant de l'oued et de microorganismes. Les valeurs élevées nous permettent de supposer qu'il y a une contamination due à la prolifération du phytoplancton, à l'emploi des engrais, des pesticides et insecticides dans l'agriculture près du littoral.

12/ Salinité : (‰)

Variation de la Salinité au niveau des deux sites de la station

Tableau 12: représente la variation de la salinité au niveau des deux sites de la station

Sites mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	21.08	37.01
Janvier	22.03	37.04
Février	21.02	37.02
Mars	20.01	37.05



Histogramme de la variation de la Salinité (‰) au niveau de l'oued, l'eau de mer

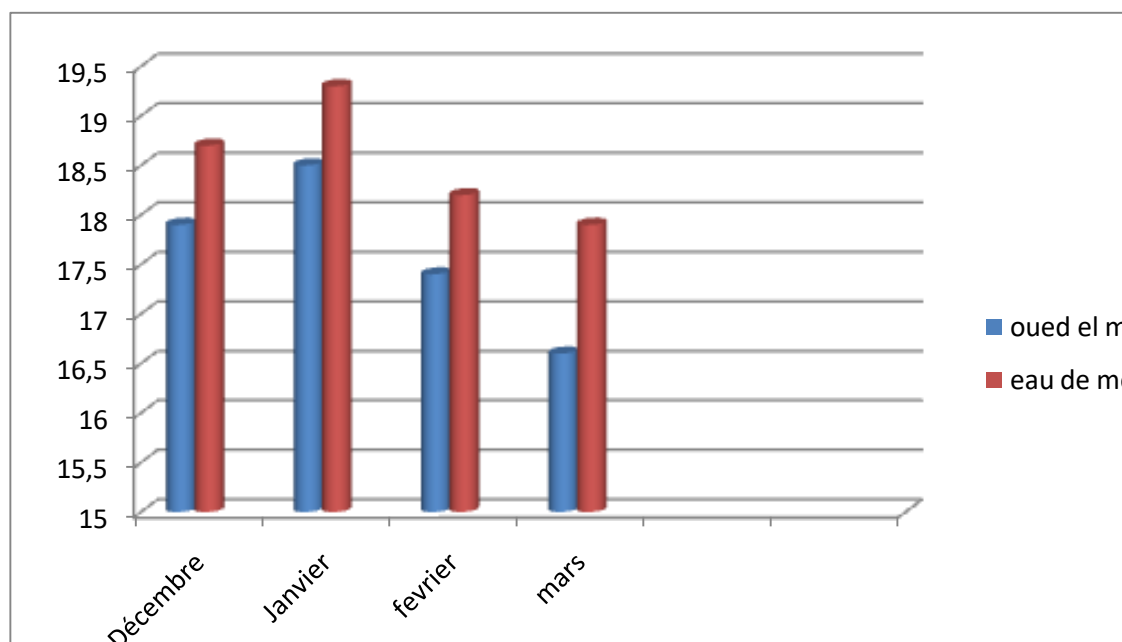
L'eau de mer est trop chargée en sels, les teneurs importantes durant les quatre mois au niveau de la mer par rapport à l'oued, sont dues aux mouvements et courants qui favorisent d'avoir des teneurs de salinité uniforme.

13/Matière organique (mg/l)

Variation de la matière organique au niveau des deux sites de la station

Tableau 13: représente la variation de la matière organique au niveau des deux sites de la station

Sites Mois	Oued el Mactaa	Eau de mer
Décembre	17.9	18.7
Janvier	18.5	19.3
Février	17.4	18.2
Mars	16.6	17.9



Histogramme de la variation de la Matière organique (mg/l) au niveau de l'oued, l'eau

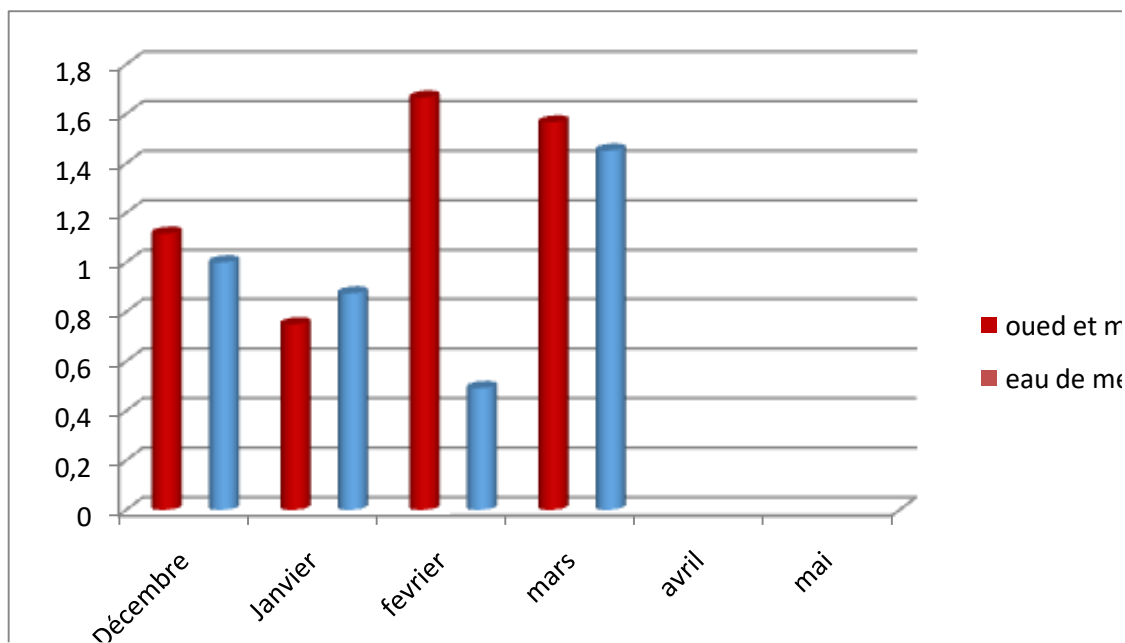
Le taux de la matière organique est variable au niveau des deux stations. Les teneurs montrent une dominance de la matière organique ceux-ci s'expliquent par les rejets urbains qui arrive au niveau de l'oued et vont être acheminé vers l'eau de mer. La présence de matière organique est très suggestive de la dégradation de la qualité d'eau de mer.

14/ Rapport DCO/ DBO₅

Variation du rapport DCO/ DBO₅ au niveau des deux sites de la station

Tableau : représente la variation du rapport DCO/DBO₅ au niveau des deux sites de la station.

Sites mois	Eau de mer	Oued el Mactaa
Décembre	1	1.116
Janvier	0.875	0.750
Février	0.492	1.666
Mars	1.452	1.566



Histogramme de la Variation du rapport DCO/ DBO₅ au niveau des deux sites de la station

Les résultats de ce rapport constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables, l'oued et l'eau de mer présentent un ratio DCO /DBO₅ variant de 1,45- 1,56 conforme avec celui des eaux urbaines rejetées présentant un rapport DCO/DBO₅ inférieur à 3

Conclusion

Depuis toujours la mer a été le réceptacle universel de différentes formes de pollution, le drainage des eaux usées non traitées de l'oued vers la mer entraîne systématiquement une pollution permanente, cela modifie négativement l'équilibre naturel de l'eau (pH), charge en sels nutritifs dans l'eau (nitrites, nitrates, phosphates) et peut donc poser des problèmes pour l'environnement. Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico chimique de l'eau suite aux rejets accumulés dans l'oued el Mactaa et qui sont acheminés vers le milieu marin. Beaucoup de paramètres s'imposent mais le confinement imposé par la présence de la pandémie du covid 19 nous a bloqués quant à la réalisation de beaucoup de paramètres.

L'analyse par des mesures in situ de la pollution est réalisée sur plusieurs sites représentatifs de oued el Mactaa et l'eau de mer certains paramètres sont mesurés au moment de l'échantillonnage, par contre d'autres analyses sont effectuées après analyse au laboratoire. Ces zones sont caractérisées par des déversements anarchiques des eaux usées et des rejets industriels.

L'analyse physico chimique des différents paramètres, nous a permis de conclure que les zones d'étude représentent un taux de pollution important; la concentration de la matière polluante dans les deux stations d'étude est caractérisée par de fortes teneurs en matière organique, matière en suspension, turbidité de l'eau, et sels nutritifs. Notre étude porte sur la connaissance de la qualité des eaux de l'oued et l'eau de mer, le pH semble être alcalin du aux rejets et à la présence de microorganismes avec une turbidité importante. Les résultats d'analyses effectuées ont confirmés la présence d'une pollution due à l'activité humaine et industrielle ceci s'expliquent par les teneurs en DBO₅ 40mg/l et une DCO de 35mg/l au niveau de l'oued et 20mg/l au niveau de l'eau de mer avec une DCO de 28mg/l.

Pour préserver le milieu marin des rejets acheminés par l'oued ; on doit étudier toute substance utilisé soit dans l'agriculture ou dans l'industrie et son impact sur l'environnement. L'installation des stations d'épuration avec un contrôle adapté des produits chimiques utilisés tels que l'acide nitrique qui demande une étude approfondie.

Références Bibliographiques

- **AICHIU.L ; ECHHTABIA.A ;2006.** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignades de deux plages de la commun de Bâb el Oued.R'Mila et EL kettani. Mémoire d'ingénieur I.S.M.A.L 77p.
- **AIPCN (2003),** Guidelines for SustainableInlandWaterways and Navigation Report of Working Group 6 of Environmental Commission (ENVICOM),AIPCN , Bruxelles .
- **Alzieu, 1999.** Dragage et environnement marin. état des connaissances comportement des polluants INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER .223p
- **AMINOT.A ; CHAUSSEPIED.M ; 1983.**Manuel des analyses chimiques en milieu marin. EdtCNEXO, Brest.395p3
- **AMINOT.A Kerouel.R ; 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. paramètres et analyses. Edt Ifremer.336p
- **Andret P ,1996.**Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : Evaluation et gestion des risques. Conseil supérieur d'hygiène publique en France, ministère du travail et des affaires sociales, directiongénéral de la santé.Tec. Doc, Lavoisier.
- **ANNANE.G; KEMILA.A; LADJIMA.F; 2007.** Impact et inventaire des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou Ismail. mémoire d'ingénieur d'état ISMAL.2-10 p5
- **BATOUL.BENKADDOUR. 2018** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de Doctorat. UNIVERSITÉ DE PERPIGNAN. P 14-15.
- **BELKESSA.R ; 2005.** Les ports algériens : ensablement, pollution par métaux lourds et dragage. Thèse doctorat. Université de Constantine. faculté des sciences de la mer .425p
- **Bonnet 2000.C.** Bonnet Développement de bio essais sur sédiments et applications a l'étude, en laboratoire, de la toxicité de sédiments dulçaquicoles contaminés. Thèse de doctorat. université de Metz, UFR sciences fondamentales et appliquées. septembre 2006
- **BOUCHENA.Y ; KACIOUL.N ; AIT LOUNIS.A ; 2006.**Contribution al'étude. D'un milieu d'élevage conchylicole : Cas de Ain Tagourait (W.Tipaza).mémoired'ingénieurd'état I.S.M.A.L.

- **BOULAHIDJ M.** ; 1987. Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. étude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. thèse de doctorat. Université de Paris VII. 21-22p
- **BOUTIBA Z., TALEB M.Z. et ABI-AYED S.M.** (2003) - *État de la pollution marine de la côte oranaise*. Édit. Dar El Gharb, Oran, 69 p.
- **BRISOU. J.E. DENIS. F-A;** 1978. Hygiène de l'environnement maritime. Edt Masson. 248p
- **BRISOU. J-E. DENIS. F-A.** 1980. Techniques de surveillance de l'environnement Maritime. Edt Masson. 203p
- **BRUN. B. 2000.** impact de l'homme sur le milieu naturel. Perceptions et mesures EDIT BERGIER de Paris : 199p
- **CHAMPIAT. D.** L'arpent. J-P ; 1994. Biologie des eaux : méthodes et techniques Edt Masson. 139p
- **CHESTER ET MURPHY K.J.T.** 1990 Metals in the marine atmosphere. In: Heavy metals in the marine environment. FURNESS, PS Ed. CRC Press. 256p.
- **CHIFFOULOU G F., 1994.** Le chrome en milieu marin. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Repère OCEAN n°8 ED IFREMER. 35P
- **CLAUDE. R** ; 1996. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Edt scientifique et médicales Elsevier. P 115
- **COPIN –MONTEGUT. G** ; 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection « synthèses » institut océanographique, Paris, 319 p.
- **COSSA D & LASSUS P .,** 1989. Le cadmium en milieu marin .Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport scientifique et technique de L'IFERMER, n° 16. 11p
- **DOLIJO J.R AND BEST G.A.,** 1993. Chemistry of water and water pollution. 1ère edition .England, Ellis Harwood
- **DJERAF. S-Y-M; LARDJANE. S** ; 2005 Travaux de dragage du port de bouharoun. Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL .53 P
- **GESAMP, 1993.** Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. Rep .Stud. GESAMP N° 50 .18P
- **GILL GA et FITZGERALD WF .,** 1987. Mercury in surface waters of the open oceans. Global biogeochem cycle n° 1. P : 199-212.

- **GALAF F et GHANNAM S.** 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. 101p
- **Gilliot JM .,** 2000 Introduction aux SIG. Introduction & information spatiale. DAA AGER Département AGER. INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON.4
- **GHODBANI 2009 ;** Environnement et littoralisation de l'ouest algérien. Thèse doctorat. Université d'Oran et de paris 8 ST Dennis. 306p
- **GRIMES.S et al,** 2004.. La biodiversité marine et le littoral Algérien. P. 13-29
- **LACAZE J C .,** 1980. La pollution pétrolière en milieu marin. Ed Masson, Paris. 117p.
- **S Levitus, ME Conkright, JL Reid, RG Najjar...** - Progress in ..., 1993 Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans
- **S.M. Libes** An introduction to marine biogeochemistry. xv, 734 p. John Wiley and Sons, 1992.69P
- **MARCHAND M et KANTIN R .,** 1997. Contaminants chimiques en milieux aquatiques. OCEANIS, n° 4 Vol 23. P : 597-629.
- **METZMACHER.M** 1979 ; les oiseaux de la Macta et de sa région (Algérie) : non passereaux. Aves n° 34 ; p 89.123
- **MEDDI M., TALIA A. et MARTIN C.** (2009) - Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). *Physio-Géo*, vol. 3, p. 61-84.
- **MONTBET, 1999.** Dragage et environnement marin. état des connaissances comportement des polluants INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER P223.
- **PAPADAKIS J A 1982.** Factors and problems concerning the bacteriological examination of sea water. VIIème journée. Etude pollution. Canne (2-4 décembre). P 545-550.
- **PASCAL GREGOIRE. 2004.** Modèle conceptuel d'aide à la multicritère pour le choix négocié d'un scénario de dragage maritime 13 MAIL 2004.
- **RAMADE. F ; 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. EdtEdiscience international. P 487.
- **RAMSAR.IRAN 1971.** Fiche descriptive sur les zones humides.

- **RODIER J ., 1997 .** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer) . 8^{ème} Edition. Dunod, Paris.
- **RODIER J et al, 1997.** C F RIBIER, S. RAOULT. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer, 6^{ème} édition p 28-32.
- **SIMONEAU P et P QUEZEL 1960.** Quelques aspects de la végétation des terrains salée des plaines sub littorales de l'Oranie orientale. Beltin de l'institut national d'agriculture. d'Alger n° 6 p 15-30.
- **SKINNER J. & ZALEWSKI S., 1995.** Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Conservation des zones humides méditerranéennes, Skinner, J. & Crivelli, A.J., MedWet-Tour du Valat
- **TAFER 1996.** Etude phyto écologique et syndynamique des complexes de végétations halophile de la plaine de Mohammedia (Macta Oranie) . thèse de doctorat Université de Provence Aix Marseille 1. 280 p
- **ZIAD. M 2002.** La plaine de Macta (Oranie est) entremangement du territoire et protection de l'environnement. Mémoire de magister Université d'Oran p438