

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 D'QUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de **Master en biologie**

Présenté par

MEDDAH HADJER

MERHOUM YASMINE

Spécialité : RESSOURCES HALIEUTIQUES

Thème

**Etude des prétraitements en osmose inverse pour
l'eau de mer de la plage de Sonacter**

DEVANT LE JURY

Président	Mme Benzidane Dehiba	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	Mme Billami Malika	MAA	U. Mostaganem
Examinatrice	Mme Terbeche Moufida	MCA	U. Mostaganem

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2023/2024

Remercîment

*Nous remercions **ALLAH**, le Tout – puissant de nous avoir donné la santé, la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme BILLAMI Malika**, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

***Mme BENZIDANE. DEHIBA**, d'avoir accepté de présider notre jury. Mes vives gratitude vont aussi à **Mme TERBECHÉ MOUFIDA** Je vous bien remercie pour bien voulu examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent à **Mme THALAITI Amina** pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements durant notre travail.*

*Nos remerciements vont aussi à **Monsieur BOUGHERIRA Abdeldjalil** pour son aide et son encouragement.*

On remercie nos chers parents, qui ont été là pour nous, « vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous avez nous donner un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Nous sommes redevables d'une éducation dont nous sommes fiers ».

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères, Mohammed, Nadir et Yacine

A ma chère sœur Kawter, son mari et ma belle-sœur.

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma chère binôme, Yasmine

Pour son entente et sa sympathie.

A ma chère, Fatma

Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.

A mes chères ami (e)s

A toute ma famille,

Hadjer

Dédicace

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je

Dédiée ce mémoire de master à mes chers, A ma maman

Qui m'a soutenu tout au long de ma vie

Ainsi qu'à mes très chères sœurs Safia, Halima et Douae à mes

Adorables frères Yassine et Wahid

A ma grande et petite famille.

Je dédie ce travail aussi à mes professeurs qui m'ont enseignée.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé

*A mon binôme Hadjer avec qui j'ai passé l'une des meilleures années
durant mon cursus universitaire*

Yasmine

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

تلخيص

Introduction générale

Chapitre I : Pollution du milieu marin

Introduction	4
I.1 Définition de la pollution	4
I.2 Les causes et les conséquences de la pollution marine	5
1.2.1 Les principales causes	5
1.2.2 Les conséquences de la pollution marine	5
I.3 Classification de la pollution selon la source et la nature	5
I.3.1 Les sources de pollution	5
I.3.2 Les type de pollution	7
Conclusion	19

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1. Description de la zone d'étude	21
1.2. Présentation de la wilaya de Mostaganem	21
1.2 La richesse maritime de la Wilaya de Mostaganem	22
1.3 Richesse de la côte maritime	22
1.4 La pollution côtière à Mostaganem	22
2. Présentation de la plage Sonacter	23
2.2. Géologie de la zone d'étude	24
2.2. La faune et la flore	24
Conclusion	26

Chapitre III : Osmose inverse

1. Introduction	28
2. Définition de dessalement	28
3. Description du fonctionnement du dessalement	28
4. Stations de dessalements en Algérie	28

5. Définition de dessalement.....	29
6. Localisation de la station de dessalement de Mostaganem (Sonacter).....	29
7. Description de la station de Mostaganem	29
8. Systèmes général d'une installation de dessalement unité Mostaganem	29
Conclusion.....	36

Chapitre IV : Etude des caractères physico-chimiques

Introduction	38
1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer	38
1.1. Paramètres physico-chimiques.....	38
Conclusion.....	42

Chapitre V : Matériels & méthodes

Matériels et méthodes	44
1. Les analyses physico-chimiques	44
3. Mesure des paramètres physico-chimiques	45

Chapitre VI : Résultats & Discussion

Introduction	54
1. Etude qualitative	54
2. Analyse et interprétation des résultats des paramètres physico-chimique.....	55
2.1. pH	55
2.2. Température	56
2.3. Conductivité.....	57
2.4. Salinité	58
3- Analyse et interprétation des résultats des paramètres de pollution	59
3.1. Nitrate	59
3.2. Nitrite.....	60
3.3. Chlorure.....	61
3.4. Carbonate	63
3.5. Bore.....	64

Conclusion générale

<i>Références bibliographiques</i>	<i>69</i>
--	-----------

Liste des abréviations

OMS : l'Organisation mondiale de la santé

PCB : polychlorobiphényles

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane.

μ : Microns

% : Pourcentage

° : Degré.

°C : température en degrés Celsius

C : degré Celsius

Chlorure : Cl

Mg /L : Milligramme par litre

gr/l : gramme par litre

μg/l : Microgramme par litre

Km : kilo mètre.

Km² : Kilomètres Carré.

M : Mètre

Ha : L'hectare

N : nord

Km³ : kilomètre cube

M³ : Mètre cube

M³/jours : mètre cube par jours

M³/h : Mètre cube par heure

m.c.e : Mètres de colonne d'eau

Bars : symbole ATM, unité de mesure basée sur la pression atmosphérique moyenne à la surface de la mer

PH: Potential hydrogène.

MAO: couloir Mostaganem-Arzew-Oran

CO2 : dioxyde de Carbone.

L : litre.

L'ADE : algérienne des eaux

H2O : La formule chimique de l'eau

$\mu\text{S/cm}$: micro siemens par centimètre

\pm : Plus ou moins

NO₂⁻ : ion de nitrite

mmol/m³ : Millimole par Mètre cube

S : sud

NO₃⁻ : ion de nitrate

Cl⁻ : ion de chlorure

HCO₃⁻ : ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate

(B(OH)₃) : acide borique

S‰ : salinité par mille

ml : Millilitre

cm³ : centimètre cube

Liste des figures

Figure 1 : Les différents types de pollution marine (play Bac presse)	8
Figure 2 : La bioaccumulation des produits chimiques organochlorés tels que le PCB.....	14
Figure 3 : Localisation de Mostaganem dans l'ouest Algérien	21
Figure 4 : Superficie et périmètre de la zone d'étude.....	23
Figure 5 : Description géographique de plage Sonacter	24
Figure 6 : bébés moules	25
Figure 7 : Chapeaux chinois (<i>calyptraea chinensis</i>).....	25
Figure 8 : Espèces bulot (<i>Buccinum undatum</i>).....	25
Figure 9 : Tours de captage et tuyauterie de captage.....	30
Figure 10 : Système de pompage de l'eau de mer	30
Figure 11 : Etape de prétraitement chimique	33
Figure 12 : Filtre à sable et anthracite.....	33
Figure 13 : Principe des phénomènes d'osmose inverse	34
Figure 14 : Lits de calcite.....	35
Figure 15 : Appareil conductimètre (mesure salinité, température et conductivité).....	45
Figure 16 : Les solutions étalonnées	46
Figure 17 : Appareil pH mètre	46
Figure 18 : Les variations de pH dans l'eau au niveau de station d'étude.....	55
Figure 19 : Les variations de la température dans l'eau de haut niveau de station d'étude.....	56
Figure 20 : Les variations de la conductivité dans l'eau au niveau de la station d'étude	57
Figure 21 : Les variations de la salinité dans l'eau au niveau de la station d'étude	58
Figure 22 : Les variations de nitrate dans l'eau au niveau de la station d'étude.....	59
Figure 23 : Les variations de nitrite dans l'eau au niveau de la station d'étude	61
Figure 24 : Les variations de chlorures dans l'eau au niveau de la station d'étude.....	62
Figure 25 : Les variations de carbonate dans l'eau au niveau de la station d'étude	63
Figure 26 : Les variations de bore dans l'eau au niveau de la station d'étude.....	64

Liste des tableaux

Tableau 1 : Variation des paramètres physico-chimique	54
Tableau 2 : Paramètres de pollution.....	54
Tableau 3 : Variation de pH de site de la station	55
Tableau 4 : Variation de la température de site de la station	56
Tableau 5 : Variation de la conductivité de site de la station	57
Tableau 6 : Variation de la salinité de site de la station.....	58
Tableau 7 : Variation de nitrate de site de la station.....	59
Tableau 8 : Variation de nitrite de site de la station.....	60
Tableau 9 : Variation de chlorure de site de la station.....	61
Tableau 10 : Variation de carbonate de site de la station.....	63
Tableau 11 : Variation de bore de site de la station	64

Résumé

L'Algérie a connu une période de sécheresse de plus de dix ans, les ressources en eau traditionnelles étaient insuffisantes pour répondre aux besoins de la population, ce qui a poussé les autorités algériennes à rechercher d'autres ressources afin de garantir l'approvisionnement en eau potable de chaque individu. Le dessalement d'eau de mer était la solution la plus appropriée et qui ne dépendait pas des aléas climatiques.

Bien que le dessalement présente de nombreux avantages pour l'homme, il peut également entraîner des dommages pour l'environnement marin.

L'objectif principal de notre travail consiste à l'évaluation le degré de la pollution causé par la station de dessalement au niveau de la plage de Sonacter. Notre étude est basée sur l'analyse des paramètres physico-chimiques et d'autres paramètres indicateurs de pollution.

On a réalisé trois campagnes d'échantillonnage, c'étaient en mars 2024 avril 2024 et mai 2024, pour qu'on puisse déterminer l'influence de la station de dessalement sur la plage de Sonacter. Les paramètres physico-chimiques ont été analysés, à savoir la température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité et la salinité. Et les autres paramètres de pollution ont été déterminés au laboratoire.

Les résultats obtenus montrent que les rejets issus du processus de dessalement influencent significativement plusieurs paramètres essentiels à l'équilibre de l'écosystème marin, notamment la salinité de taux 36,8mg/l, la conductivité (54,1), la température 20,1°C, et les concentrations en chlorures (22480 mg/l), nitrates (0,23mg/l), nitrites (0,064 mg/l), et autres éléments polluants. Il est apparu que ces rejets modifient l'environnement immédiat de la station, augmentant la salinité et perturbant la composition chimique de l'eau.

En conclusion, cette étude met en évidence l'importance de trouver un équilibre entre le développement des infrastructures nécessaires pour répondre aux besoins humains et la préservation de l'environnement.

Mots clés : dessalement d'eau de mer, paramètre physico chimique, pollution, plage de Sonacter.

Abstract

Algeria has experienced a drought period of more than ten years, the traditional water resources were insufficient to meet the needs of the population, which prompted the Algerian authorities to look for other resources in order to guarantee the supply of drinking water for each individual. Seawater desalination was the most appropriate solution and which did not depend on climatic hazards.

Although desalination has many benefits for humans, it can also lead to damage to the marine environment.

The main objective of our work is to assess the degree of pollution caused by the desalination plant at Sonacter Beach. Our study is based on the analysis of physic-chemical parameters and other pollution indicator parameters.

We carried out three sampling studies; they were in March 2024, April 2024 and May 2024, so that we could determine the influence of the desalination station on Sonacter beach. The physico-chemical parameters were analyzed, namely the temperature, the hydrogen potential, the conductivity and the salinity. And the other pollution parameters were determined in the laboratory.

The results obtained show that the discharges resulting from the desalination process significantly influence several parameters essential to the balance of the marine ecosystem, in particular the salinity rate of 36.8mg/l, the conductivity (54.1), the temperature 20.1°C., and the concentrations of chlorides (22480 mg/l), nitrates (0.23mg/l), nitrites (0.064 mg/l), and other polluting elements. It appeared that these discharges modify the immediate environment of the station, increasing the salinity and disturbing the chemical composition of the water.

In conclusion, this study highlights the importance of finding a balance between the development of the infrastructure necessary to meet human needs and the preservation of the environment.

Key words: seawater, physic-chemical parameter, pollution, Sonacter.

ملخص

شهدت الجزائر فترة جفاف تزيد عن عشر سنوات وكانت الموارد المائية التقليدية غير كافية لتلبية احتياجات السكان، مما دفع السلطات الجزائرية إلى البحث عن موارد أخرى لضمان توفير مياه الشرب لكل فرد. كانت تحلية مياه البحر هي الحل الأنسب والتي لا تعتمد على المخاطر المناخية. على الرغم من أن تحلية المياه لها فوائد عديدة للإنسان، إلا أنها يمكن أن تؤدي أيضا إلى الإضرار بالبيئة البحرية. الهدف الرئيسي من عملنا هو تقييم درجة التلوث الناجم عن محطة تحلية المياه في شاطئ سوناكتر. تستند دراستنا إلى تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية ومعلمات مؤشر التلوث الأخرى. أجرينا ثلاث دراسات لأخذ العينات كانت في مارس 2024 وأبريل 2024 ومايو 2024، حتى نتمكن من تحديد تأثير محطة تحلية المياه على شاطئ سوناكتر. تم تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية، وهي درجة الحرارة وإمكانات الهيدروجين والتوصيل والملوحة. وتم تحديد معايير التلوث الأخرى في المختبر.

وتبين النتائج التي تم الحصول عليها أن التصريفات الناتجة عن عملية تحلية المياه تؤثر تأثيرا كبيرا على عدة عوامل أساسية لتوازن النظام الإيكولوجي البحري، ولا سيما معدل الملوحة البالغ 36.8 ملغم/لتر، والموصلية (54.1)، ودرجة الحرارة 20.1 C جيم، وتركيزات الكلوريدات (22480 ملغم/لتر)، والنترات (0.23 ملغم/لتر)، والنترت (0.064 ملغم/لتر)، وغيرها من العناصر الملوثة. ويبدو أن هذه التصريفات تعدل البيئة المباشرة للمحطة مما يزيد من الملوحة ويزعج التركيب الكيميائي للمياه.

في الختام، تسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية إيجاد توازن بين تطوير البنية التحتية اللازمة لتلبية احتياجات الإنسان والحفاظ على البيئة.

الكلمات الرئيسية: مياه البحر، المعلمة الفيزيائية والكيميائية، التلوث، سوناكتر

Introduction générale

La pollution est une dégradation ou altération de l'environnement, généralement causée par l'activité humaine par diffusion directe ou indirecte de substances chimiques, physiques ou biologiques potentiellement toxiques pour les organismes vivants ou perturbant de façon plus ou moins importante le fonctionnement naturel des écosystèmes. En plus de ses conséquences sur la santé humaine et animale, cela peut entraîner la migration ou l'extinction de certaines espèces qui ne peuvent pas s'adapter à l'évolution de leur environnement naturel. La pollution de l'eau est une modification qui rend son usage risqué et perturbe l'équilibre de l'écosystème aquatique. Les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines peuvent être concernées. **(Coulet, 2005).**

Le concept de pollution marine est défini par la communauté scientifique internationale comme étant "l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) qui entraîne des conséquences néfastes telles que des préjudices aux ressources biologiques, des dangers pour la santé humaine, des obstacles aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer en termes d'utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément".**(GESAMP,1989)**

Ainsi, la pollution chimique n'est qu'une des différentes façons de perturber les milieux marins par l'homme, qui englobe également la pollution bactériologique, la pollution thermique, les conséquences liées aux apports de macro déchets, de matières sédimentaires ou à l'introduction d'espèces allochtones. En ce qui concerne les produits chimiques, le terme de pollution est lié à celui d'impacts néfastes sur la faune et la flore marine. Il faut parler de contamination chimique des milieux aquatiques en l'absence de ces substances, c'est-à-dire de la présence de substances dans le milieu. **(Marchand &Kantin, 1997).**

Ces dernières années, l'Algérie a mis en place un programme ambitieux visant à installer des stations de dessalement afin de répondre aux problèmes d'approvisionnement en eau qui se renforcent en raison de l'augmentation de la population, du développement industriel et agricole, ainsi que de la sécheresse. Le dessalement par osmose inverse de l'eau de mer et des eaux saumâtres a connu un progrès considérable par rapport aux autres méthodes.

Les émissions de saumure de la station de dessalement sont rapidement dissoutes dans l'eau de mer et ont d'impacts importants sur l'environnement. Toutefois, ce rejet massif de saumure peut entraîner à long terme une perturbation de la composition chimique de l'eau de mer, entraînant des conséquences dramatiques sur la biodiversité, les écosystèmes marins, que ce soit la faune ou la flore sous-marine,

entre autres. Les côtes peuvent devenir désertes sans vie lorsque la salinité augmente, ce qui entraîne la disparition de villages ou d'activités maritimes locales.

De nos jours, le littoral de Mostaganem est de plus en plus touché par différents types de perturbations : activités industrielles, urbanisation massive, qui entraînent une contamination biologique et physico-chimique des eaux marines.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physicochimique des eaux du littoral de Mostaganem, en se concentrant sur la plage de Sonacter, car elle est sous l'impact direct de l'activité de la station de dessalement de l'eau de mer.

Pour cela, un programme d'échantillonnage a été réalisé au niveau de ce site, à raison d'un prélèvement mensuel pendant trois mois (de Mars, Avril, Mai 2024). La présente étude est organisée en cinq chapitres :

I- La pollution du milieu marin.

II- Présentation de la zone d'étude « Sonacter».

III-Osmose inverse.

IV-Etude des caractères physico-chimiques

V- Résultats et interprétations.

Conclusion

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

Chapitre I : Pollution du milieu marin

Introduction

La pollution marine est un problème mondial majeur qui affecte les écosystèmes marins et la biodiversité. Les activités humaines, telles que le transport maritime intensif, entraînent des déversements d'hydrocarbures qui provoquent des marées noires difficiles à combattre. Ces polluants ont des effets néfastes sur les organismes marins.

I.1 Définition de la pollution

La pollution est la contamination de l'environnement par des substances nocives. N'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement et peut affecter l'air, l'eau, et même le sol. **(Dr. Tebani)**

La pollution marine désigne la présence de déchets dans les océans ou la contamination de l'environnement marin par des substances nocives issues des activités humaines. Ces substances peuvent provenir de sources terrestres, maritimes ou être introduites directement dans l'eau.

La pollution des écosystèmes aquatiques fait référence à toute altération néfaste du milieu naturel, qui semble être un résultat direct ou indirect de l'action humaine, en modifiant les critères de répartition des flux d'énergie, les niveaux de radiation, la composition physicochimique du milieu naturel et l'abondance des espèces vivantes. Ces changements ont un impact direct sur l'être humain ou à travers des ressources agricoles, de l'eau et des produits biologiques. Elles ont également la capacité de l'influencer en modifiant les objets physiques qu'il possède ou les capacités réactives de l'environnement. **(Ramads-francois., 2002)**

De la même manière, l'Organisation mondiale de la santé **(OMS)** a donné la définition suivante : la pollution des milieux aquatiques englobe toute altération des caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques, ainsi que tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau, de manière à causer des préjudices préjudiciables à la santé, à la sécurité et au bien-être publique, que ce soit pour des usages domestiques, commerciaux, agricoles, réactifs ou autres, ou pour la faune sauvage et aquatique. Selon ces quelques définitions, il est évident que la pollution des eaux est principalement causée par les activités humaines et les phénomènes naturels. Elle a de nombreux effets qui affectent à la fois la santé publique et les organismes aquatiques.

I.2 Les causes et les conséquences de la pollution marine

1.2.1 Les principales causes

Rejets : C'est la source la plus importante. Elle comprend les déchets (plastique, canettes...), Rejets industriels des produits chimiques (azote, phosphate) et de produits ménagers (d'entretien) les eaux usées urbaines non traitées et les engrais issus de l'agriculture qui se retrouvent dans les rivières puis dans les mers.

Activités maritimes : Les navires polluent de plusieurs manières, par des déversements accidentels de pétrole, le rejet des eaux usées à bord ou les déchets jetés par l'équipage.

Activités extractives en mer : Le forage pétrolier, l'exploitation minière et autres activités sous-marines peuvent libérer des polluants dans l'océan

I.2.2 Les conséquences de la pollution marine

La pollution marine a des conséquences désastreuses sur la vie marine :

Ingestion : Les animaux marins confondent les débris plastiques avec de la nourriture, ce qui peut entraîner leur intoxication et la mort.

Enchevêtrement : Les animaux peuvent se coincer dans les déchets plastiques plus volumineux, provoquant blessures, infections et empêchant la nage et la recherche de nourriture.

Contamination : Les polluants peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire, contaminant les poissons et crustacés consommés par l'homme.

I.3 Classification de la pollution selon la source et la nature

La pollution peut être classée selon deux critères principaux : la source et la nature des polluants. (GAlafF et GHANNAM., 2003)

- **Selon la source**

I.3.1 Les sources de pollution

La plupart des substances polluantes rejetées dans l'environnement atteignent le milieu marin, que ce soit par le biais de rivières, de ruissellement ou de l'atmosphère, ou directement par les rejets à la mer provenant d'une source urbaine, agricole ou industrielle. Cependant, les zones côtières ont une capacité naturelle restreinte à disperser et absorber les polluants. Toutefois, l'émotion justifiée engendrée par les

effets d'une pollution accidentelle en milieu marin ne doit pas dissimuler la réalité de fond qui résulte des apports de pollution chronique d'origines multiples. (Marchaland M., 2002)

I.3.1.1 La pollution agricole

La pollution agricole est une menace sérieuse pour la santé des océans, même si elle se produit souvent loin des côtes. Les sources principales de cette pollution sont les polluants par les rivières et les eaux de ruissellement en provenance des terres agricoles.

La pollution agricole a un impact significatif sur l'environnement marin en introduisant des contaminants tels que des pesticides, des médicaments vétérinaires et des nutriments dans les rivières et les océans, affectant en fin de compte la vie marine et les écosystèmes. Cette pollution présente des risques pour les organismes aquatiques en raison de la présence de contaminants chimiques tels que les métaux lourds, les dioxines et le micro plastique, qui peuvent perturber le système endocrinien et les fonctions de reproduction. Des études montrent que les effets néfastes de la pollution environnementale sur la production de la pêche marine varient d'une région à l'autre, les eaux usées domestiques urbaines ayant un impact négatif plus prononcé que les rejets d'eaux usées industrielles.

I.3.1.2 La pollution industriel

Les activités industrielles, en particulier le transport terrestre industriel, ont été identifiées comme des facteurs importants de pollution marine. Il a été démontré que l'expansion des zones industrielles dans les villes côtières augmente la pollution marine côtière, avec des répercussions spatiales sur les zones voisines. En outre, les développements technologiques marins et les activités de construction telles que les centrales énergétiques et les plateformes pétrolières contribuent à la pollution sonore sous-marine, affectant négativement la vie marine. L'impact de la pollution industrielle sur les écosystèmes marins est grave, les déversements d'hydrocarbures provenant des plateformes de forage en mer et de l'industrie manufacturière à proximité des régions côtières présentant des dangers et causant de graves dommages aux écosystèmes aquatiques. L'effet cumulatif de la pollution de l'environnement, en particulier des eaux usées domestiques urbaines, entrave de manière significative la production halieutique marine et la croissance économique régionale. Les efforts visant à contrôler la pollution industrielle et à renforcer les stratégies de traitement des eaux usées sont essentiels pour atténuer les effets néfastes sur l'environnement marin.

I.3.1.3 La pollution domestique (urbaine)

Grâce aux eaux usées évacuées des toilettes, aux savons de lessive, aux détergents, au chlore (eau de javel) pour la désinfection des eaux et des plombs présents dans les conduits. (Bensalem N., 2003)

- **Selon la nature**

Les polluants appartenant à des classes différentes peuvent avoir des effets voisins. Il existe 3 grands groupes de polluants :

I.3.2 Les type de pollution

En général, un rejet n'est jamais une seule source et les divers types de pollution sont mélangés et interagissent mutuellement (effets de synergie). De cette manière, un égout rejette des déchets organiques, des détergents, dont certains contiennent des métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique). (**GRAVEZ V. et BERNARD G., 2006**)

I.3.2.1 La pollution chimique

La pollution chimique marine se réfère à la présence de substances chimiques toxiques ou polluantes dans les océans et les mers du monde entier. Ces substances peuvent provenir de différentes sources, notamment les activités industrielles, les déversements accidentels, les rejets des navires et l'utilisation de pesticides. Les polluants chimiques marins comprennent les hydrocarbures, les métaux lourds et les pesticides, qui peuvent avoir des effets nocifs sur la faune marine.

Cette forme de pollution issue de substances chimiques telles que les insecticides ou les désherbants provoque la destruction de la qualité des eaux de surface (cours d'eau, lacs...) et celle des eaux souterraines .Ou La pollution chimique est due aux déversements des substances ou composés chimiques, organiques ou minéraux d'origine industrielle (tels que les hydrocarbures, les métaux lourds, les détergents, etc.) ou agricole (tels que les pesticides, etc.)

Les micropolluants chimiques organiques : Les micropolluants chimiques organiques comprennent un large éventail de composés nocifs présents dans divers milieux environnementaux. Ces micropolluants, notamment les composés pharmaceutiques actifs (PHAC), les perturbateurs endocriniens (EDC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les pesticides, les polychlorobiphényles (PCB), etc.

Les micropolluants chimiques inorganiques (minéraux) : Les micropolluants chimiques inorganiques, également appelés minéraux, constituent une catégorie importante de micropolluants présents dans l'environnement. Il s'agit notamment de métaux lourds tels que le cadmium, le plomb et le cuivre, ainsi que de métaux traces tels que le fer, le manganèse, le bore et le silicium.

Les macros polluantes chimique : Les macro-polluants chimiques englobent une gamme de contaminants provenant d'activités anthropiques, qui constituent des menaces importantes pour divers écosystèmes. Ces polluants comprennent les métaux lourds, les pesticides, les engrais, les plastiques et les composés organiques.

Les Macro polluants azotés, notamment les nitrates, ou phosphorés (phosphates) induisent des déséquilibres dans les écosystèmes, en lien avec l'eutrophisation des milieux. Les nitrates sont également une des causes majeures de disqualification des captages d'eau potable. (figure 01)

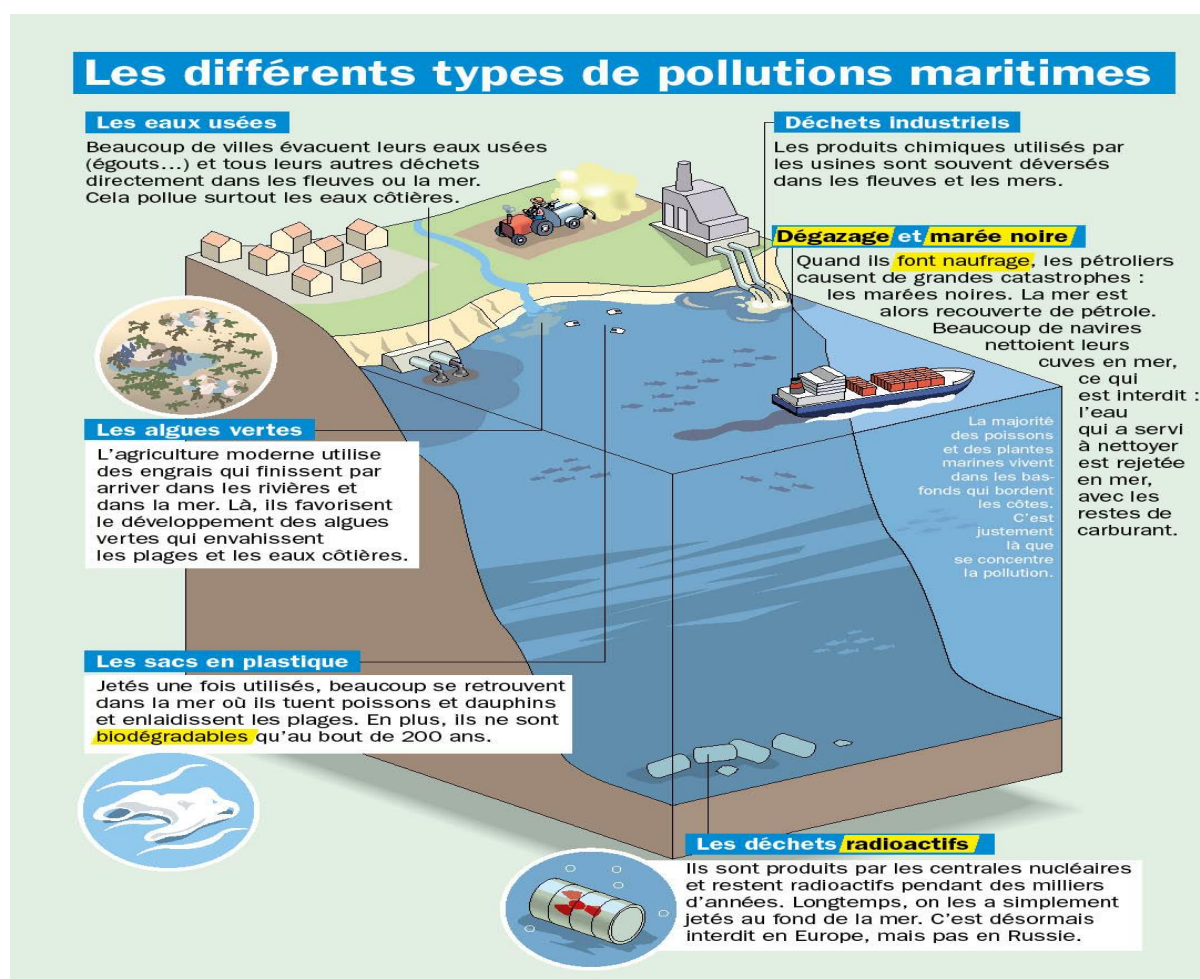


Figure 1 : Les différents types de pollution marine (Play Bac presse)

I.3.2.2 La contamination chimique

La contamination chimique constitue une menace importante pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine. Les études se sont concentrées sur la surveillance et la classification des niveaux de contamination à l'aide de modèles avancés tels que les systèmes basés sur le flou Mamdani et ANFIS. Les mammifères marins, en tant que principaux prédateurs, accumulent des niveaux élevés de

contaminants, ce qui en fait de précieux indicateurs de pollution à long terme. Les mollusques, tels que *Mytilus galloprovincialis*, sont utilisés pour évaluer la qualité de l'environnement sur la base des métaux lourds et des polluants organiques, ce qui indique un mauvais état chimique ces dernières années. Les munitions jetées en mer libèrent des composés toxiques tels que le TNT, qui ont un impact sur les organismes marins et peuvent entrer dans la chaîne alimentaire, présentant ainsi des risques pour les consommateurs humains.

I.3.2.2.1 Les substances chimiques

Plus de 4 millions de substances chimiques sont reconnues, principalement des composés organiques provenant de la biosynthèse animale et végétale. (Marchand M., 2002)

De nos jours, on estime qu'il existe plus de 100 000 produits chimiques qui sont fréquemment employés dans l'industrie et qui pourraient être des polluants et des contaminants potentiels pour l'écosystème mondial. Environ 2000 substances chimiques sont transportées par voie maritime, que ce soit en vrac ou en colis. Ces substances chimiques toxiques sont rejetées dans l'environnement de deux façons : soit directement, lorsqu'elles sont utilisées comme telles par l'homme. Cela s'applique aux pesticides, aux fertilisants et aux divers solvants. Cependant, il est également possible de rejeter ces substances de manière indirecte en tant que déchets industriels issus de différentes activités telles que l'extraction minière, la fabrication industrielle, l'incinération, la consommation de carburant ou les rejets accidentels. (Mouchel J-M, Thévenot D., 2003).

Ces substances peuvent être classées en quelques grandes catégories comme suit :

- **Les métaux**

L'eau a depuis longtemps été l'exutoire qui permettait d'évacuer plusieurs types de déchets, entre autres, les métaux lourds ou appelés dernièrement les éléments traces métalliques (ETM). Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nano gramme ou du microgramme par litre. Cependant, ces derniers temps, la présence de métaux lourds contaminants, et spécialement des ETM à des concentrations supérieures aux charges naturelles, est devenue un problème de plus en plus préoccupant. Il faut en imputer la rapide croissance démographique, une urbanisation accrue, l'expansion des activités industrielles, de la prospection et de l'exploitation des ressources naturelles, l'extension de l'irrigation et la propagation d'autres pratiques agricoles modernes, ainsi que l'absence de réglementations concernant l'environnement. 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)(GALAF F et GHANNAM S.,2003).

- **Les détergents**

Les détergents sont couramment employés à la fois dans l'industrie et dans la vie quotidienne grâce aux produits d'entretien. (DEFRANCESCHI M., 1996). Ils sont principalement constitués de tensioactifs, dont deux catégories sont fréquemment employées : les anioniques et les non anioniques. Ils incluent également des adjuvants tels que des phosphates, des zéolites, des agents de blanchissement tels que le perborate et les enzymes, ainsi que différents produits de charge et additifs tels que les sulfates et les parfums. Les tensioactifs ou les agents de surface ont un effet néfaste sur l'environnement, ce qui entraîne la formation de mousses. Selon THOUMELIN G. (1995) et BOUZIANI M. (2000), ces derniers entraînent une baisse de l'oxygène, ce qui entraîne une épuration des eaux, ainsi qu'une toxicité pour la flore et la faune des plans d'eau. Les détergents ont la capacité de pénétrer dans l'environnement naturel grâce aux déchets industriels ou domestiques. (DEFRANCESCHI M., 1996)

- **Les hydrocarbures**

Des risques de pollution (accidentelle et chronique) pour l'environnement sont liés à l'extraction, au transport et à l'utilisation des gisements de pétrole, pour l'équilibre écologique et parfois à la destruction de l'écosystème. (BOUZIANI M., 2000) (O. Bordjiba et al.). L'activité humaine produit en grande quantité ces composés, en particulier lors des processus de pyrolyse et de combustion. (O. Bordjiba et al.) De cette manière, lorsqu'ils sont déversés dans l'eau, ils apparaissent à la surface et forment un film superficiel qui entrave la réoxygénation de la flore et de la faune (comme les algues et les poissons), qui sont détruits par asphyxie, et peut ralentir les processus naturels d'autoépuration. La connaissance théorique et expérimentale des processus d'évolution physique, chimique et biologique des polluants dans les différents milieux est essentielle pour comprendre l'impact des pollutions. Cette compréhension prend en compte la diversité chimique des hydrocarbures et leurs propriétés. (BOCARD C., 2006)

- **Les pesticides**

Les substances chimiques utilisées dans l'agriculture pour préserver les récoltes sont synthétiques et d'origine organique. Il y a des insecticides (pour combattre les insectes), des herbicides (pour combattre les herbes adventices) et des fongicides (pour combattre les champignons). Ils présentent à la fois des avantages et des risques pour la santé humaine, car leur pollution repose sur leur capacité à éliminer les espèces indésirables et leur capacité à résister à la dégradation. (BOUZIANI M., 2000) (DEFRANCESCHI M., 1996). Il s'agit de substances toxiques qui sont particulièrement préjudiciables à la faune et peuvent être transmises à l'homme en raison de leur concentration dans l'alimentation. Ils sont capables d'entrer dans les graisses des tissus des êtres vivants. En raison de leur

grande utilisation, le risque de pollution ne cesse de croître. Exposés au sol, ils se propagent dans l'air, puis par l'évaporation des plantes ou du sol et par l'action des vents, ils se retrouvent ensuite dans l'eau de drainage. (DEFRANCESCHI M., 1996).

- **Les herbicides**

Bien que souvent utilisés et en plus grande quantité que les autres pesticides, ils ne sont guère des polluants à prendre à cœur. Les principaux produits utilisés pour éliminer les mauvaises herbes dans les champs de céréales sont les acides phénoxyacétiques. (DEKENETH M., 1976).

- **Les biocides**

Désignent les substances utilisées dans un cadre non phytopharmaceutique, comme les additifs mis dans les peintures anti salissures marines qui provoquent une contamination non négligeable par différentes matières actives métalliques (cuivre), organométalliques (TBT) ou organique (**diuron**, ou atrazine comme l'**Irgarol** 1057).

I.3.2.2 Les substances organiques de synthèse

Les substances organiques de synthèse sont des composés chimiques créés par l'homme à partir de matières premières non naturelles. Elles sont produites à grande échelle dans l'industrie pour répondre à divers besoins. Ces substances sont utilisées dans de nombreux secteurs tels que l'agriculture, la pharmacie, la cosmétique, l'électronique et la chimie. Leur fabrication a connu une croissance considérable au cours des dernières décennies, ce qui soulève des préoccupations quant à leurs impacts sur l'environnement et la santé humaine.

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.

Il convient de préciser que les dioxines et furanes ne sont pas des substances produites par l'industrie chimique mais résultent essentiellement de la combustion plus ou moins complète de substances organochlorées.

I.3.2.2.3 les effets les plus importants de la contamination chimique sur le milieu marin

Ces substances chimiques peuvent avoir des effets dévastateurs sur la vie marine, les écosystèmes et la santé humaine

1. Toxicité aiguë et chronique

- Les substances chimiques marines peuvent être toxiques pour les organismes marins à des concentrations relativement faibles.
- L'exposition aiguë à des doses élevées de produits chimiques peut causer la mort immédiate des animaux marins.
- L'exposition chronique à des concentrations plus faibles de produits chimiques peut entraîner des maladies chroniques, des malformations congénitales et des problèmes de reproduction.

2. Bioaccumulation et Bioamplification

- De nombreux polluants chimiques marins, tels que les métaux lourds et les pesticides organochlorés, sont bioaccumulables.
- Cela signifie qu'ils peuvent s'accumuler dans les tissus des organismes marins à des concentrations bien supérieures à celles présentes dans leur environnement.
- Lorsque les prédateurs consomment des proies contaminées, les polluants chimiques se bioamplifient, se concentrant à des niveaux de plus en plus élevés dans la chaîne alimentaire.
- Ce processus peut avoir des effets dévastateurs sur les populations de prédateurs situés au sommet de la chaîne alimentaire, tels que les poissons, les oiseaux marins et les mammifères marins.

3. Destruction et perturbation des habitats

- Les substances chimiques marines peuvent endommager ou détruire les habitats marins, tels que les récifs coralliens, les herbiers marins et les mangroves.
- La destruction des habitats marins peut avoir un impact dévastateur sur les populations d'animaux et de plantes qui y vivent, en réduisant leur source de nourriture et leur abri.
- Les substances chimiques peuvent également perturber les processus écologiques essentiels, tels que la photosynthèse et la pollinisation.

➤ Sources et cheminement des contaminants toxiques dans le milieu marin

Une préoccupation majeure demeure la présence des substances chimiques écotoxiques dans l'environnement marin. Le terme "écotoxique" est utilisé pour désigner une substance ou une préparation qui peut entraîner des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement. (Mouchel J-M, Thévenot D., 2003).

➤ Transferts des contaminants dans l'environnement marin

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

- **Les processus d'insertion des polluants dans les réseaux trophiques**

La biodisponibilité

C'est la présence d'une substance dans l'environnement sous une forme susceptible d'interagir avec le vivant. Un polluant peut-être peu bio disponible. C'est le cas par exemple des polluants stockés dans les sédiments : ils ne présentent alors un risque que pour les organismes fouisseurs (par exemple, les vers), les organismes vivant uniquement dans l'eau (par exemple les poissons) ayant peu de chance d'y être exposés directement. Cependant, même si la probabilité d'exposition ne concerne, dans un premier temps, que certains organismes de la chaîne trophique, les substances toxiques des sédiments sont à surveiller, D'une part en raison de leur risque de remise en solution suite à un changement d'équilibre entre leur forme libre dans l'eau et leur forme stockée dans les sédiments (par exemple lors des crues), d'autre part en raison du risque de transmission par la chaîne alimentaire (ex. : poissons ou oiseaux se nourrissant des vers fouisseurs)

Bioaccumulation et bioconcentration

La bioaccumulation et la bioconcentration sont des processus importants liés à l'absorption et à l'accumulation de substances chimiques dans les organismes vivants

- **bioconcentration** : est le phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances présentes dans leur milieu (biotope), et les accumulent dans leur organisme à des concentrations supérieures à celles auxquelles elles se rencontrent dans le milieu naturel.

- **Bioaccumulation** : Ce processus implique l'absorption d'une substance chimique et sa concentration dans l'organisme par tous les moyens possibles, y compris le contact, la respiration et l'ingestion.

- **La bioamplification** : Lorsque la substance chimique est transmise à des niveaux trophiques supérieurs dans la chaîne alimentaire, dépassant les concentrations attendues en équilibre entre un organisme et son environnement, on parle de bioamplification. Cela peut entraîner une accumulation de résidus de métaux lourds ou de composés organiques dans les tissus adipeux des animaux, qui sont ensuite transmis à des niveaux trophiques plus élevés, mettant en danger les prédateurs de haut niveau.

Des records de bioamplification ont été atteints dans des écosystèmes lacustres contaminés par les PCB et le DDT. (figure 02)

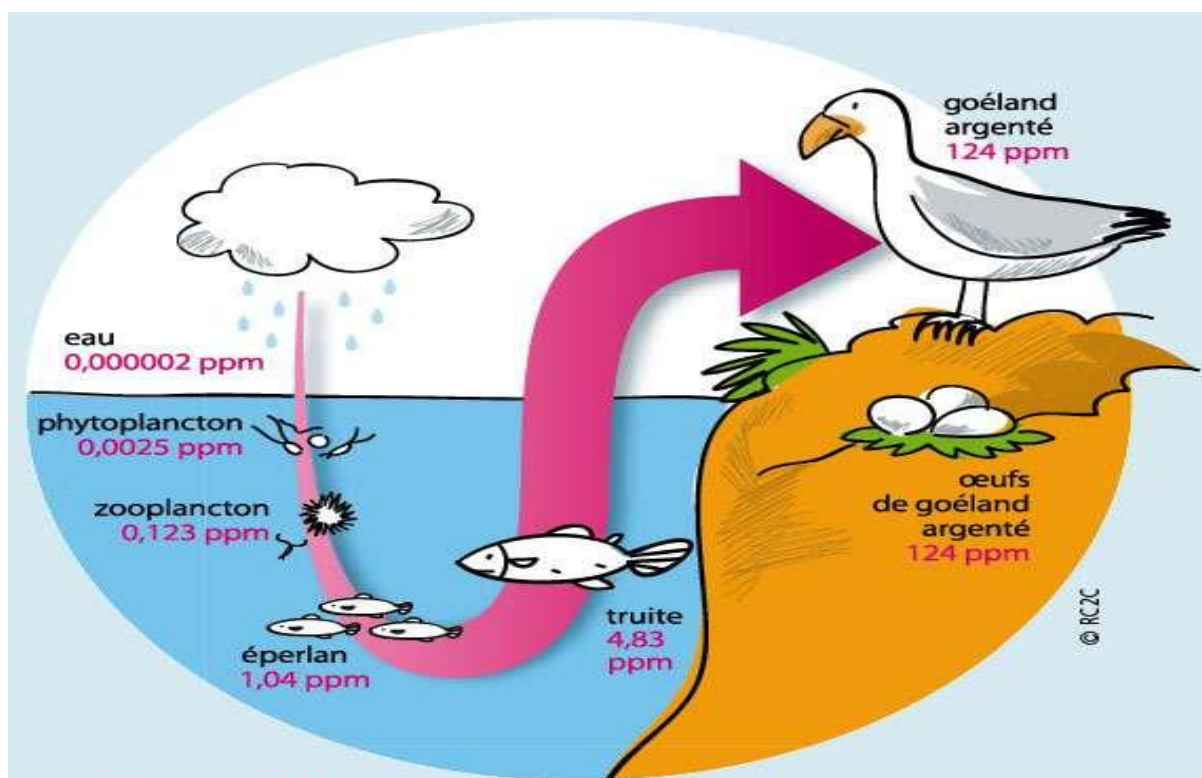


Figure 2 : La bioaccumulation des produits chimiques organochlorés tels que le PCB (USEPA.2006) Schéma illustre la concentration des PCB à chaque étape de la chaîne trophique aquatique des Grands Lacs (en parties par million, ppm). La plupart des taux sont observés dans les œufs d'oiseaux piscivores tels que les goélands argentés. (USEPA. 2006).

La biotransformation : est le phénomène inverse, est un processus par lequel les organismes vivants modifient chimiquement les contaminants qu'ils absorbent.

I.3.2.2.4 Métaux lourds

A- Les métaux lourds dans le milieu marin

Les métaux lourds dans le milieu marin sont une préoccupation majeure en raison de la contamination accrue due aux activités humaines telles que les rejets industriels et les activités côtières. Ces métaux, tels que le mercure, le cadmium et le plomb, sont omniprésents dans les eaux, les sédiments et les organismes marins, et leur accumulation peut avoir des effets néfastes sur la vie marine et sur la santé humaine.

Ce sont des éléments naturels de la biosphère qui proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols. De plus, les émissions industrielles et domestiques, l'activité minière et les eaux d'écoulement contaminées par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture sont autant de causes qui ont entraîné une augmentation des niveaux de métaux lourds dans le milieu marin, notamment en zone côtière. (BELANGER, David., 2009).

B- La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arsenic (As) et du Titane (Ti). Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb), (CASAS, Stello., 2005).

-Effets des métaux lourds sur l'homme

Les métaux lourds, tels que le mercure, le cadmium, le plomb et le chrome, sont extrêmement toxiques pour l'organisme humain, même à de très faibles concentrations. Leur toxicité est renforcée par un phénomène de bioaccumulation et de bioamplification dans la chaîne alimentaire. Ces métaux lourds peuvent avoir des effets néfastes sur de nombreux systèmes et organes du corps humain :

- **Système nerveux** : Ils peuvent causer des troubles neurologiques, une diminution de l'activité motrice, des modifications du comportement et une baisse du quotient intellectuel, en particulier chez les enfants.
- **Système rénal** : Ils peuvent affecter le fonctionnement des reins et entraîner des dommages rénaux.
- **Système sanguin** : Ils peuvent perturber la production de globules rouges et causer des anémies.
- **Système reproducteur** : Ils peuvent être à l'origine d'infertilité et de problèmes de développement.
- **Système immunitaire** : Ils peuvent affaiblir le système immunitaire et augmenter la sensibilité aux maladies.

De plus, certains métaux lourds sont cancérogènes et peuvent endommager l'ADN. En résumé, l'exposition aux métaux lourds, même à faible dose, représente un risque important pour la santé humaine et nécessite une surveillance et une réduction des sources de contamination.

- Critères de qualité des eaux

Pour protéger la vie aquatique, des critères de qualité des eaux ont été établis par des organisations internationales comme la Commission européenne consultative des pêches dans les eaux intérieures (CECPI).

Ces critères visent à permettre le déroulement complet des cycles de vie des organismes aquatiques et à éviter l'accumulation de substances nocives dans les tissus des poissons à des niveaux dangereux pour la consommation humaine.

Des seuils maximums ont ainsi été définis pour certains métaux lourds, comme 1 µg/l pour le mercure, 50 µg/l pour le plomb, le nickel et le cuivre, et 5 mg/l pour le zinc.

Des limites plus strictes s'appliquent également aux rejets industriels.

La surveillance des niveaux de métaux lourds dans l'eau et les sédiments est essentielle pour évaluer la contamination et mettre en place des mesures de gestion et de dépollution appropriées afin de préserver la santé des écosystèmes marins.

Adsorption et absorption

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

I.3.2.3 La Pollution biologique

La pollution biologique est une forme de pollution qui résulte de l'introduction d'organismes vivants exogènes dans les écosystèmes marins, pouvant perturber l'équilibre naturel des populations et des communautés marines. Cette forme de pollution peut être causée par des espèces invasives, des organismes génétiquement modifiés ou des modifications environnementales qui altèrent les peuplements naturels.

I.3.2.4 Pollution organique

La pollution organique est une forme de pollution qui résulte du rejet dans l'environnement marin de quantités excessives de matières organiques par les activités humaines. Ces matières organiques proviennent principalement des eaux usées domestiques et industrielles, des effluents agricoles riches en engrais, et des déchets organiques rejetés en mer.

Pollution par les contaminants bactériens

Les bactéries sont l'aliment de nombreux organismes marins, elles permettent la fixation d'algues ou de larves sur certains substrats et elles permettent également la dégradation de certains polluants dans le milieu marin.

Il est possible que les produits de la pêche, en particulier les mollusques bivalves, puissent transmettre ces contaminants bactériens à l'homme. **(BOUCHRITI. N., 2003)**

Les polluants biologiques comprennent les déchets organiques et les microorganismes destructeurs. Les bactéries, champignons et virus sont responsables de cette pollution (pollution microbienne). Les eaux des égouts renferment de nombreux organismes vivants provenant des excréments humains ou animaux. Cette pollution est marquée par la présence de diverses bactéries telles que **Staphylococcus, Streptococcus, Escherichia coli**.

Cette pollution est principalement causée par les eaux usées d'origine urbaine, qui contiennent une grande quantité de matière fécale. **(KHERRAZ.D., 2003)**

Les microorganismes peuvent provoquer des maladies graves telles que la typhoïde, le choléra, la poliomyélite, l'amibiase et certaines hépatites, ainsi que de nombreuses parasitoses endémiques telles que le paludisme, l'onchocercose, la bilharziose et la fièvre jaune, qui mettent en péril les milieux tropicaux humides car les insectes vecteurs se multiplient dans les biotopes privilégiés tels que les rivières, les marées et les marigots. **(BOUZIANI.M., 2000)**

Pollution par des espèces marines étrangères au milieu

La pollution par des espèces marines étrangères au milieu, aussi appelée pollution biologique, est un problème majeur pour les écosystèmes marins. Elle résulte de l'introduction accidentelle ou intentionnelle d'espèces exotiques qui perturbent l'équilibre naturel des populations et des communautés marines. Ces espèces invasives peuvent être introduites par différents vecteurs, comme les eaux de ballast des navires qui propagent des algues toxiques à l'échelle mondiale. Elles entrent en

compétition avec les espèces natives pour les ressources et l'espace, pouvant mener à leur déclin voire leur disparition. '21'

I.3.2.5 Pollution physique

La pollution physique est évoquée lorsque la structure physique du milieu marin est altérée par différents éléments. Il est possible que cela implique un rejet d'eau douce qui diminuera la salinité d'un endroit (par exemple, une centrale hydroélectrique), un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par exemple, une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide), un rejet liquide ou solide de substances qui altèrent la turbidité du milieu (comme la boue, le limon, les macro-déchets...), ou une source de radioactivité. **(GIS, GRAVEZ V. & BERNARD G., 2003)**

I.3.2.6 Pollution thermique

La pollution thermique est un type de pollution qui résulte du rejet d'eaux usées à haute température dans les milieux aquatiques.

La plupart des usines sont installées volontairement sur le littoral ou sur les bassins versants littoraux, ce qui entraîne des apports importants en eaux résiduaires dans le milieu marin. **(EQUINOXE. L., 1990).**

Les principales sources sont :

- Les centrales électriques utilisant l'eau de mer pour refroidir leurs installations. L'eau rejetée est alors plus chaude de plusieurs degrés.
- Certains procédés industriels comme les aciéries ou les raffineries qui rejettent des eaux de refroidissement chaudes.
- Les rejets d'eaux usées domestiques ou industrielles qui ont été réchauffées par les activités humaines.

Lorsque la température augmente, il y a une diminution de la concentration en oxygène dans l'eau, ce qui entraîne la disparition d'espèces qui nécessitent de l'oxygène, entraînant ainsi un développement bactérien qui entraîne des maladies chez les poissons. **(MARTINEZ., 1998)**

I.3.2.7 Pollution nucléaire

L'importance de cette pollution est particulièrement grande en raison de la demande croissante en énergie et de l'anticipation de développement dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement des combustibles altérés.

Les organismes aquatiques sont directement affectés par la présence des éléments radioactifs, ce qui entraîne des perturbations de leur comportement (perte de cheveux, malformation des bébés pour les femmes enceintes), ainsi que sur la santé humaine, en particulier lors de l'exposition à des quantités élevées. (LAROUSSE MEDICAL., 2003).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les diverses formes de pollution environnementale et leurs conséquences sur la faune marine.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

1. Description de la zone d'étude

1.2. Présentation de la wilaya de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem est la 27ème dans l'administration territoriale de l'Algérie. Elle est située sur la Méditerranée au nord-ouest de l'Algérie, à 350 km à l'ouest d'Alger (capitale) et à 80 km à l'est d'Oran. (Mohammed., 2019).

Les Wilayas environnantes de Mostaganem comprennent :

- Chlef à l'est.
- Relizane au sud-est.
- Oran à l'ouest.
- Mascara au sud-ouest. (INVERST IN ALGERIA., 2013)

Le cordon côtier : Le cordon littoral, long de 124 km, il représente la partie sahélienne de la wilaya, constituée de sables et de dunes.



Figure 3 : Localisation de Mostaganem dans l'ouest Algérien (Google Earth. 2024)

1.2 La richesse maritime de la Wilaya de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem faisant partie de la baie d'Arzew à eaux chaudes est considérée comme une zone de fraie par excellence. La côte de Mostaganem est très poissonneuse faisant ainsi de la pêche un potentiel économique très important.

La zone de pêche s'étend sur une superficie de 2.700 km² (**Kies, Fatima & Kerfouf, Ahmed., 2014**).

1.3 Richesse de la côte maritime

Il est à noter, que sur la superficie totale de 32 000 hectares de couvert végétal que compte le territoire de la wilaya, 14% soit 4 800 hectares sont représentés par des forêts. Il occupe surtout le littoral, notamment les forêts domaniales de Zerrifa, Seddaoua, Bourahma, Dunes de Mostaganem, d'Ouréah, de la Stidia ainsi que la Macta.

La façade maritime de la wilaya est composée de vastes plages, de falaises rocheuses et de forêts littorales. Elles contribuent à la diversité des paysages et de la biodiversité de cette côte méditerranéenne. La partie côtière de la Wilaya présente une géomorphologie variée. (**Centre culturel, approche urbain., 2013**)

- Les cours d'eau :

Les oueds ont creusé des vallées qui s'ouvrent sur la mer en formant de vastes plages, des caps

Et des collines qui dominent les plaines agricoles.

- Sources thermales : La wilaya compte trois sources thermales renommées pour leur pouvoir curatif : Ain Nouissy, et Sidi Benchaa. (**Centre culturel, approche urbain., 2013**)

1.4 La pollution côtière à Mostaganem

L'un des principaux risques qui subit le milieu marin est la pollution. Elle représente une réelle menace pour la biodiversité. Selon le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), 80 % des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique. (**Rachid Amara**)

Le phénomène de littoralisation affecte la wilaya de Mostaganem, dont les côtes subissent continuellement des agressions anthropiques (les rejets des eaux usées et industrielles, les apports Agricoles en pesticides, ouvrages portuaires), ainsi que les apports terrigènes en sels nutritifs, qui sont d'origine des Oueds (Oued Cheliff, Oued Kramis, Oued Roumane, Oued El Abid, Oued Seddaoua et Oued Zerrifa), caractérisés par des périodes de crues hivernales et des baisses périodiques en saison chaude.

2. Présentation de la plage Sonacter

La plage de Sonacter est l'une des 27^{ème} plages de Mostaganem, elle se trouve à l'extrémité du territoire de la commune de Mostaganem, désormais un mégaprojet. C'est une zone industrielle (station de dessalement d'eau de mer et station électrique centrale SAMSUNG). Elle couvre une superficie de 38.7ha, et périmètre de 5780m.



Figure 4 : Superficie et périmètre de la zone d'étude (Google Earth, 2024)

2.1. Description géographique

Sonacter Beach est située dans le territoire de Mostaganem, entre la commune de Kharrouba et Aizeb. Elle se situe à 11km à l'est de Mostaganem, latitude est à $36^{\circ} 0'48.00''N$, et longitude et à 00745.00° (on a pris le dessalement comme point de repère).



Figure 5 : Description géographique de plage Sonagther

2.2. Géologie de la zone d'étude

Le plateau de Mostaganem présente dans sa partie Nord- Ouest, en zone littorale les formations de lumachelles du calabrien pliocène supérieur et les assises de marnes grises à vertes de miocène supérieur, elle est située sur une plaine littorale entouré de montagnes, elle se compose de sable fin de calcaires, de grès et de marnes.

2.2. La faune et la flore

On a fait une sortie sur le terrain pour voir la faune et la flore dans la zone d'étude.

2.3.1 La faune remarquable

- Bébés moules.
- Chapeaux chinois
- Espèces bulot



Figure 6 : bébés moules (Meddah Hadjer. 2024)



Figure 7 : Chapeaux chinois (*calyptraea chinensis*) (Meddah Hadjer. 2024)

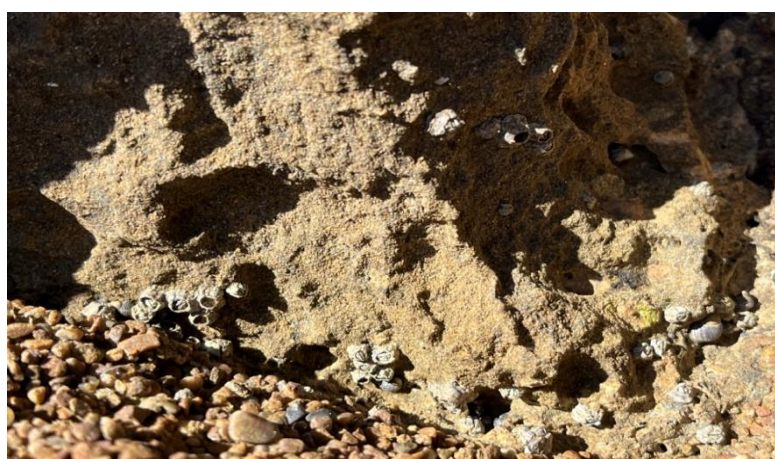


Figure 8 : Espèces bulot (*Buccinum undatum*) (Meddah Hadjer, 2024)

2.3.2 La flore remarquable

Il y a que les algues vertes.

Conclusion

Dans ce chapitre on a pu faire une présentation générale sur la wilaya de Mostaganem, la géologie, la pollution, la situation démographique, la faune et la flore de la zone d'étude.

Cette zone est menacée par la pollution et aux changements des variations de ses paramètres physico-chimiques à cause d'Oued Cheliff et la station de dessalement de l'eau de mer.

Chapitre III : Osmose inverse

1. Introduction

L'eau est abondante sur terre, elle représente 1380 millions de km³. L'essentiel toutefois est constitué d'eau de mer et de glace inutilisables directement. L'eau douce, facilement disponible, ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ un million de km³. Mais la répartition de cette eau est très inégale. En effet, dix pays se partagent 60 % des réserves d'eau douce et vingt-neuf autres principalement en Afrique et au Moyen-Orient, sont au contraire confrontés à une pénurie chronique d'eau douce. Dans ces pays, selon le Water Resources Institute, 250 millions d'individus, ne disposent pas aujourd'hui du minimum vital d'eau défini à 1000 m³ par habitant et par an. 400 millions de personnes vivent en situation de stress hydrique, estimé entre 1000 et 2000 m³ par habitant et par an. Et on estime que 2,5 milliards de personnes pourraient souffrir du manque d'eau en 2050 compte-tenu de l'évolution de la démographie et de l'augmentation des consommations d'eau.

Pour faire face à cette pénurie annoncée d'eau, de nouvelles techniques de production d'eau potable devront être mises en place pour satisfaire les besoins de la population croissante. Une des techniques prometteuses pour certains pays est le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres. Les techniques de dessalement de l'eau de mer sont opérationnelles depuis de nombreuses années.

(Viviane Renaudin)

2. Définition de dessalement

Le dessalement s'appelle dessalage ou désalinisation. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. **(J.DUNGLAS)**

3. Description du fonctionnement du dessalement

Le dessalement consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute.

Le principe de la station est basé sur l'osmose inverse, un procédé de séparation de l'eau et de ses sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression. La déminéralisation par cette technique nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau brute pour éviter le dépôt de matière en suspension sur les membranes qui conduirait rapidement à une diminution des débits produits.

4. Stations de dessalements en Algérie

Le Ministère des Ressources en Eau (MRE) gère 21 stations de dessalement d'eau de mer, 14 wilayas côtières et 2 autres en construction avec un volume de 2,6 millions m³/jour, elles assurent 17% de la consommation d'eau dans le pays et alimentent 6 millions de personnes.

5. Définition de dessalement

Le dessalement s'appelle dessalage ou désalinisation. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. (J.DUNGLAS)

6. Localisation de la station de dessalement de Mostaganem (Sonacter)

La station de dessalement est située à 10 kilomètres à l'est de Mostaganem.

7. Description de la station de Mostaganem

La wilaya de Mostaganem exploite le système MAO (barrages de CHLEFF et KHADERA), le barrage de Kramis et la station de dessalement de l'eau de mer de "SONACTER" et les forages pour couvrir les besoins quotidiens en eau potable estimés à plus de 200.000 m³/j.

La station de dessalement des eaux a été mise en place en 2005 en collaboration avec l'Union Temporaire des Entreprises Opération & Maintenance Mostaganem (UTEO&M MTM), située à SONACTER dans la ville de Mostaganem. Il fut mis en service en 2010. (M.BESSENASSE).

8. Systèmes général d'une installation de dessalement unité Mostaganem

Les étapes de traitements de cette station sont :

- Un système de captage de pompage de l'eau de mer.
- Un système de prétraitement de l'eau de mer par filtration et microfiltration.
- Un système de déminéralisation d l'eau micro-filtré par osmose inverse.
- Un système de reminéralisation et conditionnement de l'eau déminéralisée.
- Stockage de l'eau produite.

Captage de l'eau de mer

Le système de captage a pour but d'approvisionner en eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée. Le système de captage comprend les 4 sous-systèmes suivants :

- Tours de captage et tuyauterie de captage
- Système anti-méduses
- Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer
- Système de pompage de l'eau de mer (ALBERTO.J)



Figure 9 : Tours de captage et tuyauterie de captage (ZIANE B, BENFATMA A., 2023)

Système de pompage de l'eau de mer

Le but du système de pompage d'eau de mer est d'assurer la quantité et la pression nécessaires pour le prétraitement de l'eau de mer afin de produire la quantité d'eau potable souhaitée.

On a développé des pompes de captage de l'eau de mer qui peuvent pomper un débit de 2380 m³/h à une pression de 67 m.c.e. Cependant, ces pompes possèdent des variateurs de fréquence afin de permettre le déplacement du point de travail afin de maintenir une pression constante lors de l'aspiration des pompes à haute pression. Grâce à des échangeurs de fréquence, on maintient la pression des pompes de haute pression avant l'osmose à 2,5 bars. (ALBERTO.J)



Figure 10 : Système de pompage de l'eau de mer (ZIANE B, BENFATMA A., 2023)

Système de prétraitement

Le but du prétraitement est de préparer l'eau de mer de manière physique, biologique et chimique afin de préserver et optimiser les performances du système d'osmose inverse. (ALBERTO.J)

Ce système comprend les sous-systèmes suivants :

9. Conditionnement chimique

Le conditionnement de l'eau est réalisé par l'ajout des suivants réactifs :

a- Dosage d'Hypochlorite de sodium

Il s'agit d'un système de dosage pour la désinfection de l'eau de mer qui se compose de 3 réservoirs de 60.000 l chaque un et un skid de dosage de 2+1 pompes à membrane chargées du dosage d'hypochlorite de sodium dans les tours de captage et dans le réservoir de captage.

La détermination de la dose d'hypochlorite de sodium nécessaire doit se faire par analyse de l'eau de mer en laboratoire.

b- Dosage de permanganate de potassium :

Il s'agit d'un système de dosage pour l'oxydation et la désinfection de l'eau de mer.

Normalement l'emploi d'hypochlorite est plus efficace, mais il y a quelques macro-incrustations pouvant apparaître dans les tours de captage et/ou les tuyauteries de prise.

c- Dosage d'acide sulfurique :

En général, l'efficacité du processus de coagulation-floculation décrit ci-dessous est plus élevée lorsque le pH est bas. Le système de dosage d'acide sulfurique a pour objectif de diminuer le pH de l'eau de mer afin d'améliorer les performances de ces procédés.

Le dispositif comprend deux réservoirs de 60 000 litres chacun (construits en acier au carbone) et un skid de dosage constitué de 2+1 pompes à membrane chargées de mesurer l'acide sulfurique dans les mélangeurs statiques avant l'étape de filtration (une par ligne).

Une analyse en laboratoire du pH de l'eau de mer du réservoir de captage et/ou une mesure de l'efficacité des systèmes de coagulation permettront de déterminer la quantité d'acide sulfurique requise. La floculation-filtration est effectuée en utilisant un mesureur automatique de SDI adapté à la microfiltration.

d- Dosage de coagulant (chlorure ferrique) :

L'objectif de ce système de dosage est de coaguler l'eau brute avant de passer à l'étape de filtration. Celui-ci est constitué de deux réservoirs de 40 000 litres chacun et d'un skid de dosage composé de 4+1 pompes à membrane chargées de mesurer le chlorure ferrique à l'entrée de chaque étape de filtration et pour chaque ligne.

La quantité requise de chlorure ferrique sera déterminée en laboratoire ou de manière indirecte en étudiant l'efficacité du système de filtration en utilisant le mesureur automatique de SDI installé à l'aval de la microfiltration.

e- Dosage de poly-électrolyte :

Ce système est utilisé pour mesurer la quantité de flocculant présent dans l'eau pure. Le dispositif est constitué de deux réservoirs de traitement de 2.500 litres chacun et d'un skid de dosage comprenant 2+1 pompes à membrane pour mesurer le flocculant en injectant dans le mélangeur statique à l'entrée de chaque étape de filtration. Au sein de chaque réservoir de traitement, on trouve un agitateur afin d'optimiser la distribution du produit solide et de l'eau de dilution.

Le dosage de poly-électrolyte requis sera établi en laboratoire ou de manière indirecte en étudiant l'efficacité du système de filtration en utilisant le mesureur automatique de SDI installé à l'aval de la microfiltration.

f- Dosage de la soude caustique :

Pour des valeurs de pH élevées, il est plus efficace d'éliminer certains ions par le système d'osmose inverse, tels que le bore. Le pH de l'eau micro-filtrée est augmenté grâce au système de dosage de soude caustique.

Le système est constitué d'un réservoir de 40 000 litres et d'un skid de dosage regroupant 2+1 pompes à membrane qui sont chargées de mesurer la quantité de soude caustique injectée dans les mélangeurs statiques à la sortie des filtres à cartouches.

Le pH-mètre situé à l'aval du système de microfiltration permettra de déterminer la quantité de soude caustique requise.

g- Dosage de méta bisulfite de sodium :

C'est un dispositif de mesure qui permet de diminuer et d'éliminer les résidus de chlore présents dans l'eau d'entrée des membranes. Il se compose de deux réservoirs de traitement de 10.000 l chacun et d'un skid de dosage qui comprend 2+1 pompes à membrane chargées de mesurer le méta bisulfite de sodium en injectant le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouche. Les réservoirs de traitement sont équipés d'un agitateur afin d'optimiser la distribution du produit solide et de l'eau de dilution.

On déterminera la quantité de bisulfite de sodium en utilisant le mesureur de la teneur en chlore de l'eau de mer qui est placé à l'aval des pompes d'eau de mer.

h- Dosage de dispersant :

C'est un dispositif de mesure pour empêcher le tartre de se former lors de l'osmose inverse, qui est utilisé pour l'eau d'entrée dans les membranes. Il est constitué de deux réservoirs de traitement d'une capacité de 2.500 litres chacun et d'un skid de dosage composé de deux pompes à membrane chargées de mesurer l'agent dispersant en injectant un agent dispersant dans le mélangeur statique à la sortie. Un agitateur est installé dans les réservoirs de traitement afin d'optimiser la distribution du produit solide et de l'eau de dilution. (ALBERTO.J)



Figure 11 : Etape de prétraitement chimique (ZIANE B, BENFATMA A., 2023)

Système de Filtration :

Le système de filtration sert à éliminer les flocons formés par lors de la coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse. (ALBERTO.J)



Figure 12 : Filtre à sable et anthracite (ZIANE B, BENFATMA A., 2023)

Système de microfiltration :

Ce dispositif a pour objectif de préserver le système d'osmose inverse en empêchant les particules suspendues dans l'eau filtrée non-retenues par les filtres de pénétrer dans le système de pompage à haute pression. La microfiltration ne laisse passer que des particules de moins de 5 microns.

Système d'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de filtration tangentielle qui permet l'extraction d'un solvant, le plus souvent l'eau, par perméation sélective à travers une membrane dense sous l'action d'un gradient de pression. Elle s'oppose au phénomène naturel d'osmose qui tend à transférer le solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée mises en contact par une membrane sélective sous l'action du gradient de concentration.

Lorsqu'une pression est appliquée sur le compartiment le plus concentré, le flux de solvant diminue jusqu'à s'annuler pour une pression égale à la pression osmotique de la solution.

Lorsque la pression appliquée est supérieure à cette pression osmotique, le flux s'inverse c'est le phénomène d'osmose inverse. La pression efficace correspond donc à la pression de part et d'autre de la membrane (pression transmembranaire) diminuée de la différence de pression osmotique de part et d'autre de la membrane.

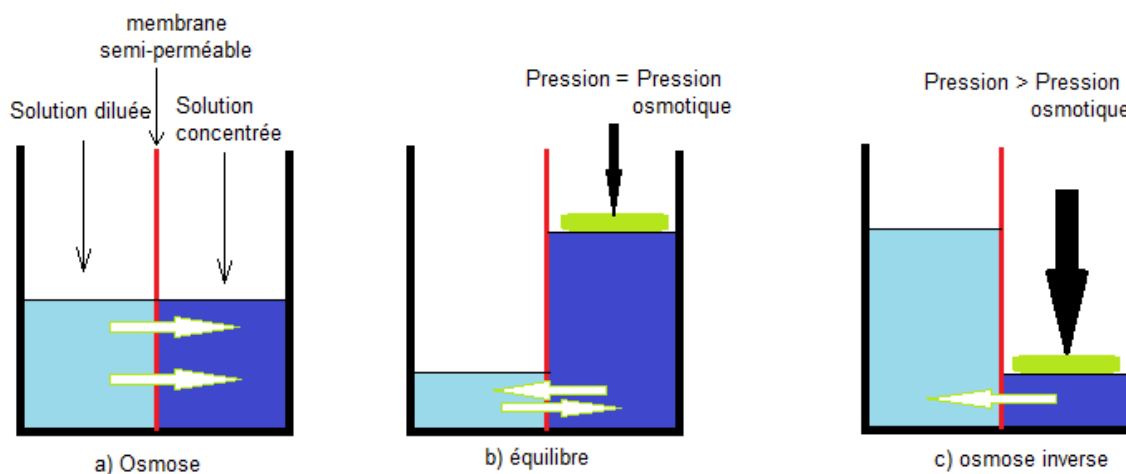


Figure 13 : Principe des phénomènes d'osmose inverse (Viviane Renaudin., 2013)

Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmose

Le traitement de l'osmose inverse retire tous les minéraux de l'eau, ce qui la rend non consommable. Il est donc nécessaire de la réinventer pour rendre cette eau potable.

L'injection automatique de 25 ppm de CO₂ permet de diminuer le pH à une valeur proche de 5, ce qui améliore l'efficacité du processus de reminéralisation. Il est réalisé dans la chambre de CO₂.

La tour de reminéralisation est ensuite dirigée vers 32 lits de calcite (carbonate de calcium) de 2 mètres de haut équipés de tuyaux de distribution.

L'eau traitée traverse ces lits de calcite et s'enrichit du carbonate de calcium qui se dissout dans l'eau, se dirigeant vers le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour.

Après avoir utilisé un doseur automatique, on ajoutera de l'hypochlorite de sodium (15 l/h) à partir d'un réservoir de 20 000 L.

A l'aide des pompes, on déplace l'eau traitée vers le réservoir de stockage pour la distribuer par l'ADE. (ALBERTO.J)



Figure 14 : Lits de calcite (ZIANE B, BENFATMA A., 2023)

Stockage et impulsion de l'eau produit

L'objectif du système de stockage et impulsion est de pomper l'eau produite vers le réseau de distribution. En utilisant le réseau de transport d'eau externe soutenu par Algérienne des eaux. Le système d'impulsion et stockage d'eau produite est composé par :

- Un réservoir d'eau reminéralisée.
- Un système de pompage d'eau reminéralisée.
- Un regard de livraison.

La capacité du réservoir d'eau reminéralisée est de 4000 m³ et il est construit en béton armé. Il est équipé de capteurs de niveau, d'interrupteurs de niveau et de transmetteurs de pH. Le réseau de distribution est alimenté par 8+1 pompes qui pompent 1150 m³/h d'eau commercialisable. Un débitmètre, des transmetteurs de pH, un analyseur de chlore, un transmetteur de conductivité et un turbidimètre sont installés lors du pompage. (ALBERTO.J)

Impact de dessalement de l'eau de mer

- **Impact sur la température des océans**

L'un des principaux impacts environnementaux du dessalement est l'augmentation de la température des océans due à la pollution thermique. La saumure qui est rejetée dans l'océan par une usine de dessalement peut être jusqu'à 4°C plus chaude que l'eau de mer environnante. Cela entraîne une augmentation de la température locale de l'océan qui peut aux espèces marines. **Sophie Paquet (28 février 2024).**

- **Impact sur la vie marine**

Les rejets d'une usine de dessalement ne contiennent pas seulement de l'énergie thermique, mais augmentent également les concentrations de divers *sels* dissous dans la zone environnante ainsi que d'autres polluants tels que les chlorures et les métaux lourds comme le mercure ou le plomb, qui sont libérés lorsque l'eau salée traverse les membranes d'osmose inverse au cours du processus de dessalement. Ces polluants peuvent s'avérer toxiques pour certaines espèces marines et perturber leurs habitats, entraînant une diminution de la biodiversité. **Sophie Paquet (28 février 2024).**

Conclusion

Lorsque l'eau potable est rare, le dessalement de l'eau de mer devient l'une des solutions les plus pratiques à travers le monde, tant pour l'alimentation que pour les besoins industriels, Cependant, il existe désormais une crainte que de telles usines à dessalement nuisent sérieusement à l'environnement.

*Chapitre IV : Etude des
caractères physico-chimiques*

Introduction

Le suivi et le contrôle de la pollution au niveau de Sonacter sont effectués en utilisant des méthodes telles que le dosage des sels nutritifs, les paramètres physico-chimiques.

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer

On évalue la qualité d'une eau de mer en mesurant divers paramètres.

1.1. Paramètres physico-chimiques

- **Température (°C)**

La température est un paramètre physique essentiel à mesurer pour caractériser la qualité d'une eau

Elle doit être mesurée in situ, directement sur le terrain, à l'aide d'un thermomètre ou d'un capteur intégré à un autre appareil de mesure comme un pH-mètre ou un conductimètre.

La température joue un rôle essentiel dans l'écosystème. Sa montée peut avoir un impact considérable sur la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets ont des différences de température significatives avec le milieu récepteur, comme les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermiques, ce qui entraîne une perturbation importante du milieu. On mesure la température à l'aide d'une thermosonde de (ou d'un thermomètre). Il est crucial de savoir avec précision la température de l'eau. **(Gaujous D., 1995).**

La variation de température a un impact sur la solubilité de l'oxygène, ce qui met en péril la survie des poissons. Les températures appropriées varient en fonction du type d'eau que vous examinez. **(Seed., 2003) in (ACHICHE Krimo, LARBI Samir., 2010).**

En résumé, la mesure de la température est un geste simple mais essentiel pour caractériser la qualité d'une eau et interpréter correctement les autres paramètres physico-chimiques.

- **Salinité(g/l)**

La salinité joue un rôle crucial dans le milieu marin en affectant la densité de l'eau de mer. Elle permet de comprendre la circulation océanique, de repérer les différentes masses d'eaux provenant de différentes origines et de suivre leurs mélanges tant au large qu'à la côte ou dans les estuaires. La salinité de l'eau de mer joue un rôle essentiel dans l'étude du milieu marin, car elle constitue avec la température deux indicateurs essentiels des masses d'eau (un bon indicateur du mélange des eaux). **(Aminot A et Chaussepied M., 1983)**

La teneur en sels dissous de l'eau de mer peut être mesurée et exprimée de différentes façons en fonction de la prise en compte de l'ensemble des corps ou seulement des sels dominants. Les océans ont une salinité moyenne de 34,71 milligrammes de sel par gramme d'eau. La solution océanique est composée d'eau (H₂O) et de divers sels dissous, ainsi que d'éléments majeurs et mineurs, de nutriments organiques et d'éléments en trace. Les dix éléments chimiques considérés comme majeurs constituent 99% des sels dissous. Ces principaux éléments demeurent très constants en termes de proportion relative.

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique de l'eau est un paramètre crucial pour évaluer la qualité de l'eau en milieu marin. Elle est mesurée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et dépend de la quantité d'ions dissous dans l'eau. Cette conductivité est essentielle pour surveiller la salinité de l'eau de mer, car la salinité influence directement la conductivité électrique. La conductivité électrique de l'eau est utilisée pour détecter des changements dans l'environnement, surveiller l'impact des activités humaines et évaluer la qualité de l'eau pour diverses utilisations.

En outre, la conductivité dépend de la température de l'eau. Il est donc nécessaire de présenter les résultats de mesure en utilisant une conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Ce paramètre, mesuré sur le terrain, permet de définir la nature de l'eau. Il est possible d'évaluer la conductivité d'un échantillon en comparant sa conductivité avec celle d'une eau de mer normale avec une salinité de 35 %. **(Rodier et al., 2005)**

- **Potentiel d'hydrogène**

(PH) C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire. **(Aminot et Kérouel., 2004)**. Le pH naturel est altéré par l'accumulation de matières organiques provenant de la région continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels. Si aucune influence externe n'est présente, le pH reflète les équilibres entre les principales espèces chimiques du milieu, mais il peut également être utilisé comme indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. **(Aminot et Kérouel., 2004)**.

En général, le pH de l'eau de mer est proche de 8,2, ce qui suggère qu'elle tend vers un milieu basique. Un pH mètre de terrain de type 315/SET (WTW) ou HQ11d a été utilisé pour mesurer le pH, avec une précision de $\pm 0,01$, équipé d'une électrode de verre à compensation de température. **(Rodier et al., 2005)**.

- **Les nitrites (NO^{2-})**

Les nitrites sont une forme d'azote minéral présente généralement en faible quantité dans l'eau de mer. Ils résultent de la dégradation de l'ammoniaque par les bactéries nitrifiantes. La distribution verticale des nitrites montre qu'ils sont généralement absents de la couche de surface et que leur concentration maximale se situe vers 50 mètres en zone équatoriale et plus profondément dans la partie sud. En profondeur, les nitrites deviennent négligeables à partir de 100 mètres entre 5°N et 15°S . La concentration maximale de nitrites varie avec la latitude mais reste généralement inférieure à $0,5 \text{ mmol/m}^3$ et dépasse rarement $1,0 \text{ mmol/m}^3$. La comparaison avec la distribution du nitrate montre que les maxima de nitrite sont décalés vers le haut par rapport à ceux du nitrate. Un excès de nitrites peut avoir des effets néfastes sur la vie marine. En aquariophilie, un taux de nitrites supérieur à $1,6 \text{ mg/L}$ nécessite un remplacement de 20% de l'eau et l'introduction de bactéries dénitrifiantes. Un taux idéal est inférieur à $0,3 \text{ mg/L}$.

- **Les nitrates (NO^{3-})**

Les nitrates sont une source d'azote essentielle pour la croissance du phytoplancton et des végétaux marins. Ils sont assimilés par les organismes photosynthétiques.

- Les concentrations de nitrates dans l'eau de mer sont généralement faibles en surface, car ils sont rapidement consommés par le phytoplancton. Leurs concentrations augmentent en profondeur.

- Un excès de nitrates peut favoriser la prolifération d'algues et entraîner une eutrophisation des milieux marins, perturbant l'équilibre des écosystèmes.

- En aquariophilie marine, un taux de nitrates supérieur à 50 mg/L est considéré comme élevé et nécessite des changements d'eau réguliers.

- **Chlorure (Cl^-)**

Dans l'eau de mer, les chlorures sont abondants, avec une concentration d'environ 19 g/L . Les principaux composants du sel marin (chlorure de sodium) sont le sodium et le chlorure de sodium.

Les chlorures jouent un rôle essentiel dans l'équilibre hydrique de l'organisme et favorisent une distribution optimale de l'eau dans le corps. Ils jouent également un rôle dans la digestion et la circulation du CO_2 dans le sang.

Une alimentation équilibrée couvre largement les besoins en chlorures. Le taux maximum autorisé dans les eaux potables est de 200 mg/L , au-delà duquel on peut ressentir un goût de chlore.

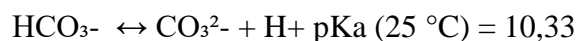
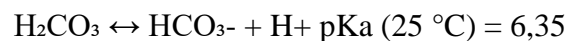
Un excès involontaire de chlorures peut entraîner des nausées, mais ils sont éliminés naturellement par l'urine.

Selon les régions et les sources, la teneur en chlorures de l'eau de mer diffère. Cependant, la concentration des ions chlorures est relativement stable, ce qui en fait un élément important.

En bref, les chlorures sont un élément indispensable de l'eau de mer, jouant un rôle dans l'équilibre osmotique et dans différents processus physiologiques. La forte concentration de ces substances est typique de l'eau de mer.

- **Carbonate**

Les carbonates totaux dissous dans les eaux sont liés par des équilibres acide-base à l'acide carbonique :



Aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les carbonates sont sous formes HCO_3^- (ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate) principalement avec des traces d'acide carbonique (ou de dioxyde carbone) et d'ion carbonate (notamment quand le pH est supérieur à 8,3 – 8,4)

- **Bore**

Le bore est un composé naturel de l'eau de mer, dont la teneur moyenne est comprise entre 4 et 5 mg/L.

Le bore est principalement présent dans l'eau de mer sous forme d'acide borique (B(OH)_3) et de borate.

La quantité de bore présente dans l'eau de mer est proportionnelle à sa salinité. Les teneurs des eaux côtières et estuariennes peuvent varier.

La présence excessive de bore dans l'eau de mer peut entraîner des conséquences néfastes sur la vie marine, en perturbant la croissance et la reproduction de certaines espèces.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a établi une limite de bore de 2,4 mg/L pour l'eau potable. La concentration maximale recommandée par l'Union Européenne est de 1 mg/L.

Oligo-éléments et les toxiques minéraux

Les oligo-éléments sont présents en très faibles quantités dans l'eau de mer. Un excès ou une carence peut avoir des effets néfastes sur la vie marine. Les toxiques minéraux comme l'arsenic, le mercure, le plomb ou le cadmium sont également présents et peuvent s'accumuler dans les organismes marins, posant des problèmes de contamination de la chaîne alimentaire. Leur surveillance est importante pour évaluer la qualité des eaux marines. (Gaujous, (1995).

Conclusion

La région de Sonacter présente des caractéristiques physico-chimiques qui permettent de déterminer leur origine et de déterminer l'importance de leur niveau de pollution.

Avant d'être rejetées dans le milieu naturel et de le détériorer, il est essentiel qu'elles respectent des normes établies afin de préserver les milieux récepteurs de la pollution. Dans cette optique, elles sont transportées vers une station d'épuration (station de dessalement de Sonacter) ou elles sont soumises à plusieurs étapes de traitement.

Chapitre V : Matériels & méthodes

Matériels et méthodes

L'objectif de ce travail (mémoire) prélever l'eau de mer de la plage de Sonacter et comparer les paramètres physico-chimique s'ils sont dans les normes.

Prélèvement

▪ Mode opératoire

Dans le cadre de notre étude, nous avons réalisé trois campagnes d'échantillonnage, la 1ère le 17 mars 2024, la 2ème le 18 avril 2024 durant, et la dernière le 9 mai 2024 durant la saison printanière. Nous avons prélevé des échantillons de la plage de Sonacter. Pour prélever un échantillon, il est recommandé d'utiliser une bouteille en plastique, Puis on les transporte dans des glacières.

1. Les analyses physico-chimiques

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau s'effectue par la mesure d'un ensemble de paramètres constituant l'eau. Des résultats anormaux permettent de mettre en évidence et d'évaluer les niveaux de pollutions.

Ils se divisent en deux groupes :

Le premier groupe est constitué des caractéristiques mesurées in situ à l'aide d'un appareil multi-paramètres. Il s'agit essentiellement de :

- La température en degrés Celsius (°C)
- La salinité (mg/l).
- La conductivité en ms /cm.
- Le potentiel hydrogène (pH).

Le deuxième groupe des caractéristiques variables comprend :

- Les nitrites (NO₂) en mg/l.
- Les nitrates (NO₃) en mg/l.
- Chlorure en mg/l
- Carbonate en mg/l
- Bore en mg/l

2. Analyses et modes opératoires

Les analyses des paramètres physico-chimiques et des paramètres indicateurs de pollution sont effectuées au niveau du laboratoire de l'université de l'INES et l'université de l'ITA.

3. Mesure des paramètres physico-chimiques

3.1. La température, la salinité et la conductivité

La température, la salinité sont déterminées en même temps que la conductivité électrique par le conductimètre.

Mode opératoire

- Mettre l'appareil en marche
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée
- Plonger l'électrode dans notre échantillon et lire la température, la salinité et la conductivité de notre échantillon directement sur l'appareil en changeant le mode de la lecture selon chaque paramètre.
- Rincer l'électrode après chaque mesure.



Figure 15 : Appareil conductimètre (mesure salinité, température et conductivité)

1. Le pH

Il est utilisé pour exprimer le degré d'ionisation de l'eau. Il indique le caractère alcalin ($\text{pH} > 7$), acide ($\text{pH} < 7$) ou neutre ($\text{pH} = 7$) de l'eau. C'est la mesure de la concentration en ions Hydronium (H_3O^+) provenant de la dissociation des molécules d'eau en protons H^+ . Il contrôle les vies aquatiques et régule le processus d'épuration dans les plans d'eau. Le pH dans l'eau naturelle varie entre 6,6 et 7,8 (FONKOU T., 1991)

Mode opératoire

- Allumer le pH mètre. Appuyer sur la touche "pH"
- Rincer la sonde avec l'eau distillée.
- Entrer l'électrode dans les solutions d'étalon pour confirmer que le pH mètre fonctionne bien.
- Rincer l'électrode après chaque utilisation avec l'eau distillée.
- Passer l'échantillon et écrire le résultat.
- Rincer abondamment l'électrode avec de l'eau distillée et arrêter l'appareil.

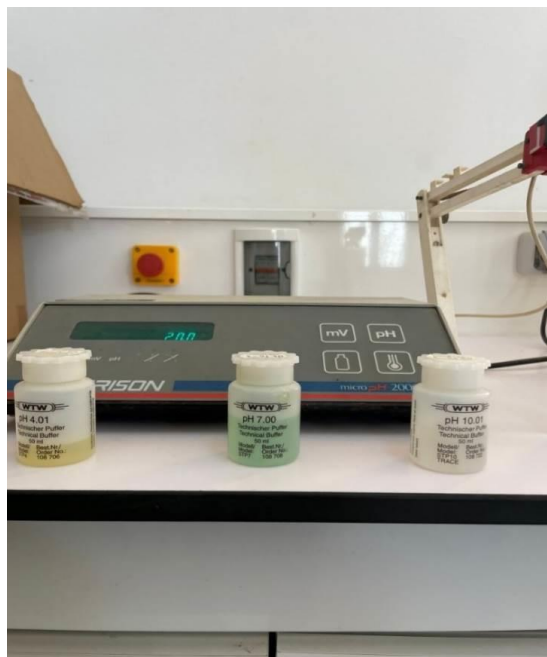


Figure 16 : Les solutions étalonnées

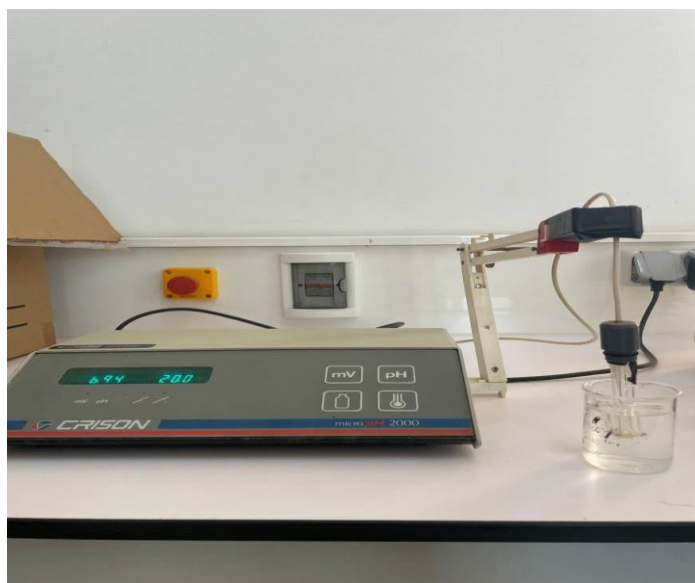


Figure 17 : Appareil pH mètre (laboratoire d'université de Mostaganem l'ITA 2024)

2. Nitrite dans l'eau de mer

Les ions nitrites (NO_2^-) sont des composés intermédiaires du cycle de l'azote situés entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates (NO_3^-) ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles par litre.

Principe

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa réaction avec la N-(1-naphtyl) -éthylènediamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Matériels

- Acide chlorhydrique dilué à 10% (en volume).
- Solution de sulfanilamide.
- Solution de dichlorhydrate N (1-naphtyl) -éthylènediamine à 0,1 %.
- Eau de mer artificielle.
- Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/L.
- Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/L.
- Solution fille étalon d'azote nitreux à 0.1 mg/L.

Etablissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 50 ml.

Numéro des fioles	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0.1 mg/L	0	1	2	5	10
Eau de mer artificielle (ml)	50	49	48	45	40
Solution sulfanilamide (ml)	0	2	4	10	20
	Agiter vigoureusement et attendre 5 min				
Solution de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine	1	1	1	1	1

Laisser au repos 10 minutes. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 m en cuves de 5 ou mieux de 10 cm.

Construire la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau de mer à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux, exprimée en microgrammes par litre d'eau de mer.

3. Nitrates dans l'eau de mer

Matériel

- Spectrophotomètre.
- Cuves spectrophotométrique.
- Pipettes.
- Eprouvettes graduées.
- Eau de mer filtrée.
- Solution standard de nitrate (0,1, 2, 5 et 10 mg/L).
- Réactif de Brucine.
- Réactif de sulfanilamide.
- Solution d'acide phosphorique.

Méthode

1. **Préparer les blancs:** Remplir une cuve spectrophotométrique d'eau de mer filtrée et une autre d'eau distillée.
2. **Préparer les échantillons :** Dans des cuves spectrophotométriques, ajouter 2 ml d'eau de mer filtrée et les volumes appropriés de la solution standard de nitrate (0,1, 2, 5 et 10 mg/L) pour obtenir des concentrations allant de 0 à 10 mg/L.
3. **Ajouter les réactifs :** Ajouter 1 ml de réactif de sulfanilamide à toutes les cuves, puis mélanger. Laisser reposer pendant 5 minutes.
4. **Ajouter l'acide phosphorique :** Ajouter 1 ml de solution d'acide phosphorique à toutes les cuves et mélanger immédiatement. Laisser reposer pendant 10 minutes.

5. **Ajouter la brucine** : Ajouter 0,1 ml de réactif de brucine à toutes les cuves et mélanger immédiatement.
6. **Mesurer l'absorbance**: Après 30 minutes, mesurer l'absorbance de toutes les cuves à une longueur d'onde de 420 nm en utilisant l'eau distillée comme référence.

4. Dosage des carbonates

Réactifs

- Acide sulfurique 0,1 N.
- Acide chlorhydrique 0,02 N.
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N
- Solution d'hydroxyde de baryum 0,02 N.
- Le titre de cette solution est déterminé à l'aide de l'appareil à évolution. Introduire 50 cm³ de solution de la burette A dans le flacon E et monter l'appareil.
- Verser 200 cm³ d'eau désionisée exempte de dioxyde de carbone dans le flacon D, faire démarrer la pompe et laisser circuler les gaz pendant 10 minutes environ. Titrer l'hydroxyde de baryum avec l'acide chlorhydrique 0,02 N jusqu'au virage de la phénolphtaléine.
- Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0,1 %.
- Solution d'hélianthine à 1 %.

Mode opératoire

Prélèvement et prétraitement de l'échantillon :

Un échantillon d'environ 200 cm³ est placé directement dans la fiole conique (D) qui sera utilisée pour le dosage. Ajouter immédiatement 10 cm³ de solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N et vérifier que le pH de l'échantillon est supérieur à 8,5 par addition de quelques gouttes de solution de phénolphtaléine. Si la coloration rose violacée ne se développe pas, ajouter de nouveau 10 cm³ de solution d'hydroxyde de sodium. Fermer hermétiquement la fiole à l'aide d'un bouchon en caoutchouc. Un précipité de carbonate de calcium peut apparaître. Effectuer le dosage dans les 24 h qui suivent la prise d'échantillon.

Dosage

- À l'aide de la burette A, introduire 50 cm³ (ou 100 cm³ si l'on a doublé le volume de soude introduite lors du prétraitement) de solution d'hydroxyde de baryum 0,02 N dans le flacon en position F, puis placer celui-ci en position E. Ajouter 2 gouttes d'hélianthine dans l'échantillon,

puis installer la fiole conique en position (D), sur la plaque chauffante (l'échantillon ne doit pas contenir plus de 200 mg de CMT par litre).

- Mettre le robinet à trois voies en communication avec l'atmosphère et enclencher la pompe P. Puis placer le robinet en position de circulation dès que les bulles apparaissent dans la fiole conique. Pendant la circulation des gaz qui brassent la solution, ajouter de l'acide sulfurique 0,1 N à l'échantillon à analyser jusqu'au virage persistant de l'hélianthine (tout le précipité de carbonate de calcium doit être dissous).
- Ajouter 20 cm³ d'acide en excès et noter le volume total d'acide utilisé.
- Chauffer la solution jusqu'au début d'ébullition et continuer la circulation des gaz pendant 10 minutes sans chauffer. La solution de baryte placée dans le vase d'absorption se trouble en raison de la précipitation du carbonate de baryum.
- Mesurer le volume V₁ de solution contenu dans la fiole conique.
- Titrer la solution contenue dans le vase d'absorption E avec l'acide chlorhydrique 0,02 N jusqu'au virage de la phénolphthaléine.

Expression des résultats

- Volume de l'échantillon d'eau prélevé (V_e) est égal à :

$$V_e = V_1 - (V_{\text{soude}} + V_{\text{acide}}).$$

(Le volume de solution d'hydroxyde de sodium introduit lors du prélèvement est de 10 ou 20 cm³).

- Soit V le volume en cm³ d'acide chlorhydrique 0,02 N correspondant au volume de solution d'hydroxyde de baryum utilisé et v le volume d'acide utilisés pour le dosage (penser à doubler le volume V si on a utilisé 100 cm³ de solution de baryte).

(V - v) x 0,02 est le nombre de milliéquivalents de CMT contenu dans l'échantillon.

- La concentration en CMT de l'eau analysée est :

$$\text{CMT} = \frac{(V - v) \cdot 0,02 \cdot 1000}{2V_e} = (10) \frac{(V - v)}{V_e} \text{ en millimoles.L}^{-1}$$

Ou encore :

$$\text{CMT} = \frac{440 (V - v)}{V_e} \text{ en mg de CO}_2 \text{ par litre.}$$

5. Dosage des chlorures

Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire

- Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.
- Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

6. Dosage de Bore

Principe

En milieu acide, le bore forme avec l'acide carminique un complexe permettant une mesure par spectrométrie.

Réactifs

- Acide sulfurique ($d = 1,83$).
- Solution d'acide carminique.
- Hydroxyde de sodium N (voir 2 e remarque).
- Solution étalon de bore à 100 mg/L.

Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées de préférence en polyéthylène, effectuer les dilutions suivantes :

Numéro des fioles	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de bore à 100 mg/L	0	1	2	3	4	5
Eau désionisée (ml)	100	99	98	97	96	95
Correspondance en milligrammes de bore par litre	0	1	2	3	4	5

Dans six fioles jaugées de 25 ml à bouchon rodé, refroidies dans un bain glacé introduire 2 ml d'eau désionisée ou 2 mL des dilutions ci-dessus puis faire écouler lentement dans chacune d'elles 10 ml d'acide sulfurique.

($d = 1,83$), en refroidissant. Agiter jusqu'à la fin du dégagement gazeux et revenir à la température ambiante. Ajouter 10 ml d'acide carminique.

Agiter. Attendre 45 minutes. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 585 nm. Tracer la courbe d'étalonnage.

Mode opératoire

Introduire 2 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 25 ml et procéder de la même manière que pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 2 ml, la courbe donne directement la teneur en bore exprimée en mg/L.

Chapitre VI : Résultats & Discussion

Introduction

Cette partie représente les différents résultats obtenus à partir des échantillons prélevés des trois mois. Cette analyse va nous aider à préciser est ce qu'il y a une pollution dans la plage de Sonacter et la source de cette pollution, grâce à les interprétations et les comparaisons pour qu'ils soient exploitables.

1. Etude qualitative

Les résultats des valeurs moyennes sont regroupés dans les deux tableaux suivants :

Tableau 1 : Variation des paramètres physico-chimique

Paramètres \ Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Mois						
pH	8.25	8.25	8.32	6.94	7.02	7.09
Température (°C)	19.5	19.9	20.1	18	18.1	18
Conductivité ms/cm	53.8	53.7	54.1	2,8	2,8	2,8
Salinité g/l	35,4	36,1	36,8	<1	<1	<1

Tableau 2 : Paramètres de pollution

Paramètres \ Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Mois						
Nitrate (mg/l)	0,23	0,23	0,23	0,019	0,011	0,022
Nitrite (mg/l)	0,074	0,062	0,064	0,002	0,002	0,003
Chlorure (mg/l)	22720	22780	22480	203	195	197
Carbonate (mg/l)	28,8	21,6	20,4	3,6	3,06	3,2
Bore(mg/l)	0,680	0,705	0,710	0,101	0,100	0,91

2. Analyse et interprétation des résultats des paramètres physico-chimique

2.1. pH

Tableau 3 : Variation de pH mètre de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
pH		8.25	8.25	8.32	6.94	7.02	7.09

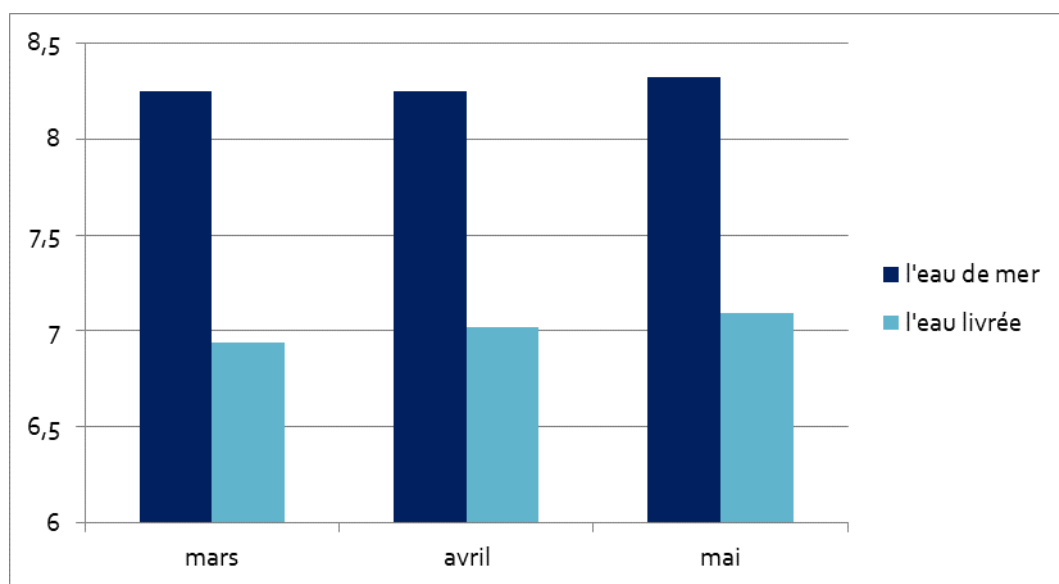


Figure 18 : Les variations de pH dans l'eau au niveau de station d'étude

Interprétation

Le graphique montre la variation du pH entre l'eau de mer et l'eau livrée pour les mois de mars, avril et mai. On observe que le pH de l'eau de mer reste relativement stable et élevé, autour de 8,25 à 8,32.

Les apports résultants des activités humaines, agglomérations, industrie comme les eaux rejetées, et agriculture. Les résultats montrent un pH alcalin au niveau de l'eau de mer.

En revanche, le pH de l'eau livrée est plus bas, commençant à 6,94 en mars et augmentant légèrement à 7,09 en mai, Le pH de l'eau livrée est systématiquement inférieur à celui de l'eau de mer prélevée, bien

qu'il y ait une légère augmentation du pH de l'eau livrée au fil des mois. Cette différence peut être due à des traitements ou des processus de livraison qui modifient l'acidité de l'eau.

2.2. Température

Tableau 4 : Variation de la température de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Température		19.5	19.9	20.1	18	18.1	18

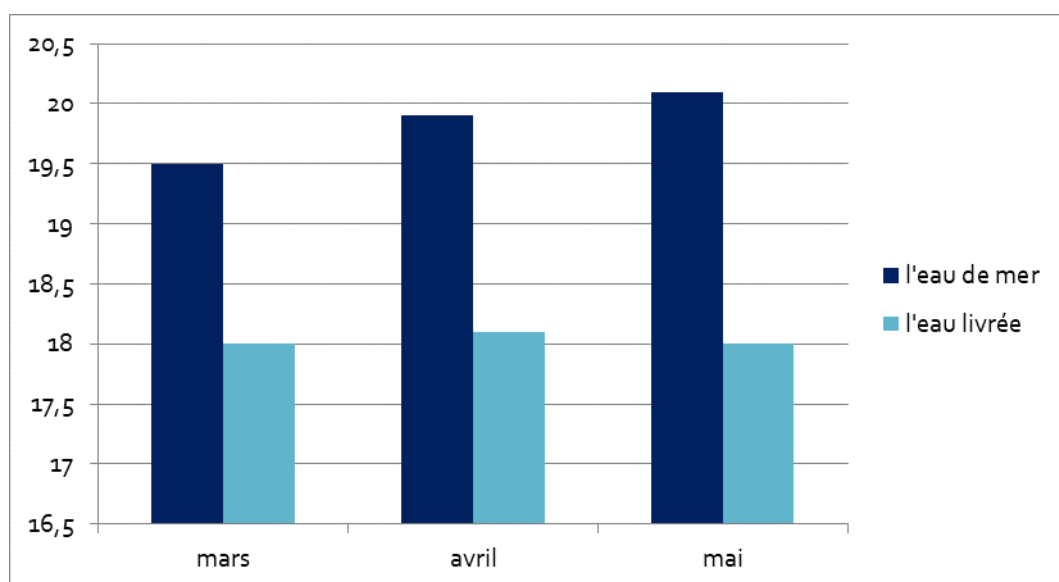


Figure 19 : Les variations de la température dans l'eau de haut niveau de station d'étude

Interprétation

Le graphique compare les températures de l'eau de mer prélevée et de l'eau livrée

La température de l'eau de mer est plus élevée que celle de l'eau livrée en mars, avril et mai. La température de l'eau de mer est entre de 19.5°C et 20.1°C, tandis que celle de l'eau livrée est autour de 18°C.

Les usines de dessalement, en particulier celles qui utilisent des méthodes thermiques (comme la distillation multi-étages), rejettent souvent de l'eau plus chaude que l'eau de mer. Ce rejet d'eau chaude peut augmenter la température locale de l'eau de mer, créant un effet thermique.

L'eau livrée est peut-être chauffée ou subit un processus qui augmente sa température par rapport à l'eau de mer d'origine.

2.3. Conductivité

Tableau 5 : Variation de la conductivité de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Conductivité		53.8	53.7	54.1	2,8	2,8	2,8

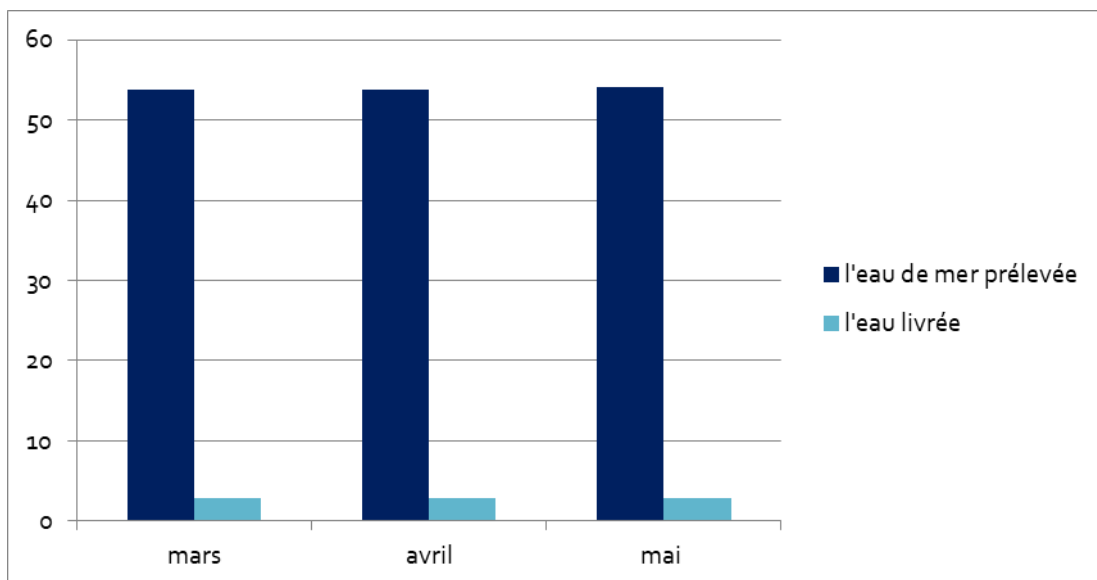


Figure 20 : Les variations de la conductivité dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique montre la conductivité de l'eau de mer prélevée et de l'eau livrée pour les mois de mars, avril, et mai.

La conductivité de l'eau de mer prélevée est très élevée (environ 55 mS/cm) pour les trois mois. Cependant, la conductivité de l'eau livrée est beaucoup plus faible, à moins de 5 mS/cm.

La conductivité électrique de l'eau est directement liée à sa salinité, puisque les ions dissous (comme le sodium et le chlorure) transportent le courant électrique. Par conséquent, une augmentation de la salinité due aux rejets de saumure entraîne une hausse de la conductivité de l'eau de mer.

L'eau livrée a probablement été désalinisée ou a subi un processus de traitement pour réduire sa conductivité, ce qui implique une diminution significative de la quantité de sels dissous.

2.4. Salinité

Tableau 6 : Variation de la salinité de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Salinité		35,4	36,1	36,8	<1	<1	<1

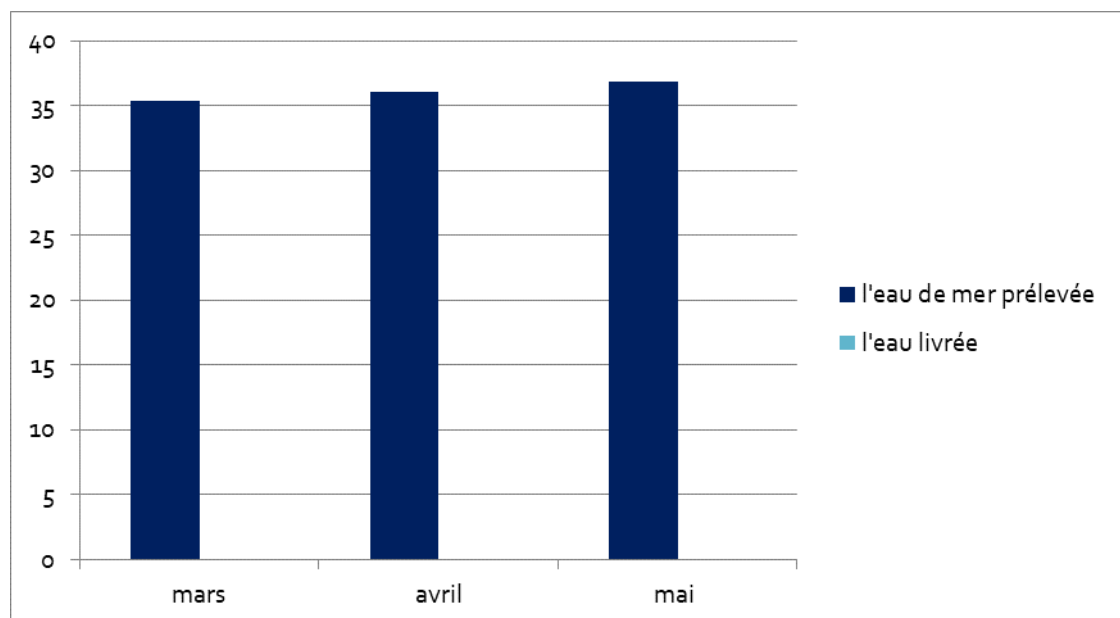


Figure 21 : Les variations de la salinité dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique et tableau affichés présentent les variations de la salinité de l'eau dans une station d'étude, avec des comparaisons entre l'eau de mer prélevée et l'eau livrée pour les mois de mars, avril, et mai.

En mars, la salinité est de 35,4g/l, la salinité augmente légèrement à 36,1g/l en avril.

En mai, la salinité continue d'augmenter pour atteindre 36,8g/l.

Les eaux rejetées après dessalement ont une salinité plus élevée que l'eau de mer normale. Cela peut provoquer une augmentation locale de la salinité, affectant les écosystèmes marins sensibles, tels que les récifs coralliens et les herbiers marins, qui dépendent d'une salinité stable.

La salinité de l'eau livrée est inférieure à 1 pour les mois de mars, avril et mai, indiquant une réduction significative par rapport à l'eau de mer prélevée.

La constance de cette valeur faible démontre une efficacité constante dans le traitement de l'eau pour éliminer la salinité avant la livraison.

3- Analyse et interprétation des résultats des paramètres de pollution

3.1. Nitrate

Tableau 7 : Variation de nitrate de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Nitrate		0,23	0,23	0,23	0,019	0,011	0,022

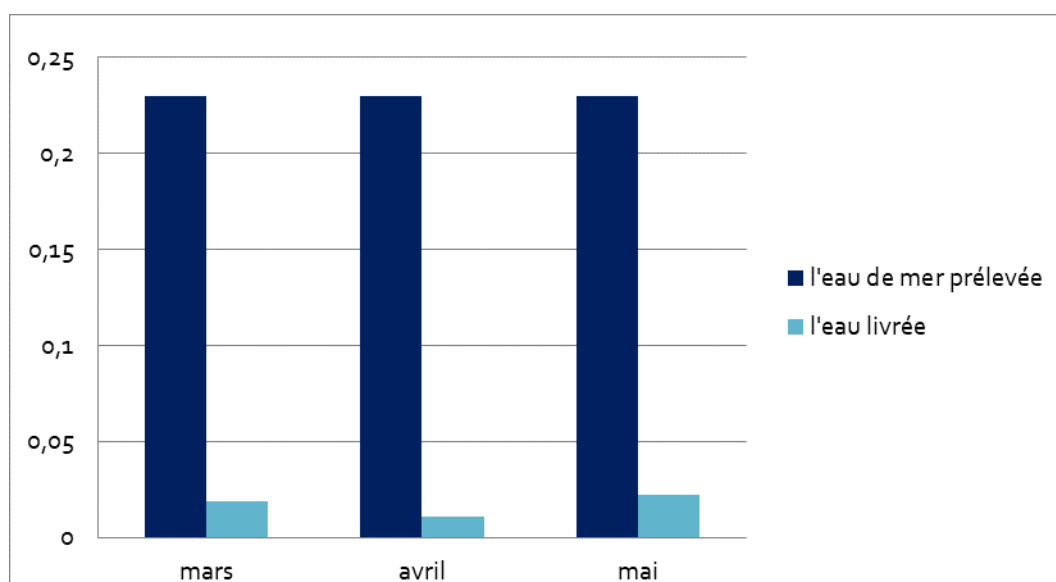


Figure 22 : Les variations de nitrate dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique montre la variation de la concentration en nitrate entre l'eau de mer et l'eau livrée pour les mois de mars, avril et mai. On observe que la concentration en nitrate de l'eau de mer prélevée reste constante à 0,23 mg/L sur les trois mois.

Les rejets de dessalement peuvent indirectement influencer les concentrations en nitrate dans l'eau de mer par des modifications des cycles biogéochimiques et des effets sur les écosystèmes locaux.

Par contre, la concentration en nitrate de l'eau livrée est beaucoup plus faible, avec des valeurs variant de 0,019 mg/L en mars, descendant à 0,011 mg/L en avril, et remontant légèrement à 0,022 mg/L en mai.

Le nitrate dans l'eau livrée est nettement inférieur à celui de l'eau de mer prélevée, ce qui peut indiquer un processus de filtration ou de traitement qui réduit la concentration de nitrate avant la livraison. Cette réduction est stable mais présente de légères variations au fil des mois.

3.2. Nitrite

Tableau 8 : Variation de nitrite de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Nitrite		0,074	0,062	0,064	0,002	0,002	0,003

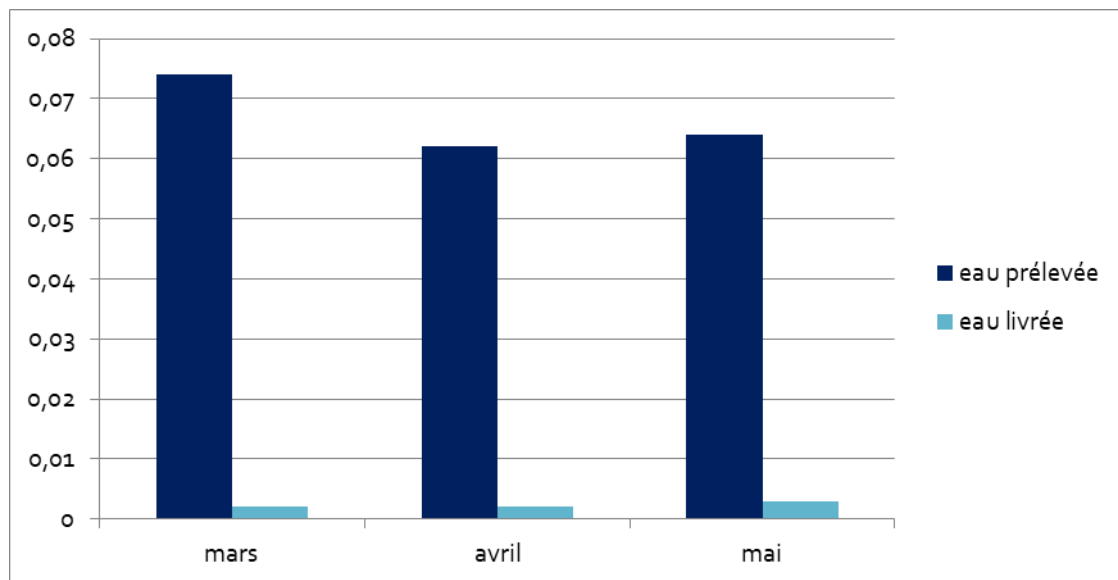


Figure 23 : Les variations de nitrite dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Ce graphique montre les variations de la concentration en nitrite dans l'eau au niveau d'une station, selon deux types d'échantillons : "eau prélevée" et "eau livrée" pour les mois de mars, avril et mai.

La concentration en nitrite est la plus élevée en mars (environ 0,074 mg/l), puis elle diminue légèrement en avril (environ 0,06 mg/l) avant de se stabiliser à peu près au même niveau en mai.

Les rejets de saumure issus du dessalement contiennent souvent des résidus chimiques utilisés dans le processus de traitement, tels que des agents anti-incrustants et des biocides. Ces produits chimiques peuvent perturber l'équilibre chimique de l'eau de mer et favoriser l'augmentation de nitrites.

Les concentrations en nitrite sont nettement plus faibles dans l'eau livrée par rapport à l'eau prélevée, et elles sont presque constantes chaque mois, à environ 0,01mg/l.

3.3. Chlorure

Tableau 9 : Variation de chlorure de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Chlorure		22720	22780	22480	203	195	197

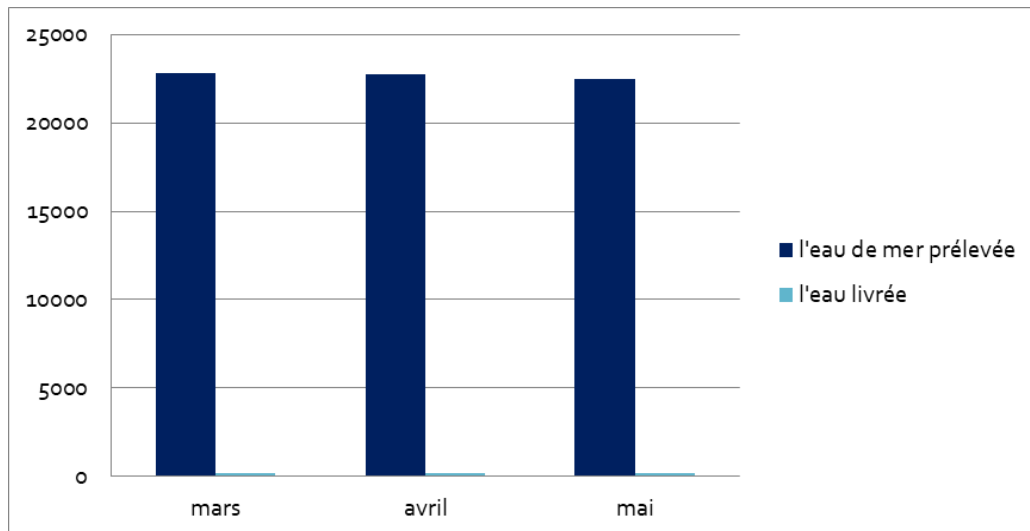


Figure 24 : Les variations de chlorures dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique présente les variations de la concentration de chlorure (en mg/l) dans l'eau de mer prélevée et l'eau livrée pour les mois de mars, avril et mai.

La concentration de chlorure dans l'eau de mer prélevée reste relativement stable autour de 22 700 mg/l, avec de très légères variations au fil des mois. Les rejets de dessalement contiennent souvent une saumure hautement concentrée en sels, y compris des chlorures. Lorsque cette saumure est déversée dans l'océan, elle peut augmenter la salinité locale, ce qui inclut une augmentation de la concentration de chlorure.

Comparée à l'eau de mer prélevée, l'eau livrée contient beaucoup moins de chlorure, ce qui indique une réduction significative des niveaux de chlorure par le processus de traitement de l'eau.

En mars, la concentration de chlorure dans l'eau livrée est de 203 mg/l, cette concentration diminue légèrement à 195 mg/l en avril.

En mai, la concentration augmente légèrement à 197 mg/l.

Les données indiquent que le système de traitement de l'eau est très efficace pour réduire la concentration de chlorure de manière significative, assurant ainsi que l'eau livrée possède des niveaux de chlorure beaucoup plus faibles et plus sûrs par rapport à l'eau de mer prélevée.

3.4. Carbonate

Tableau 10 : Variation de carbonate de site de la station

Paramètres	Site	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mois	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Carbonate		28,8	21,6	20,4	3,6	3,06	3,2

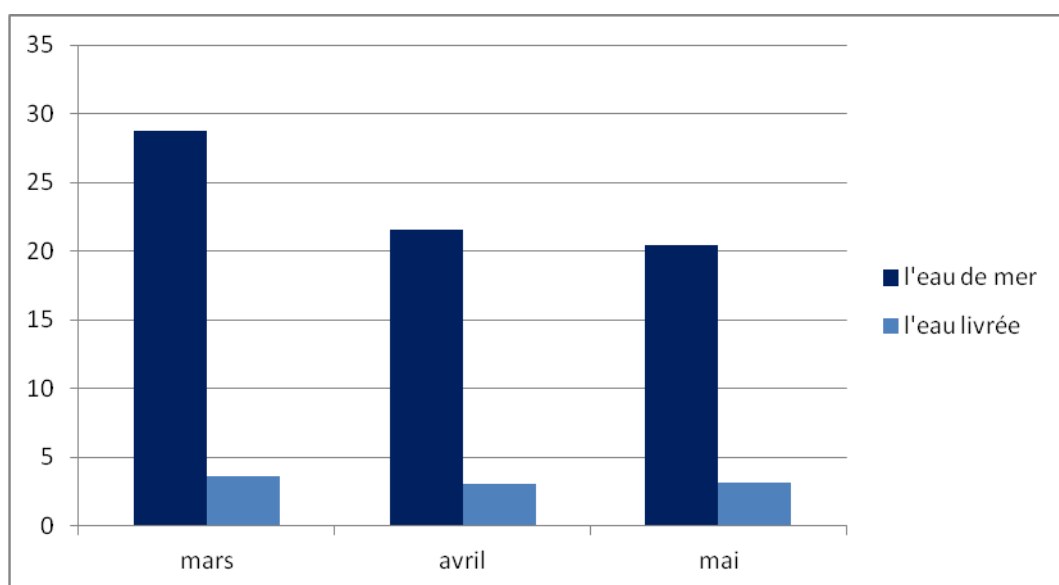


Figure 25 : Les variations de carbonate dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique montre les variations de carbonate entre l'eau de mer et l'eau livrée pour les mois de mars, avril et mai.

En mars, la concentration de carbonate dans l'eau de mer prélevée est de 28,8 mg/l, cette concentration diminue à 21,6 mg/l en avril.

Une diminution supplémentaire est observée, avec une concentration de 20,4 mg/l.

Les rejets de dessalement sont souvent plus salés que l'eau de mer ambiante. Cette augmentation de la salinité peut affecter l'équilibre chimique de l'eau, en particulier la dissolution et la précipitation des carbonates. Une salinité plus élevée peut entraîner une précipitation accrue de carbonates, ce qui augmente la concentration de carbonate dans l'eau de mer

Comparée à l'eau de mer prélevée, l'eau livrée à une concentration de carbonate beaucoup plus faible, la concentration de carbonate dans l'eau livrée est entre de 3,6 mg/l et 3,2 mg/l

Le traitement de l'eau est efficace pour réduire la concentration de carbonate, avec des valeurs nettement plus faibles dans l'eau livrée par rapport à l'eau de mer prélevée.

3.5. Bore

Tableau 11 : Variation de bore de site de la station

Site Paramètres	Eau de mer prélevée			Eau livrée		
	Mars	Avril	Mai	Mars	Avril	Mai
Bore	0,680	0,705	0,710	0,101	0,100	0,091

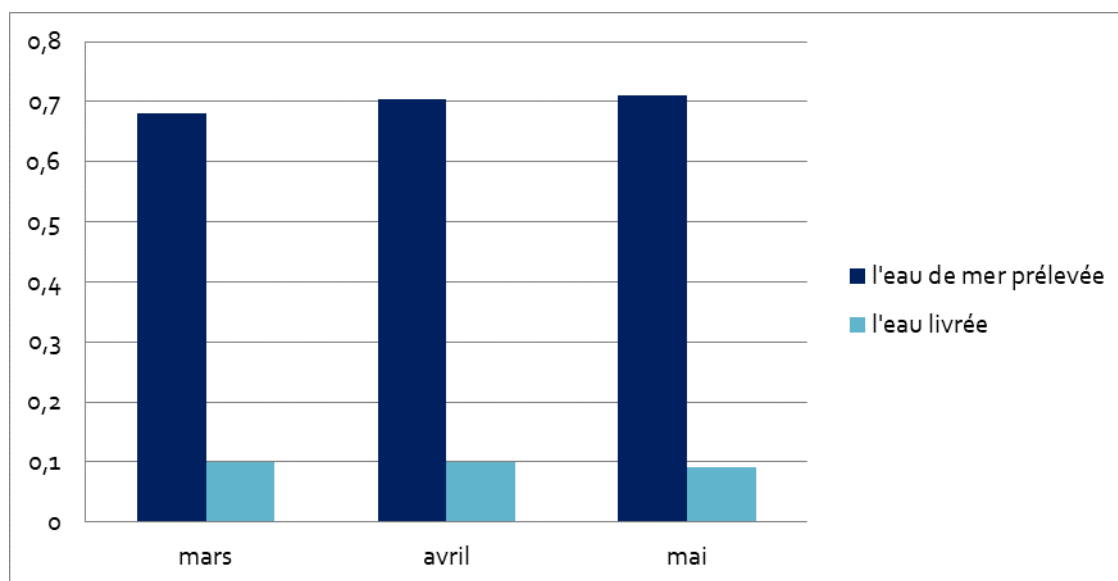


Figure 26 : Les variations de bore dans l'eau au niveau de la station d'étude

Interprétation

Le graphique montre les variations de la concentration de bore (en milligrammes par litre) entre l'eau de mer et l'eau livrée pour les mois de mars, avril et mai

La concentration de bore reste relativement stable au cours des trois mois, avec des valeurs de 0,68 mg/l en mars, 0,705 mg/l en avril, et 0,71 mg/l en mai. Cela suggère que la concentration de bore dans l'eau de mer prélevée ne varie pas significativement sur cette période.

Le bore peut alors se retrouver en concentration plus élevée dans les rejets saumâtres, augmentant ainsi sa concentration dans les zones marines proches des points de rejet.

La concentration de bore dans l'eau livrée est beaucoup plus faible comparée à celle de l'eau de mer prélevée. Les valeurs observées sont 0,101 mg/l en mars, 0,100 mg/l en avril, et 0,091 en mai. Ces chiffres montrent une légère diminution de la concentration de bore dans l'eau livrée au fil des mois, indiquant que le traitement de l'eau réduit considérablement la concentration de bore.

Conclusion générale

Pour conclure ce mémoire, nous avons étudié l'impact environnemental de la station de dessalement de la plage de Sonacter, en nous concentrant sur les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer. Les analyses réalisées sur une période de trois mois ont révélé que les rejets de saumure de la station de dessalement ont un effet significatif sur la qualité de l'eau, notamment en ce qui concerne la salinité, la conductivité, et la présence de certains polluants comme les nitrates et les chlorures.

Bien que le dessalement de l'eau de mer représente une solution importante face à la pénurie d'eau potable en Algérie, il n'est pas sans conséquences pour l'écosystème marin local. Les résultats de cette étude soulignent l'importance de la surveillance continue des effets environnementaux de telles infrastructures, ainsi que la nécessité de développer des solutions pour minimiser leur impact sur les écosystèmes aquatiques, notamment en termes de gestion des rejets et de protection de la biodiversité marine.

En somme, cette recherche met en évidence l'équilibre délicat à maintenir entre la gestion des ressources en eau pour les besoins humains et la préservation de l'environnement marin. Des mesures d'atténuation doivent être mises en place pour garantir un développement durable et harmonieux de ces infrastructures vitales pour les populations côtières.

Dans ce mémoire, nous avons exploré de manière approfondie les effets environnementaux induits par l'activité de la station de dessalement située sur la plage de Sonacter, avec un accent particulier sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer. L'objectif principal de cette étude était d'analyser l'impact des rejets de saumure sur la qualité de l'eau de cette zone côtière, en effectuant des prélèvements et des analyses durant trois mois, de mars à mai 2024.

Les résultats obtenus montrent que les rejets issus du processus de dessalement influencent significativement plusieurs paramètres essentiels à l'équilibre de l'écosystème marin, notamment la salinité de taux 36,8mg/l, la conductivité (54,1), la température 20,1°C, et les concentrations en chlorures (22480 mg/l), nitrates (0,23mg/l), nitrites (0,064 mg/l), et autres éléments polluants. Il est apparu que ces rejets modifient l'environnement immédiat de la station, augmentant la salinité et perturbant la composition chimique de l'eau.

Ces changements peuvent avoir des conséquences à long terme sur la biodiversité marine locale, en affectant les espèces sensibles aux variations brusques de ces paramètres, notamment les poissons et les organismes benthiques. La bioaccumulation de certains polluants pourrait également impacter la chaîne alimentaire, entraînant des risques pour les organismes marins ainsi que pour les humains qui consomment ces produits de la mer.

L'étude révèle que, malgré les avantages incontestables du dessalement pour répondre aux besoins croissants en eau potable dans des régions arides comme l'Algérie, il est impératif de tenir compte des impacts environnementaux qui en découlent. L'activité de dessalement, bien qu'essentielle pour la sécurité hydrique, génère des rejets qui, s'ils ne sont pas correctement gérés, peuvent affecter durablement les écosystèmes marins. La forte concentration de sel dans les saumures rejetées, combinée à d'autres polluants issus du prétraitement de l'eau, représente une menace pour la santé des habitats côtiers.

Afin de limiter ces impacts, il est primordial de mettre en place des mesures de gestion et d'atténuation des effets des rejets de saumure. Parmi ces solutions, l'amélioration des techniques de dilution des rejets, le traitement supplémentaire de la saumure avant son rejet en mer, ainsi que le développement de systèmes de surveillance continue des paramètres de l'eau sont des pistes à envisager.

De plus, la sensibilisation des décideurs politiques et des gestionnaires d'infrastructures sur l'importance de préserver les écosystèmes marins tout en répondant aux besoins en eau potable est essentielle. La mise en œuvre de cadres réglementaires stricts pour surveiller et contrôler les rejets de saumure dans les eaux côtières pourrait aider à minimiser les impacts négatifs sur l'environnement marin.

Références bibliographiques

1. **ALBERTO.J** MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN DE L'USINE DE DESSALEMENT DE MOSTAGANEM Vérifié par: Zael Sanz Approuvé par: Oscar Alvarez
20/05/2010
2. **Aminot A et Chaussepied M, (1983)**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
3. **Aminot et Kérouel, (2004)**: Hydrologie des écosystèmes marins paramètres et analyses. Ed Ifremer, France, 336p.
4. Aucune source spécifiée dans le document actif.
5. **BELANGER, David**. Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Maître en écologie internationale : maîtrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada, Août 2009, 67p
6. **Bensalem N, 2003**, Contrôle, surveillance et analyse des huiles, Mémoire de fin d'études en chimie des Hydrocarbures pollution ammoniacale. 2012-2013 lap
7. **BOCARD C. , 2006**, Marées noires et sols pollués par des hydrocarbures Enjeux environnementaux et traitement des pollutions, 308 p., ISBN : 9782710808329, Éd. Technip France
8. **BOUCHRITI. N, 2003** - Surveillance des zones de production conchylicoles. Actes du séminaire sur la qualité des produits de la pêche, 20-24 mai 2002, Casablanca, Maroc. Édité par Infosamak, pp. 90-125.
9. **BOUZIANI M., 2000**- L'eau, de la pénurie aux maladies; Ed. Ibn Khaldoun; 247 p
10. **CASAS, Stello, 2005**. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin, 314p

11. **Centre culturel, approche urbain. 2013 CENTRE CULTUREL, approche urbain.**2013 le rôle des artistes dans la revitalisation des espèces urbains en déclin pour une approche sensorielle de la ville.
12. **Centre culturel, approche urbain. 2013) CENTRE CULTUREL, approche urbain.**2013 le rôle des artistes dans la revitalisation des espèces urbains en déclin pour une approche sensorielle de la ville.
13. Conférence: MONITORING OF MEDITERRANEAN COASTAL AREAS: PROBLEMS AND MEASUREMENT TECHNIQUES. At: Livorno (Italy).Volume: Fifth International Symposium
14. **COULET. M, 2005** : Fleuves, sources de vie. Agence de l'eau Rhine Meuse. France.
15. **DEFRANCESCHI M., 1996-** L'eau dans tous ses états, Ed. Ellipses, 127 p.
16. **DEFRANCESCHI M., 1996-** L'eau dans tous ses états, Ed. Ellipses, 127 p.
17. **DEKENETH M., 1976-** Biologie de la pollution, Ed. Vuibert, 71 p.
18. **EQUINOXE. L, 1990** - Le magazine des ressources vivantes de la mer " Environnement littoral". 1990. Numéro spécial, pp 32-54
19. **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
20. **Gaujous, (1995),** la pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire Edition technique et documentation Lavoisier, 220p.
21. **GESAMP. (1989).**(IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). The atmospheric input of trace species to the world oceans. Rep. Stud. GESAMP,(38):111p

22. GIS, GRAVEZ .V & BERNARD.G, 2003 – Biologie Méditerranéenne, Nuisance et pollution marine, groupement d'intérêt scientifique posidonie (GIS Posidonie).
23. **GRAVEZ V. et BERNARD G. (2006).** Pollution marine: Les définitions.
www.com.univmrs.fr.
24. **J.DUNGLAS** « Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau ». Groupe eau. Académie d'agriculture de France, 2014
25. **KHERRAZ.D, 2003** -Etat de la pollution bactériologique de la Corniche oranaise ; cas des plages d'Aïn El Turck, de Coralés et de Maddagh. Mémoire de Magister, Dépt. De Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran : 69p
26. **Kies, Fatima & Kerfouf, Ahmed. (2014).** June 2014
27. LAROUSSE MEDICAL - 150 nouveaux articles. 6000 articles revus de A à Z. Nouvelle édition. Larousse /VUEF 2003.
28. **M.BESSENASSE.** Dessalement d'Eau de Mer : Etude de Trois Stations du Littoral Algérois; Université SAAD Dahleb (Blida), B.P 26 D Hadjout – W.Tipaza – 42200 – Algérie.
29. **MARCHAND M et KANTIN R., 1997.** Contaminants chimiques en milieux aquatiques. OCEANIS, n° 4 Vol 23. P: 597-629
30. **Marchand M. 2002.** Pollution marine et contamination chimique. Peut-on éliminer les substances chimiques dangereuses du milieu marin ? IFREMER, DEL/PC.
31. **MARTINEZ, 1998** – La pollution de l'eau, ADDOUR-GARONNE, Revue de l'eau dans le midi et l'arctique.fr (Facicule) N° 8 :11p.
32. **Mlle Boudali Teldja,** Master en hydrobiologie marine et continentale, Effet Des Rejets De La Station De Dessalement Sur La Modification Des Paramètres Physico Chimique D'oued El

Mactaa, Université Abdelhamid Ibn Badis- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
2020/2021

33. Mouchel J-M, Thévenot D. 2003. Support de cours d'éco toxicologie du CEREV « Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville environnement ».

34. Mouchel J-M, Thévenot D. 2003. Support de cours d'éco toxicologie du CEREV « Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville environnement ».

35. Rachid Amara) octobre 2010 : Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord

36. SAGNE.C, Etude des mécanismes de transfert de molécules organiques en osmose inverse, Thèse de doctorat, Spécialité génie des procédés, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), 2008.

37. Sophie Paquet (28 février 2024). Le blog des idées durables.

38. USEPA. 2006. Les grands lacs. Cheminement de la pollution. Atlas écologique et manuel des ressources. 4eme chapitres

39. Viviane Renaudin Professeure au Département Génie Chimique - Génie des Procédés de l'IUT de Nancy-Brabois (Université de Lorraine)

Site web :

<https://ccme.ca/fr/res/ion-nitrate-fr-recommandations-canadiennes-pour-la-qualit-des-eaux-protection-de-la-vie-aquatique.pdf>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution_marine

<https://hal.science/hal-01091818/document>

https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/ocea_tro/15474.pdf

<https://openknowledge.fao.org/home>

<https://www.aqua-store.fr/blog/2-articles-aquarium-bassin/592-les-nitrites-sont-dangereux-pour-les-poissons.html>

https://www.enviroveille.com/public/fiches_pratiques/fiches-pratiques.html?cat_id=4&dossier_id=140676&fiche_id=120177

<https://www.lafabriqueecologique.fr/la-pollution-de-lenvironnement-par-les-metaux-lourds-et-leurs-effets-toxicologiques-sur-les-humains/>

<https://www.lenntech.fr/metaux-lourds.htm>

<https://www.nationalgeographic.fr/environnement/tout-comprendre-sur-la-pollution-marine>

<https://www.senat.fr/rap/100-261/100-26170.html>