

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L' AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D ÉTUDES

Présenté par

**Kadri Hadja Fatma**

Pour l' obtention du diplôme de

**Master en Hydrobiologie marine et continentale**

SPÉCIALITÉ : BIORESSOURCES MARINES

THÈME

**Etude comparative des paramètres physico-  
chimique des eaux de mers de deux écosystèmes  
« Station dessalement Sonacter et Stidia »**

DEVANT LE JURY

Président :	Mr BEKKADA. D	MCA	U. Mostaganem
Encadreur :	MmeBORSALI. S	MCA	U.Mostaganem
Examinatrice :	Mme BILLAMI. M	MAA	U.Mostaganem

Laboratoire de l'ADE et SEOR

2020/2021

## **Remerciements**

J'exprime mes remerciements à **Allah** Tout-Puissant, qui m'a permis d'atteindre ce que je suis maintenant et je présente mes sincères et vifs remerciements à mes parents.

Avant d'exposer les résultats de ce travail, je tiens à remercier mon encadreur madame **Borsali sofia** pour tous ses efforts fournis et sa disponibilité, toujours soutenue, conseillée et guidée.

Je remercie également monsieur **Bekada.D** qui a accepté présider ce jury et madame **Billamí.M**, d'avoir accepté examiner ce travail.

Je remercie le personnel de laboratoires **SEOR** et **VADE**.

Je remercie vivement mes bien aimés sœurs et frères et mes amies de classe "Bioressource marine".

Merci pour votre soutien.

Je dédie ce travail à la famille **KADRI**

## Résumé

Les écosystèmes méditerranéens présentent un intérêt écologique majeur par rapport aux autres zones biogéographiques de la biosphère, mais malheureusement la méditerranée considérée un réceptacle universel de toutes les formes de pollution.

L'objectif de ce mémoire étude comparative des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer entre deux plages de méditerranées " Stidia " milieu plus moins propre et " Sonacter " sous l'influence des rejets de station dessalement de l'eau de mer "UTE O&M MTM", ces plages situés nord-ouest Alérien au niveau de la wilaya de Mostaganem.

Les prélèvements des échantillons d'eau ont été effectués pendant le mois d'AVRIL et MAI et juin 2021. Les paramètres physico-chimiques ont été analysés, à savoir la température et le potentiel d'hydrogène, la conductivité et la salinité ont été mesurées in-situ au moment des prélèvements.

Autres analyses qui ont été déterminés au laboratoire. Les résultats de l'étude montrent que l'eau de Mer échantillonnée au niveau de "Sonacter" est affectée par les différents rejets de saumure de la station de dessalement de l'eau de mer "UTE O&M MTM".

**Mots clés** : paramètre physico-chimique, milieu marins "Stidia" - "Sonacter", station dessalement de l'eau de mer "UTE O&M MTM".

## **Abstract**

The objective of this thesis is a comprehensive study of the physico-chemical parameters of sea water between two Mediterranean beaches "Stidia" less clean environment and "Sonacter" under the influence of seawater desalination station discharges "UTE O&M MTM", these beaches located north-eastern Algeria in wilaya of Mostaganem. The water samples were taken during the months of APRIL and MAY and June 2021. The physicochemical parameters were analyzed, namely the temperature and the hydrogen potential and the conductivity, salinity measured at the time of the samples. . Other analyzes that have been determined in the laboratory. The results of the study show that the seawater sampled at "Sonacter" is affected by the brine discharges from the "UTE O&M MTM" seawater drainage station.

**Key words:** physico-chemical parameter, marine environment "Stidia" - "Sonacter", seawater desalination station "UTE O&M MTM".

## ملخص

تعتبر النظم الإيكولوجية للبحر الأبيض المتوسط ذات أهمية بيئية كبيرة مقارنة بالمناطق الجغرافية الحيوية الأخرى في المحيط الحيوي ، ولكن للأسف ، يعتبر البحر الأبيض المتوسط دائمًا وعاءًا عالميًا لجميع أشكال التلوث.

الهدف من هذه الرسالة هو دراسة شاملة للمعايير الفيزيائية والكيميائية لمياه البحر بين شاطئ البحر الأبيض المتوسط "استيديا" بيئة نظيفة و "سونكتار" تحت تأثير تصريفات محطة تحلية مياه البحر ، تقع هذه الشواطئ شمال- شرق الجزائر بولاية مستغانم

تم أخذ عينات المياه خلال شهر أبريل 2021 وشهر ماي و جوان من نفس العام. تم تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية ، وهي درجة الحرارة وإمكانات الهيدروجين التي تم قياسها في وقت أخذ العينات. التحاليل الأخرى يتم تحديدها في المختبر. أظهرت نتائج الدراسة أن عينات مياه البحر المأخوذة في "سونكتار" تتأثر بتصريف المحلول الملحي من محطة تصريف مياه البحر

**الكلمات المفتاحية:** المتغير الفيزيائي والكيميائي ، البيئة البحرية "سونكتار-استيديا" ، محطة تحلية مياه البحر

## Liste des abréviations

Stidia	Z1
Sonacter	Z2
Température	T°
Conductivité électrique	CE
Potentiel d'hydrogène	PH
Salinité	S
Turbidité	T
Titre alcalimétrique complet	TAC
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Demande biochimique oxygène	DBO <sub>5</sub>
Demande chimique en oxygène	DCO
Nitrate	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrite	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Osmose et osmose inverse	<b>13</b>
<b>Figure 2</b> : Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse	<b>14</b>
<b>Figure 3</b> : Situation géographique de la wilaya de Mostaganem	<b>29</b>
<b>Figure 4</b> : Situation géographique de plage Stidia et Sonacter et station dessalement	<b>30</b>
<b>Figure 5</b> : Plage de Stidia	<b>31</b>
<b>Figure 6</b> : Plage de Sonacter	<b>31</b>
<b>Figure 7</b> : le captage de l'eau de mer	<b>32</b>
<b>Figure 8</b> : Filtration de première étape (12 filtres)	<b>33</b>
<b>Figure 9</b> : Filtration de deuxième étape (8 filtres)	<b>33</b>
<b>Figure 10</b> : Système de microfiltration (9 filtres)	<b>34</b>
<b>Figure 11</b> : Système d'osmose inverse	<b>35</b>
<b>Figure 12</b> : Système de reminéralisation de l'eau osmosée	<b>36</b>
<b>Figure 13</b> : Le CO <sub>2</sub> stocké sous forme liquide	<b>36</b>
<b>Figure 14</b> : Le système de stockage et impulsion de l'eau	<b>37</b>
<b>Figure 15</b> : Réservoir de Saumure	<b>38</b>
<b>Figure 16</b> : Schéma de procédé de dessalement de l'eau de mer	<b>38</b>
<b>Figure 17</b> : Localisation des stations de prélèvement du site de Stidia	<b>39</b>
<b>Figure 18</b> : Localisation des stations de prélèvement du site de Sonacter	<b>40</b>

<b>Figure 19</b> : Appareil multi paramètre WTW Multi 340 i	<b>41</b>
<b>Figure 20</b> : Appareil HANNA permettant de mesurer la salinité	<b>43</b>
<b>Figure 21</b> : Appareil turbidimètre HACH	<b>44</b>
<b>Figure 22</b> : Appareil Titroline 96 SOHOTI	<b>44</b>
<b>Figure 23</b> : Appareil portable dattalogging Spectrophotomètre HACH DR/2010	<b>47</b>
<b>Figure 24</b> : variations de la température de l'eau de mer	<b>48</b>
<b>Figure 25</b> : variations de la conductivité de l'eau de mer	<b>49</b>
<b>Figure 26</b> : variations de PH de l'eau de mer	<b>50</b>
<b>Figure 27</b> : variations de la salinité de l'eau de mer	<b>51</b>
<b>Figure 28</b> : variations de la turbidité de l'eau de mer	<b>52</b>
<b>Figure 29</b> : variations de TAC de l'eau de mer	<b>53</b>
<b>Figure 30</b> : variations de bicarbonate de l'eau de mer	<b>54</b>
<b>Figure 31</b> : variations de nitrite de l'eau de mer	<b>55</b>
<b>Figure 32</b> : variations de nitrate de l'eau de mer	<b>56</b>



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b>	Principaux composés des ioniques dans l'eau de mer	<b>5</b>
<b>Tableau 2 :</b>	La classification de l'eau basée sur la teneur totale en sel	<b>6</b>
<b>Tableau 3 :</b>	Résumé des phases de prétraitement et post- traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement	<b>18</b>
<b>Tableau 4 :</b>	Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement.	<b>22</b>

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

## Sommaire

Introduction générale 1

### Chapitre 1 : Etude bibliographique

1.	Généralité sur l'eau de mer	4
1.1	Propriétés physiques de l'eau de mer	4
1.2	Propriétés chimiques de l'eau de mer	5
1.3	Le sel de mer	6
1.4	Type de mer	7
2.	Généralité sur la pollution des eaux	7
2.1	Définition	7
2.2	Source de pollution	8
2.2.1	Pollution d'origine domestique et urbaine	8
2.2.2	Pollution d'origine agricole	8
2.2.3	Pollution d'origine naturelle	9
2.2.4	Pollution d'origine industrielle	9
2.3	Formes de pollutions	9
2.4	Paramètres caractéristiques de la pollution	10
3.	Généralité sur la saumure	10
3.1	La principale technologie de dessalement des eaux	10
3.1.1	L'osmose inverse	11
3.1.2	Principe de l'osmose inverse	12
3.1.3	Elément constitutifs d'une unité d'osmose inverse	14
3.2	Impact des stations de dessalement sur l'environnement	15
4.	La saumure	17
4.1	Produits de la corrosion	19
4.2	Agents antitartres	19

4.3	Agents antisalissure	19
4.4	Agent anti mousses	19
4.5	Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes dans les usines OI	20
5.	Élimination de la saumure	20
5.1	Effets dus aux produits de la corrosion	22
5.1.1	Le cuivre	23
5.1.2	Le fer	23
5.2	Effets dus aux additifs antitartres	23
5.3	Effets des additifs antisalissure	23
5.4	Effets des additifs anti mousses	24
5.5	Impact des brutes	24
5.6	Effets dus au prélèvement d'eau de mer	24
5.7	Effets potentiels des rejets de saumures concentrées	24
6.	Impacts des rejets de saumures sur l'écosystème marin	25
7.	Techniques pour minimiser les impacts du dessalement sur l'environnement	27

## **Chapitre 2 : Les zones d'étude**

2.1	Choix des sites d'étude	29
2.1.1	Le site de Stidia (Z1)	30
2.1.2	Le site de Sonacter (Z2)	31
2.1.2.1	Station dessalement de l'eau de mer de Sonacter	32

## **Chapitre 3 : Matériel et méthode**

3.1	Protocole d'échantillonnage	39
3.2	Méthode de mesures et d'analyses	40
3.2.1	Paramètres physico-chimiques	40
3.2.1.1	Température (T°)	41
3.2.1.2	Conductivité électrique (CE)	41
3.2.1.3	Le potentiel d'hydrogène (PH)	42
3.2.1.4	La salinité (S)	42

<b>3.2.1.5</b>	La turbidité (T)	<b>43</b>
<b>3.2.1.6</b>	Titre alcalimétrique complet (TAC)	<b>44</b>
<b>3.2.1.7</b>	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>45</b>
<b>3.2.1.8</b>	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> )	<b>45</b>
<b>3.2.1.9</b>	Demande chimique en oxygène (DCO)	<b>45</b>
<b>3.2.1.10</b>	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>45</b>
<b>3.2.1.11</b>	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>46</b>

## **Chapitre 4 : Résultats et discussion**

<b>4.1</b>	Température (T°)	<b>48</b>
<b>4.2</b>	Conductivité électrique (CE)	<b>49</b>
<b>4.3</b>	Potentiel d'hydrogène (PH)	<b>50</b>
<b>4.4</b>	Salinité (S)	<b>51</b>
<b>4.5</b>	Turbidité (T)	<b>52</b>
<b>4.6</b>	Titre alcalimétrique complet (TAC)	<b>53</b>
<b>4.7</b>	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>54</b>
<b>4.8</b>	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<b>55</b>
<b>4.9</b>	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>56</b>
	Discussion générale	<b>56</b>
	Conclusion	<b>59</b>
	References bibliographiques	<b>61</b>
	Annexe	<b>65</b>

# INTRODUCTION

L'eau est un élément primordial pour les activités humaines et l'aménagement du territoire qui sont incontournables pour le développement socio-économique.

L'Algérie compte parmi les pays d'Afrique les plus menacés par la déficience des ressources en eau suite à la sécheresse qui frappe de plus en plus durement de nombreuses régions du pays (LARHYSS, 2010). Pour faire face à cette pénurie annoncée d'eau, de nouvelles techniques de production d'eau potable sont mises en place pour satisfaire les besoins de la population croissante. Une des techniques prometteuses pour la plupart des 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.

Le dessalement de l'eau de mer est parfois présenté comme la solution miracle aux problèmes de rareté de l'eau potable, ces technologies demeurent de grosses consommatrices d'énergie et la question de leur impact environnemental est loin d'être résolue (WWF, 2007).

L'Algérie a lancé ces dernières années, un programme ambitieux d'installations de stations de dessalement pour faire face à des problèmes d'alimentation en eau qui s'accroissent par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse. Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres par osmose inverse a connu un avancement remarquable par rapport aux autres procédés.

En effet, cette technique nécessite un prétraitement physico chimique minutieux pour protéger les membranes. Parmi les ennuis que rencontre cette technique le colmatage ; due principalement au dépôt de certains sels sur les membranes. Le dessalement de l'eau de mer est un processus industriel qui doit être bien conçu et bien géré ; sinon, il peut avoir sur l'environnement des effets préjudiciables dus entre autres à la modification de l'utilisation du sol de la zone côtière, aux nuisances créées par les travaux de construction et aux émissions causées dans l'air, le sol ou l'eau par le fonctionnement de l'usine, en particulier, les rejets de déchets dans le milieu marin peuvent altérer la qualité de l'eau et des sédiments. Il s'agit de déchets aux composants multiples qui peuvent contenir des produits chimiques résiduels du prétraitement, de métaux lourds dus à la corrosion ou d'agents chimiques utilisés par intermittence pour le nettoyage, auxquels s'ajoutent l'augmentation de la salinité et de la température. L'altération de la qualité de l'eau de mer et des sédiments peut, à son tour, nuire à la faune et à la flore marine et avoir un effet durable sur les écosystèmes côtiers. Il conviendrait donc que les effluents provenant du dessalement de l'eau de mer soient en

conformité avec les politiques et protocoles nationaux et régionaux concernant l'environnement. Pour exploiter l'eau de mer aux fins de dessalement, il faut au départ une eau brute de bonne qualité, mais les masses d'eau côtières subissent souvent les effets préjudiciables des rejets d'eaux usées provenant de toute une série d'activités menées à terre, y compris des installations de dessalement. Le courant de déchets produits par le dessalement se présente généralement sous la forme d'une saumure de forte salinité avec même une forte température (distillation) et qui contient des substances chimiques résiduelles du prétraitement, des métaux lourds dus à la corrosion ou des agents chimiques utilisés par intermittence pour le nettoyage. Le rejet dans la mer de ces déchets aux multiples composants, soit directement par les émissaires côtiers soit indirectement par des bateaux, risque donc d'avoir des effets préjudiciables à la qualité de l'eau et des sédiments ou de nuire aux écosystèmes marins. Bien que les impacts soient le plus souvent liés au concentré, les usines de dessalement peuvent aussi être de grandes installations industrielles qui prennent de l'espace, exigent de l'énergie et émettent d'énormes quantités de gaz de combustion, ou peuvent avoir des effets indirects sur le développement socio-économique. Après dessalement de l'eau de mer, les usines génèrent de la saumure contenant divers sels, métaux lourds et composés organiques. Cette saumure est deux fois plus salée (entre 50 et 80 g/L) que l'eau de mer habituelle (35 g /L en mer Méditerranée). Actuellement, les rejets de saumure se diluent rapidement dans l'eau de mer et ne présentent pas de graves conséquences sur l'environnement. Cependant, ce rejet de saumure en grande quantité, peut entraîner à long terme, un déséquilibre dans la composition chimique de l'eau de mer, avec des conséquences dramatiques sur la biodiversité, les écosystèmes marins que ce soit la faune ou la flore sous-marines, entre autres L'augmentation de la salinité peut transformer les côtes en désert sans vie, entraînant la disparition de villages ou d'activités maritimes locales.

le littoral de Mostaganem est de plus en plus agressé de nos jours par diverses formes de nuisances : activités industrielles, tourisme intensif et urbanisation massive, à l'origine d'une contamination biologique et physico-chimique des eaux marines (S. REMILI et KERFOUF, 2013)

Le présent travail a pour objectif de faire une étude comparative de la qualité physico-chimique des eaux du littoral de Mostaganem au niveau deux stations bien distinctes à savoir la station de dessalement de Sonacter qui se trouve actuellement sous l'impact

direct de l'activité implanté sur sa côte et Stidia qui se trouve être une plage plus ou moins propre.

Pour cela, un programme d'échantillonnage a été réalisé au niveau de chaque site, à raison d'un prélèvement mensuel pendant trois mois (d'Avril 2021 à juin 2021).

La présente étude est organisée en quatre chapitres :

- Le premier sera consacré à la présentation du contexte scientifique général de l'étude et centré sur des généralités concernant les eaux de mer et les effets de la saumure sur le milieu marin et les différentes sources et formes de la pollution des eaux.
- Le second chapitre présentera les zones d'étude à savoir Sonacter et Stidia
- Le troisième sera réservé à la présentation du différent matériel utilisé et des méthodes d'échantillonnage pratiqués ainsi que les différentes analyses réalisées sur le terrain et au laboratoire.
- Le dernier chapitre résumera les différents résultats obtenus et leur discussion. Ainsi la qualité physicochimique des eaux est discutée par comparaison avec des résultats ultérieurs et des normes.

Notre travail sera achevé par une conclusion générale qui nous donnera une idée plus ou moins claire sur l'état des eaux marines côtières qui sont sous l'impacte de l'activité de dessalement.



# CHAPITRE I

## 1. Généralité sur l'eau de mer

L'eau de mer, eau qui compose les océans et les mers, couvrant plus de 70% de la surface de la Terre est un mélange complexe de 96,5% d'eau, 2,5% de sels et de plus petites quantités d'autres substances y compris des matières inorganiques et organiques dissoutes, des particules et quelques gaz atmosphériques.

Ses caractéristiques physiques sont très variables : turbidité, matières en suspension, présence de plancton, teneur en sable, pollution par des rejets urbains ou industrielle, influence de la marée et la température de l'eau, ces différents paramètres jouent un rôle très important dans sa concentration en sels (Rober Howard Byrne, 2018).

### 1.1 Propriétés physiques de l'eau de mer

Les eaux des mers et des océans se sont formées pendant des millions d'années, c'est la nature complexe de l'eau, en fait, l'eau de mer ne peut être dupliquée dans aucun laboratoire. L'eau de mer a ses propres propriétés physiques, chimiques et biologiques, en raison de son volume et de son épaisseur énorme, elle a certaines caractéristiques uniques dans la distribution de la température, de la pression et de la densité, la plupart de ces propriétés varient horizontalement et érotiquement (A.BALASUBRAMANIAN, 2013).

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de  $35 \text{ g.L}^{-1}$  ( $27,2 \text{ g.L}^{-1}$  de NaCl,  $3,8 \text{ g.L}^{-1}$  de  $\text{MgCl}_2$ ,  $1,7 \text{ g.L}^{-1}$   $\text{MgSO}_4$ ,  $1,26 \text{ g.L}^{-1}$   $\text{CaSO}_4$ ,  $0,86 \text{ g.L}^{-1}$   $\text{K}_2\text{SO}_4$ ).

Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées :

- Mer Méditerranée :  $36$  à  $39 \text{ g.L}^{-1}$ ,
- Mer Rouge : environ  $40 \text{ g.L}^{-1}$ ,
- Mer Caspienne :  $13 \text{ g.L}^{-1}$ ,
- Mer Morte :  $270 \text{ g.L}^{-1}$ ,
- Golfe Arabo-persique :  $36$  à  $39 \text{ g.L}^{-1}$ .

Le pH moyen des eaux de mer varie entre  $7,5$  et  $8,4$  : l'eau de mer est un milieu légèrement basique (Viviane RENAUDIN ,2003).

## 1.2 Propriétés chimique de l'eau de mer

L'eau de mer est un mélange complexe d'eau environ 96,5%, de sels 2,5% et de nombreuses autres substances organiques et inorganiques.

Les constituants chimiques de l'eau de mer comprennent des ions majeurs et des oligo-éléments mineurs, en outre, l'eau de mer contient les solides, substances organiques et gaz dissous (A. BALASUBRAMANIAN, 2013).

La chimie de l'eau de mer montre 96% d'eau et seulement 4 pour cent d'autre composition élémentaire. Lorsque nous analysons l'eau de mer, la composition ionique majeure de l'eau de mer montrera invariablement la composition résumée dans le tableau 1 en mg / L.

**Tableau 1 : principaux composés des ioniques dans l'eau de mer**

Elements	Proportion (mg/l)
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	18980 mg/L.
Sodium (Na <sup>+</sup> )	10556 mg/L
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2649 mg/L.
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	1262 mg/L.
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	400 mg/L.
Potassium (K <sup>+</sup> )	380 mg/L
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	140 mg/L.
Fluoride (F <sup>-</sup> ).	1 mg/L.
Strontium (Sr <sup>2+</sup> )	13 mg/L
Bromide (Br <sup>-</sup> )	65 mg/L .
Borate (BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> )	26 mg/L
Silicate (SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ).	
Iodide (I <sup>-</sup> )	<1 mg/L
Total dissolved solids (TDS) of seawater	34483 mg/L.

### ➤ Solubilité des gaz dans l'eau de mer :

À l'interface océan-atmosphère, les gaz sont ajoutés à l'eau de mer par diffusion et action des vagues. Par conséquent, l'eau de mer contient divers gaz atmosphériques dissous.

Principalement de l'azote, de l'oxygène, de l'argon et du dioxyde de carbone. La solubilité des gaz dans l'eau de mer est contrôlée par la température, la salinité et la pression. Tous les gaz sont moins solubles à mesure que la température augmente, lorsque l'eau est réchauffée, la plupart des bulles de gaz quittent le liquide.

### 1.3 Le sel de mer

Une caractéristique de l'eau de mer est bien-sûr d'être salée. Cette salinité est de l'ordre de 32 grammes par litre (ou g/L) en Méditerranée, et environ 28 g/L dans les océans. Il y a donc un kilogramme de sel dans 30 à 35 litres d'eau de mer.

Le sel de mer est un composé dont le nom complet en chimie est chlorure de sodium. Il tend à se dissoudre dans l'eau jusqu'à une concentration de saturation de 359 g/L. Si on tente d'augmenter la concentration au delà de cette valeur, par évaporation de l'eau, une partie du sel revient à l'état solide (solidification ou cristallisation) et se dépose. La valeur de la salinité de la mer étant largement en dessous, le sel ne se dépose pas au fond de la mer. Comme il ne s'évapore pas non plus, il est piégé dans la mer (A. BALASUBRAMANIAN, 2013).

Le sel de mer est produit par évaporation de l'eau de mer, la teneur en sel de l'eau de mer est indiquée par la salinité (S), qui est définie comme la quantité de sel en grammes dissous dans un kilogramme d'eau de mer et exprimée en parties pour mille (ppt).

#### - Salinité et densité des océans :

La concentration ionique est la quantité (en poids) de sel présente dans l'eau peut être exprimée en parties par million (ppm) est résumée au niveau du tableau 2.

**Tableau 2 : La classification de l'eau basée sur la teneur totale en sel**

Types de l'eau	La teneur totale en sel (ppm)
Eau douce	< 500 ppm
Eau saumâtre	500 – 30 000 ppm
Eau salée	30 000 – 50 000 ppm
Saumure	> 50 000 ppm

## 1.4 Types de mer

Les mers sont plus petites que les océans. Il existe trois sortes de mers : les mers de type méditerranéen, les mers fermées et les mers Intérieures.

- **Les mers de type méditerranéens** sont les plus grandes mers et communiquent avec les océans. Exemples : Mer Méditerranée, mer des Caraïbes, mer des Philippines...
- **Les mers fermées** ne communiquent avec aucune autre mer ni aucun océan. Elles sont alimentées par des fleuves. Ce sont d'immenses lacs salés. Exemples : Mer Morte, mer Caspienne, mer d'Aral...
- **Les mers intérieures** s'ouvrent sur d'autres mers. Exemples : Mer du Nord, mer Noire...

## 2. Généralité sur la pollution des eaux

### 2.1 Définition

Le terme polluant : signifie un agent physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance dans le milieu naturel. Au sens large, il désigne des agents qui sont à l'origine d'une altération de la qualité du milieu, même s'ils y sont présents à des niveaux inférieurs au seuil de nocivité.

Selon la Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, la pollution désigne une dégradation de l'environnement liée généralement à l'activité humaine par l'introduction directe ou indirecte des substances exogènes de nature chimiques, physiques ou biologiques. Ces derniers sont potentiellement toxiques pour les organismes vivants, et perturbent de manière plus ou moins importante le fonctionnement naturel des écosystèmes.

On peut donc définir la pollution comme étant un sous-produit de l'activité humaine, qui peut toucher l'atmosphère, le sol ou l'eau. Elle peut affecter la santé humaine, l'eau de consommation, l'eau de baignade, la production agricole, les espèces animales ou végétales, la beauté des paysages, etc.

Dans le cadre de cette étude, on s'intéresse à la pollution des eaux superficielles (rivières, plan d'eau). En effet, l'introduction des polluants dans l'eau a pour conséquence :

- La détérioration de la qualité des eaux au point de la rendre impropre à la consommation humaine .
- L'altération des capacités physiologiques des êtres vivants (faune et flore) .
- L'augmentation de la mortalité de certaines espèces animales ou végétales.

Le milieu aquatique est naturellement capable de transformer et d'éliminer en partie ou en totalité les substances (biodégradable) qu'il reçoit, et d'assurer ainsi le maintien de son équilibre et de sa qualité. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau.

## **2.2 Sources de pollutions**

Les rejets des activités domestiques, urbaines, agricoles et industrielles constituent la principale source de pollution des eaux. Le vecteur de transport et de dissémination idéale de ces rejets est l'eau. On peut classer donc les différentes sources de pollution en trois grandes catégories : la pollution domestique et urbaine, pollution agricole et pollution industrielle. Les sources naturelles peuvent également contaminer le milieu aquatique dans certains cas.

### **2.2.1 Pollution d'origine domestique et urbaine :**

Elle englobe les rejets liquides (eau usées domestiques et urbaines), et les rejets solides des décharges publiques, qui sont en majorité sauvages et non contrôlés.

En effet, les décharges contiennent des matières organiques biodégradables, qui en présence des eaux météoriques, subissent un lessivage vers les eaux superficielles, où elles s'infiltrent vers les eaux. Pour les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, elles sont directement évacuées dans les oueds sans aucun traitement préalable.

### **3.2.2 Pollution d'origine agricole :**

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub> et Cl) vers l'eau.

### 2.2.3 Pollution naturelle :

Ce type de pollution affecte rarement les ressources en eau, il s'agit de l'éruption volcanique, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux, en déclenchant des réactions de dissolution ou d'érosion, entraînant la libération de concentrations inhabituelles en métaux lourds.

### 3.2.4 Pollution d'origine industrielle :

C'est la plus importante pollution, générée principalement par les industries minières au niveau des différentes étapes du traitement des minerais métalliques. Ces derniers libèrent une grande variété de substances métalliques, qui contribuent de façon cruciale à la mise en pollution.

Dans le cas des installations de dessalement d'eau de mer, des problèmes peuvent se poser dans le cas où les rejets de saumures sont évacués aux larges et éventuellement dilués par les courants marins. En effet, outre une concentration en sels plus élevée, les rejets de saumure peuvent contenir des produits de corrosion (chrome, nickel, molybdène, cuivre...) ainsi que des réactifs utilisés (antitartres, anti mousses, produits anticorrosion, coagulants, composés organochlorés...). A ce jour, les effets à long terme de ces modifications de l'environnement marin sont mal connus. De plus, des concentrations biologiques de polluants minéraux ou organiques par des espèces aquatiques (phytoplanctons, zooplanctons, poissons) (M. AMITOUCH ,2006).

## 2.3 Formes de pollutions :

Selon l'origine et la manière avec lequel les polluants sont transportés vers les milieux aquatiques on distingue :

- **Pollution ponctuelle** : souvent liée à des sources bien identifiées (rejets domestiques ou industriels...). Ce type de pollution peut être éliminé par traitement dans des stations d'épurations.
- **Pollution diffuse** : due aux épandages des pesticides et des engrais sur les terres agricoles, elle concerne l'ensemble d'un bassin versant en mettant plus de temps pour atteindre les milieux aquatiques, et ne peut être traitée qu'à la source en diminuant l'usage de substances responsables.

- **Pollution permanente** : ce type de pollution est la plus répandue, il s'agit des rejets domestiques de grande agglomération.
- **Pollution périodique** : celle qui apparaît périodiquement suite à l'augmentation des rejets lié au tourisme et aux crues,
- **Pollution accidentelle ou aigue**: liée au déversement intempestif de produits toxiques d'origine industrielle, agricole, ou de lessivage des sols urbains.

#### **2.4 Paramètres caractéristiques de la pollution :**

Ce sont les caractéristiques physico-chimiques et les éléments métalliques, utilisé le plus souvent pour porter un jugement sur la qualité de l'eau. Certains paramètres sont mesurés in situ, comme la description générale de l'eau (couleur, turbidité), la teneur en oxygène dissous et la température. Au laboratoire, les analyses renseignent sur le taux d'éléments azotés et phosphatés (nitrates, phosphates), les matières solides en suspension, et différentes substances dissoutes apportés par les rejets polluants. Ainsi, les caractéristiques physiques peuvent avoir un effet sur d'autres caractéristiques organoleptiques ou peuvent être associées à celles-ci. En général, ces substances contenues dans l'eau ont des effets néfastes sur l'Homme.

### **3. Généralité sur la Saumure**

La concentration en saumure varie de 50 à 75 g/L et a une densité beaucoup plus élevée que l'eau de mer.

Dans la plupart des cas, la manière la plus facile de se débarrasser du débit important de saumure est de le décharger dans la mer grâce à une conduite. De ce fait, forme ainsi une couche très salée pouvant engendrer des impacts négatifs sur la faune et la flore maritime ainsi que d'éventuelles activités humaines.

L'élimination de la saumure est un vrai problème environnemental devant être pris en considération et étudié lors de l'implantation d'une unité de dessalement.

#### **3.1 Les principales technologies de dessalement des eaux**

Pour dessaler l'eau il existe diverses techniques ; adaptables selon la nature de l'eau à dessaler, l'environnement et les besoins à pouvoir. Plusieurs procédés de dessalement ont été mis au point sur le marché mondial ; le choix d'utilisation de chacun d'eux est



relatif à la disponibilité de la source d'énergie qui fait fonctionner l'appareillage de dessalement. Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. On citera notamment la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse. Cependant, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur la distillation et l'osmose inverse (MANDRI, 2011). Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.
- Les procédés utilisant des membranes : l'osmose inverse et l'électrodialyse.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagé, toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes :

- Une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière,
- Un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits anti-tarte,
- Le procédé de dessalement lui-même,
- Le post-traitement avec une éventuelle reminéralisations de l'eau produite.

A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, elle doit alors contenir moins de 0,5 g de sels par litre (Viviane RENAUDIN, 2003).

### **3.1.1 L'osmose inverse**

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules

d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de  $10^{-7}$  mm de taille.

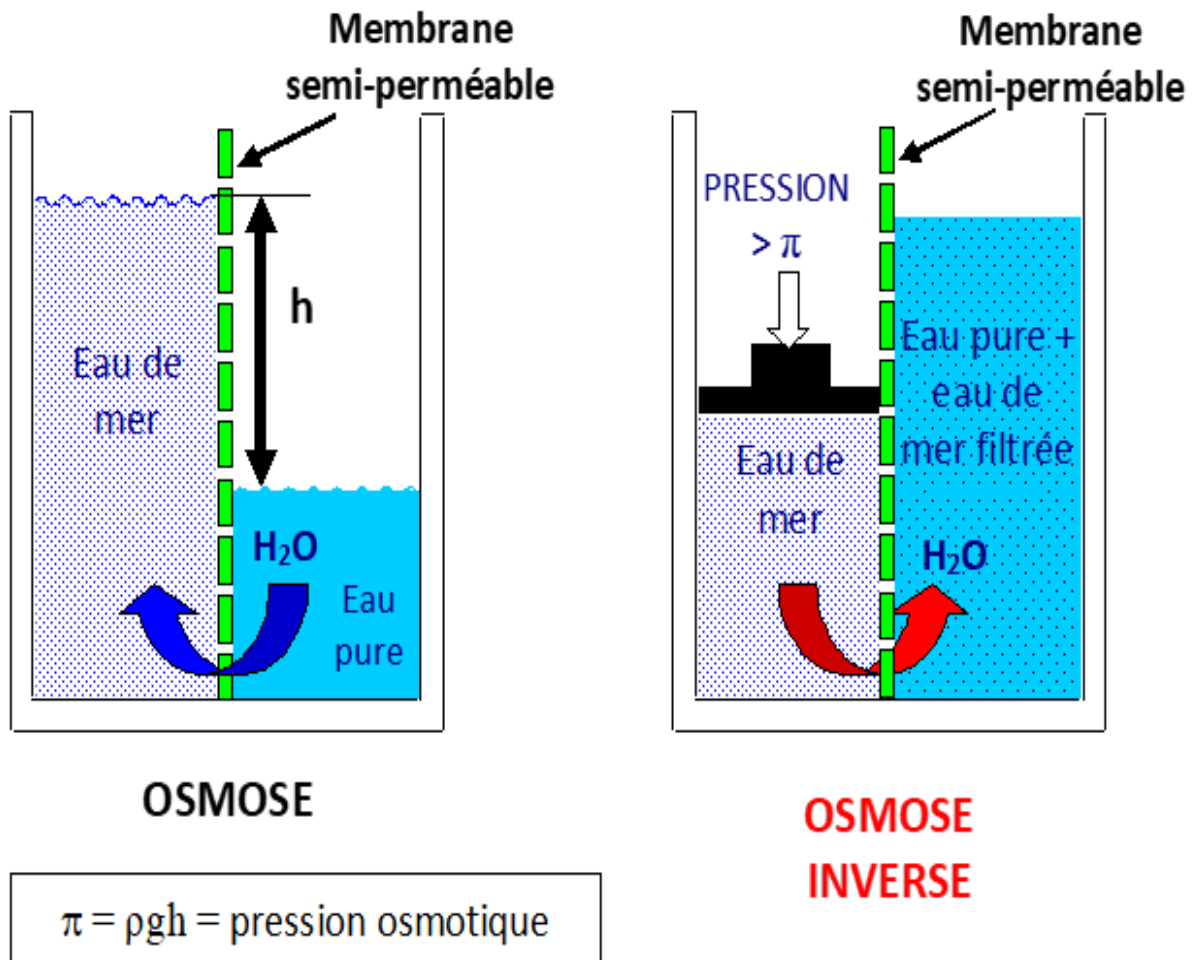
L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de  $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ .

### 3.1.2 Principe de l'osmose inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (Figure1). Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.



**Figure 1 :** Osmose et osmose inverse (Viviane RENAUDIN ,2003)

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (Figure 1), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

Pour les solutions suffisamment diluées, la pression osmotique notée  $\pi$  peut être calculée d'après la loi de Van't Hoff :

$$\pi = i \times C \times R \times T, \text{ où :}$$

- $i$  est le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,
- $C$ 'est la concentration en sels en  $\text{mol.m}^{-3}$
- $R$  est la constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- $T$  est la température absolue de la solution en Kelvin.

**Application :**

La pression osmotique d'une eau à 20°C contenant 35 g de chlorure de sodium par litre vaut :

$$\pi = 2 \times (35 \times 103 / 58,5) \times 8,314 \times 293 = 29,14 \times 10^5 \text{ Pa} = 29,14 \text{ bar.}$$

Le débit spécifique J1 (débit massique par m<sup>2</sup> de membrane) d'eau osmosée produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée P et la pression osmotique  $\pi$  de la solution concentrée.

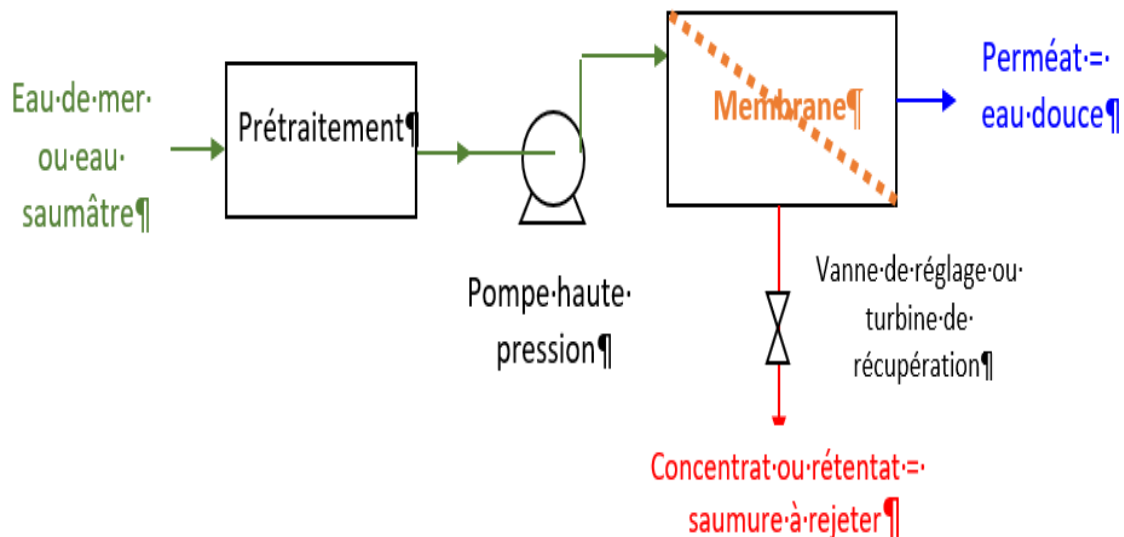
$$J1 = A \times (P - \pi), \text{ où } A \text{ est le coefficient de perméabilité vis-à-vis de l'eau pure.}$$

Le flux spécifique de sel traversant la membrane est quant à lui proportionnel à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane.

$$J2 = B \times \pi C, \text{ où } B \text{ est le coefficient de perméabilité vis-à-vis du sel.}$$

**3.1.3 Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse**

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur (Figure 2). Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits.



**Figure 2 :** Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse (Viviane RENAUDIN, 2003)

Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50  $\mu\text{m}$  selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'une pré filtration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée rétentat tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du rétentat une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression (Viviane BENAUDIN, 2003).

### **3.2 Impacte des Stations de dessalement sur l'environnement**

Parmi les impacts dus à une usine de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ou sols ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les différentes zones, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable,

herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit, les entraves à l'accès du public et aux loisirs.

Les plus importants de ces impacts concernent la qualité de l'air et la qualité de l'eau qui retentissent ensuite sur la flore, la faune et les écosystèmes. Le principal impact environnemental associé aux procédés de dessalement provient de la production de saumure : solution à forte teneur en sels qui résulte de la « concentration » de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée. Cependant, il ne faut pas oublier, lors d'une éventuelle évaluation, l'impact environnemental causé par une station de dessalement, comme les problèmes de dégradation paysagère, bruits, émissions de gaz (CO, NO<sub>x</sub>), ou encore les rejets associés comme les eaux provenant du nettoyage (filtres de sable, membranes et dépôts) (Plan d'action, 2003).

Effets du concentré (saumure) Il est indubitable que c'est la saumure qui exerce le plus fort impact sur le milieu récepteur. Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumure concentrée en grandes quantités appelle un examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités. A part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. En plus, des effets combinés qui affectent la physiologie des plantes et qui se résument par une salinité (pression osmotique), une concentration en ion Na<sup>+</sup> et une concentration en ion Cl<sup>-</sup>, nous nous trouvons en présence de contraintes anthropiques et climatiques que l'on peut résumer de la façon suivante :

- Dégradation du sol et des plantations (pêchers et oliviers) par les rejets de résidus.
- Stagnation des rejets libres d'eau de rinçage de la station de déminéralisation, inondation des terres agricoles par les eaux chargées de résidus et dépérissement d'arbres.
- Contamination de la nappe phréatique, disparition de la végétation naturelle et salinisation effrénée des terres agricoles.
- Perte de la biodiversité et fragilisation des écosystèmes.
- Diminution de la pluviométrie.
- Conflits d'usage.

Sachant que les sols ont un besoin immense de carbone, d'azote de potassium et de phosphore comme éléments essentiels à la vie des plantes, ensuite viennent les différents sels tels que le sulfate de calcium de magnésium plus des nitrates et des ammoniums. La présence de sel en particulier le chlorure de sodium, a un effet négatif sur la végétation, de plus il existe des seuils à ne pas dépasser afin de ne pas endommager les différentes cultures. Les risques encourus par ce genre de dégradation de l'environnement sont la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ce qui a un impact direct sur l'être humain vu qu'il le premier consommateur des produits de l'agriculture, ensuite le bétail se trouve touché ainsi que toute la culture faite par les agriculteurs habitant ce genre d'emplacement où s'effectue les rejets sans contrôle. Pour cela on parle de risque sanitaire et environnemental (Maurel, 2006) et (PNUE, 2001).

#### 4. La saumure

La saumure est un sous-produit du dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement dans l'environnement marin. Les constituants présents dans ces eaux résiduaires rejetées par les usines de dessalement dépendent dans une large mesure de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement adoptée. Cependant, les rejets des usines de dessalement ne comprennent pas seulement l'effluent de saumure concentrée, les désinfectants et les agents antisalissures (antifouling), mais également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et condensats d'éjecteur (Dawoud et al Mulla, 2012)

Composition de la saumure Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure et antimousse, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée. Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les différents produits chimiques des phases de pré-traitement et post-traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement est reproduite sur le tableau 3. Bleninger et Jirka, 2010) et (PNUE, 2001)

**Tableau 3 :** Résumé des phases de prétraitement et post- traitement au cours de la production d'eau potable par dessalement. (Bleninger, et Jirka, 2010) et (PNUE , 2001)

Phase de prétraitement	Produits chimiques	Devenir des produits	L'objectif
Ajustement du pH à 7	Acide (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure concentrée	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate). Protège la membrane contre l'hydrolyse
Antitartre	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée	Prévient la formation de tartre sur les membranes
Coagulation-filtration	Coagulants-floculants	Les agents floculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes
Désinfection	Chlore (ou biocides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes qui se nourrissent des matières des membranes
Déchloration	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée	Protège les membranes sensibles au chlore
Élimine les gaz nauséabonds	Aération, Dégazage	Oxyde HS et NH <sub>4</sub> dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon et HS
Ajustement du pH à 7	NaOH, carbonate de sodium anhydre, la chaux	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la faune aquatiques en cas de rejet en surface
Désinfection	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Prévient la prolifération bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire
Réduction du niveau de chlore	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Élimine le chlore et d'autres oxydants
Oxygénation	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique

#### 4.1 Produits de la corrosion



Les usines de dessalement à procédé thermique rejettent du cuivre, du nickel, du fer, du chrome, du zinc et d'autres métaux lourds en fonction des alliages présents dans la filière de production, comme par ex. le titane. En termes de concentrations, celles du cuivre et du fer sont les plus élevées. (Hoepner, 2003)

#### **4.2 Agents antitartres**

Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement industriel. La présence de tartre entraîne inmanquablement des difficultés d'exploitation et/ou une perte de rendement. Les additifs antitartres le plus largement utilisés semblent être des polymères de l'acide maléique. Ces polymères empêchent les matières dissoutes de précipiter, décanter et former une croûte sur les surfaces (Hoepner, 2003)

#### **4.3 Agents antisalissures**

Les salissures« fouling» constituent un processus à phases multiples dans lequel interviennent de nombreux groupes d'organismes. Elles commencent par l'adsorption de substances polymères de l'eau non traitée sur les surfaces solides, ce qui permet la formation d'un film précurseur pour la colonisation par des bactéries. Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures (Hoepner, 2003)

#### **4.4 Agents antimousses**

La mousse produite par l'eau de mer aux étages du procédé de distillation multistage est imprévisible mais a tendance à poser un problème plus grave quand les séparateurs sont proches de la surface du courant de saumure, ce qui ne permet de séparer qu'un volume réduit en phase aqueuse et phase vapeur. Les agents antimousses sont habituellement des polyglycols alkylés, des acides gras et des esters d'acides gras. Les agents sont tensio-actifs à l'interface eau-vapeur et empêchent la formation de mousse. La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques. (PNUE, 2001)

#### **4.5 Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes dans les usines OI**

Dans les usines d'osmose inverse, le nettoyage des membranes peut engendrer des eaux potentiellement dangereuses. Les membranes doivent être nettoyées à des intervalles

de trois à six mois en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation et du fonctionnement de l'usine. Les formulations utilisées pour le nettoyage des membranes sont habituellement des solutions alcalines ou acides aqueuses. Ces produits chimiques sont normalement épurés avant leur rejet dans la mer. (PNUE, 2001) et (Mabrook, 1994)

### **5. Elimination de la saumure**

L'élimination de la saumure est un vrai problème environnemental devant être pris en considération et étudié lors de l'implantation d'une unité de dessalement. Dans la plupart des cas, la manière la plus facile de se débarrasser du débit important de saumure (70 à 55% du débit d'alimentation) est de le décharger dans la mer grâce à une conduite. La concentration en saumure varie de 50 à 75 g/l et a une densité beaucoup plus élevée que l'eau de mer. De ce fait, la saumure tombe sur le sol sous-marin proche de la sortie de la conduite (effet panache) et forme ainsi une couche très salée pouvant engendrer des impacts négatifs sur la faune et la flore maritime ainsi que d'éventuelles activités humaines.

Les conditions de la mer : courant marin, vagues, eau calme ou agitée influe immédiatement sur la concentration des saumures au contact de la mer. (NRC, 2008)

Il existe deux concepts identifiés réalistes pour l'élimination de la saumure:

Mélange : Afin d'éviter l'effet panache, il est avantageux de placer la sortie de la conduite au niveau d'un courant fort, optimisant ainsi le mélange de la saumure et de l'eau de mer.

Dilution : La dilution de ces saumures dépend instantanément de leur dispersion dans le cas d'une mer agitée et de leur localisation dans le cas d'une mer calme. Comme par exemple, les saumures prennent beaucoup de temps pour se diluer quand la mer est calme. Ce qui influe directement sur le milieu aquatique.

Lorsqu'une limite maximale de décharge doit être respectée (e.g. France : 10% au-delà de la salinité de la mer), une solution est de diluer la saumure avec une autre source d'eau en amont tel que :

- Eau fraîche naturelle (rivière) si l'installation est située près d'un delta.
- Effluent d'eau usée rejeté dans la mer
- L'eau de mer venant de la pompe d'alimentation, ce qui nécessite une capacité de prise d'eau de mer plus important.

#### **a- Risque sanitaire (microbien et chimique):**

Il est associé à la présence de pathogènes dans les eaux recyclées. Présence de probabilité d'infection en fonction de la dose admissible obtenue à partir d'études épidémiologiques.

**b- Risque environnemental:**

Affectation du rendement par la salinité par l'influence d'excès d'éléments (Na, Bore,...), éviter des excès de N, P, K, et tenir compte des apports des eaux usées dans la fertilisation du sol. Il convient de traiter avec précaution la problématique qui est liée à ces résidus, car le volume de saumure produit par un litre d'eau dessalée, ainsi que sa teneur en sels dépendront de la technique de dessalement employée et de la composition saline de l'eau utilisée. Il ne fait aucun doute que les pays méditerranéens qui utilisent le dessalement pour couvrir leurs besoins en eau douce devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumure, conformément aux dispositions des Protocoles « tellurique » et « immersions » (Plan d'action, 1997).

De ce fait, les divers types de polluants résultant des différents procédés appliqués dans les usines de dessalement (distillation et osmose inverse). En plus de la concentration élevée des sels, la saumure déchargée contient de divers produits chimiques utilisés dans l'étape de prétraitement et de post-traitement de l'unité de dessalement.

Une grille présentant les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement est reproduite sur le tableau 4.

Tableau 4: Grille d'impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement. (PNUE, 2001)

Impact	Origine de l'impact	Degré d'impact
-Pollution thermique Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, -Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes	- saumure chaude	M
Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels	- saumure concentrée	M
Désinfectants	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques hydrocarbures principalement	E

Métaux lourds	Corrosion du matériel de l'usine	M
Produits chimiques : - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du pH	- Adjonction d'agents -Anticorrosion et antitartre	E F F
-Pollution atmosphérique -Pluies acides -Effet de serre -Poussières	Utilisation de combustibles et activités d'élimination	F M M
Chez les animaux aquatiques	D'excavation et de dragage	M
Bruit	-Activités de construction -Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	F

E- Impact de degré élevé,  
M- de degré moyen,  
F-de degré faible

### 5.1 Effets dus aux produits de la corrosion :

Sont rejetés par les unités de dessalement et peuvent constituer une menace pour les organismes d'estuaire en raison de leur toxicité. Nous avons :

Les traces de métaux :

Le Ni, Mo, Fe, Cr, Zn, provenant de la dissolution de tuyauterie et système de condensateur de refroidissement et autres dépendants des alliages présents dans la ligne du process.

Ces métaux provoquent des stressés au niveau des communautés aquatiques et leurs effets seront plus marqués au niveau des habitats benthiques soumis à un enrichissement plus élevé de métaux trace. (Hoepner, 2003)

#### 5.1.1 Le Cuivre :

A forte concentration, le Cuivre est très toxique et joue le rôle d'inhibiteur d'enzymes au niveau de l'organisme et peut entraîner le décès d'un nombre important d'espèces susceptibles. Pour le phytoplancton, le Cuivre inhibe la photosynthèse, limite l'absorption et l'assimilation du nitrate et l'adsorption du silicate. Au niveau des

poissons d'estuaire, des changements apparaissent dans la physiologie de l'organisme, la reproduction et le développement. (Rashad, 2007)

### **5.1.2 Le Fer :**

Le Fer est contenu dans certains additifs entrants dans le processus de dessalement. En présence d'une forte salinité peut conduire à un accroissement de la turbidité qui risquera de perturber la photosynthèse. (Rashad, 2007)

### **5.2 Effets dus aux additifs antitartres**

Les produits utilisés contre l'entartrage sont les phosphates polymères. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer méditerranée, le rejet de ces produits peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques, etc. Ces dernières années, les agents antitartre les plus largement utilisés ont été les polymères de l'acide maléique pour empêcher l'apparition d'effets eutrophisants (Hoepner, 2003)

### **5.3 Effets des additifs antisalissure**

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénant les constituants organiques de l'eau de mer (Rashad, 2007). D'autres agents antisalissures comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation (Hoepner, 2003)

### **5.4 Effets des additifs antimousses**

Les agents antimousses sont des détergents. Les détergents ont des effets nocifs sur les organismes en altérant le système membranaire intracellulaire. Les effets sur l'écosystème marin n'ont pas été étudiés mais pourraient être négligeables. (Hoepner, 2003)

### **5.5 Impact de bruit**

Une usine de dessalement par filtration membranaire est plus bruyante, et la majeure partie de ce bruit provient des pompes haute pression et des turbines de récupération d'énergie qui présente un danger pour les travailleurs de la station. (PNUE, 2001)

### **5.6 Effets dus au prélèvement d'eau de mer :**

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Par exemple, des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de pré-traitement de l'usine de dessalement. Le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation qui représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton, pour conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation. (NRC, 2008)

### **5.7 Effets potentiels des rejets de saumures concentrées**

Une variation de la salinité et/ou de la température due au rejet de saumure retentit aussi sur les habitudes migratoires du poisson le long des côtes. Si certaines espèces de poissons ressentent une variation de la salinité ou de la température, elles peuvent éviter la zone du panache et s'éloigner au large. Il s'ensuit que le poisson peut être forcé de nager sur une plus longue distance, de quitter la zone de plus grande disponibilité alimentaire et devenir davantage exposé aux prédateurs. Les impacts de ces modalités nouvelles sont incertains car notre connaissance de la migration du poisson le long des côtes reste limitée et que l'on ne sait pas avec certitude quelle est la taille du panache susceptible d'occasionner ces effets. (Lattemannet Hoepner, 2003) La température d'effluent a une influence importante sur les propriétés physiques de l'eau de mer et peut détériorer sa qualité. La solubilité d'oxygène diminue avec l'augmentation de la température, cette température élevée de l'eau accélère la respiration de bactéries et peut promouvoir l'anoxie ou l'hypoxie contribuant à l'élimination de la vie aquatique, en particulier durant l'été (Fernández-Torquemada, Sánchez-Lizaso, 2013) et (UNEP/MAP, 2003)

## **6. Impacts des rejets de saumures sur l'écosystème marin**

En ce qui concerne l'impact des saumures, il faut souligner que la salinité des saumures est comprise entre 68 et 90 g/l.

Cette différence de salinité avec l'eau de mer explique le comportement du rejet hypersalin, la masse d'eau très dense forme une couche sur le fond marin et se déplace suivant les lignes de pente maximale. Le degré de stratification est tellement élevé que la dilution de cette masse d'eau avec la couche d'eau supérieure de salinité ambiante est très difficile, même avec un certain degré d'exposition hydrodynamique. Le concentrât contient également les résidus des produits chimiques ayant servi aux prétraitements. Ils entraînent en particulier une acidification de l'eau (pH compris entre 6 et 6.5) ce qui a un impact sur la matière biologique, et en particulier sur les coraux. Si l'on utilise du méta bisulfite de sodium pour la décoloration de l'eau d'alimentation ou en tant que traitement biocide, ce produit a un impact sur le phytoplancton en particulier. (Cooley, Gleick et Wolff, 2006) Les effets de ces rejets sur le milieu marin, comme l'ont démontré de nombreuses études, sont les suivants :

- Anoxie au niveau des fonds marins : la colonne d'eau se trouve divisée en deux : l'eau de mer constitue la couche supérieure et la saumure la couche inférieure. Dans des conditions de calme du milieu récepteur, avec un faible renouvellement des algues, la présence d'espèces benthoniques, consommatrices d'oxygène, peut conduire à des périodes d'anoxie du fond marin (Fernández-Torquemada González-Correa et Sánchez-Lizaso, 2012)
- Diminution de la lumière : la présence d'un fluide hypersalin modifie le coefficient de réflexion de la lumière filtrée, provoquant la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales.
- Affection des espèces marines: on a détecté des réductions significatives dans les communautés des échinodermes (utilisés comme bio indicateurs pour leur sensibilité) près de la zone de rejet. (Fernández-Torquemada et Sánchez-Lizaso, 2013)
- Affection des fanerogames marines : la mer méditerranée est la zone du monde où le plus grand nombre d'études a été réalisé à ce sujet.

On a détecté des effets négatifs sur les fanerogames marines. Notamment, en ce qui concerne la *Posidonia océanique*, on a détecté une augmentation de la mortalité des individus, apparition de nécrose sur les tissus et plus grande chute des feuilles. (PNUE, 2001).

### **Rejets du procédé**

Les chaînes de traitement utilisant des membranes produisent différents types de rejets

- Concentrât ;
- Eaux de rinçage ;
- Eaux de lavage.

Le concentrât est rejeté en continu pendant la production. Le débit et la composition du concentrât sont liés aux taux globaux de récupération et de séparation. Le taux de récupération étant, en général, supérieur ou égal à 75%, le débit de concentrât correspond au maximum à 25% du débit d'alimentation. Les eaux de rinçage et de lavage sont rejetées de manière discontinue. Lorsque la chaîne de traitement comprend un ou des ajouts de produits chimiques dans l'eau brute (coagulant, oxydant, acide, agent antitartre, etc.), les rejets des membranes contiennent en plus des substances présentes dans l'eau brute, les produits injectés pour traiter l'eau.

### Risques

En dehors des risques inhérents à toute usine de production d'eau potable (emploi de produits chimiques actifs, présence d'équipement électrique...), les usines qui utilisent des membranes de type ultrafiltration, nano filtration et Osmose inverse fonctionnent à des pressions supérieures à ce qui est normalement observé dans les usines conventionnelles. Le personnel doit être sensibilisé à ce risque. L'évaluation de la toxicité du rejet doit tenir compte des réactions secondaires qui se trouvent initiées dans des circonstances de nettoyage, et pas seulement de la toxicité des produits initialement utilisés. Cela peut avoir une influence sur le type et la taille du système de collecte du rejet.

En résumé, les besoins en eau présents et futurs ne peuvent être couverts et satisfaits que si des ressources non conventionnelles (recyclage et dessalement de l'eau) sont envisagées.

Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumure concentrée en grandes quantités appelle un examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités. A part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, son niveau au-dessus du fond de la mer, l'existence ou non d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrologiques (courants, vagues) peuvent conditionner la dispersion de la saumure et



l'efficacité de la dilution au point de rejet et, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement (MERMOUD, 2006).

### **7. Techniques pour minimiser les impacts du dessalement sur l'environnement**

Les saumures fortement salines en contact avec la mer descendraient au fond de la mer et prolongeraient sur un rayon de centaines de mètres présentent une source continue et cumulative de pollution, qui aurait comme conséquence des détriments continus sur la vie aquatique à proximité (zone hyper saline). Pour réduire au minimum ces effets nuisibles des usines de dessalement de l'eau de mer nous proposons des remèdes pour débarrasser le surplus des saumures concentrées (Balasubramanian, 2013 ; Bleninger, et Jirka, 2010 ; Jenkins et *al* , 2013 ; PNUE, 2001 ; Swift, 2002, UNEP/MAP, 2003)

- Il est souhaitable de placer le point de décharge de saumure loin de la plage et des endroits rocheux qui sont riches en organismes à partir d'un émissaire sous-marin, ou par incorporation des diffuseurs sur les tubes de décharges pour améliorer la dilution des saumures.
- Utilisation de l'eau déchargée de la centrale électrique pour la dilution des saumures concentrées (un taux élevé de dilution pourra réduire la tendance de dessalement au fond).
- Diriger les saumures vers une usine de production de sel. Cette solution présentera beaucoup d'avantages environnementaux et économiques.
- La décharge zéro au moyen d'un procédé d'évaporation des produits concentrés qui permet d'obtenir des résidus secs. Cette issue nécessitera une forte augmentation du capital d'investissement et de la consommation d'énergie.
- Utilisation des énergies renouvelables (solaires) pour fonctionner les usines de dessalement et essaient de produire un déversement nul de saumure dans la mer (usine de dessalement environnemental).
- La réalisation d'une cartographie sous-marine des habitats écologiques à protéger dans toute la région. Cette information doit être autant décisive que les contraintes sociales ou économiques, au moment de choisir la parcelle où on situera l'usine de dessalement.
- Le choix adéquat du type de rejet, soit direct sur la côte soit par le biais d'un émissaire sous-marin : il faut tenir compte de l'importance de la vitesse et de l'angle de sortie du

jet ou des diffuseurs d'eau, de la bathymétrie du fond marin, du régime des houles et courants marins, etc.

- Le rejet simultané de saumures avec les eaux de refroidissement d'une centrale thermique ou avec l'effluent d'une usine de traitement d'eaux résiduelles est une solution intéressante à adopter, dans la mesure du possible. (NRC, 2008) et (PNUE, 2001)
- Rejet bien étudié aux endroits des embouchures des cours d'eau pour avoir une dilution et un équilibre naturel des différentes concentrations ambiantes naturelles.

# CHAPITRE II

## 2.1 Choix des sites d'étude

Nos zones d'étude sont situées le long du littoral de la Wilaya de Mostaganem. Elles sont localisées à l'Ouest du littoral algérien (fig.3) qui dispose de 124 km de façade maritime et délimitée

- au nord : par la Méditerranée
- à l'ouest : par la wilaya d'Oran
- à l'est : par la wilaya de Chlef
- au sud : par les wilayas de Mascara et Relizane

La ville de Mostaganem recèle de grandes potentialités, dont, un port mixte comprenant toutes les opérations d'import-export et les activités de pêche. Elle est disposée d'atouts économiques, dont l'exploitation offre des perspectives de développement économique prometteuses dans les domaines agricoles, maritimes, industriels, touristiques et halieutiques (inspection de l'environnement, 2003)

Nos sites sélectionnés sont précisément la plage de Stidia et Sonacter qui se trouvent être le point de déversement de saumure de l'industrie «STMM spa» (fig.4), ont été choisis d'une part, pour leurs différences d'exposition aux différentes sources de pollution.



**Figure 3 :** Situation géographique de la wilaya de Mostaganem. (Source : Google Maps 2021)



**Figure 4 :** Situation géographique de plage Stidia et Sonagther et station dessalement «STMM spa »(source : Google Maps 2021)

### 2.1.1 Le site de Stidia

La Stidia Plage est un lieu habité en Wilaya de Mostaganem, Algérie, Situé à 15 kilomètres à l'ouest de Mostaganem. Les coordonnées géographiques sont (35°49'53.7"N 0°01'01.8"W). Une ville touristique se situant au milieu de terre agricole. La plage de Stidia est caractérisée par une activité importante de pêche à cause de la présence d'un petit port de pêche qui sépare la zone rocheuse de la plage de la zone sableuse ou on peut trouver des prairies d'herbiers. (Fig. 5)



**Figure 5 :**Stidia plage (source : Google 2012)

### 2.1.2 Le site de Sonacter

La Sonacter plage situé à 10 kilomètres à l'est de Mostaganem. Les coordonnées géographiques sont (36 °01'02.7"N 0 °07'18.7"E).

Plage de Sonacter est désormais un mégaprojet, C'est une zone industrielle. Le sable fin a été épuisé par du tuf qui servira de plateforme aux projets. (fig.6)

Ce site côtier est l'un des plages les plus fréquentés de Mostaganem qui se trouve affecté par ce projet qui aurait pu être implanté dans un autre lieu, pour encore voir un autre joyau de Mostaganem étouffé pour longtemps. (El Gourbi, 2020)



**Figure 6 :** Plage de Sonacter (source : Google 2021)

### 2.1.2.1 Station de dessalement de l'eau de mer

L'usine de dessalement de Mostaganem, sise à Plage de Sonacter (Mostaganem), avec une capacité de production d'eau potable de 200.000 m<sup>3</sup>/jour. Le procédé de traitement d'eau de cette station consiste à :

**a)- Captage de l'eau de mer :** Le captage de l'eau de mer se fait à travers de deux tours de prise sont submergées à une distance de la côte d'environ 2 500 m et 16,5 mètres de profondeur et connectées au réservoir de pompage d'eau de mer . (fig.7)



**Figure 7 :** le captage de l'eau de mer (point d'entrée de l'eau de mer)

#### **b)- Système de Filtration et microfiltration :**

La fonction du système de filtration est éliminer les flocons formés par les systèmes de coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse. L'Usine est équipée avec deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à pression chacune (fig.8) filtration de deuxième étape, il existe deux batteries munies de huit (8) filtres de pression horizontale chacune (fig.9).

La fonction du système de microfiltration est protéger le système d'osmose inverse. La microfiltration ne permet pas passer que des particules de taille inférieure à 5 microns.

Le système de microfiltration consiste à deux lignes équipées avec neuf (9) filtres chacune (fig.10), Chaque filtre est muni de 360 cartouches de 1250 mm de longueur.



**Figure 8 :** Filtration de première étape (12 filtres)



**Figure 9 :** Filtration de deuxième étape (8 filtres)





**Figure 10** : Système de microfiltration (9 filtres)

**c)- Système d'osmose inverse :**

Le système d'osmose inverse est la cour de l'usine et sa fonction est réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée. Il est composé :

Les membranes sont rangées en ensembles de sept unités (en série) (fig.11), dans un même tube de pression. De cette façon, l'eau brute pénètre axialement par un des extrêmes de la carcasse traversant la membrane située en premier lieu. L'eau passe au collecteur central qui occupe l'axe géométrique de la carcasse où elle est recueillie. L'eau de rejet "saumure" arrive à la membrane suivante où le même phénomène a lieu et ainsi de manière continue jusqu'au septième élément. L'eau de rejet "saumure" de ce septième élément se ramasse dans l'autre extrême de la carcasse, étant après envoyé à l'extérieur.



**Figure11** : Système d'osmose inverse

**d)- système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmosée :**

À la fin du processus d'osmose inverse l'eau osmotique est reminéralisée pour diminuer l'agressivité de l'eau et atteindre les valeurs d'alcalinité, dureté, pH.

L'eau osmotique de chaque ligne d'osmose inverse est conduite vers la reminéralisation au travers de collecteurs indépendants, L'eau est stockée dans un réservoir de 6 m de hauteur. Pour permettre le passage de l'eau osmotique à travers les lits à calcite par l'effet de la gravité et atteindre ainsi, le réservoir de stockage de l'eau produit. Ce réservoir est divisé en deux de manière que les lignes de production restent indépendantes jusqu'à l'entrée du réservoir d'eau potable.

Le système de reminéralisation est constitué de deux ensembles de lits de calcite (chacun est composé par 30 cellules de 14m<sup>2</sup> de surface) (fig.12), et d'un processus de dosage de dioxyde de carbone (fig.13). Dans la tuyauterie de raccordement du réservoir de l'eau osmotique avec le réservoir des couches à

calcite se fait un dosage de CO<sub>2</sub> à travers d'un sparger installé dans la même tuyauterie de raccordement.

L'eau rentre par le bas des cellules et est distribuée au travers des faux fonds des lits de calcite. L'anhydride carbonique dissous dans l'eau, réagit avec le carbonate calcique du lit formant le bicarbonate calcique soluble, avec lequel le pH augmentera. Une fois passée la réaction de reminéralisation, on aura amélioré la dureté et l'alcalinité de l'eau, et il existera un résiduel de CO<sub>2</sub> en équilibre avec HCO<sub>3</sub> qui déterminera le PH de l'eau traitée.



**Figure 12 :** Système de reminéralisation de l'eau osmosée



**Figure 13 :** Le CO<sub>2</sub> stocké sous forme liquide

e)- **Le système de stockage et impulsion de l'eau :** Le système de stockage et impulsion de l'eau commercialisable à pour objet pomper l'eau produite vers le réseau de distribution A travers du Réseau de Transport d'Eau (fig.14)



**Figure 14 :** Le système de stockage et impulsion de l'eau (point de sortie d'eau traité)

**f)- Système de vidange de Saumure :**

L'évacuation des rejets de la Station de dessalement se réalise à travers d'un émissaire équipé des diffuseurs au bout de son tronçon sous-marin. L'émissaire a été conçu pour admettre une capacité supplémentaire de 25% des eaux repoussées, ceci est :

- Débit maximum de rejets 10.195 m<sup>3</sup>/h
- Débit maximum de l'émissaire : 12.744 m<sup>3</sup>/h

Une fois la saumure est passé par les récupérateurs de pression sera ramassé par un collecteur de 1.400 mm de diamètre construit en polyester renforcé avec fibre de verre. Le collecteur nommé précédemment décharge dans un réservoir enterré construit en béton, d'une capacité de 641 m<sup>3</sup> chargé de collecter de l'eau pour le lavage des filtres. La saumure est rejetée à un regard de sortie de l'émissaire, par un canal de décharge auquel il est raccordé

Le déversement de la saumure de rejet se réalise grâce à un tronçon terrestre avec un conduit en polyéthylène haute densité de 1.800 mm de diamètre. La longueur totale de la conduite pour les parties terrestre et les immergées est de 1.400 m, y compris le tronçon diffuseur de 130 m.(fig.15)



Figure 15 : R éservoir de Saumure (point de sortie des rejets)

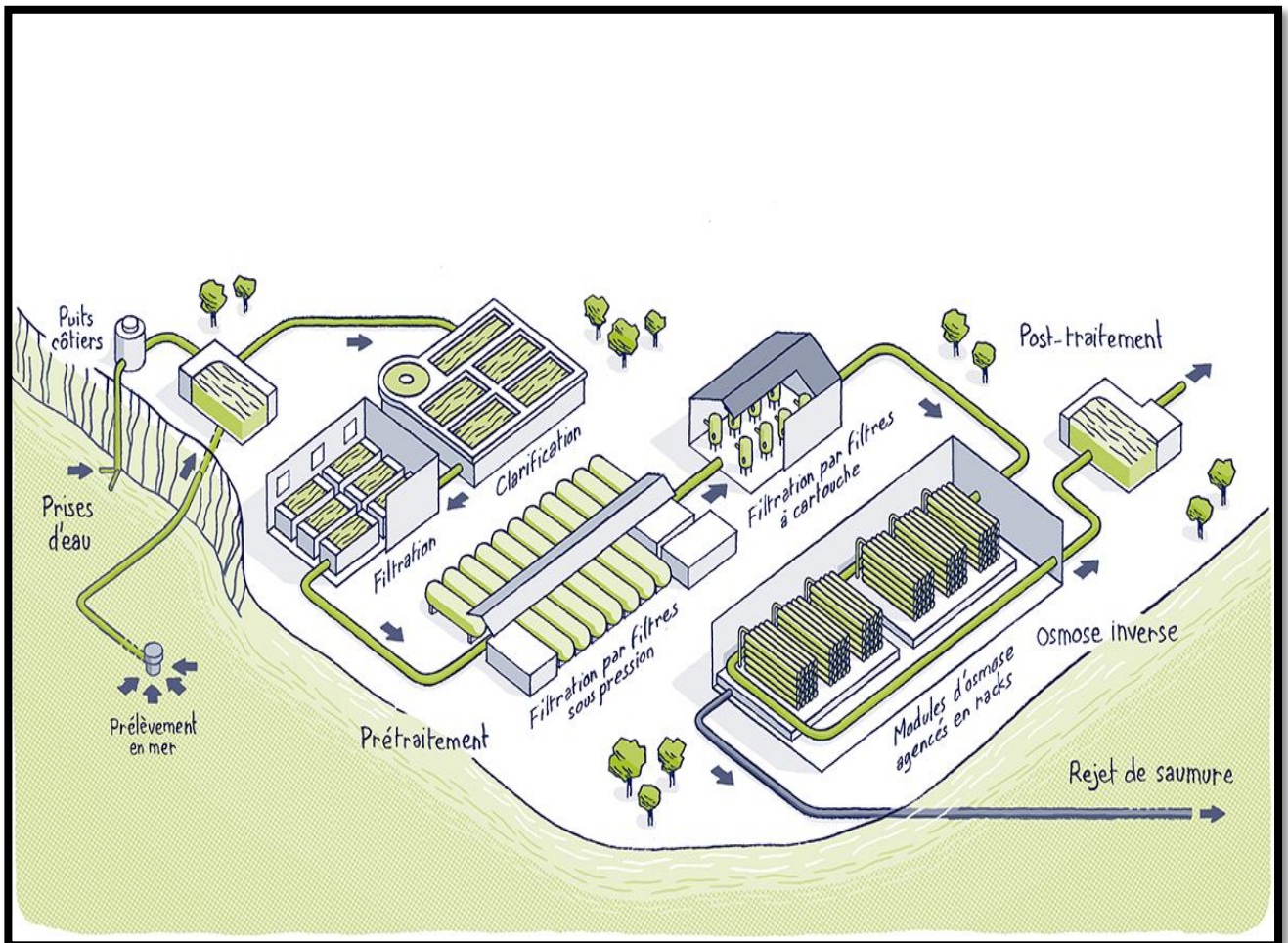


Figure 16 : Sch éma de proc éde de dessalement de l'eau de mer

# CHAPITRE III

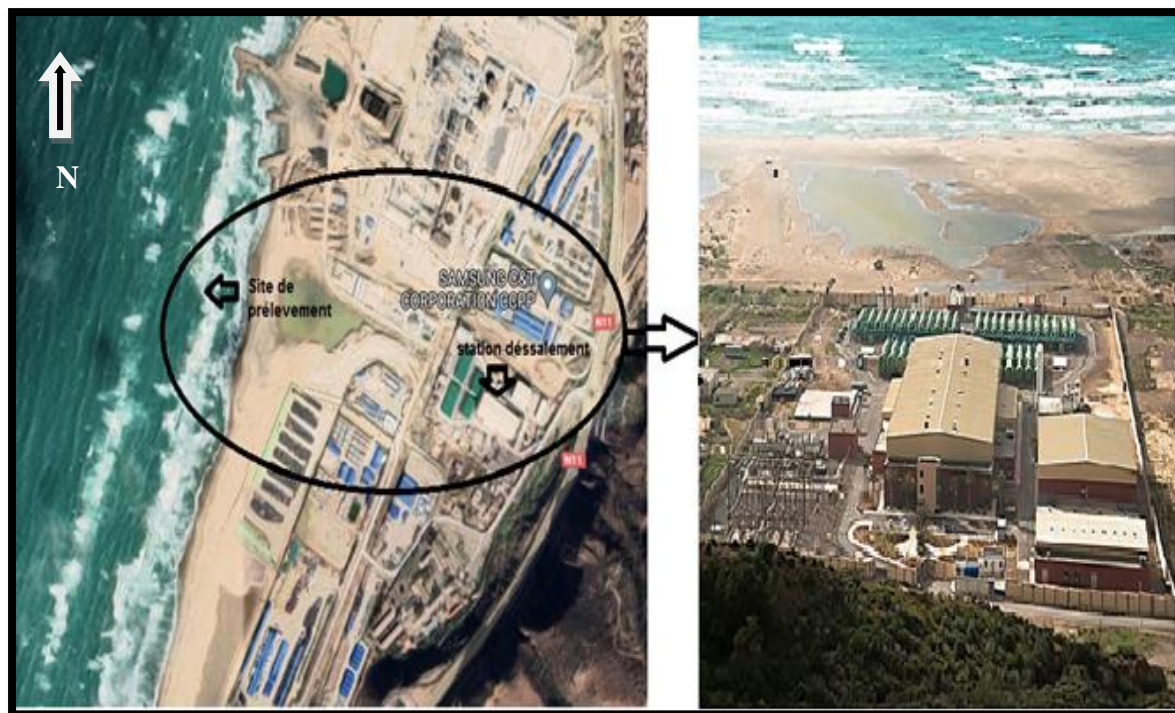
### 3.1 Protocole d'échantillonnage

L'échantillonnage de l'eau de mer au niveau de nos sites « Stidia » (fig.17) et « Sonacter » (fig.18) a été réalisé dans des flacons en plastique. Après avoir rincées les bouteilles pour échantillonner deux à trois fois avec de l'eau distillée, on les met dans le sens inverse à l'écoulement tout en évitant toute contamination de manipulation, une fois remplies, les flacons sont hermétiquement fermés. Au niveau de chaque station, un échantillon de volume 250 ml ont été prélevés, les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°). L'analyse se fait le jour même. Les mesures de la température, salinité, et du PH ont été faites sur place « in situ ».



**Figure 17 :** Localisation des stations de prélèvement du site de Stidia

(Source: Google Maps, 2021)



**Figure 18 :** Localisation des stations de prélèvement du site de Sonacter

(Source: Google maps, 2021).

## 3.2 Méthode de mesures et d'analyses

### 3.2.1 Paramètres physico-chimiques

L'analyse de l'eau de mer doit répondre à deux questions, étroitement liées, mais dont l'importance varie suivant la nature des problèmes posés. La première question concerne la connaissance de la composition exacte de l'eau de mer, la nature et la concentration de ses différents constituants normaux, éléments majeurs et éléments à l'état de traces dont la présence et la répartition sont relativement homogènes dans les mers. La deuxième question, d'ordre plus pratique et dont l'importance s'accroît de jour en jour, concerne la mise en évidence de nouveaux éléments ou composés pouvant sembler étrangers au milieu marin et surtout des modifications de la composition normale de l'eau liées en grande partie à l'activité humaine. (J. RODIER)

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et le degré de contamination des eaux de mer de Sonacter et Stidia plusieurs paramètres physico-chimiques ont été étudiés et pris en considération.



### 3.2.1.1 Température (T°)

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). (RODIER et BENARAD et NICOL ,1996).

De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré. Appareil de mesure multi paramètre WTW Multi 340i (fig.19).



Figure 19 : Appareil multi paramètre WTW Multi 340 i

### 3.2.1.2 Conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (ZEGHOUD, 2014).

Ce paramètre permet de connaître le degré de minéralisation des eaux, et de mettre en évidence la pollution des eaux. En effet des contrastes de conductivité mesurés sur un

milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration.

La conductivité dépend de la température (elle est plus importante lorsque la température est élevée) de la présence des ions, leur concentration totale, leur mobilité et de la nature géologique du terrain.

La conductivité est mesurée au niveau de stations à l'aide d'un appareil multi paramètre portable WTW Multi 340i (fig.19)

### 3.2.1.3 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité ou la basicité de l'eau ; c'est-à-dire la concentration en ions d'hydrogène  $H^+$  sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité.

Le pH de l'eau est également influencé d'une part par les variations des paramètres du milieu (température, salinité, oxygène dissous, du taux de  $CO_2$ ) (BEN BOUIH, 2000), et d'autre part, il dépend de l'origine des eaux, la nature pétrographique de la roche mère du milieu traversé par les eaux et la respiration des organismes (Vivier, 1946, OTTMAN, 1965).

Le pH a été mesuré sur place par électrométrie en utilisant appareil multi paramètre WTW Multi 340i à lecture directe (fig.19)

### 3.2.1.4 Salinité (S)

La teneur en sels dissous de l'eau de mer peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps dissous ou seulement les sels dominants.

La salinité ( $S^{\circ}/\text{oo}$ ) est définie conventionnellement comme le poids en grammes des composés solides séchés à poids constant à  $480^{\circ}\text{C}$ , obtenu à partir de 1 kg d'eau de mer (J. RODIER, 1978).

Appareil HANNA permettant de mesurer la teneur en sel (fig.20)



**Figure 20** : Appareil HANNA permettant de mesurer la salinité.

- ✚ La température, l'acidité, la conductivité et la salinité sont mesurées à la station de prélèvement l'échantillonnage avec les appareils mentionnés précédemment .

Mode opératoire : rincer la sonde d'appareil de mesure avec de l'eau distillée et tremper la sonde dans l'échantillon. Lire directement les valeurs affichées à l'écran d'appareil.

### 3.2.1.5 Turbidité (T)

La turbidité c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, les limons, organismes microscopiques...). Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (REJESEK, 2002)

La turbidité se mesure au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre HACH (fig.21)

Mode opératoire : D'abord on rincer la cuvette par l'eau distillé, on remplit une cuvette jusqu'au trait (environ 15 ml) , essuyer la cuvette avec un tissu doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts. On évite des bulles d'air et lire.



**Figure 21 :** Appareil turbidimètre HACH

### 3.2.1.6 Titre alcalimétrique complet (TAC)

TAC est un paramètre qui traduit essentiellement l'alcalinité de l'eau. Ce paramètre mesure les concentrations en ions hydroxydes et carbonates. Ces ions proviennent de la dissolution du dioxyde de carbone de l'air dans l'eau. L'unité de mesure du TAC s'exprime en degrés français (°F). 1°F correspond à 10mg/l de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>).

Analyse « TAC » par appareil Titroline 96 SOHOTI (fig.22)

Mode opératoire : On met dans un bécher 100 d'eau à analyser et on ajoute 2 goutte de méthyle orange à 0.5% la couleur devient orange jaune jusqu'à ph=4.3. On met le bécher sur l'agitateur on dose doucement avec de l'acide sulfurique (1/25N) dans le bécher en agitant constamment jusqu'à l'apparition d'une coloration orange rose. Les résultats expriment en degré français (F°).



**Figure 22 :** Appareil Titroline 96 SOHOTI

### 3.2.1.7 Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les ions carbonates et bicarbonates combinés au calcium ou au magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$ ) dans des conditions de sécheresse.

Lorsque la concentration de Ca et de Mg décroît. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH. Par conséquent, lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé, ce peut être un signe d'une teneur élevée en ions carbonate et bicarbonate.

### 3.2.1.8 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, ou DBO5, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau.

Elle mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique biodégradable est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle.

Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours à 20 °C et à l'obscurité pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau.

### 3.2.1.9 Demande chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (ou DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. C'est l'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer la charge globale en polluants organiques d'une eau (rivières, lacs, mer, ou eaux usées ou résiduaires industrielles). (Thomas.O & Mazas.N 1986).

✚ Ces deux analyses a savoir « DBO5 et DCO » sont très importantes, mais malheureusement nous n'avons pas effectué ces analyses par manque de disponibilité dans les laboratoires

### 3.2.1.10 Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Le nitrate représente la plus stable des deux formes de l'azote, ils sont peu réactifs, mais sous l'action microbienne, il peut être réduit en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), qui est la forme la plus toxique. Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement. Il est le produit de l'oxydation de l'azote de l'atmosphère (représente 78%) par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau et, dans une moindre mesure.

Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate, ils peuvent être réduits en nitrite sous l'action microbienne, qui est la forme la plus toxique.

Les Nitrates  $\text{NO}_3^-$  sont beaucoup utilisés dans les engrais, forment des substances chimiques brute dans divers procédés industriels et comme agent de conservation des aliments (CCME,2012).

Nitrate se mesure par appareil portable dattalogging Spectrophotomètre HACH DR/2010 (fig.23).

Mode opératoire : Entré le numéro de programme mémorisé pour le nitrate GAMME MOYENNE 353 et tourner le bouton de réglage de longueur à 400nm.

Remplir une cuvette avec 25 ml d'échantillon + ajouter gélule de nitrate et agiter, remplir une autre cuvette avec 10 ml d'eau distillé (le blanc). Presser SHIFT TIME et attend 5 min.

Placer le blanc et fermé le capot, presser zéro pour afficher la mesure de blanc, Nitrate de blanc toujours égale 0.0 mg/l N- $\text{NO}_3^-$  GM.

Retrier le capot, placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure. Fermer le capot. Presser READ et lecture les résultats.

### 3.2.1.11 Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Le Nitrite  $\text{NO}_2^-$  est très instable, très réactif il peut jouer le rôle d'oxydant ou de réducteur, cette grande instabilité explique en partie sa toxicité.

Le nitrite sert comme agent de conservation des aliments, en particulier dans les viandes de salaison. En raison de la stabilité de l'ion nitrate la plupart des substances azoté de l'environnement ont tendance à se transformer en nitrate. Par conséquent toutes les sources d'azote (notamment l'azote organique l'ammoniaque et les engrais) devraient être considéré comme source des nitrates dans l'eau comprennent les matières animales et végétales en décompositions (CCME,2012).

Nitrite se mesure par appareil portable dattalogging Spectrophotomètre HACH DR/2010 (fig.23).

Mode opératoire : Entré le numéro de programme mémorisé pour le nitrate GAMME BASSE 371 et tourner le bouton de réglage de longueur à 507nm.

Remplir une cuvette avec 25 ml d'échantillon + ajouter gélule de nitrite et agiter, remplir une autre cuvette avec 10 ml d'eau distillé (le blanc). Presser « SHIFT TIME » et attend 20 min.

Placer le blanc et fermé le capon, presser zéro pour afficher la mesure de blanc, Nitrate de blanc toujours égale 0.0 mg/l N-NO<sub>2</sub>- GB.

Retrier le capot, placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure. Fermer le capot et presser READ et lecture les résultats s'affiche.



**Figure 23 :** appareil portable dattalogging Spectrophotomètre HACH DR/2010.

# CHAPITRE IV



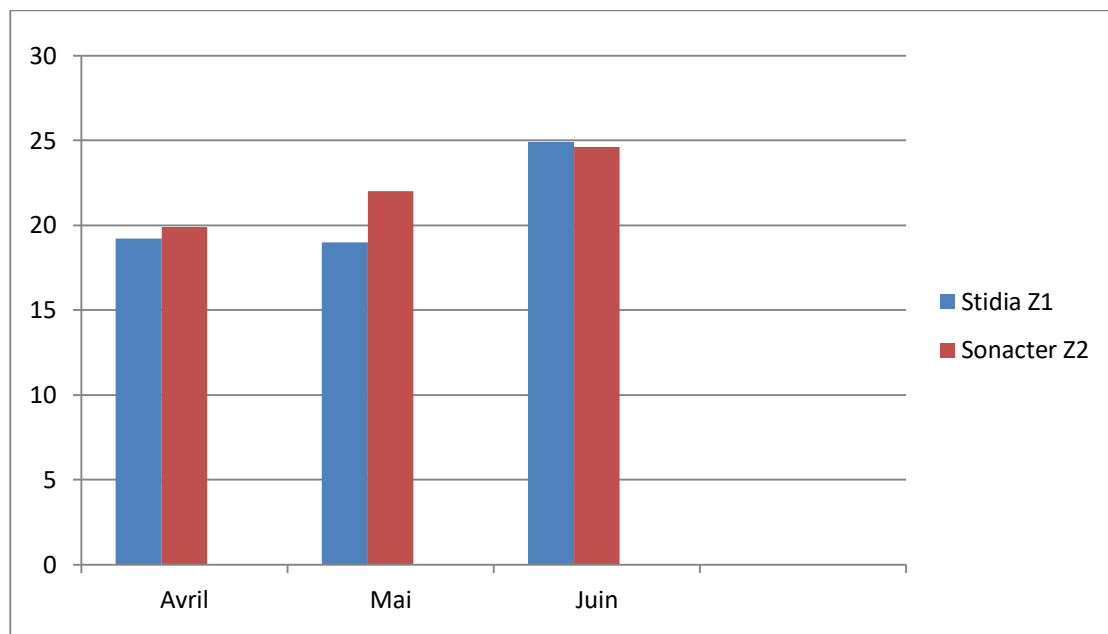
Les résultats des différentes mesures mensuelles des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer des deux-site Stidia (Z1), Sonacter (Z2) durant les trois mois (Avril, Mai et Juin) sont présentés ci-dessous.

Le travail que nous avons effectué, nous a permis d'observer et de suivre les variations des caractéristiques de nos deux écosystèmes à travers la détermination des paramètres physico-chimiques de l'eau prélevée de la mer Z1 (Stidia) et Z2(Sonacter).

Concernant l'eau de mer de Z2, on remarque qu'il y a une augmentation de conductivité, PH et augmentations importante de la salinité, de la turbidité, de nitrates et nitrite par rapport à Z1.

Le taux de tous les paramètres analysés des eaux Z2 est plus élevé que les taux des échantillons d'eau de mer Z1 dû à cause des rejets de station dessalement.

#### 4.1 Température (T)



**Figure 24 :** variations de la température de l'eau de mer en (C°) pour les mois Avril, Mai et Juin

Les différentes concentrations illustrées par le graphe illustré par la figure 24 montrent une variation de la température durant les trois mois d'études entre 19°C à 24.9°C. Les valeurs minimales sont observées au mois d'Avril et les valeurs moyennes durant le mois de mars alors que les valeurs maximales sont relevées durant le mois de Juin.

Concernant le mois Avril, on enregistre une température de 19.2°C au niveau de Z1 et 19.9°C au niveau de Z2. Le mois de Mai marque une température de 19°C à la Z1 alors qu'elle augmente nettement jusqu'à 22°C au niveau de la Z2, cependant le mois Juin

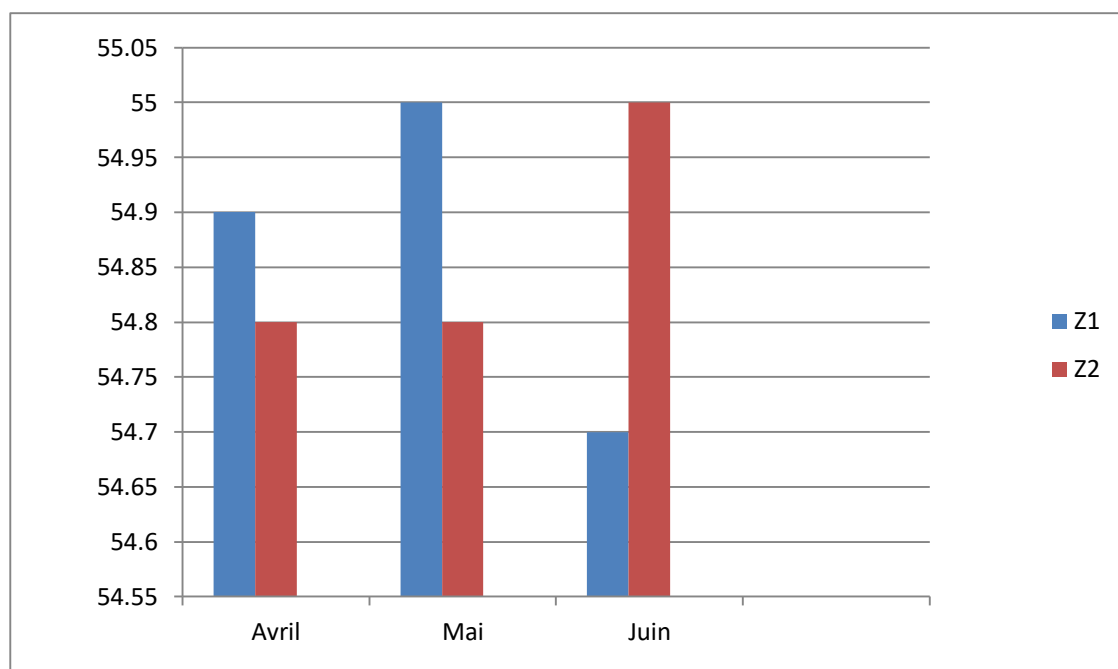
enregistre des températures maximales chiffrant des valeurs de 24.9°C en Z1 et 24.6°C en Z2.

Cet écart des résultats entre nos deux zones Z1 et Z2 au niveau de chaque mois s'explique par le réchauffement de la couche superficielle de l'eau dû au rayonnement du soleil et la température de l'air.

Toute aussi bien cette variation des teneurs mensuelles s'explique par la période estivale et la hausse de température de l'air qui influence la colle supérieure de l'eau en la réchauffant.

Les teneurs de la température mesurée au niveau de nos deux stations et durant les trois mois d'étude sont inférieurs à 25°C confirment que ce paramètre respecte les normes (RODIER, 2009).

#### 4.2 Conductivité (CE)



**Figure 25 :** variations de la conductivité de l'eau de mer en (ms/cm) pour les mois Avril, Mai et Juin.

Les variations de la conductivité au niveau de nos deux stations sont représentées par la figure 25.

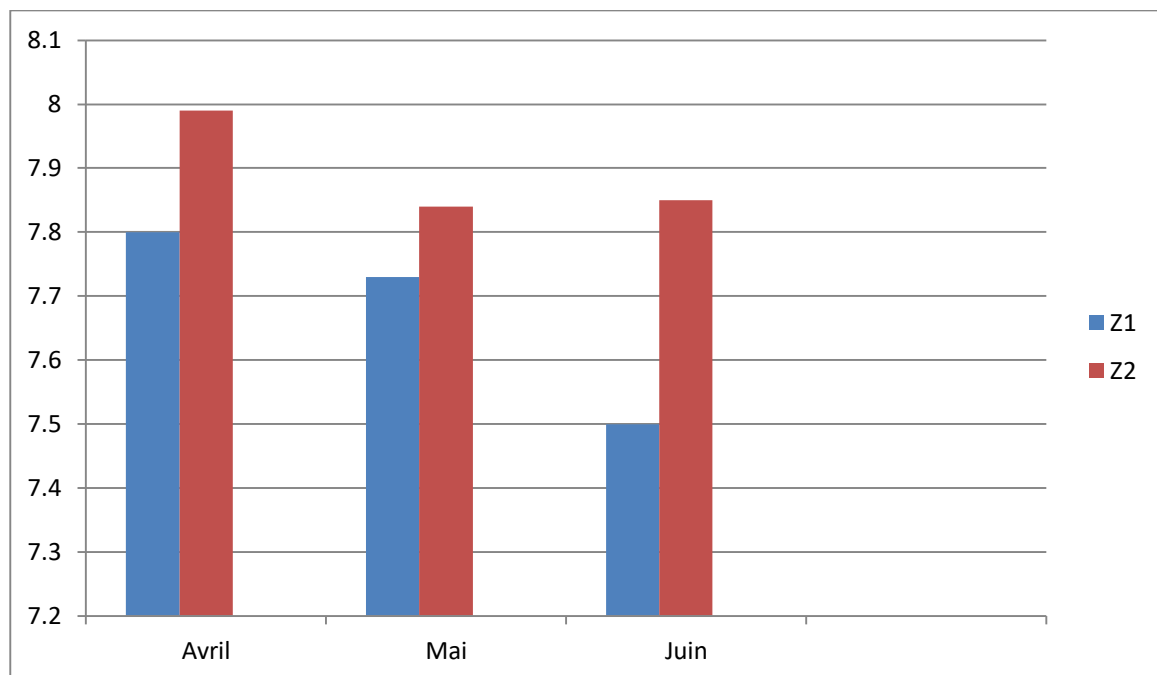
Les différentes concentrations varient entre 54.7 ms/cm et 55 ms/cm, toutes les variations enregistrées durant les trois mois au niveau Z1 et Z2 sont inférieure à la norme 56 ms/cm, de ce fait, nos résultats corroborent aux normes.

La valeur la plus faible est de 54.7 ms/cm relevé au niveau de la Z1 durant le mois de Juin et la plus élevée est de 55 ms/cm au niveau de la Z2 pendant le mois de Juin et au niveau de Z1 au mois de Mai.

Les valeurs moyennes 54.8 ms/cm à la Z2 au mois Avril et Mai et mesure 54.9 ms/cm à la Z1 au moi Avril.

D'après ces résultats, l'augmentation de la conductivité d'une solution est due à la forte concentration en sels tel que les chlorures (RODIER, 2009) ce qui confirme nettement l'affectation de notre deuxième station à savoir Sonacter par les différents rejets de la station de dessalement

### 4.3 Le potentiel hydrogène (PH)



**Figure 26 :** variations de PH de l'eau de mer durant les mois d'échantillonnage.

Les résultats sont illustrés par la figure 26, les teneurs montrent des pH très distincts au niveau des deux sites Z1 et Z2 durant trois mois.

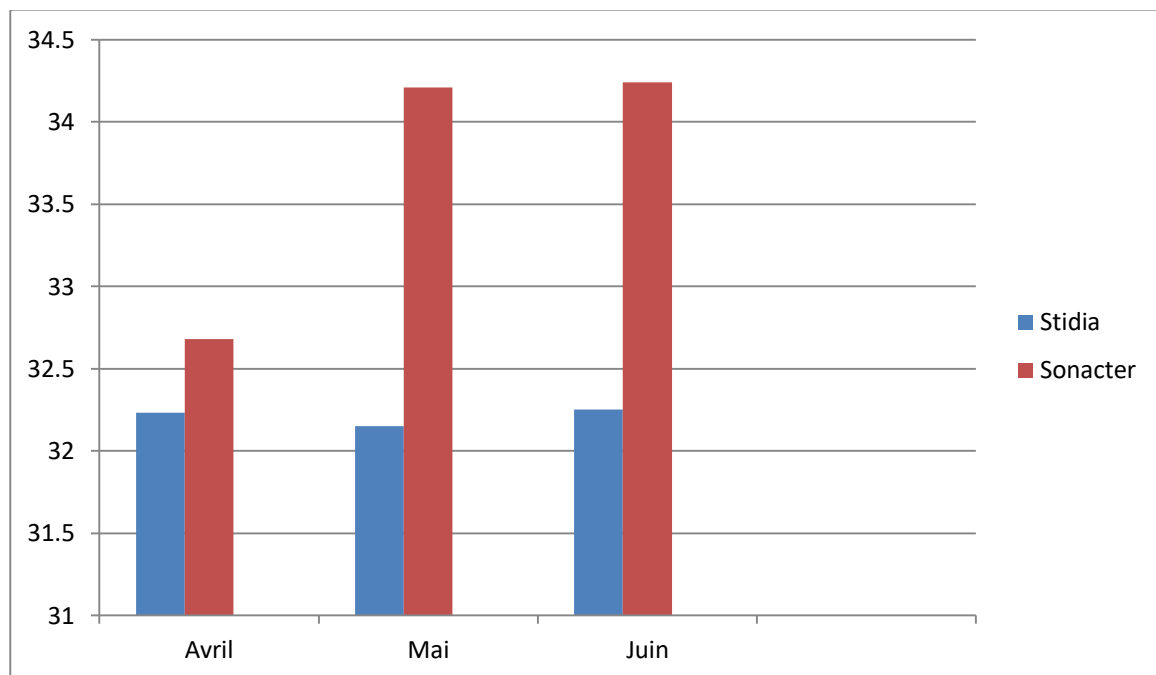
Le pH au niveau de Stidia Z1 varie entre 7,50-7.80 d'Avril à Juin ; alors qu'au niveau du site de Sonacter Z2, le PH s'oscille entre 7.84-7.99 d'Avril à Juin marquant une teneur maximale en Juin.

Ces teneurs du pH relevées au niveau des deux sites reste dans les normes 7.5- 8.4 (Viviane, 2003). Les résultats respecte les normes.

Ces différentes variations mensuelles du PH ont plusieurs causes entre autres le changement climatique surtout la pluviométrie qui a un effet considérable sur certains éléments de l'eau de mer, ce qui modifie légèrement le pH.

Cela dit, la teneur maximale enregistrée en Juin au niveau de Sonacter est due à l'impact des rejets de saumure.

#### 4.4 Salinité (S)



**Figure 27** : variations de la salinité de l'eau de mer en (‰) pour les mois Avril, Mai et Juin

Le graphe illustré par la figure 27 présente les variations mensuelles de la salinité.

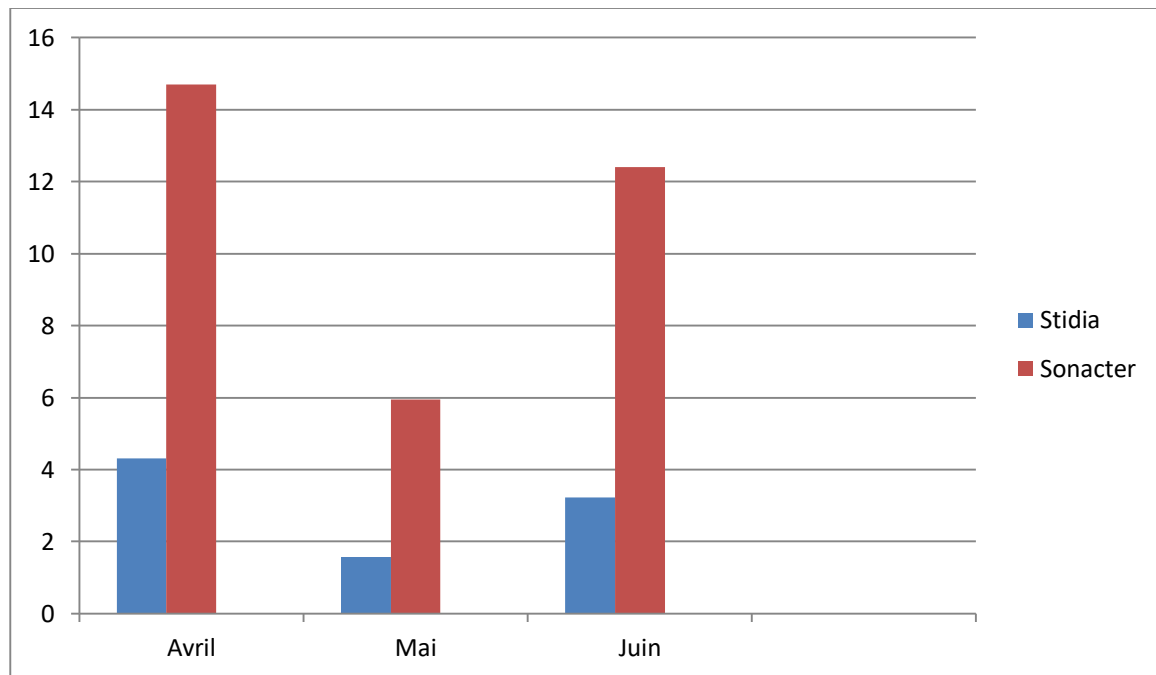
On relève alors que les teneurs mensuelles en salinité au niveau de Stidia Z1 présentent des variations plus au moins stables et s'oscillent entre 32.15‰ - 32.25‰.

Alors qu'au niveau de la deuxième station à savoir Sonacter Z2, les teneurs de la salinité varient largement entre 32.68‰ - 34.24‰ (variation importante), Ces valeurs sont inférieures à la salinité des eaux de la Méditerranée, qui avoisine 37‰.

Ce qui peut être interprété l'augmentation de la salinité à la Z2 par le mélange de la structure l'eau de mer et la saumure rejeter par la station de dessalement.

Ces rejet sont provoqué une augmentation de la salinité de la mer, et donc un pourcentage élevé a été enregistré à Sonectar par rapport à Stida.

#### 4.5 Turbidité (T)

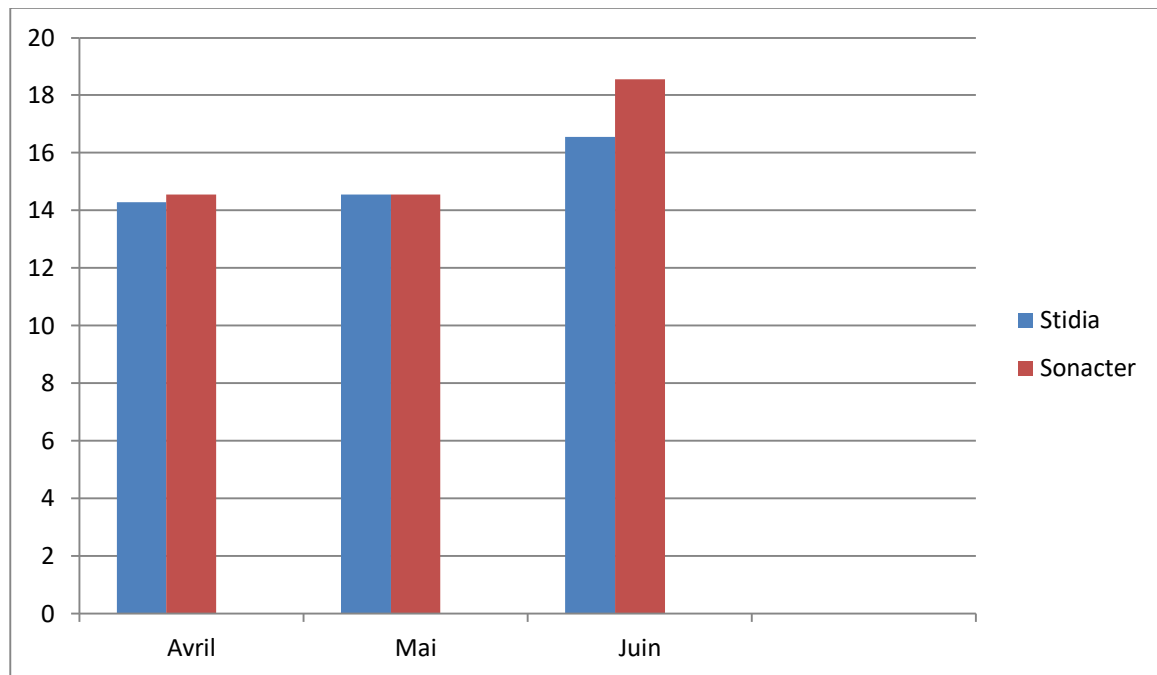


**Figure 28 :** variations de la turbidité de l'eau de mer en (Ntu) pour les mois Avril, Mai et Juin

Le graphe illustré par la figure 28 montre les variations mensuelles de la turbidité ; On relève que les valeurs les plus élevées de la turbidité caractérisent le site de Sonacter Z2 et oscillent entre "5.94Ntu - 14.7Ntu" alors que le site de Stidia Z1 présente des teneurs entre "1.58Ntu - 4.31"Ntu. Ces résultats correspondent les normes de station dessalement de Sonacter entre « 2Ntu – 20Ntu ».

L'augmentation de la turbidité de l'eau de mer au niveau de "Z2" est très significative à celle de l'eau de mer au niveau de "Z1", cela est due à la présence des matières en suspension en forte concentration probablement à cause de la transformation de cette zone en un lieu industriel notamment la station de dessalement.

#### 4.6 Titres alcalimétrique (TAC)



**Figure 29** : variations mensuelles de TAC de l'eau de mer en (F°)

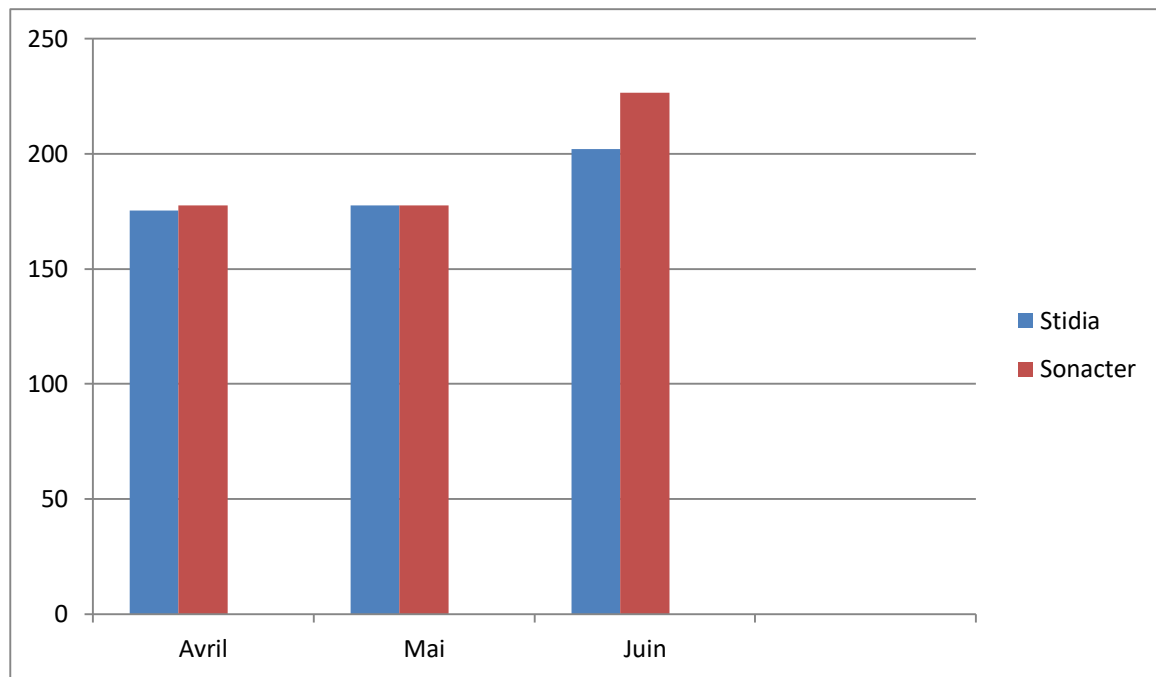
La figure 29 présente les variations mensuelles du titre alcalimétrique (TAC) au niveau des deux sites d'étude

On relève que les teneurs des deux mois Avril et Mai s'oscillent entre "14.28F° - 14.56F°" au niveau des deux zones, cela dit, le mois de Juin s'affiche avec des concentrations plus importantes à savoir "14.56 F°" ; pour les sites Stidia Z1 et Sonacter Z2 respectivement.

Le TAC mesure la concentration en minéraux, à savoir les bicarbonates ou hydrogénocarbonates. Si ces minéraux sont aussi importants et doivent être mesurés et ajustés, c'est parce qu'ils neutralisent à la fois les acides et les bases contenus dans l'eau.

Le TAC et le PH, car les deux sont étroitement liés et qu'ils sont indispensables pour maintenir l'équilibre de l'eau. L'augmentation de TAC à cause d'augmentation le PH, car lorsque l'un de ces paramètres varie, l'autre varie également.

#### 4.7 Bicarbonate ( $HCO_3^-$ )



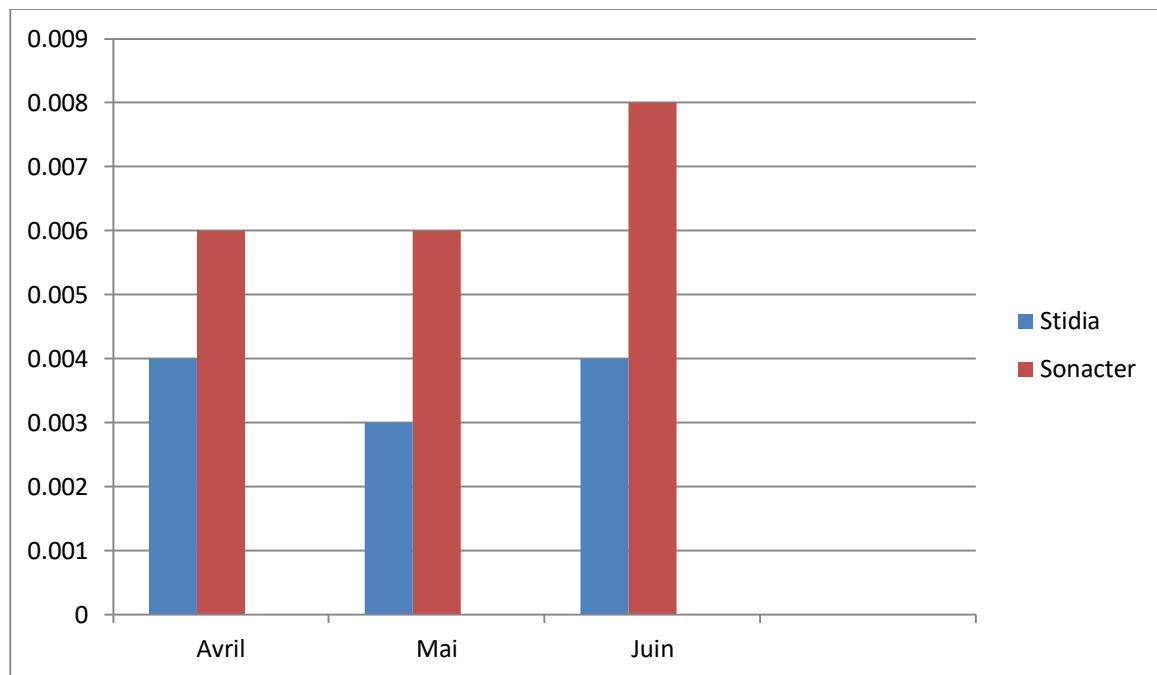
**Figure 30 :** variations mensuelles de bicarbonate de l'eau de mer en (mg de  $CaCO_3$ )

Les fluctuations des teneurs mensuelles en bicarbonate sont illustrées par la figure 30 ; on relève alors que les variations varient entre 175.358mg/l de  $CaCO_3$  à 226.432mg/l de  $CaCO_3$ .

Les valeurs les plus basses sont observées en mois d'Avril et Mai au niveau des deux zones et qui avoisinent 175.358mg/l de  $CaCO_3$ , cependant des teneurs maximales sont enregistrées durant le mois de Juin avec 202.032mg/l et 226.432mg/l de  $CaCO_3$  au niveau StidiaZ1 et Sonacter Z2 respectivement.

Lorsque la concentration de Ca et de Mg décroît, en comparaison la teneur sodium et l'indice SAR deviennent plus importants. Ceci causera un effet d'alcalisation et augmentera le pH. Par conséquent, lorsqu'une analyse d'eau indique un pH élevé, ce peut être un signe d'une teneur élevée en ions carbonate et bicarbonate. et pour les variations du bicarbonate ( $CaCO_3$ ) au niveau des deux sites d'étude entre 175.358mg/l de  $CaCO_3$  à 226.432mg/l de  $CaCO_3$ . On peut expliquer un pH élevé donc teneur élevée en ions bicarbonate.

#### 4.8 Nitrite (NO<sub>2</sub>-)



**Figure 31** : variations mensuelles de nitrite de l'eau de mer en (mg/l)

La figure 31 illustre les variations mensuelles des teneurs en nitrites au niveau de nos deux zones d'études.

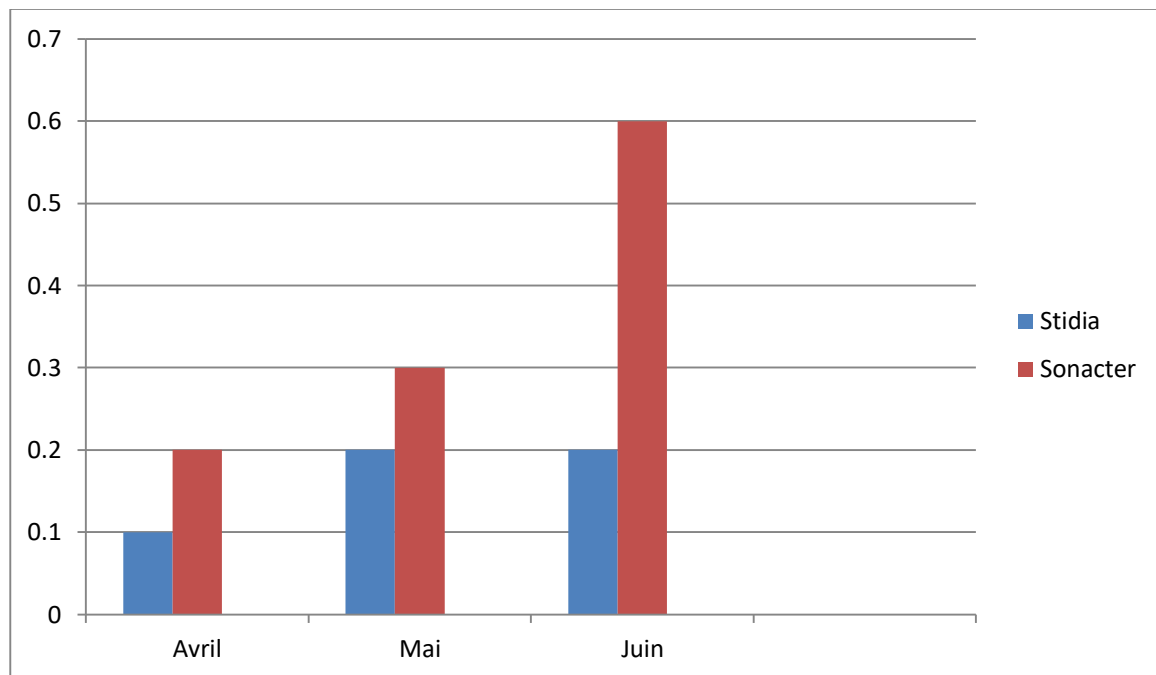
On remarque du graphe que les teneurs en nitrite sont largement plus importantes et élevées au niveau de Sonacter Z2 surtout en mois Juin marquant un taux de 0.008mg/l, alors qu'en Avril et Mai la teneur est plus stabilisée équivalent 0.006mg/l.

Par contre, les teneurs en nitrites au niveau de Stidia Z1 sont moins importantes, et plus au moins varient moyennement entre 0.003 mg/l et 0.004mg/l, marquant la teneur la plus importante de 0.004mg/l en Avril et Juin alors que la plus faible spécifie le mois de Mai avec 0.003mg/l.

Augmentation la concentration de nitrite s'explique une prolifération d'algue et de phytoplanctons.



#### 4.19 Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)



**Figure 32** : variations mensuelles de nitrate de l'eau de mer en (mg/l)

Les différentes teneurs obtenues sont enregistrées et illustrées par la figure 32, on remarque alors que les valeurs s'oscillent entre 0.1 mg/l - 0.6 mg/l

On relève que le mois d'Avril s'affiche avec les concentrations les plus basses, avec 0.1 mg/l au niveau de StidiaZ1 et 0.2 mg/l au niveau de SonacterZ2.

Les teneurs évoluent graduellement en Mai et Juin, ces concentrations restent stables au niveau de Stidia marquant une teneur de 0.2 mg/l, alors qu'elle augmente au niveau de Sonacter avec 0.3 mg/l en Mai et une teneur maximale en Juin affichant 0.6 mg/l.

Les teneurs de nitrates sont remarquables au niveau de Z2 à cause de la reproduction des algues et de phytoplanctons.

Les teneurs en nitrates de l'eau de mer des deux sites sont inférieures à la norme 25mg/l.

#### Discussion générale

D'après les résultats de notre étude, on peut conclure que :

- La température de l'eau de mer des deux sites entre 19°C à 24.9°C pendant Avril et Mai et Juin est inférieure à la norme (25°C).

Ces différences sont dû au changement climatique mais tout aussi bien des caractéristiques des eaux saumâtres rejeté par la station de dessalement

La hausse de la température en milieu biologique naturel accélère le processus d'acidification comme elle peut freiner la vie aquatique et beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique verront leurs activités vitales ralenties. La température élevée s'accompagne d'une modification de la densité d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation) une diminution de la solubilité des gaz (O<sub>2</sub>) et la prolifération intense des algues.

- La conductivité de l'eau de mer varie entre 54.7 ms/cm et 55 ms/cm.

Toutes les variations enregistrées durant les trois mois au niveau Z1 et Z2 sont inférieure à la norme 56 ms/cm, de ce fait, nos résultats corroborent aux normes. L'augmentation de la conductivité due à la forte concentration en sels tel que les chlorures.

- Le pH au niveau de Stidia Z1 et Sonacter Z2 varie entre 7,50-7.99 d'Avril à Juin.

Ces teneurs du pH relevées au niveau des deux sites reste dans les normes 7.5- 8.4 et indique un PH alcalin impliquant la présence de microorganismes et d'éléments d'origine naturelle en provenance des roches, des sols.

Une valeur très forte en salinité est due à l'impact des rejets de saumure. La saumure chargée de fortes concentrations de sels, lorsqu'elle est combinée avec de l'eau de mer, forme un milieu plus acide pour la zone de Stidia.

- La salinité au niveau de stidia frôle entre 32.15‰ - 32.25‰ est plus ou moins stable par rapport au niveau de Sonacter au niveau de la qu'elle varie largement entre 32.68‰ - 34.24‰ (variation importante).

Ces valeurs sont inférieures à la salinité des eaux de la Méditerranée, qui avoisine 37‰, ce qui peut être interprété par l'augmentation de la salinité à la Z2 par le mélange de la structure l'eau de mer et la saumure rejeter par la station de dessalement. Cela est dû à la présence des matières en suspension en forte concentration probablement à cause de la transformation de cette zone en un lieu industriel notamment la station de dessalement.

- Pour la Turbidité aussi très variée entre nos zones Z1 et Z2.

Les résultats varient entre "5.94Ntu - 14.7Ntu" correspondent aux normes «2Ntu – 20Ntu ». L'augmentation de la turbidité de l'eau de mer au niveau de "Z2" est très significative par rapport au niveau de Z1 cela est due à la présence des matières en

suspension en forte concentration probablement à cause de la transformation de cette zone en un lieu industriel notamment la station de dessalement.

- Les variations du titre alcalimétrique (TAC) au niveau des deux sites d'étude s'échelonnent entre 14.28F° à 14.56F°.

La variation de TAC est liée avec la variation du PH et lorsque l'un de ces paramètres varie, l'autre varie également.

- La variation de nitrite entre 0.003 mg/l - 0.006 mg/l dans deux stations pendant trois mois.

L'augmentation de la concentration de nitrite s'explique une prolifération d'algue et de phytoplanctons. Pour le nitrate on remarque alors que les valeurs s'oscillent entre 0.1 mg/l - 0.6 mg/l ; Les teneurs de nitrates sont remarquables au niveau de Z2 à cause de la reproduction des algues et de phytoplanctons. Ces résultats restent inférieurs à la norme 25mg/l.

**CONCLUSION**

**GENERALE**

## Conclusion générale

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de mer se modifient pendant le dessalement en fonction des méthodes de prétraitement et des procédés de dessalement. Le procédé utilisé a une grande influence sur la salinité des effluents, qui est habituellement plus élevée dans la saumure OI, alors qu'une température élevée caractérise les effluents de distillation.

Outre les produits chimiques de prétraitement, on peut trouver de temps à autre dans les effluents des solutions de lavage, qui sont mélangées à la saumure. Chaque effluent a des propriétés qui peuvent se traduire par des impacts sur le milieu marin, et le rejet des effluents combinés peut avoir des effets cumulatifs ou synergiques.

Le rejet des saumures résultant du dessalement de l'eau marine de Sonacter s'effectue dans la mer au moyen d'un émissaire sous-marin, les résultats de l'étude montrent que l'eau de Mer échantillonnée à la plage de Sonacter est affectée par les déversements des Saumures de la station de dessalement des eaux mers (UTE O&M MTM) ; Ils convient de tenir l'impact des saumures sur l'écosystème marin.

Nous avons essayé d'étudier les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer de deux sites Stidia et Sonacter. Cette étude expérimentale a montré une grande différence dans les teneurs de la salinité entre les eaux de mer de Stidia et Sonacter à cause de grandes quantités des teneurs des sels dans la saumure qui s'effectue dans la mer, on registre une grande différence aussi bien de la turbidité qui est très significative à celle de l'eau de mer Sonacter et Stidia, qui peut être interprété par la présence des matières en suspension et sable en raison de sa transformation zone de Sonacter en zone industrielle. La présence de nitrites et nitrates en quantités remarquable au niveau de Sonacter à causer une prolifération des algues plus importantes par rapport à la plage de Stidia.

Les effets principaux sur la faune et la flore sont principalement à proximité de la décharge et qui sont liés à l'augmentation de la concentration du sel au point de rejet. Ceci peut affecter les organismes benthiques creusés au fond arénacé aussi bien que les organismes planctoniques.

Les instances concernées doivent prendre en charge les problèmes liés aux impacts environnementaux afin de préserver la côte en faisant appliquer de façon très stricte la réglementation en vigueur, il est urgent de faire des constructions de station d'épuration de saumure à côté de station dessalement pour diminuer des effets de saumure sur l'écosystème marins.

Et comme proposition pour une meilleure protection du milieu marin. Il est très nécessaire de diriger la décharge de saumure pour une valorisation industrielle, vers les usines de sel ou de javel. En perspective sur le mode de décharge, pour assurer une meilleure dilution en mer, il serait très intéressant d'installer un diffuseur bien étudié au niveau de point de rejet et qui peut assurer une dilution admissible dans toute éventuelle situation naturelle ou accidentelle défavorable.

**A. BALASUBRAMANIA, Mars 2013:** Department of Studies in Earth Science, University of Mysore, "Seawater and its Properties".

**BEN BOUH, 2000 et OTTMAN ,1965 :** mémoire de master Meryem CHAOUI, master science et technique eau et environnement

**Bleninger ET Jirka, 2010:** Environmental Planning, Prediction and Management of Brine Discharges from Desalination Plants, Final report, MEDREC Project: 07-AS-003, Muscat, Sultanate of Oman

**CCME ,2012 :** CCME nitrate et nitrite – fichiers

**Cooley, H., Gleick, P.H. and Wolff, G; 2006:** Desalination, with a grain of salt. A California Perspective: Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security: Oakland, California.

**Dawoud Mohamed A. and Al Mulla Mohamed M, 2012:** Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study, International Journal of Environment and Sustainability | Vol. 1 No. 3, pp. 22-37.

**El Gourbi, 2020 :** page face book, Plage Sonacter Un autre joyau de Mostaganem étouffé pour longtemps.

**Fernández-Torquemada, Sánchez-Lizaso, 2013 ET UNEP/MAP, 2003:** Effects of salinity on seed germination and early seedling growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanic* (L.) Delile, Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 119, p. 64-70.

**Fernández-Torquemada González-Correa ET Sánchez-Lizaso, 2012:** Echinoderms as indicators of brine discharge impacts, Desalination and Water Treatment 51 (2013) 567–573.

**Jenkins,S.A. and al 2013:** Management of brine discharge to coastal water, recommendations of science advisory panel. Southern California coastal water research project, Tech. Rpt.694

**Hoepner, T. Lattemann, S., 2003:** Chemical impacts from seawater desalination plants: A case study of the northern Red Sea, *Desalination* 152 (2003) 133–140.

**LARHYSS, juin 2010 :** Département des Sciences de l'eau et de l'environnement, Faculté des sciences de l'ingénieur, université Saad Dahlab - Blida, Membre du laboratoire de recherche LARHYSS, L'eau de mer.

**Lattemann et Hoepner, 2003 :** "Seawater Desalination: Impacts of Brine and Chemical Discharge on the Marine Environment", Desalination Publications, L'Aquila, Italy.

**MANDRI, (2011) :** étude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide, Thèse de doctorat de l'université Claude Bernard Lyon.

**MERMOUD, 2006 :** Ingénierie des eaux et du sol, Janvier 2006, cours physique des sols

**Mourad AMITOUCH, 2006 :** MPACTS DES REJETS DES STATIONS DE DESSALEMENT SUR LE MILIEU RECEPTEUR, Université Mohamed Khider – Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie Département : Génie Civil et Hydraulique

**Maurel, 2006 :** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition TEC&DOC286p

**Mabrook, B. 1994:** Environmental impact of waste brine disposal of desalination plants, Red Sea, ÉGYPTE. *Desalination*, Vol. 97, pp.453-465.

**NRC, 2008:** Desalination: A National Perspective, Committee on Advancing Desalination Technology, Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies

**Plan d'action, 1997 :** pour la méditerranée, commission méditerranéenne de développement durable PNUE, Atelier Gestion des demandes en eau Fréjus, 12-13 septembre 1997.



**Plan d'action, 2003** : Réunion des Coordonnateurs nationaux pour le MED POL, San Gemini, Italie, 27 - 30 mai 2003, PNUE, Athènes.

**PNUE, 2001** : dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens : évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure, UNEP (DEC)/MED WG.183/Inf.6, Athènes.

**Rashad. D, 2007**: Desalination Plants: Potential impacts of brine discharge on marine life, Final Project, The University of Sydney, Australia.

**REJESEK, (2002)**, « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.

**Rober Howard BRYNE, 2018** : professeur de recherche en sciences marines, Université de Floride du Sud à St, Seawater.

**Rodier j, Bernard I, Nicole M, 1996**, « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. DUNOD. PARIS.

**RODIER, 2009**, L'analyse de l'eau - 10e édition Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.

**Sadia REMILI et Ahmed KERFOUF, 2013** : « Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien) », Physio-Géo, Volume 7 | -1, 165-182.

**Swift, A.H.P. Lu,H. , 2002**: Zero Discharge Waste Brine Management for Desalination Plants, University of Texas El Paso, El Paso, TX, DRDP. Report No. 89, December 2002.

**Thomas O & Mazas N 1986**, La mesure de la demande chimique en oxygène dans les milieux faiblement pollués. Analyses, 14(6), 300-0

**UNEP/MAP 2003**, dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP Technical Reports Series No. 139, Athens.

**Viviane RENAUDIN, 2003** : Enseignant-chercheur au Département Génie Chimique - Génie des Procédés de l'IUT de Nancy-Brabois (Université de Lorraine), le dessalement de l'eau de mer et eaux saumâtres en 18/11/2003.

**WWF (Le Fonds mondial pour la nature)**, qui a présenté un rapport, en juin 2007, sur cette question "Desalination : option or distraction for a thirsty world ?".

**ZEGHDOUD, (2014)**, L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued

**Annexe 1 : prélèvement des échantillons**



**Annexe 2 : Mesure des échantillons**





## Annexe 3 : les résultats d'analyses

Prélèvement 1

Lieu de prélèvement : l'eau de mer zone de Stidia et Soancter)

Date de prélèvement et d'analyse : Avril 2021

	Les Analyses de l'eau de mer	Zone de Stidia (Z1)	Zone de Sonacter (Z2)
Les paramètres physico-chimiques	température	19.2°	19.9°
	Conductivité	54.9 ms/cm	54.8 ms/cm
	Le potentiel hydrogène PH	7.80	7.99
	Turbidité	4.31 Ntu	14.7 Ntu
	Salinité	32.23 ‰	32.68 ‰
Minéralisation globales	Titres alcalimétrique TAC	14.28 F°	14.56 F°
	Bicarbonate HCO <sub>3</sub> = TAC * 12.2	175.358 mg/l de caco <sub>3</sub>	177.623 mg/l de caco <sub>3</sub>
Paramètre de pollution	Nitrite	0.004 mg/l	0.006 mg/l
	Nitrate	0.1 mg/l	0.2 mg/l

**Prélèvement 2**

Lieu de prélèvement : plage de Stidia et Sonacter

Date de prélèvement et d'analyse : Mai 2021

	Les Analyses de l'eau de mer	Zone de Stidia (Z1)	Zone de Sonacter (Z2)
Les paramètres physico-chimiques	température	19°C	22°C
	Conductivité	55 ms/cm	54.8 ms/cm
	Le potentiel hydrogène PH	7.73	7.84
	Turbidité	1.58 Ntu	5.94 Ntu
	Salinité	32.15 ‰	34.21 ‰
Minéralisation globales	Titres alcalimétrique TAC	14.56 F°	14.56 F°
	Bicarbonate HCO <sub>3</sub> = TAC * 12.2	177.632 mg/l de caco <sub>3</sub>	177.632 mg/l de caco <sub>3</sub>
Les Paramètres de pollution	Nitrite	0.003 mg/l	0.006 mg/l
	Nitrate	0.2 mg/l	0.3 mg/l

**Prélèvement 3**

Lieu de prélèvement : plage de Stidia et Sonacter

Date de prélèvement et d'analyse : Juin 2021

	Les Analyses de l'eau de mer	Zone de Stidia (Z1)	Zone de Sonacter (Z2)
Les paramètres physico-chimiques	température	24.9°C	24.6°C
	Conductivité	54.7 ms/cm	55 ms/cm
	Le potentiel hydrogène PH	7.50	7.85
	Turbidité	3.23 Ntu	12.4 Ntu
	Salinité	32.25 ‰	34.24 ‰
Minéralisation globales	Titres alcalimétrique TAC	16.56 F°	18.56 F°
	Bicarbonate HCO <sub>3</sub> = TAC * 12.2	202.032 mg/l de caco <sub>3</sub>	226.432 mg/l de caco <sub>3</sub>
Les Paramètres de pollution	Nitrite	0.004 mg/l	0.008 mg/l
	Nitrate	0.2 mg/l	0.6 mg/l