



Department of Process Engineering

The Date

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق

التاريخ :

رقم : ..... / ج.م.ك.ع.ت//2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DEMASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie des procédés**

**Option: Génie des procédés de l'environnement**

### **Thème**

**Effet de quelques paramètres chimiques sur la corrosion de  
l'acier : cas de l'eau dessalée et l'eau de surface**

Présenté par

1-CHAMOUMA SOUAD

2-BENDAIDJ AMEL

Soutenu le 22/06/ 2023 devant le jury composé de :

Président :	TERMOUL MOURAD	Grade MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	KHELLADI MALIKA	Grade MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	DRIOUCH AOUATEF	Grade MCA	Université de Mostaganem
Co-rapporteur :	ZIAT SIDAHMED	Doctorant	Université de Mostaganem

## ***Remerciements***

Avant tout, nous remercions Allah Tout-Puissant de nous avoir données le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Tout d'abord, Nous remercions Directeur de laboratoire Valorisation des matériaux Pr A.Bentouhami, pour nous avoir accueilli au sein de son laboratoire.

Nous tenons également à remercier les responsables de l'entreprise SEOR de nous avoir acceptées pour menons à bien ce projet de fin d'étude.

Nous remercions Tous les travailleurs et responsables du CTH (Organisme national de contrôle technique des ouvrages hydrauliques).

Nous exprimons nos sincères gratitudees à notre encadrante Dr Driouch Aouatef pour nous avoir encadré, nous la remercions pour l'enseignement qu'elle nous a donné ; pour son soutien et sa confiance.

Un grand remerciement est également adressé à notre Co-encadrant Monsieur Ziat Sidahmed, qui nous a suivi tout au long de cette période ou il nous a guidé avec ses conseils, nous ne pouvons pas exprimer à quel point nous sommes reconnaissantes pour son aide, son soutien et ses encouragements.

Nos remerciements à Mr TERMOUL MOURAD d'avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements à Mme KHELLADI MALIKA qui a pris la peine d'examiner ce modeste travail.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants du département de génie des procédés, qui ont fait de leur mieux pour nous guider au cours de ces dernières années.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé et aidé à notre formation dans cette filière.

## *Dédicace*

*Tout d'abord, Dieu merci qui m'a aidée à réaliser ce modeste travail.*

*Avec tous mes sentiments de respect, et tous mes reconnaissances, je dédie ma remise de diplôme et ma joie à mon support qui était toujours à mes cotés pour son soutien et ses encouragements.*

*A mon prince papa « LAID »*

*A mon paradis, à la prunelle de mes yeux à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui a allumé mon chemin, ma moitié,*

*A Maman « ZOULIKHA ».*

*A mes sœurs : Nesrine, Wafae, Malak Aya, Ines, AlaeNorhan*

*A mon frère unique : Mohamed*

*A toute la famille Chamouma et Hamida*

*Ma chère amie: Kharbouche Wissam Amina*

*Sans oublier mon binôme Amel pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

*A tous mes collègues de promotion de 2<sup>ème</sup> année master génie des procédés de l'environnement*

*Atout ce qui ont participé à ma réussite et à tous ceux qui m'aiment.*

*Souad*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce mémoire*

***A la mémoire de mon très cher père ‘ Ahmed ‘***

*Pour toi mon cher papa ; je ne voulais que te voir assister au grand jour, le jour où tu pourrais m’affirmer que tu es fier de moi, pour me soutenir, m’encourager et me guider. Tu as toujours été là pour moi. Je ferai tout ce qui est de mon pouvoir pour réaliser ton rêve, de me voir réussir.*

*Que dieu ait ton âme.*

***A ma très chère mère ‘ Fouzia ‘***

*Ma très chère adorée, rien au monde ne pourrait t’exprimer l’amour et le respect que j’ai pour toi .tu es ma raison d’être, ma source d’inspiration, mon exemple de patience, de sagesse et de dévouement. Quoi que je fasse ou que je dise je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence a mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

***A Mes sœurs ‘Hadjira ,Esma , Assia , Bouchra ‘***

*Les personnes les plus proches de mon cœur, je vous dédie ce travail et je vous remercie pour vos encouragements. Que Dieu vous garde et vous préserve.*

***A la mémoire de ma grande mère Aziza***

***A Toute ma famille***

*J’espère que mon travail sera à la hauteur de vous attentes*

*Sans oublier mes nièces et mes neveux ‘ Ibtihel ,Dallel ,Tessnim , Hichem et Iyed’*

***A tous mes ami(e) s et a tout ceux que j’aime***

*‘ Abdeldjallil et Souad ‘ merci d’être là pour moi.*

***Amel***

## خلاصة

يهدف هذا البحث إلى تحديد طبيعة التآكل وعيّنات مياهه في ولاية مستغانم، وهما تحلية المياه من محطة سوناكتر، وكذلك المياه السطحية من محطة المعالجة من سيديلحجل. أولاً، تم تحديد المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه. ثم اختبر نوع المياه على مسامير فلاديتو هيمو ادتستد في التريبالد اخليلشبكة المياه الشرب. بعد ذلك، قمنا بإجراء تعديلات على ثلاث معلمات فيزيائية كيميائية شائعة الاستخدام في مؤشر التلوث والتآكل، من أجل تقييم تأثيرها. يتم تقدير تآكل المعدن بناءً على كثافة اللون، والتي يتم قياسها باستخدام مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية بطول موجة معيناً وضحنا النتائج المتحصلة عليها أن المياه المحلنة كانت لها تأثير أكالة أكثر وضوحاً من المياه السطحية المعالجة. تم تحديد الأس الهيدروجيني باعتبارها العامل الأكثر تأثيراً في تقليل التآكل وإيقافه تماماً للكلالنو عينات المياه. علاوة على ذلك، أظهر الكالسيوم تأثيراً مثبطاً كبيراً على من أيونات البيركربونات. مصادر المياه، المياه المحلاة، المياه السطحية، التآكل، الفولاذ: الكلمات المفتاحية

## Abstract

This research work aims to determine the corrosive nature of two types of supply water in the wilaya of Mostaganem, namely desalination water from the Sonachter station, as well as surface water from the treatment station from the Sidi Lahdjel (MAO project, SEOR).

Firstly, the physico-chemical parameters of the two waters were determined. Then, the both types of water were tested on steel nails, which are materials used in the interior composition of drinking water networks. Subsequently, we made modifications to three frequently used physico-chemical parameters in saturation and corrosion indices, in order to assess their impact. The corrosion of metal is estimated based on the intensity of color, which was measured using a UV spectrophotometer at 400 nm as a specific wavelength.

The obtained results revealed that the desalinated water had a more pronounced corrosive effect than the treated surface water. The pH was identified as the most influential parameter in reducing and completely stopping corrosion for both types of water. Moreover, calcium showed a more significant inhibitory effect than bicarbonate ions.

Keywords: water resource, desalinated water, surface water, corrosion, steel.

## Résumé

Ce travail de recherche vise à déterminer le caractère corrosif de deux types d'eau de distribution dans la wilaya de Mostaganem, à savoir l'eau de dessalement provenant de la station de Sonachter, ainsi que les eaux de surface provenant de la station de traitement de Sidi Lahdjel (projet MAO, SEOR).

En premier temps, les paramètres physico-chimiques des deux eaux ont été déterminés. Ensuite, les deux types d'eaux ont été testés sur des clous en acier, un matériau qui rentre dans la composition intérieure des réseaux d'eau potable. Par la suite, nous avons procédé à des modifications sur trois paramètres physico-chimiques fréquemment utilisés dans les indices de saturation et de corrosion, afin d'évaluer leur impact. La corrosion du métal est estimée à l'intensité de la couleur. Cette dernière a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV sur une longueur d'onde de 400 nm.

Les résultats obtenus ont révélé que les eaux dessalées présentaient un effet corrosif plus prononcé que les eaux traitées de surface. Le pH a été identifié comme le paramètre le plus déterminant pour réduire et arrêter complètement la corrosion, pour les deux types d'eau. De plus, le calcium a montré un effet inhibiteur plus significatif que les ions bicarbonates.

Mots clés : ressource en eau, eau dessalée, eau de surface, corrosion, acier.

# Liste des figures

**Figure 01 :** Carte administrative de la wilaya de Mostaganem.

**Figure 02 :** Limites géographiques de la wilaya de Mostaganem.

**Figure 03:** Barrage de Kramis (wilaya de Mostaganem)

**Figure 04 :** Barrage prise cheliff

**Figure 05:** Barrage réservoir de kerrada

**Figure 06:** Localisation des barrages et la STT des eaux du barrage Gargar

**Figure 07:** Une vue générale de l'usine de dessalement de Mostaganem

**Figure 08 :** Nature des paramètres la corrosion

**Figure 09 :** Flacon en verre transparent

**Figure10 :** Spectrophotomètre UV (DR 5000)

**Figure11 :** Mesure du pH

**Figure12 :** Conductimètre WTW 3110

**Figure13 :** Corrosion de l'acier en fonction du pH (Cas des eaux dessalées)

**Figure14 :** Corrosion de l'acier en fonction du pH (Cas des eaux de surfaces)

**Figure15 :** Evolution de la couleur en fonction du pH

**Figure16:** Evolution une couleur en fonction du TAC (Cas des eaux dessalées)

**Figure17 :** Corrosion de l'acier en fonction du TAC (Cas des eaux de surfaces)

**Figure18 :** Variation de la couleur en fonction du TAC

**Figure19 :** Corrosion de l'acier en fonction des ions de calcium (Cas des eaux dessalées)

**Figure20 :** Corrosion de l'acier en fonction des ions de calcium (Cas des eaux de surfaces)

**Figure 21 :** Variation de la couleur en fonction des ions de calcium (cas des eaux de surfaces)

# Liste des tableaux

- Tableau 01** : Quelques caractéristiques géographiques de Mostaganem (page 6)
- Tableau 02** : Caractéristiques du barrage Kramis (page 7)
- Tableau 03** : Caractéristiques du Barrage de Kerrada (page 9)
- Tableau 04** : Caractéristiques du barrage Gargar (page 10)
- Tableau 05** : Le volume global des eaux usées de la wilaya de Mostaganem (page 13)
- Tableau 06** : Influence de différents facteurs sur la corrosion des métaux (page 16)
- Tableau 07** : Résultats d'analyses physico-chimiques (page 26)
- Tableau 08** : Evolution de la couleur en fonction du pH (page 28)
- Tableau 09** : Evolution de la couleur en fonction du TAC (page 30)
- Tableau 10** : Evolution de la couleur en fonction des ions calcium (cas des eaux dessalées) (page 32)



## Liste des Abréviations

**M.A.O** : Mostaganem, Arzew et Oran

**STEP** : station de traitement d'épuration des eaux usées.

**ADE**: Algérienne des Eaux

**TA** : Titre alcalimétrique

**TAC** : Titre alcalinité complet

**TH** : Titre hydrotimétrique

**TDS** : Taux des sels dessous

**EDTA** : Ethyle-Diamine-Tétra-Acétique

**pH** : Potentiel d'hydrogène

## Les unités

**%** : Pourcentage.

**Km** : kilomètre

**m** : mètre

**m<sup>2</sup>** : mètre carré

**m<sup>3</sup>** : mètre cube

**hm<sup>3</sup>** : hectomètre cube

**m<sup>3</sup>/j** : mètre cube par jour

**L** : litre

**mL** : millilitre

**L/s** : litre par seconde

**g/L** : gramme par litre

**mg/L** : milligramme par litre

**mol/L** : mole par litre

**°C** : degré Celsius

**°Cl** : degré en chlore

**°F** : degré français

**NTU** : Nephelometric Turbidity Unit

**P- Co** : Platino-Cobalt

**µs/cm** : micro-siéemens par centimètre

# Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
ملخص	
Abstract	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Les unités	
Introduction générale	1
<b>CHAPITRE I: Synthèse bibliographique</b>	
I.2 La zone d'étude (Mostaganem)	3
I.2.1 Situation géographique	3
I.3. Les ressources en eau de la Wilaya de Mostaganem	4
I.3.1. Ressources conventionnelles (Ressources superficielles)	4
I.3.1.1. Barrages	4
A. Barrage du Kramis	4
B. Barrage prise Cheliff	5
C. Barrage Kerrada	6
D. Barrage Gargar	7
I.3.1. 2. Petits barrages et retenues collinaires	8
I.3.1.3. Eaux souterraines	8
I.4. Ressources non conventionnelles	8
I.4.1. Eaux de dessalement	8
I.4.2. Eaux usées épurées	9
I.5. Corrosion	10
I.6. Origine de la corrosion	11
I.7. Différentes formes de la corrosion	12
A. Corrosion chimique (sèche)	12
B. Corrosion biochimique (bactérienne)	12
C. Corrosion électrochimique (humide)	13
I.8. Facteurs de la corrosion	13
<b>CHAPITRE II: Partie expérimentale</b>	
II.1. Introduction	14
II.2. Présentation et préparation des échantillons	15
II.3. Prélèvements et transport des échantillons	16
II.4. Détermination des paramètres physico-chimiques	17
II.4.1. Détermination de la couleur	17
II.4.2. Le pH	18

II.4.3.La Conductivité	18
II.4.4.Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA	19
II.4.5.Détermination de la concentration en calcium (méthode titrimétrique de l'EDTA).	20
II.4.6.Méthode titrimétrique de dosage du TAC	21
II.4.7.Détermination des chlorures par la méthode de Mohr	21
II.5.Résultats et discussions	22
II.5.1.Paramètres physicochimiques	22
Conclusion générale	23
Références	

# **Introduction**

## **Introduction générale**

De nos jours l'eau demeure plus que jamais l'élément indispensable au développement de la vie humaine ainsi que celle de la faune et de la flore. L'eau joue un rôle déterminant et structurant dans la vie des habitants, dans le développement économique et dans la survie des écosystèmes naturels. Les différents usages de l'eau influent sur la disponibilité de la ressource. Du point de vue de la quantité et de la qualité, tout le monde reconnaît que l'eau est devenue rare et doit être exploitée à bon escient dans une perspective d'une gestion durable. De nos jours, la politique de l'eau se fonde sur le principe de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE).

En Algérie, Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales du pays. Les ressources d'eau sont classées en deux catégories : conventionnel (eaux de surface et souterraine) et non conventionnel (eau dessalée).

Pour Mostaganem les ressources en eaux sont limitées actuellement à trois barrages : Kramis Chellif, Karrada et le barrage de Gargar situé dans la wilaya de Relizane. L'eau potable requiert un traitement, des suivis et des analyses. Elle exige également un entretien sérieux des conduites et des équipements de production et de distribution. L'eau potable est transportée dans des canalisations fermées et généralement enterrées. Avec le vieillissement - lié aux caractéristiques des canalisations et de leur environnement -, les performances hydrauliques et la qualité d'eau diminuent, les pertes d'eau et les casses augmentent et peuvent provoquer des dégâts importants. Les fuites sont causées généralement par la rupture des canalisations, phénomène assez fréquent en milieu urbain, s'amorcent sur un défaut dû à la corrosion ou autres.

Notre travail s'inscrit dans la préservation de ces ressources précieuses et de limiter la corrosion des canalisations en acier. Deux eaux ont été choisies : l'eau dessalée et de l'eau de surface, leurs paramètres physicochimiques déterminés

L'objectif de ce travail est déterminé l'influence des facteurs tels que la composition chimique de l'eau, pH, TAC et le calcium sur le processus de corrosion de l'acier. Ce travail cherche à fournir une compréhension approfondie des mécanismes de corrosion de l'acier dans différents environnements, en mettant l'accent sur l'identification des facteurs clés qui accélèrent ou inhibent la corrosion. Les résultats obtenus permettront de formuler des

recommandations et des stratégies de prévention de la corrosion, contribuant ainsi à améliorer la durabilité et la performance des structures en acier dans l'usage domestique ou industriel.

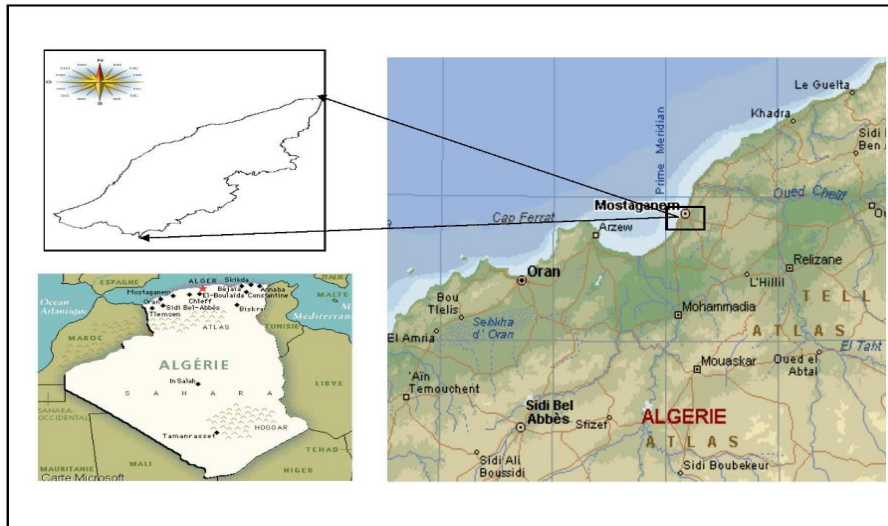
# **Chapitre I**

## **Recherche**

### **Bibliographique**







**Figure 02 :** Limites géographiques de la wilaya de Mostaganem.

Dans le tableau N°01 sont présentées quelques caractéristiques géographiques de la wilaya de Mostaganem [2].

**Tableau 01 :** Quelques caractéristiques géographiques de Mostaganem

Population	921 800 habitants (2020)
Densité	335 hab. /km <sup>2</sup>
Coordonnées géographiques	35° 562003 nord, 0° 052003 est
Altitude	104 m
Superficie	2 269 Km <sup>2</sup>
Agglomération urbaine	399 740 habitants
Agglomération rurale	477 710 habitants au nombre de 590 Douars.
Pluviométrie moyenne	350 et 500 mm/an

### I.3. Les ressources en eau de la Wilaya de Mostaganem

Les agglomérations de la Wilaya de Mostaganem sont alimentées en eau potable par trois sources différentes souterraines ; superficielles et non conventionnelles. Distribuées comme suit :

#### I.3.1. Ressources conventionnelles (Ressources superficielles)

##### I.3.1.1. Barrages

Trois barrages sont en exploitation dans la wilaya de Mostaganem. Il s'agit de Kramis mis en service en 2005 et les deux barrages de Cheliff et Karrada mis en service en 2010. Leurs capacités au dernier levé bathymétrique totalisent un volume de 165.38 Hm<sup>3</sup>. D'après le PNE 2010, Le volume régularisable à partir de ces trois barrages est de 137Hm<sup>3</sup>/an pour l'irrigation [3].

#### A. Barrage du Kramis

Le barrage de Kramis est situé sur l'Oued Kramis à la confluence des oueds Nekmaria et Kramis, quelques kilomètres avant que celui-ci ne se jette dans la mer (Figure 03). Cet ouvrage est destiné à irriguer le périmètre d'Achaacha d'une superficie de 4 300 ha pour un volume affecté de 10 Hm<sup>3</sup> et à renforcer l'AEP de la zone de Dahra constituée des communes de Sidi Lakhdar, Nekmaria, OuledBoughalem et Achaacha (Tableau N°02)[3].

**Tableau 02:** Caractéristiques du barrage Kramis[3].

Date de mise en service	2005
Superficie du bassin versant	366 ha
La capacité initiale du barrage	45 Hm <sup>3</sup>
Volume régularisé	25 Hm <sup>3</sup> /an



**Figure 03:**Barrage de Kramis (willaya de Mostaganem).

### **B. Barrage prise Cheliff**

Le barrage prise Cheliff est situé à 30Kms au Nord-Est de la ville de Mostaganem, cet ouvrage implanté sur l'oued Chélif, à 500m en aval de la confluence de l'oued EL Kheir et 5 Kms en amont du pont de la route N90 (Figure 04). Il est destiné à l'alimentation en eau potable du couloir Mostaganem-Arzew-Oran. D'une capacité de 50 millions de m<sup>3</sup>, il s'étend sur une superficie totale du bassin versant de 44 000 km<sup>2</sup>. La construction de l'ouvrage et son circuit hydraulique ont commencé en mai 2007, il a été réceptionné en Août 2013 [3].



**Figure 04 :** Barrage prise cheliff

### C. Barrage Kerrada

Le barrage réservoir de Kerrada est situé sur la rive droite du Cheliff à 8,2 Kms du barrage de dérivation, sur la commune de Sidi Ali dans la wilaya de Mostaganem (Figure 05). Il est destiné à l'alimentation en eau potable du couloir MAO (Barrage de stockage). La Surface du bassin versant est de 19 Km<sup>2</sup> avec un apport liquide annuel estimée de 1,47 hm<sup>3</sup>/an et un apport solide annuel de 5200 m<sup>3</sup>/an (Tableau N°03)[3].



**Figure 05:** Barrage réservoir de kerrada

**Tableau 03 :** Caractéristiques du Barrage de Kerrada[3].

Années de construction	2007-2010
Année de Mise en eau	2010
Capacité	70millions de m <sup>3</sup>
Volume utile de la retenue	60millions de m <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	1,47h m <sup>3</sup> /an
Envasement annuel	5200 m <sup>3</sup> /an
Surface du bassin versant	19 Km <sup>2</sup>
Hauteur au dessus de la fondation	85m.

Hauteur au dessus du lit	53m
Longueur	764,0 m.
Côte retenue Normale (R.N)	132,5
Cote de la crête	138 ,00 m
Déversoir à SEUIL LIBRE	02 m <sup>3</sup> /s
Vidange de Fond	18 m <sup>3</sup> /s
Volume du barrage + batardeau	5, 400,000 m <sup>3</sup>
Volume de béton	71 021 m <sup>3</sup>
Injection	1265 ml

#### D. Barrage Gargar

Le barrage Gargar est situé à 5 kilomètres au Sud – Ouest de la ville d'Oued Rhiouest se trouve géographiquement dans la wilaya de Relizane. Il est destiné à créer une retenue d'une capacité de 450 hm<sup>3</sup> sur l'Oued Rhiouisant essentiellement à l'irrigation de 16 000 ha de la plaine du Bas Cheliff et l'AEP de la ville d'Oran et des localités des wilayas de Relizane et Mostaganem (Tableau N°04)[3].

**Tableau04:** Caractéristiques du barrage Gargar[3].

Année de construction	1984
Année de mise en Eau	1988
Capacité	450,00 h m <sup>3</sup>
Apport moyen annuel	185,00 h m <sup>3</sup> /an
Envasement	4,50 h m <sup>3</sup> /an
Surface du bassin versant	2 900 km <sup>2</sup>



Hauteur maximale	90 m
Longueur en crête	400 m
Largeur en crête	10 m
Altitude de la crête (NGA)	130 m
Cote de Retenue Normale	118 m NGA
Cote des Plus Hautes Eaux(P.H.E)	129,78 m NGA
Apport annuel moyen	185 hm <sup>3</sup>

Actuellement les deux stations de traitement du Cheliff N° 1(l'ancienne) et la N° 2 (la nouvelle) consacrée au barrage Gargar sont toutes les deux non fonctionnelles parce qu'actuellement sont servies pour pomper les eaux dessalées de la station SONACHTER. Dans la carte suivante sont localisés les deux barrages de Kerrada et celui du Cheliff (Figure 06).



**Figure 06 :** Localisation des barrages des eaux du barrage Gargar

### **I.3.1.2. Petits barrages et retenues collinaires**

Trois (03) retenues collinaires sont actuellement en exploitation avec une capacité totale de 0,90 Hm<sup>3</sup> destinée à l'irrigation de la PMH. Tandis que douze (12) autres retenues collinaires sont complètement envasées.

Une (01) seule retenue collinaire est en cours de construction (Oued Benhassen) avec une capacité de 0,25 Hm<sup>3</sup>. Huit (08) autres retenues collinaires et petits barrages en étude d'une capacité totale de 16 Hm<sup>3</sup> sont destinées à l'irrigation.

### **I.3.1.3. Eaux souterraines**

Les eaux souterraines font partie des ressources conventionnelles, mais avec la mise en service du système MAO et Kramis et l'arrivée des eaux du dessalement cette ressource ne représente actuellement que 5% de la production totale des eaux potables de la wilaya (Tableau N°05).

## **I.4. Ressources non conventionnelles**

### **I.4.1. Eaux de dessalement**

La station de dessalement de Mostaganem est implantée dans la zone de Sonachter à l'Est de la ville de Mostaganem d'une capacité de production théorique de 200,000 m<sup>3</sup>/jour, et une production réel actuelle de 145 000 m<sup>3</sup>/j (Figure 07).

Elle est entrée en production au mois de novembre 2011, en application d'un programme de production et de livraison de l'eau potable. Un contrat de vente et d'achat d'eau entre les sociétés de projet de groupements d'entreprises espagnoles, à savoir STMM et MTM en tant qu'investisseurs, et l'ADE en tant qu'acheteur





**Figure 07:** Une vue générale de l'usine de dessalement de Mostaganem

#### **I.4.2.Eaux usées épurées**

Actuellement, il existe neuf(09) stations d'épuration en exploitation dans la wilaya de Mostaganem. Chaque station a des capacités en fonction des besoins de la région ou elle est implantée (Tableau 05).

**Tableau05:** Le volume global des eaux usées de la wilaya de Mostaganem

<b>Volume global des eaux usées de la wilaya est de 110000m<sup>3</sup>/j</b>			
<b>Stations</b>	<b>Capacité EH*</b>	<b>Volume épuré m<sup>3</sup>/j</b>	<b>Superficie irriguée ha</b>
<b>STEP</b>			
Sidi Lakhdar	35 000	5 600	220
Khadra	30 000	4 300	150
Mostaganem	350 000	50 000	2000
Hadjadj	40 000	6 000	300
<b>Stations d'épuration en exploitation</b>			
Ain nouissy et Beni Yahi	36 000	5 200	100
Fornaka et Kedadra	27 000	4 000	120
Bouguirat	18 000	2 600	120
Mesra	18 000	2 600	120
Hadjadj	18 000	2 600	100

### I.5. Corrosion

Comme tous les matériaux de construction, l'acier a tendance à se dégrader superficiellement une fois soumis à des milieux corrosifs comme le sol, l'air et donc le milieu marin. La corrosion est celle de la détérioration des matériaux par interaction chimique avec leur prise, entraînant des modifications au sein des propriétés du métal généralement au milieu d'une dégradation pratique de ce dernier (altération de ses propriétés mécaniques, électriques, etc.). Les mécanismes concernés sont nombreux et aboutissent à des types de corrosion totalement différents [4, 5].

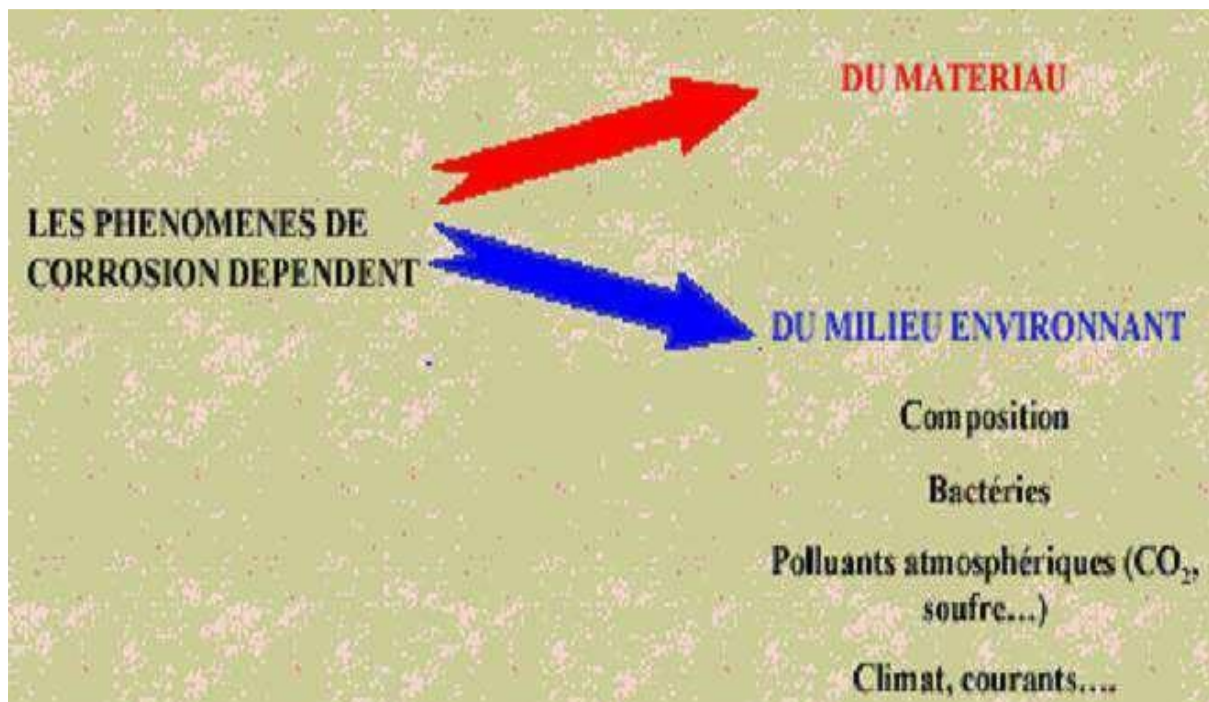
**I.6. Origine de la corrosion :**

Les causes de la corrosion sont multiples et complexes et elles résultent d'interactions chimiques et /ou physiques entre le matériau et son environnement.

Les différents paramètres qui favorisent la corrosion d'un matériau sont :

- Composition chimique et microstructure du métal,
- Composition chimique de l'environnement,
- Paramètres physiques (température, irradiation, etc.)
- Sollicitations mécaniques (contraintes, chocs, frottement, etc.).

Donc on peut dire que les phénomènes de corrosion dépendent du matériau et du milieu environnant [6]



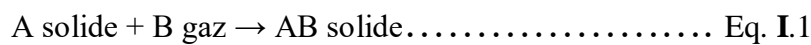
**Figure 08 :** Nature des paramètres la corrosion.

### I.7. Différentes formes de la corrosion

#### A. Corrosion chimique (sèche)

La corrosion chimique est l'attaque directe du métal par son environnement. Ce type de Corrosion se développe dans une solution non électrolyte ou sur action des gazeux (d'O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> Et CO<sub>2</sub>). Lorsque le réactif est gazeux ou cette corrosion se produit à haute température, elle Est alors appelée : Corrosion sèche ou corrosion à haute température [7,8].

La réaction qui se produit est de la forme :



#### B. Corrosion biochimique (bactérienne)

La corrosion bactérienne est due à la présence de colonies importantes de bactéries dites anaérobies qui se développent dans les eaux contenant des sulfates. La lutte contre cette forme de corrosion est à l'heure actuelle essentiellement d'ordre biologique, elle est réalisée par injection de produits bactéricides dans les milieux corrosifs [9].

#### C. Corrosion électrochimique (humide)

Si le réactif est liquide, il est en général, accompagné d'une corrosion électrochimique produite essentiellement par l'oxydation d'un métal sous forme d'ions ou d'oxydes et réduite l'agent corrosif existant dans la solution électrolyte. Par ailleurs, elle se produit par des transferts électroniques entre un métal et une solution électrolytique à son contact (circulation d'un courant électrique) [10].

Pour une corrosion électrochimique on a :



### I.8. Facteurs de la corrosion

La plupart des métaux purs ne sont pas stable d'un point de vue thermodynamique. Au contact de l'atmosphère, ils forment une couche superficielle d'oxyde plus ou moins protectrice. Ainsi, la fragilisation de cette couche superficielle conduit à la corrosion sans

frein du métal selon plusieurs critères comme la nature et constitution du milieu agressif, la température, le pH, et les inhomogénéités de la structure réticulaire du métal, entre autres paramètres [11].

Les phénomènes de la corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs et ils peuvent être classés en quatre groupes principaux :

**Tableau 06 : Influence de différents facteurs sur la corrosion des métaux [12].**

Facteurs relatifs au milieu et définissant le mode d'attaque (milieu corrosif).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentration du réactif.</li> <li>- Teneur en Oxygène, en impuretés, en gaz</li> <li>- Dissous (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>S...).</li> <li>- Acidité du milieu, salinité, résistivité.</li> <li>- Température, pression.</li> <li>- Présence de bactéries</li> </ul>
Facteurs métallurgiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composition d'alliage, hétérogénéités cristallines.</li> <li>- Procédés d'élaboration.</li> <li>- Impuretés dans l'alliage, inclusions.</li> <li>- Traitements thermiques, mécaniques.</li> </ul> <p>Additions protectrices.</p>
Facteurs définissant les conditions d'emploi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat de surface, défauts de fabrication.</li> <li>- Formes de pièces.</li> <li>- Sollicitations mécaniques.</li> <li>- Emploi d'inhibiteurs.</li> <li>- Procédés d'assemblage (couples galvaniques, soudures, etc.).</li> <li>- Croûte d'oxydes superficiels.</li> <li>- Force électromotrice extérieure (électrolyse).</li> </ul>
Facteurs dépendants du temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillissement.</li> <li>- Tensions mécaniques internes ou externes.</li> <li>- Température- modalité d'accès de l'oxygène ou autre gaz dissous.</li> <li>- Modification des revêtements protecteurs.</li> <li>- Apparition d'un dépôt (calcique ou autre).</li> </ul>

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend à la fois des caractéristiques de deux paramètres la température et le pH, ces deux paramètres ont une influence directe sur la vitesse de corrosion, et une influence indirecte à travers la phase aqueuse (eau de condensation, eau de production). Les conditions de flux, le film formé à la surface du métal et la pression ont une influence directe à travers la pression partielle [13,14].



# **Chapitre II**

## **Partie expérimentale**



### II.1.Introduction

Le présent travail vise à étudier l'effet de l'eau dessalée et de l'eau de surface sur la corrosion de l'acier. Ce type de recherche suscite un intérêt croissant dans les domaines de la recherche en corrosion et de la technologie de l'eau, en raison de l'augmentation de l'utilisation de l'eau dessalée comme alternative à l'eau de surface dans de nombreuses applications industrielles et domestiques. En premier lieu les paramètres physicochimiques des deux eaux ont été déterminés, par la suite, trois paramètres (pH, TAC,  $\text{Ca}^{2+}$ ) ont été choisis pour suivre l'évolution de la corrosion, en mesurant la couleur des eaux par spectrophotomètre à la longueur d'onde de 400 nm.

### II.2.Présentation et préparation des échantillons

Notre recherche a été effectuée sur les eaux dessalées prélevées à partir du robinet de laboratoire et sur les eaux de surfaces prélevées de la station de traitement physico-chimique Sidi Lahdjel SEOR.

Une analyse physico-chimique a été réalisée sur les deux types de l'eau, avant chaque test. Pour ces tests nous avons utilisé des flacons en verre transparent remplis d'eau à étudier, dans lesquelles nous avons placé des clous en acier (figure N°01). Nous avons travaillé sur trois paramètres physico-chimiques, à savoir le pH, le calcium et le bicarbonate. Le choix de ces paramètres était basé sur le fait que sont utilisés dans plusieurs indices de saturation comme (indice de Langelier, indice de Larson...). Le temps de contact entre l'eau et l'acier était de 24 heures, et la corrosion a été évaluée en mesurant la couleur de l'eau. Plus la couleur de la corrosion est intense, plus le taux de la corrosion est considéré comme élevé.



Figure N°09: Flacon en verre transparent

### II.3. Prélèvements et transport des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération méticuleuse qui nécessite une grande attention afin d'éviter toute contamination ou altération des résultats ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

Le prélèvement des eaux a été fait dans des flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau déionisée puis séchés. Le transport de l'échantillon se fait à la température de 4 °C et à l'obscurité dans des emballages isothermes [17].

### II.4. Détermination des paramètres physico-chimiques

#### II.4.1. Détermination de la couleur :

La couleur est mesurée à l'aide d'un spectre photomètre UV (DR 5000) à une longueur d'onde égale à 400 nm (figure N°10).



Figure N°10 : Spectrophotomètre UV (DR 5000)

### II.4.2. Le pH

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14.

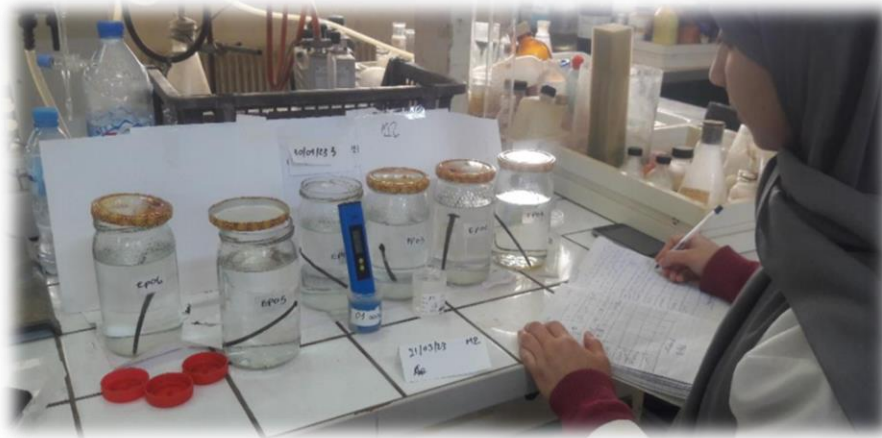


Figure N°11: Mesure du pH

#### Mode opératoire :

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre portatif. Avant toute mesure, la sonde a été lavée avec de l'eau distillée, puis a été immergée délicatement dans l'échantillon d'eau à analyser. L'eau a été remuée doucement et la valeur est notée après stabilisation de la lecture [18].

### II.4.3. La Conductivité

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.

La mesure a été faite à l'aide d'un conductimètre WTW 3110. Nous avons prélevé un volume d'échantillon d'eau (volume de 1 litre), dans laquelle nous avons plongé la sonde du conductimètre (figure N°12). En remuant délicatement et nous attendons que la lecture se stabilise.



**Figure N°12** : Conductimètre WTW 3110

#### **II.4.4. Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA**

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

- **Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediaminotétracétique (EDTA) à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome T. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium [18].

Nous avons introduit 50 mL d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 mL, nous avons ainsi ajouté 4 mL de solution tampon et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, nous avons versé la solution d'EDTA goutte à goutte jusqu'à que la solution commence à virer au bleu [18].

- **Expression des résultats**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est donnée par l'expression :

$$TH = 100 \times \frac{C \times V_1}{V_2} \dots\dots\dots \text{Eq.II.1}$$

TH : Dureté totale

C = Concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'EDTA.

V<sub>1</sub> = Volume en mL de la solution d'EDTA.

V<sub>2</sub> = Volume de l'échantillon [18].

#### II.4.5.Détermination de la concentration en calcium (méthode titrimétrique de l'EDTA)

➤ **Principe :**

Dosage des ions calcium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminétracétique(EDTA) de pH compris entre 12 et 13. On utilise comme indicateur coloré le murexide qui forme un complexe rose avec le calcium. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du dosage, les ions calcium réagissent avec l'EDTA qui vire alors de la couleur rose à la couleur violette.

➤ **Mode opératoire :**

Nous avons pris 20 ml de l'échantillon et nous lui avons ajouté 4 ml d'une solution de NaOH et une pincée de l'indicateur coloré. Puis nous avons dosé avec l'EDTA jusqu'à l'équilibre qui est marqué par un virage de la coloration de la solution en violet.

Expression des résultats :

$$C(Ca^{2+}) = C * V_1/V_2 \dots\dots\dots \text{Eq.II.2}$$

V<sub>1</sub>: volume en ml de l'EDTA utilisé pour le dosage.

V<sub>2</sub>: volume en ml d'échantillon dosé.

C: concentration en mol/l de la solution d'EDTA.

### II.4.6.Méthode titrimétrique de dosage du TAC

L'eau à analyser doit être conservée de préférence dans des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté et l'analyse doit être pratiquée dans les 24 heures après le prélèvement.

#### Principe :

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

#### Mode opératoire

Nous avons pris un volume de 50 mL d'échantillon d'eau à analyser, en suite nous avons ajouté une goutte de rouge de méthyle, le titrage a été fait avec l'acide sulfurique à 0.04N jusqu'à l'apparition de la couleur rose (pH=4.5).

Expression des résultats

$$\text{TAC} = V' \times 4 \text{ (}^\circ\text{F)} \dots\dots\dots \text{Eq.II.3}$$

V' exprime le titre alcalimétrique complet en degrés français.

### II.4.7.Détermination des chlorures par la méthode de Mohr

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

Nous avons introduit dans 100 mL d'eau à analyser 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Ensuite nous avons utilisé au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3 minutes.

#### Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 mL :

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

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

## II.5.Résultats et discussions

### II.5.1.Paramètres physicochimiques

Les résultats des analyses de l'eau traitée (station Sonachter) et de l'eau traitée (station de SidiLahdjel) sont résumés sur le tableau N°07

**Tableau N°07 : Résultats d'analyses physico-chimiques**

	<b>Eau de surface</b>	<b>Eau dedessalée</b>	<b>Normes Algérienne</b>
<b>pH</b>	7,44	7,8	Entre 6,5 – 9,0
<b>Température (C°)</b>	18,6	17,8	Inférieur à 25
<b>Couleur (mg/L Pt/Co)</b>	11	Inf à 5,0	15
<b>Conductivité (µs/cm)</b>	1991	420	2800
<b>Dureté totale (F°)</b>	58	9	50
<b>Calcium (mg/L)</b>	133	20,8	200
<b>Magnésium (mg/L)</b>	60	9,2	/
<b>TAC (mg/L)</b>	152	76	/
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	185,4	92,7	/
<b>Chlorures (mg/L)</b>	377	108,4	500
<b>TDS (mg/L)</b>	1108	218	1500

Toutes les valeurs obtenues dans les analyses physico-chimiques effectuées sur les deux types de l'eau étaient en conformité avec les normes de qualité établies dans le journal officiel du 09 mars 2014 (tableau N°07).

D'après les données présentées dans le tableau N°07, il est observé que la salinité et la conductivité de l'eau de surface dépassent largement celles de l'eau dessalée, ce qui rend l'eau de surface plus corrosive en termes de conductivité électrique. De plus, la concentration en calcium et magnésium (133 et 60 mg/l) est 6 fois supérieure à celle de l'eau dessalée (20,8 et 9,2 mg/l), ce qui rend possible la formation de couches de calcaire dans l'eau de surface à des pH basiques. Cette couche de calcaire se forme à la surface du métal et le protège contre la corrosion.

### II.5.2. La corrosion du l'acier en fonction du pH

L'étude de la corrosion a été réalisée en utilisant l'intensité de la couleur comme indicateur. Plus l'intensité de la couleur est élevée, plus nous considérons que l'acier a subi une corrosion importante

Comme le montrent les deux figures 13 et 14, les flacons contenant les eaux acides ne présentaient aucune coloration ferrique ou ferreuse et apparaissaient clairs.



**Figure N°13** : Corrosion du fer en fonction du pH (Cas des eaux dessalées)



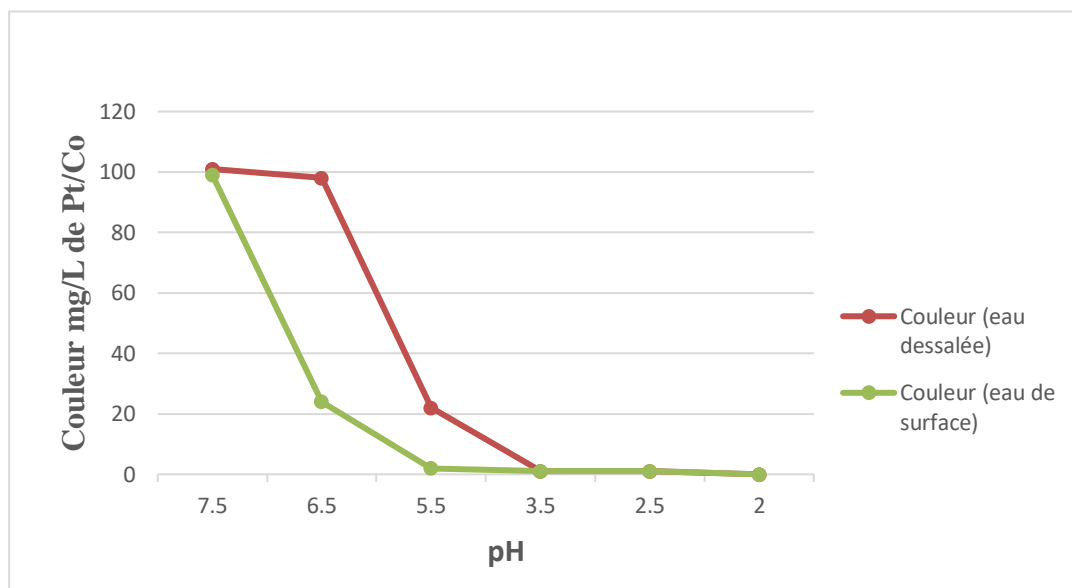
**Figure N°14** : Corrosion du fer en fonction du pH (Cas des eaux de surfaces)



**Tableau N°08** : Evolution de la couleur en fonction du pH

	Témoin	02	03	04	05	06
<b>pH</b>	7,5	6,5	5,5	3,5	2,5	2,0
<b>Couleur (eau dessalée) mg/L</b>	101	98	22	1	1	0
<b>Couleur (eau de surface) mg/L</b>	99	24	2	1	1	0

Les résultats du tableau 08 mettent en évidence une corrélation claire entre la diminution du pH et la diminution de la couleur, atteignant des valeurs quasiment nulles (2, 1, 1 et 0).

**Figure N°15** : Variation de la couleur en fonction du pH

Il est observé que l'intensité de la couleur diminue et devient claire à partir du pH 5,5. Cela suggère que, dans ce cas, la corrosion de l'acier dans milieu acide diminue.

Une observation commune pour les deux types d'eau (eau dessalée et eau de surface) est que l'intensité de la couleur diminue et devient plus claire à partir d'un pH de 5,5. Cette observation suggère que dans ce cas, la corrosion de l'acier dans un milieu acide est réduite.

Le pH possède une excellente propriété inhibitrice de la corrosion de l'acier dans milieu un aqueux.

### II.5.3. La corrosion du l'acier en fonction du TAC

Nous avons préparé des échantillons jusqu'à atteindre une valeur de TAC de 275 mg/l, qui a été déterminée en fonction de la coloration blanche observée lorsqu'il y a eu réaction avec les ions de calcium, formant ainsi du calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ).



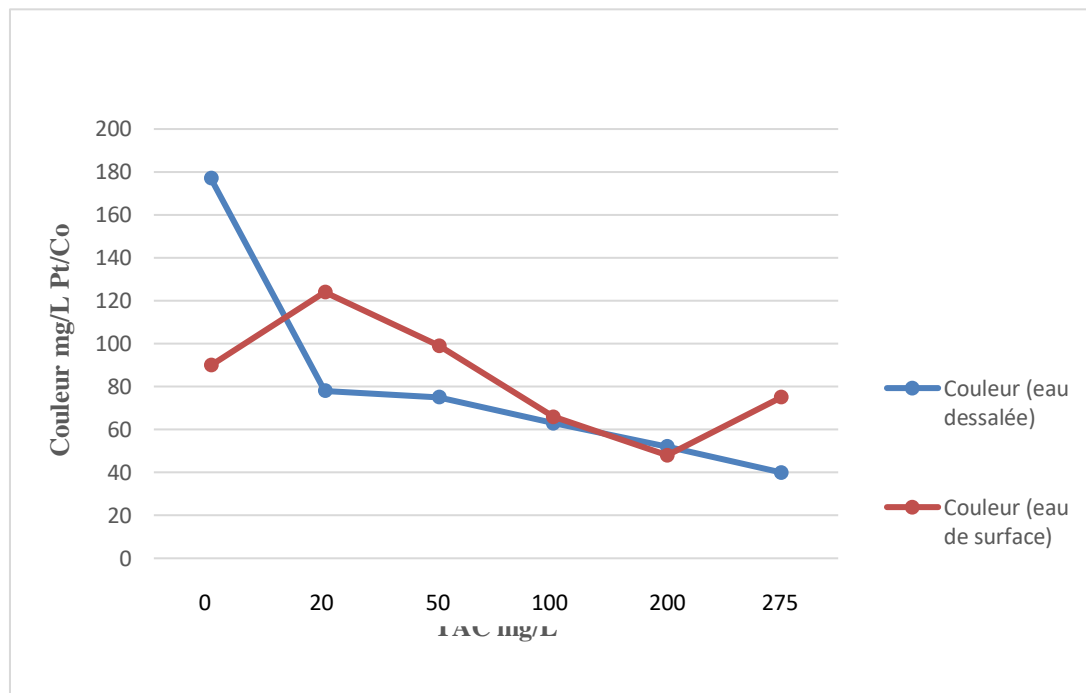
**Figure16:** Evolution une couleur en fonction du TAC (Cas des eaux dessalées)



**Figure N°17 :** Corrosion du fer en fonction du TAC (Cas des eaux de surfaces)

**Tableau N°09** : Evolution de la couleur en fonction du TAC

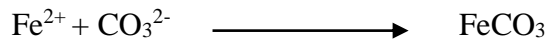
	<b>Témoin</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>TAC mg/L</b>	0	20	50	100	200	275
<b>Couleur (eau dessalée)</b>	177	78	75	63	52	40
<b>Couleur (eau de surface)</b>	90	124	99	66	48	75

**Figure N°18** : Variation de la couleur en fonction du TAC

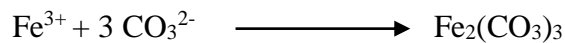
La figure N°18 montre une corrélation entre l'augmentation du TAC et la diminution de l'intensité de la couleur du fer ferreux et ferrique. Cette observation suggère que le TAC a un effet inhibiteur sur le processus de corrosion de l'acier dans un milieu aqueux.

Pour l'eau dessalée, nous avons observé que lorsque le TAC atteignait 275 mg/l, la valeur de couleur mesurée était de 40 mg/l de platine (tableau N°09), alors qu'elle était de 177mg/l de platine lorsque le TAC était de 0 mg/l. En ce qui concerne les eaux de surface, la valeur minimale de couleur enregistrée de 48 mg/l de platine à TAC de 200 mg/l.

L'effet inhibiteur du TAC sur la corrosion peut être dû à la présence d'espèces alcalines dans l'eau. Ces espèces alcalines peuvent réagir avec les espèces corrosives, réduisant ainsi la probabilité de corrosion de l'acier. Le fer ferreux se combine avec le carbonate ( $K_s = 10^{-10,4}$ ).



Et le fer ferrique réagit avec le carbonate suivant la réaction suivante :



Dans cette réaction, chaque ion de fer (III) réagit avec trois carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) pour former du carbonate de fer (III) ( $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ ), qui est une précipitation solide de couleur brun-rougeâtre

#### II.5.4. La corrosion de l'acier en fonction des ions de calcium



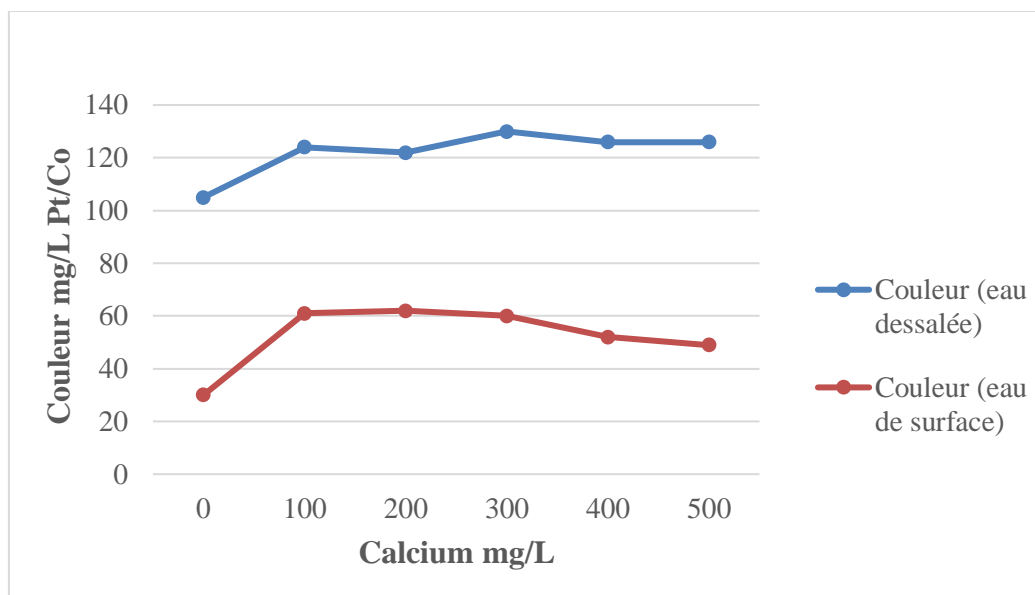
Figure N°19 : Corrosion de l'acier en fonction des ions de calcium (Cas des eaux dessalées)



Figure N°20 : Corrosion de l'acier en fonction des ions de calcium (Cas des eaux de surfaces)

**Tableau N°10** : Evolution de la couleur en fonction des ions calcium

	Témoin	02	03	04	05	06
<b>Ca<sup>2+</sup> mg/L</b>	0	100	200	300	400	500
<b>Couleur (eau dessalée)</b>	105	124	122	130	126	126
<b>Couleur (eau de surface)</b>	30	61	62	60	52	49

**Figure N°21** : Variation de la couleur en fonction des ions de calcium

D'après le tableau N°10, pour les eaux de dessalement, on observe une augmentation de la couleur de 105 à 126 mg/l de platine lorsque la concentration en calcium est passée de 0 à 500 mg/l. En revanche, pour les eaux de surface, on constate une augmentation de la couleur de 0 à 62 mg/l de platine lorsque la concentration de calcium est passée de 0 à 200 mg/l. Ensuite, la couleur est diminuée légèrement de 62 à 49 mg/l de platine lorsque la concentration du calcium est passée de 200 à 500 mg/l.

Nous avons observé que plus la concentration en calcium est élevée, plus l'intensité de la couleur devient grande.

Cela peut être expliqué par le fait que lorsque nous ajoutons du calcium, nous sommes entraînés à augmenter la conductivité de l'eau et par conséquent à augmenter le courant qui circule entre les ions. Donc, les ions de calcium sont des stimulateurs de la corrosion. La couleur constatée dans l'eau est due à la corrosion du fer avec l'oxygène dissous. Cette couleur se compose du fer ferreux ( $\text{Fe(OH)}_2$ ,  $\text{FeO}$ ) et ferrique insoluble ( $\text{Fe(OH)}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Par contre, dans les eaux de surface nous avons remarqué qu'il y avait une diminution de la couleur, et cela peut être attribué à la formation de calcaire à la surface du clou, formant ainsi une couche protectrice contre la corrosion.

### Conclusions

Cette étude a démontré que les eaux dessalées présentaient un effet corrosif plus marqué que les eaux de surface. Cela est dû à la différence de composition chimique entre les deux types d'eau.

L'eau de surface, comme celle des rivières ou des lacs, contient généralement des minéraux dissous tels que le calcium, le magnésium et le carbonate de calcium. Ces minéraux agissent comme des agents tampons qui aident à maintenir l'équilibre chimique de l'eau, ce qui réduit son caractère corrosif.

D'un autre côté, l'eau dessalée, qui est obtenue par le processus de dessalement de l'eau de mer, a tendance à avoir une teneur beaucoup plus faible en minéraux. Elle peut contenir des concentrations réduites, voire négligeables, de calcium, magnésium et de carbonate de calcium.

Parmi les paramètres étudiés, le pH s'est avéré être le facteur le plus déterminant pour réduire et stopper efficacement la corrosion, quelle que soit la nature de l'eau. De plus, nos résultats ont mis en évidence que la présence de bicarbonate avait un effet inhibiteur plus significatif sur la corrosion par rapport aux ions calcium.

Ces découverts soulignent l'importance de prendre en compte le pH et la concentration en calcium dans la gestion et la prévention de la corrosion des réseaux d'eau potable en acier. Des mesures correctives ciblant ces paramètres pourraient être mises en place afin de minimiser les effets corrosifs et de prolonger la durée de vie des infrastructures de distribution d'eau potable.

**Références Bibliographiques**

- [1] **Degremont G.**, 1990. Mémento technique de l'eau. Tome1, 2eme édition : Copyrightdegremont.129p.
- [2] **Balderacchi.** 2009.«L'eau dans l'organisme», Centre national de la recherche scientifique(CNRS).
- [3] **HAMMOUM.** 2021. «EtudeGestion et situation des techniques d'irrigations de la région de Mostaganem», Mémoire de Master, Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM.
- [4] **Siad M.** 2018«Etude Traitement des eaux usées dans la ville deMostaganem, état actuel et perspectives». Mémoire de Master, Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM.
- [5] **RAKEB L. 2019.** «Les ressources en eau à Mostaganem, état actuel et contraintes de distribution», Mémoire de Magister, Université ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM.
- [1]. A Short introduction to corrosion and its control. 2003. corrosion in the metals and itsprevention, National Corrosion Service, NPL.
- [2]. **H. El Bakouri.** Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique. Mémoire pour du DESA.Université Mohammed 1 –Oujda.
- [6]. A Short introduction to corrosion and its control, corrosion in the metals and itsprevention, National Corrosion Service, NPL, 2003.
- [7]. **H. El Bakouri.** Etude de l'inhibition de la corrosion de l'acier doux au carbone en milieu acide orthophosphorique par un antibiotique organique. Mémoire pour du DESA. Université Mohammed 1 –Oujda.
- [8] **R. Mehibil.** 2008. Etude de l'efficacité inhibitrice de quelques nouveaux inhibiteurs, dits non polluants, sur la corrosion de deux types d'alliages d'aluminium. Université de Skikda.



[09]. **D. Nadir** ; R. Rabah. Introduction à la corrosion et aux inhibiteurs de corrosion, 2004.

[10] **Lefevre, B. (2014)**. Corrosion des aciers revêtues de Zinc dans les zones confinées des carrosseries automobiles, Thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI

[11] Phénomènes de corrosion ; protection des métaux

[12] Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel. 1986. Commission Exploitation, La Protection cathodique. Guide pratique, Editions Technique, Paris.

[13]. **Lefevre, B.** 2014. Corrosion des aciers revêtus de Zinc dans les zones confinées des carrosseries automobiles, Thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, Paris VI.

[14]. **H. Uhlig.** 1970. « corrosion et protection ». Ed. DUNOD, Paris.

[15]. **P. Olav Gartland.** 1998. “Choosing the right positions for corrosion monitoring on oil and gas pipelines”, CorrOcean USA, Paper, Nace, Houston.

[16]. **Bernard Legube ; Nicole Merlet et Coll.** 2009.L’analyse de l’eau, 9 édition ; DUNOD, Paris. 4p.

[17]. **TrabelsiBilel.** 2017. Utilisation des techniques physico-chimiques et isotopiques dans l’étude de la qualité des eaux de la nappe de Chott Meriem (Sousse), Mémoire de Master.