

---

N° d'ordre :

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE**  
**ET DE L'UNIVERS**  
**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

Pour l'obtention du

**Diplôme de Master en Biologie**

Option

**Alimentation et Nutrition**

Présenté par

**Abderrazak ATALLAH**

**THEME**

---

**PROCEDE DE DESSALEMENT ET QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU  
DESSALEE PAR LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU  
DE MER DE HONAINÉ**

**- TENEURS : CATIONS, ANIONS ET METAUX LOURD -**

---

Soutenu le 03 juillet 2014, devant la commission d'examen composée de :

**BENARIBA N.**

**Présidente (Université de Tlemcen)**

**BADID N.**

**Encadreur (Université de Tlemcen)**

**BELYAGOUBI Née BENHAMMOU N.**

**Examinatrice (Université de Tlemcen)**

**MEDJDOUB A.**

**Examinatrice (Université de Tlemcen)**

Année universitaire 2013-2014

---

## REMERCEMENT

*Avant tout, je remercie ALLAH, le tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Au terme de cet étude, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail et particulièrement :*

*Dr. BADID N, Maître de conférence au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen pour avoir proposée et dirigée ce travail, ses conseils, ses orientations et qui été la source généreuse de l'aide tout au long de ce travail.*

*J'exprime ma gratitude à :*

*Dr. BENARIBA N, Maître de conférence au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Dr BELMAGOUBI née Benhammou N, Maître de conférence au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Dr MEDJOUNE A, Maître assistant au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier :*

*Monsieur le directeur de la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine-ainsi qu'à tous les techniciens et les ingénieurs de la station.*

*Monsieur le directeur de L'ADE-Tlemcen, ainsi qu'à tout le personnel de la direction.*

*Monsieur le directeur de ALZING-Ghazaouet ainsi qu'à tout le personnel de laboratoire.*

---

## RESUME

La station de dessalement de l'eau de mer à Honaine-Tlemcen, constitue l'un des plus grands projets réalisés par le gouvernement algérien en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 200.000 m<sup>3</sup>/ jour. Ce travail a pour objectif de faire un suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer par la technique d'osmose inverse. Dans ce contexte, vingt cinq (25) prélèvements et trois autres pris séparément, ont été effectués au cours des mois février, mars et avril 2014.

A la lumière des résultats obtenus, les eaux issues de dessalement de l'eau de mer à Honaine présentent une qualité physico-chimique plus ou moins adéquate. Par ailleurs, les analyses chimiques révèlent des teneurs relativement élevées de chrome, cadmium, plomb, et nickel vis-à-vis de la réglementation algérienne et à celle de l'OMS. Ces paramètres constituent un risque imminent pour la santé et la sécurité du consommateur.

**Mots clé :** Dessalement –Eaux –Qualité- physicochimique-Métaux lourds-Risques.

---

---

## ABSTRACT

The desalination of seawater Honaine-Tlemcen, is one of the largest projects undertaken by the Algerian government in drinking water, with a capacity of 20,000 m<sup>3</sup> / day. This work aims to follow the evolution of the physico-chemical quality of the water produced by desalination of seawater by reverse osmosis technique. In this context, twenty five (25) samples and three others taken separately, were conducted during the months February, March and April 2014.

In light of the results obtained, the water from desalination of seawater Honaine have one or less adequate physicochemical more quality. In addition, chemical analyzes revealed relatively high levels of chromium, cadmium, lead, nickel and vis-à-vis the Algerian regulations and the WHO. These parameters constitute an imminent danger to the health and safety of consumers.

Keywords: Desalination-Water-Quality-Heavy metals-physicochemical – hazards

---

## المخلص

تحلية مياه البحر على مستوى بلدية هنين - تلمسان ، هي واحدة من أكبر المشاريع التي قامت بها الحكومة الجزائرية في التزود بالمياه الصالحة الشرب بسعة 20000م<sup>3</sup> في اليوم. هذا البحث يهدف الى متابعة تطور النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه التي تنتجها تحلية مياه البحر بواسطة تقنية الضغط الاسموزي العكسي عبر اقتطاع خمسة وعشرين عينة وكذا ثلاث عينات اخرى تم اقتطاعها بصفة منفصلة خلال اشهر فبراير ومارس و ابريل.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها تمتاز مياه تحلية البحر -هنين بجودة فيزيوكيميائية ملائمة. لكن التحاليل الكيميائية اظهرت قيم عالية نسبيا فيما يخص الكروم والكانميوم والرصاص والنيكل مقارنة بالمعايير المعمول بها في القانون الجزائري وكذا منظمة الصحة العالمية والتي قد تتسبب في خطر وشيك على صحة و امن المستهلك .

**الكلمات الرئيسية:** التحلية المياه الجودة الفيزيوكيميائية، المعادن الثقيلة الخطر

---

---

## TABLE DES MATIERES

	P.
<b>REMERCIEMENTS</b>	i
<b>LISTE DES FIGURES</b>	ii
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	iv
<b>LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXES</b>	v
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>	vi
<b>RESUME</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>INTRODUCTION.....</b>	01

### SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE

#### CHAPITRE I

<b>I.L'EAU.....</b>	03
<b>I.1.DEFINITION.....</b>	03
<b>I.2. Importance de l'eau.....</b>	03
<b>I.2.1.L'eau dans l'organisme humain.....</b>	03
<b>I.2.2.eau et alimentation.....</b>	03
<b>I.2.3.L'eau déminéralisée et risque.....</b>	04
<b>II. Caractéristiques des eaux salines et saumâtres.....</b>	04
<b>II.1.les eaux marines.....</b>	04

---

II.2.LES EAUX SAUMATRES.....	04
II.3.Répartition de l'eau sur la terre.....	05
II.4.Propriétés de l'eau.....	05
II.5.Catégorie de l'eau.....	06
II.5.1.Eau potable.....	06
II.5.2. Eau de source.....	06
II.5.3.Eau minérale naturel.....	06
III. Paramètres de potabilité de l'eau.....	07
III.1. Paramètres organoleptiques.....	07
III.1.1. La couleur.....	07
III.1.2. Gout et odeur.....	07
III.1.3. Turbidité.....	07
III.2. PARAMETRES PHYSICOCHEMISTIQUES.....	07
III.2.1.Température.....	07
III.2.2. PH.....	08
III.2.3. Matières en suspensions.....	08
III.2.4. Conductivité électrique.....	08
III.2.5. Dureté totale.....	08
III.2.6. Solubilité des gaz dans l'eau.....	09
III.2.7.Alcalinité.....	09
III.2.8. Cation et anion.....	09
III.2.9. Nitrate et Nitrite.....	10

III.2.10. pollution des eaux par les métaux lourds.....	10
III.3. Paramètres Microbiologiques.....	11

## **Chapitre II**

I. Généralité.....	13
I.1. Situation de dessalement dans le monde.....	13
I.2. Définition de dessalement de l'eau de mer.....	16
I.3. Les étapes de dessalement de l'eau de mer.....	16
I.3.1. Captation d'eau de mer.....	16
I.3.2. Prétraitement.....	17
a. coagulation.....	17
b- filtration.....	17
c. le traitement chimique.....	17
d. Filtration de sécurité ou microfiltration.....	18
I.3.3. Différents procédés de dessalement.....	18
I.3.3.1. Procédés de distillation.....	18
a. distillation a simple effet.....	18
b. distillation a multiples effets.....	18
c. distillation avec compression de vapeur.....	18
d. distillation par détente successive ou procédé flash.....	19
I.3.3.2. Procédés membranaires.....	19
I.3.3.2.1. Electrodialyse.....	19
a. Electrodialyse dite conventionnelle.....	19

---

b. Electrodialyse a membrane bipolaire.....	19
c. Electrodialyse a membrane.....	20
I.3.3.2.2. Osmose inverse.....	20
I.3.3.2.2.1. Installation d'osmose inverse.....	21
a- Membrane d'osmose inverse.....	21
b. Modules d'osmose inverse.....	21
c. Colmatage des membranes et leur nettoyage.....	22
d. Pompe a haute pression et système de récupération d'énergie.....	23
I.3.3.3. Autres procédés de dessalement.....	23
I.3.3.3.1. Echange ioniques.....	23
I.3.3.3.2. Congélation.....	23
I.3.3.3.3. Distillation solaire.....	23
I.3.4. Post traitement ou reminéralisations.....	24
I.3.4.1. Ajustement du ph.....	24
I.3.4.2. Chloration.....	24

### **CHAPITRE III : CADRE D'ETUDE**

I. Présentation de la station de dessalement-honaine.....	25
I.1. situation géographique.....	25
I.2. Caractéristiques de l'eau de mer.....	25
II. Procédé de dessalement appliqué dans la station de Honaine.....	26
II.1. Captage d'eau de mer et filtration primitive.....	26
II.2. Prétraitement.....	28

---

II.2.1. Prétraitement chimique.....	28
II.2.1.1. Traitement par hypochlorite de sodium.....	28
II.2.1.2. Traitement par chlorure ferrique.....	28
II.2.1.3. Injection de metbisulfite de sodium.....	28
II.2.2. Prétraitement physique.....	29
II.2.2.1. Filtration a sable et anthracie.....	29
II.2.2.2. Filtration a cartouche.....	30
II.2.2.3. Réservoir d'eau filtrée.....	30
II.3. L'osmose inverse.....	31
II.3.1. Châssis a membrane.....	31
II.3.2. Pompe a haute pression.....	32
II.3.3. Pompe de recirculation.....	32
II.3.4. Système d'échange de pression.....	32
II.3.5. Réservoir de l'eau dessalée.....	32
II.4. Post traitement.....	33

## **MATERIEL ET METHODES**

<b>I. Analyses physico-chimiques des eaux traitées.....</b>	<b>34</b>
I.1.Prélèvement et échantillonnage .....	34
I.1.1. Sites de prélèvements.....	34
I.1.2. Mode de prélèvement.....	34
I.2. Méthodes d'analyse physico-chimique .....	35
I.2.1 Paramètres organoleptiques .....	35

---

I.2.1.1. Test de la couleur .....	35
I.2.1.2. Test de l'odeur et la saveur .....	35
I.2.1.3. Mesure de la Turbidité .....	35
I.2.2. Paramètres physicochimiques .....	35
I.2.2.1. Mesure de la Température .....	35
I.2.2.2. Mesure de pH .....	35
I.2.2.3. Mesure de la conductivité.....	36
I.2.2.4. Mesure de l'Alcalinité .....	36
I.2.2.4.1. Titre alcalimétrique simple (TA) .....	36
I.2.2.4.2. Titre alcalimétrique complet (TAC) .....	37
I.2.2.5. Détermination des bicarbonates $\text{HCO}_3^-$ et Carbonates $\text{CO}_3^-$ .....	38
I.2.2.6. Mesure de chlore libre .....	39
I.2.2.7. Mesure de la Dureté Total .....	39
I.2.2.8. Mesure de calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) .....	40
I.2.2.9. Mesure de Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) .....	41
I.2.2.10. Mesure de solides totaux dissous ou salinité ( TDS) .....	41
I.2.2.11. Mesure de indice de langelier ou Ph de saturation ( LSI ) .....	42
I.2.2.12. Mesure de la Turbidité.....	42
I.3. Paramètres chimiques .....	42
I.3.1. Dosage de Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	42
I.3.2. Dosage de l'ammonium $\text{NH}_4^+$ .....	43
I.3.3. Dosage de phosphate.....	44

I.3.4. Dosage de sulfate .....	44
I.4 .Dosage des métaux lourds : plomb, fer, cadmium, nickel, manganèse, argent, chrome. ....	45
I.4.1.Principe.....	45
I.4.2. Appareil.....	46
I.4.3Methode d'analyse .....	47

## **RESULTATS ET INTERPRETATION**

I. Paramètres organoleptiques.....	48
I.1. Couleur.....	48
I.2. Odeur .....	48
I.3 Gout.....	48
I.4. Turbidité.....	48
II. Paramètres physico-chimiques des eaux traitées.....	49
II.1. Température.....	49
II.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	49
II.3. Conductivité électriques.....	49
II.4. Chlore libre.....	49
II.5. Alcalinité totale, bicarbonates et carbonates.....	50
II.6. Dureté totale (TH), calcium et magnésium.....	50
II.7. Total des solides dissous (TDS).....	51
II.8. Sulfates .....	51
II.9. Phosphates.....	51
II.10. Indice de Langelier de saturation LSI.....	51

---

III. Paramètres chimiques .....	52
III.1. Nitrites .....	52
III.2. Cadmium.....	52
III.3. Plomb.....	52
III.4. Fer (Fe).....	52
III.5. Manganèse.....	55
III.6. Nickel.....	55
III.7. Chrome.....	55
III.8. Ammonium.....	55
VI. Conclusion.....	55
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUE.....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>67</b>

---

## LISTE DES FIGURES

	P.
<b>Figure .1 :</b> la disponibilité en eau douce par état en 2010 en m <sup>3</sup> par habitant par an	14
<b>Figure 2 :</b> Capacité mondiale de production en eau douce	15
<b>Figure 3 :</b> Schéma générale d'une installation de dessalement	16
<b>Figure 4 :</b> Le principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse ( flux )	20
<b>Figure 5 :</b> Diagramme de processus de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse	27
<b>Figure 6 :</b> filtres a sable et anthracite	30
<b>Figure 7 :</b> filtres à cartouches	30
<b>Figure 8 :</b> l'étape de l'osmose inverse	31
<b>Figure 9 :</b> La membrane spirale de l'osmose inverse	32
<b>Figure 10 :</b> Réservoir d'eau déminéralisée	33
<b>Figure 11:</b> les réservoir de CO <sub>2</sub> ( à gauche) et de lavage des membrane (à droite)	33
<b>Figure 12 :</b> Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF) de type AURORA AI.1200	46
<b>Figure 13 :</b> Concentration en nitrite dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE	53
<b>Figure 14 :</b> Concentration en Cadmium dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE	53
<b>Figure 15 :</b> Concentration en Plomb dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE	54
<b>Figure 16:</b> Concentration en Fer dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.	54

---

<b>Figure 17:</b>	Concentration en Manganese dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.	56
<b>Figure 18 :</b>	Concentration en Nickel dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.	56
<b>Figure 19 :</b>	Concentration en Chrome dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.	57
<b>Figure 20 :</b>	Concentration en Ammonium dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE	57

---

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b>	Principaux effets associés aux métaux lourds	11
<b>Tableau 2 :</b>	Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologiques responsables	12
<b>Tableau 3 :</b>	caractéristique de l'eau de mer (conditions de base du site )	26
<b>Tableau 4 :</b>	détermination de $\text{CO}_3^-$ et $\text{HCO}_3^-$ à partir du TA et TAC	38
<b>Tableau 5 :</b>	Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés (longueur d'onde)	47

---

## LISTE DES TABLEAUX ANNEXE

<b>Tableau A1</b>	la nature ,la periodité et les methodes d'analyses(norme algérienne).	68
<b>Tableau A2</b>	les résultats des analyses au niveau de laboratoire de la station de dessalement	69
<b>Tableau A3</b>	les Résultats des analyses effectués au niveau de l'ADE et ALZING	70
<b>Tableau A4 :</b>	Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006.	71
<b>Tableau A5 :</b>	Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.	72
<b>Tableau A6 :</b>	parametres de qualité de l'eau de consommation humaine( norme algérienne,2011)	73

---

## LISTE DES ABREVIATION

<b>AFSSA</b>	:	Agence française de sécurité sanitaire
<b>ADE</b>	:	Algérienne des eaux
<b>NTU</b>		Unite de turbidité Nephlo­métrie
<b>OMS</b>	:	Organisation mondiale de la sante
<b>OI</b>		Osmose inverse
<b>f°</b>	:	Degrés français
<b>TH</b>	:	Titre hydrométrique
<b>TDS</b>	:	Seles dissout totaux

---

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable est essentiel pour la santé. Sa disponibilité, outre un droit humain de base, déclaré par la loi relative à l'eau (JOA, 2005), ainsi que '*The General Assembly of The United Nation*', demeure un critère indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique durable d'un pays (OMS, 2011).

Au cours des années 1950 – 1990, la consommation mondiale d'eau a triplé, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliards d'habitants. La pénurie d'eau touche déjà tous les continents et plus de 40 % de la population de la planète (Jacques, 2007).

La rareté de l'eau se fait de plus en plus sentir et devient sans doute l'un des défis majeurs de ce siècle. D'après le '*Water Resources Institute*', il existe déjà plus de 26 pays, qui commencent à souffrir du manque d'eau et d'ici 2032, ce chiffre dépassera la barre des 50 % de la population mondiale. Par ailleurs, le '*Conseil Mondial de l'Eau*', avait avancé que sur une population de 6 milliards d'habitants, 1 sur 4 n'accède pas à une eau de qualité et en quantité suffisante, qu'un habitant sur deux ne dispose pas d'un système d'assainissement adéquat et, chaque année, 7 millions de personnes meurent à cause des maladies d'origine hydrique. Avoir donc une meilleure connaissance des ressources en eau existantes, s'avère crucial pour arriver à combler ce manque à savoir: 'La vulnérabilité des ressources à un éventuel facteur', 'les mesures nécessaires pour développer, gérer et protéger les ressources (BELGHITI et al., 2013).

L'Algérie dispose de ressources naturelles limitées, irrégulières et très inégalement réparties. A l'exception des eaux fossiles du Sahara, les ressources hydrauliques naturelles sont principalement situées dans le Nord du pays. 90 % de la totalité des écoulements superficiels se trouvent sur la région littorale, les 10 % restant se partageant entre les Hauts Plateaux et les bassins sahariens. La demande globale en eau a considérablement et rapidement augmenté. Multipliée par 4 au cours des quarante dernières années, elle dépasse actuellement plus de la moitié du volume des ressources potentiellement mobilisables. La part que prend l'alimentation en eau potable s'est considérablement accrue en volume et en proportion. De 16 % de la consommation globale en 1975, elle est passée à 35 % actuellement. L'alimentation en eau potable a acquis une nette priorité par rapport aux autres utilisations, priorité qui a été consacrée dans la législation algérienne relative à l'eau (BENBLIDIA, 2011 ). La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante.

Face à ces défis vitaux, l'Algérie est lancée depuis peu, mais de façon intense, dans le dessalement de l'eau de mer. Cette solution s'est imposée afin de faire face à ces besoins

---

grandissants, mais aussi pour atténuer la pression sur les ressources locales. Par conséquent, l'Algérie s'est fixée un objectif de réaliser 13 stations de dessalement de l'eau de mer, d'une capacité de 2.260.000 m<sup>3</sup>/jour, selon l'ADE (KERTOUS, 2008).

Dans cette optique, une étude est menée en vue d'explorer le principe d'exploitation de la station de dessalement de '*Honaine*' et les caractéristiques physico-chimiques des eaux traitées de la station sus-citée.

---

## **CHAPITRE I : GENERALITES**

### **I. L'eau**

#### **I.1. Définition**

L'eau est banal, incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps Singulière, fantasque, exceptionnelle. de valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Lorsqu'elle gèle, Elle augmente de volume, se gonfle au lieu de diminuer comme la plupart Des autres substances, elle se solidifie et flotte en milieu liquide (MERCIER, 2000).

#### **I.2. Importance de l'eau**

##### **I.2.1. L'eau dans l'organisme humain**

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation( BALDERACCHI, 2009).

##### **I.2.2. Eau et alimentation**

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments (DUMOULIN et MANTHA, 2009). Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments. En fin de digestion, une faible proportion de toute cette eau descend dans l'intestin qui l'élimine avec les résidus de la digestion. Mais la plus grande part traverse les parois de l'intestin grêle et du colon pour aller

---

rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons (HUOT, 2010).

Sur le plan quantitatif, les activités humaines consommatrices d'eau traitée sont réparties selon les domaines:

- l'agriculture: 68 % (pour l'irrigation)
- la consommation humaine: 24 %
- l'industrie: 5 %
- production d'énergie: 3 %.(Jean-Marie, 2009).

### **I.2.3. L'eau déminéralisée et risques ( muqueuses intestinales )**

Il a été démontré que la consommation d'eau à faible teneur en minéraux a un effet négatif sur les mécanismes homéostases. L'homéostasie est la tendance de l'organisme à maintenir ses différentes constantes à des valeurs ne s'écartant pas de la normale (l'homéostasie assure, par exemple, le maintien de la température, du débit sanguin, de la tension artérielle, du pH, des volumes liquidiens de l'organisme, de la composition du milieu intérieur, etc.). Les expériences sur les animaux ont montré à plusieurs reprises que la prise d'eau déminéralisée mène à des hausses de la diurèse, volume de fluide cellulaire supplémentaire, diminution du volume des cellules rouges et certains autres changements hématocrites. Une étude allemande a prouvé que si l'eau distillée est ingérée, l'intestin doit ajouter des électrolytes à cette eau, les prenant des réserves du corps. L'ingestion d'eau distillée mène à la dilution des électrolytes dissous dans l'eau du corps. Une redistribution inadéquate de l'eau du corps peut compromettre la fonction des organes vitaux.

Par le passé, des problèmes de santé aigus furent rapportés chez les escaladeurs de montagne qui avaient préparé leurs boissons avec de la neige n'ayant pas assez d'ions nécessaires. Une plus grave tournure d'une telle condition couplée avec un œdème du cerveau, des convulsions et des acidoses métaboliques fut reportée chez des enfants dont les boissons furent préparées avec de l'eau distillée ou de l'eau en bouteille contenant très peu de minéraux (OMS, 2004).

## **II. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres**

### **II.1. Les eaux marines**

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre

---

7.5 et 8.4 (RAPINAT, 1982) . 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 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées (HUOT, 2001).

## **II.2. Les eaux saumâtres**

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{Na Cl}$  (HUOT, 2001).

## **II.3. La répartition de l'eau sur la terre**

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans mais l'eau est aussi présente sous forme gazeuse, liquide et solide. Selon (DITTMAN, 2009), le volume approximatif de l'eau de la Terre (tous les réserves d'eau du monde) est de 1 360 000 000  $\text{km}^3$ . Dans ce volume, la répartition est la suivante :

- ☞ 1 320 000 000  $\text{km}^3$  (97,2 %) se trouve dans les océans,
- ☞ 25 000 000  $\text{km}^3$  (1,8 %) se trouve dans les glaciers et les calottes glaciaires.
- ☞ 13 000 000  $\text{km}^3$  (0,9 %) sont des eaux souterraines,
- ☞ 250 000  $\text{km}^3$  (0,02 %) sous forme d'eau douce dans les lacs, les mers intérieures, et les fleuves,
- 13 000  $\text{km}^3$  (0,001 %) sous forme de vapeur d'eau atmosphérique à un moment donné

## **II.4. Propriétés de l'eau**

L'eau est une molécule remarquable dont les propriétés sont présentées ci-dessous :

- ☞ L'eau a une force de cohésion élevée (difficile à évaporer)
- ☞ (Température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire).
- ☞ Cela permet à une importante phase liquide d'exister aux températures, connues sur terre (phase liquide indispensable à la vie telle que nous la connaissons).

- 
- Ses propriétés de solvant « doux » (un très grand nombre de réactions biochimiques possible)
  - Le fait que la densité de l'eau soit plus grande à l'état liquide que solide, (conséquence remarquable : la glace flotte sur l'eau liquide)
  - La densité de l'eau douce soit maximale à 4 °C fait que la température au fond d'un lac ne peut pas descendre en dessous de 4 °C (sauf cas extrêmes). Cela permet à la vie aquatique de survivre aux périodes glacées, car l'eau reste liquide sous son manteau de glace isolant.)
  - La tension superficielle particulièrement élevée permet le phénomène de capillarité (qui permet, entre autres, à la sève des végétaux de monter) et à de nombreux êtres vivants de se déplacer sur la surface de l'eau (DITTMAN, 2009).
  - L'eau est aussi la seule substance qui existe en trois états : liquide, solide et vapeur. Toutes les autres substances ne peuvent revêtir que deux états physiques seulement (MAILLARD & MORILLON, 2013).

## **II.5. Catégories d'eaux douces**

Les différents types d'eaux douces sont définis par (D.F.I., 2005). On distingue :

- ◆ L'Eau potable
- ◆ L'Eau de source
- ◆ L'Eau minérale naturelle

### **II.5.1. L'Eau potable**

On entend Par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires.

### **II.5.2. L'Eau de source**

On entend Par eau de source, de l'eau potable conditionnée directement à la source, non traitée ou uniquement traitée au moyen des procédés admis pour l'eau minérale naturelle.

### **II.5.3. L'Eau minérale naturelle**

C'est une eau souterraine microbiologiquement irréprochable, provenant d'une ou de plusieurs sources naturelles ou de captages Souterrains artificiels.

## **III. Les paramètres de potabilité de l'eau**

---

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (DEVILLERS et *al.*, 2005). En ce sens, les normes fixent les concentrations maximales admissibles (CPA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

### **III.1. Paramètres organoleptiques**

#### **III.1.1. La couleur**

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (ALPHA, 2005).

#### **III.1.2. Goûts et odeurs**

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère (MONIQUE, 1991).

#### **III.1.3. La turbidité**

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les superficielles et souterraines selon leur origine (SAVARY, 2010).

### **III.2. Paramètres physicochimiques**

#### **III.2.1. La température**

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987).

---

### III.2.2. pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (HIMMI et *al*, 2003).

### III.2.3. Matières en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (RODIER, 1996). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution (HEBERT & LEGERE, 2000).

### III.2.4. La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. L'unité de la conductivité est le *Siemens* par mètre (S/m). La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006).

### III.2.5. La dureté totale

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $Na^+$ ,  $K^+$ ) et  $H^+$ . Elle est souvent due aux ions  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $CaCO_3$  par litre (DEVILLERS et *al.*, 2005).

Dans l'eau, sont déterminés :

- ♣ *la dureté totale* ou titre hydrotimétrique *TH* qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne ;
- ♣ *la dureté calcique* qui correspond à la teneur globale en sels de calcium ;
- ♣ *la dureté magnésienne* qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium ;
- ♣ *la dureté carbonatée* correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium.

---

### III.2.6. Solubilité des gaz dans l'eau

L'eau contient toujours des gaz dissous dont les concentrations dépendent notamment de la température ainsi que de la composition et de la pression de l'atmosphère gazeux avec laquelle elle est en contact. La loi de HENRY appliquée à la solubilité des gaz dans l'eau pure, prévoit que, la concentration dissoute d'un composé gazeux dans l'eau est directement proportionnelle à la pression partielle de ce composé dans la phase gazeuse au contact de l'eau (RODIER, 2009).

### III.2.7. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrate. Deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français ( $1^{\circ}f = 10 \text{ mg. L}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = 0,2 \text{ milliequivalent.L}^{-1}$ ), (RODIER, 2009).

### III.2.8. Cations et anions

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ». Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée (domestique, agricole, industriel, santé, tourisme, refroidissement...) (RODIER, 2009).

- **Le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

L'ion calcium est le composé principal de la dureté de l'eau, il se trouve en général à une concentration de 5-500mg/l exprimé en  $\text{CaCO}_3$  (2-200mg en  $\text{Ca}^{2+}$ ) (KEMMER, 1984).

- **Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )**

La dureté magnésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale, les deux tiers restants correspondent à la dureté calcique, sa valeur est de 10 à 50 mg/l (environ 40-200 mg /l en  $\text{CaCO}_3$ ) (KEMMER, 1984).

---

- **Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

L'ion de bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. On le trouve souvent à une concentration de 5-500mg/L exprimée en  $\text{CaCO}_3$  (KEMMER, 1984).

- **Le Chlore ( $\text{Cl}^-$ )**

Puisque tous les sels du chlore sont très solubles dans l'eau, le chlore est fréquent dans les réserves d'eau douce à un taux de 10 à 100 mg /l (KEMMER, 1984).

### **III.2.9. Les nitrates et les nitrites**

Ces paramètres sont des indicateurs pertinents de la dégradation des ressources en eau utilisée pour la production d'eau potable. La présence de nitrates dans l'eau d'alimentation peut avoir plusieurs origines :

- une origine liée aux activités humaines (rejets industriels, agricoles et urbains) ;
- une origine naturelle dans la mesure où les nitrates résultent des transformations de l'azote dans les eaux et les sols (cycle de l'azote).

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre 'Nitrosomonas', puis en nitrates par les bactéries du genre 'Nitrobacter'. Les nitrates sont très solubles dans l'eau (INSQ, 2013). Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques: la méthémoglobinémie et le risque de cancer (BELGHITI et al., 2013).

### **III.2.10. Pollution des eaux par les métaux lourds**

La pollution des eaux se fait par des métaux lourds souvent sous forme de traces, qui peuvent provoquer des intoxications chez l'homme par la consommation de l'eau contaminée en dépassant les limites fixées par la réglementation et l'OMS. Ces métaux lourds sont en particulier : Le cadmium, le fer, le plomb, l'arsenic, le nickel, et le bore. Les principaux effets associés aux éléments ci-dessus sont présentés au **tableau 02**.

**Tableau n° 02 : Principaux effets associés aux métaux lourds**  
(SPARKS, 1998; EWERS & SCHILPKOTER, 1991; in FELLAH, 2010).

<b>ELEMENT</b>	<b>EFFETS</b>
Arsenic (As)	Toxique, possible cancérigène
Cadmium (Cd)	Hypertension, dommages sur le foie, Affections respiratoires, troubles rénaux
Chrome (Cr)	Cancérigène sous forme de Cr(VI), troubles dermatologiques, anémie
Cuivre (Cu)	Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Mercure (Hg)	Toxicité chronique et aiguë, Troubles du système nerveux (mémoire, fonctions sensorielles de coordination)
Nickel (Ni)	Maladies respiratoires, asthme, malformations congénitales, cancérigène
Plomb (Pb)	Toxique, troubles du système nerveux et cardiovasculaire, fatigue, cancérigène, affection du foie et des reins
Sélénium (Se)	Essentiel à faibles doses, toxique à doses élevées
Zinc (Zn)	Toxique pour les végétaux à de fortes teneurs

### **III.3. Paramètres microbiologiques**

Le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence dans l'eau de microorganismes pathogènes, ou potentiellement pathogènes (opportunistes) et ce en quantité supérieure au seuil d'infection fixé par l'OMS. Parmi ces microorganismes, on distingue les virus, les bactéries et les protozoaires. Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné non seulement par les propriétés de l'agent infectieux, mais aussi par la réceptivité de l'hôte. Il convient de préciser que la mise en œuvre de procédés élémentaires de désinfection telle que la chloration de l'eau, permet d'éradiquer totalement les fléaux tels que le cholera, la dysenterie bacillaire ou les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes (**Tableau 03** ; LEBLEU, 2007).

**Tableau n° 03 :** Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologiques responsables d'après ( HASLAY et LECLERC, 1993) .

<b>Origine</b>	<b>Maladies</b>	<b>Agents pathogènes</b>
Parasitaire	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolyca</i>
	Gastro-enterites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>
Bactérienne	Fievres typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A et B
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro-enterites	<i>Escherichia coli</i> enterotoxinogène <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-enterites	Rotavirus Enterovirus Calicivirus Adenovirus...

---

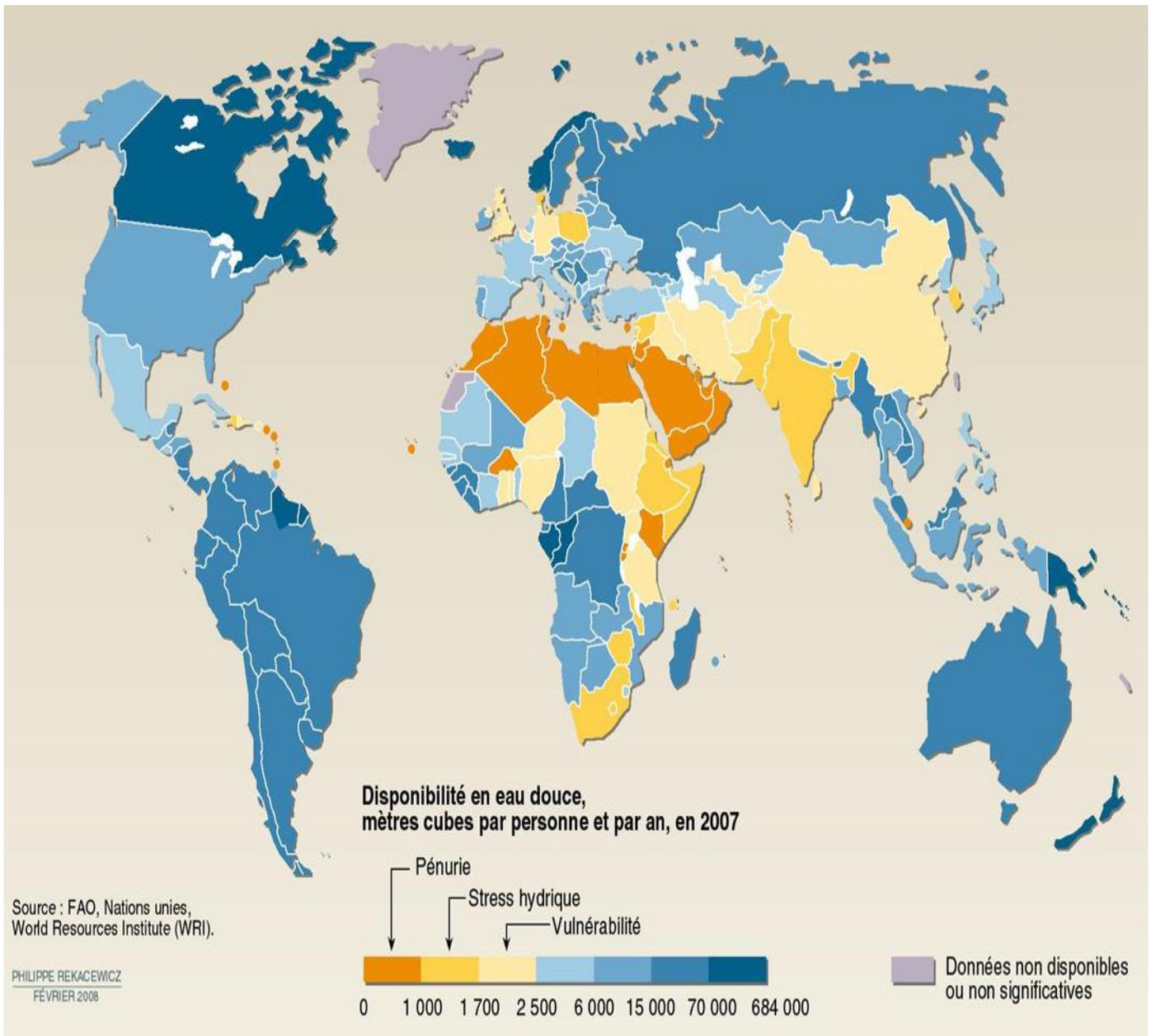
## CHAPITRE II : LE DESSALEMENT

### I. Généralités

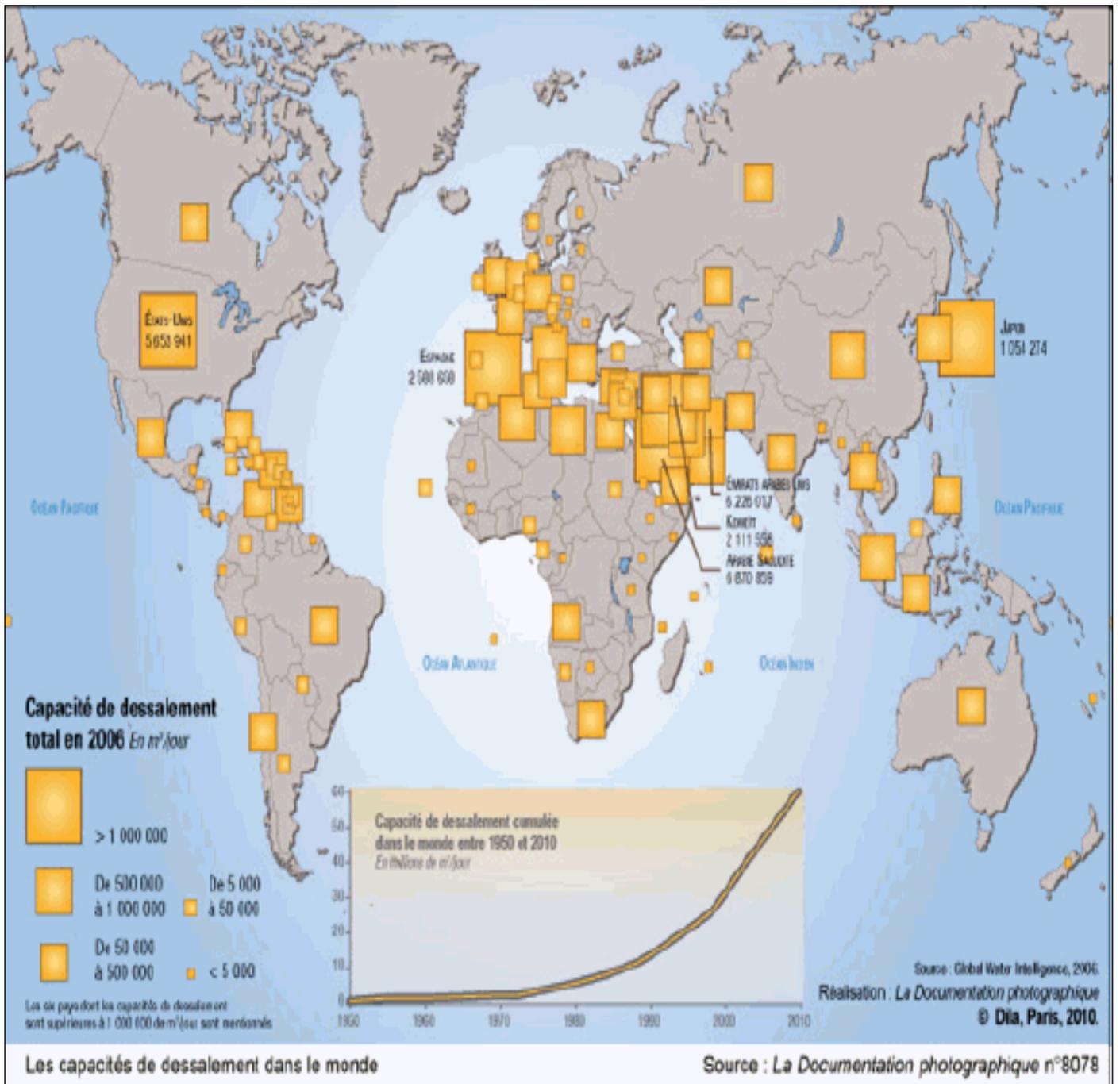
#### I.1. Situation du dessalement dans le monde

Le dessalement de l'eau est en très forte croissance dans le monde. L'approvisionnement en eau potable sur le plan quantitatif et qualitatif s'impose de plus en plus, parallèlement aux risques de pollutions (vecteurs de maladies, toxines ou matières en suspension ou agents pathogènes) qui perdurent à chaque étape du parcours de l'eau. La disponibilité géographique en eau douce est inégalement répartie dans le monde (Figure 01 ; FAO, 2008). Face à cette réalité, le **dessalement** de l'eau de mer est venu s'imposer pour pallier à ce déséquilibre. La capacité installée de dessalement augmente chaque année en moyenne de plus de 10%. Aujourd'hui, plus de 15 000 unités de dessalement dans 120 pays produisent environ 40 millions de m<sup>3</sup>/j, dont les trois quarts issus de l'eau de mer et un quart des eaux saumâtres. Sur ces 40 millions, 75% sont destinés à la consommation humaine, 25% à un usage industriel ou agricole. Rappelons que la capacité mondiale de production en eau potable est de l'ordre de 500 millions de m<sup>3</sup>/j<sup>2</sup> (Figure 02 ; PATIER & BLANCHON, 2010).

La Chine a annoncé 1 million de m<sup>3</sup>/j d'eau de mer traitée en 2010 et jusqu'à 3 millions de m<sup>3</sup>/j en 2020. 60% des besoins en eau douce des pays du Golfe Persique sont satisfaits par le dessalement d'eau de mer. En Méditerranée, la production artificielle d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre souterraine a débuté d'abord dans des situations d'isolement insulaire (Malte, Baléares, Dalmatie, Chypre, Cyclades...), littorales (Libye) et désertiques (Algérie), et essaime aujourd'hui très rapidement tout autour de la Méditerranée. L'Algérie et l'Espagne ont clairement opté pour cette option pour résoudre leur problème de pénurie. A ce jour, la Méditerranée représente environ un quart du dessalement mondial. Vers 2030, la région pourrait approcher le chiffre du dessalement mondial actuel (soit environ de 30 à 40 millions de m<sup>3</sup>/j). (BOYE, 2008).



**Figure n°01** : la disponibilité en eau douce par état en 2007 en m<sup>3</sup> par habitant par an (FAO, 2008).



**Figure 02 :** Capacités de dessalement dans le monde (PATIER & BLANCHON, 2010)

---

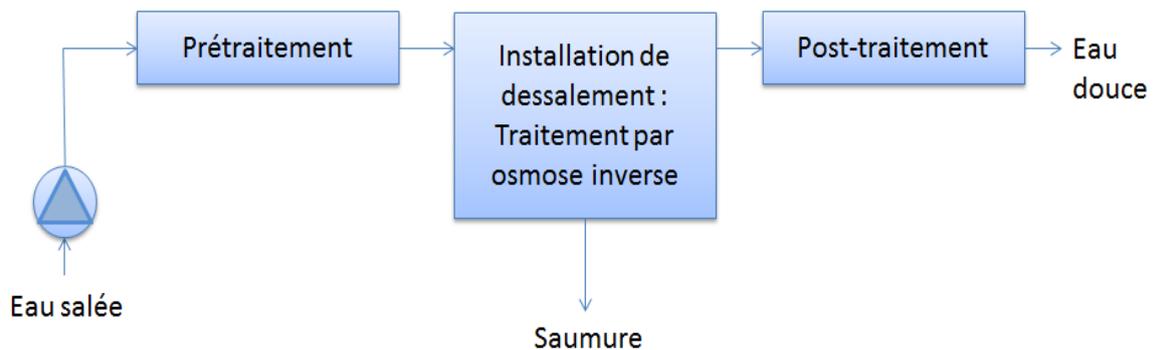
## I.2. Définition du dessalement de l'eau de mer

Le dessalement s'appelle dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale (DUNGLAS, 2014).

## I.3. Etapes de dessalement de l'eau de mer

Le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes :

- ☞ la captation de l'eau de mer
- ☞ le prétraitement
- ☞ Les différents procédés de dessalement
- ☞ le post traitement ou minéralisation



**Figure n°03 :** Schéma général d'une installation de dessalement (MAUREL, 2006).

### I.3.1. Captation d'eau de mer

Consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement, cette eau doit être bonne du point de vue matières en suspension. Sont utilisés dans cette étape deux types de technologies :

- ▲ *Les forages côtiers* : soit verticaux soit sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables,
- ▲ *La prise d'eau de surface* : peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants (MAUREL, 2006).

---

### **I.3.2. Le prétraitement**

Le prétraitement de l'eau de mer avant osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de l'osmose inverse sur le long terme. Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physiques et les prétraitements chimiques.

- Les prétraitements physiques incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire.
- Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de polyélectrolytes (TANSAKUL, 2009).

#### **a- Coagulation-floculation**

La coagulation permet de favoriser l'agglomération des colloïdes en diminuant les forces de répulsion électrostatique (liées aux charges superficielles). La floculation consiste à agglomérer ces particules en microflocs puis en floccs plus volumineux décantables. Les substances les plus couramment utilisées sont :

- pour la coagulation : la chaux, l'alun, le sulfate ferrique et le chlorure ferrique,
- pour la floculation : les polymères organiques à longues chaînes de masse molaire élevée( BRGM,2010).

#### **b- La filtration**

Dans le cas de la filtration sur sable, la séparation s'effectue le long d'un milieu poreux (le sable), plus ou moins tortueux, qui se colmatara en profondeur au fur et à mesure de l'accumulation des particules en suspension lors du passage du fluide. Plusieurs autres types de filtres reposent sur ce principe (filtre à cartouche, filtre à disque,...). Un milieu poreux représente un ensemble de grains ou d'agrégats autour desquels des espaces vides, appelés pores, sont interconnectés ou non. Le matériau doit être perméable à un écoulement de fluide (CASTAING, 2011).

#### **c- Le Traitement chimique**

Après filtration à sable, des équipements de dosage font partie de prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes (acidification, addition de bisulfite de sodium et dosage d'anti-incrustant (CHENAOUI, 2010).

---

#### **d- La filtration de sécurité ou microfiltration:**

La microfiltration est assurée par l'utilisation d'un filtre à cartouche type bobiné. Entre le collecteur d'entrée et de sortie, il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes( CHENAOUI, 2010).

### **I.3.3. Les différents procédés 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).

#### **I.3.3.1. Procédés de distillation**

L'eau de mer chauffée produite de la vapeur d'eau qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau pure.

##### ***a. Distillation à simple effet***

Permet de reproduire le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer. La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par de l'eau de mer froide. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée, un deuxième, l'eau de mer concentrée (TATA DUCRU, 2009).

##### ***b. Distillation à multiples effets***

Son objectif est d'améliorer la consommation spécifique de l'évaporateur, simple effet. On sait que la température d'ébullition de l'eau varie avec la pression. On peut donc utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe d'une seconde chambre à pression et température plus faible et ainsi de suite (MAUREL, 2006).

##### ***C. Distillation avec compresseur de vapeur***

Consiste à une revalorisation de la vapeur d'eau du dernier effet par compression grâce à un compresseur mécanique ou via un éjecteur, on parle alors de thermocompression. La compression par éjecteur nécessite par ailleurs une vapeur motrice (SAMAKÉ, 2013).

---

#### ***d. Distillation par détente successive ou procédé 'Flash'***

Consiste à mettre une enceinte sous vide, isolée et ne contenant que de l'eau de mer. On la maintient en équilibre avec sa vapeur à une température « t » et une pression « p ». Lorsque de l'eau chaude est introduit dans l'enceinte, et que p est inférieure à la pression de saturation, on observe une vaporisation instantanée par détente. La chaleur de la vapeur est transférée à l'eau froide circulant dans les tubes de condenseur. Elle est alors condensée sur un faisceau tubulaire situé dans la partie supérieure de l'enceinte. On peut alors récupérer l'eau distillée pure (DAUSSY et al., 2012).

#### **I.3.3.2. Procédés membranaires**

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de mer, on peut envisager une séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives. Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés. Ce sont *l'électrodialyse* et *l'osmose inverse*.

##### **I.3.3.2.1. L'électrodialyse**

L'électrodialyse fonctionne sur le principe du rejet d'ions grâce à leur charge. Les techniques de l'électrodialyse sont : la dialyse et l'électro-désionisation.

On distingue trois types d'électrodialyse :

- ✓ L'électrodialyse dite conventionnelle (ED)
- ✓ L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB)
- ✓ L'électrolyse à membranes (EM)

Le point commun de ces techniques est la mise en œuvre de membranes échangeuses d'ions permettant de transférer des ions de façon sélective sous l'effet d'un champ électrique.

##### ***a. L'électrodialyse dite conventionnelle***

Le terme dialyse désigne la diffusion d'une solution à travers une membrane qui lui est perméable. L'électrodialyse désigne le transfert d'ions à travers une membrane qui leur est perméable sous l'effet d'un champ électrique.

##### ***b. L'électrodialyse à membrane bipolaire***

Les membranes bipolaires sont constituées d'une face perméable aux anions et d'une face perméable aux cations. Sous l'effet d'un champs électrique, l'eau présente au cœur de la membrane est dissociée en ions  $H^+$  et  $OH^-$  générés respectivement par les faces cationiques et anioniques.

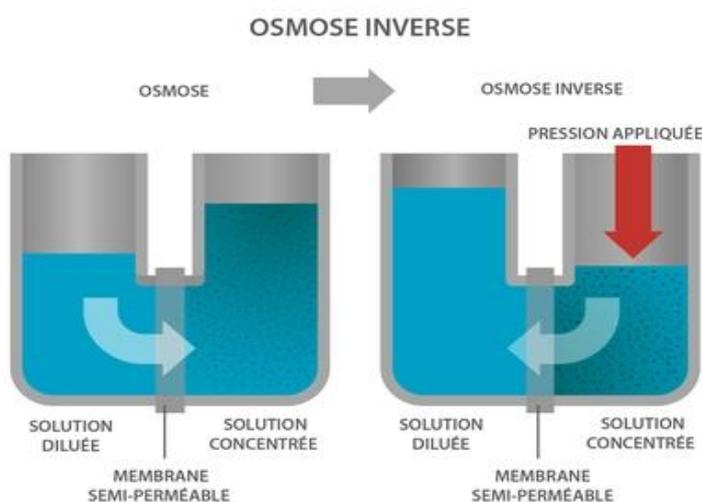
### c. L'électrolyse à membranes

L'électrolyse à membranes est la technique électro-membranaire dans laquelle on couple les effets d'une électrodialyse (migration d'ions au travers d'une membrane semi-perméable) à ceux d'une électrolyse (réaction aux électrodes), (BERLAND & JUERY, 2002).

#### I.3.3.2.2. L'osmose inverse

L'osmose un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en soluté de part et d'autres d'une membrane semi-perméable. C'est est un phénomène naturel, notamment à travers les membranes cellulaires (BERLAND & JUERY, 2002).

Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaye 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 va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. 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 04), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée ; c'est le phénomène d'osmose inverse (MAUREL, 2006).



**Figure n° 04:** Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse

### **I.3.3.2.2.1. Installation d'osmose inverse**

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants :

- La membrane proprement dite
- Le module
- La pompe haute pression (HP)
- Le système de récupération d'énergie

#### ***a. Membranes d'osmose inverse***

Une membrane est une interface physique de faible épaisseur, qui contrôle le transfert d'espèces chimiques entre les deux milieux qu'elle sépare. Cette interface peut être homogène au niveau moléculaire, uniforme en composition et structure, ou elle peut être chimiquement et physiquement hétérogène, contenant des pores de dimensions définies ou contenant des couches superposées (ARZATE, 2008).

Du point de vue classification, il existe une grande diversité des membranes. Elles sont classées par famille selon leur nature chimique, leur structure et leur forme physique.

#### ***b. Modules d'osmose inverse***

Pour être mise en œuvre, les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules. Une enceinte résistante à la pression est toujours nécessaire. Il existe quatre types de modules.

##### **◆ Modules plans :**

Les *modules plans* sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides (BERLAND & JUERY, 2002).

##### **◆ Modules tubulaires :**

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes. Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangentiel (BERLAND & JUERY, 2002).

---

#### ◆ **Modules spirales :**

C'est un module particulier de membranes planes qui sont enroulées autour d'un axe creux collecteur de perméat. L'ensemble est introduit dans une enveloppe cylindrique dont les sections donnent accès à l'entrée de l'alimentation et à la sortie du rétentat( ELKHABBAZE, 2008).

#### ◆ **Modules à fibres creuses :**

Ils contiennent plusieurs milliers de fibres dont le diamètre est de l'ordre de 1 mm. Les aisceaux ainsi obtenus sont encollés aux extrémités de façon à assurer l'étanchéité entre le compartiment (perméat) et l'alimentation. L'alimentation peut se faire à l'intérieur (interne- externe) ou à l'extérieur (externe-interne) des fibres creuses, selon que la peau active est a l'intérieur ou à l'extérieur de la fibre creuse( ELKHABBAZE, 2008).

#### ***c. Colmatage des membranes et leur nettoyage***

Le Colmatage des membranes a pour conséquence de réduire le flux d'écoulement ou d'augmenter la pression d'opération. La détermination de la nature et de la structure des éléments qui colmatent la membrane est nécessaire pour établir le choix des agents de nettoyage et des conditions d'opération les plus efficaces. On peut classer les éléments colmatant en deux groupes :

- Les résidus solubles dans l'eau : qui peuvent être éliminés par un simple rinçage.
- Les résidus non solubles dans l'eau : qui forment une couche poreuse et résistante composée principalement de protéines et de sels, ainsi que de microorganismes, colloïdes, polysaccharides insolubles, etc.

Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de perméabilité, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes. Les différentes techniques de nettoyage sont :

- *Le nettoyage mécanique* : partiel mais rapides, son principe consiste à décoller et retirer la matière accumulée sur la membrane par des forces mécaniques.
- *Le nettoyage chimique* : nécessite un arrêt de production périodique, génère des couts en solution de lavages et en traitement des effluents. Il se compose d'une séquence de lavage acide et basique, ainsi que de phase de rinçage.
- *Le nettoyage enzymatique* : constitue une alternative aux traitements chimiques. Il peut être appliqué dans le cas de membranes sensibles aux

---

réactifs chimiques, au pH ou à la température élevée, ainsi que dans les cas de colmatage avancé (ARZATE, 2008).

▪

#### *d. Pompe haute-pression HP et système de récupération d'énergie*

Les pompe haute-pression d'alimentation des modules d'osmose inverse destinée au dessalement de l'eau de mer ainsi que les dispositifs de récupération de l'énergie hydraulique du concentrât qui y sont associés, représentent des postes très importants dans la conception des usines de dessalement, tant du point de vue de l'investissement, que de celui de l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement. Les pompes haute-pression des membranes d'osmose doivent permettre d'assurer un débit d'eau à une pression donnée, tout en absorbant le minimum d'énergie (CORSIN & CEDRIC, 2003).

### **I.3.3.3. Autres procédés de dessalement**

#### **I.3.3.3.1. Echange ionique**

Le phénomène d'échange d'ions se produit quand on met en contact une eau saumâtre avec certaines substances insolubles ayant la propriété d'échanger certains de leurs ions avec les sels de l'eau, les produits employés actuellement sont des produits insolubles dénommés échangeurs d'ions (résines synthétiques sous la forme de graines d'environ 0,3 à 1,5 mm). Cette méthode est applicable seulement pour les eaux contenant jusqu'à 8 et même 10 g/L (BECHKI, 2011).

#### **I.3.3.3.2. Dessalement par congélation**

Le dessalement par congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure. Elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce. En pratique, la glace est contaminée par les sels lors de la congélation pour des raisons cinétiques, et par la saumure elle-même pendant la séparation glace solution ; Le procédé doit permettre de minimiser cette contamination (MANDRI, 2011).

#### **I.3.3.3.3. Distillation solaire**

La distillation solaire est un procédé simple et pouvant être appliqué de façon rustique mais elle ne convient évidemment qu'aux régions où l'ensoleillement est suffisant. L'eau salée dans le bac va se chauffer (d'autant plus vite que le bassin est noir) et avec l'augmentation de température une partie de l'eau s'évapore et la vapeur d'eau se liquéfie sur la surface intérieure de la vitre transparente. Éventuellement des gouttes d'eau vont se former,

---

couler sur la surface de la vitre et tomber dans le récupérateur situé au coin. Il faut régulièrement nettoyer le bassin pour éliminer le sel (FIDALI, 2007).

#### **I.3.4. Le post traitement ou minéralisation**

En général, l'étape de poste traitement comporte deux phases principales : l'ajustement de pH et la chloration.

##### **I.3.4. 1. L'ajustement de pH**

L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive. Son pH est inférieur au pH de saturation. La correction du pH se fait par une solution alcaline, automatiquement par une fonction du pH (CHENAOUI, 2010).

##### **I.3.4. 2. La chloration**

Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contamination ultérieures au cours de son transport ou de son stockage (TAHRAOUI et *al.*, 2010).

---

## CHAPITRE III : CADRE D'ETUDE

### I. Présentation de la station de dessalement de 'Honaïne'

Au Nord-Ouest Algérien, la Wilaya de Tlemcen a fait l'objet de l'installation d'une station de dessalement d'eau de mer, dans la région de 'Honaïne'. Sa capacité de production est de 200.000.m<sup>3</sup>/j, assurant l'approvisionnement en eau potable de 23 communes ainsi que les agglomérations urbaines du Grand-Tlemcen (Tlemcen, Mansourah et Chetouane), soit une population d'environ 555.000 habitants.

La station de dessalement de l'eau mer de 'Honaïne', est la deuxième station de dessalement dont dispose la wilaya après celle de 'Souk Tleta', entamée en 2006 par le groupement espagnol GEIDA (composé des sociétés COBRA, SADYT, BEFESA et CODESA), a été opérationnelle en juillet 2012, avec un montant d'investissement de 250 million de dollars, (ALLAM, 2012).

#### I.1. Situation géographique

Sise à 60km du chef lieu de la Wilaya, la commune de Honaïne s'étend sur une superficie totale de 6385 hectares, elle est limitée au :

- Nord-Est des Trara orientaux, limitrophe à la daïra de Béni Saf dans la wilaya d'Ain- Temouchent, limitée au Nord par la mer,
- à l'ouest par les daïras de Nedroma et de Ghazaouet,
- et au sud par la daïra de Remchi (OTMANI, 2009).

#### I.2. Caractéristiques de l'eau de mer

Les caractéristiques de l'eau de mer faisant l'objet du dessalement sont présentées dans le (tableau n°06). Il s'agit des conditions de base pour entamer l'opération de dessalement

**Tableau n°06:** Caractéristique de l'eau de mer-honaine (Conditions de base du site).

<b>PARAMETRES</b>	<b>UNITE</b>	<b>CONDITION DE BASE DU SITE DE LA STATION DE DESSALEMENT DE 'HONAÏNE'</b>
Température	° C	<b>24</b>
Les solides dissous total	g/l	<b>40,074</b>
Les matières en suspension	g/l	<b>0,004</b>
Chlorure	g/l	<b>22,289</b>
Calcium	g/l	<b>1,047</b>
Sulfate	g/l	<b>2,978</b>
Magnésium	g/l	<b>1,545</b>
Sodium	g/l	<b>11,472</b>
potassium	g/L	<b>0.583</b>
Bicarbonate	g/l	<b>0.130</b>
pH		<b>8,2</b>

## **II. Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Honaine**

Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

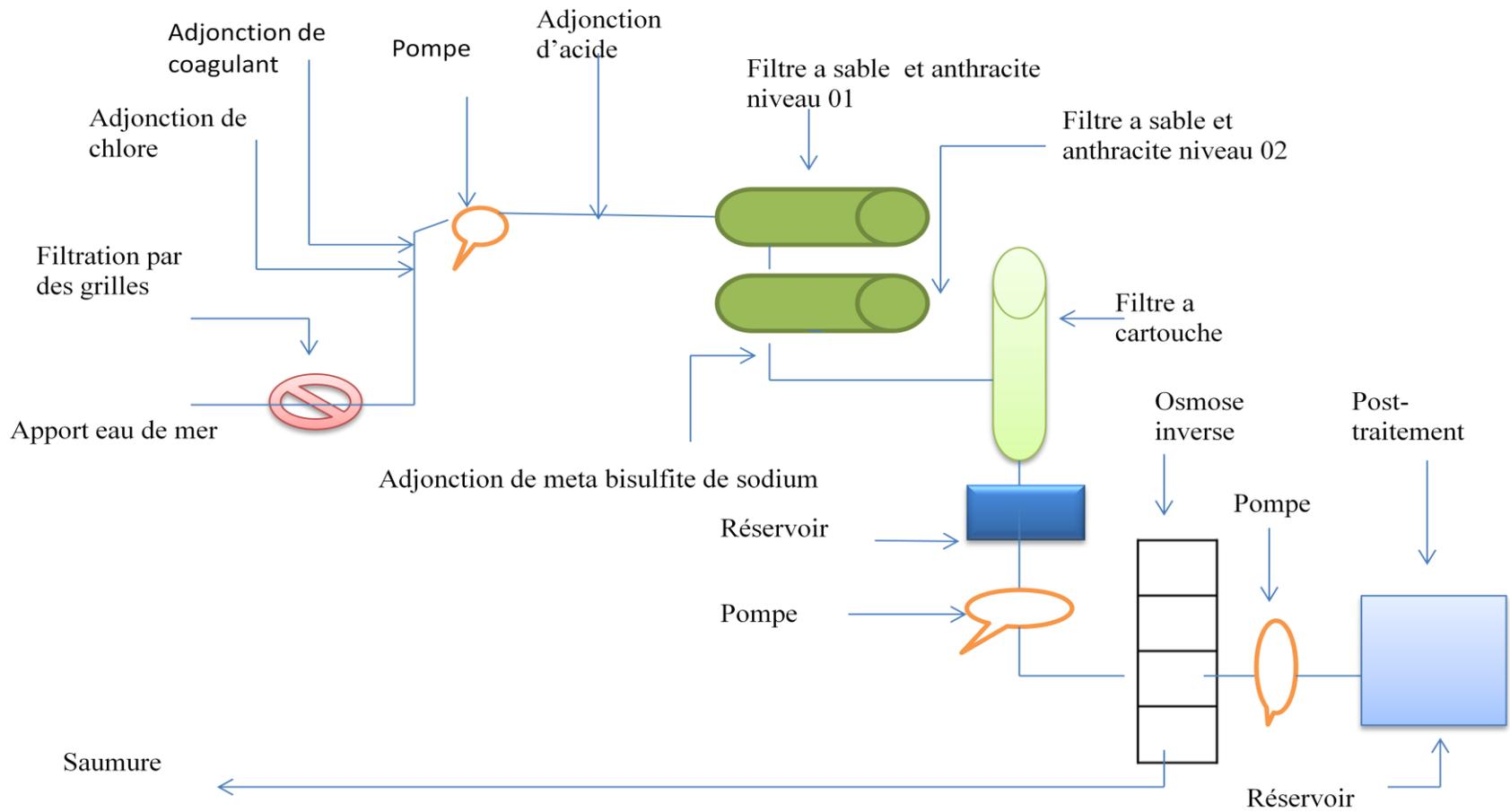
- ↻ La captation de l'eau de mer
- ↻ Le pré-traitement
- ↻ L'osmose inverse
- ↻ Le post-traitement

### **II.1. Captation d'eau de mer et filtration primitive**

La première opération s'effectue au niveau de « la tour de captage de l'eau de mer » qui consiste à pomper l'eau de mer par le biais de 11 pompes dont une de réserve (veille), par aspiration à vide au débit de 18934 m<sup>3</sup>/h. Cette tour est dotée d'un système de pré-filtration

---

comprenant trois tubes de grilles à gros grains et des tamis auto-nettoyants. Cette filtration d'eau permet d'assurer une entrée en eau moins chargée en débris marins et homogène, adéquate pour l'étape suivante.



**Figure n°05:** Diagramme de processus de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse au niveau de la station de dessalement de l'eau de mer -Honaine

---

## II.2. Le pré-traitement

C'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer :

- ☞ Les solides en suspension
- ☞ Les matières organiques
- ☞ Les micro-organismes

Elle est aussi nécessaire pour éviter la détérioration des pompes, l'incrustation, l'encrassement et la dégradation des membranes d'osmose inverse par les microorganismes. Cette étape comporte deux types de pré-traitements :

### II.2. 1. Le pré-traitement chimique

Cette opération s'effectue au niveau de la tour de captage de l'eau de mer ou dans l'aspiration des pompes à eau de mer ou dans l'impulsion de ces dernières. Elle consiste à l'injection d'hypochlorite de sodium NaOCL, de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) et du métabisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ ).

#### II.2.1.1. Traitement par l'hypochlorite de sodium

Cette étape se fait grâce à deux citernes NaOCL d'une capacité de  $140 \text{ m}^3$ , munies de « 4 +1 » pompes destinées à injecter l'hypochlorite de sodium au niveau du système de pompage de l'eau de mer.

#### II.2.1.2. Traitement par le chlorure ferrique

Deux autres citernes de  $\text{FeCl}_3$  munies de « 4 +1 » pompes sont utilisées pour injecter le  $\text{FeCl}_3$  au niveau du système de pompage de l'eau de mer. Une injection éventuelle d'acide sulfurique pour ajuster le pH est possible lors du traitement. Cette injection a pour but d'éliminer les matières en suspension et les matières colloïdales présentes dans l'eau de mer.

#### II.2.1.3. Injection du métabisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$ )

L'utilisation du métabisulfite de sodium permet d'éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau de mer avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation. L'injection de la solution de  $\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$  se fait par l'ensemble des pompes (4+1) avant la filtration à sable ou à cartouche pour donner un maximum de temps de contact possible.

---

## II.2. 2. Pré-traitement physique

C'est un traitement destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique, par le passage de l'eau de mer à travers des filtres à sable et anthracite et à travers des filtres à cartouches.

Le mouvement de l'eau dans ces filtres est vertical, pénétrant par la partie supérieure du filtre et descendant à travers les couches filtrantes qui retiennent les matières solides dans sa partie inférieure. Des collecteurs munis de buses recueillent l'eau filtrée.

### II.2.2.1. Filtration à sable et anthracite

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer et, produit une eau filtrée à basse turbidité prête pour l'étape d'osmose inverse (Figure 06).

Le mouvement de l'eau dans ces filtres est vertical, pénétrant par la partie supérieure du filtre et descendant à travers les couches filtrantes qui retiennent les matières solides dans sa partie inférieure. Des collecteurs munis de buses recueillent l'eau filtrée.

Ce système de filtration comporte 80 filtres répartis en deux phases :

➤ **La première phase est constituée de 48 filtres contenant chacun :**

- une couche supérieure de 600 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 1.6 de diamètre .
- une couche intermédiaire de 400 mm de hauteur de lit de sable de 0.4 à 0.8 de diamètre.
- une couche inférieure comporte à la fois 100 mm d'anthracite de 1.4 à 2.5mm et 100 mm de sable de 4 à 8 mm.

➤ **La deuxième phase est constituée de 32 filtres contenant :**

- une couche supérieur de 700mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 0.8 mm de diamètre.
- une couche intermédiaire de 200 mm de hauteur de lit de sable de 0.55 mm de diamètre et de 1.4 de coefficient d'uniformité.
- une couche inférieur comprenant 100mm de sable de 2 mm et de 1.4 de coefficient d'uniformité.

Les deux types de filtres sont soumis à un système de lavage.



**Figure n°06 :** filtres à sables et anthracite (Station de Dessalement-Honaine)

#### **II.2.2.2. Filtration à cartouche**

C'est une microfiltration assurée par des cartouches en polypropylène de 25 micron et d'un diamètre de 61mm, dans des réservoirs métalliques en position verticale (Figure n° 07). Son rôle est la protection des pompes à haute pression, contrairement aux filtres à sable et anthracite. Ces filtres sont renouvelés périodiquement après 171 jours d'utilisation.



**Figure n°07 :** Filtres à cartouches au niveau de la station (Station de Dessalement-Honaine)

#### **II.2.2.3. Réservoir d'eau filtrée**

---

L'eau filtrée produite est stockée dans un réservoir fermé. Cette eau, à partir de ce réservoir, est utilisée pour alimenter les unités d'osmose inverse ; une autre partie est utilisée pour le rinçage et le nettoyage des filtres à sable. Ces derniers subissent l'accumulation des matières solides qui provoquent une augmentation de la résistance à l'écoulement ainsi que la diminution de la production d'eau filtrée. Un barbotage avec l'air est introduit afin d'améliorer l'efficacité du lavage par inversion du flux de bas en haut.

### II.3. L'étape d'osmose inverse

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par son passage à travers le système *d'osmose inverse* ; étape clé du processus sus-cité. Cette étape est constituée de 10 unités appelées « *Rack* » (Figure 08). Chaque unité est composée de :



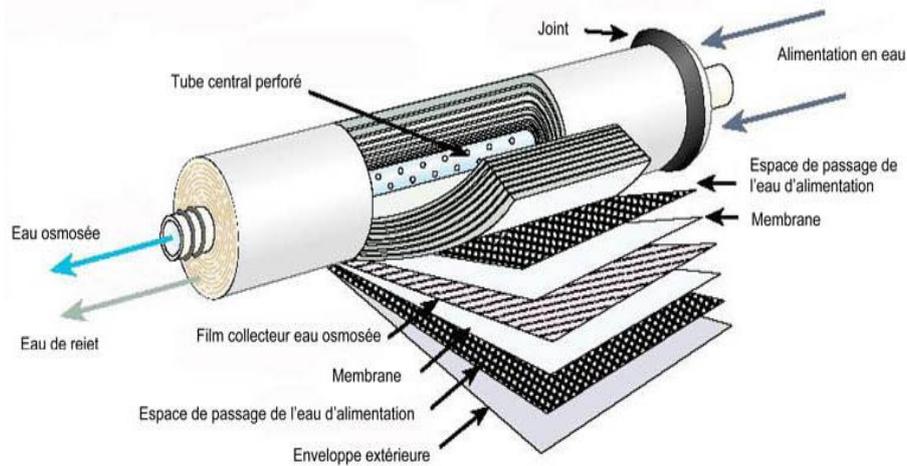
**Figure n°08 :** L'étape de l'osmose inverse (Station de Dessalement-Honaine)

#### II.3.1. Un châssis à membrane

Composé de 222 modules à 7 membranes de type « *SWC5 max, Hydranautics* ». Ces membranes type spirale (figure n°09 ) sont composées de:

- une couche de polyamide à  $0.15 \mu$
- une couche de poly-sulfone à  $40\mu$  pour supporter la couche polyamide

- une couche de polyester qui donne une certaine résistance mécanique de la membrane à  $100\mu$ .



**Figure n°09** : la membrane spirale de l'osmose inverse (DANIS, 2003)

### II.3.2. Une pompe à haute pression

Elle permet de fournir une pression jusqu'à 70 bar en vue d'alimenter l'osmose inverse. Cette dernière peut être de types « segmenté », « chambre partie », et autres, etc.

### II.3.3. Pompe de recirculation

Dans le but de compenser les pertes de charge produites dans les membranes et la tuyauterie, la station doit être dotée d'une pompe de recirculation pour augmenter la pression de l'eau de mer provenant du système de récupération d'énergie (px) avant l'arrivée du flux d'eau de mer provenant de la pompe centrifuge à haute pression.

### II.3.4. Système d'échange de pression

Grâce à un *rotor*, un système d'échange de pression s'effectue entre la saumure provenant des membranes à haute pression et l'eau de mer à basse pression, une récupération importante d'énergie permet la réduction de coût de dessalement de l'eau de mer.

### II.3.5. Réservoir de l'eau dessalée

Ce dernier est destiné à accueillir l'eau déminéralisée issue de l'osmose inverse. Cette eau dessalée est utilisée aussi pour rincer les membranes d'osmose inverse en cas de colmatage (Figure n°10).



**Figure n°10** : Réservoir de l'eau dessalée (Station de Dessalement-Honaine)

#### **II.4. Le Post-traitement**

L'eau issue du traitement de l'osmose inverse est indemne de tous les minéraux, c'est-à-dire non consommable, une reminéralisations est nécessaire pour rendre cette eau potable. L'injection automatique de CO<sub>2</sub> (Figure n°11) pour réduire le pH proche de 5 permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisations. Ce dernier est réalisé dans des tours ou chambres en nombre de dix, à l'intérieur desquelles est situé le lit de calcite (carbonate de calcium) de 2.86 m de hauteur, équipées par des tuyaux de distribution (Figure n°10). A travers ce lit de calcite l'eau traitée passe et atteindra le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour. Après et à l'aide d'un doseur automatique, il y aura un ajout d'hypochlorite de sodium à partir des deux citernes sus-citées.

A l'aide d'une dizaine de pompes l'eau traitée est pompée vers le réservoir de stockage afin de la distribuer par l'ADE, tandis que le rejet de saumure sera évacué par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1000m dans la mer dans le but d'assurer une meilleure dilution et d'éviter des conséquences indésirables pour l'environnement.



**Figure n°11** : Les réservoirs de CO<sub>2</sub> (Station de Dessalement-Honaine)

---

## MATERIEL & METHODES

### I. Analyses physico-chimiques des eaux traitées

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau traitée après le processus de dessalement.

#### I.1. Prélèvement et échantillonnage

##### I.1.1. Sites de prélèvements

La station de dessalement de l'eau de mer de Honaïne est dotée de plusieurs sites de prélèvement, à savoir:

- ☞ Au niveau de la prise d'eau de mer.
- ☞ Avant la filtration à sable et anthracite (phase n°01).
- ☞ Avant filtration à sable et anthracite (phase n°02)
- ☞ Avant la filtration à cartouche.
- ☞ Avant l'étape d'osmose inverse.
- ☞ Au niveau de réservoir de l'eau traitée.

##### I.1.2. Mode de prélèvement

Les échantillons d'eaux traitées ont été prélevés en vue de l'analyse physico-chimique. Le prélèvement d'un échantillon d'eau pour l'analyse physico-chimique est soumis à la procédure suivante :

- le contenant doit être propre, mais ne doit pas être nécessairement stérilisé, on a utilisé des bouteilles en plastique de 500 mL et de 1 litre et parfois des bouteilles en verre qui sont au préalable rincées avec de l'eau distillée au moins trois fois.

- il faut laisser couler l'eau à un débit maximal pendant 5-10 secondes et ensuite 2-5 minutes à débit moyen avant de prélever un échantillon.

- ouvrir l'emballage, le remplir et le fermer immédiatement..

Nous avons effectué vingt cinq (25) prélèvements au cours des mois de février et mars 2014. Sont effectuées des analyses des paramètres physico-chimiques tels que : pH, température, conductivité, TDS, Cl<sub>2</sub>, turbidité, dureté total, calcium, magnésium, alcalinité total, carbonate, bicarbonate, LSI, au niveau de laboratoire de contrôle de la qualité de la station de dessalement de Honaïne –Tlemcen.

---

Les autres paramètres tels que : Nitrite, Ammonium , Phosphate, Sulfate, Fer, Cadmium, Manganèse, Plomb, Nickel, Argent, Chrome, ont fait l'objet de trois prélèvements à différentes dates au cours des mois de février et mars 2014. Ensuite, les échantillons ont été transportés avec soins dans une glacière, en vue d'effectuer des analyses au niveau de laboratoire centrale ADE (L'Algérienne Des Eaux) Tlemcen, et au niveau de laboratoire de ALZINC –Ghazaouet-Tlemcen.

## **I.2. Méthodes d'analyse physico-chimiques**

Pour faire une étude qualitative de l'eau de mer traitée après le processus de dessalement, une analyse sensorielle des propriétés organoleptique constitue un des premiers indices de la potabilité de l'eau traitée.

### **I.2.1 Paramètres organoleptiques**

#### **I.2.1.1. Test de la couleur**

Le contrôle de la coloration des échantillons se fait par simple observation de l'eau contenue dans des flacons de verre transparent.

#### **I.2.1.2. Test de l'odeur et la saveur**

L'odeur a été évaluée par sensation lors de prélèvement de l'eau, et après un stockage de 48 h des échantillons, de même que la saveur, par une simple dégustation de cinq dégustateurs.

#### **I.2.1.3. Mesure de la Turbidité**

La mesure de la turbidité a été effectuée à l'aide d'un Turbidimètre (HANNA, Hi 93703) qui est étalonné d'avance à trois points 0,10 et 500 NTU. L'échantillon sera analysé en utilisant des cubes en verre bien nettoyés et bien séchés, remplis de l'eau à analyser et le résultat est affiché en NTU (Nephelométric Turbidity Unit).

### **I.2.2. Paramètres physicochimiques**

#### **I.2.2.1. Mesure de la Température**

Pour mesurer la température de l'eau, la station de dessalement est équipée par un thermomètre numérique introduit directement au niveau de la canalisation. Cette mesure de T° est effectuée aussi sur les échantillons à l'aide d'un appareil multi-paramètres (HANNA, combo, waterproof ) au niveau du laboratoire.

---

### **I.2.2.2.Mesure de pH**

Le pH est mesuré au niveau du laboratoire, à l'aide d'un appareil multi-paramètres qui mesure la pH et la T° (HANNA, combo, waterproof) au niveau du laboratoire.

➤ **Matériels et réactifs**

- Un Becher.
- Un pH mètre
- Tampon pH=9, Tampon pH=7, Tampon pH=4.

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le pH-mètre avec les trois tampons ; Mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du pH-mètre pour mesurer la valeur du pH.

### **I.2.2.3.Mesure de la conductivité**

A l'aide d'un conductimètre multi-paramètres (HANNA, Hi 991300) à électrode constitué de deux lames carrées de platine de 1cm<sup>2</sup> de côté. La mesure nécessite :

➤ **Matériels et réactifs**

- Un Becher.
- conductimètre
- solution d'étalonnage

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le conductimètre; mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité exprimée en µs/cm.

### **I.2.2.4. Mesure de l'Alcalinité**

#### **I.2.2.4.1. Titre alcalimétrique simple (TA)**

L'alcalinité d'une eau correspond à la somme des concentrations des ions carbonates (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) et des ions hydroxydes (OH<sup>-</sup>). la mesure alcalimétrique TA se fait par méthode titrimétrique, cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau à analysée par l'acide chlorhydrique (HCL) dilué en présence de phénophtaléine (RODIER, 2009).

---

➤ **Matériel et Réactif**

- Erlenmeyer
- Burette
- solution d'HcL 0.02N
- solution de phénophtaléine 0.5%

➤ **Mode opératoire**

Dans un Erlenmeyer de 250 mL, prélever 100 mL d'eau à analyser et ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine, une couleur rose est révélée suite au changement du pH qui s'avère inférieur à 8.3. Titrer et agiter avec la solution de HCL de 0.02N jusqu'à décoloration complète de la solution, dans le cas contraire le TA est nul. Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TA \text{ (meq/L)} = (N_{HCL} \times V_{HCL}) \times 1000 / V_O$$

- $N_{HCL}$  : normalité de HCL
- $V_{HCL}$  : volume de HCL
- $V_O$  : volume de l'échantillon

**I.2.2.4.2. Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Le TAC mesure la teneur en hydrogénocarbonate, hydroxyde libre et en carbonate contenus dans l'eau. Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par l'acide chlorhydrique (HCL) dilué en présence de méthyle orange (RODIER, 2009).

➤ **Matériel et Réactif**

- Erlenmeyer
- Burette
- solution d'HcL 0.02N
- solution de méthyle orange 0.2%

---

➤ **Mode opératoire**

Prélever 100 mL d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 mL, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de méthyle orange, une couleur jaune doit alors se développer. Titrer avec la solution de HCL de 0.02N à l'aide d'une burette, en agitant constamment, jusqu'au virage du jaune au jaune orange (Ph = 4.3) de la solution.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$\text{TAC (meq/l)} = (N_{\text{HCL}} \times V_{\text{HCL}}) \times 1000 / V_{\text{O}}$$

- $N_{\text{HCL}}$  : normalité de HCL
- $V_{\text{HCL}}$  : volume de HCL
- $V_{\text{O}}$  : volume de l'échantillon.

**I.2.2.5. Détermination des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et Carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ )**

Les carbonates sont les sels de l'acide carbonique, les sels ont en commun l'anion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Le carbonate le plus abondant est le carbonate de calcique ( $\text{CaCO}_3$ ). Les bicarbonates sont des sels dérivés de l'acide carbonique qui contiennent l'anion ( $\text{HCO}_3^-$ ). La détermination de carbonate et de bicarbonate est faite selon le tableau n°04 (RODIER, 2009).

**Tableau n°04 : détermination de  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  a partir du TA et TAC**

	<b>TA = 0</b>	<b>TA &lt; TAC / 2</b>	<b>TA = TAC/2</b>	<b>TA &gt; TAC / 2</b>
<b>OH</b>	0	0	0	2 TA - TAC
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	0	2 TA	TAC	2 ( TA-TAC )
<b>H CO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	TAC	TAC- 2 TA	0	0

---

### **I.2.2.6.Mesure de chlore libre**

La concentration en Chlore peut être exprimée en Chlore Libre, Chlore Combiné et Chlore Total. La mesure du Chlore Libre est généralement la plus importante dans la plupart des applications possibles. La méthode au DPD Palintest permet de mesurer le Chlore Libre, Combiné et Total.

Les réactifs sont dans cette méthode fournis sous forme de pastilles afin de simplifier l'utilisation. Le Chlore Libre réagit avec la molécule DPD (Diéthyl-p-Phénylène-Diamine) afin de produire une coloration rosâtre. L'intensité de cette couleur produite est proportionnelle à la concentration en Chlore Libre recherchée (RODIER, 2009).

➤ **Matériel et Réactif**

- cuve propre
- Colorimètre
- pipette graduée
- Pastille DPD (chlore).

➤ **Mode opératoire** (Méthode Colorimétrique)

On utilise un colorimètre, en choisissant la mesure du paramètre de chlore libre. Maitre 10 mL de l'échantillon dans une cuve propre et la mettre dans le colorimètre et étalonner ce dernier au 0mg/L ; et 10 mL de l'échantillon dans une autre cuve propre et ajouter une pastille de DPD, introduire la cuve dans le colorimètre et effectuer la lecture immédiatement. Le résultat (concentration du chlore libre) est exprimé en mg/L.

### **I.2.2.7.Mesure de la Dureté Total (TH)**

Appelée aussi le titre hydrométrique (TH), détermine la concentration en sel de calcium et du magnésium dissout dans l'eau. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamintetracétique (EDTA). A pH=10 la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir d'Eriochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (RODIER, 2009).

---

➤ **Matériel et Réactif**

- Erlenmeyer
- Burette
- pH -mètre
- solution de NaOH
- d'Eriochrome T (N.E.T)
- solution d'EDTA.

➤ **Mode opératoire**

Dans un Erlenmeyer de 250 mL, mettre 50 ml d'eau à analyser et ajouter 4 ml de la solution tampon de NaOH (pH = 9.5 à 10) et trois gouttes d'indicateur coloré Noir d'Eriochrome T (NET). La solution se colore en rouge foncé ou violet, a ce stade, une agitation avec un titrage par la solution d'EDTA 0,02 N jusqu'au virage au bleu permet de mesurer la TH.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TH (f^{\circ}) = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) \times 1000 / V_0 .$$

**I.2.2.8. Mesure de calcium (Ca<sup>+2</sup>)**

Le calcium est présent dans les eaux de manière naturelle. Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant le dosage se fait à un pH élevé (12-13) où le magnésium est précipité sous forme Mg(OH)<sub>2</sub> et n'intervient pas dans la réaction. L'indicateur utilisé est le calcone carboxylique ou le Murexide qui est sensible aux seuls ions Ca<sup>+2</sup> pour former un complexe rouge (RODIER, 2009).

➤ **Matériel et Réactif :**

- Erlenmeyer
- Burette
- Ph-mètre
- Solution de NaOH
- Murexide
- solution d'EDTA. 0.02 N

---

### ➤ Mode opératoire

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250 ml, et ajouter 3 ml de la solution NaOH (0.1N) et une pincée de Murexide, puis remuer soigneusement pour homogénéiser la solution, une couleur rose se produit. Un titrage par l'EDTA (0.02N) à lieu jusqu'au virage vers le rose au pourpre.

La dureté calcique est calculée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{+2} \text{ (mg/l)} = (N_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}}) \times 1000 / V_0 \times 20$$

- $N_{\text{HCL}}$ : normalité de HCL
- $V_{\text{HCL}}$ : volume de HCL
- $V_0$ : volume de l'échantillon
- 20: masse atomique de Calcium.

#### I.2.2.9. Mesure de Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté de l'eau et le calcium exprimé en  $\text{CaCO}_3$  (RODIER, 2009).

$$\text{TH} = \text{D}(\text{Ca}^{+2}) + \text{D}(\text{Mg}^{+2})$$

La dureté magnésienne est calculée par la formule suivante :

$$\text{D}(\text{Mg}^{+2}) = \text{TH} - \text{D}(\text{Ca}^{+2})$$

#### I.2.2.10. Mesure des solides dissous totaux ou salinité (TDS)

Les sels dissous totaux représentent une évaluation totale des sels minéraux contenus dans l'eau (en solution). Au niveau de laboratoire de la station de dessalement de Honaine, la mesure de la concentration des solides dissous se fait par le rapport entre conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et concentration ionique (ppm), qui s'exprime par :

$2 \times (\text{conductivité}) \text{ en } \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \times (\text{TDS}) \text{ en ppm}$  (partie par million), où 1 ppm = 1 mg/l correspond à la concentration en solide dissous. et même à l'aide appareil multi-paramètre (HANNA, Hi 991300).

---

➤ **Matériels et réactifs**

- Un Becher.
- conductimètre

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le conductimètre ; Mettre ensuite environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer Les TDS exprimée en mg/L.

**I.2.2.11. Mesure de l' indice de Langelier ou pH de saturation (LSI)**

L'indice de saturation ou indice de Langelier permettant de déterminer la stabilité du carbonate de calcium dans l'eau .il indique si l'eau va précipiter, dissoudre ou être en équilibre avec le carbonate de calcium. dans le laboratoire de la station de dessalement de honaine, le calcul de l'indice de saturation est basé sur les valeurs de l'alcalinité, pH, T°, et la dureté ; qui se fait à l'aide d'un calcul informatique (intégreur) selon la norme Standard Methods (SM 2330).

**I.3. Paramètres chimiques**

Le dosage des Nitrites, ammonium, phosphates, phosphore, sulfates ont été effectués à l'aide d'un spectrophotomètre de marque ODESSEY / HACH. DR 2500, au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE), Tlemcen.

**I.3.1. Dosage de Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Le dosage de nitrites comprend:

☞ la solution mère SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère)

☞ Contrôle de qualité:

Prélever 1 ml de (SM) dans une fiole jaugée de 50 ml, puis complété avec l'ED. Prélever à partir de cette solution 0.36 ml dans une autre fiole jaugé de 50 ml, et ajouter 1 ml de réactif coloré pour NO<sub>2</sub>, ensuite on complète avec l'eau distillée (ED). Une incubation à 25 °C pendant 20 mn.

Après incubation, prélever 10 ml dans une cuve propre, et faire introduire dans le spectrophotomètre. La valeur doit être comprise entre [0.036 et 0.026].

☞ Le blanc

---

Dans une fiole jaugée de 50 ml, on met quelques millilitres d'eau distillée et 1 ml de réactif chloré et on complète jusqu'au trait de jauge. Après une incubation à 25 °C pendant 20 mn, on introduit environ 2 ml de cette suspension (le blanc) dans une cuve et la mettre dans le spectrophotomètre ; l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

☞ L'échantillon

Prélever 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml et ajouter 1 ml de réactif coloré. Compléter avec l'eau distillée. Après incubation à 25 °C pendant 20 mn, on met 2 ml de cette solution dans une cuve, et introduire cette dernière dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de nitrite se fait à une longueur d'onde de 540nm.

### **I.3.2.Dosage de l'ammonium $\text{NH}_4^+$**

Le dosage de l'ammonium comprend :

- ☞ la solution mère SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère)
- ☞ Contrôle de qualité :

Prélever 0.1 ml de (SM) dans une fiole jaugé de 50 ml , puis compléter avec l'ED (S1).Prélever 9.3 ml de (S1) dans une fiole jaugé de 50 ml, et ajouter 4 ml de réactif (NH4) coloré n°(01) et 4 ml de réactif n°(02) dichloroiso -cyanurâtes, puis compléter avec l'ED. Une incubation est faite à 25 °C pendant 1 heure.

Après incubation, prélever 10ml de cette solution dans une cuve propre et la mettre dans le spectrophotomètre.la valeur doit être comprise entre [0.36 et 0.26].

☞ Le blanc

Dans une fiole jaugé de 50mL, On met quelques millilitres d'eau distillée et 1 ml de réactif coloré n°01 plus 1 ml de réactif n°02 ml de réactif et on complète jusqu'au le trait de jauge par l'ED. Après une incubation à 25 °C pendant 1 heure, on introduit 10mL du blanc dans le spectrophotomètre ; l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

☞ L'échantillon

On prend 40 ml d'eau à analysée et on ajoute 1 ml de réactif coloré n°(01) plus 1 ml de réactif n°(02). On complète avec l'eau distillée suivi d'une simple agitation. Après une incubation à 25 °C pendant 1 heure, on met 10 ml de cette solution dans une cuve, cette dernière est introduite dans de spectrophotomètre, la lecture du taux d'ammonium se fait à une longueur d'onde de 655nm.

---

### I.3.3. Dosage de phosphate:

le dosage de phosphate comprend :

- ☞ la solution mere SM (voir annexe : Préparation des Solutions Mère) :
- ☞ Contrôle de qualité :

Prélever 2 ml de (SM) dans une fiole jaugé de 50 ml, puis compléter avec l'ED. Prélever 3,26 ml à partir de cette solution dans une fiole jaugé de 50 ml, et ajouter 1ml de l'acide ascorbique et 2 ml réactif mélange pour  $\text{PO}_4^{-3}$ . Puis compléter avec l'ED. Une incubation à 25 °C pendant 10 mn. Après incubation, prélever 10 ml de (Solution n°1) dans une cuve propre, et l'introduit dans le spectrophotomètre. La valeur doit être comprise entre [0.47 et 0.55].

- ☞ Le blanc

Dans une fiole jaugée de 50 mL, on met quelques millilitres d'eau distillée, 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélange de phosphate. on complète jusqu'au le trait de jauge par l'ED .après une incubation à 25 °C pendant 10 mn, on introduit 10 ml du blanc dans le spectrophotomètre, l'appareil doit afficher la valeur de zéro.

- ☞ L'échantillon

Prélever 40 ml d'eau à analysée dans une fiole jaugée de 50 mL et ajouter 1 ml de réactif coloré n°01 plus 2 ml de réactif n°02, compléter avec l'eau distillée suivi d'une simple agitation. une incubation à 25 °C pendant 1 heure . mettre 10 ml de cette solution dans une cuve, et introduire cette dernière dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de phosphate se fait à une longueur d'onde de 880 nm.

### I.3.4. Dosage de sulfate

Pour le dosage de sulfate on a utilisé des gélules de sulfates commercialisées dans des pochettes. Le dosage de sulfate comprend :

- ☞ Le blanc

Prélever 10 ml d'ED dan une cuve, et incuber à 25 °C pendant 5 mn. Introduit la cuve dans le spectrophotomètre. L'appareil doit afficher la valeur de zéro.

- ☞ L'échantillon

Prélever 10 ml d'eau à analysée dans une cuve, et ajouter une gélule de sulfate. Une incubation pendant 5 mn à 25 °C, après avoir mettre le spectrophotomètre en marche. On

---

introduit la cuve dans le spectrophotomètre, la lecture du taux de sulfate se fait à une longueur d'onde de 680 nm.

#### **I. 4. Dosage des métaux lourds (plomb, fer, cadmium, nickel, manganèse, argent, chrome)**

Trois échantillons ont été analysés, dans le but de mesurer la quantité de chaque élément tel que : le Fer, Cadmium, Manganèse. Plomb, Nickel, Argent et le Chrome. Le dosage de nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualité à l'usine d'électrolyse de zinc ALZING (Ghazaouet, Tlemcen).

L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type (AURORA AI.1200) (figure 12). C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces. Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celle émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome (Janin et Schnitzer, 1996).

##### **III.4.1.Principe**

Cette méthode consiste en la mesure de l'absorption des radiations photoniques spécifiques par des atomes en phase vapeur. Elle repose sur la propriété selon laquelle un élément métallique peut absorber les radiations qu'il est lui-même susceptible d'émettre. Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de lumière propre à cet élément.

Le principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme consiste à vaporiser l'échantillon liquide et à le chauffer à l'aide d'une flamme (généralement une flamme air/acétylène). La flamme est dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée (lampe à cathode creuse) émettant les longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses, dont les longueurs d'onde correspondent à l'élément dosé, sont absorbées par les ions excités présents dans la flamme. L'absorption est mesurée à l'aide d'une cellule photoélectrique et qui est directement proportionnelle à la concentration de l'élément à doser.

La spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme permet le dosage d'éléments en traces dans divers types de substrats : végétaux, sols, sédiments, roches, aliments, déchets solides, effluents liquides, eaux souterraines, eaux de surface, eaux usées, etc (KAMOUN, 1997).

### III.4.2. Appareil :

L'appareil utilisé pour notre travail est un spectrophotomètre d'absorption atomique à Flamme (air/acétylène) de type AURORA AI 1200, doté d'un micro-ordinateur. Il comporte:

- Un générateur d'atomes constitué par un dispositif de nébulisation, brûleur et une flamme
- Un système de sélection de la longueur d'onde
- Un récepteur.



**Figure n°12 :** Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF) de type AURORA AI.1200.

Les résultats sont exprimés en mg/l du métal dans l'échantillon selon l'équation suivante :

$$C = C_1 \times V / P \times D$$

Avec :

C : concentration finale de l'échantillon en (mg/kg),

C<sub>1</sub> : concentration de la solution échantillon en (mg/l),

V : volume final de la solution dosée en (ml),

P : masse d'échantillon en (g),

D : facteur de dilution en (ml).

**Tableau n°05 : Conditions d'atomisation pour les métaux étudiés.**

<b>ELEMENTS</b>	<b>RAIE PRINCIPALE (nm)</b>
Cadmium	228.8
Chrome	357.9
Fer	248.3
Manganèse	279.5
Plomb	283.3

#### **III.4.3Methode d'analyse :**

La méthode d'analyse pour la détermination du : Fer, Cadmium, Manganèse. Plomb, Nickel, Argent et le Chrome est la même, mais chaque élément a son propre réactif, et sa propre longueur d'onde.

Le Spectrophotomètre d'absorption atomique est équipé d'une lampe à cathode creuse de plomb ou d'une lampe à décharge (lampe EDL) et d'un ensemble nébuliseur-brûleur air-acétylène.

◆ **Réactifs :**

- Solution mère étalon de chaque élément à 100 mg/L
- élément pur.
- Acide nitrique.
- Eau permutée.

◆ **Mode opératoire**

Dans une fiole jaugée de 100 ml, introduire 10 ml Solution mère étalon d'élément puis 10 ml d'échantillon d'eau à analyser. Nébuliser la solution dans une flamme air-acétylène, en intercalant de l'eau permutée entre chaque échantillon. On effectuant les lectures à la longueur de 283.3 nm.

◆ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

---

Cette étude est menée en vue d'évaluer la qualité chimique et physico-chimique de l'eau traitée.

La présentation et la discussion des résultats est structurée selon trois volets, en référence du décret exécutif n° 09-414 correspondant au 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation de l'eau humaine (J.O. n°75), à savoir: la description des paramètres organoleptiques des eaux de dessalement traitées, les paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau, l'exploration des paramètres chimiques dont le profil en certains polluants tels que les métaux lourds, les nitrates et les nitrites, etc. Ces paramètres sont évalués selon les normes de la station de dessalement ou autres normes nationales internationales (NA, CEE, USA, ...), (Tableau A4 ; A5 ; A6).

## **I. Paramètres organoleptiques**

### **I.1. Couleur**

Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Les analyses des échantillons de l'eau traitée ont indiqué que cette eau est incolore et claire.

### **I.2. Odeur**

La perception des substances responsables des odeurs est un critère indispensable aussi. Après traitement, l'eau devient inodore et ne présente aucune odeur désagréable.

### **I.3. Goût**

L'eau traitée ne présente aucun goût étrange et donc se comporte comme une eau normale au goût.

### **I.3. Turbidité**

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules en suspension organiques et/ou inorganiques qui la troublent.

La norme algérienne fixe une valeur limite de 5 NTU de turbidité pour la potabilité de l'eau. Tous les échantillons analysés ne présentent pas une telle turbidité.

La concentration maximale admissible, fixée par l'OMS est de 5mg /L (OMS, 2006 ; Tableau A4).

---

## **II. Paramètres physico-chimiques des eaux traitées**

### **II.1. Température**

Les valeurs de température fluctuent entre 16,2 et 18,2°C, avec une moyenne de 17,06 ± 0,44 °C.

L'OMS ne mentionne aucune référence quant à la température de l'eau potable. La norme Algérienne ainsi que la norme de la Communauté Européenne (CEE) montrent que les valeurs enregistrées sont inférieures à 25°C et de ce fait, sont conformes aux normes suscitées (OMS, 2006 ;Tableau A4).

### **II.2. Potentiel d'hydrogène (pH)**

Ils s'agit d'un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. Les valeurs de pH des eaux traitées sont comprises entre 8.37 et 8.45 avec une valeur moyenne de 8,42 ± 0,021. Se référant aux normes de qualité de l'eau potable, les valeurs du pH des eaux traitées sont conformes à la norme algérienne (NA, 2011 ; Tableau A6) et celle de l'OMS dont les valeurs sont fixées de 6,5 – 8,5; (OMS, 2006 ; Tableau A4).

### **II.3. Conductivité électriques**

Les mesures de la conductivité électrique de l'eau traitée enregistrée indique les valeurs suivantes :  $EC_{\min}=520$  et  $EC_{\max}=760$  µS/cm, avec une valeur moyenne de  $577,92 \pm 53,39$  µS/cm.

Les valeurs de conductivité électrique pour l'eau de consommation sont conformes à la norme algérienne (NA, 2011 ; Tableau A6) et à celle du comité européen (CE), dont les concentrations maximales admissibles (CMA) sont respectivement de 2800 µS/cm et 2500 µS/cm (CE, 1998 ; Tableau A5).

### **II.4. Chlore libre**

Le chlore résiduel est le chlore resté libre après ces 30 minutes ; il constitue une forme de sécurité pour traiter des petites contaminations éventuelles de l'eau. Le taux de chlore libre fluctue entre 0,40 et 0,70 mg/L, avec une valeur moyenne de  $0,53 \pm 0,08$  mg/L. Cette valeur est légèrement inférieure par rapport à la valeur préconisée par (NA, 2011 ; Tableau A6) qui est de 5mg/L.

---

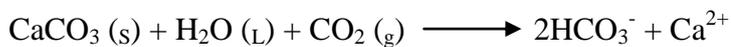
## II.5. Alcalinité totale, bicarbonates et carbonates

L'alcalinité correspond à la présence d'espèces basiques telles que les ions hydrogène (OH), les ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et les ions bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Les résultats montrent des valeurs comprises entre 54 - 58mg/L avec une valeur moyenne de  $56,24 \pm 0,86$ mg/L.

Ces valeurs sont également conformes aux normes algériennes qui limitent le taux d'alcalinité des eaux de consommation à 500 mg/L en  $\text{CaCO}_3$ .

La présence des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique selon la réaction :



Les valeurs des concentrations en bicarbonates des eaux traitées enregistrées varient dans un intervalle de 61 - 65,88 mg/L, avec une valeur moyenne de  $63,73 \pm 1,05$  mg/L.

Les valeurs des concentrations en carbonates de l'eau traitée enregistrées en fonction du temps sont stables à 2,4 mg/L, soit une valeur moyenne de  $2,4 \pm 0,00$ mg/L.

## II.6. Dureté totale (TH), calcium et magnésium

Les mesures de la dureté totale de l'eau traitée s'échelonne de 60 - 62 mg/L en  $\text{CaCO}_3$  avec une valeur moyenne de  $60,32 \pm 0,73$  mg/L.

Les valeurs enregistrées s'avèrent inférieures à la valeur maximale admissible recommandée par les normes algériennes qui est 200 mg/L (NA, 2011 ; Tableau A6).

La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), soit la dissolution de formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4$ ).

L'analyse des concentrations en calcium sont comprises entre 20,84<sup>°f</sup> (52,1mg/L en  $\text{CaCO}_3$ ) et 22,44<sup>°f</sup> (56,1 mg/L en  $\text{CaCO}_3$ ) mg/L, soit une valeur moyenne de  $21,22 \pm 0,6$  mg/L.

Le magnésium provient aussi de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium selon la réaction :  $\text{MgCO}_3 \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ .

Les concentrations en magnésium varient de 1,42 – 2,37mg/L, avec une moyenne de  $1,74 \pm 0,26$ mg/L.

---

Le taux de calcium est inférieur à la norme algérienne qui fixe la composition en  $\text{Ca}^{2+}$  à 200 mg/L (NA, 2011 ; Tableau A6).

## **II.7. Total des solides dissous (TDS)**

Le total des solides dissous ou TDS représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

Les résultats obtenus après l'analyse des eaux de consommation ont montré que le taux du TDS varie entre 260 et 380 mg/L, soit une valeur moyenne de  $289,24 \pm 26,86$  mg/L.

Les valeurs de TDS se révèlent conformes aux normes aux normes préconisées par l'OMS qui sont de 1000 mg/L dans les eaux traitées de dessalement (OMS, 2006 ; Tableau A4).

## **II.8. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .**

Les mesures des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) s'échelonnent autour de 0,01 - 0,03mg/L avec une moyenne de  $0,02 \pm 0,01$ mg/L. Ces valeurs sont relativement faibles comparées à la norme algérienne recommandée (NA, 2011 ; Tableau A6), qui est de 400mg/L et celles de l'OMS qui souligne une valeur guide de 500mg/L (OMS, 2006 ; Tableau A4).

## **II.9. Phosphates**

Les analyses des teneurs en phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) varient de 0,02 - 0,09 mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,05 \pm 0,03$ mg/L. Ces résultats s'avèrent nettement inférieurs à la recommandation de la norme algérienne (phosphore) qui est de 5 mg/L(NA, 2011 ;Tableau A6).

## **II.10. Indice de Langelier de saturation LSI**

Les valeurs du LSI montrent des valeurs de LSI variant de 0,09- 0,16 avec une moyenne de  $0,13 \pm 0,03$ . Ces valeurs positives orientent vers une sursaturation des eaux qui pourraient conduire vers le colmatage des membranes.

---

### **III. Paramètres chimiques**

#### **III.1. Nitrites**

Les nitrites  $\text{NO}_2^-$  ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique.

La mesure des teneurs en nitrites montre valeurs variant de 0,001 - 0,01mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,003 \pm 0,00\text{mg/L}$  (Figure 13). Ces valeurs restent relativement inférieures à la valeur recommandée en nitrites selon la réglementation algérienne, fixée à 0,2 mg/L (NA, 2011 ;Tableau A6), et à celle de la norme OMS fixée à 3mg/L (OMS, 2006 ;Tableau A4).

#### **III.2. Cadmium**

Les valeurs mesurées du cadmium (Cd) varient de 0,017 - 0,031mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,024 \pm 0,006\text{mg/L}$ , résultats relativement supérieurs à la norme algérienne, également celle de l'OMS, qui est de  $3\mu\text{g/L}$  (NA, 2011 ; OMS, 2006 ; Tableaux A6-4).

Les résultats sont présentés et comparés à d'autres normes internationales au niveau de la (Figure n°14).

#### **III.3. Plomb**

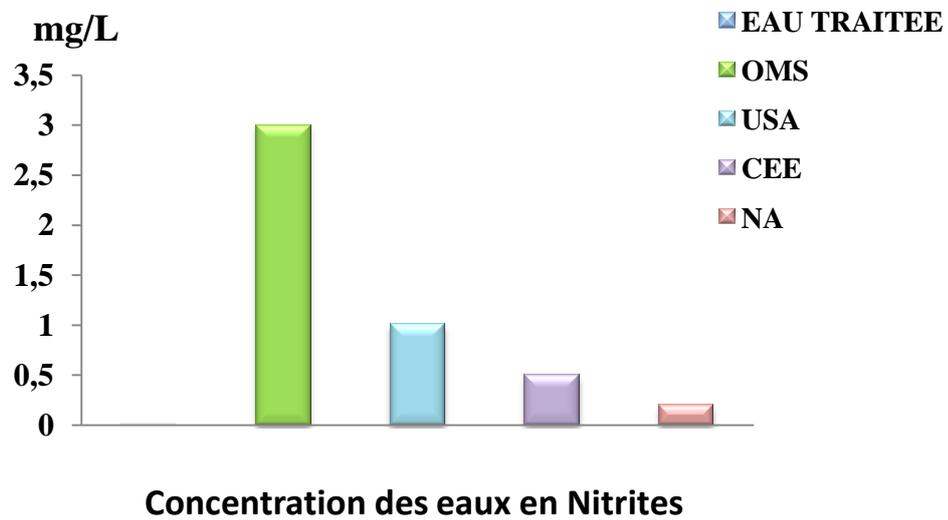
Les concentrations en plomb (Pb) des eaux traitées enregistrées s'échelonnent de 0,053 - 0,022 mg/L, soit une moyenne de  $0,026 \pm 0,022\text{mg/L}$ . Ces résultats sont relativement augmentés comparés à la norme algérienne et celle de l'OMS, qui est de  $10\mu\text{g/L}$  (NA, 2011 ; OMS, 2006 ; Tableaux A6-4).

Les valeurs obtenues sont présentées et comparées à d'autres normes internationales au niveau de la (Figure n°15).

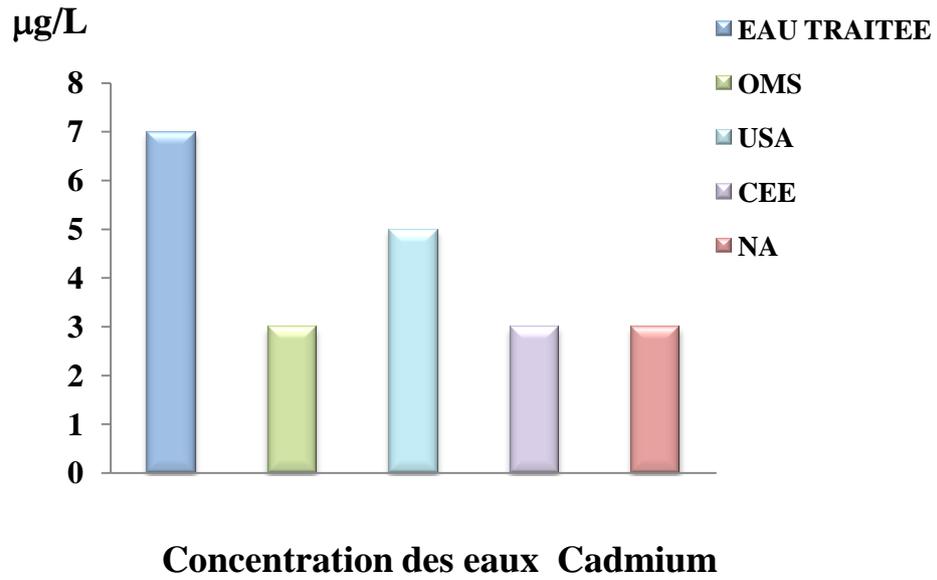
#### **III.4. Fer (Fe)**

Les concentrations des eaux traitées en Fe varient de 0,017- 0,031mg/L, soit une teneur moyenne de  $0,068 \pm 0,028\text{mg/L}$ . Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne de potabilité de l'eau qui est de 0.3mg/L (NA, 2011 ; Tableau A6).

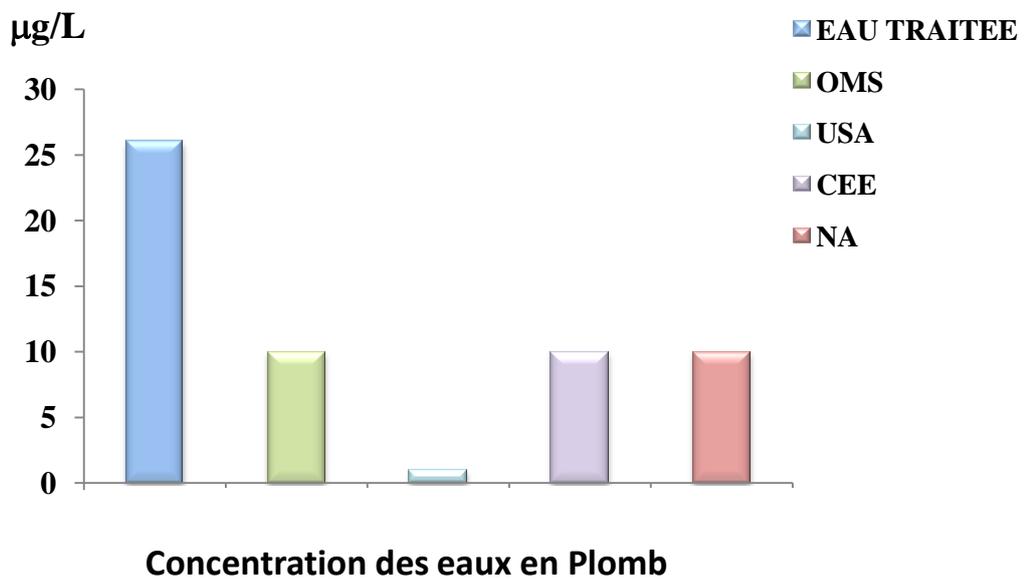
Les valeurs obtenues sont présentées et comparées à d'autres normes internationales au niveau de la (Figure n°16).



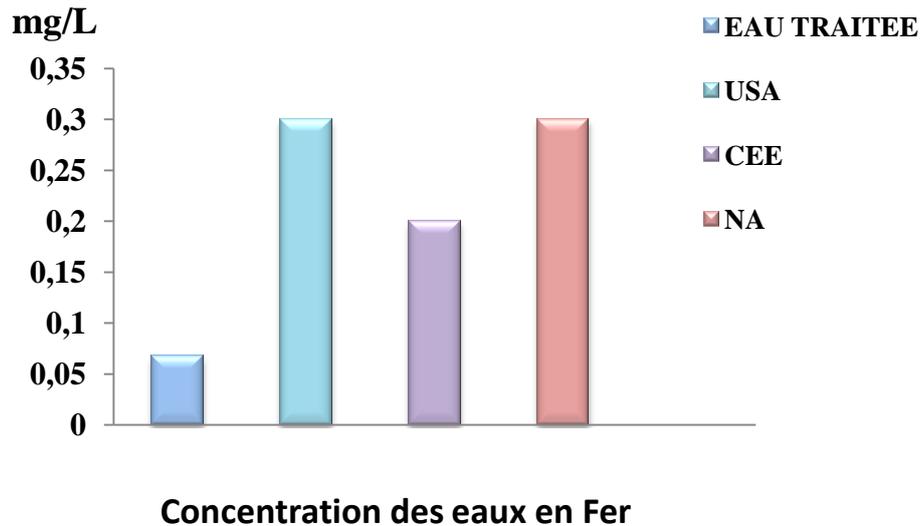
**Figure n° 13 :** Concentration en Nitrites dans les eaux de dessalement  
Comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.



**Figure n°14 :** Concentration en Cadmium dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.



**Figure n°15 :** Concentration en Plomb dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.



**Figure n°16 :** Concentration en Fer dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS et CEE.

### III.5. Manganèse

Les concentrations en manganèse (Mn) de l'eau traitée montrent des teneurs variant de 0,003 - 0,022 mg/L, soit une teneur moyenne de  $0,014 \pm 0,008$  mg/L. Ces valeurs sont relativement faibles vis-à-vis de la réglementation algérienne ; 50 µg/L (NA, 2011 ; Tableau A6) et également à la valeur guide de l'OMS qui est de 0,4mg/L (OMS, 2006 ; Tableaux A4). Les valeurs obtenues sont présentées et comparées à d'autres normes internationales au niveau de la (Figure n°17).

### III.6. Nickel

Les concentrations en nickel (Ni) dans l'eau traitée révèlent des valeurs allant de 0,011 - 0,081 mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,048 \pm 0,029$  mg/L. Ces valeurs sont relativement inférieures à la norme algérienne et de celle de la valeur guide de l'OMS, soit 0,070mg/L (Figure n°18), (NA, 2011 ; OMS, 2006 ; Tableaux A6-4).néanmoins une teneur élevée a été constatée au niveau de l'échantillon n°02 qui est de 0.081.

### III.7. Chrome

---

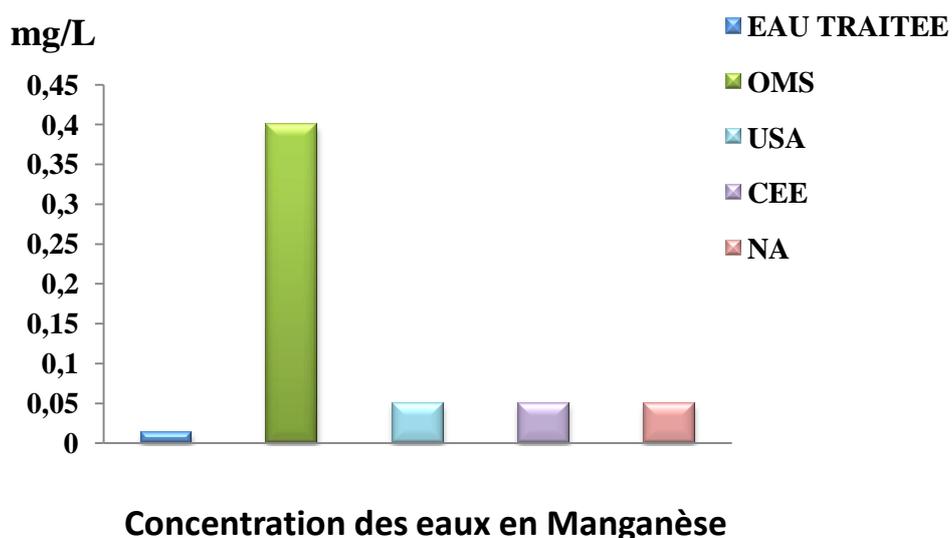
Les teneurs en chrome (Cr) dans l'eau traitée montrent des valeurs qui s'échelonnent entre de 0,00 - 0,16 mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,093 \pm 0,029$  mg/L. Ce résultat est relativement élevé comparé à la valeur guide de l'OMS qui est de 0,05 mg/L (OMS, 2006 ; Tableau A4), (Figure n°19).

### III.8. Ammonium

La teneur en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) des eaux traitées révèle des valeurs stables de 0,01 mg/L, soit une valeur moyenne de  $0,01 \pm 0,07$  mg/L. Ce résultat reste inférieur à la norme algérienne qui est de 0,5 mg/L (NA, 2011 ; Tableau A6), (Figure n° 20).

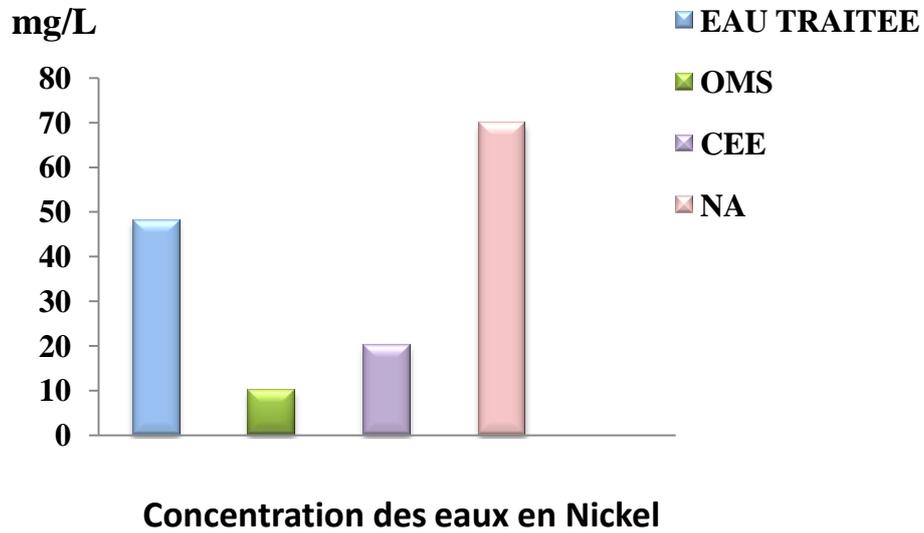
## VI. Conclusion

Dans le cas général, les résultats répondent aux normes de qualité physicochimiques à l'exception de la faible minéralisation en calcium, magnésium, sulfate et phosphates. L'attention est attirée sur la concentration en certains éléments traces polluants tels que cadmium, plomb, nickel et le chrome qui dépassent les normes recommandées de toxicité.

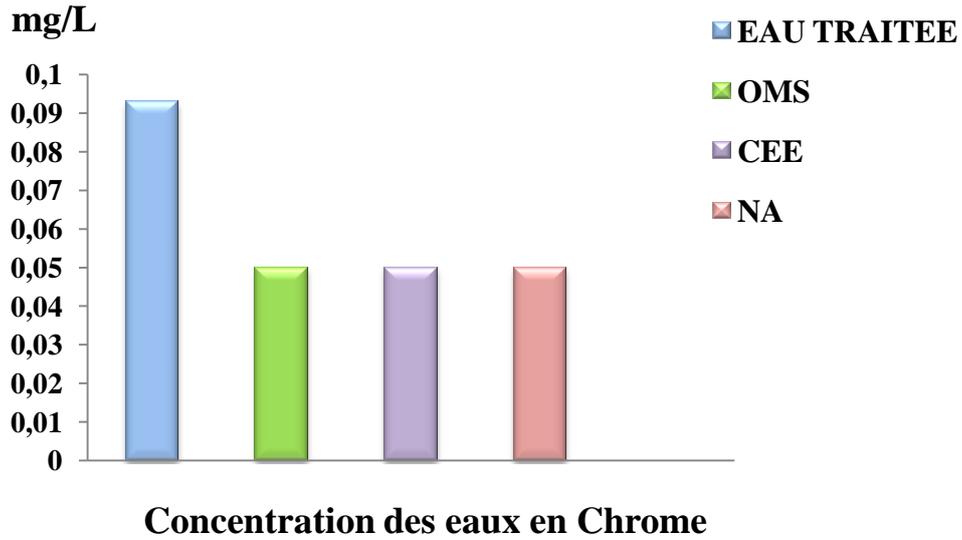


---

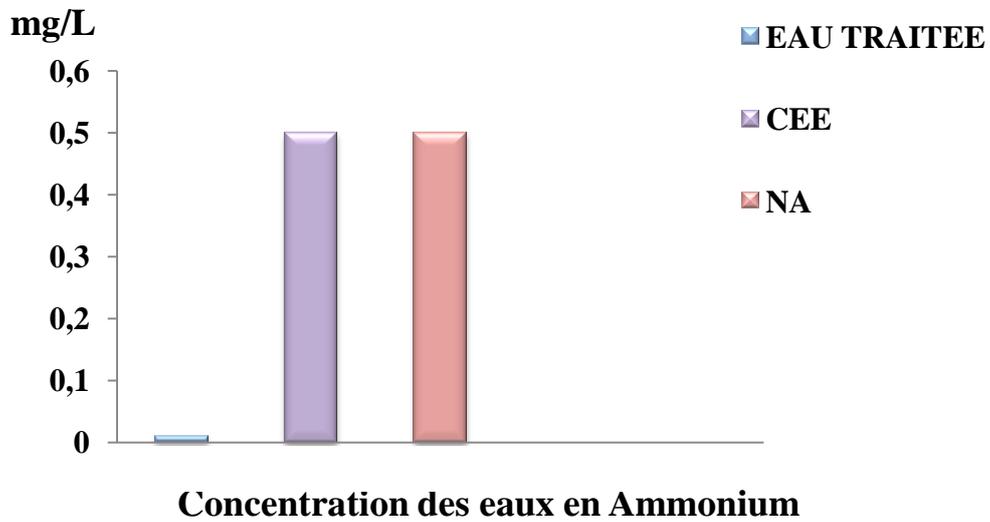
**Figure n°17 :** Concentration en Manganèse dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, USA et CEE.



**Figure n°18 :** Concentration en Nickel dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS et CEE.



**Figure n°19** : Concentration en Chrome dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA), OMS, et CEE.



**Figure 20** : Concentration en Ammonium dans les eaux de dessalement comparée aux normes Algériennes (NA) et (CEE).

---

Avec une capacité de production de 200000 m<sup>3</sup>/jour, la station de dessalement Honaine, alimente 23 communes de la wilaya de Tlemcen en eau potable, soit une population d'environ 555000 d'habitants. Au cours des dernières années, le procédé de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse a connu un grand développement et présente beaucoup d'avantages. Sur le plan environnemental, il fonctionne à basse température, ce qui prévient une pollution thermique. Sur le plan énergétique, Ce procédé utilise principalement de l'énergie électrique; il est relativement simple (une pompe haute pression) et plus performant du point de vue énergétique (soit 2 kw/ h/m<sup>3</sup>), avec des filtres à sables et anthracite, Outre une récupération de l'énergie du concentrât (97 %).

De tous les besoins nutritionnels, le plus important est le besoin d'eau. La mise à disposition de la population d'une eau potable de bonne qualité sanitaire constitue une préoccupation permanente des autorités. L'aspect consommation et qualité de l'eau potable mérite une attention particulière en terme d'équilibre minéral.

Avec l'eau, sont ingérés les minéraux qui peuvent être à des concentrations assez basses. Il faudra donc considérer leur disponibilité biologique et les seuils éventuels de toxicité. La dureté de l'eau est essentiellement due à la présence de calcium et de magnésium.

Sur le plan composition de l'eau de dessalement traitée, les teneurs respectives en calcium et magnésium, éléments essentiels pour notre corps, se sont révélées très faibles vis-à-vis d'une consommation équilibrée.

Sachant qu'ils peuvent être fournis à notre organisme par la nourriture, mais même les régimes riches en calcium et magnésium peuvent ne pas être capables de compenser leur absence ou déficience dans l'eau potable. Les besoins de consommation en eau augmentent avec l'âge du consommateur et son environnement, pendant la grossesse et l'allaitement, et sont affectés par des états pathologiques tels que le diabète insipide ou les maladies de sueurs profuses (OMS, 1978).

Le calcium outre, un composant des os et des dents, joue un rôle dans la contractilité cardiaque et musculaire, la transmission de l'information intracellulaire et à la coagulation du sang. L'ostéoporose est la plus commune manifestation de manque en calcium. D'un autre coté, le magnésium joue un rôle important en tant que cofacteur ou activateur de plus de 300 réactions enzymatiques incluant la glycolyse, le métabolisme de l'ATP, l'excitabilité musculaire et la contraction musculaire, etc. Un manque en magnésium augmente le risque pour diverses conditions pathologiques telles que les vasoconstrictions, l'hypertension,

---

l'arythmie cardiaque, un infarctus myocardique aigu, la possibilité de diabète de type II (Rude, 1998; Innerarity, 2000; Saris *et al*, 2000 in ADELEKAN, 2012).

Les recherches ont montré aussi, que l'eau faible en magnésium peut causer une augmentation des taux de mortalité et morbidité des maladies cardiovasculaires, dont l'association magnésium / mort subite par accident cardiovasculaire. Un manque à la fois de calcium et de magnésium peut également entraîner certains types de cancers, via la désactivation d'enzymes anti-oxydantes par exemple, provoquant l'accumulation des radicaux libres responsables des dommages intracellulaires, angiogénèse, etc.

la **carence en magnésium** se traduit par une hyperexcitabilité neuromusculaire (tremblement incoercible d'un muscle par exemple), des signes de tétanie latente (crampes), de la fatigue, des troubles de l'humeur (sensation de stress, de tension), des troubles du sommeil et même des palpitations cardiaques. Le **magnésium** intervenant dans de très nombreuses fonctions, sa **carence** peut avoir pour conséquence des troubles cardiovasculaires, rénaux, osseux et immunitaires. (PAULE, 2008).

Par ailleurs, noter qu'une « eau dure », n'étant pas aussi corrosive que l'eau « douce » risque moins de se charger, lors de son passage dans les canalisations en certains métaux potentiellement nocifs tels que le plomb, le cadmium, etc. Les résultats révèlent nettement, la présence de ces éléments (cadmium, plomb, nickel et chrome) dans l'eau traitée avec des valeurs non conformes.

Des métaux, comme le plomb, le cadmium, le chrome, ont été étudiés car ils sont connus pour leur action de toxiques cumulatifs, neurotoxiques et néphrotoxiques (FRERY *et al.*, 2011)

L'accumulation de cadmium dans le foie et les reins a été montrée dans plusieurs publications relatant les résultats d'autopsies de personnes décédées (cause accidentelles ou autres). Chez l'Homme, une exposition prolongée induit une atteinte rénale, une fragilité osseuse, des troubles de la reproduction ainsi qu'un risque accru de cancer ayant donné lieu à un classement comme « cancérogène pour l'Homme » par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) (ANSES, 2012).

L'exposition précoce au plomb perturbe le fonctionnement du système nerveux central. En effet, le plomb altère la morphologie du système nerveux central par sa cytotoxicité et en modifiant sa cytoarchitecture et l'expression des gènes de croissance et de développement cellulaire. Il interagit également avec les différents systèmes de communication cellulaire : neurotransmetteurs (cholinergiques, glutamatergiques, dopaminergiques), seconds messagers (calcium, protéines kinases, AMPc) et facteurs de

---

transcription (Anne-Violaine, 2002).

Le chrome, par contre, il est toxique sous sa forme hexavalente et **peut s'accumuler dans le foie, les reins, la glande thyroïde et la moelle osseuse**. Il entraîne des troubles respiratoires, des inflammations des muqueuses et des ulcères (MAHEROU, 2013).

Sur ce plan, il s'avère primordial de prendre certaines mesures correctives à savoir :

- ✓ restituer à l'eau de façon équilibrée les minéraux perdus en phase de déminéralisation. Sachant qu'une eau faiblement minéralisée est plus corrosive pour la tuyauterie.

- ✓ Aussi, recourir à une eau de dessalement pour alimenter une région devra être pris avec la plus grande prudence et après une étude approfondie de l'apport total de minéraux dont bénéficie la population cible. L'idéal serait d'entreprendre des études épidémiologiques occasionnelles, en vue de mesurer les effets que peut avoir sur la santé, la déminéralisation de l'eau.

- ✓ Prévoir et investir pour des méthodes d'élimination des métaux polluants (cadmium, plomb, chrome et nickel) telle qu'une résine échangeuse d'ions sélective qui en garantit une bonne élimination.

---

Le dessalement est un enjeu particulièrement important pour l'avenir des régions sujettes aux pénuries d'eau. C'est une méthode d'avenir pour pallier aux problèmes d'eau douce. Elle permet une utilisation et d'une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de moyens appropriés pour faciliter l'accès à l'eau potable.

Dans la station de dessalement, les étapes de pré-traitement utilisées garantissent le bon entretien de l'équipement de la station, produisant une eau douce de bonne qualité.

Les analyses organoleptiques exposent une eau de bonne saveur. Les analyses du pH et conductivité électrique révèlent des valeurs conformes aux normes algériennes et celles de l'OMS.

▲ Les teneurs en chlore, bicarbonates et nitrates sont conformes aux recommandations soulignées.

▲ Le profil en certains cations et anions spécifiquement le calcium, le magnésium, les sulfates et phosphates témoigne d'une diminution notable quant aux normes algériennes et celles de l'OMS. Il serait nécessaire de corriger ces teneurs lors de la reminéralisations.

▲ Les valeurs de l'Indice de Langelier révèlent un début de colmatage qui impose des mesures préventives pour préserver l'équipement.

▲ Les analyses d'autres cations tels que les métaux ou éléments traces témoignent d'une élévation de la teneur en chrome, cadmium, plomb et nickel. Noter que le plomb et le cadmium sont hautement toxiques. La technique de l'osmose inverse ne permet pas une bonne élimination de ces derniers.

### **Perspectives**

Sur la base de ces travaux de terrain et analyses de laboratoire au niveau de la station de 'Honaïne', il serait intéressant de souligner les perspectives suivantes :

☞ Recommander un ajustement des cations et anions déficitaires au niveau de l'eau traitée à savoir : le calcium ; le magnésium, les sulfates et les phosphates selon des normes adéquates.

☞ Prévoir et investir pour des méthodes d'élimination des métaux polluants (cadmium, plomb et chrome ) telle qu'une échangeuse d'ion sélective qui en garantit une bonne élimination.

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ABDOULAYE D. N., KHADJATOU M. M. S., MOHAMED O. O. K.**

**(2013).** Contribution a l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, 2013, pp. 71-83.pdf

**ADELEKAN B.A & OGUNDE O.A.(2012).** Qualite of water from dug wells and lagon in logos Nigeria and associated health risks, department of agricultural engineering, olabisio onabanjo. University,Nigeria.

**ALLAM I. (2012).** La mise en exploitation de la station de dessalement de honaine, mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en hydraulique option hydraulique urbaine. Université de Tlemcen.

**ALPHA S. M, (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuer par l'EDMSA dans la ville de Bamako. Doctorat en pharmacie, université de bamako.

**ANNE-VIOLAINE R.N. (2002).** Neurotoxicité du plomb pendant le développement, mise au point bibliographique , thèse de doctorat vétérinaire, faculté de médecine de CRETEIL. Ecole vétérinaire d'Alfort.

**ANSES. (2012).** Agence nationale de sécurité sanitaire alimentaire, environnement, travail. valeur toxicologique de référence pour le cadmium et ses composés. Édition scientifique.

**ARZATE A. (2008).** Procédé de séparation membranaire et leurs applications dans l'industrie alimentaire. Revue de littérature. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc.

**BALDERACCHI R. (2009).** L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique ( CNRS).

**BECHKI D. (2011).** Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes. Doctorat en sciences en génie mécanique. Université Hadj lakhdar Batna.

**BENBLIDA M. (2011).** L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude national Algérie. Plan bleu, Sophia Antipolis, centre d'activité régionale. PNUE / PAM.

**BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013).** Etude de La qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe

---

plio-quaternaire dans la région de Mknès .Maroc. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, pp. 21-36 © 2013.

**BERLAN J M & JUERY C. (2002).** le procédé membranaire pour le traitement de l'eau. Office international de l'eau (SNIDE).ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. direction de l'espace rurale et de la foret- France.

**BRGM. (2010).** Quelles techniques pour quels traitement- analyse couts, bénéfiques. Rapport final.BRGM/ RP-58609-FR.

**BOYE H. (2008)** .Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané .Plan bleu centre d'activité régional, conseil général du l'environnement et du développement durable.

**CASTAING J. B.( 2011).** Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves.Thèse de doctorat.génie des procédés . Université de Nante.

**CHATKAEW T. (2009).** Procèdes hybrides à membrane pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse .Thèse de doctorat, université de Toulouse.

**CHENAOUI B.(2010).** Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement. Séminaire Ouargla. Université de Chlef.

**CORSIN P., CEDRIC M. (2003).** Les pompes hautes pression adaptées aux usines de dessalement d'eau de mer par osmose inverse, le thème du mois : les pompes, La revue :l'eau, l'industrie, les nuisances, n°265.

**DANIS P. (2003).** Dessalement de l'eau de mer. Technique de l'ingénieur, référence :d 2700.

**DEVILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C. (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, observation des données de l'environnement L'IBGE : "l'eau à bruxelles. Fiche 2.

**D F I. (2005).** Département fédéral de l'intérieur, confédération suisse .Ordonnance sur l'eau potable, l'eau de source et l'eau minérale du 23 novembre 2005 (Etat le 1er janvier 2014). N° 817.022.102

---

**DEMARSILY G. (2013).** Les problèmes de l'eau en 26 questions. Livret sur l'environnement 2013. Institut de France, Académie des sciences.

**DUMOULIN L ., MANTHA M .M.** Boire de l'eau pourquoi et combien ? Révision médicale : D<sup>r</sup> Paul Lépine, M.D., D.O. Le 26 septembre 2005, Mise à jour : mai 2009.

**DUNGLAS J.(2014).** Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. Groupe eau. Académie d'agriculture de France.

**DAUSSY A., GUERIN M., YAONN A. (2012).** Le dessalement de l'eau de mer à Malte et en Israël. Université de technologie Compiègne.

**DITMAN M. (2009).** L'eau introduction.

<http://www.eth.cern.ch/~dittmar/thoiry/eau1juin2009.pdf>

**EL KHABBAZE H. (2008)** .Traitement des solutions modèles du lait par des membranes de nano filtration et d'osmose inverse .chimie. Thèse de doctorat. Université Mohamed v AGDAL faculté des sciences rabat, Maroc.

**FELLAH A . (2010)** .Contribution a l'étude des polluants métalliques dans l'eau et les sédiments de l'estuaire de la Tafna ( Rachgoune ,Tlemcen ).magister en chimie. Université de Tlemcen.

**FIDALI S. ( 2007).** Modélisation et conception d'un distillateur pour les communautés rurales. Magister en mécanique. Option : énergétique, département de mécanique .Université de Batna.

**FRERY N., SAOUDI A.,GARNIER R., ZEGHNOUN A.,FALQ G.(2011).** Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement saint-maurice. Institut de veille sanitaire.

**FAO. (2008).** Food agency organization. [www.cieau.com](http://www.cieau.com)

**HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EL MMAROUFY M., BENZAOUT T., HASNAOUI M. (2003).** Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (laguna mista Beni Slimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia. Universitadegli studi di perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia "G.B. Grassi", 110–111p

**HUOT A. (2010).** Eau et santé. La revue Biocontact, n°200.

---

**HASLAY C. et LECLERC H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation .technique et documentation –Lavoisier édition, Paris.

**JACQUES D. (2007).** Faire face à la pénurie d'eau. FAO salle presse. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**JANIN F. et SCHNITZER G. (1996).** Plomb, Cadmium et Mercure dans l'alimentation : Evolution et Gestion du risque. Technique et documentation. Lavoisier. Paris : pp 205-216.

**JOA.(2005).** Journal officielle algérienne n°60.la loi n°05-12 du 4 aout 2005, relative à l'eau

**KEMMER F. N.(1984).** Manuel de l'eau.Technique & Documentation Lavoisier.ISBN 2-85206-220-8.

**KERTOUS B. (2008).** [Université de Rouen](http://www.univ-rouen.fr/~fseg/rev%2010%20en%20pdf/KERTOUS%20Mourad.pdf) - Rouen .pdf le site web

<http://fseg.univ-tlemcen.dz/rev%2010%20en%20pdf/KERTOUS%20Mourad.pdf>

**LEBLEU N. (2007).** Désinfection des eaux par procédés membranaires, étude des mécanismes de transfert des bactéries ,thèse de doctorat ,spécialité génie des procédés et de l'environnement. Université de Toulouse.

**MAHEROU J., NOREST S., FERRER L. (2013).** Les métaux lourds quels risques pour la santé, association santé environnement France .

**MAUREL A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2eme édition, TEC &doc.286p.

**MERCIER J. (2000).** Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre (la).ISBN :2-8046-0341-5.183P.

**MAILLARD H. et MORILLON S. (2013).** L'eau source de vie. Association française.

**MONIQUE H. (1991).** Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint laurent .

**MANDRI Y. (2011).**Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froid. Thèse de doctorat, génie des procédés université Claud bernard lyon1,n°d'ordre : CT12.

**OMS (2011).** Organisation mondiale de la santé.. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. ISBN 978 92 4 154815 1.

---

**OMS. (1978).** Les effets sur la santé de l'élimination notamment par déminéralisation et désailement de substance présentes à l'état naturel dans l'eau de boisson.Bruxelle.

**OMS. (2004).** Nutrient minerals in drinking-water and the potential health consequences of long-term consumption of demineralized and remineralized and altered mineral content drinking-waters.

**OTMANI S. (2009).** Caractérisation anthropogénétique de la population de honaine du l'ouest algérien .diplôme de magister , département des culture populaire, faculté des lettres et sciences humaines et sociales. Université de Tlemcen.

**PATIER X. & BLANCHON D. (2010).** Documentation photographiques. 8078. L'Eau, une ressource menacée ? La documentation Française. Paris. 63p.

**RAPINAT M. (1982).** L'eau. Presse universitaire de France.1<sup>re</sup> édition :1982 ISBN 2130375626.127 p.

**RODIER J. (2009).** L'analyse de l'eau .9<sup>eme</sup> édition© Dunod, Paris, 2009. ISBN 978-2-10-054179-9. 1526p.

**SAMAKE O. (2013).** Analyse thermodynamique d'un multiple effets à thermo- compression alimenté par les pertes énergétiques d'un moteur diesel. université de Sherbrooke.

**SAVARY P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau .territorial éditions .p75-115.

**TANSAKUL C. (2009).** Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Doctorat. Génie des procédés et de l'environnement Université de Toulouse.

**TATA-DUDRU .F. (2009).** Dessalement de l'eau de mer , bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes. Centre de Montpellier.

**TAHRAOUI D.N. (2010).** Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténés (Chlef) et l'impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). WATMED5, lille-France.

---

## I. PREPARATION DES SOLUTIONS MERE

### I.1. La solution mer du Nitrite

- ↪ faire dissoudre 0.4922 g de  $\text{NaNO}_2$  séché à 105 °C pendant 2 heures, dans 750 ml d'eau distillée puis compléter à 1000 ml.
- ↪ conserver la solution dans une flacon propre entre 2-5 °C ,elle est stable durant un mois

### I.2.La solution mer d'Ammonium

- ↪ faire dissoudre 3.819 g de chlorure d'ammonium séché à 105 °C pendant 2 heures, dans 800 ml d'eau distillée puis compléter à 1000 ml.
- ↪ conserver la solution dans une flacon propre entre 2-5 °C ,elle est stable durant un mois.

### I.3 La solution mer du phosphate

- ↪ faire dissoudre 0.2197 g de dihydrogenophosphate  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  séché à 105 °C pendant 1 heures, dans 800 ml d'eau distillée puis ajouter 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 4,5 mol/l et compléter à 1000 ml par l'ED .
- ↪ conserver la solution dans une flacon propre entre 2-5 °C, elle est stable durant 3 mois.

## II. MODE DE FONCTIONNEMENT

### II.1.Le spectrophotomètre : ODESSEY / HACH. DR 2500

Mode de fonctionnement :

- appuyer sur programme Hach.
- Sélectionner le programme de l'élément recherché.
- Sélectionner la longueur d'onde.
- Introduire le blanc
- Appuyer sur zéro
- la valeur de zéro doit être affiché.

### III. LES TABLEUX

#### IV. Tableau n°01 : la nature, la périodicité et les méthodes d'analyses (norme algérienne).

10	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 75	3 Moharram 1431 20 décembre 2009
<p>Décret exécutif n° 09-414 du 28 Dhou El Hidja 1430 correspondant au 15 décembre 2009 fixant la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau de consommation humaine.</p> <p>-----</p> <p>Le Premier ministre,</p> <p>Sur le rapport du ministre des ressources en eau,</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;</p> <p>Vu la loi n° 89-02 du 7 février 1989 relative aux règles générales de protection du consommateur ;</p> <p>Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ;</p> <p>Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 09-128 du 2 Joumada El Oula 1430 correspondant au 27 avril 2009 portant reconduction du Premier ministre dans ses fonctions ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 09-129 du 2 Joumada El Oula 1430 correspondant au 27 avril 2009 portant reconduction dans leurs fonctions de membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 02-68 du 23 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 6 février 2002 fixant les conditions d'ouverture et d'agrément des laboratoires d'analyse de la qualité ;</p> <p>Après approbation du Président de la République ;</p> <p><b>Décète :</b></p> <p style="text-align: center;"><b>CHAPITRE I</b> <b>DISPOSITIONS GENERALES</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 114 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer la nature, la périodicité et les méthodes d'analyse de l'eau au niveau des ouvrages et installations de production, de traitement, d'adduction, de stockage et de distribution de l'eau de consommation humaine.</p> <p>Art. 2. — Au sens du présent décret, on entend par :</p> <p><b>Paramètre</b>: tout élément de nature physique, chimique, biologique ou microbiologique pris en considération pour déterminer la qualité de l'eau et évaluer les risques sanitaires liés à leur présence dans l'eau.</p> <p><b>Analyse</b> : identification et quantification d'un paramètre présent dans un échantillon d'eau brute ou d'eau traitée, selon une méthode standardisée.</p> <p>Art. 3. — Les dispositions du présent décret sont applicables à l'eau de consommation humaine telle que définie à l'article 111 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée.</p> <p>Art. 4. — Les eaux destinées à la consommation humaine doivent être analysées au moyen d'échantillons à prélever dans les ouvrages et installations :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— de production pour anticiper toute dégradation de leur qualité;</li></ul>	<p>— de traitement, d'adduction, de stockage et de distribution ou d'utilisation pour vérifier leur conformité aux normes de potabilité et/ou de qualité fixées par la réglementation en vigueur.</p> <p style="text-align: center;"><b>CHAPITRE II</b> <b>NATURE, PERIODICITE</b> <b>ET METHODES D'ANALYSE</b></p> <p>Art. 5. — Les analyses à effectuer sur les échantillons d'eaux brutes prélevés au niveau des ouvrages et installations de production d'eau portent sur les paramètres définis dans l'annexe I du présent décret.</p> <p>Art. 6. — Les analyses à effectuer sur les échantillons d'eaux traitées prélevés à la sortie d'une station de traitement, au niveau des ouvrages et installations d'adduction, de stockage et de distribution sont différenciées selon les types de contrôle de potabilité et/ou de qualité des eaux fournies, tels que définis dans l'annexe II du présent décret.</p> <p>Art. 7. — Les analyses à effectuer sur les échantillons d'eaux prélevés au point d'utilisation des eaux traitées destinées à la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou à la préparation, au conditionnement et à la conservation des denrées alimentaires portent sur les paramètres définis au titre du contrôle complet dans l'annexe II du présent décret.</p> <p>Art. 8. — La périodicité des analyses à effectuer sur les échantillons d'eau est fixée en fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— soit du débit journalier prélevé au niveau des ouvrages et installations de production destinés à l'alimentation en eau potable ;</li><li>— soit du volume journalier fourni par un réseau de distribution d'eau ;</li><li>— soit du volume journalier utilisé pour la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou la préparation, le conditionnement et la conservation de denrées alimentaires.</li></ul> <p>La périodicité de ces analyses est définie dans l'annexe III du présent décret.</p> <p>La répartition de la fréquence des analyses à effectuer aux fins de contrôle au niveau des différents ouvrages et installations de traitement, d'adduction, de stockage et de distribution sera précisée, par arrêté du ministre chargé des ressources en eau, en fonction des exigences de représentativité des échantillons d'eau fournis.</p> <p>Art. 9. — Des analyses complémentaires, en termes de fréquence et de paramètres, doivent être fixées par l'administration de wilaya chargée des ressources en eau en cas de risque de dégradation de la qualité des eaux lors de la survenance d'une catastrophe.</p> <p>Art. 10. — Les méthodes référentielles d'analyse des échantillons d'eau sont définies dans l'annexe IV du présent décret.</p> <p style="text-align: center;"><b>CHAPITRE III</b> <b>DE L'AGREMENT DES</b> <b>LABORATOIRES D'ANALYSE</b></p> <p>Art. 11. — Les analyses des échantillons d'eaux brutes ou traitées effectuées par tout exploitant d'un service public d'alimentation en eau potable ou par tout utilisateur d'eaux traitées destinées à la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou à la préparation, au conditionnement et à la conservation des denrées alimentaires, doivent être réalisées par des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur.</p>	

**Tableau n°02 : les résultats des analyses au niveau de laboratoire de la station de dessalement**

		PH	T°	Condi	TDS	Cl2	Turb	TH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	TA	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	LSI
Echantillon	Date		C°	μS/cm	mg/l	mg/l	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	SM 2330
01	02/02/2014	8,44	16,2	760	380	0.4	0	62	22.44	1.42	56	2.4	63.44	0.13
02	03/02/2014	8,42	16.6	678	339	0.7	0	60	20.84	1.89	58	2.4	65.88	0.11
03	04/02/2014	8,37	17	588	294	0.5	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.07
04	05/02/2014	8,41	18	622	311	0.4	0	60	20.84	1.89	54	2.4	61	0.11
05	06/02/2014	8.38	16.8	618	309	0.6	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.07
06	08/02/2014	8.41	17.5	622	311	0.65	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.11
07	09/02/2014	8,41	18.2	578	289	0.5	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.13
08	10/02/2014	8.40	16.4	576	288	0.55	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.09
09	11/02/2014	8,39	16.8	564	282	0.54	0	62	22.44	1.42	58	2.4	65.88	0.13
10	12/02/2014	8,44	17.1	550	275	0.62	0	60	21.64	1.42	58	2.4	65.88	0.17
11	13/02/2014	8,43	17.1	556	278	0.59	0	60	21.64	1.42	56	2.4	63.44	0.15
12	15/02/2014	8,43	17.6	534	267	0.52	0	60	21.64	1.42	56	2.4	63.44	0.16
13	16/02/2014	8,45	17.3	544	272	0.47	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.16
14	17/02/2014	8,40	16.8	564	282	0.51	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.1
15	18/02/2014	8,42	16.9	520	260	0.45	0	62	22.44	1.42	56	2.4	63.44	0.16
16	19/02/2014	8,43	17.2	528	264	0.48	0	60	21.64	1.42	56	2.4	63.44	0.16
17	20/02/2014	8,43	17.2	552	276	0.5	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.14
18	22/02/2014	8,43	17.2	556	281	0.42	0	60	21.64	1.42	56	2.4	63.44	0.15
19	23/02/2014	8,45	16.8	540	270	0.41	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.15
20	24/02/2014	8,38	16.6	538	269	0.56	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.08
21	25/02/2014	8,43	16.8	546	273	0.62	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.13
22	26/02/2014	8,42	17.2	562	281	0.63	0	60	20.84	1.89	56	2.4	63.44	0.12
23	27/02/2014	8,44	16.9	532	266	0.64	0	60	21.64	1.42	56	2.4	63.44	0.16
24	01/03/2014	8,41	16.9	576	288	0.51	0	60	20.04	2.37	56	2.4	63.44	0.09
25	02/03/2014	8,41	17.3	644	326	0.50	0	62	21.64	1.89	58	2.4	65.88	0.13

---

---

**Tableau n° 03 : les Résultats des analyses effectués au niveau de l'ADE et ALZING**

<b>Echantillon Elément ( mg/l )</b>	<b>N°01</b>	<b>N°02</b>	<b>N°03</b>
<b>Cadmium</b>	0.024	0.031	0.017
<b>Fer</b>	0.071	0.031	0.098
<b>Manganese</b>	0.003	0.016	0.022
<b>Plomb</b>	0.053	0.000	0.026
<b>Nickel</b>	0.011	0.081	0.052
<b>Argent</b>	0.000	0.000	0.000
<b>Chrome</b>	0.000	0.16	0.12
<b>Phosphate</b>	0,02	0,03	0,09
<b>Ammonium</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Nitrite</b>	0,001	0,01	0,001
<b>Sulphate</b>	0,03	0,01	0,03

**Tableau n°04 :** Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Elément/ substance	Symbole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu <sup>2+</sup>		2 mg/l
Cyanure	CN <sup>-</sup>		0,07 mg/l
oxygène dissous	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide
Fluorure	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO <sub>3</sub>		200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)  0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO <sub>4</sub>		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

**Tableau n°05** :Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.

Paramètres	Symbole/formule	Valeur paramétrique (mg/l)
Acrylamide	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	0.0001
Antimoine	Sb	0.005
Arsenic	As	0.01
Benzène	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.001
Benzo(a)pyrène	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0.00001
Bore	B	1
Brome	Br	0.01
Cadmium	Cd	0.005
Chrome	Cr	0.05
Cuivre	Cu	2.0
Cyanure	CN-	0.05
1,2-dichloroéthane	CH <sub>2</sub> Cl-CH <sub>2</sub> Cl	0.003
Epichlorhydrine	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl	0.0001
Fluor	F	1.5
Plomb	Pb	0.01
Mercure	Hg	0.001
Nickel	Ni	0.02
Nitrate	NO <sub>3</sub>	50
Nitrite	NO <sub>2</sub>	0.50
Pesticides		0.0001
Pesticides – Totaux		0.0005
PAHs	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N <sub>1</sub> O <sub>5</sub> P <sub>1 3</sub>	0.0001
Sélénium	Se	0.01
Tetrachloroéthène trichloréthylène	et C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	0.01
Trihalométhanes Totaux	–	0.1
Chlorure de vinyle	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	0.0005

**Tableau n°05** :Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998. (Suite)

Paramètres	Symbole/ formule	Valeur paramétriques
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonium	NH <sub>4</sub>	0.50 mg/l
Chlore	Cl	250 mg/l
<i>Clostridium perfringens</i> (incluant les spores)		0/100 ml
Couleur		Acceptable pour les consommateurs sans couleurs anormales
Conductivité		2500 µS/cm @ 20°C
pH	[H <sup>+</sup> ]	≥ 6.5 and ≤ 9.5
Fer	Fe	0.2 mg/l
Manganèse	Mn	0.05 mg/l
Odeur		Acceptable pour les consommateurs et sans odeurs anormales
Pouvoir oxydant		5.0 mg/l O <sub>2</sub>
Sulfate	SO <sub>4</sub>	250 mg/l
Sodium	Na	200 mg/l
Goût		Acceptable pour les consommateurs et sans goûts particuliers
nombre de colonie à 22° C		Pas de concentrations anormales
Bactérie coliforme		0/100 ml
Carbone organique total		Pas de changement anormal
Turbidité		Acceptable pour les consommateurs et pas de changement anormal
Tritium	H <sub>3</sub>	100 Bq/l
Dose indicative totale		0.10 mSv/an

**Tableau n°06** :parametres de qualité de l'eau de consommation humaine( norme algérienne,2011)

18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18		7
ANNEXE				
PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE				
Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES				
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES	
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2	
	Ammonium	mg/l	0,5	
	Baryum	mg/l	0,7	
	Bore	mg/l	1	
	Fer total	mg/l	0,3	
	Fluorures	mg/l	1,5	
	Manganèse	µg/l	50	
	Nitrates	mg/l	50	
	Nitrites	mg/l	0,2	
	Oxydabilité	mg/l O2	5	
	Phosphore	mg/l	5	
	Acrylamide	µg/l	0,5	
	Antimoine	µg/l	20	
	Argent	µg/l	100	
	Arsenic	µg/l	10	
	Cadmium	µg/l	3	
	Chrome total	µg/l	50	
	Cuivre	mg/l	2	
	Cyanure	µg/l	70	
	Mercure	µg/l	6	
Nickel	µg/l	70		
Plomb	µg/l	10		
Sélénium	µg/l	10		
Zinc	mg/l	5		

**Tableau n°06:** Parametres de qualité de l'eau de consommation humaine( norme algérienne,2011).(suite)

8		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18	18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011
ANNEXE (suite)			
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1 ,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl <sub>4</sub>	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
Chlore	mg/l	5	
Chlorite	mg/l	0,07	
Trihalométhanes (THM) (Total)			
Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	µg/l	100	

**Tableau n°06** :parametres de qualité de l'eau de consommation humaine( norme algérienne,2011).(suite)

<b>Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES</b>			
<b>GROUPE DE PARAMETRES</b>	<b>PARAMETRES</b>	<b>UNITES</b>	<b>VALEURS INDICATIVES</b>
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	
	Température	°C	25

## RESUME

La station de dessalement de l'eau de mer à Honaine-Tlemcen, constitue l'un des plus grands projets réalisés par le gouvernement algérien en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 200.000 m<sup>3</sup>/ jour. Ce travail a pour objectif de faire un suivi de l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau obtenue par le dessalement de l'eau de mer par la technique d'osmose inverse. Dans ce contexte, vingt cinq (25) prélèvements et trois autres pris séparément, ont été effectués au cours des mois février, mars et avril 2014.

A la lumière des résultats obtenus, les eaux issues de dessalement de l'eau de mer à Honaine présentent une qualité physico-chimique plus ou moins adéquate. Par ailleurs, les analyses chimiques révèlent des teneurs relativement élevées de chrome, cadmium, plomb, et nickel vis-à-vis de la réglementation algérienne et à celle de l'OMS. Ces paramètres constituent un risque imminent pour la santé et la sécurité du consommateur.

**Mots clé :** Dessalement –Eaux –Qualité- physicochimique-Métaux lourds-Risques.

\*\*\*\*\*

## ABSTRACT

The desalination of seawater Honaine-Tlemcen, is one of the largest projects undertaken by the Algerian government in drinking water, with a capacity of 20,000 m<sup>3</sup> / day. This work aims to follow the evolution of the physico-chemical quality of the water produced by desalination of seawater by reverse osmosis technique. In this context, twenty five (25) samples and three others taken separately, were conducted during the months February, March and April 2014.

In light of the results obtained, the water from desalination of seawater Honaine have one or less adequate physicochemical more quality. In addition, chemical analyzes revealed relatively high levels of chromium, cadmium, lead, nickel and vis-à-vis the Algerian regulations and the WHO. These parameters constitute an imminent danger to the health and safety of consumers.

**Keywords:** Desalination-Water-Quality-Heavy metals-physicochemical – hazards

.....

## المخلص

تحلية مياه البحر على مستوى بلدية هنين - تلمسان ، هي واحدة من أكبر المشاريع التي قامت بها الحكومة الجزائرية في التزود بالمياه الصالحة الشرب بسعة 20000م<sup>3</sup> في اليوم. هذا البحث يهدف الى متابعة تطور النوعية الفيزيائية والكيميائية للمياه التي تنتجها تحلية مياه البحر بواسطة تقنية الضغط الاسموزي العكسي عبر اقتطاع خمسة وعشرين عينة وكذا ثلاث عينات اخرى تم اقتطاعها بصفة منفصلة خلال اشهر فبراير ومارس و ابريل.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها تمتاز مياه تحلية البحر -هنين بجودة فيزيوكيميائية ملائمة. لكن التحاليل الكيميائية اظهرت قيم عالية نسبيا فيما يخص الكروم والكاديوم والرصاص والنيكل مقارنة بالمعايير المعمول بها في القانون الجزائري وكذا منظمة الصحة العالمية والتي قد تتسبب في خطر وشيك على صحة و امن المستهلك .

**الكلمات الرئيسية:** التحلية المياه الجودة الفيزيوكيميائية، المعادن الثقيلة الخطر

