

*République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

*Université de Mouloud MAMMERRI –Tizi Ouzou–*

*Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département des Sciences Agronomiques*



**MEMOIRE DE FIN DE CYCLE**

Pour l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques  
Spécialité : Eau et Environnement

***Thème***

**ANALYSE DU PROCÉDE DE DESSALEMENT DE L'EAU  
DE MER ET DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE  
L'EAU DESALINISEE DE LA STATION DE  
DESSALEMENT DE TIGZIRT**

***Présentée par :***

M<sup>elle</sup> SEDDIKI NABILA

Soutenu le : 09/07/2023

***Devant le jury composé de :***

Mme. YAKOUBI. S	M.A.B	U.M.M.T.O	Présidente
Mme. BERROUANE. N	M.A.B	U.M.M.T.O	Promotrice
Mme. BELMIHOUB. N	Doctorante	U.M.M.T.O	Examinatrice

*« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »*

*La célèbre phrase d'Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794)*

*Ce principe s'applique également à l'eau : source de vie,*

*Ressource précieuse mais difficile d'accès,*

*Qui peut aussi être source de mort si elle n'est pas bien gérée*

## *REMERCIEMENT*

*En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu qui nous a donné la volonté et le courage de réaliser ce travail.*

*Ensuite, j'aimerais adresser mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.*

*Je souhaite tout particulièrement remercier ma promotrice, Mme Berrouane Naoual, pour son aide précieuse, ses encouragements et sa patience.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude envers les membres du jury Mme YAKOUBI Saïda et pour Mme BELMIHOUB Naima pour leur présence, pour leur lecture attentive de mon mémoire ainsi que pour leurs remarques et conseils avisés afin d'améliorer notre travail. Qu'ils trouvent ici nos sentiments de gratitude et de déférence.*

*Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage notamment Mr M.NOUAR, l'opérateur de la station, ainsi que Mme M.MAHROUR et toute l'équipe de la station de dessalement de la ville de Tizirt.*

*Mes sincères remerciements vont également à mes enseignants pour leurs efforts dans ma formation tout au long de mon cursus universitaire.*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers*

*À celle qui m'a appris que la patience est la clé du succès et de la  
Victoire.*

*À ma mère*

*À celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la science et la volonté forgent  
les grands esprits.*

*À mon père*

*À ceux qui m'ont toujours soutenu et encouragé*

*À mes chers frères ; Bachir, Yahia*

*Et surtout mes très chères sœurs ; Wissam, Sarah*

*À la fin, à celui qui m'a arrosé le cœur d'amour et de joie, pour la patience et le soutien dont  
il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail. Merci pour tout le bonheur que tu m'as  
donnée depuis que tu es entrée dans ma vie*

*À toute la famille Seddiki et  
Haddad.*

*Seddiki Nabila*



## Sommaire

### Liste des figures

### Liste des tableaux

### Liste des abréviations

---

Introduction .....	1
--------------------	---

## Chapitre I. Ressources hydriques et qualité de l'eau de mer

I.1. Ressources hydriques .....	3
I.2. Répartition de la ressource en eau dans le monde.....	4
I.3. Problématique de disponibilité et de qualité de l'eau à l'échelle mondiale .....	5
I.4. Ressources hydriques en Algérie.....	6
I.5. Dessalement de l'eau de mer en Algérie.....	7
I.6. Propriétés de l'eau de mer .....	10
I.6.1. Constituants majeurs.....	10
I.6.2. Éléments traces métalliques.....	11
I.6.3. Matières organiques .....	12
I.6.4. Salinité.....	13
I.6.5. PH de l'eau de mer .....	13
I.6.6. Densité de l'eau de mer .....	14
I.7. Paramètres de qualité de l'eau de mer .....	14
I.7.1. Paramètres physico-chimiques.....	15
I.7.2. Paramètres organoleptiques.....	18
I.7.3. Paramètres bactériologiques.....	18
I.7.4. Autres paramètres .....	18

## Chapitre II. Technologies de dessalement

II.1. Définition de dessalement de l'eau de mer .....	19
II.2. Technologie de dessalement.....	20
II.2.1. Procédés thermiques .....	21
A. Distillation par détente successive(MSF).....	22
B. Distillation à multiples effets (Multi-Effets Distillation MED).....	23
C. Distillation par compression de vapeur.....	23
II.2.2. Procédés membranaires .....	24

A. Microfiltration.....	25
B. Ultrafiltration.....	25
C. Nano filtration.....	25
D. Osmose inverse.....	25
II.4. Avantages et inconvénients des techniques de dessalement.....	28
II.5. Membranes d’osmose inverse.....	29
II.5.1. Types de membrane utilisé en osmose inverse.....	30
II.5.2. Durée de vie des membranes.....	31
II.5.3. Module d’osmose inverse.....	32
II.6. Impact de la station de dessalement sur l’environnement.....	34

### **Chapitre III. Matériels et méthodes**

III. Évaluation de la conformité de la qualité de l'eau désalinisée par la station de dessalement aux normes internationales et nationales .....	36
III.1. Zone d'étude.....	36
III.2. Présentation de la station de dessalement de Tizgirt.....	36
III.3. Présentation de l'installation.....	37
III.3.1. Donnée d'installation.....	37
III.3.2. Pompe utilisées.....	38
III.4. Dessalement par osmose inverse.....	38
III.4.1. Prise d'eau.....	39
III.4.2. Décantation.....	39
III.4.3. Dosage de l'acide chlorhydriques.....	41
III.4.5. Filtre à sable.....	42
III.4.6. Dosage du Meta-bisulfite de sodium.....	43
III.4.7. Micro-filtre.....	44
III.4.8. Système de pompage à haute pression et turbine de récupération d'énergie.....	45
III.4.9. Système de membrane d'osmose inverse.....	45
III.4.10. Osmose inverse.....	46
III.4.11. Système d'équilibre osmotique.....	47
III.4.12. Post-traitement.....	47
III.4.12.1. Neutralisation de l'eau de mer.....	48
III.4.12.2. Chloration de l'eau traitée.....	48
III.4.12.3. Système de stockage de l'eau traitée.....	48

III.5. Technique de prélèvement.....	48
III.6. Matériels et méthodes.....	49

## **Chapitres IV. Résultats et discussion**

IV.1. Résultats.....	53
IV.1.1. Température.....	53
IV.1.2. Turbidité.....	54
IV.1.3. PH.....	54
IV.1.4. Conductivité.....	55
IV.1.5. TDS.....	56
IV.1.6. Chlore résiduel libre.....	56
IV.2. Discussion.....	57
<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

---

---

## Liste des figures

Figure I.1 : Répartition de l'eau douce et salée sur la terre.....	3
Figure I.2 : Pourcentage de disponibilité en eau par apport à la population.....	4
Figure I.3 : Pourcentage d'eau prélevée dans les différentes régions du monde par apport au volume d'eau naturellement disponible .....	4
Figure I.4 : Utilisation de l'eau dans le monde .....	5
Figure I.5 : Bassins hydrographiques de l'Algérie.....	6
Figure I.6 : Principaux composants de l'eau de mer.....	10
Figure I.7 : Schéma de la taille des matières organiques dans l'eau de mer.....	12
Figure II.1 : Schéma général d'une installation de dessalement.....	19
Figure II.2 : Procédé de dessalement.....	20
Figure II.3 : Capacité totale des installations dans le monde .....	21
Figure II.4 : Principe de la distillation multi stage.....	22
Figure II.5 : Principe de la distillation a multiple effets .....	23
Figure II.6 : Principe de la distillation par compression de vapeur .....	23
Figure II.7 : Classification des procédés barométriques membranaires selon la taille de séparation.....	24
Figure II.8 : Mécanisme d'osmose et d'osmose inverse .....	26
Figure II.10 : Schéma d'une membrane asymétriques.....	29
Figure II.11 : Module des membranes .....	32
Figure III.1 : Situation géographique de la daïra Tizirt.....	36
Figure III.2 : Station de dessalement de Tizirt.....	37
Figure III.3 : Prise d'eau brute .....	39
Figure III.4 : 1 <sup>er</sup> compartiment l'arrivée d'eau brute .....	40
Figure III.5 : 2 <sup>eme</sup> compartiment décanteur lamellaire .....	40
Figure III.6 : Pompe apport .....	41
Figure III.7 : Point d'injection de l'acide chlorhydrique .....	41
Figure III.8 : Schéma descriptif d'un filtre à sable.....	42
Figure III.9 : Filtre à sable .....	43
Figure III.10 : Point d'injection du Meta-bisulfite de sodium.....	43
Figure III.11 : Micro-filtre.....	44
Figure III.12 : Membrane d'osmose inverse.....	46
Figure III.13 : Osmose inverse .....	46

Figure III.14 : Système d'équilibre osmotique .....	47
Figure III.15 : Réservoir tampon de l'eau traitée.....	48
Figure III.16 : Schéma illustre les différents prétraitements et les points de prélèvements .....	49
Figure III.17 : Mesure de pH et T °C.....	50
Figure III.18 : Turbidimètre.....	51
Figure III.19 : Conductimètre .....	51

---

---

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Différentes stations de dessalement et leurs caractéristiques en Algérie.....	8
Tableau I.2 : Stations réalisées par LINDE-KCA.....	8
Tableau I.3 : Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT.....	9
Tableau I.4 : Concentration des éléments majeurs présents dans une eau de mer de salinité de 35‰.....	10
Tableau I.5 : Concentrations des différents éléments traces métalliques dont la concentration est supérieure à 1 µg/l.....	11
Tableau I.6 : Salinité de différentes mers fermées ou peu ouvertes.....	13
Tableau I.7 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.....	15
Tableau I.8 : Dureté des eaux.....	16
Tableau I.9 : Principaux éléments nutritifs dans l'eau de mer.....	17
Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des techniques de dessalement.....	28
Tableau II.2 : Différents types de modules membranaires.....	32
Tableau II.3 : Caractéristiques principales de l'eau de mer et saumure.....	35
Tableau III.1 : Donnée d'installation.....	38
Tableau III.2 : Pompes utilisées au niveau de la station.....	38
Tableau III.3 : Caractéristique des filtres à sable.....	42
Tableau III.4 : Caractéristiques des cartouches de filtration.....	44
Tableau III.5 : Matériels utilisées au niveau de la station.....	49
Tableau IV.1 : Températures des eaux analysées.....	52
Tableau IV.2 : Résultats de mesure de la turbidité des eaux analysées.....	53
Tableau IV.3 : Résultats de mesure du pH des eaux analysées.....	53
Tableau IV.4 : Valeurs mesurées de la conductivité.....	54
Tableau IV.5 : Résultats de mesure de TDS.....	55
Tableau IV.6 : Résultats de chlore résiduel libre.....	56

---

---

## Liste des abréviations

°C : Degrés Celsius

°F : Degrés français

μS/cm : Micro-Siemens par centimètre

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

Al : Aluminium

As : Arsenic

Ba : Barium

Br<sup>-</sup> : Bromure

Ca<sup>2+</sup> : Calcium

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

CE : Conductivité Electrique

Cl<sup>-</sup> : Chlorure

CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> : Carbonate

Cu : Cuivre

Fe : Fer

HCl : Acide Chlorhydrique

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Bicarbonate

HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : Acide phosphorique

I : Iode

K<sup>+</sup> : Potassium

Kg/m<sup>3</sup> : Kilogramme par mètre cube

Li : Litium

mds m<sup>3</sup> : Milliards mètre cube

Mg<sup>+</sup> : Magnesium

Mn : Manganèse

mns m<sup>3</sup> : Millions mètre cube

mns m<sup>3</sup>/an : Millions mètre cube par an

mns : Millions

Mo : Molybdène

N<sub>2</sub> : Diazote

Na<sup>+</sup> : Sodium

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : Meta-Bisulfite de Sodium

$\text{NH}_4^+$  : Ammoniac

$\text{NO}_3^-$  : Nitrates

NTU : Unité néphélobimétrie de turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Phosphate

PE : Polyester

PEHD : Polyéthylène à Haute Densité

pH : Potentiel hydrogène

$\text{PO}_4^{3-}$  : Phosphate

ppm : Partie par million

PRFV : Polymère Renforcer de Fibres de Verre

PSU : Practical Salinity Unit

PVC : Polychlorure de Vinyle

Rb : Rubidium

RCL : Chlore Résiduel Libre

SDEM : Station de Dessalement de l'Eau de Mer

Si : Silicium

$\text{Si}(\text{OH})_4$  : Acide orthosilicique

$\text{SiO}_2$  : Silice

$\text{SO}_4^{2-}$  : Sulfate

TDS : Total des Solides Dissouts

TH : Titre hydrotimétrique

Ti : Titan

U : Uranium

V : Vanadium

Zn : Zinc

$\mu\text{m}$  : Micro mètre

---



# ***INTRODUCTION***

*<< Les études de la jeunesse font la  
Jouissance de la vieillesse >>*

*Jean Stobée ; Extraits, sentences et préceptes (Ve s.  
ap. J.-C.)*

« L'eau n'est pas nécessaire à la vie, l'eau est la vie » (**Saint-Exupéry.A, 1939**).

L'insuffisance des ressources en eau douce et les besoins croissants en eau potable sont des enjeux qui s'accroîtront dans les années à venir. Il est de plus en plus probable que la question de l'eau devienne l'un des facteurs déterminants de la stabilité d'un pays. Actuellement près d'un milliard d'êtres humains à travers le monde sont dépourvus d'eau potable ; et il est impératif de garantir un minimum de 5 l/j d'eau par habitant, conformément aux normes de l'OMS (**Habet.L, 2010**).

Pour faire face à cette pénurie d'eau, de nouvelles techniques de production d'eau potable sont déjà mises en place pour satisfaire les besoins de la population. Une des techniques prometteuses pour certains pays est le dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres.

L'Algérie, classée comme une zone semi-aride a adopté une stratégie à moyen terme consistant la réalisation des stations de dessalement. Elle a choisi, comme alternative, le dessalement de l'eau de mer pour faire face à la demande croissante en eau potable (**Souak.F, 2003**).

Deux techniques de dessalement ont survécu à l'épreuve du développement industriel : la distillation et l'emploi de membranes (osmose inverse et électrodialyse) (**Renaudin.V et Champion.G, 2003**).

Tigzirt, une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, est confrontée à une pénurie d'eau croissante avec un stress hydrique d'environ 170 m<sup>3</sup>/j. Pour améliorer l'approvisionnement en eau potable (AEP), les autorités ont construit une usine de dessalement par osmose inverse d'une capacité de 2500 m<sup>3</sup>/j qui assure l'alimentation en eau potable d'environ 19 858 habitants dans les communes.

Dans ce mémoire, notre objectif est d'étudier les processus de dessalement de l'eau de mer de cette station (Tigzirt), de déterminer les propriétés physico-chimiques de l'eau traitée et d'évaluer l'impact de la station de dessalement sur l'environnement.

Ce mémoire est principalement divisé en deux parties distinctes :

➤ La partie bibliographique

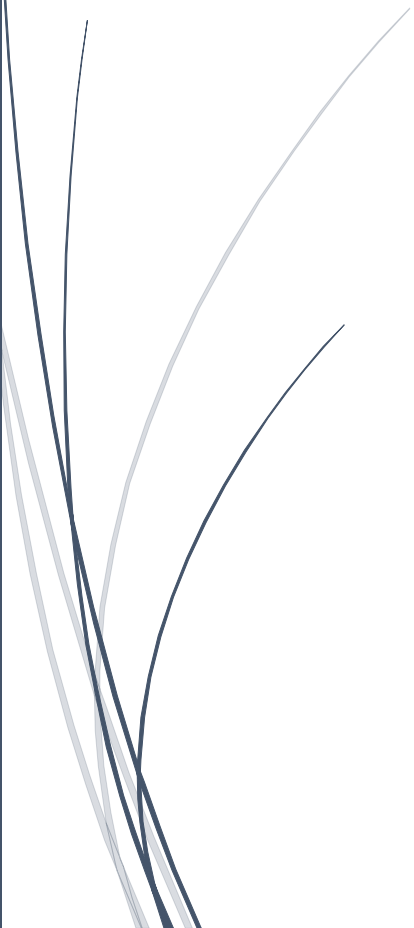

- Le premier chapitre traite de la thématique du dessalement à l'échelle mondiale, en mettant également l'accent sur la situation du dessalement en Algérie. De plus, on

examine les caractéristiques de l'eau de mer telles que la salinité, la dureté, la turbidité, etc...

- Le deuxième chapitre présente les principales technologies de dessalement de l'eau de mer, procédé d'osmose inverse et membrane.

### ➤ La partie expérimentale

- Le premier chapitre présente la zone et le lieu de notre étude ainsi que le matériel et méthodes utilisées.
- Le deuxième chapitre discute les résultats des analyses physico-chimiques effectuées ainsi que l'impact de procédé de dessalement sur l'environnement.



# ***PARTIE***

# ***BIBLIOGRAPHIQUE***

*<< Les études, c'est le  
Chemin le plus facile pour réussir. >>*

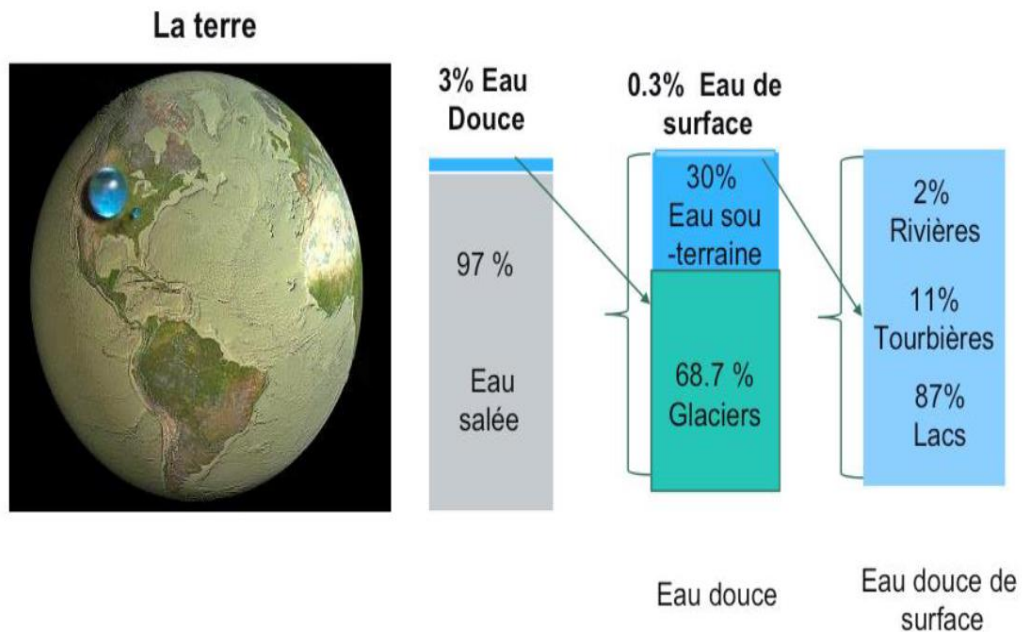
*Eddine-le-sage*

*Ingénieur Conseil, Guitare, Lecture, Ecriture,*

*France, Paris, 1963*

**I.1. Ressources hydriques**

L'eau est un besoin essentiel à la vie humaine et constitue un élément clé du développement des sociétés et des écosystèmes. De nombreux auteurs et organisations considèrent le droit à l'eau comme une condition préalable à la réalisation de tous les autres droits fondamentaux, tels que l'accès à l'alimentation, au logement, à la santé et à un niveau de vie décent (Brunner.N et all, 2015). Bien que 70% de la surface terrestre soit couverte d'eau, seulement 3% de cette quantité est de l'eau douce, propre à la consommation humaine. Les 97% restants sont constitués d'eau salée provenant des mers et des océans (Souak.F, 2003). L'eau douce est définie comme contenant moins d'un gramme par litre de sels, de métaux et d'éléments nutritifs, et provient principalement de sources souterraines et de glaciers. Seulement 0,3% provient des eaux de surface telles que les rivières, les lacs et les tourbières, tandis que 0,9% provient des précipitations sous forme de pluie ou de neige. La répartition de l'eau douce et salée sur la terre est illustrée dans la figure I.1.



**Figure I.1 :** Répartition de l'eau douce et salée sur la terre (Samhari.O, 2021).

**I.2. Répartition de la ressource en eau dans le monde**

La répartition de la ressource en eau n'est pas uniforme à travers le monde. Environ 10% des pays détiennent 60% de la ressource totale : la Chine, le Canada, les États-Unis, la Colombie, le Brésil, la Russie, l'Indonésie et l'Inde, tandis que la disponibilité annuelle d'eau par personne

varie considérablement, passant de moins de 500 m<sup>3</sup> à plus de 10 000 m<sup>3</sup> selon les régions du monde (Zizi.N, 2013).

Lorsqu'une région dispose d'une ressource renouvelable en eau douce inférieure à 1 700 m<sup>3</sup>/an et par personne, on parle de stress hydrique. Cependant, il est généralement admis que le développement économique et le bien-être individuel peuvent être négativement affectés lorsque cette ressource est inférieure à 1 000 m<sup>3</sup>/an et par personne (AESN).

Les deux figures ci-dessous présentent, d'une part, le coefficient de disponibilité en eau par habitant pour chaque continent et, d'autre part, la proportion d'eau prélevée dans différentes régions du monde par rapport au volume d'eau naturellement disponible.



Figure I.2 : Pourcentage de disponibilité en eau par rapport à la population (Zizi.N, 2013).

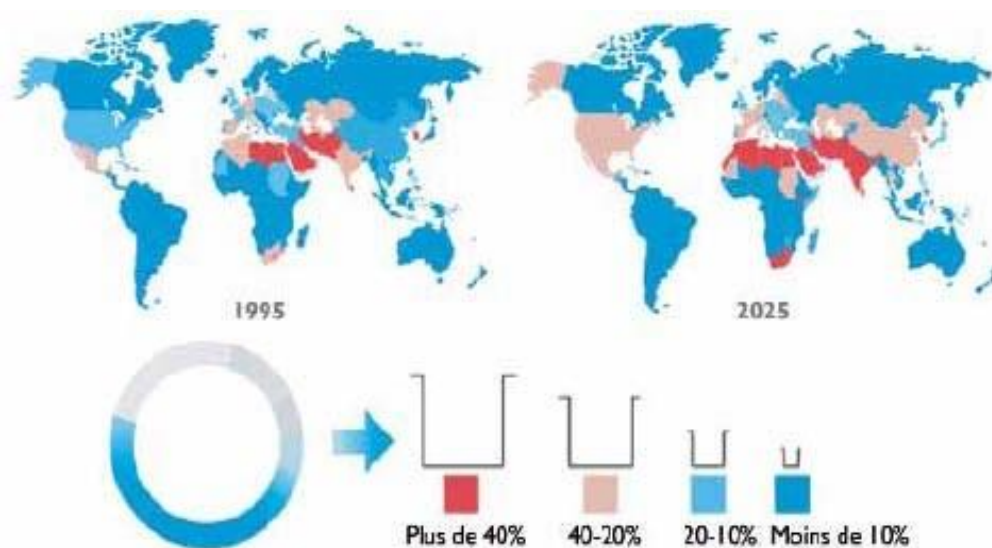


Figure I.3 : Pourcentage d'eau prélevée dans les différentes régions du monde par rapport au volume d'eau naturellement disponible (EPE, 2008).

La comparaison mondiale des coefficients de disponibilité en eau par rapport à la population met en évidence les disparités entre les différents continents, notamment la pression sur l'Asie qui ne possède que 36% des ressources en eau de la planète malgré la présence de plus de la moitié de la population mondiale. En ce qui concerne les prélèvements d'eau par rapport à la population, on constate que 43 pays abritant environ 700 mns de personnes vivent en dessous du seuil de stress hydrique (EPE, 2008).

### **I.3. Problématique de disponibilité et de qualité de l'eau à l'échelle mondiale**

Chaque année, les prélèvements effectués à l'échelle mondiale sont d'environ 4 000 km<sup>3</sup> d'eau douce (EPE,2008). Au regard des quantités d'eau douce présents dans les différents réservoirs naturels, la problématique de l'eau ne relève donc pas du volume disponible mais de l'accès local à la ressource, et à une ressource de qualité suffisante

L'eau prélevée a trois usages (Figure I.4) (SCGE) :

- ✓ 70% pour l'agriculture, principalement pour produire des aliments. L'agriculture, englobant les cultures, l'élevage et l'aquaculture, assure la subsistance de la majeure partie de la population mondiale. 15% de l'eau utilisée en agriculture serve à l'irrigation.
- ✓ 22% pour l'industrie où l'eau sert principalement au nettoyage et au refroidissement dans le cadre du processus de fabrication. Elle sert de plus en plus fréquemment à refroidir les centrales électriques. La majorité de l'eau utilisée à des fins industrielles (environ 96%) sert au moins une fois, puis est rejetée dans les voies d'eau locales sous forme d'effluents.
- ✓ 8% pour les usages domestiques. Qui comprennent l'eau utilisée pour les besoins des ménages et des municipalités ainsi que l'eau consommée par les commerces et les services publics.



**Figure I.4 :** Utilisation de l'eau dans le monde (SCGE).

**I.4. Ressources hydriques en Algérie**

Le territoire de l'Algérie a été divisé en cinq régions hydrographiques. (Figure I.5) (Kettab. A, 2001) :

- Région "Oranie-Chott-Chergui"
- Région "Cheliff-Zahrez "
- Région "Constantinois-Seybousse-Mellegue."
- Région "Algérois-Hodna-Soummam"
- Région "Sahara"



**Figure I.5 :** Bassins hydrographiques de l'Algérie (Mozas.M et Ghosn.A, 2013).

En 2021, le volume total d'AEP au niveau national s'élevait à 3,6 mds m<sup>3</sup>. Parmi ce volume, environ 50% provenaient des nappes phréatiques, 33% des eaux de surface, et 17% étaient obtenus grâce au processus de dessalement de l'eau de mer.

Au cours des 60 dernières décennies, les projets de construction de barrages ont été parmi les initiatives nécessitant des investissements substantiels. Depuis 1962, la capacité de stockage des barrages en Algérie a connu une augmentation significative, passant de 908,8 mns m<sup>3</sup> (avec 13 barrages) à plus de 8,6 mds m<sup>3</sup> aujourd'hui. Le pays compte désormais plus de 80 barrages, dont 75 sont actuellement exploités.

Concernant les eaux souterraines, l'Algérie dispose actuellement de 281 000 puits en exploitation, avec une capacité de stockage de plus de 6,6 mds m<sup>3</sup>, selon les sources officielles. Il est également mentionné que 27 200 puits ont été financés par le trésor public.

Parmi les réalisations du secteur, il est important de mentionner les projets de dessalement de l'eau de mer qui ont été réalisés et exploités dans 34 stations jusqu'à présent. Ces stations ont une capacité de production totale de 52,6 mns m<sup>3</sup>/an, ce qui permet de renforcer l'AEP pour une population de 1 166 715 habitants (APS, 2023).

### **I.5. Dessalement de l'eau de mer en Algérie**

L'Algérie a entrepris un programme ambitieux pour remédier au manque de ressources en eau potable et répondre aux besoins domestiques de sa population. Le pays a investi massivement dans le dessalement de l'eau de mer et dispose actuellement de onze grandes stations de dessalement opérationnelles, avec une capacité de production de 2 110 000 m<sup>3</sup>/j. Ces stations de dessalement permettent de fournir de l'eau potable à près de 7 481 420 habitants. Pour renforcer davantage ses capacités, l'Algérie a prévu la construction de quatre nouvelles stations de dessalement. La première, la station d'El Chatt, située dans la wilaya d'El Tarf, aura une capacité de production de 300 000 m<sup>3</sup>/j. La deuxième, la station d'Ouest Alger, sera localisée dans la wilaya de Tipaza et pourra produire 300 000 m<sup>3</sup>/j, dont 200 000 m<sup>3</sup> pour Alger et 100 000 m<sup>3</sup> pour Blida. Les deux autres stations auront des capacités de production plus modestes, soit 70 000 m<sup>3</sup>/j pour la station de Skikda et 50 000 m<sup>3</sup>/j pour la station de Bejaia, pouvant être étendue à 100 000 m<sup>3</sup>/j. Le tableau I.1 ci-dessous donne un aperçu des différentes stations de dessalement et de leurs caractéristiques (Adda.A et Abbas.M. (2020)).

Les avantages de l'utilisation du dessalement en Algérie sont multiples : le pays dispose d'un vaste littoral de 1200 km qui offre une source quasi-inépuisable d'eau douce. De plus, la mer est une source peu polluée. La proximité des zones industrielles, des grands hôtels et de la majorité de la population (80%) par rapport à la mer réduit les coûts de transfert d'eau. Par ailleurs, les progrès technologiques dans le domaine du dessalement ont permis de réduire considérablement les coûts de cette pratique ( Reddy.K.V et Ghaffour.N, 2007).

Cette année il est prévu la mise en service des 13 stations de dessalement, dont El Chatt et Alger Ouest. On estime que la production d'eau dessalée atteindra 583 millions de mètres cubes, en utilisant les 11 stations déjà en activité depuis 2016. Parallèlement, quatre nouvelles stations sont en cours de développement, grâce aux ressources nationales, ce qui permettra une production quotidienne additionnelle d'eau potable dépassant les 2,1 mns m<sup>3</sup>.

**Tableau I.1 :** Différentes stations de dessalement et leurs caractéristiques en Algérie  
(Adda.A et Abbas.M. (2020)).

N°	Station	Wilaya	Capacité m <sup>3</sup> /j	Mise en service
1	Kahrama	Oran	90 000	2005
2	El Hamma	Alger	200 000	2008
3	Skikda	Skikda	100 000	2009
4	Beni Saf	Ain Timouchent	200 000	2009
5	Souk Tlata	Tlemcen	200 000	2011
6	Honain	Telemcen	200 000	2012
7	Mostaganem	Mostaganem	200 000	2011
8	Cap Djinet	Boumerdes	100 000	2012
9	Fouka	Tipaza	120 000	2011
10	Ténès	Chleff	200 000	2015
11	Magtaâ	Oran	500 000	2016
<b>Totale</b>	11 stations		2 110 000	-

### I.5.1. Stations monoblocs

Il a été réalisé 20 petites SDEM, réparties dans 8 wilayas, avec une capacité totale de 53 000 mètres cubes par jour. Cette opération a impliqué deux marchés distincts.

Les 8 stations, situées sur 5 sites différents, avec une capacité totale de 22 500 m<sup>3</sup>/j, ont été construites par l'entreprise allemande LINDE-KCA, comme indiqué dans le tableau ci-dessous (Amitouche.M, 2016) :

**Tableau I.2 :** Stations réalisées par LINDE-KCA (Amitouche.M, 2016).

N°	Wilaya	Site	Commune	Capacité (m <sup>3</sup> /j)
1	Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	2500
2		Ghazaouet II	Ghazaouet	2500
3	Tipaza	Bou-Ismaïl	Bou-Ismaïl	5000
4		Champ de tir	Zeralda	2500
5		Champ de tir 2	Zeralda	2500
6	Alger	Palm Beach	Staouali	2500
7		La Fontaine	Ain Benian	2500
8		La Fontaine	Ain Benian	2500
<b>Totale</b>		8 station		22500

11 stations sur 07 sites d'une capacité globale de 30 500 m<sup>3</sup>/j ont été réalisées par l'entreprise Algérienne HYDRO-TRAITEMENT, représentées ci-dessous :

**Tableau I.3 : Stations réalisées par HYDRO-TRAITEMENT (Algeria of water, 2012).**

N°	Wilaya	Site	Commune	Capacité (m <sup>3</sup> /j)
1	Alger	La Fontaine 3	Ain Benian	2500
2		Cap Caxine	Hammamet	2500
3		Bateau Cassé 1	Bordj El Kifane	2500
4		Bateau Cassé 2	Bordj El Kifane	2500
5		Bateau Cassé 3	Bordj El Kifane	2500
6		Reghaia Plage	Reghaia	2500
7	Boumerdes	Corso	Corso	5000
8	Skikda	Larbi B.Mhidi 1	Larbi B.Mhidi	2000
9		Larbi B.Mhidi 2	Larbi B.Mhidi	3000
10		Larbi B.Mhidi 3	Larbi B.Mhidi	2500
11		Larbi B.Mhidi 4	Larbi B.Mhidi	2500
12	Tizi-Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2500
<b>Totale</b>		12 stations		30500

## I.6. Propriétés de l'eau de mer

### I.6.1. Constituants majeurs

Une eau peut prendre diverses compositions, l'eau de mer est composée d'eau et de sel, ainsi que de diverses substances en faible quantité. Si plus des deux tiers des 94 éléments chimiques naturelles sont présent dans l'eau de mer, la plupart sont en faible quantité et difficilement décelables (Figure I.6). Ainsi elle présente aussi plusieurs paramètres de potabilité et des propriétés différentes.

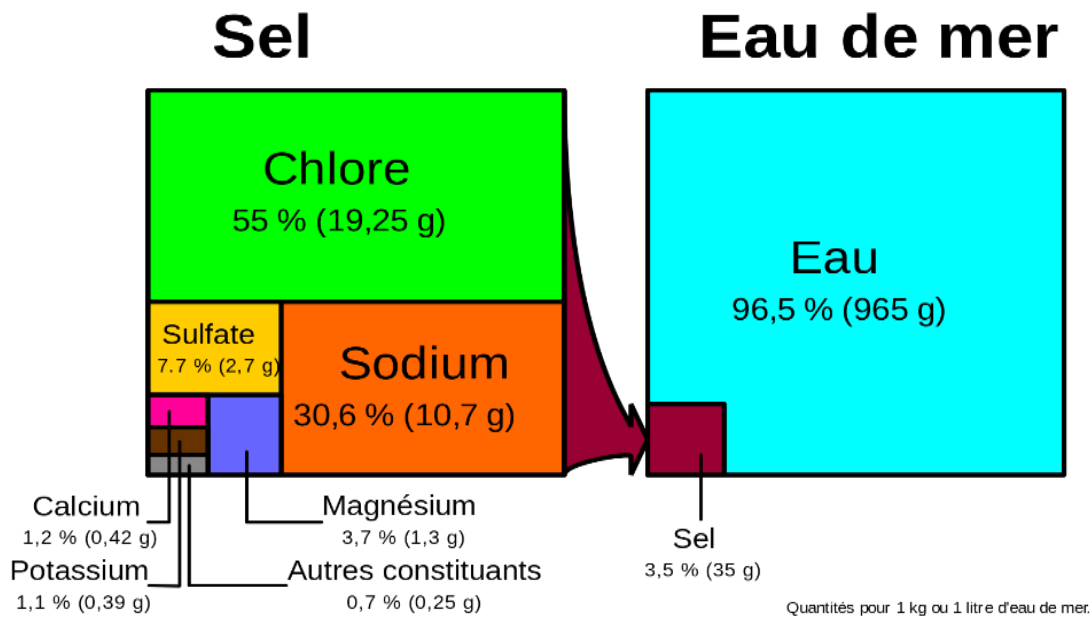


Figure I.6 : Principaux composants de l'eau de mer (Futura science.com).

Généralement, les sels présents dans l'eau se trouvent sous forme de cations et anions. (Tableau I.4) Présente les principaux ions que l'on retrouve dans l'eau de mer (Skirrow.G et Riley.J, 1965).

Tableau I.4 : Concentration des éléments majeurs présents dans une eau de mer de salinité de 35‰ (Maurel.A. 2006).

Type d'ions		Concentration (g/l)
Anions	Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	19 353
	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2712
	(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	118-146
	Bromure (Br <sup>-</sup> )	67
Cations	Sodium (Na <sup>+</sup> )	10 160
	Magnesium (Mg <sup>+</sup> )	1 249
	Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	413
	Potassium (K <sup>+</sup> )	387

**I.6.2. Éléments traces métalliques**

L'eau de mer contient de nombreux autres éléments à des concentrations beaucoup plus faibles (Tableau I.5). Ces éléments, malgré leur faible concentration, ont une importance certaine dans des processus biologiques et organiques. Ils peuvent se trouver sous différentes formes (dissous, colloïdaux ou en suspension) (Habet.L, 2010).

**Tableau I.5 :** Concentrations des différents éléments traces métalliques dont la concentration est supérieure à 1 µ g/l (Brown.J et al, 1994).

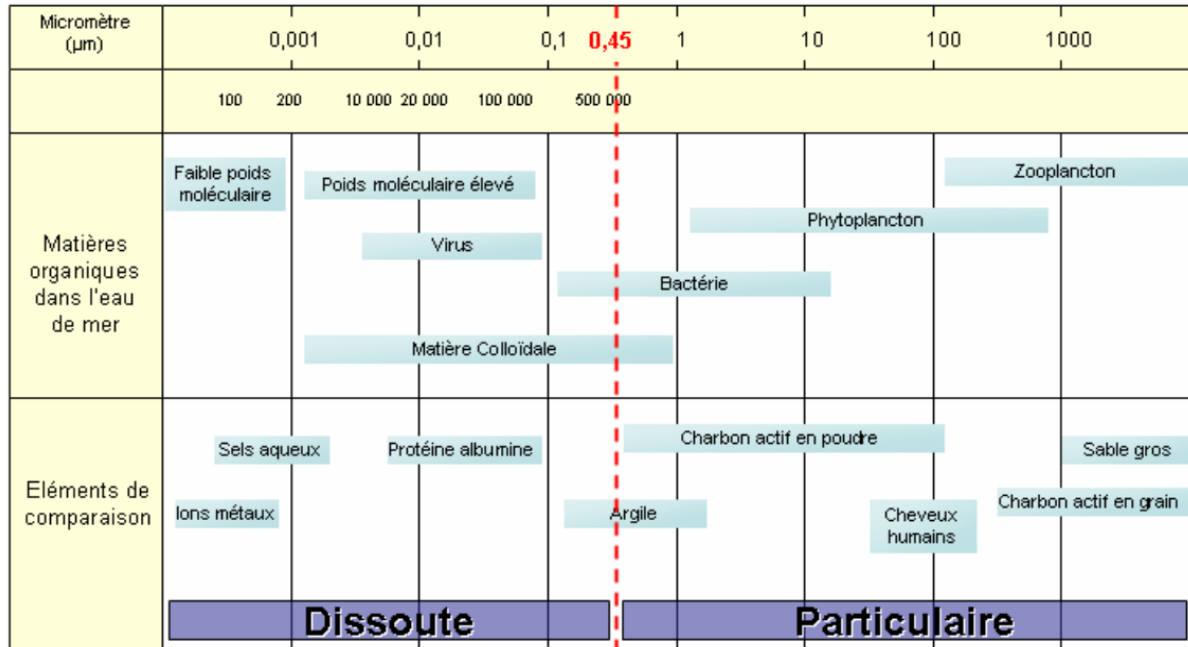
Eléments	Concentration en µ g/l	Eléments	Concentration en µ g/l
<b>Li</b>	170	<b>Cu</b>	3
<b>Al</b>	10	<b>Zn</b>	10
<b>Si</b>	3000	<b>As</b>	3
<b>P</b>	70	<b>Rb</b>	120
<b>Ti</b>	1	<b>Mo</b>	10
<b>V</b>	2	<b>I</b>	60
<b>Mn</b>	2	<b>Ba</b>	30
<b>Fe</b>	10	<b>U</b>	30

Un litre d'eau de mer contient entre 30 à 40 g de sels alors que les matières en suspension représentent quelques dizaines de mg/L. Ces particules peuvent être finement divisées augmentant ainsi grandement les surfaces réactionnelles, ce qui peut avoir une importance notable sur les propriétés physico-chimiques de l'eau de mer (Bernard.M, 1993).

**I.6.3. Matières organiques**

L'océan est le réservoir principal du carbone organique sur terre, qui contient environ  $10^{18}$  g de carbone. La plupart du carbone organique dans l'océan est sous la forme de matière organique dissoute et principalement de molécules à faible poids moléculaire. Seulement 1% du carbone organique est de la matière organique particulaire. Environ 75 % du carbone organique dissous est de la matière organique dissoute de faible poids moléculaire. Une procédure largement utilisée pour séparer les matières organiques dissoutes des fractions particulières est une filtration à travers une membrane ayant des pores de 0,2 à 1,0 µm. Le plus souvent, une membrane avec des pores de 0,45 µm est utilisée. La figure I.7 donne une représentation très schématique et simplifiée de la gamme de taille et des types de matières

organiques dans l'eau de mer. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend de la profondeur de l'océan : l'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur (Tansakul.C, 2009).



**Figure I.7:** Schéma de la taille des matières organiques dans l'eau de mer (Tansakul.C, 2009).

**I.6.4. Salinité**

La salinité est une caractéristique fondamentale de l'eau de mer. La présence de sel dans l'eau affecte certaines de ses propriétés, telles que la densité, la compressibilité, le point de congélation et la température à laquelle la densité est maximale. D'autres propriétés, comme la viscosité et l'absorption de la lumière, ne sont pas significativement influencées par la salinité. Enfin, certaines propriétés sont principalement déterminées par la quantité de sel dans l'eau, telles que la conductivité et la pression osmotique. Un point clé de l'eau de mer est que bien que la concentration totale de sels dissous puisse varier selon le lieu, la proportion des composants les plus significatifs reste relativement stable (Habet.L, 2010).

La salinité des océans et des mers du monde résulte d'un équilibre entre l'évaporation, les précipitations et les apports des fleuves (qui ont une salinité faible), d'une part, et les échanges d'eau avec d'autres mers ou océans auxquels ils sont reliés, d'autre part. La salinité standard de

l'eau de mer est donc d'environ 35g/L, mais des variations plus ou moins importantes autour de cette moyenne existent en fonction du bilan précipitation-évaporation (Maurel.A, 2001).

La salinité se mesure en PSU (Practical Salinity Unit), unité reposant sur la conductivité de l'eau de mer, équivalente au pour mille ou encore au g/Kg (Guilyardi.E,2001). Les niveaux de salinité peuvent varier considérablement dans les mers fermées ou peu reliées aux océans (Tableau I.6).

**Tableau I.6 :** Salinité de différentes mers fermées ou peu ouvertes (Degrément, 1995).

ORIGINE	SALINITE (g/l)
Mer baltique	17
Mer noire	22 à 25
Océans atlantique et pacifique	32 à 38
Mer méditerranée	37 à 40
Mer rouge-Golf Arabique	40 à 47
Mer morte	270

### I.6.5. Potentiel Hydrogène de l'eau de mer

Le pH de l'eau de mer est généralement compris entre 7,5 et 8,4, avec une moyenne d'environ 8,1. Cependant, la valeur du pH peut varier en fonction de facteurs tels que la profondeur, la température, la salinité, la teneur en dioxyde de carbone et la présence d'autres substances chimiques. Par exemple, dans les zones côtières où il y a des apports de nutriments, la décomposition des matières organiques peut entraîner une diminution du pH (Chaouay.A et al, 2016).

### I.6.6. Densité de l'eau de mer

La densité de l'eau de mer est définie comme le rapport entre sa masse volumique et celle de l'eau distillée à une température de 4°C (Montegut.G,2002).

$$\text{densité} = \frac{\text{masse } 1 \text{ m}^3 \text{ d'eau de mer}}{\text{masse } 1 \text{ m}^3 \text{ d'eau distillée à } 4^\circ\text{C}}$$

La densité de l'eau de mer dépend de plusieurs facteurs, tels que la température, la salinité et la pression. En général, la densité de l'eau de mer varie entre 1020 et 1030 kg/m<sup>3</sup>, avec une moyenne d'environ 1025 kg/m<sup>3</sup>.

**I.7. Paramètres de qualité de l'eau****I.7.1. Paramètres physico-chimique**

Les principales caractéristiques physico-chimique de l'eau de mer sont présentées comme suit :

- **Salinité**

La salinité est la quantité totale de résidus solides contenus (en grammes) dans 1 kg d'eau de mer, lorsque tous les carbonates sont convertis en oxydes, le brome et l'iode sont remplacés par le chlore et toutes les matières organiques sont oxydées.

Il est difficile d'estimer la salinité par analyse chimique directe (séchage et pesée des résidus solides) en raison de la présence de certaines substances, notamment des chlorures, qui s'échappent lors des étapes finales du séchage. Nous utilisons le fait que les proportions relatives des principaux composants de l'eau de mer sont pratiquement constantes. Ainsi, la dose de l'un pourrait donner le contenu de tous les autres avec la salinité. Les ions chlore, brome et iodure peuvent être déterminés facilement et avec précision par titrage au nitrate d'argent (Maïga.A,2005).

- **Alcalinité**

Contrairement à l'acidité, la présence de bases et de sels d'acides faibles est responsable de l'alcalinité de l'eau. Les composés les plus courants qui contribuent à l'alcalinité de l'eau sont les hydrogénocarbonates, les carbonates et les hydroxydes (**Gouvernement du Canada**).

- **Température(T°C)**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (**Rodier.J, Geoffray.C et Rodi.L, 1984**). Elle 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 vivants dans l'eau et particulièrement les micro-organismes (**Chaouay.A et al, 2016**).

- **Masse volumique**

La masse volumique varie en fonction de la température et de la pression, atteignant un maximum à environ 4°C. Cette caractéristique a des conséquences variées, à la fois dans la

nature et dans les stations de traitement de l'eau. L'eau est considérée comme un fluide incompressible (Chaouay.A et al, 2016).

- **Potentiel hydrogène (pH)**

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples. Il mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> 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.

La variation du pH causée par certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement est un indice de pollution (Chaouay.A et al, 2016).

- **Conductivité**

La conductivité est liée à la quantité de sels dissous dans l'eau, c'est-à-dire sa minéralisation (Tableau I.7). Plus il y a de sels dissous, plus la conductivité de l'eau est élevée. La mesure de la conductivité permet donc d'estimer rapidement le degré de minéralisation de l'eau, bien que cette méthode soit approximative. D'autres facteurs tels que la température et la viscosité peuvent également affecter la conductivité (Metahri.M S., 2012).

La CE favorise le passage d'un courant électrique à travers l'eau. Elle dépend de la nature et de la concentration des ions dissous dans l'eau. La température et la viscosité ont un impact sur la conductivité électrique : la CE augmente avec la température et diminue avec la viscosité.

La CE est exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement, mais de manière approximative, la teneur en minéraux dissous dans l'eau (Rodier.J, Geoffray.C et Rodi.L, 1984).

**Tableau I.7 :** Relation entre la conductivité et la minéralisation (Rodier.J, Geoffray.C et Rodi.L, 1984).

Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	la minéralisation
Conductivité <100	Minéralisation très faible
100<conductivité<200	Minéralisation faible
200<conductivité< 333	Minéralisation moyenne accentuée
333<conductivité<666	Minéralisation moyenne
666<conductivité<1000	Minéralisation importante
Conductivité>1000	Minéralisation excessive

**▪ Dureté totale (ou titre hydrotimétrique)**

Le titre hydrotimétrique (TH) est une mesure de la dureté de l'eau, c'est-à-dire de la concentration de certains ions tels que le calcium et le magnésium dans l'eau (Tableau I.8). Il est mesuré en degrés français (°F), qui représentent la quantité de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) en milligrammes présente dans un litre d'eau (**Belghiti.M L., et coll., 2013**). Plus le TH est élevé, plus l'eau est dure. La dureté de l'eau peut avoir des effets négatifs sur les appareils électroménagers, la plomberie, la peau et les cheveux.

**Tableau I.8 : Dureté des eaux.**

TH(°F)	0-7	7-15	15-25	25-42	Supérieur à 42
<b>Eau</b>	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

**▪ Oxygène dissous**

La présence d'oxygène dans l'eau est essentielle car il en fait partie intégrante. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau varie en fonction de plusieurs facteurs tels que la température, la pression atmosphérique partielle et la salinité de l'eau. La quantité d'oxygène dissous dans l'eau est généralement inférieure à 10 mg/l, et varie en fonction de la source d'eau, les eaux de surface ayant souvent des niveaux plus élevés, tandis que les eaux profondes ont des niveaux plus faibles. L'eau saturée d'air à 20°C et sous pression normale contient 9,1 mg/l d'oxygène. Cette quantité peut être mesurée à l'aide d'un oxymètre (**Rodier.J, Geoffray.C et Rodi.L, 1984**).

**▪ Turbidité**

La turbidité de l'eau est une mesure de sa clarté qui permet d'évaluer la quantité de matières en suspension présentes dans l'eau. Les eaux troubles contiennent souvent des particules fines telles que des grains de silice, des matières organiques ou des limons. La quantification de ces matières permet de mesurer le niveau de turbidité, qui sera plus faible si le traitement de l'eau est plus efficace. Par conséquent, la mesure de la turbidité est un paramètre important pour le contrôle de la qualité de l'eau traitée à partir de sources de surface. Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut une turbidité inférieure à 5 NTU. Elle est mesurée avec un turbidimètre (**Blum.A, Rouzeau.O et Guiraud.A, 2014**).

**▪ Eléments nutritifs**

Le carbone est un élément indispensable à la vie sur Terre, mais il n'est généralement pas considéré comme un facteur limitant pour l'assimilation biologique car il est principalement présent sous forme de dioxyde de carbone dissous dans l'eau de mer. (Tableau I.9) D'autre part, les nutriments comme le nitrate( $\text{NO}_3^-$ ), l'ammoniac( $\text{NH}_4^+$ ), le phosphate( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et le silicium tel que le silice( $\text{SiO}_2$ ) sont des éléments nutritifs importants pour les organismes marins, en particulier les phytoplanctons, qui sont des cellules végétales présentes à la surface des océans et qui effectuent la photosynthèse pour produire des hydrates de carbone, de l'oxyde de carbone et de l'eau (Tansakul.C,2009).

**Tableau I.9 : Principaux éléments nutritifs dans l'eau de mer (Tansakul.C,2009).**

Eléments nutritifs	Espèces dissoutes possibles	Concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
Azote	$\text{N}_2, \text{NO}_3^-, \text{NH}_4^+$	11,5
Silicium	$\text{Si}(\text{OH})_4$	2
Phosphore	$\text{HPO}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	0,06

**I.7.2. Paramètres organoleptiques****▪ Odeur et Goût**

Les eaux destinées à la consommation doivent présenter un goût et une odeur agréables. La plupart des eaux, qu'elles aient été traitées ou non, peuvent dégager une odeur plus ou moins perceptible et avoir une certaine saveur. Ces deux caractéristiques sont purement subjectives et ne peuvent pas être mesurées à l'aide d'un appareil. Selon les physiologistes, il est reconnu qu'il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, acide et amère (Monique.H, 1991).

**▪ Couleur**

La couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdales. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité (Rodier.J, 1984).

**I.7.3. Paramètres bactériologiques**

Les maladies infectieuses provoquées par les bactéries pathogènes, les virus et les parasites (protozoaires) représentent le risque sanitaire associé à l'eau de boisson le plus courant et le

plus répandu (OMS,2017). La présence d'un groupe de micro-organismes dans l'eau, provenant de diverses sources, peut favoriser leur développement. la présence de germes fécaux dans l'eau peut indiquer la présence de germes pathogènes, ce qui représente un risque pour la santé humaine. Les germes test à recherche sont les suivants (OMS,2017) :

- Coliformes totaux ;
- Coliformes fécaux (Escherichia Coli) ;
- Streptocoques fécaux ;
- Germes anaérobies sulfito-réducteur.

#### **I.7.4. Autres paramètres**

- Paramètres de pollution, tels que l'ammonium, les nitrites et les nitrates, sont des éléments essentiels à surveiller dans le contexte environnemental et sanitaire. Chacun de ces paramètres est lié à des processus spécifiques et peut avoir des conséquences significatives sur les écosystèmes aquatiques, la santé humaine et la qualité de l'eau.
- Éléments toxiques sont des substances chimiques ou des composés présents dans l'environnement qui peuvent causer des effets néfastes sur la santé humaine, la faune, la flore et les écosystèmes. Ces substances, lorsqu'elles sont introduites dans l'environnement, peuvent être persistantes et bioaccumulatives, ce qui signifie qu'elles s'accumulent dans les organismes vivants au fil du temps, provoquant des problèmes de santé à long terme.
- Micropolluants organiques, tels que les hydrocarbures, sont des substances chimiques présentes en quantités infimes dans l'environnement, mais qui peuvent avoir des effets néfastes importants sur les écosystèmes et la santé humaine. Ces composés organiques proviennent généralement d'activités humaines telles que l'industrie, l'agriculture, les transports et les déversements accidentels d'hydrocarbures.
- Éléments indésirables, tels que le fer et le manganèse, font référence à des minéraux qui peuvent être présents en concentrations élevées dans l'eau et les sols, ce qui peut entraîner divers problèmes et désagréments.

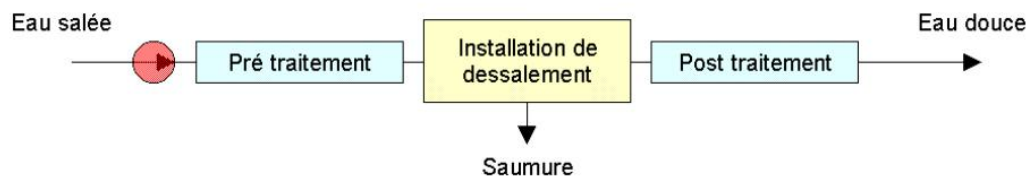
## II.1. Dessalement de l'eau de mer

Le dessalement de l'eau, également connu sous le nom de dessalage ou désalinisation, est le processus de production d'eau douce (potable ou utilisable pour l'irrigation) à partir d'eau de mer ou d'eau saumâtre. En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce.

Généralement, il est plus facile et moins coûteux de trouver des sources d'eau douce à traiter, telles que des eaux de surface (lacs et rivières) ou des eaux souterraines, plutôt que de dessaler l'eau de mer. Toutefois, dans de nombreuses régions du monde, les sources d'eau douce sont inexistantes ou deviennent insuffisantes en raison de l'augmentation de la population ou de la production industrielle (Janah.Y, Nouh.F et Kettab, A, 2017).

Une installation de dessalement (Figure II.1) peut être schématiquement subdivisée en quatre postes (Dardour.S, 2007) :

1. Une prise d'eau de mer ;
2. Un post de prétraitement ;
3. L'installation de dessalement ;
4. Un post-traitement.



**Figure II.1** : Schéma général d'une installation de dessalement (Dardour.S, 2007).

## II.2. Technologies de dessalement

Le choix de la technologie de dessalement de l'eau dépend de divers facteurs propres au site, tels que la qualité de la source d'eau, l'objectif d'utilisation de l'eau traitée, la capacité de l'installation, les coûts d'investissement et les coûts énergétiques (Al-Subaie.K, 2007).

Les procédés de dessalement peuvent être classés en trois grandes familles (Dardour.S, 2007) :

- Les procédés faisant intervenir un changement de phase
  - Evaporation
  - Congélation
- Les procédés de perméation sélective à travers une membrane
  - Transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse)
  - Transfert d'ions sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse)
- Les procédés chimiques
  - Echange d'ions
  - Extraction par solvant

En fait, la totalité des installations actuellement en service fait appel à deux grandes familles de procédés (Figure II.2) : les procédés par évaporation et les procédés de séparation par membrane qui sont plus récents (Maurel.A, 2006).

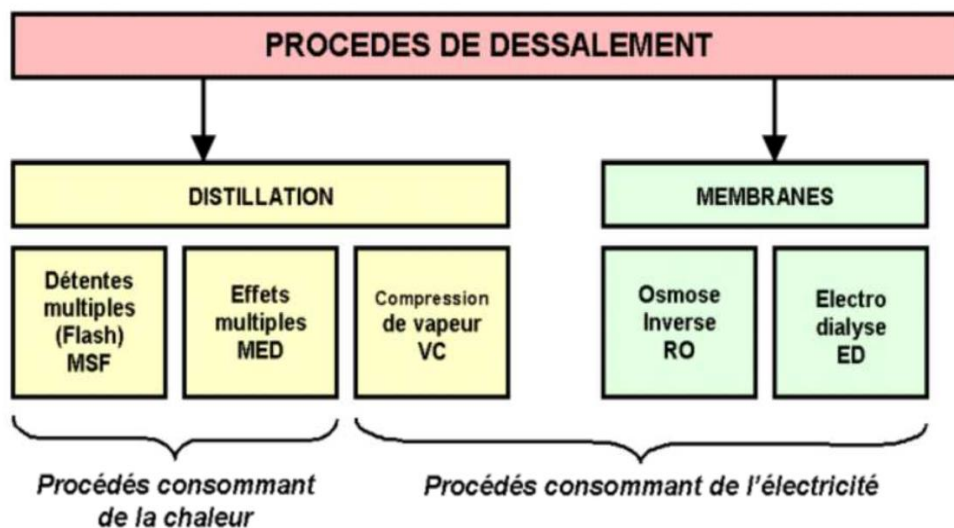
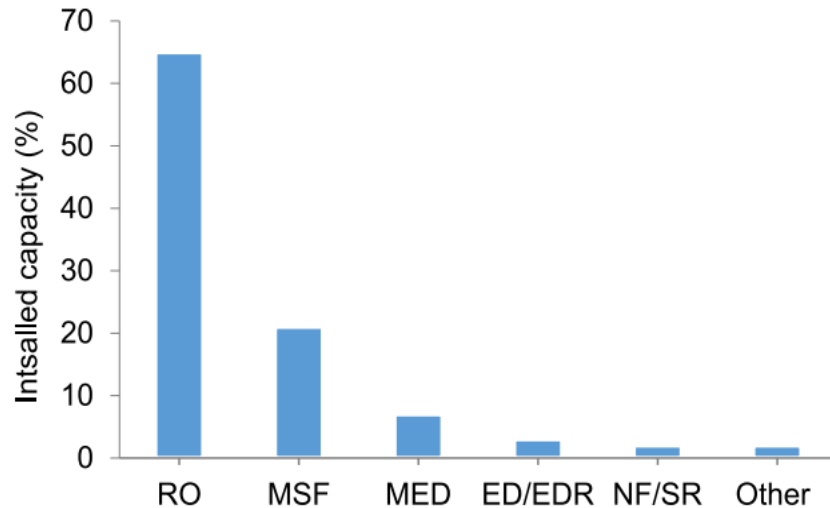


Figure II.2 : Procédés de dessalement (Dardour.S, 2007).

Le procédé membranaire, en particulier le dessalement par osmose inverse (RO), est clairement en tête sur le marché (Figure II.3), représentant 62% de la capacité totale. Les procédés thermiques tels que le Multi stages flash (MSF) et distillation membranaire (MD) occupent la deuxième place avec 24% de la capacité totale. Les autres procédés, tels que l'électrodialyse (ED) avec 5% et la compression de vapeur (VC) avec 5%, ainsi que d'autres systèmes récemment développés, représentent les 16% restants (Cun.C, 2003).



**Figure II.3 :** capacité totale des installations dans le monde (Shemer.H et Semiat.R, 2017).

Les principales sources d'eau utilisées pour le dessalement comprennent l'eau de mer (58%), les eaux souterraines saumâtres (23%), ainsi que d'autres sources telles que les rivières et les petits lacs salés. Le procédé d'osmose inverse demande de l'énergie électrique pour faire fonctionner les pompes à haute pression, tandis que les procédés thermiques requièrent de l'énergie thermique (Shemer.H et Semiat.R, 2017).

### II.3.1. Procédé thermique

#### II.3.1.1. Distillation

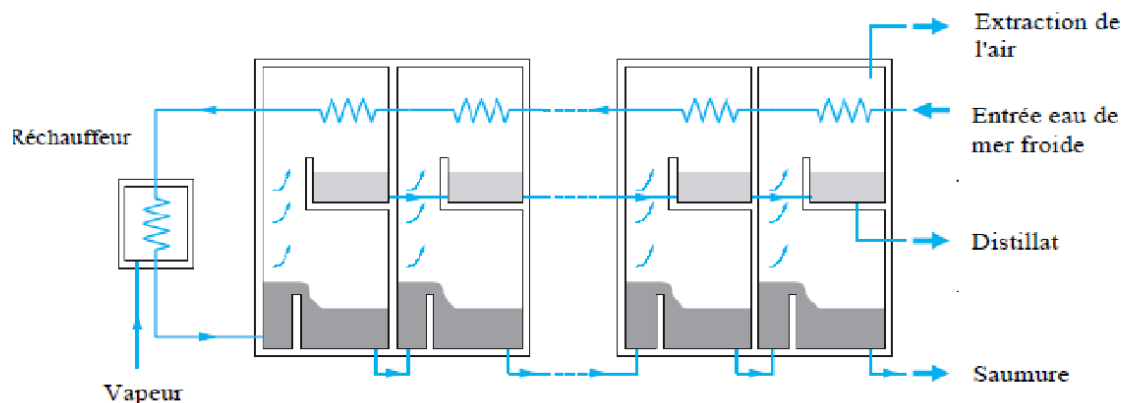
Le processus de distillation consiste à chauffer de l'eau de mer pour vaporiser une partie. La vapeur d'eau produite ne contient pas de sels ; il suffit alors de la condenser pour obtenir de l'eau douce (Babu.P et all, 2018). Il existe 03 méthodes de distillation (Dardour.S, 2007) :

- À multiple effet (MED) ;
- À multi flash (MSF) ;
- À compression de vapeur (VC).

Ces différentes méthodes reposent sur le même principe, mais elles se distinguent par leurs techniques et leurs équipements spécifiques.

### A. Distillation par détonnes successives(MSF)

Ce procédé dit Flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du Chauffage ; lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120 °C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente appelée « Flash ». Une fraction de l'eau s'évapore (Figure I.4) puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie en dessous des tubes. C'est l'eau de mer chaude qui se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation, l'ébullition s'arrête quand l'eau de mer a atteint la température d'ébullition correspondant à la régnant dans l'étage considéré. Le phénomène de flash est reproduit ensuite dans un deuxième étage où règne une pression encore plus faible. La vaporisation de l'eau est ainsi réalisée par détente successive dans une série d'étages où règnent des pressions de plus en plus réduites. On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle (Tahri.T et all, 2010).



**Figure II.4 :** Principe de la distillation multi stage flash(MSF) (Guimard.L, 2019).

Pour chauffer l'eau de mer jusqu'à 120 °C, cette dernière circule d'abord dans les tubes des condenseurs des différents étages en commençant d'abord par le dernier étage où la température est la plus faible, elle est alors préchauffée en récupérant la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. Elle est finalement portée à 120 °C grâce à de la vapeur à une température supérieure à cette température produite par une chaudière ou provenant d'une centrale de production d'électricité (Tahri.T et all, 2010).

### B. Distillation à multiples effets (Multi-Effets Distillation MED)

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80 °C. L'évaporation de

l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au procédé précédent, où elle est assurée par détente à travers les étages successif. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le 1er effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2ème effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2ème effet et ainsi de suite (Figure I.5) (Tahri.T et all, 2010).

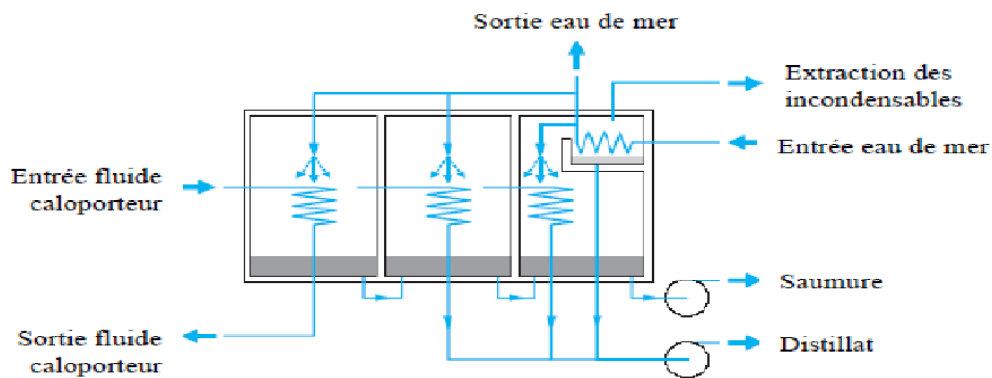


Figure II.5 : Principe de la distillation à multiples effets (Al-Karaghoulia, Renne.D et Kazmerski.L, 2009).

### C. Distillation par compression de vapeur

Son principe est celui d'une pompe à chaleur (Figure I.6). L'eau de mer est évaporée après avoir été préchauffée dans un échangeur récupérateur de chaleur (Tahri.T et all, 2010).

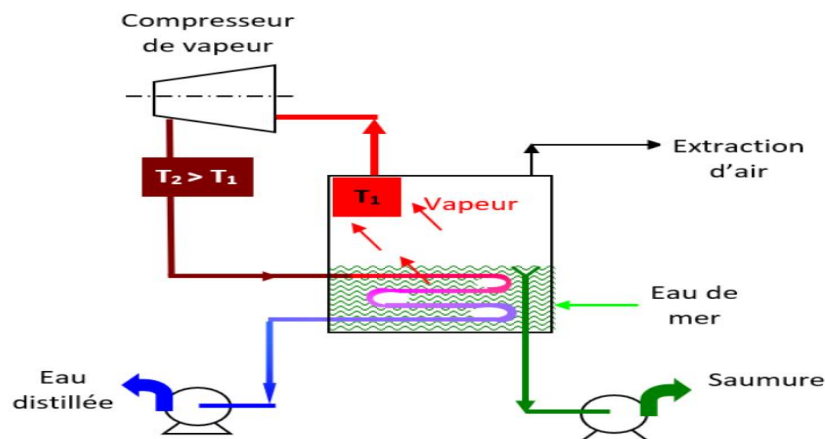


Figure II.6 : Principe de la distillation par compression de vapeur

(Tahri.T et all, 2010).

La vapeur d'eau produite est comprimée après avoir été débarrassée des gouttelettes entraînées par le séparateur. Sa pression ayant été élevée, la vapeur se condense alors à une température supérieure à celle qui règne dans l'évaporateur, grâce au transfert de la chaleur latente de condensation. L'eau douce est extraite ainsi que la saumure à travers tout le cycle d'évaporation condensation (Tahri.T et all, 2010).

### II.3.2. Procédés membranaires

Les composants dont la taille est inférieure à celle des pores de la membrane peuvent traverser la membrane sous l'effet d'une pression appliquée, tandis que les substances et les molécules de plus grande taille sont retenues par la membrane (Adda.A et Abbas.M, 2020).

La figure II.7 montre les différents domaines d'application des membranes à gradient de pression.

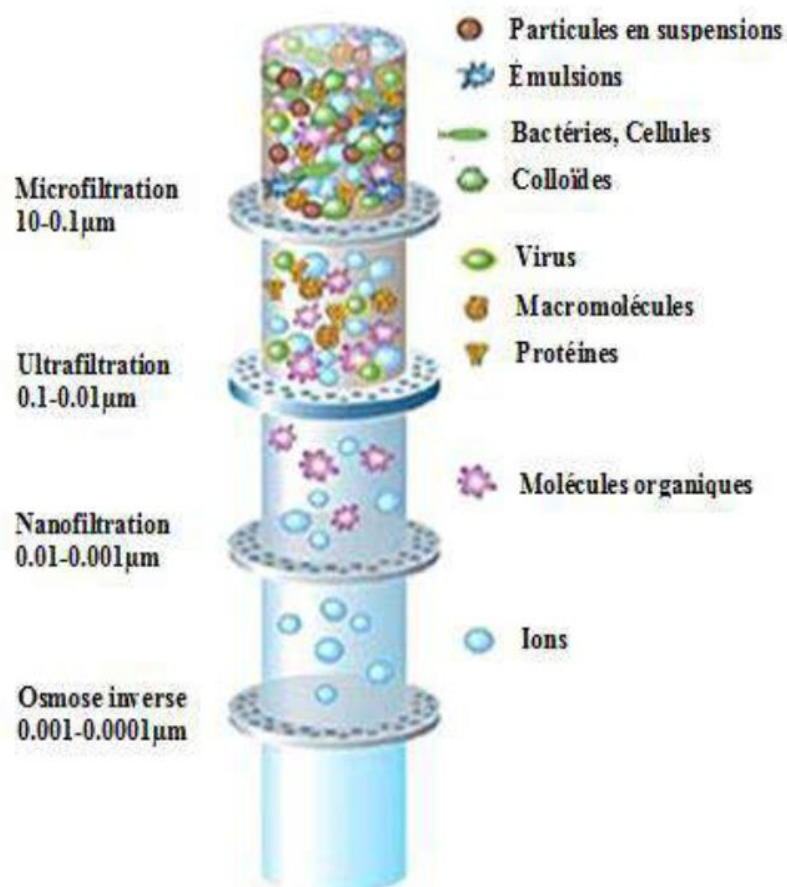


Figure II.7 : Classification des procédés barométriques membranaires selon la taille de séparation (Metaiche.M, 2014).

**A. Microfiltration (MF)**

Elles sont utilisées pour réduire la turbidité et éliminer les particules en suspension, les micro-organismes pour laquelle la taille des pores de membrane se situant entre 0,1-10 $\mu$ m, les pressions appliquées sont très faible inférieur de 2 bars pour éviter le colmatage (**Marks, david.H, 2004**).

**B. Ultrafiltration (UF)**

Cette technique permettre la séparation des macromolécules et d'espèces colloïdales (polymère, protéines), utilise des membranes macroporeuses dont les diamètres de pore sont compris entre 1 et 100 nm, et les pressions sont supérieures à celle rencontrées en microfiltration entre 1-10 bars (**Marks, david.H, 2004**).

**C. Nano filtration (NF)**

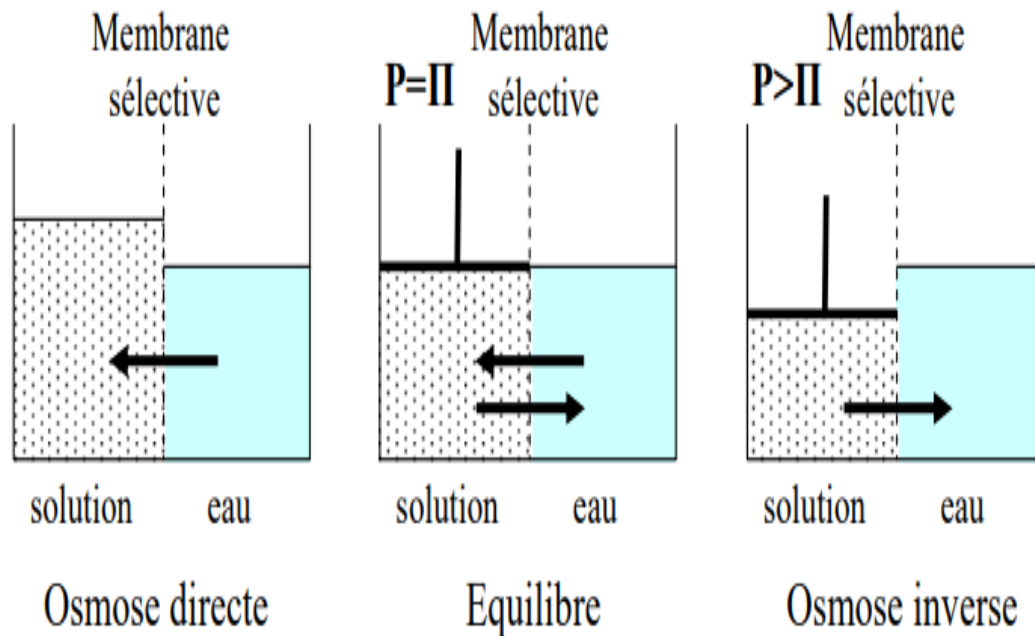
Elles sont utilisées pour adoucir l'eau, cette technique retient les sels bivalents et les molécules de l'ordre de 0.001  $\mu$ m et nécessite une pression de travail de 10 à 25 bars (**Marks, david.H, 2004**).

**D. Osmose inverse (OI)**

L'osmose est un principe naturel. Est un phénomène physique de diffusion qui vise à égalité les concentrations de soluté dans un solvant, généralement de l'eau. Lorsque deux solution de concentration différentes sont séparées par un membrane semi-perméable, l'eau se déplace de la solution moins concentrée en sels (milieu hypotonique) vers la solution plus concentrée en sels (milieu hypertonique) sous l'action de la pression osmotique (Figure II.8). Cela permet d'établir un équilibre où les deux milieux ont la même concentration de sels (milieu isotonique) (**Guimard.L, 2019**).

La méthode de l'osmose inverse, illustrée dans la figure II.8, repose sur un principe opposé. L'osmose inverse est un procédé de filtration tangentielle qui permet de séparer un solvant, principalement de l'eau, par perméation sélective à travers une membrane dense grâce à un gradient de pression appliqué. Ce procédé s'oppose au phénomène naturel d'osmose, qui tend à transférer le solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée en les mettant en contact à travers une membrane sélective sous l'effet d'un gradient de concentration (**Sagne. C, 2008**).

Si on produit de l'eau pure. On va faire l'inverse, on va appliquer une pression hydrostatique de côté de compartiment chargée en sel, et cette pression va être supérieure à la pression osmotique pour forcer l'eau à passer de l'autre sens, et donc de cette façon on va produire de l'eau pure (Guimard.L, 2019).



**Figure II.8** : Mécanisme d'osmose et d'osmose inverse (Sagne. C, 2008).

Grâce à la membrane semi-perméable, seules les molécules d'eau sont autorisées à passer à travers, tandis que les sels dissous, les substances organiques et les bactéries sont bloqués. C'est ainsi que se produit la déminéralisation de l'eau de mer (Cun.C, 2003).

Cette technique est appliquée dans divers domaines tels que : le dessalement de l'eau de mer, le dessalement de l'eau saumâtre, la production d'eau ultra pure, ainsi la production d'eau destinée à des procédés spécifiques tels que l'alimentation des chaudières, le refroidissement des échangeurs de chaleur ou des moteurs, et la déminéralisation de l'eau pour dilution de produits chimiques.

**Pression hydrostatique**

Est la force exercée par l'eau sur la surface d'un objet immergé. Cette force augmente d'environ une atmosphère pour chaque tranche de 10m de profondeur. Cette pression s'ajoute à la pression osmotique lors de l'étude de la mécanique des fluides (**Aquaportail.com**).

**Pression osmotique**

La première approximation consiste à considérer le comportement d'une molécule de soluté similaire à celui d'une molécule gazeuse. Dans le cas d'une molécule diluée, la loi des gaz parfait est appliquée (**Maurel.A, 2006**).

La loi de Van'tHoff établit que la pression osmotique ( $\pi$ ) exercée par le soluté est équivalente à la pression que cette substance aurait exercée dans un état gazeux parfait, occupant le même volume (V) et la même température (T).

$$\pi \times V = n \times R \times T$$

$$\pi = (n/V) \times R \times T$$

$$\pi = C \times R \times T$$

Si le soluté se dissocie en  $i$  ions, la pression osmotique sera multipliée par un facteur  $i$ .

$$\pi = i \times C \times R \times T$$

$\pi$  : pression osmotique ;

$i$  : nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte ( indice de Van'tHoff) ;

$C$  : concentration molaire d'un soluté (mol/l) ;

$R$  : constante universelle des gazes parfaits ;

$T$  : température (en Kelvins).

**II.4. Avantages et inconvénients des techniques de dessalement**

Le tableau suivant montre les avantages et les inconvénients des différentes techniques :

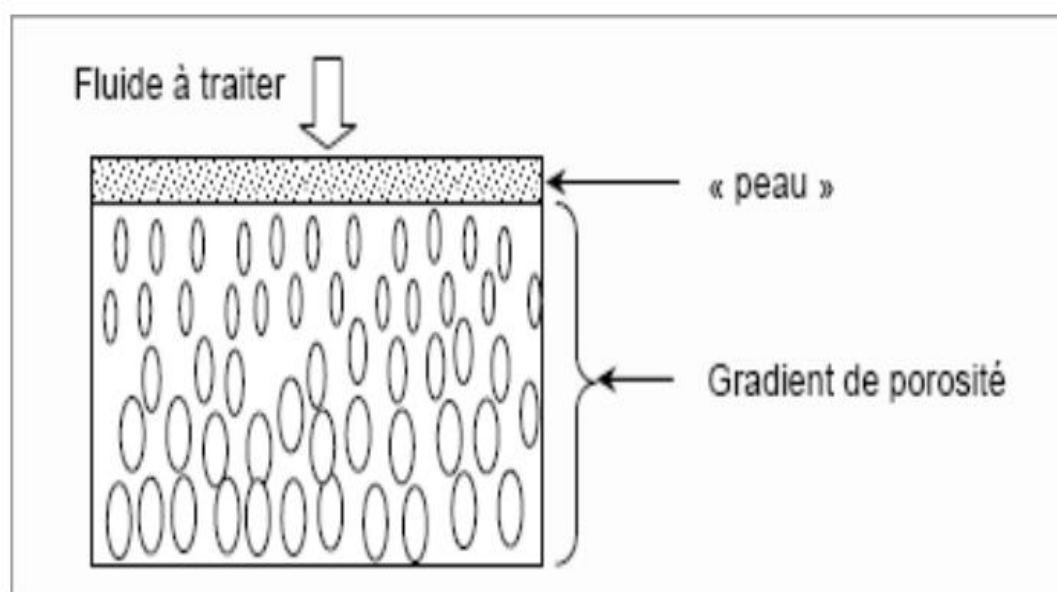
**Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des techniques de dessalement (Bouchareb.A, 2019)**

	<b>Séparation membranaires (OI)</b>	<b>Séparation thermique (distillation)</b>	<b>Distillation membranaire (MD)</b>
<b>Avantages</b>	<p>Faible consommation énergétique en comparaison avec les procédés de distillation.</p> <p>Le coût du dessalement par osmose inverse est faible.</p>	<p>Procédé rentable notamment si l'unité de distillation se trouve près d'une source d'énergie bon marché.</p>	<p>Faible consommation énergétique.</p> <p>Économie en termes de biens immobiliers (nécessite juste une membrane microporeuse hydrophobe).</p>
<b>Inconvénients</b>	<p>Les membranes ont une durée de vie limitée (fragilité et perte de résistance mécanique).</p> <p>Le colmatage des membranes (dépôt de matières qui entraîne la formation d'une couche à la surface de la membrane) réduit le débit de filtration, provoque une baisse de la perméabilité, modifie la sélectivité et peut être responsable du vieillissement des membranes.</p>	<p>Consommation énergétique élevée.</p> <p>Nécessité d'évacuer les gaz incondensables (ne pouvant donc pas se transformer en liquide à une pression et une température données) lors des prétraitements (notamment une chloration et un traitement anti-tartre).</p>	<p>Phénomène difficile à définir.</p>

## II.5. Membrane d'osmose inverse

Les membranes peuvent également être classées en fonction de leur structure on distingue alors (Bouchareb.A, 2019) :

- Des membranes isotropes, dites symétriques, dont les propriétés structurelles sont constantes sur toute l'épaisseur, qu'elles soient denses ou poreuses.
- Des membranes anisotropes, qualifiées d'asymétriques, dont la structure varie de la surface de la membrane vers l'intérieur (Figure II.10).



**Figure II.9 :** Schéma d'une membrane asymétrique (Bouchareb.A, 2019).

La plupart des membranes commerciales de MF, UF et NF sont des membranes à structure asymétrique car ce type de structure permet d'avoir des perméabilités plus élevées.

### II.5.1. Types de membranes utilisées en osmose inverse

Les membranes peuvent être classées selon le type de matériaux membranaires en (Abdebaki.I, 2012) :

#### a. Organique

Les membranes polymériques sont largement utilisées et représentent la majorité des membranes installées actuellement. Ces membranes organiques sont généralement constituées de polymères naturels ou synthétiques. Parmi les matériaux couramment utilisés, on trouve

l'acétate de cellulose, le polysulfone, les polyamides aromatiques et le polyacrylonitrile (Bouchareb.A, 2019).

### **b. Inorganique**

Ces membranes peuvent également être préparées à partir de matériaux inorganiques tels que les céramiques, les métaux et le verre. Deux classes principales de membranes peuvent être distinguées : les membranes denses (elles sont constituées de métaux, d'oxydes hybrides organiques-inorganiques ou mixtes) et les membranes poreuses (céramiques). Les membranes inorganiques entrent en compétition avec les membranes organiques pour des applications spécifiques dans des conditions drastiques.

Elles peuvent fonctionner à des températures élevées allant de 500 à 800 °C. Certaines membranes céramiques sont utilisables à plus de 1000 °C. Elles sont beaucoup plus résistantes aux attaques chimiques et ont un cycle de vie plus long. Mais d'un autre côté, leurs propriétés de pores, leur coût, leur capacité de modification de surface peuvent ne pas être compétitives.

En conséquence, les matériaux inorganiques sont rarement adoptés en tant que supports de membrane d'affinité (Bouchareb.A, 2019).

### **c. Hybride**

Les matériaux hybrides organiques/inorganiques offrent des avantages spécifiques pour la préparation des membranes artificielles présentant une sélectivité et un flux élevés, ainsi qu'une bonne résistance thermique et chimique (Força.S, Yoshida.I et Nunes.S, 1999).

Les matériaux organiques / inorganiques hybrides sont généralement classés en deux catégories (Cot.L et all, 2000) :

- Type I : dans lequel seules les interactions comme les forces de van der Waals ou les liaisons hydrogènes existent entre les parties organiques et inorganiques. Les matériaux hybrides peuvent être décrits ici comme de micro ou nano composites dans lesquels une partie (organique ou inorganique) est dispersée dans l'autre partie agissant comme matrice hôte.
- Type II : dans lequel une liaison covalente existe entre des parties organiques et inorganiques, aboutissant soit à un matériau hybride homogène au niveau moléculaire, soit

à des matériaux inorganiques de grande surface modifiée par greffage de surface de groupes organiques.

### **II.5.2. Durée de vie des membranes**

La durée de vie des membranes d'osmose inverse (Figure II.11) dépend à la fois de leur nature et de la qualité du prétraitement de l'eau. En effet, certaines membranes sont sensibles au pH, à la température, aux produits chimiques tels que le chlore, aux microorganismes et aux oxydants. De plus, une mauvaise qualité du prétraitement peut entraîner le colmatage et l'entartrage des membranes. Si ces membranes ne sont pas correctement entretenues, cela peut avoir de graves conséquences sur le processus, notamment une production réduite d'eau potable de qualité médiocre, ainsi que des risques économiques en termes de matériel et de coûts (Maurel.A, 2006).

**L'entartrage :** L'entartrage se produit lorsque des sels minéraux tels que les carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), l'hydroxyde de magnésium ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), le sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ) ainsi que les silicates de calcium ( $\text{CaSiO}_3$ ) et de magnésium ( $\text{MgSiO}_3$ ) se déposent sur les surfaces d'échange de la membrane.

**Le colmatage :** est à l'accumulation de minéraux, de matières organiques telles que les matières en suspension (MES), les acides humiques ou fulviques, ainsi que la présence de colloïdes tels que la silice, le soufre et l'hydroxyde de fer ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), qui se déposent sur la surface des membranes (Behti.S, 2006).

Les membranes peuvent être nettoyées en utilisant différentes techniques, telles que (Maurel.A, 2006) :

- Le rinçage, qui consiste à utiliser le perméat (l'eau purifiée) pour éliminer les impuretés ;
- Le nettoyage mécanique, qui implique l'utilisation de méthodes physiques pour éliminer les dépôts et les particules ;
- Le nettoyage chimique, qui fait appel à l'utilisation de produits chimiques spécifiques pour dissoudre les contaminants et les dépôts ;
- Le nettoyage enzymatique, qui utilise des enzymes pour dégrader les dépôts organiques et les substances indésirables.



Figure II.10 : Module des membranes (Amitouche.M, 2016).

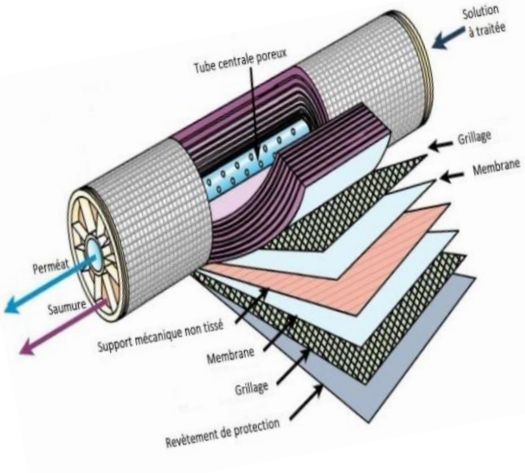
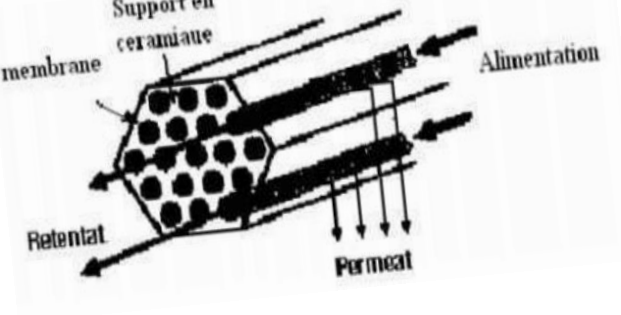
**II.5.3. Module d’osmose inverse**

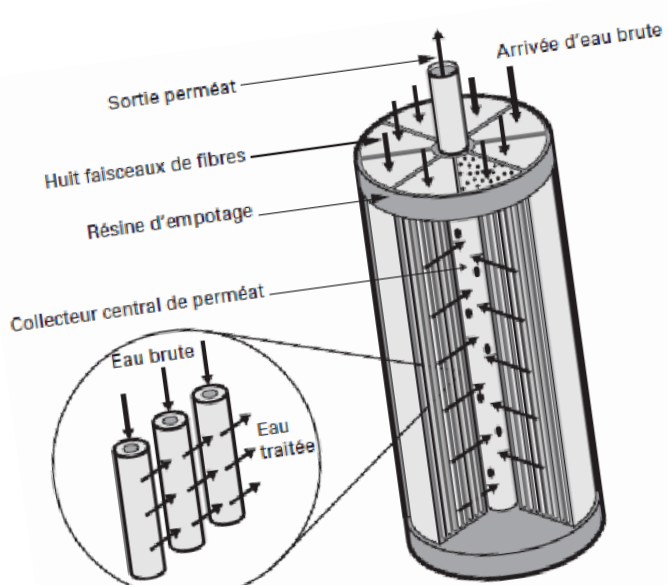
Pour être mise en œuvre, les membranes doivent être installées dans des structures spécifiques appelées modules. Actuellement, il existe quatre types de modules disponibles sur le marché.

Le tableau II.2 présente les différents types de modules membranaires qui sont illustrés dans la figure II.13.

Tableau II.2 : Types de modules membranaires (Bouchareb.A, 2019).

Forme de la membrane	Spécification	Conception du module
Plane	<p>Le manque de support de membrane adéquat.</p> <p>La faible densité de compactage.</p> <p>Offre une conception très robuste mais coûteuse.</p> <p>Certain système moderne tolèrent une très forte pression jusqu’à 100bars.</p>	

<p>Spiralé</p>	<p>Ce module contient de 1 à plus de 30 membranes, selon le diamètre et le type d'élément.</p> <p>Chaque feuille est constituée de deux feuilles de membrane collées dos à dos avec un intercalaire de perméat entre elles.</p> <p>Cette configuration offre des coûts de remplacement significativement plus bas, une maintenance plus facile, une densité conditionnellement élevée et une application de pression plus élevée.</p> <p>Un nettoyage difficile du module et la complexité de l'écoulement.</p>	
<p>Tubulaire</p>	<p>Ils sont situés à l'intérieur d'un tube qui est la couche de support pour la membrane.</p> <p>La fixation de la membrane à la couche de support est très faible.</p> <p>Un diamètre d'environ 5 à 15m.</p> <p>Un colmatage des membranes tubulaires est peu probable.</p> <p>La densité tassement est faible.</p>	

<p>fibres creuses</p>	<p>Les membranes à fibre creuses sont des membranes tubulaires d'un diamètre inférieur à 2mm.</p> <p>La possibilité de colmatage est très élevée.</p> <p>Ne peuvent être utilisées que le traitement de l'eau faible teneur en suspension solides.</p> <p>La densité de tassement est très élevée.</p> <p>Haute densité, bon contrôle de concentration de polarisation et l'encrassement de la membrane, faible coût d'exploitation et de maintenance, production rentable.</p>	
-----------------------	---	--

## II.6. Impact de la station de dessalement sur l'environnement

La construction d'une station de dessalement produit plusieurs impacts sur l'environnement, certains d'entre eux sont positifs et les autres sont négatifs (Bekhti.S, 2006) :

### II.6.1. Impact positifs

- ✓ La disponibilité de l'eau de bonne qualité est préliminaire au développement économique et social des communautés locales.
- ✓ Le dessalement est une source fiable de l'eau qui n'est pas soumise aux changements climatiques liés aux sources d'eau douce.

### II.6.2. Impact négatifs

- ✓ Destruction du fond marin et diminution de la biomasse planctonique et de la biodiversité marine.
- ✓ Augmentation de la salinité et des taux des métaux lourds.

- ✓ Impacts ontogénique, cellulaire et sur la croissance, la reproduction et la survie des macrophytes.

Comme nous pouvons le constater, la plupart des impacts résultent principalement de la saumure (Tableau II.3) lorsque celle-ci est rejetée directement dans la mer, sans dilution ni traitement approprié.

Les caractéristiques principales de l'eau de mer et du rejet d'une station de dessalement sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau II.3 :** Caractéristiques principales de l'eau de mer et saumure (Bekhti.S, 2006).

Paramètres	Eau de mer	Rejet (saumure)
<b>Conductivité (ms/cm)</b>	47	73,5
<b>Salinité (g/l)</b>	32	60
<b>Turbidité (NTU)</b>	1,14	2,03
<b>pH</b>	7,61	7,31
<b>T (°C)</b>	20	20
<b>[Ca<sup>2+</sup>] (g/l)</b>	0,449	0,841
<b>[Mg<sup>2+</sup>] (g/l)</b>	0,998	2,013
<b>Chlorure (g/l)</b>	14,200	22,412
<b>Sulfates (g/l)</b>	3,7	2,573



# ***PARTIE EXPÉRIMENTALE***

*<< Pendant les études, la réussite ne dépend que  
de soi, dans la vie professionnelle, la réussite  
dépend aussi des autres. >>*

*Edine-le-sage*

*Ingénieur Conseil, Guitare, Lecture, Ecriture, France,  
Paris, 1963.*

### III. Évaluation de la conformité de la qualité de l'eau désalinisée par la station de dessalement aux normes internationales et nationales

Notre stage d'une durée d'un mois se déroule au sein de la station de dessalement de Tizirt, où nous avons l'opportunité de découvrir et d'approfondir nos connaissances sur les processus de désalinisation de l'eau.

#### III.1. Zone d'étude

Tizirt, est une ville côtière située à 125 Km à l'Est d'Alger, à 120 Km à l'Ouest de Bejaia et 38 Km au Nord de la wilaya de Tizi Ouzou.

La ville de Tizirt est la principale porte d'entrée de la région de Tizi Ouzou du côté de la mer Méditerranée.

La commune de Tizirt est délimitée :

- Au nord : par la mer méditerranéenne.
- Au Sud : par la commune de Makouda
- A l'est : par la commun d'Iflissen.
- A l'ouest : par la commune de Mizrana.



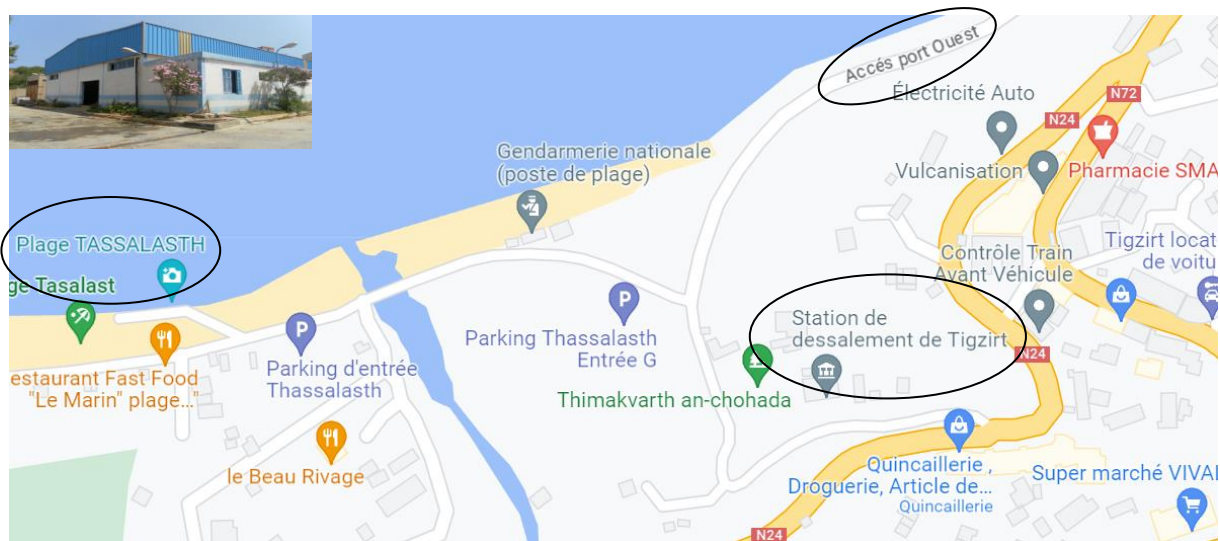
Figure III.1 : Situation géographique de la daïra Tizirt.

**III.2. Présentation de la station de dessalement de Tizirt**

La SDEM de Tizirt se situe à la sortie Ouest de Tizirt, éloignée de la plage TASSALAST d'environ 400 m.

Les travaux de construction de cette station, réalisée par la société "HYDRO-TRAITEMENT", ont été lancés en avril 2003. Elle a été mise en service en août 2004 et a été réceptionnée par l'Algérienne des Eaux (ADE) le 01 avril 2007 (Figure III.2).

Avec une capacité de production de 2500 m<sup>3</sup>/j, cette station "monobloc" permet de garantir une alimentation en eau potable de la population de la ville de Tizirt.



**Figure III.2 : Station de dessalement de Tizirt.**

L'unité de dessalement de Tizirt produit une eau osmosée refoulée vers les réservoirs 2x800m<sup>3</sup> de la ville, où elle est mélangée avec les eaux de barrage de taksebt.

La station comprend une pompe d'aspiration des eaux brute, un décanteur lamellaire avec des pompes de transfert des eaux vers l'installation, une monobloc d'osmose inverse, un laboratoire d'analyse : contrôle de qualité (pH, T°, turbidité, conductivité, chlore résiduel) et un contrôle périodique du matériel utilisé, un poste de transformation du courant électrique, un groupe électrogène de secours, un local de stockage de produit chimiques et un logement de service.

Le procédé de production utilisé par cette station implique des rejets liquides qui sont rejetés dans la mer. Le coût global de cet ouvrage est estimé à 125 millions de dinars algériens.

**III.3. Présentation de l'installation**

**III.3.1. Donnée de l'installation**

Les données recueillies au sein d'une station (tableau III.1) sont d'une importance cruciale pour la compréhension et l'optimisation des processus de fonctionnement.

**Tableau III.1 :** Donnée d'installation (SGT, ERGTHY).

Modèle	ASTROBLOC 33V-7/SW
N° de la machine	1411
Date de fabrication	SEP 2002

Paramètres	Valeurs nominales	Unité
Débit d'entrée	232	m <sup>3</sup> /h
Débit de production	104	
Débit de saumure	128	
Taux de conversion	45	%
Capacité de production	2500	m <sup>3</sup> /j

**III.3.2. Pompes utilisées**

Dans la station, quatre types de pompes (Tableau III.2) sont utilisées, chacune dans un but bien précis.

**Tableau III.2 :** Pompes utilisées au niveau de la station (SGT, ERGTHY).

Pompe	Débit (m3/h)	HMT (m)	Vitesse de rotation (tours/min)	Puissance (kW)	Marque	Type
Pompe d'eau de mer	280	25	1465	25.5	RITZ	Centrifuge horizontale
Pompe de transfert vers l'installation	93	40	2940	18.5	MORELLI Bombas	Centrifuge horizontale
Pompe à haute pression	77	280	5930	150	GRUNDFOS (ESP)	Suppresseur
Pompe de lavage et de refoulement	90	89.1	-	30	SIRMENS	Centrifuge à transmission Verticale

### III.4. Dessalement par osmose inverse

La technique de séparation membranaire utilisée dans la station de dessalement est l'osmose inverse, qui fait partie des procédés membranaires étudiés et privilégiés.

#### III.4.1. Prise d'eau

L'eau de mer est captée à l'aide d'une pompe centrifuge qui a un débit approximatif de 232 m<sup>3</sup>/h. La pompe est connectée à une conduite en polyéthylène à haute densité (PEHD) d'un diamètre intérieur de 400 mm. Cette conduite émerge dans la mer à une profondeur de 12 m, à environ 400 m au large. Le site et la conception sont choisis de manière à minimiser autant que possible la présence de zones à forte concentration de matières en suspension.



**Figure III.3 :** Prise d'eau brute.

#### III.4.2. Décantation

Le décanteur est de type lamellaire qui fonctionne à un débit de 232 m<sup>3</sup>/h et est composé de trois compartiments :

- **1<sup>er</sup>compartiments (l'arrivée d'eau brute) :** Le bassin est alimenté par deux conduites d'eau brute et dispose d'une autre conduite appelée "trop plein" qui permet l'évacuation des excès d'eau (Figure III.4). Dans ce bassin, les particules en suspension dont la densité est plus élevée que celle de l'eau se déposent et sont périodiquement extraites.



Figure III.4 :1<sup>er</sup> compartiments l'arrivée d'eau.

- **2<sup>eme</sup> compartiments (décanteur lamellaire) :** Ce bassin est connecté au premier bassin par le fond, ce qui facilite la décantation des particules restantes en suspension. Après avoir traversé le deuxième bassin, les eaux ont tendance à remonter à la surface et à passer à travers des tubes de section hexagonale. Les lamelles, inclinées à un angle de 60 degrés, sont faites de polychlorure de vinyle (PVC) (Figure I.5). Les boues sont transportées à contre-courant du flux ascendant de l'eau, ce qui favorise le déplacement des particules vers le fond de l'ouvrage. Des conduites perforées sont immergées à la surface du bassin pour recueillir l'eau décantée et la transporter vers le troisième compartiment.



Figure III.5 : Décanteur lamellaire.

- **3<sup>eme</sup> compartiments (pompe apport) :** des pompes d'apports sont installées pour l'acheminement de l'eau décanté et l'alimentation pour la production.



**Figure III.6:** Pompe apport.

#### **III.4.4. Dosage de l'acide chlorhydrique(HCl)**

Le système de dosage se compose d'un réservoir de stockage de 500L, construit en PEHD (polyéthylène haute densité), l'acide chlorhydrique est injecté à l'entrée des filtres à sable.

Afin de prévenir l'entartrage et la formation de dépôts de carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) sur les membranes, des mesures sont prises pour protéger les membranes. Cela implique l'ajustement du pH de l'eau brute en utilisant des produits chimiques tels que l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ou HCl afin d'acidifier l'eau et d'éviter sa fixation sur les membranes, ce qui réduirait leur diamètre. Cette précaution permet de prévenir le colmatage de type scaling qui pourrait se produire sur les surfaces des membranes.

- Débit d'injection : 12,5 L/h

**Figure III.7 :** Point d'injection de l'acide chlorhydrique.



III.4.5. Filtre à sable

Les filtres à sable sont composés d'une couche de charbon actif et d'une couche de sable fin de type duel (double lit filtrant) constitués par des matériaux inertes (Tableau III.3) comme l'anthracite et le silex (Figure III.8). Le charbon actif est utilisé pour éliminer la matière organique et les odeurs, tandis que le sable fin retient les particules en suspension. Le degré de filtration de ce système est 20 µm.

Le passage d'eau à l'intérieur d'un filtre se fait du haut vers le bas en traversant toutes les couches.

Tableau III.3 : Caractéristique des filtres à sable (SGT, ERGTHY).

Lit	Silex	Taille (mm)	Hauteur couche (mm)	Quantité
1 <sup>er</sup> lit	silex support lourd	3-5	Couvrir le collecteur	800 Kg
2 <sup>eme</sup> lit	silex support	1-2	300	1500 Kg
3 <sup>eme</sup> lit	silex filtrant	0,4-0,8	500	2500 Kg
4 <sup>eme</sup> lit	Anthracite	0,8-1,2	400	1800 Litre

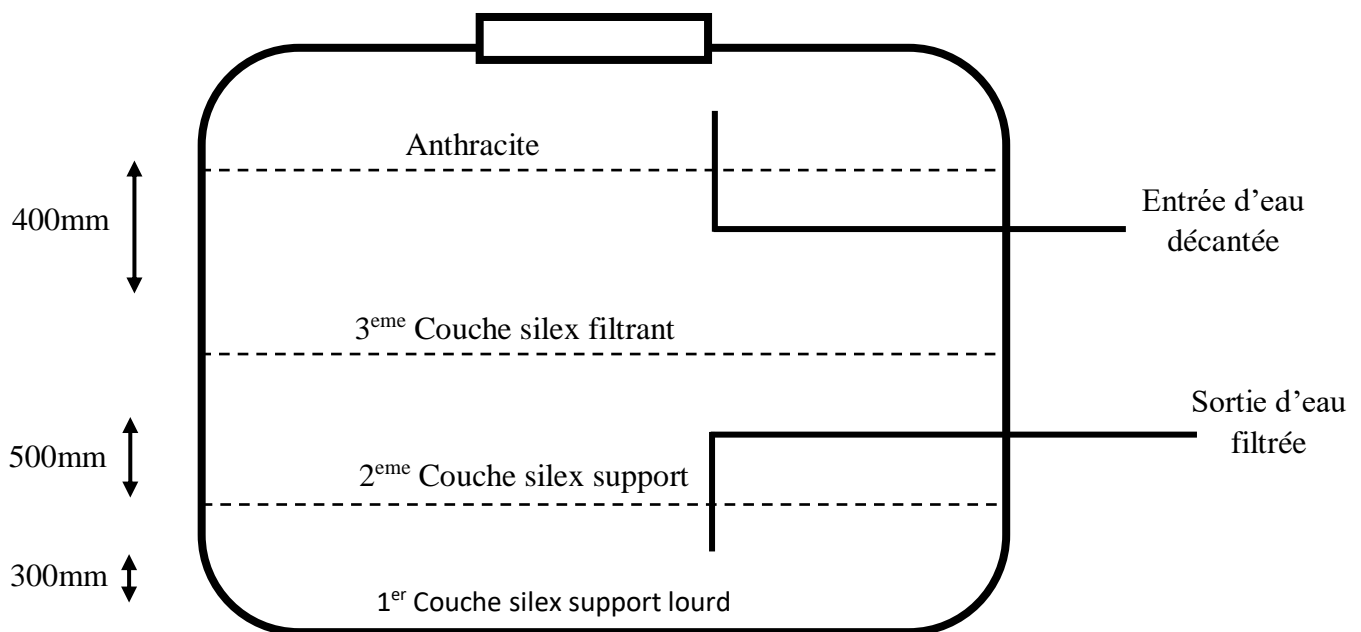


Figure III.8 : Schéma descriptif d'un filtre à sable duel (SGT, ERGTHY).



**Figure III.9 :** Filtre à sable.

#### III.4.6. Dosage du Meta-bisulfite de sodium

Le système de dosage du Meta-bisulfite de sodium est constitué d'un réservoir de stockage en PEHD d'une capacité de 500 litre. L'injection de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  est une étape essentielle pour réduire le chlore qui pourrait endommager le polyéthylène, composant principale des membranes d'osmose inverse.

- Débit d'injection : 2 L/h

**Figure III.10 :** Point d'injection du  
Meta-bisulfite de sodium.



**III.4.7. Micro-filtre**

Après avoir été filtrée au niveau des filtres duels (filtre à sable) et traitée avec les produits chimiques mentionnés précédemment, l'eau de mer est dirigée vers le système de microfiltration pour éliminer toutes les particules en suspension dont la taille dépasse 5  $\mu\text{m}$  (Tableau III.4).

Cette étape du processus implique l'utilisation d'une carcasse de filtre d'affinement fabriquée en polymère renforcé de fibres de verre (PRFV) (Figure III.11). Chaque filtre est composé de 33 cartouches.

**Tableau III.4 :** Caractéristiques des cartouches de filtration (SGT, ERGTHY).

Type de cartouche	PX – 0540
Degré de filtration	5 $\mu\text{m}$
Longueur	40 cm
Diamètre	6 cm



**Figure III.11 :** Micro-filtre.

**III.4.8. Système de pompage à haute pression et turbine de récupération d'énergie**

Une fois que l'eau est parfaitement conditionnée, elle est dirigée vers le système de pompage à haute pression qui la propulse vers les membranes d'osmose inverse. L'eau à traiter présente une pression osmotique d'environ 18bars, tandis que la production requiert une pression de 54 bars. De plus, la turbine de récupération permet de récupérer environ 15% de l'énergie hydraulique issue du rejet.

**III.4.9. Système de membrane d'osmose inverse**

Dans l'installation, des membranes de configuration spiralée (Figure III.12) sont utilisées. Elles sont disposées en série dans des tubes de pression, avec sept membranes par tube, et sont reliées entre elles par des joints.

Les membranes utilisées sont fabriquées en polyamide et sont spécialement conçues pour traiter les eaux marines avec une concentration allant jusqu'à 50 000 ppm. Elles sont de marque HYDRANAUTICS et offrent une haute efficacité. Leur sélection repose sur leur capacité à rejeter efficacement le sel, afin de produire de l'eau traitée avec une salinité inférieure à 400 ppm.

Ces membranes présentent une résistance chimique élevée, ce qui leur permet de fonctionner dans une plage de pH allant de 2 à 10. Cette caractéristique facilite grandement leur nettoyage, car elles peuvent être utilisées avec divers produits chimiques de lavage.

Les membranes sont regroupées sur un châssis et installées dans 33 tubes de pression, avec chaque tube contenant 7 unités. Les tubes ont un diamètre de 21cm et une longueur de 760 cm. Ils sont fabriqués en PRFV (plastique renforcé de fibre de verre) et sont conçus pour une pression de travail de 70 bars. Les membranes utilisées sont du type SWC3, mesurant 20 cm de diamètre et 100cm de longueur.



**Figure III.12 :** Membrane d'osmose inverse.

#### **III.4.10. Osmose inverse**

Le processus implique le déplacement des solutions du milieu le plus concentré vers le moins concentré. Dans notre cas, nous appliquons une pression élevée, qui est un traitement physique forcé, pouvant atteindre de 25 à 70 bars (Figure III.13).

L'objectif du procédé est de réduire au maximum la concentration en sel afin de rendre l'eau agréable et dépourvue de toutes les impuretés solubles. L'eau produite par la technique d'osmose inverse, appelée perméat. L'eau non osmosée est rejetée dans la mer sous forme de saumure.



**Figure III.13 :** Osmose inverse.

Les membranes sont lavées environ tous les 6 mois à l'aide d'une solution chimique préparée à la station. Les membranes doivent typiquement être nettoyées lorsque :

- Une diminution de la production (perméat) de 10 à 15% ;
- Une concentration élevée de sels dans l'eau de sortie (perméat) ;
- Une perte d'énergie due à l'augmentation de la pression de la pompe haute pression en raison du colmatage des membranes.

#### **III.4.11. Système d'équilibre osmotique**

Lorsqu'un arrêt imprévu de l'installation se produit, le rack de membranes est équipé d'un réservoir d'eau en polyester (PE) (Figure III.14) d'une capacité de 4 000 litres. Ce réservoir est monté en le plaçant au-dessus des conteneurs.



**Figure III.14 :** Système d'équilibre osmotique.

Grâce à ce système, lorsque l'installation est à l'arrêt, les membranes restent remplies d'eau traitée, ce qui évite les risques de précipitation des sels. Ces risques auraient pu se produire si l'installation avait été remplie d'eau brute ayant une concentration plus élevée, laquelle dépend de la conception de conversion.

#### **III.4.12. Post-traitement**

##### **III.4.12.1. Neutralisation de l'eau traitée**

L'eau produite par l'osmose inverse présente un pH acide, ce paramètre doit être ramené à une valeur comprise entre 6,5 et 8,5 propre aux eaux potables afin d'éviter aussi les corrosions dans les tuyauteries d'alimentation et cela par l'ajout de la chaux.

**III.4.12.2. Chloration de l'eau traitée**

L'ajout de chlore (sous forme d'hypochlorite de sodium NaClO) à l'eau traitée prévient toute contamination dans le réservoir de stockage et pendant la distribution, grâce à la rémanence et à la persistance du chlore.

**III.4.12.3. Système de stockage de l'eau traitée**

Une réserve d'eau traitée est stockée dans un réservoir cylindrique vertical (Figure III.15) d'une capacité de 1 000 litres.



**Figure III.15 :** Réservoir tampon de stockage de l'eau traitée.

**III.5. Technique prélèvement de l'eau à analyser**

Il est essentiel de prendre toutes les précautions nécessaires lors du prélèvement d'un échantillon d'eau, car c'est une opération délicate. Il est recommandé que l'échantillon d'eau soit homogène, représentatif et prélevé sans altérer les caractéristiques physico-chimique de l'eau.

Deux points de prélèvement ont été choisis pour contrôler la qualité de l'eau traitée et filtrée (Figure III.16) :

- Un échantillon d'eau est prélevé à partir du réservoir de stockage de l'eau traitée au niveau de la station de dessalement.
- Un échantillon d'eau filtrée est prélevé au niveau de la station de dessalement, à partir de la sortie des filtres à sable.

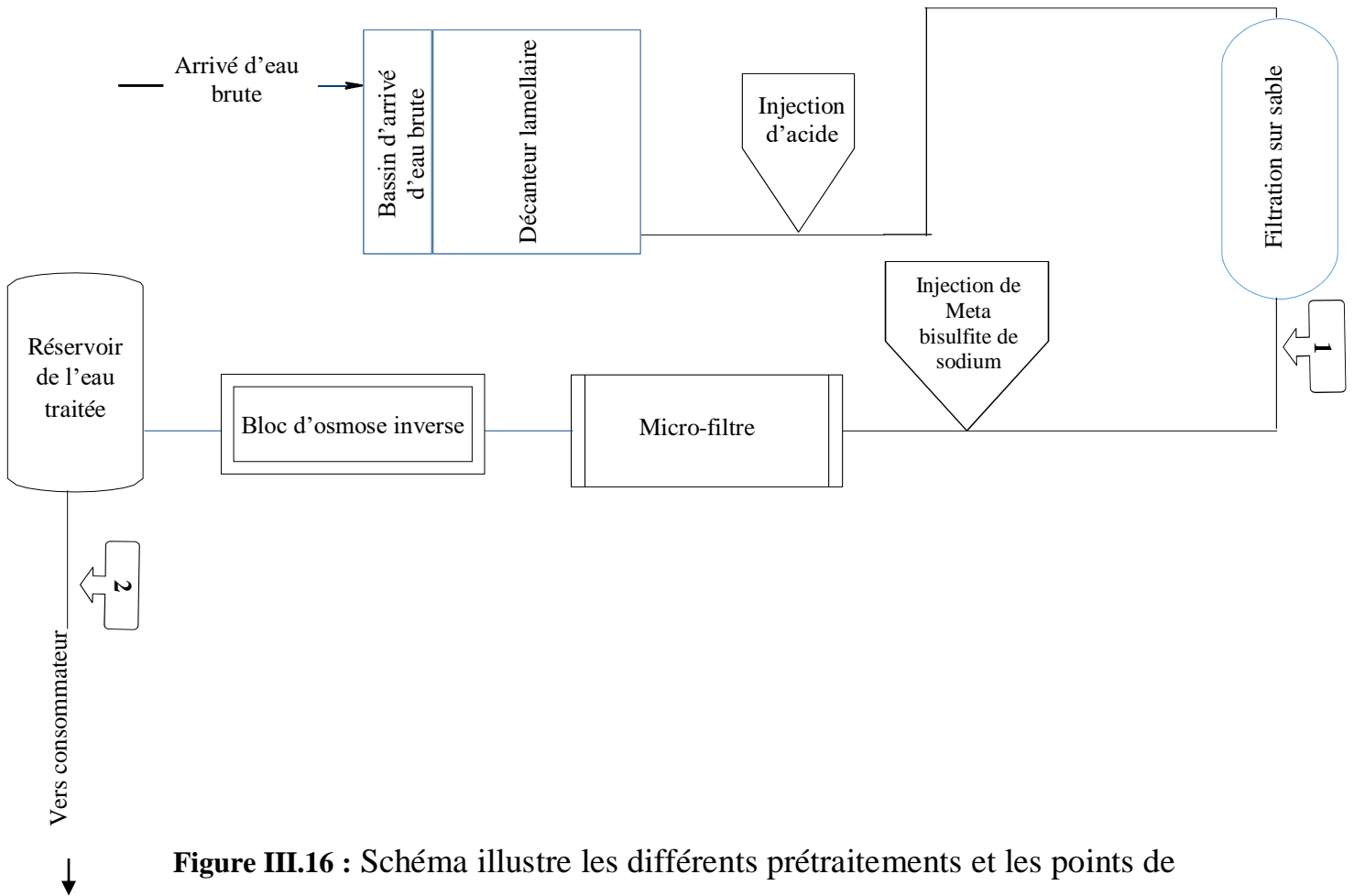


Figure III.16 : Schéma illustre les différents prétraitements et les points de prélèvements.

### III.6. Matériel et méthodes

#### III.6.1. Matériel

Les laboratoires d'analyse d'eau de mer utilisent (tableau III.5) une variété de matériels spécialisés pour mener des tests et des évaluations approfondis.

Tableau III.5 : Matériel utilisée au niveau de la station.

Matériel	Modèle
Turbidimètre	HANNA H188703
Conductimètre	HANNA EC 214
pH- mètre	pH 540 GLP
Cuve	-
Becher	-

**III.6.2. Méthode****○ Mesure pH et température**

1. Mettre l'échantillon d'eau à analyser dans un flacon ou un bécher qui a été préalablement rincé avec de l'eau distillée, puis avec l'échantillon lui-même ;
2. Rincer la sonde avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon d'eau ;
3. Remplir les flacons de manière à immerger complètement la sonde, en agitant légèrement (Figure III.17).



**Figure III.17 :** Mesure du pH et de T °C.

**○ Turbidité**

1. Rincer la cuve avec l'échantillon de l'eau à analyser ;
2. Remplir la cuve d'échantillon jusqu'au trait blanc sans former de bulles ;
3. Nettoyer la cuvette pour s'assurer que la surface de la cuvette est propre et sèche et qu'elle ne contient aucune tâche ;
4. Insérer la cuve dans le puit de mesure (dans le turbidimètre) en alignant la flèche de la cuve avec le repère et appuyer sur READ ;
5. La valeur de mesure est affichée sur l'écran de l'instrument en unité de turbidité (NTU) (Figure III.18).



Figure III.18 : Turbidimètre.

○ Conductivité

1. Placer l'échantillon d'analyse dans un bécher ou un flacon qui a été préalablement rincé à l'eau distillée, puis avec l'échantillon d'eau lui-même ;
2. Rincé l'électrode avec de l'eau distillée, puis avec l'eau de l'échantillon (Figure III.19).



Figure III.19 : Conductimètre.

## IV.1. Résultats

### IV.1.1. Température

La température ne présente pas d'impact direct sur la santé humaine. Cependant, lorsqu'elle dépasse les 15 °C, cela favorise la prolifération bactérienne et accentue les caractéristiques olfactives et gustatives de l'eau circulant dans les canalisations (Tir.E, Bounouira.Y et Chedad.A, 2017).

Les données du tableau IV.1 illustrent les relevés de température effectués sur différents échantillons d'eau durant les mois de mars et mai. Ces résultats mettent en évidence une variation des températures selon les saisons. Étant donné que la température est un paramètre instable, les mesures des températures des eaux traitées et filtrées sont réalisées in situ immédiatement après le prélèvement.

**Tableau IV.1 :** Températures des eaux analysées.

Paramètre	Types d'eau				Norme	
	Eau filtrée		Eau osmosée		N.A	OMS
Température(°C)	mars	mai	mars	mai	-	25
	17,4	20,3	17,4	20,3	-	25

Les températures enregistrées dans cette étude respectent les normes régissant les eaux destinées à la consommation. Nos résultats ont révélé une similitude avec ceux obtenus à la station Cap Djinet au mois de mars ( $T = 17,4$  °C), tandis qu'au mois de mai, nos résultats étaient supérieurs à ceux de cette dernière et inférieurs à ceux de la station TENES ( $T = 25$  °C), (voir annexe I, tableau 5 et tableau 3).

### IV.1.2. Turbidité

La turbidité de l'eau constitue un paramètre essentiel reflétant sa couleur et permettant d'évaluer sa transparence. Les résultats des analyses présentés dans le tableau IV.2 révèlent que les eaux traitées affichent une turbidité très faible par rapport aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). De plus, la variation de la turbidité demeure minime tout au long de la période d'analyse.

Tableau IV.2 : Résultats de mesure de la turbidité des eaux analysées.

Paramètre	Types d'eau				Norme	
	Eau filtrée		Eau osmosée		N.A	OMS
Turbidité(NTU)	Mars	mai	mars	mai	-	5
	0,23	0,18	0,12	0,15	-	5

Les eaux souterraines présentent une faible turbidité en raison de leur filtration à travers le sol (Desjardins.R, 1997). Lorsque la turbidité de l'eau est inférieure à 5 NTU (Nephelometric Turbidity Units), elle est considérée comme claire, ce qui confirme la clarté de toutes les eaux analysées dans cette catégorie. De plus, il est observé que la turbidité est légèrement inférieure aux résultats de la station Cap Djinet (Tur = 0.816 NTU) et inférieurs à celle de la station Hamma (Tur = 3,5 NTU), (voir annexe I, tableau 5 et tableau 6).

#### IV.1.3. Potentiel Hydrogène pH

Les eaux naturelles se caractérisent par un pH relativement stable, se situant généralement entre  $\text{pH} \geq 6,5$  et  $\leq 8,5$ . Cette stabilité est attribuable à la présence de gaz carbonique dans l'eau, conférant à celle-ci des propriétés analogues à celles des solutions tampons (Degremont, 2005).

Selon les résultats présentés, les mesures de pH ont été effectuées sur des échantillons d'eau filtrée et d'eau osmosée en mars et en mai. Les valeurs relevées pour l'eau filtrée sont de 6,55 en mars et de 6,56 en mai, tandis que pour l'eau osmosée, elles sont de 7,85 en mars et de 7,67 en mai.

Tableau IV.3 : Résultats de mesure du pH des eaux analysées.

Paramètre	Types d'eau				Norme	
	Eau filtrée		Eau osmosée		N.A	OMS
PH	mars	mai	mars	mai	6,5-9	6,5-9
	6,55	6,56	7,85	7,67	6,5-9	6,5-9

Nous pouvons conclure que les mesures de pH des échantillons d'eau filtrée et d'eau osmosée respectent les normes établies par l'OMS, puisque toutes les valeurs relevées se situent à l'intérieur de la plage recommandée, soit  $\text{pH} \geq 6,5$  et  $\leq 9$ . Cela indique que les échantillons

d'eau sont conformes aux normes de qualité relatives à l'acidité ou à l'alcalinité pour l'eau potable.

Nos résultats concordent avec les mesures obtenues à la station de TENES (pH= 7,79) et à la station Hamma (pH = 7,82), tandis que ceux de la station SOUK TLATA (pH = 8,48) sont inférieurs à ceux-ci, (voir annexe I, tableau 3, tableau 6 et tableau 7).

**IV.1.4. Conductivité**

Étant donné que la conductivité est directement liée à la quantité de sels dissous dans l'eau, elle permet une évaluation précise de la minéralisation globale de l'eau. Des valeurs élevées de conductivité indiquent la présence abondante de sels dissous, révélant ainsi la richesse minérale de l'eau.

Par ailleurs, de légères variations de conductivité peuvent également être attribuées à des changements de température. La température influence ce phénomène car la mobilité des ions augmente avec la diminution de la viscosité (**Reggam.A, Bouchelaghem.H et Houhamdi, M, 2015**).

En examinant les valeurs enregistrées et présentées dans le tableau IV.4, on constate que l'eau osmosée des mois de mars et mai présente une minéralisation élevée. En revanche, l'eau filtrée présente une minéralisation excessivement élevée, ce qui suggère que les sels dissous sont retenus par les membranes d'osmose inverse et ne sont pas éliminés lors du prétraitement.

**Tableau IV.4 :** Valeurs mesurées de la conductivité.

Paramètre	Types d'eau				Norme	
	Eau filtrée		Eau osmosée		N.A	OMS
Conductivité (µs/cm)	Mars	mai	Mars	Mai	2800	1250
	54100	54167	1404	1702		

En comparaison avec les résultats des autres stations, la conductivité enregistrée dans cette étude est supérieure à celle de la station Cap Djinet (Con = 459 µs/cm), de la station de TENES (Con = 809,84 µs/cm) et de la station Hamma (Con = 479,16 µs/cm), (voir annexe I, tableau 5, tableau 3 et tableau 6).

**IV.1.5. TDS**

Les TDS (Total Dissolved Solids) représentent la concentration totale des solides dissous dans une solution, comprenant les minéraux, les sels, les métaux et autres substances solubles présentes dans l'eau. Les TDS sont généralement exprimés en mg/l ou en ppm (parties par million).

Selon les résultats obtenus pour le paramètre TDS (Tableau IV.5), une différence notable est observée entre l'eau filtrée et l'eau osmosée. En mars, la concentration en TDS dans l'eau filtrée était de 45985 mg/l, tandis qu'en mai, elle était légèrement supérieure à 46042 mg/l. En revanche, l'eau osmosée présentait une concentration élevée, avec 1101 mg/l en mars et 1290 mg/l en mai.

Ces résultats suggèrent que le processus de filtration a été efficace pour réduire la concentration des solides dissous dans l'eau. Toutefois, l'eau filtrée montre toujours une concentration élevée en TDS, ce qui peut être attribué à la présence de minéraux et d'autres substances dissoutes. En revanche, l'eau osmosée, qui est traitée par un système d'osmose inverse, présente une concentration élevée en TDS, indiquant un niveau élevé de purification.

**Tableau IV.5 : résultats de mesure de TDS.**

Paramètre	Types d'eau				norme	
	Eau filtrée		Eau osmosée		N.A	OMS
<b>TDS (mg/l)</b>	Mars	mai	mars	Mai	-	-
	45985	46042	1101	1290	-	-

**IV.1.6. Chlore résiduel libre**

Il est largement reconnu que la microbiologie est un aspect crucial pour garantir la qualité de l'eau en évaluant la présence de micro-organismes potentiellement dangereux dans l'eau traitée. Les bactéries, les virus, les parasites et autres agents pathogènes peuvent être présents dans l'eau brute et doivent être détectés et éliminés afin d'assurer la sécurité de l'eau potable. Pour effectuer l'identification et le dénombrement de ces pathogènes, la station n'est pas équipée d'un laboratoire spécialisé en analyses microbiologiques. Cependant, ces analyses sont réalisées par les laboratoires de l'Agence de l'eau (ADE) qui dispose des ressources et de l'expertise nécessaires pour mener à bien ces évaluations microbiologiques.

Les résultats indiquent une concentration constante de chlore résiduel de 0,9 mg/l dans l'eau osmosée en mars et en mai (Tableau IV.6). Cela suggère que le processus de purification a été efficace pour maintenir un niveau approprié de désinfection, ce qui est crucial pour assurer la qualité microbiologique de l'eau potable.

**Tableau IV.6 :** résultats de chlore résiduel libre.

Paramètre	Type d'eau	
	Eau osmosée	
RCL (mg/l)	mars	Mai
	0,9	0,9

**IV.2. Discussion**

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau produite par la station de dessalement de Tizgirt indiquent que l'eau répond aux normes de potabilité. Ces résultats sont attribués au traitement de l'eau par dessalement ainsi qu'à la nature de l'eau de mer traitée. La turbidité, le pH et la température varient en fonction de la période d'échantillonnage, qui s'est déroulée en mai, où l'eau de mer était calme et chaude, expliquant une température de 20 °C. De plus, la profondeur de prélèvement de l'eau (12 m) et sa distance du rivage (400 m) influencent ces valeurs. Les traitements tels que la coagulation-floculation, la décantation, la filtration sur sable et l'osmose inverse contribuent également à ces valeurs, ce qui explique une turbidité de 0,15 NTU. Le pH est affecté par l'ajout de produits chimiques, tels que l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ce qui explique un pH de 7,67. La conductivité est faible (1702 µS/cm) en raison du traitement par filtration sur membrane d'osmose inverse, qui a la capacité de retenir les particules dont le diamètre se situe entre 0,1 et 1 nm.

Les résultats des tests de TDS (Total Dissolved Solids) indiquent une différence significative entre l'eau filtrée (TDS = 46042 mg/l) et l'eau osmosée (TDS = 1290 mg/l), ce qui démontre une meilleure purification de l'eau par le processus d'osmose inverse.

Dans le cadre de cette étude, les résultats de TDS sont plus élevés que ceux enregistrés à la station de TENES (TDS = 396,53 mg/l) et à la station Hamma (TDS = 285 mg/l), (voir annexe I, tableau 3 et tableau 6).

Le chlore résiduel est utilisé comme moyen efficace de contrôler la qualité de l'eau potable. Il est constitué d'acide hypochloreux (HClO) ou d'ions hypochlorite (ClO<sup>-</sup>) présents dans l'eau

à la fin d'une période de contact spécifique. L'acide HClO est l'agent désinfectant principal **(Dupont.A, 1986, Rejsek.M,2002)**.

Les résultats de cette étude ont révélé que le taux de chlore résiduel libre enregistré était supérieur à celui mesuré à la station cap Djinet (RCL = 0,246mg/l), à la station TENES (RCL = 0,3 mg/l) et à la station SOUK TLATA (RCL = 0,58mg/l), (voir annexe I, tableau 5, tableau 3 et tableau 7).

Des résultats similaires ont été observés dans des études menées à la station de dessalement de Cap Djinet, TENES, Hamma et SOUK TLATA, utilisant le même procédé d'osmose inverse. Les caractéristiques physico-chimiques obtenues dans ces stations sont souvent proches des résultats de l'étude actuelle, en raison de la similarité de la nature de l'eau de mer traitée, de la période d'échantillonnage, des produits chimiques utilisés et de l'âge des équipements.

Le dessalement de l'eau de mer est essentiel pour répondre aux besoins en eau dans les régions où elle est rare. Cependant, il entraîne des conséquences environnementales nuisibles à long terme. La consommation importante de carburant pour produire l'énergie nécessaire au processus de dessalement entraîne des émissions atmosphériques telles que le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les hydrocarbures non brûlés et les oxydes de soufre. Les rejets de saumure concentrée et chaude peuvent également causer des problèmes environnementaux tels que la diminution de l'oxygène dissous, l'eutrophisation et l'élévation du pH. De plus, les produits chimiques utilisés pendant le prétraitement, tels que les sous-produits de désinfection, coagulation et floculation, ainsi que les produits antitartres, peuvent se retrouver dans la saumure, entraînant une toxicité pour l'environnement récepteur et perturbant la flore et la faune marines.

Cependant, il est crucial de mettre en place des stratégies d'atténuation et de contrôle pour minimiser les impacts environnementaux liés au dessalement. Par exemple, l'utilisation d'énergies propres et renouvelables, comme l'énergie solaire, peut contribuer à réduire la pollution atmosphérique associée à la combustion des combustibles fossiles. Des projets utilisant des panneaux photovoltaïques (cas de Sultanat d'Oman) pour alimenter les installations de dessalement ont déjà été mis en œuvre avec succès **(Mancebo.J, 2022)**.

Une autre approche pour atténuer les effets de la saumure consiste à diluer celle-ci avant de la rejeter dans l'eau de mer en la mélangeant avec de l'eau douce provenant de sources naturelles telles que les rivières ou les effluents d'eau usée traitée **(Lenntech)**. Cela permet de réduire la

concentration en sel de la saumure et de minimiser les effets négatifs sur les écosystèmes marins.

De plus, la saumure peut être considérée comme une ressource précieuse plutôt que comme un déchet. Elle contient des minéraux tels que le magnésium, le gypse, le chlorure de sodium, le calcium, le potassium, le chlore, le brome, le lithium, le bore, le strontium, le rubidium, l'uranium, qui peuvent être récupérés et valorisés (**Gamberini. G, 2019**).

Le dessalement de l'eau de mer est une méthode essentielle pour répondre aux besoins en eau douce, mais il est important de prendre en compte les conséquences environnementales associées. Des études approfondies doivent être réalisées avant l'implantation d'une usine de dessalement afin de minimiser les impacts sur les écosystèmes marins locaux. Des mesures d'atténuation telles que l'utilisation d'énergies propres, la dilution de la saumure et la valorisation des minéraux contenus dans celle-ci peuvent contribuer à réduire les effets néfastes sur l'environnement.



# ***CONCLUSION***

*<<Un esprit médiocre qui s'applique à  
l'étude va plus loin qu'un esprit sublime  
Qui ne s'applique à rien>>  
Baltasar Gracian ; L'homme de cour (1646).*

La pénurie mondiale d'eau potable a poussé le dessalement de l'eau de mer à devenir l'une des solutions les plus pratiques pour répondre aux besoins croissants en eau potable et industrielle. Dans ce contexte, l'usine de dessalement de l'eau de mer de Tizirt, utilisant le procédé d'osmose inverse, a été conçue dans le but de produire quotidiennement 2500 m<sup>3</sup> d'eau potable.

Ce travail présente en détail les différentes étapes du processus de dessalement mis en place dans la commune de Tizirt, située dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette station utilise une technique membranaire, comprenant des étapes telles que la prise d'eau de mer, le décanteur, le filtre à sable et le filtre à charbon actif, la microfiltration, l'osmose inverse et enfin le post-traitement. Tout au long de ce processus, il est essentiel de prendre en compte les paramètres physico-chimiques pour garantir une production efficace d'eau désalinisée.

La sélection des membranes, le contrôle du pH, de la température et l'utilisation de produits chimiques tels que le chlore peuvent avoir un impact significatif sur la performance et la durée de vie des membranes. Un prétraitement de l'eau est donc crucial pour éliminer les contaminants et les particules susceptibles d'endommager les membranes. De plus, il est primordial de surveiller et d'ajuster le pH de l'eau produite par osmose inverse afin de prévenir les problèmes de corrosion dans les infrastructures de distribution.

Il convient également de souligner l'importance d'une gestion adéquate de la saumure, le sous-produit généré par le dessalement. Des mesures telles qu'une dilution appropriée, un traitement adéquat et la réutilisation de la saumure doivent être mises en place pour minimiser les effets négatifs sur les écosystèmes marins.

Le dessalement de l'eau de mer offre une solution précieuse pour répondre à la demande croissante en eau potable. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les paramètres physico-chimiques tout au long du processus afin d'assurer une production d'eau potable efficace et durable, tout en minimisant les impacts environnementaux. La gestion adéquate des sous-produits et l'adoption de pratiques durables sont également essentielles pour garantir une utilisation responsable de cette ressource précieuse.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- **Abdellah, K. A. R. A., & KHALDI, A. (2017).** Dessalement de l'eau de mer et impacts environnementaux: cas de la station d'El-Mactaâ. *Journal of water and environmental sciences, 1*, 249-253.
- **ADDA, A., & ABBAS, M. (2020).** *Modélisation dynamique et optimisation d'un système hybride de dessalement membranaire fonctionnant en énergie solaire* (Doctoral dissertation).
- **AESN : Eau sur la terre.** Revue de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Partie 5, Chapitre 1. P6.
- **Algerian of Water, (2012).** Desalination of seawater, Algiers.
- **Al-Karaghoul, A., Renne, D., & Kazmerski, L. L. (2009).** Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13*(9), 2397-2407.
- **Al-Subaie, K. Z. (2007).** Precise way to select a desalination technology. *Desalination, 206*(1-3), 29-35.
- **AMITOUCHE, M. (2016).** *Impacts des rejets des stations de dessalement sur le milieu récepteur* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- **APS (2023),** Ressources en eau 60 ans de réalisation pour assurer la sécurité hydrique.
- Article publié le 14 janvier 2019 à 16h sur La tribune. Consulter le 20/09/2022.
- **Babu, P., Nambiar, A., He, T., Karimi, I. A., Lee, J. D., Englezos, P., & Linga, P. (2018).** A review of clathrate hydrate based desalination to strengthen energy–water nexus. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 6*(7), 8093-8107.
- **Bekhti, S. (2006).** *Etude du colmatage d'une membrane d'osmose inverse* (Doctoral dissertation, Alger).
- **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 Meknès (Maroc). Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc. Larhyss/Journal n° 14, Juin 2013.
- **Berkat, A. (2022).** Analyses physico-chimiques de l'eau traitée par la station de dessalement de TENES (UTU Desaladora Ténès O&M).

- **Bernard, M. E.** Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel- comité des techniques ;« circuit eau de mer (traitement et matériaux) », Edition technique, paris 1993.
- **Blum.A., Rouzeau.O., Guiraud.A., (2014).** Suivi de la turbidité des eaux de Guyane. Etat des lieux et recommandation. Approche par télédétection. Rapport BRGM/RP-61632-FR.
- **Bolard, J. (2012).** L'osmose et la vie selon Dutrochet. *Bibnum. Textes fondateurs de la science.*
- **BOUCHAREB, A. (2019).** *Etude théorique et expérimentale de dessalement par osmose inverse de l'eau saumâtre* (Doctoral dissertation, Université de BOUIRA جامعة البويرة).
- **Brown J., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D. et Wright J.,** Ocean chemistry and deep-sea sediments, The Open University, First edition, 1994.
- **Brunner, N., Mishra, V., Sakthivel, P., Starkl, M., & Tschohl, C. (2015).** The human right to water in law and implementation. *Laws*, 4(3), 413.
- **Chaouay, A., Okhrib, R., Hilali, M., Bazzi, L., Chahid, A., & Khiri, F. (2016).** Contribution à l'étude de l'analyse physico-chimique et de la contamination métallique de l'eau de mer du littoral d'Agadir (Sud du Maroc). Contribution to the study of physico-chemical analysis and metal contamination of coastal Agadir seawater (South Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(8), 2748-2759.
- **Copin-Montegut, G. (2002).** *Propriétés physiques de l'eau de mer.* Ed. Techniques Ingénieur.
- **CUN.C ;** Les techniques membranaires : différences et usages. Article publié le 15/12/2003 (Culture Sciences Chimie).
- **Dardour, S. (2007).** *Contribution à l'optimisation du couplage des réacteurs nucléaires aux procédés de dessalement* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 3).
- **Définition la pression hydrostatique**

<https://www.aquaportail.com/definition-5808-pression-hydrostatique.html>

- **Degrément (1995).** Memento technique de l'eau.
- **Degremont. (2005).** Mémento technique de l'eau. Ed. SUEZ, 10<sup>ème</sup> éd., Lavoisier, Et technique de l'environnement, Paris.
- **Desjardins, R. (1997).** Le traitement des eaux, 2<sup>e</sup> édition revue et enrichie. *Quebec, Canada.*
- **Dupont A. (1986).** Hydraulique Urbaine : Hydrologie de traitement de l'eau. Tome I.6<sup>ème</sup> Ed. E. Eyrolles.

- **Entreprises pour l'environnement (EPE), 2008.** L'eau à l'horizon 2025.
- **Gamberini, G ;** Dessalement de l'eau : l'ONU s'inquiète des risques pour l'environnement.
- **Gouvernement du Canada ;** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique. Consulter le 10/11/2022.
- **Guilyardi, É. (2001).** Quand le sel de l'océan pimente le climat [prix Prud'homme 1999]. *La Météorologie*, 2001(33), 34-44.
- **Guimard, L. (2019).** *Étude du comportement et modélisation d'une installation de dessalement d'eau de mer par distillation soumise à des régimes transitoires* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- **Habet, L. (2010).** *Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement* (Doctoral dissertation, Boumerdès).
- [https://di.univ-blida.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/5173/32-660-177\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://di.univ-blida.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/5173/32-660-177_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- **Janah, Y., Nouh, F. A., & Kettab, A. (2017).** *Les techniques de dessalement et les énergies renouvelables: Desalination techniques and renewable energies.* Éditions universitaires européennes.
- **Kettab, A. (2001).** Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. *Desalination*, 136(1-3), 25-33.
- **L. Cot, A. Ayrat, J. Durand, C. Guizard, N. Hovnanian, A. Julbe, A. Larbot (2000).** Inorganic membranes and solid state sciences, *Solid State Sciences*, 2, 313-334.
- **Lenntech ;** Déminéralisation par osmose inverse. Consulter le 08/07/2022.
- **Maïga, A. S. (2005).** *Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM. SA dans la ville de Bamako Evaluation saisonnière* (Doctoral dissertation, Thèse de pharmacie Bamako).
- **Mancebo J., 2022 ;** Oman mise sur les énergies renouvelables et disposera de la plus grande centrale solaire de la planète pour dessaler l'eau. Article publié le 1 août 2022 sur Atalayar entre deux rives : Les clés du monde entre vos mains. Consulter le 10/09/2022.
- **MARKS, DAVID H.** Review of the desalination and water purification technology roadmap. Washington : The national academies press, 2004.
- **Maurel, A. (2001).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, éditions Technique & Documentation Lavoisier.
- **Maurel, A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. *Libr Lavoisier*, 286.

- **Metahri M S., (2012).** ÉLIMINATION SIMULTANÉE DE LA POLLUTION AZOTÉE ET PHOSPHATÉE DES EAUX USÉES TRAITÉES, PAR DES PROCÉDÉS MIXTES. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Algérie. 08 P.
- **METAICHE, M. (2014).** Technologie Membranaire génie civil ssa metaiche mehdi.
- **Mondiale de Santé, O. (2017).** Directives de qualité pour l'eau de boisson: 4e éd. intégrant le premier additif.
- **Monique, H. (1991).** Les eaux naturelles et les eaux de consommation. *Saint Laurent*.
- **Mozas, M., & Ghosn, A. (2013).** État des lieux du secteur de l'eau en Algérie. *Institut de Perspective Économique du Monde Méditerranéen (IPMED)*, 27.Paris.
- **Reddy, K. V., & Ghaffour, N. (2007).** Overview of the cost of desalinated water and costing methodologies. *Desalination*, 205(1-3), 340-353.
- **Reggam, A., Bouchelaghem, H., & Houhamdi, M. (2015).** Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): caractérisation et analyse en composantes principales. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(5), 1417-1425.
- **Rejsek M. (2002).** Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, série science
- **Renaudin, V., & Champion, G. (2003).** Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. *CNRS, Nancy*.
- **Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1984).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie.
- **S. M. L. Força, I. V. P. Yoshida, S. P. Nunes 1(999).** Organic-inorganic membranes prepared from polyether diamine and epoxy silane, *Journal of Membrane Science*, 159, 197-207.
- **Sagne, C. (2008).** *Etude des mécanismes de transfert de molécules organiques en osmose inverse. Application au recyclage des condensats issus de la concentration des vinasses de distilleries* (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- **Saint-Exupéry, A. D. (1939).** *Terre des hommes*. РИПОЛ Классик.
- **Samhari, O. (2021).** *Membranes céramiques et polymères modifiées par de l'oxyde de graphène pour la rétention de molécules organiques et le dessalement d'eaux saumâtres et d'eau de mer* (Doctoral dissertation, Rennes 1).
- **SCGE : Surconsommation et gaspillage de l'eau.** Blog, 125.

- **SGP, ERGTHY** : Societe de Gestion des Participations de l'Etat, Etude et Réalisation des Grands Travaux Hydrauliques.
- **Shemer, H., & Semiat, R. (2017)**. Sustainable RO desalination–Energy demand and environmental impact. *Desalination*, 424, 10-16.
- **Skirrow, G., & Riley, J. P. (Eds.). (1965)**. *Chemical oceanography*. Academic Press.
- **SOUAK, F. (2003)**. La politique de l'eau en Algérie valorisation et développement durable. *International journal of economics & strategic management of business process (ESMB)*. Pôle universitaire Koléa Tipaza Algérie, 67-72.
- **Tahri, T., Bettahar, A., Douani, M., AbdulWahab, S. A., AlHinai, H., & AlMulla, Y. (2010)**. Dessalement de l'eau de mer par l'énergie solaire en vue de l'irrigation d'une serre agricole. *Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur, Université de Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie*.
- **Tansakul, C. (2009)**. *Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse* (Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse).
- **Tir, E., BOUNOUIRA, Y., & CHEDAD, A. (2017)**. PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER FROM THE SOURCES OF THE COMMUNITY OF TISSEMSILT" CASE OF AIN LOURA AND AIN SFA". *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (29), 111-119.
- **Zizi, N. (2013)**. *Stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie: choix des sites prioritaires, les techniques utilisées et leurs impacts environnement immédiat* (Doctoral dissertation, usthb).

Tableau 1 : Normes de potabilité OMS (2006).

Groupe	Paramètres	Valeurs indicatives	Unités
Paramètres physiques	PH	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5	-
	Conductivité	Pas de valeur guide	µs
	Température	acceptable	°C
Paramètres organoleptiques	Turbidité	5	NTU
	Couleur	Pas de valeur guide	-
	Goût et odeur	Acceptables	-
Éléments toxiques	Arsenic (As)	0.02	mg/l
	Cadmium (Cd)	0.003	
	Chrome Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	Chrometotale : 0.05	
	Mercure (Hg)	Inorganique: 0.006	
	Plomb (Pb)	0.01	
	Fer (Fe)	Pas de valeur guide	
Éléments indésirables	Manganèse (Mn)	0.4	mg/l
	Aluminium (Al)	0.2	
	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.5	
	Zinc (Zn)	3	
	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	3	
	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50	
	Bore (B)	0.5	
Minéralisation globale	Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	100	ppm
	Chlorure (Cl)	250	
	Dureté mg/l CaCO <sub>3</sub>	200	
	Sodium (Na)	200	
	Potassium (K <sup>+</sup> )	12	
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	0	nb/100ml
	Coliformes fécaux	0	nb/100ml
	Streptocoques fécaux	0	nb/100ml
	Clostridium Sulfite-Réducteurs	0	nb/100ml
	Staphylocoques pathogènes	0	nb/100ml
	Spoires des bactéries	0	nb/20ml
	Vibrions cholériques	Absence	nb/10ml
	Salmonella	Absence	nb/5 l

Tableau 2 : Normes des facteurs physico-chimiques des eaux potables (OMS,1986).

Paramètres	Unités	VG	ValeurUE	Valeur limite Admissible
Résidusec	mg/l	-	1500	1000
Température	mg/l	12	-	25
PH		-	6,5-8,5	6,5-8,5
Calcium $Ca^{2+}$	mg/l	100	-	200
Bicarbonates		-	-	-
Chlorure $Cl^-$		25	25	200
Dureté totale °dH	°F mg/l	35 350	10	-
Potassium ( $K^+$ )	mg/l	10		12
Conductivité ( $\mu s/cm$ )	$\mu s/cm$	400	400(20°C)	1250
Magnésium ( $Mg^{2+}$ )	mg/l	<30( $SO_4^{2-}$ >250) 4 <125( $SO_4^{2-}$ <250) 4	30	60
Sodium ( $Na^{2+}$ )		20	-	200
Dureté non carbonatée	°F	-	-	10
Ammonium ( $NH_4^+$ )	mg/l	0,05	0,05-0,5	0,5
Nitrate ( $NO_3^-$ )		10	25	50
Nitrite ( $NO_2^-$ )		0,01	0,1	0,1
Phosphate ( $PO_4^{3-}$ )		-	0,02	0,02
Fluor ( $F^-$ )		0,8-1,3	1,5(8 -12°C) 0,7(25 -30°C)	1,5
Sulfate		25	-	250
Fer		50	-	200
Arsenic (As)		-	-	50
Chrome		-	-	50
Cadmium ( $Cd^{2+}$ )		-	0,00 5	5
Nickel (Ni)		-	-	0,5
Cyanure		-	-	50
Cuivre		-	-	50
Mercure		-	-	-
Plomb		-	-	-
Sélénium		-	-	-
Phénols		0,01	0,00 0	0,5
Détergents		-	-	100

**Tableau 3** : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau traitée (station TENES).

Paramètres	Unité	Références OMS	Moyenne	Résultats d'Analyses 28/09/2020		
				13h00	16h00	19h00
<b>pH</b>		7,5 à 8,5	7,79	7,8	7,75	7,89
<b>Température</b>	(C°)	15<TEMP<25	25,21	26,1	26,5	25,1
<b>Conductivité</b>	(µS/cm)		809,83	804,5	800,4	831,1
<b>TDS</b>	ppm	150<MTD<500	396,53	393,0	391,8	405,5
<b>Turbidité</b>	NTU	<5	0,00	0	0	0
<b>Dureté Totale TH</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	80<DT<150	81,00	80	80	80
<b>Calcium</b>	mg/l		28,36	28,06	28,06	28,06
<b>Calcium</b>	CaCO <sub>3</sub>		70,89	70,14	70,14	70,14
<b>Magnésium</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>		10,11	9,86	9,86	9,86
<b>Alcalinité</b>	mg/l CaCO <sub>3</sub>	>60	86,00	86	85	85
<b>Cl2</b>	ppm		0,30			0,27
<b>Bore</b>	mg/l	<1	0,60			
<b>Indice de langelier</b>		0 à 0,4	0,22	0,25	0,20	0,31

Tableau 4 : Normes de potabilité (2011).

Groupe	Paramètres	Valeurs indicatives	Unités
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	pH	pH ≥ 6.5 et ≤ 9	-
	Conductivité	2800	µS/cm à 20°C
	Température	25	°C
	Dureté	500	mg/lenCaC03
	Alcalinité	65	mg/lenCaC03 pour les eaux dessalées
	Calcium	200	mg/lenCaC03
	Chlorures	500	mg/l
	Potassium	12	mg/l
	Résidusec	1500	mg/l
	Sodium	200	mg/l
	Sulfates	400	mg/l
	Fer	0.3	mg/l
	Oxydabilité	5	mg/lO2
Paramètres organoleptique	Couleur	15	mg/l Platine
	Turbidité	5	NTU
	Odeur 12°C	4	Taux de dilution
	Saveur 25°C	4	Taux de dilution
Paramètres indésirables	Aluminium	0.2	mg/l
	Ammonium	0.5	mg/l
	Bore	1.3	mg/l pour les eaux de dessalement
	Cuivre	2	mg/l
	Zinc	5	mg/l
	Manganèse	50	µg/l
	Nitrites	0.2	mg/l
	Nitrates	50	mg/l
	Phosphore	5	mg/l
Paramètres de toxicité	Arsenic	10	µg/l
	Cadmium	3	µg/l
	Chrome total	50	µg/l
	Mercure	6	µg/l
	Nickel	70	µg/l
	Plomb	10	µg/l
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	0	nb/100ml
	Entérocoques	0	nb/100ml
	<b>Bactéries sulfitoréductrices</b>	<b>0</b>	<b>nb/20ml</b>

Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau traitée (Station Cap-Djinet).

PARAMETRE	LIMITES SPECTRO	UNITE	05/04/2017	06/04/2017	09/04/2017	MOYENNE
			10:30	10:30	10:30	
MTD		Ppm	234	230	225	229.66
Dureté totale		ppm CaCO3	67,92	70,3	69,82	69.34
PH			8,41	8,32	8,32	8.35
Température		deg C	17,6	17,3	17,5	17.46
Conductivité		µS/cm	468	459	450	459
		mS/m	46,8	45,9	45	45.9
Total alcalinité (TAC)		ppm CaCO3	58,8	59,4	59,52	59.24
Calcium		mg/l	23,37	23,94	24	23.77
Bore	0,05	Ppm	0,751	0,748	0,752	0.75
Turbidité		NTU	0,86	1,01	0,58	0.816
Chlore libre		Ppm	0,26	0,24	0,24	0.246
Alcalinité (TA)		mg/L(CaCO3)	2,4	2,28	2,52	2.4
Calcium		mg/L(CaCO3)	58,42	59,4	60	59.27
Sodium	161	mg/L				
Potassium	8	mg/L				
Magnésium	0,5	mg/L	2,28	2,28	2,34	2.3
Carbonates		mg/L	5,76	5,75	6,04	5.85
Bicarbonates		mg/L	65,83	66,6	66,46	66.26
Chlorures	70	mg/L				
Nitrites	0,015	mg/L				
Nitrates	0,23	mg/L				
Sulfates	40	mg/L				
Fer	0,2	mg/L				

**Tableau 6** : Résultats de la qualité physico-chimique et bactériologiques (station Hamma).

Paramètres	Eau traitée	Eau de R/C	NA		OMS (1983)		DE (15/07/1989)	
			NG	CMA	VG	CMA	NG	CMA
pH	7,82	7,79	6,5-8,5	8,5	6,5-8,5	-	6,5-8,5	9,5
T°C	14,55	15,3	-	-	-	-	12	20
T <sub>ur</sub> (NTU)	3,5	5,26	-	5	5	-	0,4	4
Con. (µS/cm)	479,16	490,5	-	2800	-	-	400	-
TDS (mg/l)	285	286,5	-	-	-	-	-	-

**Tableau 7** : Résultats des paramètres physico-chimiques (station SOUK TLATA).

Paramètres échantillons	pH	Températures (°C)	Alcalinité mg/L en CaCO <sub>3</sub>	TH mg/L en CaCO <sub>3</sub>	TDS (mg/L)	CE (µS/cm)	Chlore libre (mg/L)	LSI
1	8,48	17,1	62,50	90	436	855	0,36	0,25
2	8,31	17,2	61,34	92	437	857	0,58	0,08
3	8,26	18,4	65,40	88	414	811	0,40	0,07
4	8,28	18,3	65,21	89	418	819	0,32	0,10
5	8,27	17,2	62,89	83	414	812	0,38	0,03
6	8,32	17,5	68,50	88	424	832	0,26	0,15
7	8,30	17,2	64,34	84	402	789	0,38	0,08
8	8,32	17,4	66,27	89	406	796	0,37	0,15
9	8,25	18,3	67,92	93	429	841	0,42	0,10
10	8,29	18,9	71,79	88	437	856	0,42	0,16
11	8,30	17,9	71,98	93	442	866	0,20	0,18
12	8,28	17,6	75,46	97	469	919	0,37	0,18
13	8,35	18,3	62,40	77	479	939	0,37	0,09
14	8,32	18,2	63,27	85	469	920	0,44	0,09
15	8,34	19,6	66,56	82	482	945	0,37	0,14
16	8,26	18,6	65,98	83	476	934	0,36	0,06
17	8,36	18,7	65,02	89	513	1006	0,27	0,14
18	8,37	20,4	64,05	81	495	970	0,31	0,15
19	8,28	20	62,21	79	511	1002	0,26	0,02
20	8,26	19,7	67,92	87	473	928	0,31	0,11

Figure I : Cartes des courants marins.

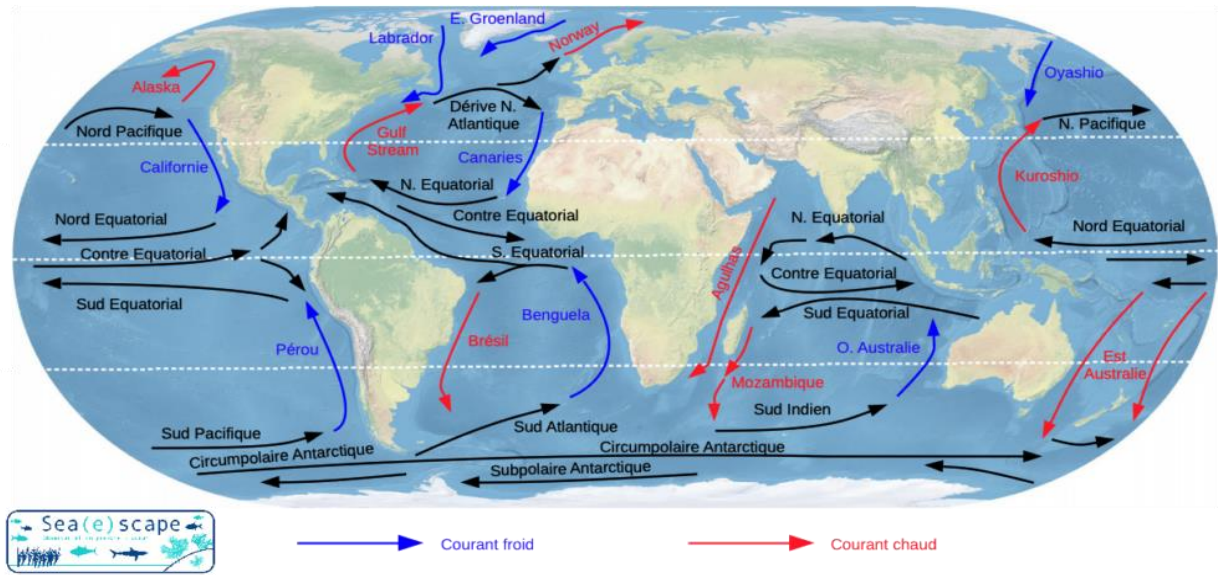


Figure I. a : Grands courants marins mondiaux issue de la force des vents et de la force de relation de la terre.

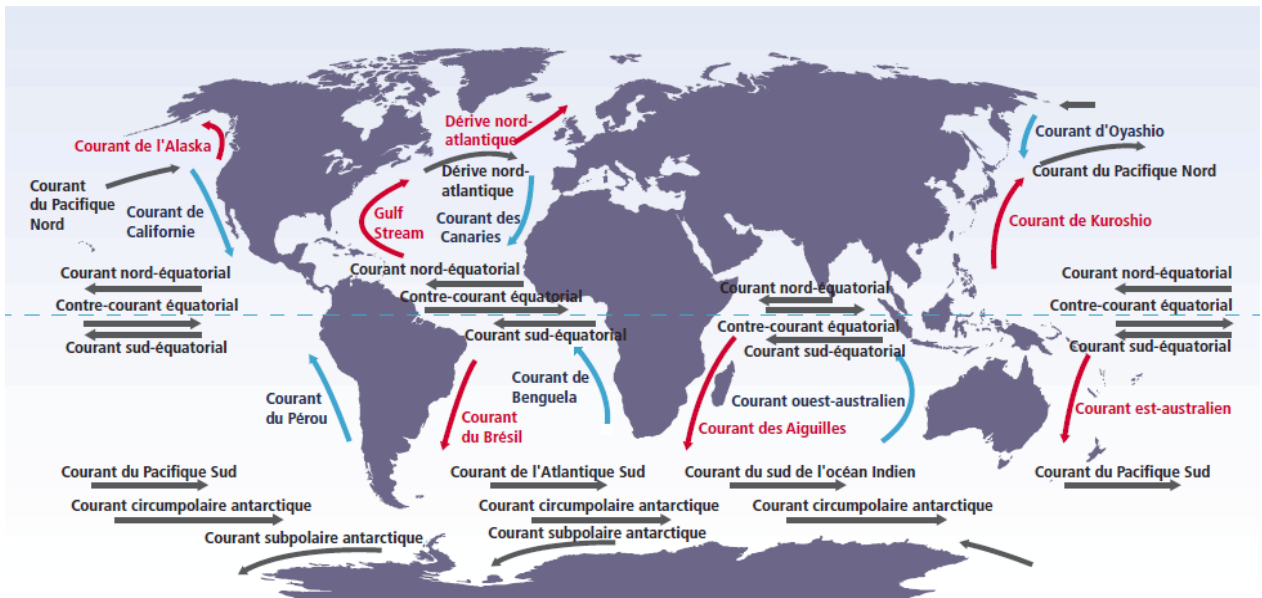


Figure I. b : Répartition dans le monde des principaux courants océaniques.

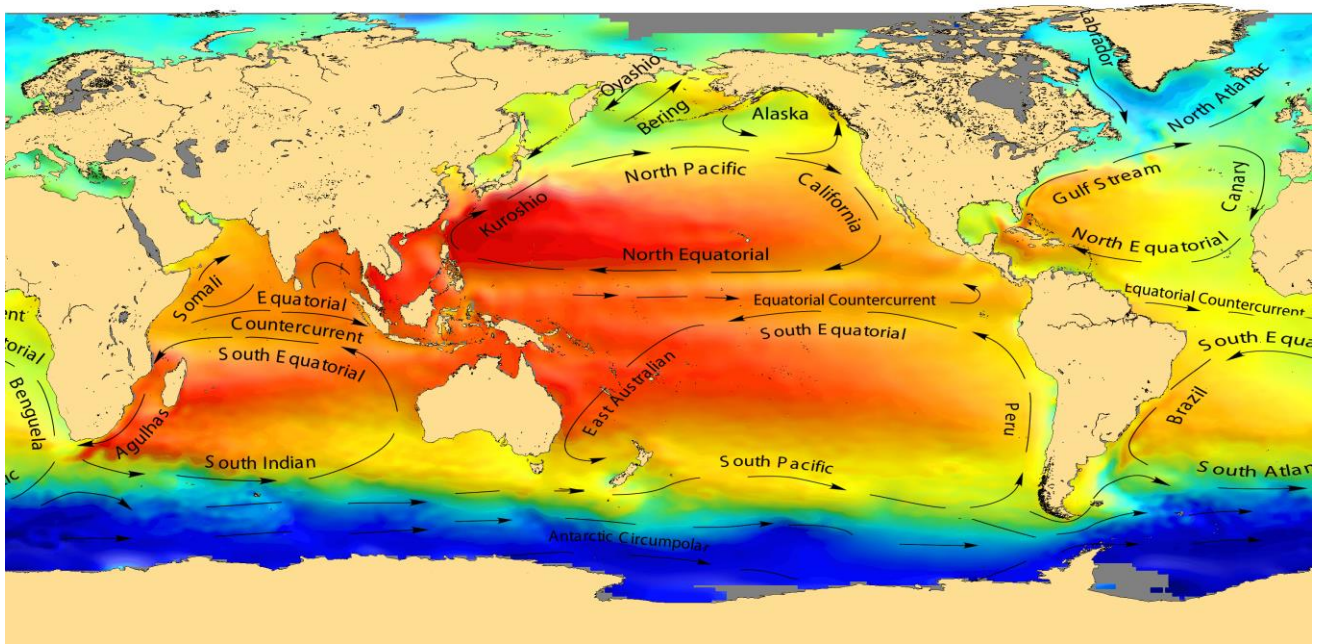


Figure I. c : Courants.



Figure I. d : Circulation Générale en Méditerranée.

## Résumé

L'eau, molécule simple, est indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. L'augmentation des besoins en eau et la disponibilité de l'eau de bonne qualité représentent un défi actuel, tant à l'échelle mondiale qu'en particulier en Algérie. La station de dessalement d'eau de mer à Tizirt (Wilaya de Tizi-Ouzou) constitue l'un des plus grands projets réalisés par le gouvernement algérien en matière d'approvisionnement en eau potable, avec une capacité de 2500 m<sup>3</sup>/j. L'objectif de cette étude est de surveiller l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau obtenue par le processus de dessalement de l'eau de mer utilisant la technique de l'osmose inverse.

Les résultats obtenus à la station de Tizirt démontrent que les paramètres essentiels de qualité de l'eau respectent les normes de l'OMS et sont inclus dans l'intervalle des normes internationales. Malgré les avantages du dessalement de l'eau de mer, il est important de souligner que cette méthode entraîne des dommages considérables sur l'environnement.

**Mots clés :** Dessalement, Osmose inverse, Eau de mer, Pénurie d'eau, Changement climatique.

## Abstract

Water, a simple molecule, is essential for the continuity of all kinds of life and for the development of populations. The growing need for water and the availability of good quality water represent a current challenge, both worldwide and in Algeria in particular. The seawater desalination plant at Tizirt (Wilaya de Tizi-Ouzou) is one of the Algerian government's largest drinking water supply projects, with a capacity of 2500 m<sup>3</sup>/day. The aim of this study is to monitor changes in the physico-chemical quality of water obtained from the seawater desalination process using the reverse osmosis technique.

The results obtained at the Tizirt station show that the essential water quality parameters comply with WHO standards and are within the range of international standards. Despite the advantages of seawater desalination, it is important to highlight that this method causes significant environmental damage.

**Keywords:** Desalination, Reverse osmosis, Seawater, Water scarcity, Climate change.

## ملخص

الماء، جزيء بسيط، ضروري لاستمرارية جميع أنواع الحياة وكذلك لتنمية السكان. تمثل الزيادة في الاحتياجات المائية وتوافر المياه ذات النوعية الجيدة تحديًا راهناً، على الصعيدين العالمي والجزائري على وجه الخصوص. تعتبر محطة تحلية مياه البحر في تيقزيرت (ولاية تيزي وزو) من أكبر المشاريع التي نفذتها الحكومة الجزائرية من حيث التزود بمياه الشرب، بطاقة 2500 م<sup>3</sup>/يوم. الهدف من هذه الدراسة هو مراقبة تطور الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه التي تم الحصول عليها من خلال عملية تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها في محطة تيقزيرت أن معايير جودة المياه الأساسية تتوافق مع معايير منظمة الصحة العالمية ويتم تضمينها في مجموعة المعايير الدولية. على الرغم من مزايا تحلية مياه البحر، من المهم الإشارة إلى أن هذه الطريقة تسبب أضراراً كبيرة للبيئة.

الكلمات الرئيسية: التحلية المياه، التناضح العكسي، ماء البحر، نقص المياه، تغير المناخ.