

Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique

Département de Chimie.

Filière : Chimie appliquée.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Chimie.

Option : **Chimie appliquée.**

Présenté par :

Belhouari oumehani

Belhadji houaria

THEME :

**Etude et comparaison de l'eau de dessalement
(SONACTER) avec les eaux potables de la ville de
Mostaganem**

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

| | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Président : KADI Abdelkader | MAA | UMAB |
| Examineur : HAMIANI Abdelkader | MCB | UMAB |
| Encadreur : HASSINI Nouredine | Prof. | UMAB |

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions DIEU qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de courage pour achever nos études. Tout d'abord nos respectueux remerciements à tous les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de notre travail.

Nous remercions chaleureusement notre encadreur M. HASSINI NOUREDINE de nous avoir orientés par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier aussi :

Les membres de jury Mr HEMIANI Abdelkader et Mr KADI Abdelkader

D'avoir acceptés d'évaluer notre travail.

Nous ne manquerons pas de remercier M. MOULAY Hadj Moulay, chef de centre de la station SEOR de Mostaganem, ainsi que à l'ingénieur du laboratoire Melle FERHAT Malika.

Sans oublier tous nos enseignants et toute la promotion M2 chimie appliqué 2020-2021 on vous remercie tous pour cette année et un grande merci à tous ce qui nous a aidés de près ou de loin.

Dédicace

C'est avec un cœur plein de joie que je dédie ce modeste

travail : Aux deux bougies

qui s'allument rien que pour éclairer mon chemin :

Ma très chère mère exemple de courage, qui n'a pas cessé de

m'encourager et prier pour moi et qui représente pour moi la

source de l'amour et de la tendresse.

Mon très cher père exemple de sagesse, qui a toujours cru

en moi et mis tous ces efforts pour mon éducation et mon

bien être et ma réussite.

A mes adorables frères et sœurs : Ikbal, Zineb,
Abdelmalk, Sadak.

A mon binôme houaria.

A toute les familles : Belhouari et Mekrloufi.

A toute la promotion 2020/2021

Oumehani

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma mère et mon père Qui n'ont pas cessés de
m'encourager et de prier pour moi.

Leurs prières et leurs bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien
mes études.

Que dieu puisse m'aider à les honorer, les servir et les combler. A mes
adorable frères et sœur : Shaimaa, Fatima, Mohamed amine

A mon mari : Khaled

A mon binômes : Oumehani

A toute les familles : Belhadji et Bouchama

A toute la promotion 2020/2021

Houaria

Résumé

Afin d'évaluer les qualités physiques et chimiques des différents eaux consommées à Mostaganem (eau du robinet, eau de source, eau minérale, eau de puits, eau produit par l'unité de dessalement de Mostaganem (SONACTER) par osmose inverse). Nous avons suivi le cheminement de la transformation de l'eau de mer en eau douce par osmose inverse dans la station de SONACTER, son stockage et son traitement pour la rendre potable.

Nous avons ensuite élargi notre étude à d'autres types d'eaux largement consommées à Mostaganem.

Nous avons analysé plusieurs échantillons d'eau potables et nous les avons confrontés aux normes algériennes et aux recommandations de l'OMS.

Mots clés: Eaux potable, Dessalement, Osmose inverse, Qualités physico-chimiques, Mostaganem.

Abstract :

In order to assess the physical and chemical qualities of the various water consumed in Mostaganem (tap water, spring water, mineral water, well water, water produced by the Mostaganem desalination unit (SONACTER) by reverse osmosis). We followed the process of transforming seawater into fresh water by reverse osmosis in the SONACTER station, its storage and treatment to make it drinkable.

Then we extended our study to other types of water widely consumed in Mostaganem.

We analyzed several samples of drinking water and we compared them to Algerian standards and WHO recommendations.

Keywords: Drinking water, Desalination, Reverse osmosis, Physico-chemical qualities, Mostaganem.

ملخص

من أجل تقييم الصفات الفيزيائية والكيميائية لمختلف المياه المستهلكة في مستغانم " مياه الصنبور, مياه الينابيع, مياه المعدنية, مياه آبار و مياه التي تنتجها وحدة مستغانم سونكتار بالتناضح " . تابعنا عملية تحويل مياه البحر إلى مياه عذبة عن طريق التناضح العكسي في محطة سونكتار وتخزينها و معالجتها لجعلها صالحة للشرب .

ثم قمنا بتوسيع دراستنا لتشمل أنواعا أخرى من المياه التي يتم استهلاكها على نطاق واسع من مستغانم. قمنا بتحليل عدة عينات من مياه الشرب و فرناها بالمعايير الجزائرية وتوصيات منظمة الصحة العالمية.

كلمات مفتاحية: مياه الشرب, تحليه مياه, التناضح العكسي, الصفات الفيزيائية و الكيميائية

Tables de la matière

Remerciement

Liste de figure

Liste de tableau

Liste des abréviations

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Généralité sur l'eau..... | 3 |
| I.2. La structure de l'eau :..... | 4 |
| I.3. Cycle de l'eau dans la nature : | 4 |
| I.4. Différents types d'eau potable : | 5 |
| I.4.2. Les eaux de source :..... | 6 |
| I.4.3. Les eaux minérales | 6 |
| I.4.4. Eaux souterraines (captage par puits) : | 7 |
| I.4.5. eaux de dessalement : | 8 |
| I.5. Les principes du dessalement : | 8 |
| 1.5.1. Les procédés de dessalement : | 8 |
| I.5.2. L'osmose inverse : | 9 |
| I.6. Problèmes techniques rencontrés en dessalement :..... | 10 |
| I.6.1. Entartrage : | 10 |
| I.6.2. Corrosion :..... | 11 |
| I.6.3. Colmatage ou Fuling :..... | 11 |
| I.7. Le dessalement en Algérie :..... | 12 |
| I.8. Les avantages et les inconvénients de dessalement en Algérie : | 13 |
| I.9. Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement :..... | 14 |
| I.9.1. Effets dus au prélèvement d'eau de mer :..... | 14 |
| I.9.2. L'influence de l'énergie dégagée par la station de dessalement sur la qualité de l'air :..... | 15 |
| I.9.4. Rejet de saumure :..... | 17 |
| I.9.5. Impact de bruit : | 18 |

| | |
|--|----|
| Conclusion : | 18 |
| Chapitre II : matériaux et méthodes | 20 |
| II.1. Matériaux : échantillons d'eau | 20 |
| II.1.1. Eau de robinet : | 20 |
| II.1.2. Eau de source : | 20 |
| II.1.3. Eau minérale : | 20 |
| II.1.4. Eau de puits : | 20 |
| II.1.5. Eau de dessalement : | 20 |
| II.2. Paramètre de l'eau potable : | 21 |
| II.2.1. Paramètres physico-chimiques : | 21 |
| II.2.2. Paramètres organoleptique : | 22 |
| II.2.2.1. La couleur | 22 |
| II.2.2.3. La turbidité | 23 |
| II.3. Méthodes d'analyses physico-chimiques: | 23 |
| II.3.1. Les facteurs organoleptiques : | 24 |
| II.3.2. Les paramètres physico-chimiques : | 26 |
| II.4. Erreurs et incertitude des mesures : | 38 |
| Chapitre III : résultats et discussion | 39 |
| III.1. Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques de l'eau : | 39 |
| III.1.1. Potentiel Hydrogène (pH) : | 40 |
| III.1.2. Conductivité électrique : | 40 |
| III.1.3. Température : | 41 |
| III.1.4. Turbidité : | 42 |
| III.1.5 La dureté totale : | 43 |
| III.1.6 . Calcium Ca^{2+} : | 44 |
| III.1.7. Magnésium : | 45 |
| III.1.8. Alcalinité des eaux : | 45 |
| III.1.9. Chlorure : | 46 |
| III.1.10. Chlore libre : | 47 |
| III.1.11. Résidu sec : | 48 |
| Conclusion générale : | 50 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1: Structure de la molécule d'eau | 4 |
| Figure 2: cycle externe de l'eau | 5 |
| Figure 3: eau du robinet | 5 |
| Figure 4: eau de source | 6 |
| Figure 5: eau en bouteille | 7 |
| Figure 6: eau de puits | 7 |
| Figure 7: principes du dessalement | 8 |
| Figure 8: procédés de dessalement | 9 |
| Figure 9: principe de l'osmose inverse | 9 |
| Figure 10: le programme de dessalement d'eau de mer | 13 |
| Figure 11: Les échantillons à analyser. | 23 |
| Figure 12: Colorimètre HACH DR 890 | 24 |
| Figure 13: Turbidimètre | 25 |
| Figure 14: Etalonnage de l'appareil de turbidité | 25 |
| Figure 15: thermomètre | 26 |
| Figure 16: Etalonnage de l'appareil de pH-mètre | 27 |
| Figure 17: pH mètre | 28 |
| Figure 18: Conductimètre | 29 |
| Figure 19: la solution des étalonnages | 29 |
| Figure 20: Spectrophotomètre DR5000 | 33 |
| Figure 21: Boîte LCK et mode opératoire | 34 |
| Figure 22: Disque de comparaison (lovibond2000) | 36 |
| Figure 23: Comprimé | 36 |
| Figure 24: Etapes de détermination des résidus sec. | 37 |
| Figure 25: Comparaison du pH différents eaux analysée | 40 |
| Figure 26: Comparaison du conductivité des différentes eaux analysées | 41 |
| Figure 27: Comparaison de différentes eaux analysées | 42 |
| Figure 28: Comparaison de différentes eaux analysée | 42 |
| Figure 29: Comparaison du la dureté des différentes eaux analysées | 43 |
| Figure 30: Comparaison du taux des différentes eaux analysées | 44 |
| Figure 31: Comparaison du taux de magnésium des différentes eaux analysées | 45 |
| Figure 32: Comparaison du TAC des déférents d'eaux analysées | 46 |
| Figure 33: Comparaison du taux de chlorure des différents d'eaux analysée. | 47 |
| Figure 34: Comparaison du chlorure libre des différentes eaux analysées | 48 |

Liste des Tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau. ----- | 21 |
| Tableau 2: Détermination de CO_3^{2-} et HCO_3^- à partir TA et TAC ----- | 30 |
| Tableau 3: Code article et plage de mesure de chaque paramètre chimique ----- | 34 |
| Tableau 4: la potabilité en fonction des résidus sec (Rodier, 2005)----- | 38 |
| Tableau 5: les normes OMS et Algériennes:(JORA N°18 du mars 2011)----- | 39 |

LISTE DES ABREVIATION

| | |
|------|--|
| °C | : DEGRE CELSIUS |
| DPD | : DIELTHEY-P-PHENYLENE-DIAMINE |
| EDTA | : ACIDE ETHYLENE DIAMINE TETRAACITIQUE |
| P | : PRESSION |
| ADE | : ALGERIENNE D'EAUX |
| NTU | : UNITE DE TURBIDITE NEPHELOMETRIE |
| OMS | : ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE |
| OI | : OSMOSE INVERSE |
| °F | : DEGRIS FRANÇAIS |
| MSF | : MULTI STAGE FLASH |
| MEA | : MEMBRANES ECHANGEUSE D'ANIONS |
| MEC | : MEMBRANES ECHANGEUSE D'CATIONS |
| TDS | : TOTAL DES SOLIDES DISSOUS |
| T | : TEMPERATURE EN °C OU °K |
| TH | : TITRE HYDROMETRIQUE |
| TA | : TITRE ALCALIMETRIQUE SIMPLE |
| TAC | : TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET |
| PH | : POTENTIEL D'HYDROGENE |
| V | : VOLUME DE SOLUTION |
| C | : CONCENTRATION DE LA SOLUTION |

Introduction générale

L'eau est indispensable pour la vie mais sa disponibilité n'est pas assurée partout. La pénurie d'eau se pose et se posera dans de nombreux pays et le monde fait face à une crise de l'eau potable majeure annoncée pour les années à venir. Ce problème s'aggravera à mesure que les villes grandissent, que la population augmente et que l'agriculture, l'industrie et les ménages ont besoin d'eau en quantités toujours plus grandes. Cela risque de mettre gravement en péril le ravitaillement en eau douce d'une grande partie de l'humanité et par voie de conséquence d'aggraver les conflits entre pays voisins ayant des ressources communes [1].

La terre est recouverte de 72% d'eau, dont seulement 3% d'eau douce. Cette eau est inégalement répartie sur la planète : 10 pays se partagent 60% des réserves d'eau douce alors que 29 pays subissent des sécheresses quasi continues. L'eau douce, facilement disponible (lacs, fleuves, certaines eaux souterraines), ne représente que 0,07 % de la ressource totale soit environ 1 million de km³, elle se trouve en quantité limitée, et la répartition de cette eau est très inégale [2] et sa qualité est constamment menacée. Aujourd'hui, selon l'OMS, une personne sur trois dans le monde n'a pas assez d'eau pour répondre à ses besoins quotidiens. L'homme s'est ingénié à rendre l'inutilisable utilisable en ayant recours à l'eau de mer représentant une richesse quasiment inépuisable, mais uniquement si on peut la dessaler, car elle contient 1000 fois plus de sel que la limite fixée par l'OMS pour pouvoir être consommée, c'est-à-dire une teneur maximale de 500 mg/L. Face à cette situation, le dessalement des eaux de mer ou des eaux saumâtres constitue ainsi une des réponses possibles pour s'adapter à la pénurie croissante des ressources en eau. Parmi les pays qui souffrent du manque d'eau notre pays l'Algérie et particulièrement notre ville Mostaganem. Ce manque d'eau est lié à la situation géographique de notre pays, mais aussi le gaspillage (estimé à 40%) lié à la vétusté des canalisations et au manque de civisme des gens et l'effet de serre. C'est donc dans cette optique que les chercheurs de nombreux pays développent des techniques de dessalement de plus en plus performantes, afin de produire une plus grande quantité d'eau potable à un coût plus faible. En dessalement, le principal procédé membranaire est l'osmose inverse (OI) qui représente à l'heure actuelle 53 % des capacités mondiales d'eau produites par dessalement et a ainsi dépassé les procédés de distillation depuis 2001 [3]. Cette méthode est la plus rentable, la moins chère et de ce fait la plus envisageable pour subvenir aux besoins en eau potable futurs.

Pour réaliser notre mémoire nous avons suivi les différentes étapes de dessalement et de traitement de l'eau issue de la station de dessalement SONACTER.

Cette eau est ensuite stockée dans le réservoir de la SEOR, ou nous avons eu accès au laboratoire d'analyse de la qualité des eaux.

Une fois l'eau est analysée, et ses paramètres physico chimiques corrigés, elle sera distribuée sur le réseau de l'ADE.

Nous avons complété notre étude par une analyse physico-chimique de plusieurs eaux les plus consommées. Les résultats obtenus sont comparés entre eux, et confrontés aux normes Algériennes de 2011.

Le mémoire comporte trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'eau et ses différentes origines. Les procédés de dessalement y sont présentés.

Dans le deuxième chapitre nous avons abordé les propriétés de l'eau potable, avec ses paramètres physique-chimique (turbidité, conductivité, dureté...)

Le troisième chapitre contient les résultats d'analyses de différents d'eaux (eau de dessalement, eau de robinet, eau de source 1, eau de puits, eau minérale, eau de source 2).

Les résultats sont discutés et comparés entre eux.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralité sur l'eau

Sur la plan mondial, la demande en eau potable de bonne qualité et de plus en plus forte. En effet la population augmente rapidement et les besoins en eau de l'industrie et de l'agriculture sont de plus en plus élevés. Il y a actuellement pour l'ensemble de la planète suffisamment d'eau pour satisfaire toutes les utilisations sur le plan théorique.

L'eau disponible dans la nature n'est pas directement utilisable en général pour la consommation humaine ni pour l'industrie car elle n'est pas suffisamment pure.

On constate que 99,3% de l'eau sur la terre est soit trop salée (océane), soit située dans des régions inaccessibles. Le reste de l'eau est réparti inégalement sur le globe. Il faut donc, dans certaines régions, envisager de recourir à des procédés industriels pour la rendre disponible.

I.1. L'eau

La planète terre est formée de 72% d'eau, le volume global de l'eau sur terre est estimé à 1,4 milliard de km³. Ce dernier n'évolue pas, il s'évapore puis retombe sur terre sous forme de pluie, ruisselle, alimentant ainsi les rivières, les océans ou les nappes souterraines avant de s'évaporer à nouveau et de recommencer le cycle [4].

Selon Va liron [4], moins de 3% des eaux de la planète sont douces (non salées).

L'eau pure, ne contenant que des molécules H₂O, n'existe qu'à l'état gazeux, sous forme de vapeur d'eau. A l'état liquide, l'eau est un puissant solvant qui dissout facilement les éléments avec lesquels elle est en contact. Les éléments dissouts par l'eau sont :

- gaz présents dans l'atmosphère (gaz carbonique, oxygène...).
- matières provenant des sols, dissoutes lors du ruissellement (calcium, magnésium, potassium, sulfates ...).
- particules d'argile en suspension.
- végétaux décomposés.
- métaux corrodés lors du transit dans des canalisations [5].

Au contact des sols et des roches, l'eau se charge ainsi de sels minéraux et d'oligoéléments. Sa composition peut fortement varier d'une région à l'autre : elle sera très chargée en calcium dans une région calcaire ou au contraire pauvre en calcium dans les régions granitiques [5].

I.2. La structure de l'eau :

L'eau est un liquide transparent, incolore et insipide, dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène H_2O (fig. 1). L'eau boue à $100\text{ }^\circ\text{C}$ à la pression atmosphérique et se solidifie à $0\text{ }^\circ\text{C}$. Sur terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturelle : Solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau) [2].

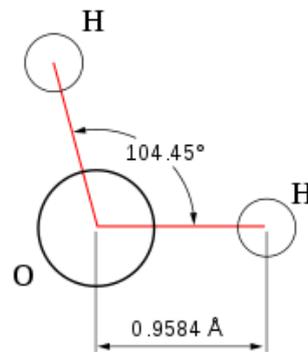


Figure 1: Structure de la molécule d'eau

I.3. Cycle de l'eau dans la nature :

Depuis son apparition l'eau est recyclée en permanence. Les changements d'états de l'eau (états solide, liquide, gazeux) permettent sa circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents.

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau s'évapore à la surface des océans et des continents. Transportée dans l'atmosphère, elle se condense sous l'effet d'une baisse de la température et retombe par le biais des précipitations sur les océans et sur les continents, ou elle ruisselle et s'infiltré dans le sol. Elle retourne à l'océan et s'évapore de nouveau [6].

- a) *Cycle externe* : Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs (fig. 2)
- l'hydrosphère : partie liquide de la croûte terrestre ;
 - l'atmosphère : couche gazeuse qui enveloppe la terre ;
 - la lithosphère : couche externe du globe terrestre, rigide, constituée par la croûte.

La terre recevant l'énergie solaire, l'hydrosphère, chauffée par celle-ci, s'évapore conduisant à la présence d'eau dans l'atmosphère [5].

Les processus qui interviennent dans le cycle hydrologique (évaporation, évapotranspiration, précipitation, interception, ruissellement, infiltration) sont des mécanismes déterminés

principalement par : l'énergie thermique du soleil, la force de gravité, l'attraction solaire et lunaire, la différence de pression atmosphérique (déplacements d'air), les forces intermoléculaires du sol et les activités humaines [6].



Figure2: cycle externe de l'eau

I.4. Différents types d'eau potable :

Les eaux potables destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations [4].

- ✓ eaux de robinet,
- ✓ eaux de source,
- ✓ eaux minérale.
- ✓ eaux de puits.
- ✓ eaux de dessalement.

I-4-1-Les eaux du robinet :

L'eau du robinet ou eau de distribution, est une eau potable que l'on peut boire sans risque pour la santé (fig. 3). La composition en sels minéraux et le goût de l'eau du robinet varient d'une région à l'autre [7].



Figure 3: eau du robinet

I.4.2. Les eaux de source :

L'eau de source est directement potable à l'état naturel car elle est issue des nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines (fig. 4). Elle fait l'objet d'analyses régulières pour vérifier qu'elle reste de bonne qualité mais n'est pas spécialement tenue d'avoir une formule fixe.

Les seuls traitements qu'il est permis d'appliquer aux eaux de source, afin d'éliminer les éléments instables comme les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration. Les eaux de source ne doivent pas utiliser d'expression contenant le mot "minéral" ou ses dérivés et elles ne doivent mettre en avant aucun élément relatif à leur composition [9].



Figure 4: eau de source

I.4.3. Les eaux minérales

Les eaux minérales sont des eaux souterraines ayant des propriétés particulières (fig. 5) ; leur pureté originelle, leur source unique tenue à l'abri de tout risque de pollution et leur composition minérale constante. Contrairement à l'eau du robinet et à l'eau de source, leurs teneurs en minéraux et en oligo-éléments ne sont pas limitées et c'est ce qui peut leur conférer des vertus thérapeutiques, et leurs composition est stable dans le temps. Les eaux minérales ont l'avantage d'un nom commercial spécifique et d'une composition constante. Ainsi, le consommateur est assuré de la stabilité et de la composition de l'eau de la marque choisie [10].



Figure 5: eau en bouteille

1.4.4. Eaux souterraines (captage par puits) :

Les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. Ces infiltrations varient en fonction de la porosité et de la structure géologique des sols (fig. 6).

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes [11].

L'alimentation en eau potable est assurée pour l'essentiel par des nappes d'eau souterraine.

Ce sont les ouvrages de captages les plus répandus. Ils vont du simple puits individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits [4].

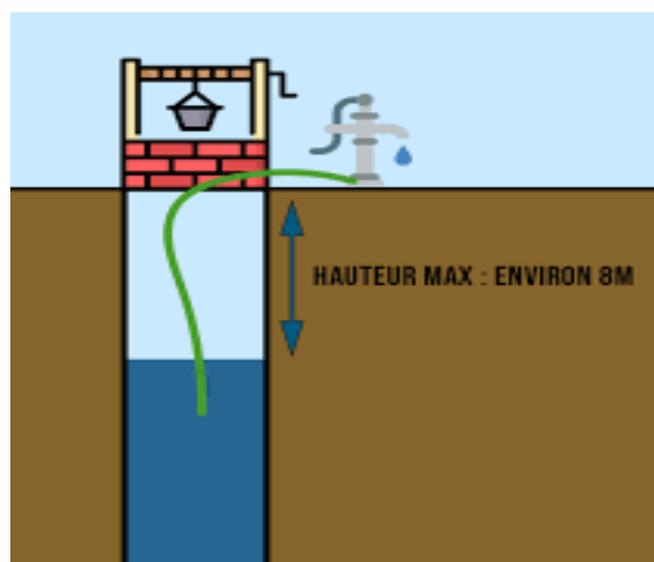


Figure 6: eau de puits

1.4.5. eaux de dessalement :

Le dessalement de l'eau (également appelé dessalage ou désalinisation) est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce. (Potable ou plus rarement en raison du coût, utilisable pour l'irrigation), à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer le sel de l'eau, mais plutôt, à l'inverse, d'extraire de l'eau douce [1].

1.5. Les principes du dessalement :

Le dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes (fig. 7) :

- ✓ La captation de l'eau de mer.
- ✓ Le prétraitement.
- ✓ Les différents procédés de dessalement.
- ✓ Le post traitement ou minéralisation.

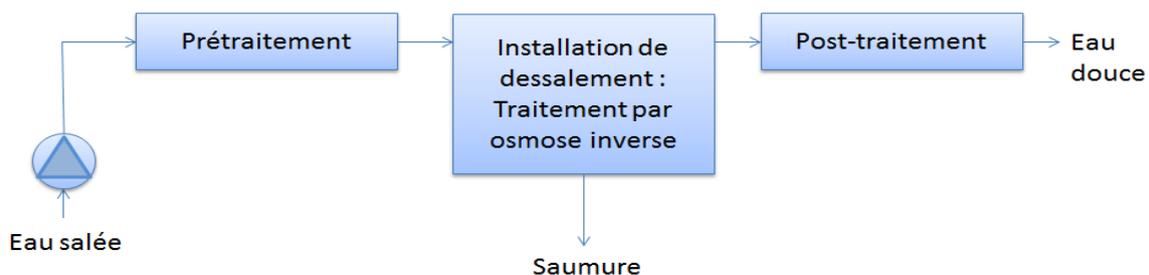


Figure 7: principes du dessalement

1.5.1. Les procédés de dessalement :

Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. On citera notamment la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse (fig. 8). Cependant, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur la distillation et l'osmose inverse [12].

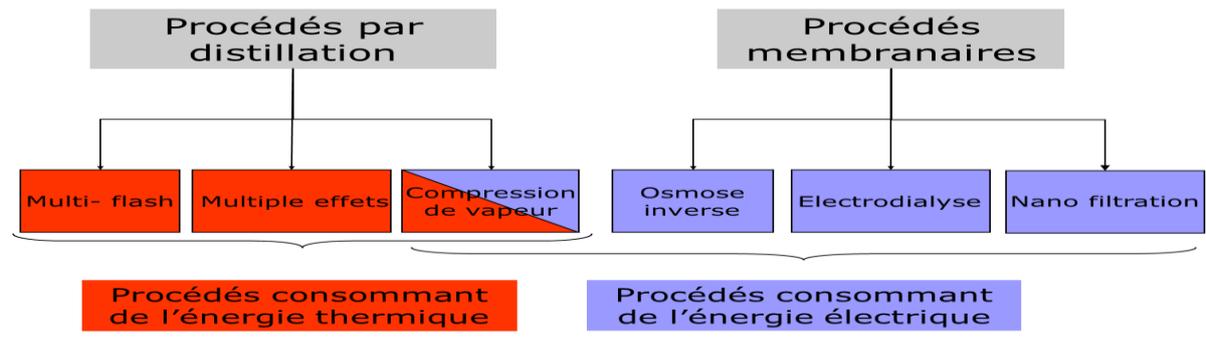


Figure8 : procédés de dessalement

I.5.2. L'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7 mm de taille. La teneur en sels de l'eau osmose est de l'ordre de 0,5 g/L [16].

I.5.2.1. Principe de l'osmose inverse :

Principe de l'osmose inverse Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (Fig. 9), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée; c'est le phénomène d'osmose inverse [17].

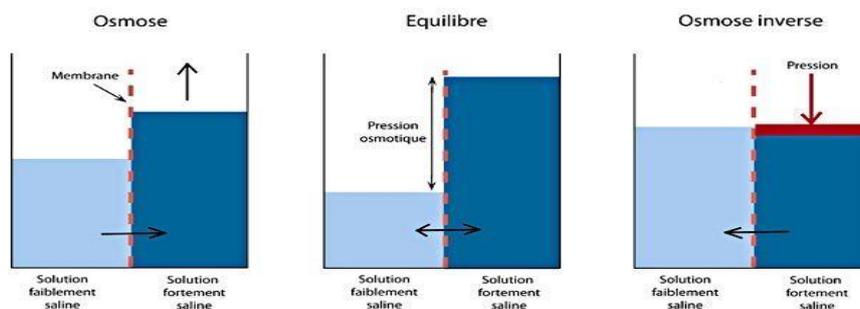


Figure 9: principe de l'osmose inverse

Pour les solutions diluées, considérées comme thermodynamiquement idéales, la pression osmotique est calculée à partir de l'équation de Van't Hoff [17].

$\Pi = CRT$ Avec :

π : pression osmotique de la solution en Pascal

C : concentration de la solution en moles par litres

R : constante des gaz parfait, $8,31 \text{ J.K}^{-1}$

T : température en Kelvin.

I.5.2.2. Installation d'osmose inverse :

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

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

I.6. Problèmes techniques rencontrés en dessalement :

Les 4 principaux problèmes que l'on rencontre dans le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres sont :

I.6.1. Entartrage :

L'entartrage est un dépôt de sels minéraux qui a tendance à se former sur les surfaces d'échanges. A cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfate).

Ces dépôts sont constitués principalement par du carbonate de calcium (CaCO_3), de l'hydroxyde de magnésium (Mg(OH)_2) et de sulfate de calcium (CaSO_4)...etc. Par la diversité de leurs origines, les dépôts de tartre ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement :

- Réduction de la section de passage.
- Dégradation des états de surface.
- Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit.
- Augmentation des pertes de charge pour un débit constant.
- Obturation des conduites du fait de la diminution de son diamètre par les dépôts de tartre.

I.6.2. Corrosion :

La corrosion est la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide ou d'un gaz sur la substance. Le terme corrosion s'applique plus particulièrement à l'action graduelle d'agents naturels, tels que l'air ou l'eau salée sur les métaux [14].

Les principales conséquences de la corrosion sont :

- Rupture des conduites.
- Augmentation de la rugosité.
- Fuites d'eau.
- Pollution de l'eau produite par des agents extérieurs.

I.6.3. Colmatage ou Fuling :

Les eaux naturelles (eaux de mer ou eaux saumâtres) contiennent la plupart du temps des matières organiques en suspension qui vont avoir tendance à se déposer sur les surfaces d'échange et à les colmater. Il va en résulter une augmentation de la résistance de transfert et une diminution de la capacité de production de l'installation [15].

Le développement de microorganismes, dans les parties des installations ou les conditions physicochimiques le permettent, peut accentuer le phénomène par suite de la formation de films biologiques sur les surfaces de transfère [12].

Le colmatage a comme conséquences :

- Une augmentation de la perte de charge.
- Une augmentation du passage de sels, le colmatage empêche la retro diffusion des sels rejetés par la membrane.
- Une perte de flux.

Ainsi, qu'un problème reconnu dans le dessalement qui est les rejets de saumure.

Dans le cas d'installation de dessalement d'eau de mer, des problèmes peuvent éventuellement se poser dans le cas où les rejets de saumure ne sont pas évacués au large ou dilués par les courants marin. En outre une concentration en sels plus élevée de 1,4 g à 2g/l suivant les procédés et les conditions de fonctionnement, fait que les rejets de saumure peuvent contenir des produits de corrosion (chrome, nickel, molybdène, cuivre...), ainsi que des réactifs utilisés (antitartres, anti mousses, produits anticorrosion, coagulant, composés organochlorés...). Il est évident que ces problèmes seront d'autant plus à prendre en considération que le nombre et la taille de l'usine de dessalement ne cessent d'augmenter [12].

I.7. Le dessalement en Algérie :

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellaba dans la Wilaya de Biskra (Sud- Est Algérien) (Fig. 10).

En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet.

En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. Le procédé utilisé est le multi stage flash. (Amitouche et Remini, 2014)

L'Algérienne des Eaux (entreprise nationale) qui a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57500 m³/j , dans le cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et Tizi-Ouzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003 et 2005. (Algérien of Water, 2012).

D'autres stations sont mises en service dans les années 2009, 2010 et 2011. Il s'agit notamment des stations de Skikda (100 000 m³/j), Beni Saf (200 000 m³/j), Souk Tlata et Honaine à Tlemcen (200 000 m³/j de chacune), Mostaganem (200 000 m³/j), Fouka et Oued Sebt à Tipaza (respectivement 120 000 m³/j et 100 000 m³/j) et Cap Djinet à Boumerdès (100 000 m³/j) D'autres stations sont, également, en cours de réalisation à la wilaya de Chlef (200 000 m³/j), El Tarf (50 000 m³/j) et la plus importante station est celle de Magtaâ, à Mostaganem, avec une capacité de production de 500 000 m³/j . (Mozas et Ghosn, 2013)

La production en eau dessalée sera, selon les experts, passe de 500 000 m³ /jour en 2008 à 1 100 000 m³ /jour en 2009 et 260 000 m³ /jour en 2011 pour atteindre 4 m³ /j en 2020 [1] [14].

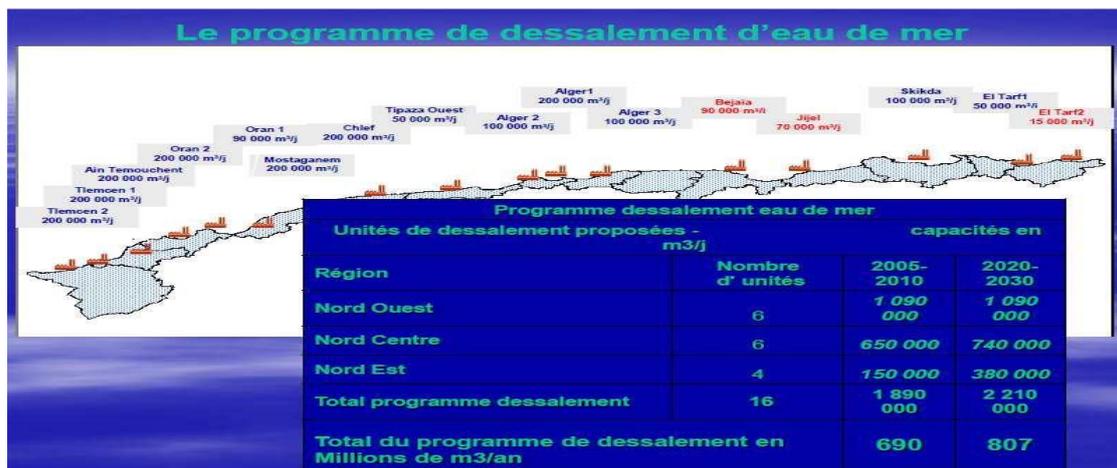


Figure 10: le programme de dessalement d'eau de mer

I.8. Les avantages et les inconvénients de dessalement en Algérie :

Le dessalement d'eau de mer est un moyen moderne pour avoir de l'eau. C'est l'une des techniques les plus utilisées pour permettre de produire de l'eau non conventionnelle afin de pouvoir pallier aux déficits constatés par rapport à la disponibilité de l'eau conventionnelle

Voici les principaux avantages du procédé de dessalement :

- L'Algérie dispose d'un littoral de 1200 km.
- L'utilisation de l'eau de mer est une ressource pratiquement non polluante et inépuisable.
- La population ainsi que l'industrie à grande consommation d'eau se trouvent à proximité de la mer
- Le domaine de dessalement de l'eau de mer a connu ces dernières années une avancée technologique remarquable grâce au développement de différents procédés (l'osmose inverse).
- Une importante demande en eau se situe à proximité de la côte ce qui réduit davantage les prix de revient d'eau.

L'un des grands avantages de dessalement d'eau de mer est la sécurisation de l'alimentation en eau (potable ou industrielle) des différents consommateurs, car cette ressource n'obéit pas aux aléas climatiques et elle permet donc de produire d'une manière permanente les quantités voulues, des quantités journalières qui dépassent les 200000 m³/j [13].

Malgré le fait que le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau (domestique et industrielle), quel que soit le procédé utilisé, il n'est pas sans inconvénients :

- Les installations de dessalement coûtent chères et elles se caractérisent par leur grande consommation énergétique ;
- Ces installations dégagent des gaz à effet de serre, ce qui provoque le réchauffement climatique ;
- Elles détruisent les zones côtières.
- Elles bouleversent les écosystèmes, car elles rejettent des déchets appelés saumure (de fortement salée).
- Certaines espèces ou végétations sont très sensibles à la salinité.
- Présence de traces de métaux lourds échappés des installations.
- Les rejets associés aux unités de dessalement comme les eaux provenant du Nettoyage (filtres à sable, membranes et dépôts) contaminent le milieu [19].

I.9. Les différents impacts de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement :

Le dessalement de l'eau de mer a des impacts sur l'environnement qui influent principalement sur le milieu marin, ainsi que la faune et la flore aquatique, ces impacts proviennent du rejet (saumure) produit au cours du dessalement comme les produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse [20].

Le dessalement peut aussi influe sur les équipements de la station, sur la qualité de l'air et la lumière.

I.9.1. Effets dus au prélèvement d'eau de mer :

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Ce processus comporte des impacts potentiels pour la flore et la faune de la zone concernée [21].

Des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de prétraitement de l'usine de dessalement.

En général, le maillage de ces tambours tamiseurs est de l'ordre de 5 mm, afin d'empêcher l'apport de la plupart des poissons et autres organismes marins. Cependant, le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation [21].

Il est notoire que le prélèvement et le tamisage de volumes relativement importants provoque le heurt du poisson et d'autres organismes sur les tambours tamiseurs, avec conséquences des

dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation [22].

Ensuite, bien que les mailles des tambours empêchent l'apport de poissons et invertébrés de grande taille, on sait que l'introduction dans le circuit représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton.

Les principaux impacts associés au passage dans les circuits de prétraitement et de dessalement, qui dépendent en grande partie de la technique adoptée pour les procédés d'Osmose Inverse (OI) et Multi Stage Flash (MSF), sont liés à des activités telles que la chloration, les lésions de cisaillement et le changement rapide de pression dans le circuit. La conséquence générale de l'entraînement d'organismes dans le circuit est une réduction du recrutement pour les habitats existants et une chute de la productivité globale de l'écosystème [22].

1.9.2. L'influence de l'énergie dégagée par la station de dessalement sur la qualité de l'air :

Les techniques utilisées pour le dessalement de l'eau sont très consommatrices d'énergie, même si la tendance est à la baisse, notamment grâce au développement de l'osmose inverse et d'autre technologie innovante [21].

Cette énergie est le plus souvent fournie par des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) qui présentent pour l'environnement l'inconvénient d'émettre des polluants atmosphériques tels que l'émission de gaz à l'effet serre (CO_2) qui provoque les pluies acides [21].

Cependant, les usines de dessalement émettent aussi des gaz qui ne proviennent pas de la combustion de combustibles fossiles, mais qui étaient déjà dissous dans l'eau de mer. Dans les usines thermiques, l'eau d'alimentation est habituellement désaérée et des gaz émanent de la saumure qui s'évapore dans les chaudières de détente [19].

Les deux procédés (OI, MSF) augmentent les émissions de gaz carbonique (CO_2), qui est stocké dans les océans sous forme de bicarbonate. Il a ainsi été estimé que le système de production espagnol rejetait 680g de CO_2 par mètre cube (680 g/m^3) d'eau dessalée, ce qui, pour une production de plusieurs millions de mètres cubes par jour (m^3/j) se traduirait par l'émission dans l'atmosphère de plusieurs milliers de tonnes de CO_2 par jour [19].

D'autre part l'énergie thermique ou mécanique nécessaire au processus de dessalement de l'eau de mer, sont à l'origine d'une augmentation de la température de l'eau et donc d'une

température élevée de la saumure (température de saumure est environ supérieur de 10°C à 15°C) [19].

I.9.3. Effets des produits chimiques :

I.9.3.1. Effets dus à la présence des métaux lourds dans le rejet :

La concentration des métaux lourds et leur composition dans le rejet dépend des éléments de construction utilisés et de leur résistance à la corrosion. Les parois des échangeurs de chaleur des usines à distillation sont habituellement en alliages cuivre nickel, et les autres éléments de construction comme les cuves à saumure sont souvent en acier inoxydable [12].

Dans les usines OI, c'est aussi l'acier inoxydable qui prédomine, avec des matières plastiques pour les éléments non métalliques. L'acier inoxydable est généralement très peu corrosif, des quantités traces de fer, nickel, chrome et molybdène étant présentes dans les rejets des usines à distillation et OI [12].

Les alliages d'acier inoxydable en traces ne posent que relativement peu de risque pour le milieu marin, mais le cuivre est extrêmement toxique pour la plupart des organismes marins. Des concentrations aussi faibles que 10 µg/l dans l'eau de mer peuvent avoir des effets considérables, mais leur toxicité dépend généralement de la biodisponibilité et de la sensibilité des espèces.

Les concentrations de base du cuivre dans la Méditerranée sont faibles, de l'ordre de 0,04 à 0,70 µg/l au large, et inférieure à 0,01 à 50 µg/l dans les eaux côtières [15].

Les concentrations de cuivre dissous diminuent sous l'effet des processus chimiques et physiques dans l'eau de mer (précipitation, adsorption), mais il se produit un enrichissement de l'élément dans les matières en suspension et, finalement, dans les sédiments.

L'accumulation de cuivre constitue un risque potentiellement élevé pour les habitats des fonds meubles et les zones à faible échange d'eau, dans lesquelles les taux de sédimentation sont élevés. De nombreux invertébrés benthiques (les crustacés) s'alimentent de matières déposées ou en suspension, le risque étant que des métaux lourds viennent enrichir leurs corps et atteignent des niveaux trophiques trop élevés [19].

I.9.3.2. Effets dus aux additifs d'Antitartre :

Des agents antitartre sont ajoutés à l'eau d'alimentation dans les usines MSF et OI pour prévenir l'entartrage. Les principaux agents antitartre sont des polymères organiques (essentiellement les polymères de l'acide acrylique et les polymères de l'acide maléique), des phosphorâtes et des poly phosphates [1].

Une action précoce contre l'entartrage est obtenue avec l'adjonction de phosphates polymères. L'ortho phosphate produit de l'hydrolyse des poly phosphates, est un macroélément nutritif qui stimule la productivité primaire. Dans une zone marine oligotrophe comme la mer Méditerranée, le rejet d'un macroélément nutritif peut avoir des effets drastiques tels que des efflorescences algales, des proliférations d'algues macroscopiques. L'utilisation de ces produits permet d'empêcher l'apparition d'effets eutrophisants [5].

I.9.3.3. Effets dus aux additifs antisalissure :

La chloration est un bon auxiliaire mais un mauvais maître en ce sens qu'elle est très économique et efficace mais qu'elle n'est pas correctement maîtrisée; elle donne naissance à des dérivés tels que des thiols méthanes qui sont soumis à réglementation en raison de leurs effets cancérigènes [21].

Si le chlore est un agent antisalissure à large spectre, il présente aussi des effets étendus sur le milieu marin quand il est rejeté avec la saumure. Il occasionne des effets biologiques par son action stérilisante intrinsèque et des effets chimiques en halogénant les constituants organiques de l'eau de mer [21].

D'autres agents antisalissure comme les sels de cuivre entraînent des rejets de cuivre dans la saumure, et ce métal, même à de très faibles concentrations (moins de 1ppm), peut avoir des incidences sur l'environnement par suite de son accumulation [14].

I.9.4. Rejet de saumure :

La saumure est un sous-produit de dessalement inévitable, qui est déchargée, généralement dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentrée (TDS) est auteur de 70 000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versée pendant beaucoup d'années. La salinité totale de la saumure est de 63,8 g/l contre 38,95 g/l pour l'eau d'alimentation [13].

Par exemple, à l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), qui a une capacité de production de 40 000 m³/jour, la saumure d'une salinité d'environ 72 ‰, est rejetée dans la mer par un émissaire doté à son extrémité d'un multi diffuseur, à une profondeur d'environ 5m et à une distance de 250 m du rivage; d'après leur étude, un accroissement de la salinité dans un rayon de 200 m à partir du rejet. De fait, la plus forte salinité (54 ‰) a toujours été décelée au point de rejet et il était possible de relever une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (39 ‰) jusqu'à 200 m du rejet [13].

La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été.

D'après l'étude de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre) sur la macro benthos marin montre que les salinités élevées causaient des dommages importants aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* à proximité de l'émissaire du concentré, alors que d'autres espèces d'algues microscopiques disparaissaient de la zone environnante (à une distance de 100 m du point de rejet). En outre, d'autre part, elle montre une diminution importante de la diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique au site de rejet du concentré [12].

Les modifications de la salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macro faunistiques à proximité du point de rejet. Alors que la communauté benthique avant la mise en place de l'émissaire se composait pour 27% de polychètes, pour 27% d'échinodermes, pour 26% de scaphopodes et pour 20% de Gastropodes, durant la période d'exploitation, les seuls taxons observés étaient les polychètes et les crustacés représentant respectivement 80 et 20% de l'ensemble de la macrofaune [21].

1.9.5. Impact de bruit :

Une usine de dessalement d'eau de mer par osmose inverse est une usine bruyante. En général ce bruit est produit par des pompes à haute pression et par les turbines utilisées pour la récupération d'énergie [24], le niveau de bruit est plus de 90 dB, se qui cause des difficultés de vivre à côté d'une usine pareil. Donc, l'usine devrait être située loin des secteurs peuplés et être équipée de technologie acoustique appropriée pour réduire le niveau de bruit [20].

Le dessalement c'est une technique de séparation des eaux et des sels avec l'utilisation des divers procédés tels que la distillation et les procédés membranaires.

Le dessalement reste une solution très importante pour diminuer la crise de l'eau et couvrir les besoins de population, par conséquent il a un ensemble des inconvénients qui influent sur les équipements et l'environnement. Les deux principaux procédés de dessalement de l'eau de mer sont MSF et OI, diffèrent par le type de leurs impacts. Dans le cas du procédé MSF, les principaux impacts sont la chaleur, les effluents thermiques et Zn, alors qu'avec OI c'est la salinité élevée de la saumure concentrée qui est environ deux fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation, ce qui détruisent les organismes marins.

Conclusion :

Le dessalement est l'une des solutions efficaces et maîtrisées techniquement, pour la mobilisation des ressources en eaux supplémentaires.

L'osmose inverse a connu un développement technologique avec l'apparition des membranes en polyamides sur le marché dont la durée de vie est plus importante.

Il s'agit d'une technique performante qui peut être utilisée sur une grande plage de concentration ; comparé à l'électrodialyse et à la distillation qui sont réservés à des domaines plus spécifiques.

En ce siècle, le dessalement sera un enjeu majeur partout dans le monde. Cependant, il ne faut pas négliger l'impact écologique des rejets de concentrât.

Chapitre II : matériaux et méthodes

II.1. Matériaux : échantillons d'eau

II.1.1. Eau de robinet :

L'eau de robinet à été collectée au niveau de le F.S.E.I (ex INES) commune de Mostaganem, cette commune est desservie par l'eau de dessalement de la station de la plage de Cheliff (ex SONACTER).

L'eau de dessalement traitée, est tout d'abord stockée au niveau de réservoir de le SEOR (Douar Izeb). Ensuite elle est distribuée par l'ADE, qui complète le traitement par ajout de d'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

II.1.2. Eau de source :

Nous avons analysés deux types d'eaux de source :

La première eau à été collectée au niveau de la commune de Fornaka au lieu dit (Sbaa Gboub) sur la route menant d'Ain Nouissy à Mohamadia.

L'eau de cette source est très largement consommée dans la région. Le prélèvement a été effectué le 29/04/2021.

La deuxième eau de source est une eau conditionnée et mise en bouteille à Sétif le 08/02/2021.

II.1.3. Eau minérale :

C'est une eau en bouteille originaire de kabyle (W.de Bejaïa, Algérie) et mise en bouteille le 05/03/2021.

II.1.4. Eau de puits :

C'est une eau qui été collectée au niveau d'un puits a HASSI MAMACHE, utilisé par les riverains pour leurs besoins en eaux potables, la date de prélèvement a été le 24/04/2021.

II.1.5. Eau de dessalement :

Cette eau est issue de la station de dessalement de SONACTER. Tout d'abord, cette station prélève l'eau de la mer, le filtre des impuretés et des sels.

Ensuite, cette eau est traitée par OI et devient de l'eau pure. Enfin, l'eau est stockée dans une station SEOR et traitée pour la rendre potable.

II.2. Paramètre de l'eau potable :

II.2.1. Paramètres physico-chimiques :

II.2.1.1. La température :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air [23].

II.2.1.2. Le pH :

Est un paramètre d'appréciation de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau donc il est très important dans la détermination de l'équilibre calco-carbonique. Le PH dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique des terrains traversés. Il n'a pas signification hygiénique, mais il présente une notion très important, pour la détermination de l'agressivité de l'eau [23].

II.2.1.3. La conductivité :

La conductivité est un indice de l'abondance des ions dans l'eau, la mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous, elle constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau, elle dépend de la température de l'eau, de la concentration et la nature des ions mobiles dissous dans cette eau, le tableau 1 nous permet d'apprécier la relation entre la conductivité et minéralisation de l'eau [23].

Tableau 1: Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.

| Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | Appréciation de 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 |

II.2.1.4. La dureté :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} 17 (ions alcalino-terreux). Un degré hydrotimétrique (TH) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} . Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F) [24]. Dans l'eau, sont déterminées :

- ✓ La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne
- ✓ La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium
- ✓ La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium
- ✓ La dureté carbonatée correspond à la teneur globale en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium [25].

II.2.2. Paramètres organoleptique :

II.2.2.1. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à $0.45\mu\text{m}$. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identique dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [24].

II.2.2.2. Le goût et odeur :

Le goût peut être défini comme :

- ✓ L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.
- ✓ La propriété des produits provoquant ces sensations.
L'odeur peut être définie comme :
- ✓ L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- ✓ La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. [24].

II.2.2.3. La turbidité :

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide.

Les conséquences de la turbidité concernent la pénétration de la lumière et des ultra-violet dans l'eau, et donc la photosynthèse et le développement des bactéries. Par ailleurs, la couleur de l'eau affecte aussi sa température et donc sa teneur en oxygène, son évaporation et sa salinité [25].

II.3. Méthodes d'analyses physico-chimiques:

Les caractéristiques physico-chimiques sont des paramètres facilement mesurables par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux [26]. La prise d'échantillon a été effectuée avec beaucoup d'attention et de précaution de façon à obtenir des échantillons représentatifs du milieu analysé et dans des conditions d'asepsie évitant toute contamination externe. Les flacons utilisés ont été soigneusement lavés, rincés, séchés, enveloppés, d'un papier d'aluminium et stérilisés préalablement dans une étuve à 180°C durant 30min.



Figure11 : Les échantillons à analyser.

II.3.1. Les facteurs organoleptiques :

La couleur :

La couleur de l'eau est l'un des paramètres physico-chimiques que nous souhaitons maintenir à certaines valeurs pour qu'une eau soit considérée comme propre à la consommation humaine. Par conséquent, ce paramètre est à prendre en compte et fait partie du contrôle organoleptique.

Matériel et Réactif :

- L'eau ultra pure.
- Colorimètre HACH DR890.
- cuve en verre (25 ml).

Mode opératoire :

- Rincer la cuve avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau ultra pure.
- Placer la cuve d'étalonnage dans le colorimètre et appuyer sur le zéro.
- Rincer la cuve avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau à analyser.
- Placer la cuve qui contient l'échantillon dans le colorimètre et appuyer sur lecture (Read).
- La mesure de la couleur est affichée sur l'écran de l'appareil (fig. 12).



Figure 12:Colorimètre HACH DR 890

Mesuré la turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. C'est la propriété optique la plus importante des eaux naturelles. On mesure la turbidité en unités de turbidité céphalométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre (fig. 13). Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau [23].

Une eau claire à une turbidité inférieure à 5 NTU, au-delà de 50 NTU l'eau est trouble.



Figure 13: Turbidimètre

Matériel :

- Turbidimètre
- Cellules de mesure

Mesure :

D'abord on procède à l'étalonnage de l'appareil avec la solution de 0,1 NTU (fig.14), on remplit les cellules avec différents échantillons et lire les turbidités correspondantes lors du remplissage des cellules, on évite l'entrée des bulles d'air.



Figure14: Etalonnage de l'appareil de turbidité

Mode opératoire :

- Allumer le turbidimètre.
- Attendre 15 minutes, avant d'opérer.
- La mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :
- Calibrer le turbidimètre avec la solution étalon (800 NTU, 100 NTU, 20NTU ,0 ,02 NTU).
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions étalon. Agiter doucement le flacon qui contient l'eau à analyser.

- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucunes tâches.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur lecture (read).
- La mesure est affichée sur l'écran.
- Rincer la cuvette.

II.3.2. Les paramètres physico-chimiques :

Les caractéristiques physico-chimiques sont des paramètres facilement mesurables d'une façon continue par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux [27].

II.3.2.1. Mesure de la température :

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car faut que l'eau doive être rafraîchissante. Quand les eaux naturelles sont au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité. Les variations de températures saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles [5] Pour des raisons de qualité organoleptique, l'idéal consiste à maintenir l'eau potable à une température entre 15°C et 20°C.

Appareillage :

- Thermomètre. (Fig.14)
- Verrerie.
- Bécher.



Figure15: thermomètre

II.3.2.2. Mesure du pH :

Le pH permet de mesurer l'acidité d'une solution. Il est mesuré avec un pH-mètre. La mesure de la température se fait avec combiné donnant la température et le pH mètre.

L'étalonnage se fait par des solutions tampons de pH=4, pH=7, pH=10. (Fig.15)



Figure16: Etalonnage de l'appareil de pH-mètre

Matériels et Réactifs :

- Bécher.
- Eau ultra pure.
- Les solutions (PH4, PH 7, PH10).
- pH mètre.

Mode opératoire :

Au laboratoire on doit :

- Allumer le pH mètre. (Figure 15)
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra puis avec de l'eau à analyser.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur du PH et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil.
- Immerger la sonde dans la solution de la conservation appropriée.



Figure17: pH mètre

II.3.2.3. Mesure de la conductivité électrique :

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est exprimée en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) [23]. La conductivité est définie comme l'habilité d'une substance à conduire le courant (présence d'ions).

L'étalonnage(Figure17) se fait par des solutions de $1413 \mu\text{s}/\text{cm}$.

Matériels et Réactif :

- Bécher.
- Eau ultra pure.
- Conductimètre.
- La solution étalon ($1413 \mu\text{s}/\text{cm}$) (figure 17).
- Équipement thermostatique capable de maintenir une température constante de 20°C .

Mode opératoire :

- Allumer le conductimètre. (Figure 16)
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100 ml de l'eau à analysée dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec l'eau a analysé.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique.
- Rincer la sonde.
- Arrêter l'appareil.

Interprétation des résultats :

La conductimètre (Fig.16) affichera directement la valeur de la conductivité.

La température est affichée aussi sur le conductimètre.



Figure19: Conductimètre



Figure18: la solution des étalonnages

II.3.2.4. Détermination du d'alcalinité TA :

Le titre alcalimétrique se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée d'un acide minéral. Le TA d'une eau correspond à la mesure des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-) par la méthode de titrage.

Matériels et Réactifs :

- Erlenmeyer.
- Burette.
- Solution d'acide sulfurique (H_2SO_4 0,02 N).
- Solution de phénophtaléine 0.5%.

Mode opératoire :

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 1 à 2 gouttes de phénophtaléine. Une coloration rose doit alors apparaitre, dans le contraire le TA est nul, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le $\text{PH} < 8,3$. Titrer et agiter avec la solution d'acide sulfurique jusqu'à décoloration complète de la solution, le cas contraire le TA est nul.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$\text{TA (meq/l)} = (N_{\text{H}_2\text{SO}_4} * V_{\text{H}_2\text{SO}_4}) 1000 / V_0$$

$N_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: Normalité de l'acide sulfurique.

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: Volume de l'acide sulfurique.

V_0 : Volume de l'échantillon

II.3.2.5. Mesure titre alcalimétrique complet TAC :

Le TAC mesure la teneur en hydrogénocarbonate, hydroxyde libre et en carbonate contenus dans l'eau. Cette détermination est basée sur la

Neutralisation d'un certain volume d'eau par l'acide sulfurique (H_2SO_4) en présence de méthyle orange.

Matériel et Réactif :

- erlenmeyer.
- burette.
- solution H_2SO_4 .
- méthyle orange.

Mode opératoire :

Prélevé 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 2 à 3 goutte de méthyle orange, une couleur jaune doit alors se développer. Titrer avec la solution de H_2SO_4 de 0.02 N en agitant constamment, jusqu'au virage du jaune au jaune orange (pH= 4.3) de la solution.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TAC \text{ (meq/l)} = (N_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4}) \cdot 1000 / V_0$$

$N_{H_2SO_4}$ = Normalité de H_2SO_4 .

$V_{H_2SO_4}$ = Volume de H_2SO_4 .

V_0 = Volume de l'échantillon.

II.3.2.6. Détermination des bicarbonates (HCO_3^-) et Carbonates (CO_3^{2-}) :

Les carbonates sont les sels de l'acide carbonique, les sels ont en commun l'anion (CO_3^{2-}).

Les bicarbonates sont des sels dérivés de l'acide carbonique contiennent l'anion (HCO_3^-).

➤ La détermination de carbonate et de bicarbonate : (Tab. 2)

➤ Tableau 2: Détermination de CO_3^{2-} et HCO_3^- à partir TA et TAC

| Unité | TA=0 | TA<TAC/2 | TA=TAC/2 | TA>TAC/2 |
|-------------|------|----------|----------|-----------|
| OH | 0 | 0 | 0 | 2TA |
| CO_3^{2-} | 0 | 2TA | TAC | 2(TA-TAC) |
| HCO_3^- | TAC | TAC-2TA | 0 | 0 |

II.3.2.7. Mesure de la dureté Total (TH) :

- Principe :

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel di sodique de l'acide tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium. La méthode permet de doser la totalité des ions calcium et magnésium [24].

La dureté s'exprime par le titre hydrotimétrique (TH) mesuré en degrés français (°F).

Plus le pH est élevé, plus l'eau est « dure » ou « calcaire ».

Les eaux sont classées en fonction de leur TH :

0 à 6 degré français= eau très douce.

6 à 15 degré français= eau douce.

15 à 30 degré français= eau moyennement dure.

> 30 degré français = eau dure.

Matériel et Réactif :

- Burette.
- Solution NAOH.
- Solution d'EDTA.
- Erlenmeyer.
- Noir Ériochrome T (N.E.T) indicateur coloré.

Mode opératoire :

Prélever 100 ml d'eau à analyser et les verser dans un erlenmeyer, et ajouter 5 ml de la solution tampon NAOH (pH=10) et un peu de N.E.T.

La solution se colore en rouge ou violet, à ce stade, un titrage par la solution d'EDTA (0.02N), sous agitation jusqu' au virage au bleu.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TH = (N_{EDTA} \times V_{EDTA}) 1000 / V_0$$

N_{EDTA} : La normale de la solution EDTA.

V_{EDTA} : Volume en millilitres, de la solution EDTA.

V_0 : Volume en millilitres d'échantillon.

II.3.2.8. Mesure de calcium (Ca²⁺) :

Le calcium est un élément important de la dureté est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état de bicarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures. Les sels de calcium sont obtenus en majorité lors de l'attaque de roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO₂). Il constitue l'élément cationique dominant des eaux.

Le calcium est présent dans les eaux de manière naturelle. On utilise EDTA pour déterminé la dureté calcique et PH élevé (12-13). L'indicateur utilisé est le Murixide qui est sensible aux seuls ions (Ca²⁺) et former un complexe rouge.

Matériel et Réactifs :

- erlenmeyer.
- burette.
- solution de NaOH.
- Murixide (indicateur coloré).
- solution d'EDTA 0.02 N.

Mode opératoire :

- Prélever 100 ml d'eau a analysé dans un erlenmeyer.
- Ajouter 5 ml de la solution NaOH 0.1 N et une pincée de Murixide.
- Remuer soigneusement pour homogénéiser la solution .une couleur rose apparait.

La dureté calcique est calculée par la formule suivante :

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

N_{EDTA} : La normalité de la solution EDTA.

V_{EDTA} : Volume en millilitres, de la solution EDTA.

V_0 : Volume en millilitre d'échantillon dosé.

II.3.2.9. .Mesure de magnésium (Mg²⁺) :

Le magnésium peut être estimé par la différence entre la dureté de l'eau et le calcium exprimé en CaCO₃.

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

Donc la dureté magnésienne calculée par :

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

J. Paramètres chimique :

Le dosage des paramétré chimiques a été effectué à l'aide d'un spectrophotomètre DR 5000.

Les paramétré sont :

- Nitrite NO_2^-
- Nitrates NO_3^-
- Chlorure Cl^-
- Potassium K^+
- Fer Fe
- Sulfate SO_4^{2-}
- Bore B

Le DR 5000 est un spectrophotomètre (Fig.18) UV-VIS de haute précision, doté toutes la fonction nécessaires pour le travail quotidien d'un laboratoire de contrôle ou de recherche.

La qualité supérieure des composantes optiques assurent des résultats précis et une durée d'utilisation accrue.

Le DR 5000 est également doté d'un support pour les tests en cuve .Un laser identifie la cuve insérée grâce à son code-barres (IBR=IntergratedBarcode Reading System).Le DR 5000 commence la mesure automatique, La mesure s'effectue sans autre manipulation.



Figure20: Spectrophotomètre DR5000

Les tests en cuve LCK permettent de déterminer le dosage des paramètres chimiques de l'eau.

Mode opératoire :

Le mode opératoire représenté à l'intérieur de la couverture de chaque boîte LCK qui indique :

La quantité de l'eau à ajouter.

La manière d'agitation de la solution dans la cuve.

Le temps de la réaction.



Figure 21: Boîte LCK et mode opératoire

Chaque boîte LCK (Fig. 19) prend un code article qui représente le paramètre chimique à étudier. Et une plage de mesure. (Tab. 3)

Tableau 3: Code article et plage de mesure de chaque paramètre chimique

| Paramètre | Code article | Plage de la mesure mg/l |
|-----------|--------------|-------------------------|
| Nitrite | LCK 342 | 0,6-6,0 |
| Nitrates | LCK 339 | 0,23-13,5 |
| Potassium | LCK328 | 8-50 |
| Fer Fe | LCK 320 | 0,2-6 |
| Sulfate | LCK353 | 150-900 |
| Bore | LCK 307 | 0,05-2 ,50 |
| Ammonium | LCK 303 | 2-47 |

II.3.2.10. Mesure chlorure :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [25].

Matériel et réactif :

- Erlenmeyer.
- Burette.
- Solution de nitrate d'argent.
- Solution du chromate de potassium.

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser et les verser dans un erlenmeyer, et ajouter quelque gout de la solution du chromate de potassium à 10%.
- On remplit la burette par une solution de nitrate d'argent AgNO_3 (0,01M).
- La solution se colore en jaune à ce stade, un titrage par la solution nitrate d'argent sous agitation jusqu' au virage au rouge brique.

Expression des résultats_:

- $N_{\text{Cl}^-} \cdot V_{\text{eau}} = C_{\text{AgNO}_3} V_{\text{AgNO}_3}$
- $N_{\text{Cl}^-} = (0,01 \cdot V_{\text{EDTA}}) / 100$
- $N_{\text{Cl}^-} = V_{\text{EDTA}}$
- $C = V_{\text{AgNO}_3} \cdot 35,5$

II.3.2.11. Le chlore libre et total :

Dosage séparé du chlore total du chlore libre et du chlore combiné avec le DPD.

Matériel et réactif_:

- Disque de comparaison (loviband 2000). (Fig. 20)
- Cuvette de 10ml
- Comprimé de DPD1 et DPD3 (Fig. 21)

Mode opératoire :

1. Pour mesure le chlore libre :

On introduit dans une cuvette de 10ml l'échantillon avec un comprimé DPD1 (fig. 21), et on ajoute le volume d'eau jusqu'à 10ml. Enfin, on place la cuvette dans le comparateur (fig.20) après la lecture.

2. Pour mesuré le chlore totale :

On prend une autre cuvette de 10 ml, on met le DPD3 (figure 21) et on ajoute l'échantillon à la première cuvette (DPD1 + l'échantillon). On place la cuvette dans le comparateur (fig.20), après la lecture.



Figure22: Disque de comparaison (lovibond2000)



Figure23: Comprimé

II.3.2.12. Résidu sec :

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau[25]. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (WHO., 1994)[26]. La potabilité des eaux en fonction des résidus secs recommandée par OMS est de 1000 mg/L, quand celui-ci est extrait à 180°C.

Matériel et produit :

- Bécher.
- Etuve.
- Balance.
- Pipette.

Mode opératoire :

- Peser le bécher vide avant l'expérience.
- Prélever dans un bécher 50ml d'eau à analyser.
- Cette dernière est placée dans une étuve à 180°C pendant 4 heures.
- Il faut peser le bécher après l'expérience directement.

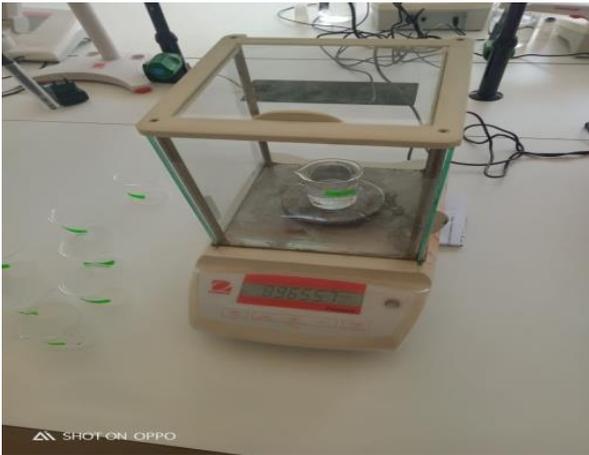


Figure 24 : Etapes de détermination des résidus sec.

Expression des résultats :

$$m_{eau} = m_1 - M_0$$

$$\rho_{eau} = d = \frac{m}{v} = 1$$

Donc : $v = \frac{m}{d}$ et $v = m$ ($d = 1$)

$$m_p = m_2 - m_0$$

$$m_p \dots \dots \dots > v$$

$$R_s \dots \dots \dots > 1000$$

$$R_s = \frac{m_p}{v} \cdot 1000$$

Avec :

M_0 = la masse de bécher à vide. (mg)

m_1 = la masse de bécher à remplir. (mg)

m_p = la masse de bécher avec résidus secs. (mg)

V = volume l'échantillon versé (l)

Exemple : (eau de dessalement)

$$m_0 = 31011,4 \text{ mg}$$

$$M_1 = 89655,1 \text{ mg}$$

$$m_2 = 31024 \text{ mg}$$

$$m_{eau} = 89655,1 - 31024 = 58631,1 \text{ mg} = 58,6311 \text{ g}$$

$$d = \frac{m}{v} = 1 \text{ DONC } m = v = 58,6311 \text{ ml}$$

$$m_2 - m_0 = 31024 - 31011,4 = 12,6 \text{ mg}$$

$$Rs = \frac{12,6 * 1000}{58,6311}$$

$$Rs = 214,90$$

Tableau 4: la potabilité en fonction des résidus sec (Rodier, 2005)

| Résidu sec (Mg/l) | Potabilité |
|-------------------------------|------------|
| RS < 500 | Bonne |
| 500 < RS < 1000 | Passable |
| 3000 < RS < 4000 | Mauvaise |

II.4. Erreurs et incertitude des mesures :

Toutes les mesures qui nous avons effectuée sont entachées d'erreurs, les incertitudes dues aux appareils de mesures, a la manipulation et aux conditions operateur sont s'ajouter en double pour donner des incertitudes relative sur sont calculer pour tous les mesure effectués.

Chapitre III : résultats et discussion

III.1. Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques de l'eau :

L'eau constitue l'élément le plus important pour la survie et le confort de l'être humain. C'est pourquoi les paramètres de qualité des eaux destinés à la consommation humaine sont très importants. Ces paramètres ont toujours requis l'attention des autorités sanitaires et gouvernementales aussi bien à l'échelle internationale que locale. A titre d'exemple l'Organisation de la Santé Mondiale (OMS) s'est penchée sur la question des normes de qualité des eaux depuis sa création vue l'importance du sujet et son impact sur la santé.

Le gouvernement Algérien a aussi contribué de manière officielle à imposer ces paramètres à travers plusieurs lois. Le décret exécutif n°11-125 du 22 mars 2011 a fixé les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine ainsi que les modalités de contrôle de conformité, le tableau 4 nous donne un aperçu des principaux paramètres concernés. Nous avons effectué les analyses de qualité sur plusieurs types d'eau potable. Les résultats obtenus sont données dans les tableaux en annexe 1. La comparaison des différents paramètres nous ont permis le tracé des graphes pour chaque paramètre étudié et de comparer les résultats obtenus aux normes existantes (Tab. 4). Nous avons estimé que nos mesures présentent des incertitudes relatives d'environ 3%. L'objectif de tous ces résultats est de comparer la qualité d'eau. Les résultats des analyses effectuées sont réalisés dans les tableaux donnés en annexe.

Tableau 5: les normes OMS et Algériennes:(JORA N°18 du mars2011)

| Paramètres organoleptiques | | | |
|---|---------------|----------------|-------------------------|
| Paramètres | unité | Norme OMS 2006 | Normes Algériennes 2011 |
| Turbidité | NTU | <5 | 5 |
| Couleur | Mg/l platine | 15 | 15 |
| Odeur à 12°C | Taux dilution | 4 | 4 |
| Saveur à 25°C | Taux dilution | 2 | 4 |
| Paramètres physico-chimiques d'une eau potable | | | |
| Température | °C | ≤25 | 25 |
| pH | / | 6,5 à 8,5 | 6,5 à 9 |
| Conductivité | μS/cm | 2800 | 2800 |
| Résidus secs | mg/l | Max 2000 | 1500 |
| Alcalinité | F° | ≥2,5 | 500 |
| TAC | F° | / | / |
| Dureté totale | Mg/l | ≤150 | 200 |
| Calcium | mg/l | / | 200 |
| Magnésium | mg/l | / | 150 |
| Chlorure | mg/L | / | 500 |
| Sulfates | mg/l | 200 | 400 |
| Sodium | mg/l | 200 | 200 |
| Potassium | mg/l | 20 | 12 |
| Chlore | Mg/l | / | 5 |

III.1.1. Potentiel Hydrogène (pH) :

Le premier paramètre analysé est le pH (potentiel d'hydrogène), car l'acidité de l'eau est un facteur primordial pour la qualité de l'eau potable.

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 avec 7 étant le pH de neutralité.

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau.

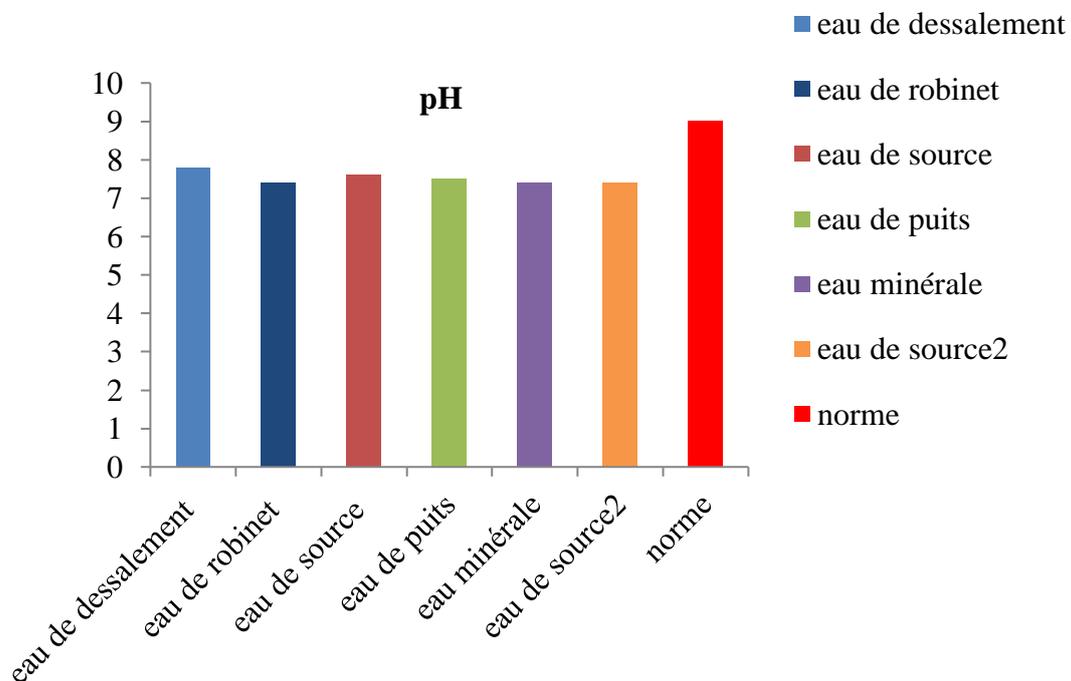


Figure 25 : Comparaison du pH différents eaux analysée

Les résultats obtenus montrent que toutes les eaux analysées ont un pH basique.

L'eau de dessalement présente le pH le plus élevé (pH=7,8).

Les résultats obtenus restent conformes à la norme algérienne qui fixe les normes acceptables, par le pH entre 6,5 à 9.

III.1.2. Conductivité électrique :

L'appareil servant à évaluer la conductivité spécifique de l'eau s'appelle un conductimètre. Le courant électrique mesuré est proportionnel à la concentration d'ions dans l'eau ; plus il est élevé, plus il y a d'ions dans l'eau.

Le résultat se traduit en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à une température normalisée de 20°C

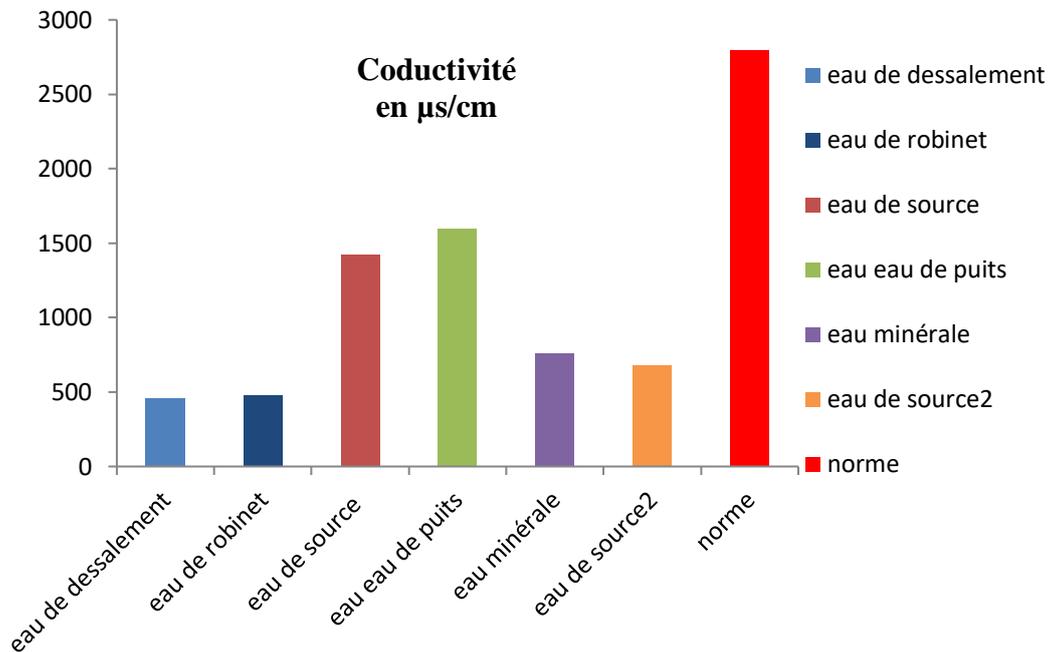


Figure 26 : Comparaison de la conductivité des différentes eaux analysées

La valeur de conductivité électrique la plus élevée $1600 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau de puits et la conductivité électrique la plus basse $463,3 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau dessalement.

On remarque que les eaux de puits et de source naturelle ont les plus grandes valeurs de conductivité électrique relativement aux autres types d'eaux.

On constate que les eaux étudiées sont conformes à la norme algérienne de 2011 qui stipule que la conductivité ne doit pas dépasser $2800 \mu\text{S}/\text{cm}$.

III.1.3. Température :

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

L'unité utilisée dans le système international est le degré Celsius ($^\circ\text{C}$). Dans ce système.

Le paramètre de la température très importante dans la potabilité de l'eau,

Les résultats obtenus montrent que tous les eaux analysés ont une même température

La norme algérienne indique la température est $<25^\circ\text{C}$, donc ces valeurs sont dans les normes de potabilité.

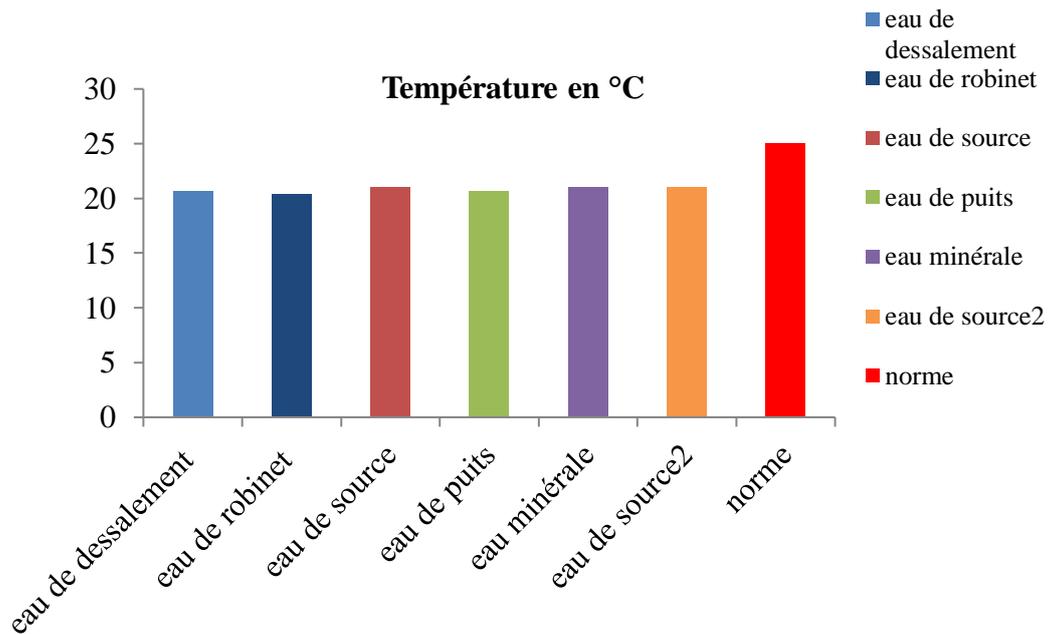


Figure27: Comparaison de la température des différentes eaux analysées

III.1.4. Turbidité :

La turbidité joue un rôle très important dans les traitements d'eau. Elle indique une probabilité plus grande de présence d'élément pathogène.

L'unité d'expression de l'indice de turbidité utilisée est le NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ou unité de turbidité néphélométrique.

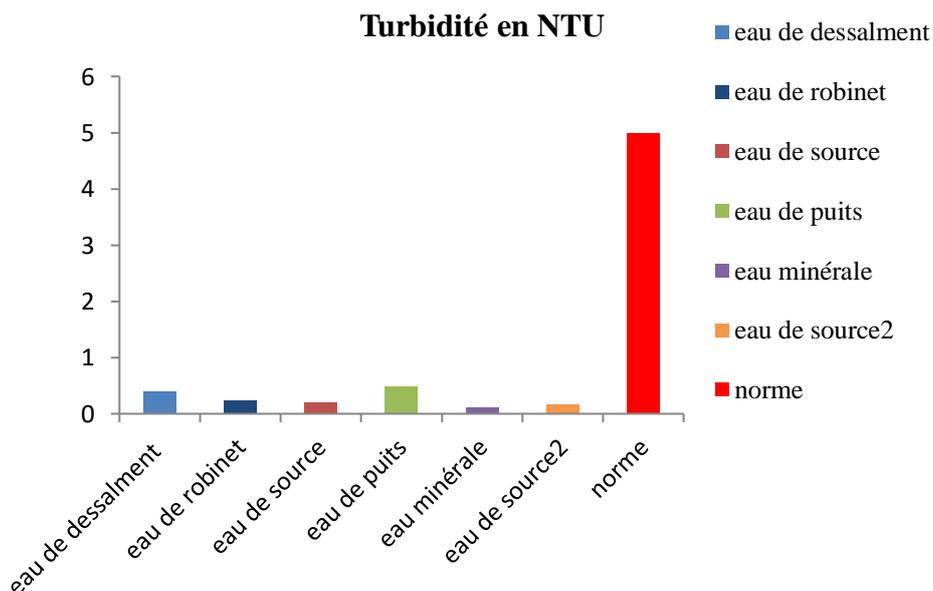


Figure28: Comparaison de la turbidité des différentes eaux analysée

Les résultats obtenus montrent que toutes les eaux analysées ont presque les mêmes valeurs de turbidité.

Les échantillons analysés ont des valeurs inférieures à l'unité et tendent vers zéro; ce qui est dans les normes.

Les résultats obtenus restent conformes à la norme algérienne qui fixe la norme acceptable pour la turbidité à 5 NTU.

III.1.5 La dureté totale :

La dureté de l'eau fait partie des paramètres utilisés pour déterminer la qualité générale d'une eau, causée par la présence de minéraux comme le calcium et le magnésium.

Conséquence de la dureté : Il n'est pas recommandé d'avoir de l'eau très dure en milieu domestique : le calcaire réagit en présence de substance alcalines telles que le savon et se précipite lorsque l'eau portée à ébullition ou s'évapore.

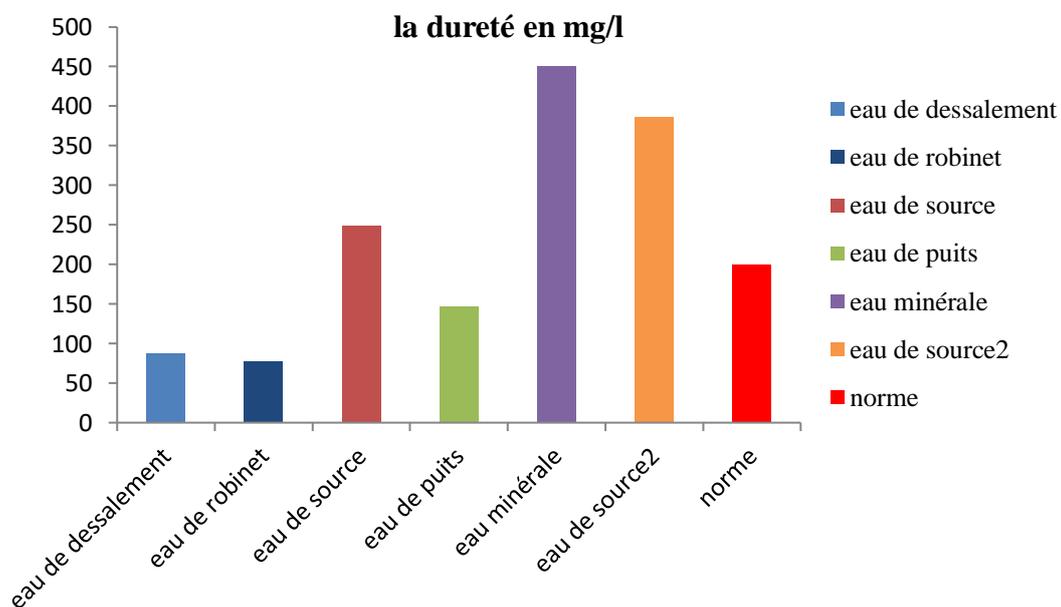


Figure29: Comparaison de la dureté des différentes eaux analysées

La dureté moyenne des eaux étudiées est de 233,07 mg/l elle est comprise entre 77 mg/l pour l'eau de robinet et 450,66 mg/l pour l'eau minérale.

Les résultats montrent que parmi les eaux étudiées trois échantillons (eau de source naturelle, eau minérale et eau de source 2) présentent des duretés élevées qui dépassent les normes algériennes fixées à 200mg/l maximum.

D'une façon générale on constate que l'eau de dessalement, l'eau de robinet et l'eau de puits analysées respectent la norme algérienne de 2011 fixé à 200mg/l.

III.1.6. Calcium Ca^{2+} :

90% du calcium présent dans notre organisme se trouvent dans les os. Le calcium présent dans l'eau va notamment se fixer sur les os grâce à l'apport de vitamine D contenue dans l'alimentation et lorsque la peau est exposée au soleil. Une eau riche en calcium est une aide pour assurer la solidité des os et des dents.

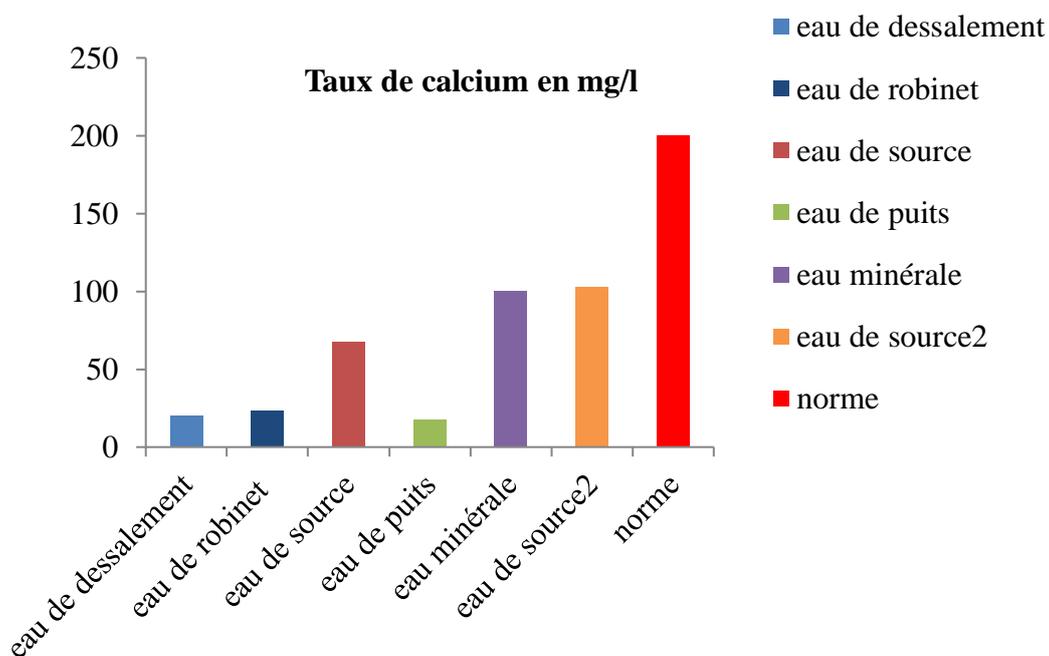


Figure30: Comparaison du taux de calcium des différentes eaux analysées

On remarque, la concentration d'ion Ca^{2+} de l'eau minérale et l'eau de source 2 très élevés que les autres types d'eaux.

On remarque que la concentration d'ion Ca^{2+} de l'eau de dessalement, l'eau de robinet et l'eau de puits très inférieurs par rapport à la norme algérienne qui indique 200Mg/l en $CaCO_3$.

III.1.7. Magnésium :

Le magnésium est présent dans toutes les eaux naturelles. Il s'agit d'un élément indispensable, en petites quantités, à tous les organismes vivants ; Le magnésium contribue de façon importante à la dureté de l'eau.

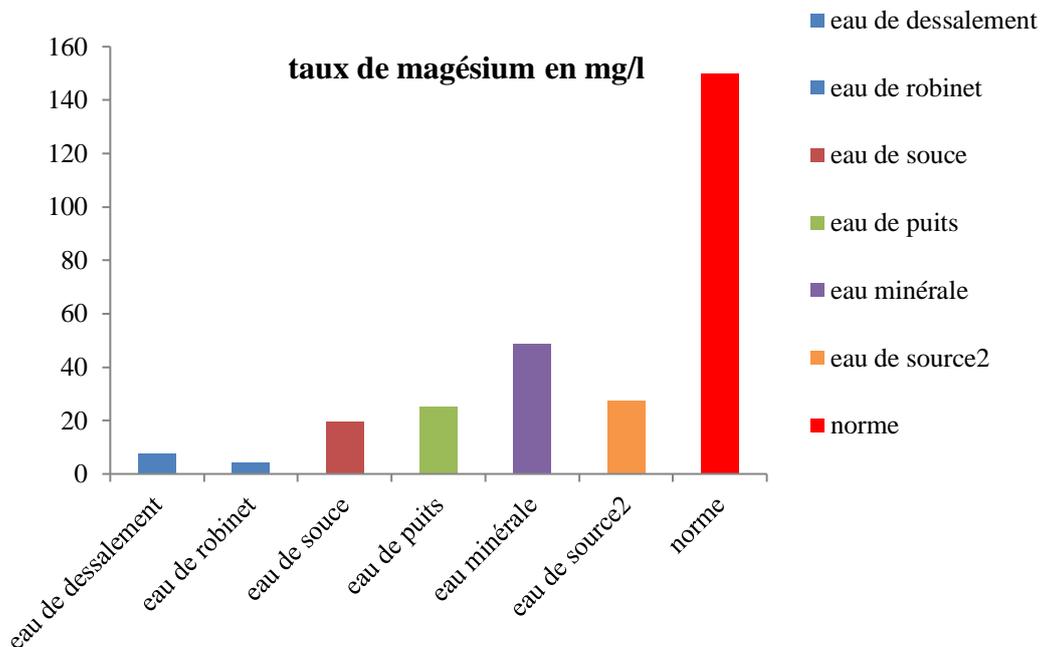


Figure31: Comparaison du taux de magnésium des différentes eaux analysées

La valeur de la concentration d'ion Mg^{2+} la plus élevée est de 48,61 mg/l pour l'eau minérale et la plus basse est de 4,37 mg/l pour l'eau de robinet.

On remarque que la concentration d'ion Mg^{2+} de l'eau de dessalement et de l'eau de robinet est très inférieure par rapport aux autres eaux.

D'une façon générale on constate que les eaux analysées respectent la norme algérienne de 2011 fixée à 150mg/l.

III.1.8. Alcalinité des eaux :

1. Titre Alcalimétrique (TA) :

Pour la totalité des eaux étudiées le TA (titre alcalimétrique) est nul car leurs pH est inférieur à 8.3. Cela peut se traduire par l'absence des carbonates dans les eaux analysées conformément à la législation en vigueur.

2. Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :

Le TAC (titre alcalimétrique complet) est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, son unité est le degré français (°F ou °FH).

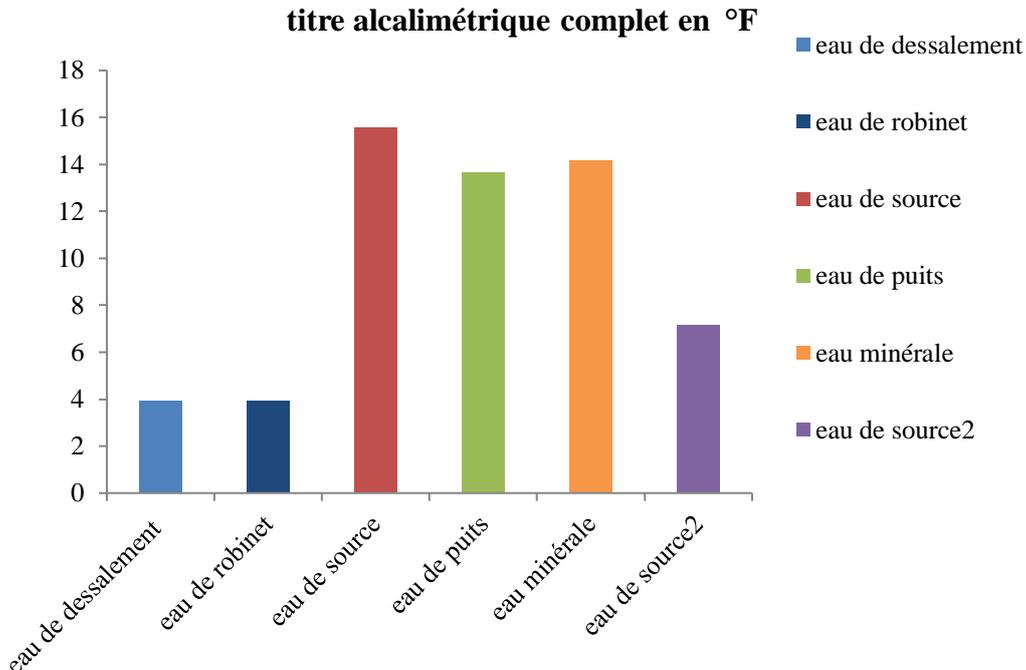


Figure32: Comparaison du TAC des différents d'eaux analysées

Il n'y a pas de valeur guide dans la réglementation algérienne.

L'alcalinité moyenne des eaux naturelles étudiées est de 9,75 °F, elle est comprise entre 3,94 °F pour l'eau de dessalement et 15,58 °F pour l'eau de source.

Les trois autres eaux représentent une alcalinité supérieure à 13,68°F pour l'eau de puits, 14,18°F pour l'eau minérale et 15,58°F eau de source.

III.1.9. Chlorure :

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitements sont inefficaces. Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. Les eaux destinées à la consommation humaine, doivent avoir une teneur en chlorure inférieur à la valeur maximale admissible recommandée par les normes algériennes qui est de 500mg/l.

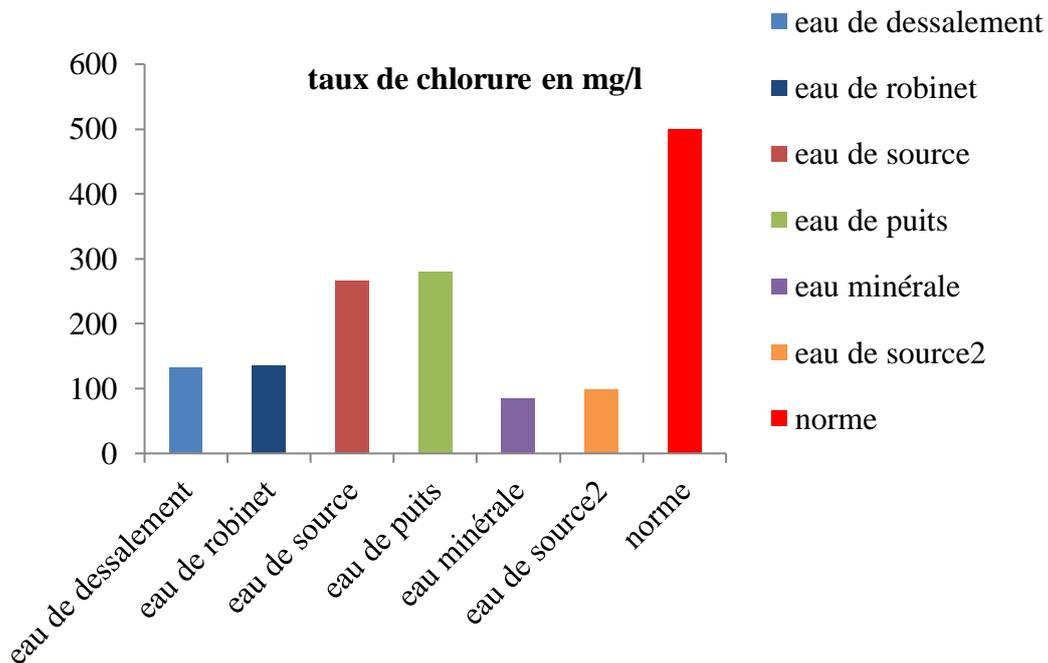


Figure33: Comparaison du taux de chlorure des différents d'eaux analysée

La teneur moyenne des eaux étudiées en chlorures est de 166, 32 mg/l. Elle est comprise entre 85,17 mg/l pour l'eau minérale et de 278 ,46 mg/l pour l'eau de puits.

L'eau de source et l'eau de puits contient des quantités élevées des chlorures par rapport aux autres eaux. On remarque que les quatre eaux (eau de dessalement, eau de robinet, eau minérale, eau de source 2) contiennent presque la même quantité de chlorure.

En général la teneur en chlorures dans les eaux étudiées reste conforme à la norme algérienne de 2011 qui fixe la teneur maximale en chlorures à 500mg/l.

III.1.10. Chlore libre :

La concentration en chlore libre de l'eau traité doit être selon l'OMS de 0,2 à 0,5 mg/l.

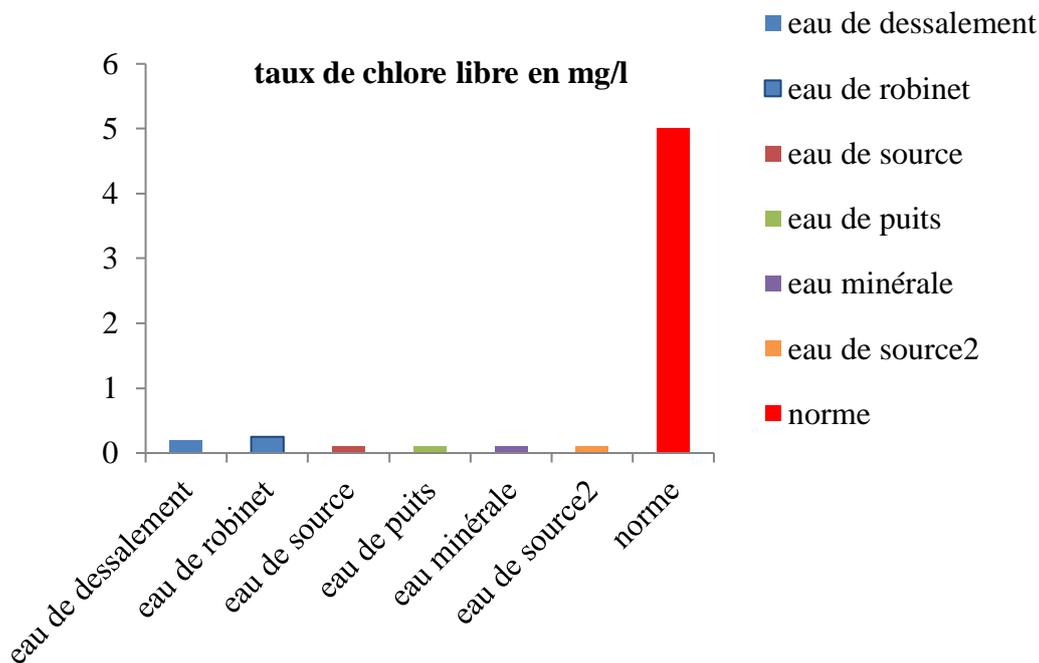


Figure34: Comparaison du chlorure libre des différentes eaux analysées

Nous remarquons des valeurs faibles en chlore total pour les eaux étudiées

L'eau de dessalement et l'eau de robinet contient des quantités élevée de chlore libre par rapport aux autres eaux.

Les quatre eaux contiennent la même quantité de chlore. (0,1)

En général la teneur en chlore libre dans les eaux étudiées reste conforme à la norme algérienne de 2011 qui fixe la teneur maximale en chlore libre à 5mg/l.

III.1.11. Résidu sec :

Si le taux de résidus à sec est supérieur à 1500 mg/l, il s'agit d'une eau riche en minéraux. Si ce taux est compris entre 500 et 1500 mg/l, l'eau est moyennement minéralisée. En dessous de 500 mg/l l'eau est dite faiblement minéralisée et en dessous de 50 mg/l, très faiblement minéralisée.

L'unité utilisée pour quantifier le résidu sec s'exprime généralement en mg/l.

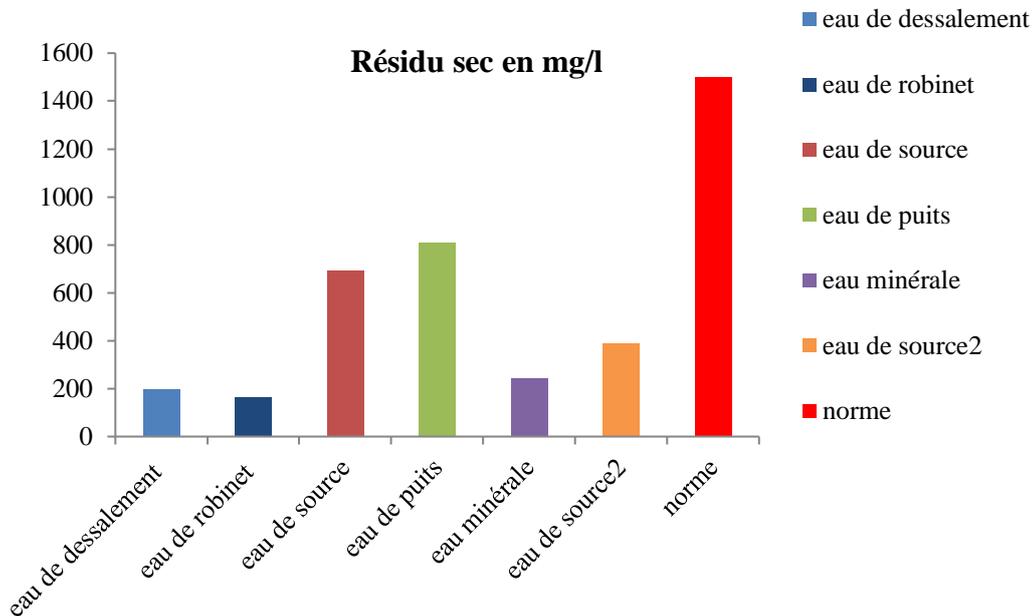


Figure35: Comparaison du résidu sec des différentes eaux analysées

On remarque que les eaux de puits et de source ont de grandes valeurs de résidus secs par rapport aux autres types d'eau.

La valeur de résidu sec la plus élevée est de 808,67 mg/l (eau de puits), et la valeur la plus basse 166,07 mg/l pour l'eau de robinet.

On constate que la plupart des eaux sont moyennement minéralisées.

La norme algérienne fixe une valeur de 1500 μ S/cm, donc ces valeurs sont dans les normes de potabilité.

Conclusion :

Après avoir fait toutes les analyses de l'eau, on nous a dit qu'il y avait une grande différence dans les résultats, surtout conductivité électrique, la dureté, calcium, magnésium, TAC, chlorure, résidu sec.

Enfin, d'après les résultats que nous avons obtenus, c'est conforme à la norme ALGERIEN et OMS, sauf l'eau de source, l'eau minérale et l'eau de source 2 ils sont dépassés les normes ALGERIEN

Conclusion générale :

L'eau est un élément essentiel dans la vie quotidienne de l'homme, car elle est nécessaire pour sa survie et toutes ses activités reposent sur sa disponibilité. La recherche d'une eau de bonne qualité est devenue nécessaire pour l'homme car c'est un facteur qui affecte sa santé.

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est déterminée d'une part par la qualité des analyses physico-chimiques des eaux brute à traiter qui sont fournies et d'autre part de l'interprétation qui en est faite et les conclusions qui en sont tirées sont essentielles pour définir le dimensionnement des filières de traitement. En cours d'exploitation des usines elles permettent de contrôler l'efficacité des étapes de traitement de l'eau et de vérifier que l'eau traitée est conforme aux valeurs paramétriques définies par les normes Algérienne et OMS.

Le travail qui nous a été confié, dans ce cadre, est essentiellement pratique. Nous avons été amenés à travailler sur le terrain et à suivre les différentes étapes de chaque processus.

Dans une première étape nous avons suivi les procédés des fonctionnements de la station de traitement sise à (SONACTER) à l'est de Mostaganem. Nous avons appris les différentes techniques, les problèmes et les inconvénients de cette station.

Nous avons suivi le cheminement de l'eau issue du dessalement qui est ensuite stockée au niveau du réservoir de la station de Izeb.

La station de Izeb est équipée d'un laboratoire d'analyse de la qualité des eaux, cela nous a permis d'effectuer la plus part des analyses dont nous avons besoins.

Nous avons compléter notre travail expérimental au laboratoire de la faculté.

L'analyse des différents échantillons, eau de dessalement brute, eau de dessalement traité, eau bouteille, eau de source, eau de puits et eau du robinet de la ville de Mostaganem nous a permis de comparer leurs qualités par rapport aux normes existantes prélevés durant le mois d'avril 2021

Notre séjour au niveau des stations de dessalement t de stockage nous a permis de comprendre et de maîtriser la question de la qualité des eaux.

De manière générales toutes les eaux disponibles dans la ville de Mostaganem répondent aux critères des normes algériennes et des recommandations de l'OMS.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. Maurel, 2006, *Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce*, 2e édition TEC&DOC, 286p
- [2] F. Valiron, 1990, *Gestion des eaux : principes et structures*, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 1^{ère} Ed ; Lavoisier, Paris.
- [3]. J. Duglas, *Les techniques d'irrigation*, Groupe Eau, Notes de Travail n°6, Académie d'Agriculture de France, 2014, 6.
- [4] HLPE, 2015. *L'eau, enjeu pour la sécurité alimentaire mondiale. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale*, Rome 2015
- [5] J. Hospitalier, R. Poirier, 2008, *L'eau destinée à la consommation humaine*. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 69,3, pp 496-505
- [6] N. Hassini, M. Bouchama, A. Dobbi and B. Abderahmani, *Trend of Precipitation in Algeria: Between Severe Drought and Torrential Rain*, *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 8(2): 104-108 (2019)
- [7] Y. Olivaux, 2007, *la nature de l'eau*, Ed, Marco Pietteur, France 563p.
- [8] P. Thielborger, *The Right(s) to Water: The Multi-Level Governance of a Unique Human Right*. Berlin: Springer, 2016.
- [9] A. Kettab, 2001. *Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision*. *Désalination*. 136 : 25-33.
- [10] M.Fricke, L. Grunhut, W. Van Der; 2003, *Classification of mineral water types and comparison with drinking water standards*. *Environmental Geology*. 17(2) : 554–563.
- [11]: J. Hubert, 2010, *Quelles eaux de boisson faut-il consommer?*. *Progrès en urologie*. 20 :806—809.
- [12] P. Danis, 2003, *Dessalement de l'eau de mer*, *Techniques de l'Ingénieur*, J 2700
- [13] J. D. Birkett, 2012, *The History of Desalination Before Large-Scale Use*, in *Desalination and Water Resources – History, Development and Management of Water Resources*, Vol. I. Paris: UNESCO, pp381-434
- [14] N. Ghaffour, T. M. Missimer, G. L. Amy, 2013, *Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability*, *Desalination*, vol. 309, pp 197-207.
- [15] V. Renaudin, 2003, *Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres*, *Revue Educsol*.
- [16]: Y.M. Chao and T.M. Liang, 2008, *A feasibility study of industrial wastewater recovery using electro dialysis reversal*, *Desalination*, 221, pp 433–439.
- [17]: J. Balster, 2006, *membrane module and process development for monopolar and bipolar membrane electrodialysis*, *PHD thesis*, University of Twente, the netherlands.
- [18]: S. Lattemann, (2010), *development of an environmental impact assessment and decision support system for seawater desalination plants*, *Phd Thesis in Delft, The Netherlands*.
- [19] E. Drioli, A. Criscuoli, F. Macedonio, 2011, *Membrane Based Desalination: An Integrated Approach*, IWA publishing, Londo.
- [20]:H. Hoepner, 1999, *A procedure for Environmental Impact Assessments (EIA) for seawater desalination plants*
- [21]:R. Einav and F. Lokiec, 2003, *Environmental aspects of a desalination plant in Ashkelon; desalination*, Volume 156, Issues 1-3
- [22] N. Hassini, A. Dobbi and B. Aberahmani, 2016, *Study of environmental impact of a desalination plant in a semi arid region*, *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 3(3): 134-138
- [23] M.Makhoukh, 2011, *Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya*. Maroc.
- [24] J. Rodier, B. Legube, N. Merlet, 2016, *L'analyse e de l'eau*. 10 ème Ed. Dunod. France
- [25] M. Rojsek, *analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, série science et technique de l'environnement*, Paris ,2002
- [26] A. Kettab, 1992, *Le traitement des eaux potables*. Ed. Office de la publication universitaires.
- [27] A. Dupont, *Hydrologie-captage et traitement des eaux*, *Hydraulique*, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).

ANNEXES

Annexes 1 : Tableaux de mesures

Tableau1 : Les résultats d'analyses de l'eau de dessalée :

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | / | / | / | / |
| Odeur | Unité | / | / | / | / |
| Gout | Unité | / | / | / | / |
| Paramètre physico-chimique | / | / | / | / | / |
| Ph | Unité | 8.06 | 7.8 | 7.7 | 7,8 |
| Température | C° | 21 | 21 | 20 | 20,6 |
| Conductivité | µs/cm | 450 | 460 | 480 | 463,3 |
| Turbidité | NTU | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 0,4 |
| Chlorure | Mg/l | 124 | 132 | 142 | 132,6 |
| Calcium | Mg/l | 19.3 | 18 | 22.04 | 19,78 |
| Magnésium | Mg /l | 5 | 9 | 8,5 | 7,5 |
| Dureté totale | Mg /l | 76,4 | 88,0 | 97,9 | 87,43 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 3,85 | 3,9 | 4,05 | 3,93 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 96.13 | 88.81 | 104.43 | 96,45 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0,2 |
| Chlore résiduel totale | Mg/l | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0,2 |
| Résidu sec | Mg /l | 214,8 | 179 | 201 | 198,26 |

Tableau 2 :Les résultats d'analyse de l'eau de robinet :

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | / | / | / | / |
| Odeur | Unité | / | / | / | / |
| Gout | Unité | / | / | / | / |
| Paramètre physico-chimique | / | / | / | / | / |
| Ph | Unité | 7.2 | 7.09 | 8.2 | 7,4 |
| Température | C° | 20.1 | 21 | 20 | 20,36 |
| Conductivité | µs/cm | 460 | 500 | 480 | 480 |
| Turbidité | NTU | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0,23 |
| Chlorure | Mg/l | 127.8 | 138.45 | 142 | 136,08 |
| Calcium | Mg/l | 22,04 | 24.04 | 24.84 | 23,64 |
| Magnésium | Mg /l | 4,88 | 2.18 | 6.07 | 4,37 |
| Dureté totale | Mg /l | 75 | 69 | 87 | 77 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 3.28 | 4.28 | 4.28 | 3,94 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 78.72 | 102.72 | 102.72 | 94,72 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0.1 | 0.25 | 0,4 | 0,25 |
| Chlore résiduel totale | Mg/l | 0.1 | 0.2 | 0,45 | 0,25 |
| Résidu sec | Mg/l | 143,8 | 174,11 | 180,3 | 166,07 |

Tableau 3 : Les résultats d'analyse de l'eau de la source :

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | / | | | / |
| Odeur | Unité | Aucun | | | / |
| Gout | Unité | Aucun | | | / |
| Paramètre physico-chimique | / | / | | | / |
| Ph | Unité | 7,5 | 7,4 | 7,9 | 7,6 |
| Température | C° | 22 | 21 | 20 | 21 |
| Conductivité | µs/cm | 1420 | 1410 | 1450 | 1426,67 |
| Turbidité | NTU | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,23 |
| Chlorure | Mg/l | 284 | 248,5 | 266,25 | 266,25 |
| Calcium | Mg/l | 65,73 | 67,33 | 68,93 | 67,33 |
| Magnésium | Mg /l | 22,36 | 17,50 | 19,44 | 19,77 |
| Dureté totale | Mg/l | 256 | 240 | 252 | 249,33 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 15,28 | 15,60 | 15,90 | 15,58 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 366,72 | 374,4 | 381,6 | 374,24 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Chlore résiduel totale | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Résidu sec | Mg/l | 667,4 | 755,2 | 655,92 | 692,84 |

Tableau 4 : Les résultats d'analyses de l'eau de puits :

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | / | | | / |
| Odeur | Unité | Aucun | Aucun | Aucun | / |
| Gout | Unité | Aucun | Aucun | Aucun | / |
| Paramètre physico-chimique | / | / | | | / |
| Ph | Unité | 7,3 | 7,5 | 7,8 | 7,5 |
| Température | C° | 22 | 20 | 20 | 20,66 |
| Conductivité | µs/cm | 1600 | 1590 | 1610 | 1600 |
| Turbidité | NTU | 0,49 | 0,48 | 0,5 | 0,49 |
| Chlorure | Mg/l | 276,9 | 280,2 | 284,3 | 280,46 |
| Calcium | Mg/l | 18,036 | 17,23 | 17,6352 | 17,633 |
| Magnésium | Mg /l | 25,03 | 24,796 | 25,5255 | 25,10 |
| Dureté totale | Mg/l | 148 | 145 | 149 | 147,33 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 13,28 | 14,28 | 13,50 | 13,68 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 318,72 | 342,72 | 324 | 328,48 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Chlore résiduel T | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Résidu sec | | 755,6 | 799,8 | 870,61 | 808,67 |

Tableau 5 :Les Résultats d'analyses d'eau minérale (1) :

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | | | | |
| Odeur | Unité | / | / | / | / |
| Gout | Unité | / | / | / | / |
| Paramètre physico-chimique | / | | | | |
| Ph | Unité | 7.3 | 7.4 | 7.5 | 7,4 |
| Température | C° | 20 | 21 | 22 | 21 |
| Conductivité | µs/cm | 760 | 750 | 780 | 763,33 |
| Turbidité | NTU | 0.11 | 0.13 | 0.11 | 0,11 |
| Chlorure | Mg/l | 88.75 | 85.1 | 81.65 | 85,17 |
| Calcium | Mg/l | 101.0016 | 99.7992 | 100.2 | 100,33 |
| Magnésium | Mg /l | 47.40 | 51.29 | 47.16 | 48,61 |
| Dureté totale | Mg /l | 448 | 460 | 444 | 450,66 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 14.25 | 14.10 | 14.20 | 14,18 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 342 | 340 | 341 | 341 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0.1 | 0.1 | 0,1 | 0.1 |
| Chlore résiduel totale | Mg/l | 0.1 | 0.1 | 0,1 | 0.1 |
| Résidu sec | Mg /l | 290,9 | 240,56 | 200,5 | 243,99 |

Tableau 6 :Les Résultats d'analyses d'eau minérale (2):

| Date | | 1 ^{er} jour | 2 ^{eme} jour | 3 ^{eme} jour | Moyenne |
|-------------------------------------|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|
| Paramètre organoleptique | Unité | / | / | / | / |
| Odeur | Unité | / | / | / | / |
| Gout | Unité | / | / | / | / |
| Paramètre physico-chimique | / | / | / | / | / |
| Ph | Unité | 7.5 | 7.4 | 7.3 | 7,4 |
| Température | C° | 22 | 21 | 20 | 21 |
| Conductivité | µs/cm | 680 | 690 | 670 | 680 |
| Turbidité | NTU | 0.17 | 0.164 | 0.166 | 0,17 |
| Chlorure | Mg/l | 99.4 | 95.85 | 102.95 | 99,4 |
| Calcium | Mg/l | 104 | 108.21 | 96.19 | 102,8 |
| Magnésium | Mg /l | 31.11 | 26.73 | 24.31 | 27,38 |
| Dureté totale | Mg/l | 388 | 380 | 392 | 386,67 |
| Titre alcalimétrique | F° | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Titre alcalimétrique complet | F° | 7.28 | 7.17 | 7.08 | 7,17 |
| HCO₃⁻ | Mg/l | 87.36 | 86.04 | 84.96 | 86,12 |
| Chlore résiduel libre | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Chlore résiduel totale | Mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Résidu sec | Mg/l | 390 | 362,83 | 410 | 387,61 |

| 6 | JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18 | 18 Rabie Ethani 1432 23 mars 2011 |
|--|--|--------------------------------------|
| <p>Tableau « B » Concours définitifs (En milliers de DA)</p> | | |
| SECTEURS | MONTANTS OUVERTS | |
| | C.P. | A.P. |
| Soutien aux services productifs | 6.500 | 6.500 |
| Infrastructures économiques et administratives | 367.000 | 367.000 |
| TOTAL | 373.500 | 373.500 |
| <p>Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le Premier ministre, Sur le rapport du ministre des ressources en eau, Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ; Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ; Vu la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, relative à l'eau ; Vu la loi n° 09-03 du 29 Safar 1430 correspondant au 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ; Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source ; Vu décret exécutif n° 08-148 du 15 Joumada El Oula 1429 correspondant au 21 mai 2008 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation d'utilisation des ressources en eau ;</p> <p style="text-align: center;">Après approbation du Président de la République ;</p> <p style="text-align: center;">Décrète :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 112 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, modifiée et complétée, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine ainsi que les modalités de contrôle de conformité.</p> <p>Art. 2. — Les paramètres de qualité fixés par le présent décret sont applicables à l'eau de consommation humaine définie à l'article 111 de la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, à l'exception des eaux minérales naturelles, des eaux de source, des eaux dites "eaux de table" et des eaux thermales.</p> <p>Art. 3. — Au sens du présent décret, il est entendu par : — valeurs limites : valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes ; — valeurs indicatives : valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.</p> <p>Art. 4. — Les valeurs limites et les valeurs indicatives des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine sont annexées au présent décret.</p> <p>Art. 5. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine aux paramètres de qualité est effectuée au moyen d'analyses d'échantillons prélevés au niveau des points suivants : — au compteur particulier pour les eaux fournies par un réseau public de distribution ; — au point d'utilisation pour les eaux prélevées dans le domaine public hydraulique naturel en vue de la fabrication de boissons gazeuses et de glace ou de la préparation, du conditionnement et de la conservation de denrées alimentaires ; — conformément à la réglementation en vigueur pour les eaux fournies à partir de citernes mobiles.</p> <p>Art. 6. — La vérification de la conformité de l'eau de consommation humaine incombe, suivant le cas : — à l'organisme exploitant tout ou partie du service public d'alimentation en eau potable ; — au titulaire de l'autorisation ou de la concession d'utilisation des ressources en eau ; — au titulaire de l'autorisation d'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine par citernes mobiles ; — à toutes les institutions de contrôle habilitées par la législation et la réglementation en vigueur.</p> <p>Art. 7. — Lorsqu'il est constaté que l'eau de consommation humaine a cessé d'être conforme aux valeurs limites et aux valeurs indicatives fixées par le présent décret, l'organisme exploitant ou le titulaire d'autorisation ou de concession, concernés au sens de l'article 6 ci-dessus, sont tenus de suspendre la distribution de l'eau. Aucun rétablissement de la distribution de l'eau ne peut être effectué sans qu'une enquête ne détermine les causes de non-conformité et sans la prise de mesures correctives nécessaires en vue de rétablir la qualité de l'eau.</p> <p>Art. 8. — L'organisme exploitant du service public d'alimentation en eau potable est tenu d'informer les usagers, par tous moyens appropriés, de toute suspension de la distribution et/ou des mesures correctives décidées au titre de l'article 7 ci-dessus.</p> <p>Art. 9. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011.</p> <p style="text-align: right;">Ahmed OUYAHIA.</p> | | |

ANNEXE

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES

| GRUPE DE PARAMETRES | PARAMETRES | UNITES | VALEURS LIMITEES |
|----------------------|--------------|---------------------|------------------|
| Paramètres chimiques | Aluminium | mg/l | 0,2 |
| | Ammonium | mg/l | 0,5 |
| | Baryum | mg/l | 0,7 |
| | Bore | mg/l | 1 |
| | Fer total | mg/l | 0,3 |
| | Fluorures | mg/l | 1,5 |
| | Manganèse | µg/l | 50 |
| | Nitrates | mg/l | 50 |
| | Nitrites | mg/l | 0,2 |
| | Oxydabilité | mg/l O ₂ | 5 |
| | Phosphore | mg/l | 5 |
| | Acrylamide | µg/l | 0,5 |
| | Antimoine | µg/l | 20 |
| | Argent | µg/l | 100 |
| | Arsenic | µg/l | 10 |
| | Cadmium | µg/l | 3 |
| | Chrome total | µg/l | 50 |
| | Cuivre | mg/l | 2 |
| | Cyanure | µg/l | 70 |
| | Mercure | µg/l | 6 |
| Nickel | µg/l | 70 | |
| Plomb | µg/l | 10 | |
| Sélénium | µg/l | 10 | |
| Zinc | mg/l | 5 | |

ANNEXE (suite)

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

ANNEXE (suite)

| GROUPE DE PARAMETRES | PARAMETRES | UNITES | VALEURS LIMITES |
|------------------------------|--|--------------|-----------------|
| Paramètres chimiques (suite) | Chlorure de vinyle | µg/l | 0,3 |
| | 1,2 - Dichloroéthane | µg/l | 30 |
| | 1,2 - Dichlorobenzène | µg/l | 1000 |
| | 1,4 - Dichlorobenzène | µg/l | 300 |
| | Trichloroéthylène | µg/l | 20 |
| | Tetrachloroéthylène | µg/l | 40 |
| Radionucléides | Particules alpha | Picocurie/l | 15 |
| | Particules bêta | Millirems/an | 4 |
| | Tritium | Bequerel/l | 100 |
| | Uranium | µg/l | 15 |
| | Dose totale indicative (DTI) | (mSv/an) | 0,1 |
| Paramètres microbiologiques | Escherichia Coli | n/100ml | 0 |
| | Entérocoques | n/100ml | 0 |
| | Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores | n/20ml | 0 |

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

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

Résumé

Afin d'évaluer les qualités physiques et chimiques des différents eaux consommées à Mostaganem (eau du robinet, eau de source, eau minérale, eau de puits, eau produit par l'unité de dessalement de Mostaganem (SONACTER) par osmose inverse). Nous avons suivi le cheminement de la transformation de l'eau de mer en eau douce par osmose inverse dans la station de SONACTER, son stockage et son traitement pour la rendre potable.

Nous avons ensuite élargi notre étude à d'autres types d'eaux largement consommées à Mostaganem.

Nous avons analysé plusieurs échantillons d'eau potables et nous les avons confrontés aux normes algériennes et aux recommandations de l'OMS.

Mots clés: Eaux potable, Dessalement, Osmose inverse, Qualités physico-chimiques, Mostaganem.

Abstract :

In order to assess the physical and chemical qualities of the various water consumed in Mostaganem (tap water, spring water, mineral water, well water, water produced by the Mostaganem desalination unit (SONACTER) by reverse osmosis). We followed the process of transforming seawater into fresh water by reverse osmosis in the SONACTER station, its storage and treatment to make it drinkable.

Then we extended our study to other types of water widely consumed in Mostaganem.

We analyzed several samples of drinking water and we compared them to Algerian standards and WHO recommendations.

Keywords: Drinking water, Desalination, Reverse osmosis, Physico-chemical qualities, Mostaganem.

ملخص

من أجل تقييم الصفات الفيزيائية والكيميائية لمختلف المياه المستهلكة في مستغانم " مياه الصنبور, مياه الينابيع, مياه المعدنية, مياه أبار و مياه التي تنتجها وحدة مستغانم سونكتار بالتناضح " . تابعنا عملية تحويل مياه البحر الى مياه عذبة عن طريق التناضح العكسي في محطة سونكتار وتخزينها و معالجتها لجعلها صالحة للشرب .

ثم قمنا بتوسيع دراستنا لتشمل أنواعا أخرى من المياه التي يتم استهلاكها على نطاق واسع من مستغانم.

قمنا بتحليل عدة عينات من مياه الشرب و فرناها بالمعايير الجزائرية وتوصيات منظمة الصحة العالمية .

كلمات مفتاحية: مياه الشرب, تحليه مياه, التناضح العكسي, الصفات الفيزيائية و الكيميائية