



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département de Biologie



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Biologiques
Spécialité : Eau, Santé et Environnement

Présenté par :

ABERKANE Karima & AMEZIANE Nadia

Thème

Comparaison entre la qualité de l'eau potable traitée à la station de production Koudiat Acerdoune - Bouira et l'eau dessalée à la station de dessalement Cap Djinet - Boumerdes

Soutenu le : 02 / 07 / 2017

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mr. Dahmoune Farid</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mr. Aberkane Boubekeur</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme. Louadje Malika</i>		<i>Station de KA</i>	<i>Co-Promotrice</i>
<i>Mr. Bara Mouslim</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>

Année universitaire : 2016/2017

Remerciements

*Avant toute chose, nous remercierons **ALLAH** Seigneur de l'univers le tout puissant, de nous avoir donnée la force, la patience, la volonté et la santé pour mener au terme de ce travail.*

Arrivés au terme de rédaction de ce mémoire, nous exprimons notre gratitude pour tous les personnes qui ont participé de près ou de loin qu'ils sont accordés à notre réussite.

*Notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements sont distingués à notre encadreur **Dr. ABERKANE Boubekour** d'avoir cessé d'accorder pour l'orientation de ce travail avec spontanéité son investissement, sa motivation et ses conseils qui ont toujours une valeur sûre.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres jury pour l'intérêt qu'ils ont portés à notre travail en acceptant d'examiner notre mémoire :

***Dr. Dahmoune Farid** de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury*

***Dr. Bara Mouslim** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tiens à remercier vivement monsieur le directeur de la station de production de l'eau potable Koudiat Acerdoune de Djebahia - wilaya de Bouira **ATTAB Said** d'avoir nous accepté au niveau de laboratoire de la station et les gens de laboratoire surtout madame : **Louadj Malika** ingénieurs de laboratoire au niveau de même station qu'elle a contribué à notre formation, nous vous remercier vivement grâce à votre aide précieuse tous le long de notre formation.*

*Nous rendons hommage à madame **Hamidi Nadjet** chef de la station de dessalement de l'eau de mer Cap Djinet – Boumerdes et les gens de laboratoire qu'ils nous ont permis d'accumuler les connaissances nécessaires à l'accomplissement de ce travail.*

Les remerciements ne seraient rien sans une mention particulière pour nos amis pour les sympathiques moments qu'on a passé ensemble et pour leurs encouragements précieux.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux êtres les plus chères de ma vie, qui ont su m'apporter tendresse et amour, mes très chères parents, merci de m'avoir mis au monde et pour m'avoir accompagné tout le long de ma vie, je lui dois une fière chandelle.

A mes frères : Mahrez et Nassim,

A ma sœur : Amel et ma chère cousine Nassera,

A ma grande mère,

A l'âme de mes grands parents,

A tout mes oncles, mes tantes et mes cousins,

A tous mes amis qui ont marqué leurs présences par réconfort indispensable.

Karima.A

DEDICACES

A chers parents qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici

J'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises

A ma grande mère

A mes sœurs : Kamilia et Nedjma

A mes frères : Lyes, Hamza, Mustapha et farés

A mon beau frère : Mahdi

A mes neveux : Islam et Adam

A toute ma famille sans exception

A tous mes amis

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce modeste travail.

Nadia.A

Table des matières

Introduction	1
I. Revue de la littérature	
I.1. Généralité sur l'eau	3
I.1.1. Propriétés de l'eau	3
I.1.2. Les formes de l'eau disponible sur la terre	3
I.1.3. Importance de l'eau	4
I.1.3.1. Pour la biodiversité	4
I.1.3.2. Pour l'homme	5
I.1.4. Les paramètres de potabilité de l'eau	6
I.2. Les techniques du traitement de l'eau	6
I.2.1. Le dessalement de l'eau de mer	6
I.2.1.1. Le dessalement de l'eau de mer en Algérie	7
I.2.1.2. Les procédés de dessalement	7
I.2.2. L'eau douce	8
I.2.2.1. L'eau douce dans le monde	8
I.2.2.2. L'eau douce en Afrique	8
I.2.2.3. L'eau douce en Algérie	9
I.2.2.4. Les procédés du traitement de l'eau douce	9
I.3. L'impact de qualité de l'eau sur la santé humaine	10
I.3.1. La pollution de l'eau	11
I.3.2. La pollution par des agents infectieux	11
I.3.3. La pollution chimique	12
I.3.4. La pollution par la radioactivité.....	13
II. Matériel et méthodes	
II.1. Description de la station production de l'eau potable Koudiat Acerdoune	14
II.1.1. La situation géographique	14
II.1.2. La distribution de l'eau potable	14

II.1.3. Les procédés de traitement appliqué dans la station	14
II.1.4. Les paramètres mesurés au niveau de la station Koudiat Acerdoune	15
II.1.4.1. Les analyses physicochimiques	15
II.1.4.2. L'analyse bactériologique	17
II.2. La station de dessalement du Cap Djinet	18
II.2.1. La présentation de la station du Cap Djinet	18
II.2.2. La distribution de l'eau potable	19
II.2.3. Les procédés de traitement appliqué dans la station de dessalement	19
II.2.4. Les paramètres mesurés au niveau de la station Cap Djinet	20
II.3. L'analyse statistique.....	21

III. Résultats et discussion

III.1. Les analyses physicochimiques	22
III.2. L'analyse bactériologique	33
Conclusion et perspectives	34
Bibliographies	35

La liste des abréviations

ABP : analyse bactériologique partielle

ADE : Algérienne Des Eaux

APC : l'analyse physicochimique complète

APP : l'analyse physicochimique partielle

ASR : anaérobies sulfito-réducteur

CDJ: Cap Djinet

CRL : Chlore Résiduel Libre

EDTA: Ethylène Diamine Titraacétique

f: facteur de dilution

HP : Haute Pression

KA : Koudiat Acredoune

MO : matière oxydable en milieu acide

MES: Matière En Suspension

µs/cm : micro siemens par centimètre

ms/cm: milli siemens par centimètre

MTH : maladie à transmission hydrique

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

OI : osmose inverse

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PCA: Plate Count Agar

PE : Prise Essai

TA: Titre Alcalimétrique

TAC: Titre Alcalimétrique complet

TDS: Total Dissout Solides

TH Ca²⁺: Titre Hydrométrique calcique

TH Mg²⁺ : Titre Hydrométrique magnésienne

TH: Titre Hydrométrique

TSA : Gélose Tryptonée au Soja

TTC: chlorure de 2.3.5 triphényltétrazolium

UFC/ml : unité formatrice de colonie par millilitre

VHE : Virus de l'Hépatite E

La liste des tableaux

Tableau N° 1 : Les résultats des paramètres physicochimiques	30
Tableau N° 2: Résultat d'analyse alcalimétrique de l'eau de Koudiat Acerdoune et Cap Djinet	30
Tableau N° 3 : L'analyse de TH total, TH Ca ²⁺ et TH Mg ²⁺ à la station de KA et CDJ	31
Tableau N° 4: La composition de l'eau brute et traitée en Cl ⁻ , sulfate et en fer à la station Koudiat Acerdoune et Cap Djinet	32
Tableau N° 5: Les paramètres de pollution pour l'eau traitée et l'eau brute au niveau de station de Koudiat Acerdoune	33
Tableau N° 6: Le résultat de l'analyse bactériologique à la station Koudiat Acerdoune.....	33

La liste des figures

Figure N° 1 : Nuage des points montrant la variation du pH de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune et Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	22
Figure N° 2 : Nuage des points montrant la variation de la température ($^{\circ}\text{C}$) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune et Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	23
Figure N° 3 : Nuage des points montrant la variation de la turbidité (NTU) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune et Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	24
Figure N° 4 : Nuage des points montrant la variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune et Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	25
Figure N° 5 : Nuage des points montrant la variation du chlore libre en fonction de temps au niveau des deux stations Kuodiat Acerdoune et Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	26
Figure N° 6 : Nuage des points montrant la variation de TDS de l'eau de mer en fonction de temps au niveau de la station Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	27
Figure N° 7 : Nuage des points montrant la variation de la salinité en fonction de temps au niveau de la station Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	28
Figure N° 8 : La courbe de bore obtenue de l'analyse de l'eau traitée de l'eau de mer à la station Cap Djinet. Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$)	29

Introduction

Introduction

L'eau, le sang bleu, la condition absolue d'existence de toutes forme de vie sur notre planète (**Sari, 2014**). D'ailleurs, c'est la particularité majeure de notre planète par rapport aux autres planètes du système solaire (**Sigg et al., 2014**). Malheureusement, cette ressource naturelle importante diminue et menacée de plus en plus (**OMS et UNICEF, 2007**). Dans certaines région du monde, la pénurie en eau commence à devenir une menace inquiétante pour la biodiversité en générale et pour l'homme en particulier, tandis qu'elle est considérée comme un droit élémentaire (**OMS, 2006**).

Chez l'homme, la qualité de l'eau de boisson est liée directement à la santé des populations. Aujourd'hui, la croissance démographique de plus en plus est très importante, par contre la disponibilité en eau diminue d'une manière catastrophique (**Salomon, 2012**). Selon l'Organisation des Nations Unies, un milliard de personnes vivent dans des zones où l'eau est rare (**Sari, 2014**). En outre, l'eau a un impact multidimensionnel sur la santé humaine, leur survie, la croissance et le développement (**OMS et UNICEF, 2008**). En plus, la perturbation de l'environnement, généralement d'origine anthropique, augmente l'apparition des phénomènes qui accélèrent la sécheresse tels que le réchauffement climatique (**Morgan et Alexis, 2013**).

Aujourd'hui, la communauté scientifique a tiré la sonnette d'alarme pour mobiliser la communauté humaine sur l'avenir flou de notre planète. En effet, trouver des alternatives de l'eau de surface est une nécessité absolue pour satisfaire les besoins humains (**Tata-Ducru, 2009**). L'une des solutions pour combler le manque en eau potable est le dessalement de l'eau de mer. Cette technique nous permettre de produire une eau potable à partir de l'eau de mer ou d'eaux saumâtres grâce à des techniques très avancées (**OMS et UNICEF, 2007**). En Algérie, qu'est classée comme une zone semi-aride, deux types de moyens sont utilisé pour satisfaire le besoin de la population en eau, soit par le dessalement de l'eau de mer ou bien par la construction des barrages pour récupérer l'eau surtout en période hivernale (**Habet, 2010**). Cependant, la qualité de l'eau de boisson est différente et même pour certaine personne n'est pas recommandée (**Nations Unis, 2010**). D'ailleurs, l'eau contaminée est parmi les menaces qui dégradent notre environnement en générale et la santé humaine en particulier (**Guay et Roussel, 2013**). Plusieurs maladies sont liées directement à la qualité de l'eau de boisson et qu'est une charge très lourde sur le plan sanitaire (**OMS, 2004**). Malheureusement,

certaines pathologies apparaissent à long terme et varient en fonction de plusieurs paramètres, tels que le mode de contamination, la dose, la réaction de l'organisme avec ces agents **(Coulibaly, 2005)**.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de présent travail, c'est comparer la qualité de l'eau entre deux stations différentes, l'une qu'est la station de Koudiat Acerdoune qui traite l'eau douce et la deuxième c'est la station de dessalement de Cap Djinet. En se basant sur la qualité physico-chimique et microbiologique qu'ils sont réalisées depuis leurs origines jusqu'au robinet.

***Revue de la
littérature***

I.1. Généralité sur l'eau

L'eau constitue la source la plus importante sur notre planète que l'homme l'utilise chaque jour (**UNESCO, 2003**). Malgré qu'elle soit représentée à 72% de la surface de la planète, les ressources s'épuisent de plus en plus (**PAER, 2010**). Comprendre et apprendre à utiliser l'eau sans mettre en péril l'environnement est parmi les problématiques d'actualités (**Beneteaud et Pujades, 2009**).

I.1.1. Propriétés de l'eau

L'eau c'est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants. L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (**Pierre et Bernard-Alex, 2011**).

Dans la nature sous l'action du différentes factures tel que : la pression atmosphérique et la température, nous pouvons trouver l'eau sous trois formes :

- **État solide** : A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières ;
- **État gazeux** : Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'ya pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres ;
- **État liquide** : Caractérisé par une forme non définie, ces molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (**Sari, 2014**).

I.1.2. Les formes de l'eau disponible sur la terre

L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la terre, et dans les océans. Examiner la façon dont l'eau voyage au cours de son cycle nous permet de mieux comprendre ses interactions avec l'environnement et de mieux évaluer la quantité disponible pour la consommation de l'homme (**Green Facts, 2014**).

Il existe plusieurs formes d'eau sur la planète :

- **Les précipitations** : Pluie, neige, rosée, etc. Ils jouent un rôle clé dans le renouvellement des ressources en eau et dans les conditions climatiques et la biodiversité locales. En fonction des conditions locales, les précipitations peuvent alimenter les rivières et les lacs, reconstituer les nappes phréatiques ou retourner dans l'atmosphère par évaporation (**Green Facts, 2014**).

- **Les glaciers** : Stockent l'eau sous forme de neige et de glace et alimentent les cours d'eau locaux de quantités d'eau qui varient en fonction des saisons (**Green Facts, 2014**) ;
- **Les mers et les océans** : L'eau de mer et des océans est une eau salée parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium (**Ahmouda et Biao, 2016**). Ils sont sources d'alimentation pour des centaines de millions d'individus, axes d'échanges commerciaux et de communication, les océans ont établi cette dernière décennie comme un maillon clé pour le maintien de la vie sur terre surtout son rôle dans la régulation du climat (**MATE, 2002**) ;
- **Les bassins fluviaux** : Constituent une unité naturelle très utile pour la gestion des ressources en eau et leurs débit peut fortement varier d'une saison et d'une région climatique à l'autre (**Ghislain De, 2008**).
- **Les zones humides** : Ils recouvrent 6% de la surface émergée de la terre et jouent un rôle clé dans les écosystèmes locaux et les ressources en eau et ils peuvent encore jouer un rôle important dans la prévention des inondations et le maintien du débit des rivières (**Green Facts, 2014**).
- **Les nappes phréatiques** : L'eau des nappes phréatiques est principalement extraite pour fournir de l'eau potable ou pour arroser les cultures dans les zones arides (**Ghislain De, 2008**). On les trouve sous la plupart des terres émergées du globe et leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique (**Sari, 2014**).

I.1.3. Importance de l'eau

L'eau est une ressource vitale, elle est indispensable pour tout développement socioéconomique; aucune société dans le monde ne peut aujourd'hui prétendre à une croissance, voire même à une survie sans qu'elle ne dispose de quantités suffisantes de cette richesse naturelle (**Comete Engineering, 2007**). Les quantités de l'eau qui doit être ingérée quotidiennement, est de 2 litres pour un adulte et de 1 litre pour un enfant en période estivale (**Goffinet, 2016**).

I.1.3.1. Pour la biodiversité

La biodiversité est préservée principalement par l'eau dans tous les environnements (**Touati, 2010**). Pour la flore, les végétaux sont essentiellement formés d'eau et ils puisent dans le sol l'eau et les sels minéraux qui lui permettent d'assurer son développement normal (**Beneteaud**

et Pujades, 2009). L'organisme de l'animal doit remplacer quotidiennement une certaine quantité d'eau perdue par l'urine, la transpiration et l'évaporation pulmonaire (**Green Facts, 2014**).

I.1.3.2. Pour l'homme

L'eau est indispensable au fonctionnement du corps humain, dont les réserves en eau doivent être alimentées en permanence pour ne jamais être déshydraté (**OMS, 2003**). L'eau est encours utilisée en déférentes services concernés la vie de l'homme :

I.1.3.2.1. Pour l'industrie

L'industrie est également consommatrice d'eau douce , puisqu'elle absorbe 20 % des volumes disponibles, elle utilise l'eau pour refroidir, dissoudre, séparer les constituants de ses productions, enfin pour éliminer les résidus, elle a besoin de 100 litres pour un kilogramme de sucre, de 250 litre pour un kilo de papier, voire de 1000 litres pour un kilo d'aluminium, malheureusement, pour produire toujours plus, l'industrie absorbe des volumes d'eau de plus en plus élevés qui pourraient au moins doubler dans les trente prochaines années à venir (**ONS, 2006**).

I.1.3.2.2. Pour l'agriculture

L'agriculture est la principale source d'approvisionnement alimentaire dans le monde et la principale source de revenus pour des milliards d'habitants dans les zones rurales dont l'apport des 2800 calories indispensables par personne et par jour à une alimentation appropriée nécessite en moyenne 1000 m³ d'eau (**Dunglas, 2014**). A l'heure actuelle l'irrigation représente 70% des prélèvements et les quantités augmenteront de 14% dans les trente prochaines années car la superficie des terres irriguées augmentera de 20% (**Talbi et Souak, 2016**).

I.1.3.2.3. Pour la production d'électricité

Depuis des siècles, l'homme a utilisé l'énergie des eaux superficielles à des fins énergétiques (**Nations Unis, 2005**) qui permet de répondre à des besoins en énergie sans importer ni brûler de combustibles fossiles émettant des gaz à effet de serre ou d'autres polluants atmosphériques car une centrale hydro énergétique au fil de l'eau utilise localement l'énergie d'une partie du débit d'une rivière pour actionner une turbine (**Huart et T'serstevens, 2006**).

I.1.4. Les paramètres de potabilité de l'eau

Toute eau destinée à la consommation humaine, soit distribuée par un réseau public ou en bouteille, doit être conforme à des normes très strictes qu'ils sont fixés en particulier des valeurs limites qui ne doivent pas être dépassées (**Chocat, 2015**). Les contrôles portent sur plusieurs familles de paramètres :

- **Paramètres physico-chimiques** : L'eau doit être transparente, ne pas avoir d'odeur ni de goût prononcé, elle ne doit pas être agressive et risquer de corroder les canalisations (**Chocat, 2015**) ;
- **Composés chimiques considérés comme indésirables ou toxiques** : Comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds (mercure, cadmium, chrome, cuivre, ...), ou encore les hydrocarbures et les pesticides (**Chocat, 2015**) ;
- **Les indicateurs microbiologiques** : Les bactéries, virus, parasites...qui ne doivent pas être présents dans l'eau ainsi que des indicateurs bactériens de la bonne qualité globale de l'eau distribuée (**Chocat, 2015**).

I.2. Les techniques du traitement de l'eau

Depuis l'antiquité, l'homme essaie toujours à trouver et améliorer la qualité d'eau disponible et plusieurs techniques sont innovées pour atteindre cet objectif.

1.2.1. Le dessalement de l'eau de mer

La surface totale de la terre est recouverte par 72% de l'eau dont 97% de cette eau est salée et 3% d'eau douce (**Hervé, 2005**) duquel 1.1 milliard personnes n'ont pas accès à l'eau potable et 40% de population ne dispose pas d'un service d'assainissement de base (**Ponte, 2007**). Le dessalement est un enjeu stratégique et une ressource alternative pour satisfaire aux besoins en eau à court et à long terme (**Hervé, 2005**). Le dessalement de l'eau est en très forte croissance dans le monde qui due au manque sur le plan quantitatif et qualitatif en eau potable qui augmente de plus en plus et le dessalement de l'eau de mer est venu s'imposer pour pallier à ce déséquilibre (**Atallah, 2014**). La consommation mondiale d'eau a triplé entre 1950 à 1990, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliards d'habitants (**Nations Unis, 2001**). La capacité installée de dessalement augmente chaque année en moyenne de plus de 10%. Aujourd'hui, plus de 15000 unités de dessalement dans 120 pays produisent environ 40 millions de m³/j, dont les trois quarts issus de l'eau de mer et un quart des eaux saumâtres. Sur ces 40 millions, 75% sont destinés à la consommation humaine, 25% à un usage industriel ou

agricole. Rappelons que la capacité mondiale de production en eau potable est de l'ordre de 500 millions de m³ /j (Atallah, 2014).

I.2.1.1. Le dessalement de l'eau de mer en Algérie

L'expérience algérienne dans le domaine de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie pétrolière et métallurgique et le recours au dessalement en vue d'un usage exclusivement à la consommation humaine est quasi inexistant mais le recours à l'eau de mer devient par conséquent une solution avantageuse dans un pays où les barrages ne parviennent pas à couvrir la totalité des besoins (PAER, 2010). Une seule expérience de déminéralisation d'Ouled Djellal au Biskra (sud-est algérien) puis trois petits blocs de 8m³/h pour chacun ont été installés au complexe liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays) en 1964 (Habet, 2010). Et en 1969, l'apparition d'une autre installation avec une capacité de 4560 m³/j toujours à Arzew. Dès lors de nombreuses stations de dessalements ont été mises en place surtout avec la crise de ressources hydriques. Actuellement, 52 stations installées presque dans toutes les wilayas de la bande littorale parmi les grandes unités qu'ils sont installées à l'échelle nationale on a: El-Hamma, Arzew, Jijel, El-Kala, Ain Timouchent, Annaba, dont la quantité totale de l'eau dessalée en Algérie atteindre 60 millions m³ (Habet, 2010).

I.2.1.2. Les procédés de dessalement

Ces différents procédés peuvent être classés en trois grandes familles :

- a) Les procédés faisant intervenir un changement de phase :** procédés thermiques ou distillation ;
- b) Les procédés de péremption sélective à travers une membrane :** Consistent en :
 - Transfert d'ions sous l'action d'un champ électrique (électrodialyse) ou d'un gradient de pression (piezodialyse) ;
 - Transfert d'eau sous l'action d'un gradient de pression (osmose inverse) ou sous l'action d'un gradient de température (thermo-osmose) ;
- c) Autres procédés surtout les procédés chimiques**
 - Echanges d'ions ;
 - Humidification solaire ;
 - Congélation ;
 - Distillation solaire ;
 - Procédés combinant plusieurs méthodes (Hadjali, 2012).

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont les techniques les plus performantes et les plus commercialisées dans le marché mondial du dessalement à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent (**Salmon, 2012**).

1.2.2. L'eau douce

Le 3% du volume total de l'eau douce présent sur terre, soit environ 0,028 % de l'hydrosphère qu'il englobe les cours d'eau, les réservoirs naturels ou artificiels (lacs, barrages...) et les nappes souterraines dont la profondeur n'est pas trop importante pour qu'elles soient exploitables à des coûts abordables, et dont l'eau est appropriée à la consommation humaine (**Groupe Cartatout, 2008**).

1.2.2.1. L'eau douce dans le monde

Environ 80% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 20% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées mais seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007% du stock d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe (**Nations Unis, 2001**).

On estime que le monde contient 1400 millions de Km^3 d'eau, constituée d'eau douce à concurrence de 2,75% dont la plus grande proportion est sous forme de glace dans l'Antarctique et Green Earth. Le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord sont considérés parmi les régions les plus pauvres du monde en ressources en eau. La quantité moyenne d'eau disponible par personne et par an dans le monde est environ 7000 m^3 , tandis que la quantité moyenne d'eau disponible par personne et par an en Afrique du Nord et Moyen-Orient est aux alentours de 1200 m^3 seulement (**Touidjeni et Benarab, 2013**).

1.2.2.2. L'eau douce en Afrique

L'Afrique ne possède qu'environ 9% des ressources mondiales en eau douce et de 15 % de la population mondiale (**UNEP, 2010**). Il existe de grandes disparités dans la répartition de l'eau au sein des sous-régions d'Afrique où l'Afrique Centrale et Occidentale possèdent les plus grandes ressources (51 et 23% respectivement), tandis que la proportion n'est que de 3% pour l'Afrique Septentrionale (**UNEP, 2010**). Le continent Africain, connu par ses espaces désertiques ou denses, sa culture ancienne, est surtout la gravité des crises qui y prennent

place (**Rescan, 2005**). L'Afrique est un foyer de plus grands fleuves naturels et lacs artificiels du monde, en termes de volume, les lacs naturels et barrages où les ressources d'Afrique ont une capacité combinée de vingt fois ceux d'Amérique Latine mais peu profond, le lac Victoria est le deuxième plus grand lac d'eau douce au monde, avec une superficie d'environ 68600 Km², le lac Tchad est le lac principal le moins profond et aussi le quatrième plus grand en Afrique en termes de superficie ; il constitue également la zone humide la plus étendue de la région du Sahel (**UNEP, 2010**).

I.2.2.3. L'eau douce en Algérie

La population agglomérée (principale consommatrice d'eau potable) qui est de 30,5 millions d'habitants en 2010 passerait à 40 millions en 2030 et la demande en eau potable actuelle est estimée à 2400 hm³/an et environ 3200 hm³/an en 2030 si la demande reste à son niveau actuel (**Benblidia, 2011**).

Les potentialités en eau sont estimées à 18 milliards m³/an répartis comme suit :

- 12,5 milliards m³/an dans les régions nord dont 10 milliards en écoulements superficiels et 2,5 milliards en ressources souterraines (renouvelable) ;
- 5,5 milliards de m³/an dans les régions sahariennes dont 0,5 milliard en écoulement superficiels et 5 milliards en ressources souterraines (fossiles) (**Mozas et Ghosn, 2013**).

Selon divers rapports préparés par des experts et des organismes spécialisés dans le domaine des ressources en eau, l'Algérie est classé selon un rapport de la banque mondiale parmi les 17 pays africains qui souffrent de la pauvreté de l'eau à horizon 2025 (**Touidjeni et Benarab, 2013**). C'est ce qui encourage l'Algérie d'évoluer le nombre de barrages réalisés et ces capacités de stockage où de 2014 en Algérie disposera d'un patrimoine de 84 barrages.

I.2.2.4. Les procédés du traitement de l'eau douce

Le traitement des eaux douces s'effectue sur une série de traitement qu'ils peuvent comprendre d'abord, un prétraitement, des opérations de coagulation, des floculations, la sédimentation, la filtration et enfin une désinfection (**OMS, 2006**).

✓ **Les prétraitements** : Cette technique est appliquée aux eaux chargées en particules de grande taille susceptibles de perturber la mise en œuvre des traitements ultérieurs et se fait par : le dégrillage, le tamisage, la pré-décantation et la pré-oxydation (**CIE, 2008**) ;

✓ **La coagulation et la floculation**: L'objectif de cette opération est d'amorcer l'agrégation de particules colloïdales qui présentent un comportement très stable en solution par neutralisation des substances colloïdales ou dissoutes présente dans l'eau à traiter à l'aide

d'un produit chimique de charge opposée, généralement un sel de fer ou d'aluminium, le sulfate d'alumine, le chlorure ferrique et le sulfate ferreux (Tassin et Thevenot, 2015), puis agglomérées par une agitation lente et prolongée (Sturzenegger et Markus, 2010) et formation des micro-flocs qu'ils seront éliminés par les mécanismes de précipitation ; permet d'enlever ces substances qui sont des sources de turbidité et de couleur (Ali Abbou et Benmlouka, 2014). La floculation, par l'ajoute d'un flocculant minéral (silice activée), polymère naturel (alginate ou amidon) ou polymère de synthèse (à base d'acrylamide) (Sturzenegger et Markus, 2010) ;

✓ **La sédimentation** : L'extraction des "flocs" se fait ensuite par décantation ou flottation (CIE, 2008);

✓ **La filtration à sable** : Elle contribue à l'élimination des particules en suspension de certains parasites et des précipités de fer, aluminium et manganèse ainsi qu'à une réduction de la matière organique par des filtres monocouches (sable) ou des filtres bicouches (sable – anthracite ou charbon actif) qui retient davantage les particules en suspension (CIE, 2008) ;

✓ **La désinfection** : Qui permet de neutraliser les virus et bactéries pathogènes en réduisant les nuisances de goût et d'odeur liées à l'utilisation du chlore sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau javel), par l'ozone ou même par les ultraviolets (CIE, 2008). Compte tenu du degré d'inactivation microbienne nécessaire pour éliminer les agents pathogènes les plus résistants (OMS, 2006).

I.3. L'impacte de qualité de l'eau sur la santé humaine

Le droit à l'eau est devenu pour la plupart des gouvernements un droit économique et social; sa mise en œuvre effective nécessitera encore de gros efforts aux plans juridique et économique (Smets, 2012). L'eau est indispensable pour la vie des hommes, des animaux et des plantes et sa qualité est un problème universel de santé car elle peut transmettre et transmet des maladies dans les pays de tous les continents des plus pauvres aux plus riches (Degbey, *et al.*, 2010). Les changements climatiques constituent la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux (Nichane et Khelil, 2014).

En 2006, 54% de la population mondiale disposaient d'une connexion au réseau d'eau dans leur maison, terrain ou cour, et 33% utilisaient d'autres sources d'eau potables (Nations Unis, 2010). Cependant, le manque de l'eau potable est souvent lié à la pauvreté et a pour conséquence une altération de la santé notons que l'eau tue plus que la guerre (Hugonin,

2011). L'agriculture, l'industrie et la démographie sont les principales pressions sur l'eau et sont interdépendantes et en ajoutant les changements climatiques qu'ils sont encourus des intervenants majeurs dans l'affecte de la quantité et de la qualité d'eau ainsi le facteur des épidémies de MTH (maladie à transmission hydrique) est lourde pour l'Etat (**Nichane et Khelil, 2014**). Les maladies dues à l'eau sont nombreuses; dans les pays en développement, 80% des maladies sont liées à l'eau et causent la mort prématurée de trois millions de personnes chaque année, dont 90% sont des enfants de moins de cinq ans (**Hugonin, 2011**).

1.3.1. La pollution de l'eau

Les contaminants qui atteignent l'environnement aquatique constituent toujours un problème majeur soit à la vie de population aquatique soit à la santé humaine et qui perturbent les écosystèmes aquatiques (**Hénaut, 2011**). Généralement l'eau est polluée d'une manière directe (les ménages, l'industrie et l'agriculture) ou indirecte (pollution atmosphérique, pollution des sols...etc.).

1.3.2. La pollution par des agents infectieux

L'eau contaminée par des bactéries, des parasites, ou par des produits toxiques, peut provoquer des pathologies individuelles et collectives graves et endémiques (**Doumont et Libion, 2006**). L'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies (qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires), d'intoxications, de troubles sur la santé qui dues à la contamination de l'eau par des agents infectieux présents dans l'eau proviennent en règle générale de matières fécales humaines ou animales rejetées dans les eaux usées qu'ils ne sont pas totalement éliminés par l'assainissement et l'eau contaminée reste une source de gastro-entérites (**Delmont, 2016**). Ces épidémies dues dans la majorité aux bactéries qui provoquent le plus de gastro-entérites est *Campylobacter* aussi l'émergence de gastro-entérites dues à des protozoaires comme: le *Giardia* (**Health Link BC, 2013**). Dans l'eau existe d'autres virus l'exemple de virus de l'hépatite A ou E, virus de la poliomyélite. Enfin certaines bactéries qui vivent habituellement dans l'eau se sont avérées dangereuses pour les personnes fragiles ou immunodéprimées comme l'exemple de *Legionella*, *Mycobacterium avium* (**Guay et Roussel, 2013**).

Nous pouvons citer certain pays qu'ils sont touchés par des épidémies due à la contamination de l'eau par certaines germes dangereux :

✓ En 1991, le Pérou subit une épidémie de choléra : il y eut un million de malades et elle causa la mort de 10000 personnes et fut à l'origine de problèmes économiques dus à

l'interdiction d'exporter certains produits alimentaires qui furent chiffrés à un milliard de dollars (**Ghislain De, 2008**) ;

- ✓ La « tragédie de Walkerton » en Ontario au Canada en 2000: série d'événements qui ont accompagné la contamination de l'eau par un *Echerichia coli*, producteur de Shiga-toxine, ont nécessité un suivi à long terme des patients ayant présenté une gastro-entérite aiguë ;
- ✓ La contamination du l'eau potable par des eaux souillées de matières fécales à Delhi en Inde, 68% de la population est touchée. L'analyse rétrospective permet d'incriminer le virus de l'hépatite E (VHE) ;
- ✓ L'épidémie de gastro-entérites à Milwaukee (USA) en 1993 due au *Cryptosporidium parvum* avec 400000 cas, alors que l'eau était conforme à tous les critères classiques de potabilité (**Aubry et Gaüzère, 2011**).

Les agents pathogènes peuvent accroître considérablement le risque de maladie et déclencher des poussées de maladies véhiculées par l'eau à très larges proportions dans des courtes durées (**OMS, 2004**). Généralement la présence des coliformes fécaux est un indicateur de pollution microbiologique puisqu'elle signale, la plupart du temps, des rejets ponctuels d'eaux usées non traitées ou des apports d'origine diffuse liés à l'épandage ou au mauvais stockage des fumiers et lisiers (**Gareau et al., 1999**).

I.3.3. La pollution chimique

Ces substances de diverse nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique (**Harrat, 2007**).

La pollution chimique affecte tout le cycle de l'eau, depuis la pluie jusqu'aux eaux souterraines (**Hénaut, 2011**). On distingue parmi les produits chimiques ceux qui ont un effet néfaste à des concentrations de l'ordre de quelques milligrammes par litre, les macropolluants (nitrates, phosphates, matière organique en suspension) et ceux qui sont toxiques à des concentrations beaucoup plus faibles, les micropolluants (le plomb, les pesticides) (**Perdrix, 2002**). De nombreux micropolluants perturbent le système hormonal des mammifères (particulièrement l'homme), les mollusques et des poissons dans la nature et leur impact d'un point de vue écologique et sanitaire est catastrophique (**Hénaut, 2011**). Les pesticides présentent des propriétés cancérigènes pour les systèmes hématopoïétique, lymphatique et les tissus mous, mais aussi pour le côlon, la prostate, l'ovaire, le cerveau et le sein prenant l'exemple de la contamination de l'eau par les nitrites qui provoquent une oxydation du fer de l'hémoglobine dans les érythrocytes et compromet la capacité du sang à transporter l'oxygène

dans les cellules de l'organisme (**Gareau et al., 1999**). Les médicaments ont en commun avec les pesticides d'avoir été conçus pour avoir un effet sur les êtres vivants mais la priorité est actuellement donnée à la pollution de l'eau par les antibiotiques, les hypocholestérolémiants et les psychotropes (**Hénaut, 2011**). De plus, plusieurs de ces contaminants sont persistants et bio-accumulables, ce qui signifie qu'ils peuvent entraîner des effets nuisibles sur tous les maillons de la chaîne alimentaire, incluant la faune terrestre et avienne ainsi que l'humain, du fait que les contaminants sont transmis d'un maillon à l'autre par la consommation d'organismes aquatiques contaminés (**Gouvernement du Québec, 2002**).

I.3.4. La pollution par la radioactivité

La radioactivité est une transformation spontanée d'un noyau atomique qui permet l'émission d'un ou plusieurs rayonnements ou particules qui a deux types de rayonnement: rayonnement gamma et X avec deux particules alpha et bêta (**Boucheseiche et al., 2002**). La radioactivité naturelle dans les eaux dépend de la nature géologique des terrains qu'elles traversent, du temps de contact avec l'eau, de la température et de la solubilité des radioéléments rencontrés et ils sont recherchés en cas de dépassement des indicateurs de qualité on a par exemples : le plomb 210, l'uranium, le radium 226, le radium 228 et le thorium 228 sont à l'origine de ces valeurs élevées où leurs consommation et utilisation pour la préparation des aliments sont déconseillées pour les nourrissons, les enfants et les femmes enceintes à cause des dommages génétique qu'il peuvent provoquer (**Caamaño et al., 2011**). Egaleme nt, ils peuvent provoquer des épidémies comme les cancers mortels, l'apparition des tumeurs, la fragilité préexistante et les agressions diverses auxquelles soumis les organes conditionnent le déclenchement de plusieurs maladie (**Guido, 2000**). Dans l'environnement, les radioéléments sont à l'état artificiels et naturels, ils ont plusieurs origines: tellurique (rayons cosmiques, radioéléments de l'écorce terrestre...); retombées des explosions nucléaires aériennes; retombées de l'accident de Tchernobyl; des effluents des installations nucléaires ; des hôpitaux, laboratoires, industries... (**Boucheseiche et al., 2002**).

***Matériels et
Méthodes***

II.1. Description de la station de production de l'eau potable Koudiat Acerdoune

Dans cette partie nous avons effectué une série d'analyses de l'eau brute et traitée à fin d'étudier la qualité de l'eau avant et après transfère.

II.1.1. La situation géographique

Le barrage de Koudiat Acerdoune est l'un des grands projets de transferts d'eau en Algérie et se situe sur l'oued Isser, dans la commune de Maala, qui se trouve dans la partie ouest de Bouira dans la Daïra de Lakhdaria, à une cinquantaine de kilomètres du chef – lieu de wilaya de Bouira et à une distance de 80 Km au sud-est d'Alger.

Le barrage a une capacité de 640 million m³ et d'un volume de 178 million m³ annuellement, c'est le deuxième barrage hydraulique après celui de Ben Haroun à la wilaya de Mila. La mise en service officielle du barrage de Koudiat Acerdoune a été en février 2010.

II.1.2. La distribution de l'eau potable

La station de production de l'eau potable Koudiat Acerdoune est rattachée administrativement à la commune Djebahia (wilaya de Bouira) et se situe à environ 15,4 Km du barrage de Koudiat Acerdoune. Elle occupe une superficie de 28 hectares. La station est conçue pour l'alimentation près de 1,5 million d'habitants des wilayas du centre du pays en eau potable de communes suivantes :

- Dans la wilaya de Bouira : Lakhedaria, Kadiria, Sour el Ghozlane, Djebahia, Ain bessam, el Hachimia, Souk elkhemise, Dirahe, Raouraoua, Birgheballo et el Mokrani ;
- Dans la wilaya de Tizi-ouzou: Draa el Mizan, Bougheni, Tizi-ghanife, Ouadhia, Mechetara, Bounouh, Frikate, Ain zaouia et Assi Yousef ;
- Ainsi quelques communes de wilaya de M'sila, et Médéa.

II.1.3. Les procédées de traitement appliqué dans la station

La station de traitement est constituée de 02 filières jumeaux chacune contient: un ouvrage d'entrée est lié 01 robinet brise charge, 01 cascade d'aération, 04 chambres de répartition, 04 chambres de mélange, 04 Densadegs, 08 filtres, 01 bâche de contact et 01 réservoir.

Le traitement se décompose comme suit :

- L'arrivée d'eau brute à la station avec mesure de débit et la dépression par brise-charge ;
- L'aération de l'eau brute par cascade ;
- Le mélange hydraulique des réactifs avec addition de chlore, permanganate de potassium, acide sulfurique, soude et charbon actif en poudre ;

- Répartition vers des décanteurs Densadegs avec addition de sulfate d'alumine dans la chambre de mélange en entrée de chaque décanteur ;
- Clarification dans les décanteurs lamellaires pour la floculation et la décantation des matières coagulées ;
- Le mélange mécanique avec l'injection de sulfate d'alumine en sortie de chaque Densadeg pour la neutralisation du polymère résiduel ;
- La filtration sur filtres à sable gravitaires type Aquazur V à débit et niveau constants pour éliminer les matières en suspension ;
- Le stockage de l'eau filtrée dans un réservoir, prévenu d'une cuve de contact, pour une désinfection finale au chlore (post-chloration) ;
- La correction finale du pH avec de la soude pour s'assurer que l'eau n'est pas agressive.

II.1.4. Les paramètres mesurés au niveau de la station Koudiat Acedoune

Les analyses physico chimiques et microbiologiques restent le seul moyen pour déterminer la nature exacte des polluants et micro organismes pathogènes qu'ils peuvent atteindre l'eau brute et l'eau traitée.

II.1.4.1. Les analyses physicochimiques

Ces paramètres sont : le pH, la conductivité, la turbidité, la température et le chlore libre. Ces analyses sont faites 4 fois par jour au sein de laboratoire KA.

Autres analyses sont réalisées 3 fois par semaine au sein de laboratoire de la station KA. Les paramètres mesurés sont :

a) **Les paramètres physico-chimiques** : MES à 105 °C, résidus sec à 105 °C et à 180 °C.

b) **La mineralization globale**: TA, TAC, HCO_3^- , CO_3^{2-} .TH, TH Ca, TH Mg, Cl^- , sulfate et le fer.

- **La détermination de TA, TAC, HCO_3^- et CO_3^{2-}** : détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutralisation, aux niveaux de pH = 8,3 et 4,3, le volume de l'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

- TA et TAC sont exprimés en mg/l par les expressions suivantes :

$$\text{TA} = (\text{V}_1 * \text{N} * 1000) * \text{masse molaire des carbonates} / \text{V}$$

$$\text{TAC} = (\text{V}_2 * \text{N} * 1000) * \text{masse molaire des bicarbonates} / \text{V}$$

V : Volume de l'échantillon ;

V₁ : Volume de HCl versé pour l'obtention de pH = 8,3 ;

V₂ : Volume de HCl versé pour l'obtention de pH = 4,3 ;

Masse molaire des carbonates = 60 mg ;

Masse molaire des bicarbonates = 61 mg.

Si l'eau contient des bicarbonates donc : **TA= 0** et **TAC = (HCO₃⁻) mg/lCaCO₃= V₁*61**

Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc : **TA= (CO₃²⁻) /2 en mg/l CaCO₃et**

TAC = (HCO₃⁻) + 2 TA en mg/l CaCO₃

- **La détermination du la dureté total** : la dureté calcique et magnésienne est donné en

mg/l par les formules suivantes : **Ca²⁺ mg/l = $\frac{(V_1 * f * C * M_{Ca^{2+}})}{P.E} * 1000$**

Mg²⁺ mg/l = $\frac{(V_2 - V_1) * C * f * M_{Mg^{2+}}}{P.E} * 1000 = \frac{((V_2 - V_1) 0,02 * f * 24,3)}{50} * 1000$

TH_{total} = TH_{Mg²⁺} + TH_{Ca²⁺}

D'où: **V₁**: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée ;

V₂ : Volume total d'EDTA ;

C : Concentration molaire d'EDTA (0,02 mol/l);

M_{Ca²⁺} : Masse molaire du magnésium en g;

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage) ;

f : Facteur de dilution.

- **La détermination des chlorures (Cl⁻)** : réaction des ions chlorures avec les ions d'argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions d'argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

mg/l de Cl⁻ = $\frac{(V_{AgNO_3} * N_{AgNO_3} * M_{Cl^-} * f * 1000)}{PE}$

V_{AgNO₃}: Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon;

N_{AgNO₃}: Normalité d'AgNO₃;

M_{Cl⁻}: Masse molaire des chlorures;

f: Facteur de correction du titre d'AgNO₃ ;

PE : Prise d'essai.

- **Le sulfates (SO₄²⁻)** : les ions de sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl₂ et la valeur de SO₄²⁻ en mg/l lue sur le spectrophotomètre à 420 nm.

- **Le dosage du fer par spectromètre à la phénantroline :** l'addition d'une solution de phénantroline à une prise d'essai et mesurage photométrique de complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

c) **Paramètres de pollution :** Les paramètres analysés sont : l'azote ammoniacal (NH_4), les nitrites (NO_2^-), les phosphates (PO_4^{3-}), les nitrates (NO_3^-) et les matières oxydables en milieu acide (MO).

II.1.4.2. L'analyse bactériologique

Principe générale : Cette analyse ne peut être valablement interprétée que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevée dans un récipient stérile. La qualité de l'eau doit respecter l'ensemble des exigences de qualité réglementaires et sanitaires. Afin de déterminer les différents types bactériens, nous avons prélevé d'une manière stérile 1 millilitre de l'échantillon qu'est placé dans un milieu de culture spécifique au type de bactéries que l'on souhaite mettre en évidence. Après une certaine période d'incubation à une température déterminée, il reste à compter les colonies de bactéries s'étant développées sur le milieu (ces analyses se fait 4 fois par jour).

II.1.4.2.1. Flores mésophiles totales

La charge totale en bactéries aérobies du l'eau est utilisée pour évaluer la pureté des sources d'eau où ces variations importantes servent à indiquer une détérioration possible de la qualité de l'eau et nécessitant des analyses plus approfondies.

L'ensemencement en profondeur ou par étalement en surface d'un milieu de culture nutritif gélosé spécifié dans des boites de pétri de volume déterminé de l'échantillon ou de dilution de l'échantillon. L'incubation d'un jeu des boites à 37 °C pendant 24 heures ou 48 heures et d'un autre jeu à 22 °C pendant 72 heures. Exprimer les résultats en en unité formatrice de colonie par ml (UFC/ml) en précisant la température et la durée d'incubation.

II.1.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en formes de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose induisant à la production d'acide et de gaz. Ce sont des bactéries utilisés comme indicateur de la qualité microbiologique de l'eau ou leur présence dans l'eau à certain seuil

annonce une contamination de l'eau potable. L'espèce caractéristique principale des coliformes: *Escherichia coli*, mais d'autres bactéries comme *Citrobacterersp* et *Klebillasp*. Les coliformes fécaux ont les mêmes caractéristique que les coliformes totaux mais ayant la particularité de produire de l'indole à partir de tryptophane.

Après filtration de l'eau étudiée, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de coliforme de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et sans aspect suffisamment caractéristique pour autoriser un diagnostic présomptif. Celui-ci peut d'ailleurs être confirmé par des repiquages judicieux.

II.1.4.2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les entérocoques indique par leur présence dans l'eau en nombre élevé est un indicateur d'une contamination de l'eau par des excréments ainsi que la présence possible d'autres germes porteurs de maladies.

Les entérocoques sont capable de se développer en 24 à 48 heures à 37 °C sur un milieu sélectif a l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolyse l'esculine en 2 heures à 44 °C après repiquage d'une colonies sur une gélose biliée a l'esculine et a l'azoture. Les résultats en unité formatrice de colonie par ml (UFC/ml).

II.1.4.2.4. Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) : (ses analyses se fait 3 fois/semaine), sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale et ils permettraient ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente. Au sens de cette méthode, en entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à température d 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Typhose sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Fois, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne.

II.2. La station de dessalement du Cap Djinet

II.2.1. La présentation de la station du Cap Djinet

La station de dessalement du Cap Djinet est située au bord de la méditerranée, près de la ville de Boumerdes à 30 Km à l'est du chef-lieu de la wilaya. La mise en service finale a été en

mois d'Aout 2012 avec un débit de production du 100000 m³/j en utilisant la technique de l'osmose inverse.

II.2.2. La distribution de l'eau potable

La production de l'eau potable est destinée vers les villes suivantes : Alger, Bordj Menail, Zemmouri, Boumerdes, Dellys, Afér, Tizirt et Azfoun.

II.2.3. Les procédés de traitement appliqué dans la station de dessalement

Le procédé de traitement au niveau de la station Cap Djinet est l'osmose inverse avec 8512 membranes. La capacité de production est 222000 m³/ jour à 45% d'un taux de conversion avec une conduite de captation à un diamètre de 1800 mm, une longueur de 1,8 Km et une profondeur de 20 m. Pour le rejet de saumure a un diamètre de 1200 mm, longueur 1,2Km et une profondeur de 8m. Les procédés d'osmose inverse contient 7 unités de membrane par tube de pression, 152 tubes de pression par châssis, 8 unités de châssis, le nombre totale de membrane est 8 512 unités d'un diamètre de 200 mm sachant que la pression de chaque châssis est de 70 bars et la pression de pompe haute pression (HP) est de 63 bars. Pour la zone des filtres à sable et anthracite on a: 12 filtres à sable en bicouche, 12 réservoirs à anthracites, 8 filtres à sable monocouche et 8 filtres à cartouches. Ensuite la zone de production possède: 05 pompes de recirculation, 08 unités d'osmose inverse et 05 Pompes Haute Pression (HP). En fin, le bâtiment de saumure où tous ses rejets sont collectés dans ce bassin avant d'être rejeté à la mer via un canal souterrain qui a un diamètre de 1200 mm, à 1,2 Km de la côte et une profondeur de 8m.

Les différentes étapes de l'usine de dessalement sont :

- ✓ Le captage d'eau de mer se réalise à travers un seul point qui permette généralement d'obtenir une eau de bonne qualité, ce qui soulage d'autant les prétraitements, et de s'affranchir des risques entraînés par des pollutions accidentelles de l'eau de mer ;
- ✓ Le prétraitement chimique où se fait l'injection des réactifs suivants : l'acide sulfurique, l'hypochlorite de sodium, le bisulfite de sodium, l'inhibiteur d'incrustation, le carbonate de chaux et le CO₂ ;
- ✓ Le pompage de transfert de l'eau de mer après un prétraitement à l'alimentation des filtres à sable en eau de mer ;
- ✓ L'injection des produits chimiques; une série des produits chimiques qui doivent être injecté le long du procès afin d'assurer un bon rendement et une bonne qualité de l'eau produites dont le permanganate de potassium, l'acide sulfurique (H₂SO₄), le coagulant/floculant et l'hypochlorite de sodium ;

- ✓ La filtration de l'eau de mer est prévue pour protéger les pompes et assurer le bon fonctionnement des pulvérisateurs. Son objectif est donc l'élimination de toutes les matières en suspensions dont le diamètre varie entre 5 à 10 µm et qui n'ont pas été éliminés lors de la décantation ;
- ✓ La deuxième étape de filtration qu'ils sont des filtres rotatifs à lavage automatique ;
- ✓ La microfiltration « filtre à cartouches » qui est la dernière étape du prétraitement avec l'injection d'inhibiteur d'incrustations et bisulfite de sodium (Na_2SO_3) ;
- ✓ Pompe à Haute Pression (HP) de 63 bars sert à alimenter l'unité d'osmose inverse en eau prétraitée et filtrée ;
- ✓ La récupération de l'énergie hydraulique de l'eau de mer rejetée après l'OI (55% de l'eau de mer entrée à la station) par les pompes BOOSTER afin de réduire la consommation en énergie électrique. Le concentrât coule ensuite librement à travers un tuyau d'écoulement vers le bac de saumure ;
- ✓ L'eau passe à la chambre de CO_2 pour mettre le milieu acide, dissoudre la calcite et réduire le pH ;
- ✓ La reminéralisation de l'eau a pour effet de corriger le goût de l'eau, aussi d'augmenter le TAC et/ou le TH calcique, de plus, l'augmentation de pH. Son but est le plus souvent de permettre la formation de la couche protectrice à l'intérieur des conduites. Il peut être aussi de répondre à des exigences de qualité d'eau de fabrication ou encore d'améliorer les qualités organoleptiques, pour obtenir une eau non agressive, non corrosive et apte à la consommation ;
- ✓ Le post traitement permet de potabiliser l'eau en 2 étapes : la correction de la corrosivité par l'ajout du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou du CaCO_3 et la désinfection finale par l'hydroxyde de sodium et la soude NaOH ;
- ✓ Les dernières étapes : pompage de l'eau produite vers distribution, stockage et pompage de saumure pour lavage des filtres, pompage de recirculation et évacuation de sous-produits de lavage.

II.2.4. Les paramètres mesurés au niveau de la station Cap Djinet

II.2.4.1. Les analyses physicochimiques

Tous les paramètres réalisés au niveau de la station Kodiat Acerdoune sont les mêmes au niveau de la station Cap Djinet à l'exception des résidus secs à 105 °C ; sulfate ; matières organiques ; NO_2^- ; NO_3^- ; PO_4^{3-} . Sachant que tous les paramètres considérées comme des

analyses partielles et complète au niveau de la station Kodiac Acerdoune se sont des analyses partielles au niveau de Cap Djinet et se fait 1 fois par jour. Egalement, d'autres paramètres sont analysés au niveau de la station de Cap Djinet :

- ✓ TDS (Total Dissout Solides);
- ✓ Salinité;
- ✓ Bore.

Les autres analyses sont réalisées au niveau de la zone d'étude selon la demande de l'Algérienne Des eaux (ADE). Ces paramètres sont les suivants :

- ✓ Sodium ;
- ✓ Potassium ;
- ✓ Chlorures ;
- ✓ Nitrites ;
- ✓ Nitrates ;
- ✓ Sulfates ;
- ✓ Analyses bactériologiques.

II.3. Analyse statistique

L'analyse statistique est effectuée à l'aide d'un logiciel de statistique Stat.view 5.0 (Abaccus). Les valeurs sont exprimées sous forme de moyenne \pm erreur standard. Des coefficients de corrélation ont été utilisés pour explorer les relations existantes entre les différents paramètres. L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour comparer les valeurs de chaque paramètre par rapport à chaque localité. La différence a été considérée comme statistiquement significative à $P \leq 0,05$.

Résultats et Discussion

III.1. Les analyses physicochimiques

➤ Selon la figure N° 01 nous avons représenté la variation du pH en fonction de la date. Nous pouvons voir que le pH de l'eau traitée de la station de KA est d'une moyenne de $(7,89 \pm 0,05)$. Tandis que les valeurs minimales et maximales sont enregistrées le 02 mars (pH = 7,22) et le 10 avril (pH = 8,02). Par contre, pour la station de CDJ nous pouvons voir que le pH est plus élevé que la station du KA (Moyenne = $8,34 \pm 0,04$). D'après les normes de potabilité des eaux établies par l'OMS qui fixe la valeur de pH entre 6,5 à 9,5, on remarque que le pH des deux stations est acceptable, sachant que le pH de la station de KA est plus tolérable à la santé humaine par rapport au pH de CDJ. Généralement, le pH est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Kassim, 2005). D'autre part ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Heriarivony *et al.*, 2015).

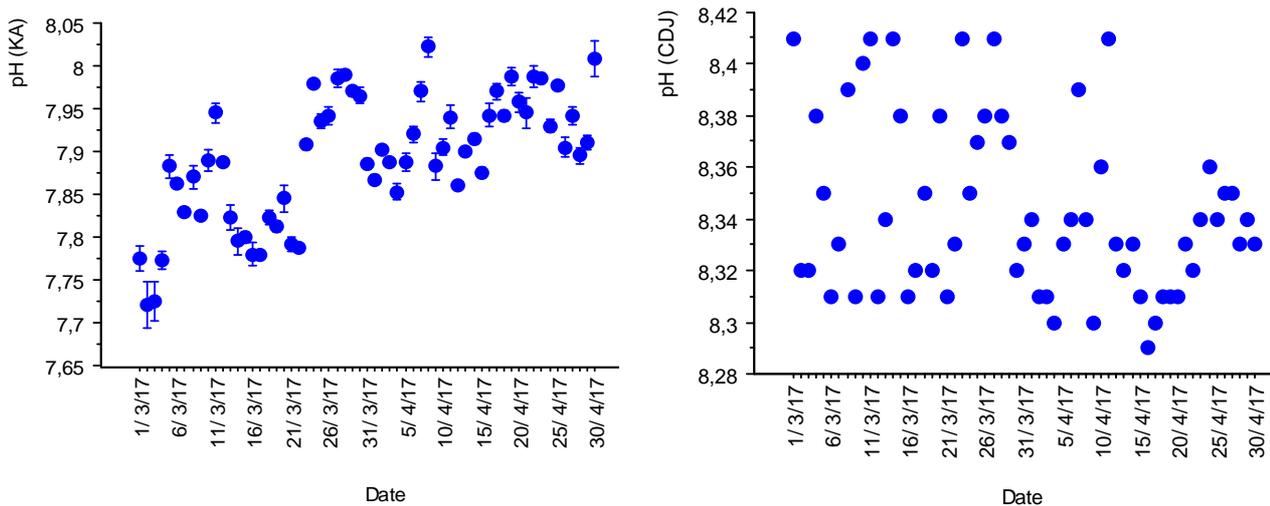


Figure N° 01: Nuage des points montrant la variation du pH de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

➤ Dans les deux zones d'études la température en fonction de temps, on observe une augmentation croissante depuis le début de mois du Mars jusqu' à la fin de moins d'Avril ($13,4 \text{ °C}$ et $19,3 \text{ °C}$, respectivement). La moyenne de la température pendant notre travail est de $(15,53 \pm 5,9 \text{ °C})$. Par contre, la température de l'eau dans la station de CDJ est plus au moins stable (18 °C). Selon les normes de l'OMS, la température de l'eau des deux stations

est dans ses limites qu'ils sont fixés dans les alentours de 20 °C. En général, l'eau de mer est plus ou moins froide suivant la latitude qui est chaude à l'équateur et froide aux pôles à cause des échanges thermiques entre la surface de l'eau de mer et l'atmosphère (Bernard, 2004). En revanche, la température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables, de plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau hydrologique et qui favorise la croissance bactérienne et la corrosion en diminuant l'effet du chlore résiduel (Celierier et Faby, 2003).

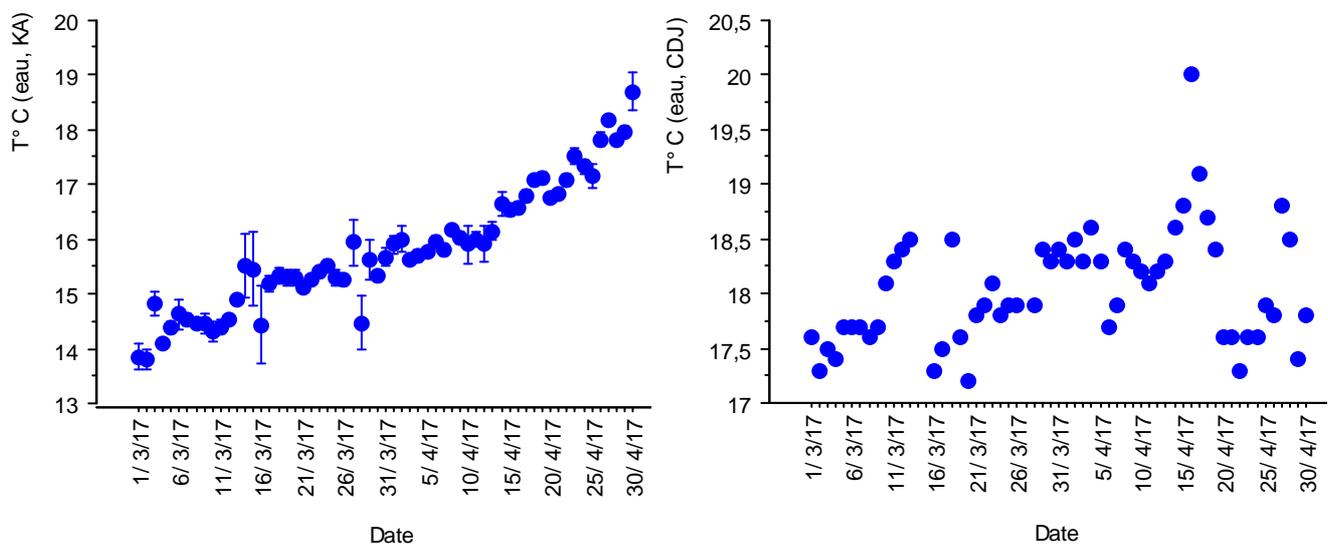


Figure N° 02: Nuage des points montrant la variation de la température (°C) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

➤ Les résultats concernant les mesures de la turbidité de l'eau de la station de production KA est variée avec le temps (Moyenne = $0,26 \pm 0,02$), nous pouvons voir que ce paramètre augmente depuis le début du mois d'Avril jusqu'à atteindre les valeurs maximales en fin de même mois ($0,19 \pm 0,01$ NTU à $0,39 \pm$ NTU), puis diminue pour atteindre les valeurs minimales en fin du mois de Mars ($0,39$ NTU à $0,24 \pm 0,01$ NTU). Même conclusion à retenir pour la station de CDJ, la turbidité semble être plus au moins stable depuis le début jusqu'à la fin de notre échantillonnage (Moyenne = $0,75 \pm 0,03$ NTU). Nous pouvons conclure que les valeurs de turbidité pour les deux stations correspondent aux normes de l'OMS et qui

recommande que les valeurs de turbidité ne doit pas être supérieur à 5 NTU. En effet, la turbidité de KA est inférieure à celle de CDJ, bien que ce paramètre affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson car les consommateurs sont très sensibles par rapport à ce paramètre et qu'est une cause majeure de changement de la coloration de l'eau (Andriamihaja, 2014). La turbidité exprime le degré de présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques (Kassim, 2005); elle est aussi influencée par l'abondance des précipitations (Couillard *et al.*, 1992).

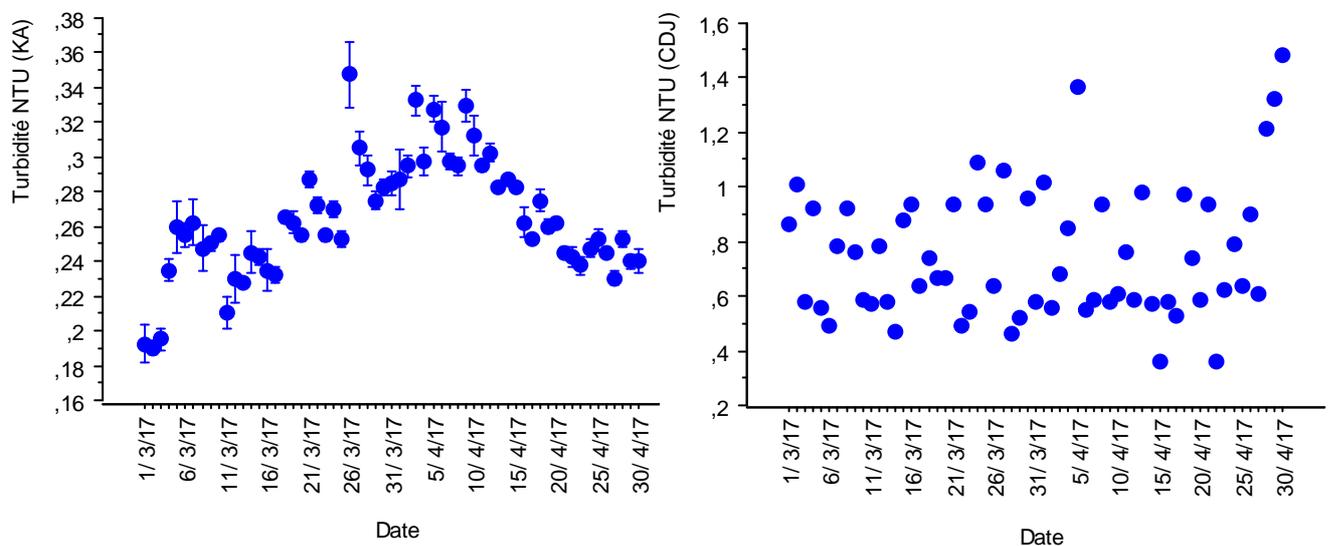


Figure N° 03: Nuage des points montrant la variation de la turbidité (NTU) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

➤ La figure N° 04 représente la variation de la conductivité en fonction du temps. Nous pouvons retenir que la conductivité également varie en fonction du temps, dans la station de KA la conductivité est d'une moyenne égale à $1136 \pm 0,22 \mu\text{s/cm}$. Les valeurs minimales et maximales sont enregistrées au début et à la fin de notre période d'échantillonnage ($1128,50 \pm 2,02$ et $1144,25 \pm 0,94 \mu\text{s/cm}$, respectivement). Pour la station de dessalement CDJ on observe presque une stabilité de la conductivité avec une moyenne de $484,08 \pm 5,68 \mu\text{s/cm}$. Les valeurs maximales et minimales sont enregistrées au début de mois de Mars et à la fin de mois d'Avril ($468 \mu\text{s/cm}$ et $497 \mu\text{s/cm}$, respectivement). Les échantillons de l'eau analysés à

la station KA indiquent un degré de minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ par rapport à la station CDJ mais les deux valeurs restent dans les normes OMS où elle doit être inférieure à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Ces changements de la conductivité due à plusieurs paramètres, la concentration et la mobilité d'ions et de la température de l'eau (la température affecte la vitesse ionique et par conséquent fait augmenter la conductivité de 2% / °C) (Couillard *et al.*, 1992 ; Andriamihaja, 2014) et la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (Tabouche et Achour, 2004).

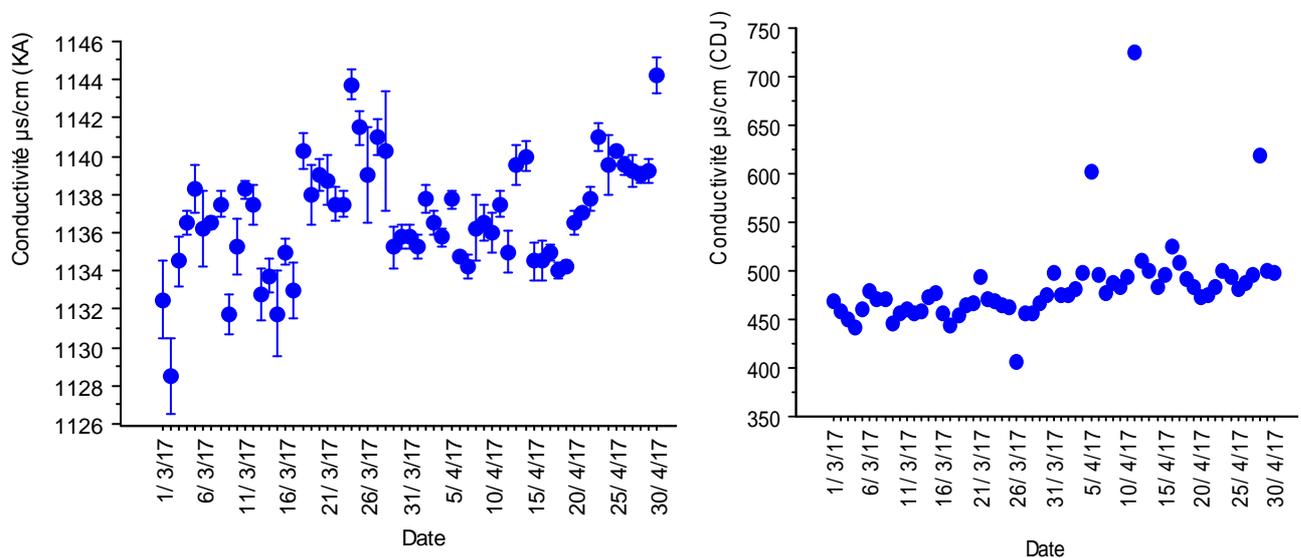


Figure N° 04: Nuage des points montrant la variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) de l'eau traitée en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Aceerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

➤ Pour la variation de chlore résiduel, nous pouvons voir sur la figure N° 05 que ce paramètre a une tendance décroissante en fonction du temps dans la station de KA et croissante dans la station de CDJ. La valeur moyenne dans la première station est de $0,63 \pm 0,008$ ppm, au début de mois la concentration de chlore est de $0,72 \pm 0,03$ ppm et $0,58 \pm 0,05$ ppm. Par contre dans la station de CDJ, la valeur moyenne de chlore résiduel est de $0,26 \pm 0,05$ ppm, au début de mois d'Avril est de $0,22 \pm 0,05$ ppm et à la fin du mois de Mars est de $0,27 \pm 0,05$ ppm. Généralement, le chlore est utilisé comme un désinfectant et dans

l'oxydation de divers éléments contenus dans l'eau. La dose de ce paramètre est fixé par l'OMS à 0,5 ppm (Heriarivony *et al.*, 2015). Selon ces résultats, nous pouvons déduire que les valeurs moyennes de chlore libre de l'eau traitée est dans les normes selon OMS, sachant que la valeur moyenne de chlore libre de station de KA est supérieur à la valeur moyenne de la station de CDJ. La présence de chlore à un dosage strictement réglée est très important pour préserver la santé humain car un surdosage de chlore peut apparaisse à l'eau un goût désagréable et la formation de composés potentiellement toxiques tels que les trihalométhanes qui affecte directement la santé du consommateur et la formation de composés organohalogénés qui peuvent provoquer des effets mutagènes et cancérigènes, d'autre part à l'absence de chlore résiduel peut provoquer la propagation des maladies à transmission hydrique (M.T.H) (Heriarivony *et al.*, 2015). Il paraît donc essentiel de vraiment contrôler cette matière responsable de l'instabilité de la qualité de l'eau avec le temps (Achour et Guesbaya, 2005).

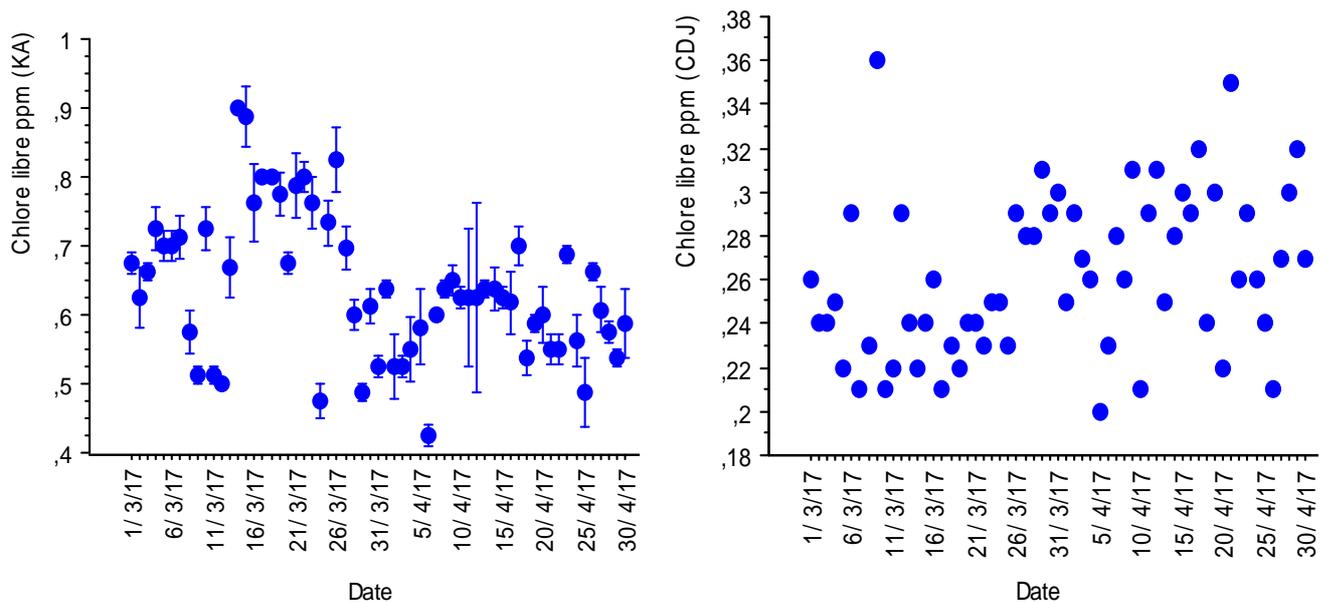


Figure N° 05: Nuage des points montrant la variation du chlore libre en fonction de temps au niveau des deux stations Koudiat Acerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

➤ Les valeurs de taux des sels dissouts (TDS) des eaux brutes de mer au niveau de la station de CDJ sont représentées dans la figure N° 06. La moyenne de la TDS est de $38,89 \pm 0,04$ g/l et les valeurs minimales et maximales varient entre $38,10 \pm 0,22$ et $39,40 \pm 0,08$ g/l. Notant

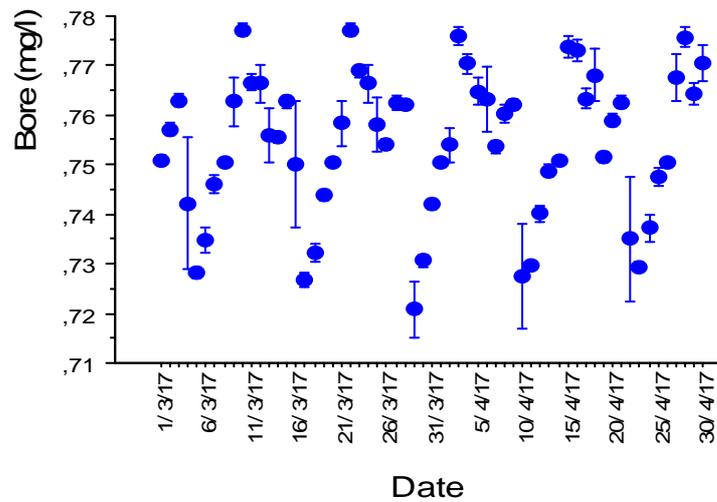


Figure N° 08: La courbe de bore obtenue de l'analyse de l'eau traitée de l'eau de mer à la station Cap Djinet (CDJ). Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm Erreur standard, ($P \leq 0,05$).

III.1.2.a. Les paramètres physico-chimiques

Pour évaluer les paramètres physico-chimique, nous avons mesuré la matière en suspension (MES à 105 °C), résidus sec à 105 °C et à 180 °C.

➤ Dans le tableau N° 01 nous avons représenté la variation des paramètres cités ci-dessus. Les MES représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux, elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, la saison, la pluviométrie, le régime d'écoulement des eaux comme une forme de pollution (**Atallah, 2014**). Zéro mg/l est la teneur moyenne en matières en suspensions (MES) au niveau de (KA) par contre au niveau de la station de (CDJ), la valeur de MES est égale à $13,81 \pm 1,39$ mg/l pour l'eau brute. La détermination des résidus secs à 105 °C pour la station de (KA) a des valeurs qu'ils sont dans l'intervalle des normes de l'OMS. Pour les résidus secs à 180 °C, nous pouvons observer que l'eau de mer est très chargée en résidus secs avec $2064 \pm 2,48$ mg/l par rapport à la station de (KA) qui est de $794,58 \pm 10,33$ mg/l.

Tableau N° 01: Les résultats des paramètres physicochimiques.

Qualité de l'eau	MES (mg/l)	Résidus secs à 105 °C	résidus secs à 180 °C (mg/l)
Norme OMS	/	< 2000	/
Eau brute (KA)	0	760 ± 0	794,58 ± 10,33
Eau brute (CDJ)	13,81 ± 1,39	/	2064 ± 2,48
Eau traitée (KA)	0	834,3 ± 10,24	792,00 ± 10,24

III.1.2.b. La minéralisation globale (TAC, TA, HCO₃⁻, CO₃⁻, TH, TH Ca, TH Mg, Cl⁻, sulfate et le fer).

➤ L'alcalinité totale (TAC) représente la somme des hydroxydes (OH⁻), des carbonates (CO₃⁻) et bicarbonates (HCO₃⁻) dans les eaux naturelles (Ahmouda et Biaa, 2016). Sur le tableau N° 02 nous représente la variation des différents paramètres cités ci-dessus. Nous pouvons voir que le taux d'alcalinité est différente entre les deux zones d'études ; car le pH est différent entre les deux stations. Pour la station de KA le pH est inférieur à 8,3 donc automatiquement le TA et le CO₃⁻ est égale à 0, par contre dans la station de CDJ où le pH est supérieur à 8,3 donc le TA a été détecté à 3,36 ± 4,28 mg/l CaCO₃. En revanche, le TAC de l'eau brute et traitée de la station de KA sont égale à 146,5 ± 0 mg/l CaCO₃ et 144,8 ± 10 mg/l CaCO₃, respectivement, et celui de CDJ est égale à 58,18 ± 2,4 mg/l CaCO₃. En outre, les concentrations de CO₃⁻ de l'eau traitée de KA est et de 5,91 ± 2,59 mg/l pour CDJ. D'autre part, la concentration de HCO₃⁻ est de l'ordre de 176,66 ± 12,2 mg/l et 176,66 ± 12,2 pour l'eau brute et traitée de KA et 65,08 ± 5,1 mg/l pour l'eau traitée de CDJ, successivement. Rappelant que ces valeurs sont toujours dans les limites des normes OMS.

Tableau N° 02: Résultat d'analyse alcalimétrique de l'eau de Koudiat Acedoune (KA) et Cap Djinet (CDJ).

Qualité de l'eau	TA (mg/l CaCO ₃)	TAC (mg/l CaCO ₃)	CO ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)
Normes OMS	/	< 500	/	/
Eau brute (KA)	0	146,5 ± 0	/	179,73 ± 3,02
Eau traitée (KA)	0	144,8 ± 10	0	176,66 ± 12,2
Eau traitée (CDJ)	3,36 ± 4,28	58,18 ± 2,4	5,91 ± 2,59	65,08 ± 5,1

➤ La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques plus souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} (**Ahmouda et Biao, 2016**) et qui sont représentées dans le tableau N° 03. Nous pouvons remarquer une différence importante entre le TH total de la station KA et la station CDJ due à la différence dans le principe de traitement de l'eau entre les deux stations d'études mais ça reste toujours dans les normes indicative de l'OMS. La même remarque pour la composition en dureté calcique (TH Ca^{2+}) et magnésienne (TH Mg^{2+}) mais à des constituants plus au moins identiques entre les deux zones d'étude et encours inférieur aux règles acceptable par l'OMS. La dureté possède des propriétés gênantes telles que formation de dépôts durs dans les canaux de distribution et il existe une corrélation statistique inverse entre la dureté de l'eau potable et certains types de maladies cardio-vasculaires (**Guergazi et Achour, 2005 ; Kahoul et Touhami, 2014**).

Tableau N° 03: L'analyse de TH total, TH Ca^{2+} et TH Mg^{2+} au niveau de la station de Koudiat Acerdoune (KA) et Cap Djinet (CDJ).

Qualité de l'eau	TH _{total} (mg/lCaCO ₃)	TH Ca^{2+} (mg/lCaCO ₃)	TH Mg^{2+} (mg/l CaCO ₃)
Normes OMS	< 500	< 200	< 150
Eau brute (KA)	415 ± 10	99,06 ± 3,98	38,28 ± 1,2
Eau traitée (KA)	421,24 ± 2,88	96,19 ± 3,8	41,78 ± 13,92
Eau traitée (CDJ)	68,21 ± 3,78	95,22 ± 1,01	41,59 ± 3,48

➤ D'autres éléments sont présents à l'état naturel dans l'eau tel que Cl⁻, sulfate et le fer. Leur concentration est résumée dans le tableau N° 04. La teneur de ces éléments dans l'eau est très variable et liée principalement à la nature des terrains traversés (**Kahoul et Touhami, 2014**). Les résultats ont montré que la teneur en Cl⁻ à la station KA est égale à 158,4 ± 9,30 mg/l pour l'eau brute et 154,46 ± 1,40 mg/l pour l'eau traitée. Pour le sulfate et le fer, on note une différence presque négligeable soit entre les deux stations ou entre l'eau traitée et l'eau brute avec l'appartenance complète de tous ces éléments aux normes OMS.

Tableau N° 04: La composition de l'eau brute et traitée en Cl⁻, sulfate et en fer à la station Koudiat Acedoune (KA) et Cap Djinet (CDJ).

Qualité de l'eau	Cl ⁻ (mg/l)	Sulfate (mg/l)	Fer (mg/l)
Normes OMS	< 500	< 400	< 0.3
Eau brute (KA)	158,40 ± 9,30	275,9 ± 11,8	0,01 ± 0,01
Eau brute (CDJ)	/	/	0,14 ± 0,07
Eau traitée (KA)	154,46 ± 1,40	294,88 ± 5,72	0,01 ± 0,05

III.1.2.c. Les paramètres de pollution

➤ Les teneurs moyennes en matières organiques avant et après le traitement sont $0,69 \pm 0,6$ mg/l pour l'eau brute et $0,35 \pm 0,58$ mg/l pour l'eau traitée qu'ils sont inférieurs aux normes qui est fixé à 3 mg/l. Les MO sont des sources nutritives essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau (**Celerier et Faby, 2003**).

➤ L'analyse des teneurs en phosphate (PO_4^{3-}) à une valeur moyenne de 0 mg/l. Ces résultats s'avèrent nettement inférieurs à la norme OMS qui est recommandé à être inférieur à 0,5 mg/l. L'accès de phosphate augmente la prolifération des algues et comme conséquence provoqué le phénomène de l'eutrophisation (**Barroin, 2003**).

➤ Les mesures des teneurs en nitrite (NO_2^-) au niveau de station de KA pour l'eau brute montrent une valeur moyenne de $0,008 \pm 0,028$ mg/l après traitement. Pour le nitrate (NO_3^-), une valeur moyenne de $0,1 \pm 0,26$ mg/l pour l'eau traitée. Ces valeurs restent relativement inférieures à la valeur recommandée en nitrite et en nitrate selon la norme OMS. Ces paramètres présentent de façon naturelle dans l'environnement et ils provoquent la dégradation des ressources en eau responsables de plusieurs pathologies tel que : la méthémoglobinémie et le risque de cancer (**Atallah, 2014**).

➤ Pour l'ammonium (NH_4^+) les valeurs moyennes pour l'eau traitée est de 0,001 mg/l, sachant que la valeur maximale fixée par l'OMS est de 0,5 mg/l. Cet élément provient en

général du lessivage des terres agricoles et des eaux usées d'origine industrielle qu'est toxique pour la vie aquatique (**Andriamihaja, 2014**).

Tableau N° 05: Les paramètres de pollution pour l'eau traitée et l'eau brute au niveau de station Koudiat Acerdoune.

Qualité de l'eau	MO (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)
Norme OMS	< 3	< 0,2	< 50	< 0,5	< 0,5
Eau brute (KA)	0,69 ± 0,6	0,02 ± 0,051	0,13 ± 0,24	0	0,08 ± 0,009
Eau traitée (KA)	0,35 ± 0,58	0,008 ± 0,028	0,1 ± 0,26	0	0,001 ± 0,017

III.2. L'analyse bactériologique

Comme le tableau ci-dessous indique, les valeurs des bactéries analysées représentent une absence totale de ces substances dans l'échantillon de l'eau traitée c'est ce qui nous conduit à dire que l'eau de la station est qualifiée à être une eau potable d'une très bonne qualité bactériologique.

Tableau N° 06: Le résultat de l'analyse bactériologique au niveau de la station de KA.

	Valeur	Norme OMS
Flores mésophiles totale	0	0 dans 100 ml d'échantillon
Coliformes totaux et fécaux	0	0 dans 100 ml d'échantillon
Streptocoques fécaux	0	0 dans 100 ml d'échantillon
ASR	0	0 dans 100 ml d'échantillon

Notons l'importance de ces flores bactériennes comme un bioindicateur aux Streptocoques fécaux et la présence possible de d'autres germes porteurs de maladies (**Andriamihaja, 2014**), les coliformes fécaux et totaux leurs présences dans les échantillons d'eau peut indiquer un mauvais traitement de l'eau (**Verhille, 2013**) et les germes anaérobies sulfitoréducteurs (ASR) sont considérés comme des témoins de pollution fécale (**Rodier, 2009**).

Conclusion et Perspectives

Conclusion et perspectives

A l'issue de cette étude qu'il a été portée essentiellement sur la comparaison entre la qualité des eaux de consommation où on a étudié deux sources différentes de l'eau potable : eau de barrage et l'eau de mer. Après une série de traitement de l'eau brute au niveau de deux stations suivi d'une analyse physico-chimiques et bactériologiques pour assuré son qualité, son conformité aux normes OMS et d'évaluer l'impact de procédé de traitement sur cette eau. D'après les résultats obtenus, tel que le pH qui varié de 7,75 à 8 à KA, MES qui égale à 0 mg/l au niveau de KA et 13,81 à CDJ et pour TA, TAC et CO_3^- égalent tous à 0 mg/l à KA, les analyses bactériologiques qu'ils égalent à 0 UFC/ml...), donc tous les paramètres analysés sont conformes aux normes de l'OMS. Ce qui montre l'efficacité processus de traitement carrément différents, et malgré cette déférence on a obtenu une eau plus au moins de bonne qualité pour la consommation humaine.

Cette étude a été faite uniquement sur deux mois, il serait très intéressant de suivre l'évolution de la qualité de l'eau dans les deux stations au cours de toute l'année. Egalement, ils seraient importants de réaliser des questionnaires au sein des populations pour avoir leurs avis sur la qualité de l'eau.

Actuellement, nous avons constaté l'apparition de certaines pathologies qui pourraient être liées d'une manière directe ou indirecte à la qualité de l'eau. L'utilisation de dessalement de l'eau de mer comme l'un des solutions contre le stress hydrique pourraient être une bonne voie mais avec précaution et non au dépend de l'environnement.

Bibliographies

1. **Achour, S. et Guesbaya, S., 2005.** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 04, 119-127.
2. **Ahmouda, I. et Biaa, H., 2016.** Traitement des rejets de dessalement de l'eau de mer cas de "Les Dunes" Oran. Université de Tebessa. Mémoire de Master, 95p.
3. **Ali Abbou, S. et Benmlouka, M., 2014.** Caractéristique physico chimiques des eaux embouteillées algérienne et vérification d'étiquetage. Université d'Oran. Mémoire de Master, 66p.
4. **Andriamihaja, O., 2014.** Mise en place d'un filtre a eau anti bactériologique à partir des matériaux locaux. Université de Madagascar. Mémoire de Master, 28p.
5. **Atallah, A., 2014.** Procédé de dessalement et qualité physico chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine - teneurs : cations, anions et métaux lourds. 28p.
6. **Aubry, P. et Gaüzère, B.A., 2011.** Les maladies liées à l'eau. *Médecine tropicale*. 7p.
7. **Barroin, G., 2003.** Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n °48. 25p
8. **Benblidia, M., 2011.** L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. *Plan Bleu*. 24p.
9. **Beneteaud, E. et Pujades, P., 2009.** L'eau. *Académie Versailles*. 13p.
10. **Bernard, M. 2004.** L'eau de mer. *Ecole française de Canoë-Kayak*. 2p.
11. **Boucheseiche, C., Cremille, É. et Pelte, T., 2002.** Pollution toxique et écotoxicologie : notions de base. *SDAGE*. 83p.
12. **Caamaño, D., Tracol, R., Davezac, H. et Loyen, J., 2011.** La qualité radiologique de l'eau du robinet en France. *Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire*. 43p.
13. **Celier, J. L. et Faby, J. A., 2003.** La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. *FNDAE*. 98p.
14. **Centre d'Information sur l'Eau (CIE), 2012.** Les traitements de l'eau. 15p.
15. **Chocat, B., 2015.** L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille? *Méli Mélo*. 14p.
16. **Comète Engineering, 2007.** Gestion Durable des ressources en eau. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Tunisie. 93p.

17. **Couillard, D., Lafrance, P et Lessard, S., 1992.** Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement. *Université du Québec*. n° 367, 165p.
18. **Coulibaly, K., 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. 69p.
19. **Degbey, C., Makoutode, M., Fayomi, B. et De Brouwer, Ch., 2010.** La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest. *J Int Santé Trav.* 8p.
20. **Delmont, J., 2016.** Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement. *GRAND LYON*. 31p.
21. **Doumont, D. et Libion, F., 2006.** Impact sur la santé des différents polluants: quels effets à court, moyen et long terme ? *Service Communautaire de Promotion de la Santé avec le soutien de la Communauté française de Belgique*. 45p.
22. **Gareau, P., Gariépy, A., Gingras, S. et Rasmussen, P., 1999.** La problématique de la pollution agricole, ses impacts sur la santé des cours d'eau et sur la santé humaine. (6211-13-011), 75p.
23. **Gestion des Ressources Hydriques du Manitoba (GRHM) et Bureau du Médecin-Hygiéniste en Chef (BMHC), 2010.** La présence de bore dans l'eau de puits au Manitoba. Manitoba. 4p.
24. **Ghislain De, M., 2008.** L'eau pour tous, tous pour l'eau. *Sépia, CASDEN*, ISBN 978-2-84280-136-6, 119p.
25. **Gouvernement du Québec, 2002.** Critères de qualité de l'eau de surface au Québec. *Québec*, 231p.
26. **Green Facts, 2014.** Ressources en eau. *Schweizerische Eidgenossenschaft*. 6p.
27. **Groupe Cartatout, 2008.** La gestion de l'eau en France. *France Nature Environnement*. 27p.
28. **Guay, I. et Roussel, T., 2013.** Critères de qualité de l'eau de surface. *Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs*. 508p.
29. **Guido, I., 2000.** La radioactivité naturelle dans les eaux de consommation. Ecole Nationale de la Santé Publique. Formation des ingénieurs du génie sanitaire. 108p.

- 30. Habet, L., 2010.** Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement: cas de littoral de Boumerdes. Université de Boumerdes. Mémoire de Magister. 112p.
- 31. Hadjali, Y., 2012.** Impact des stations de dessalement de l'Eau de mer sur le littoral cas de la Station Plage EL Hilel (Ain Témouchent). Université de Tlemcen. Mémoire de Master. 72p.
- 32. Harrat, N., 2007.** Qualité des eaux de surface de l'Est algérien et leur réactivité vis-à-vis du chlore. Université d'Annaba. Mémoire de Magister. 96p.
- 33. Health Link BC, 2013.** Maladies liées à l'eau contaminée (ou maladies hydriques) en Colombie-Britannique-Water-borne Infections in British Columbia. *British Columbia*. 49a, 2p.
- 34. Hénaut, A., 2011.** Pollution de l'air et de l'eau. UPMC. 64p.
- 35. Heriarivony S. C., Razanamparany B. et Rakotomalala J. E., 2015.** Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'Antanifotsy, région Vakinankaratra, Madagascar. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°24, 7-17.
- 36. Hervé, S., 2005.** Le dessalement de l'eau de mer. *Direction de la Recherche, du Développement et de la Technologie*, PARIS – France, n° 4, 4p.
- 37. Huart, M. et T'serstevens, J. J., 2006.** L'exploitation des ressources en eaux de surface. *APERRE ASBL*. 5p.
- 38. Hugonin, P., 2011.** Introduction aux thématiques de l'eau. *ISE, UNIGE*, 31p.
- 39. Kahoul, M. et Touhami, M., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°19, 129-138.
- 40. Kassim, C., 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Université de Bamako. Thèse de Doctorat. 55p.
- 41. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), 2002.** Mers et océans, n° 17, 4p.
- 42. Morgan, M. et Alexis, G., 2013.** Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie. *L'institut de prospective économique du monde méditerranéen (IPEMED)*, 25p.

- 43. Nations Unies, 2001.** Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens: Evaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure. Réunion des Points Focaux du PAM, Athènes, 67p.
- 44. Nations Unies, 2005.** L'eau, source de vie. *Le Département de l'information de l'ONU.* 17p.
- 45. Nations Unies, 2010.** L'eau dans un monde qui change. *WWAP.* 15p.
- 46. Touati, B., 2010.** Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Département de l'aménagement du territoire. Université Constantine. Thèse Doctorat, 385p.
- 47. Nichane, M. et Khelil, M, A., 2014.** Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptations. *Revue des BioRessources.* Vol 4, n° 2, 7p.
- 48. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2003.** L'eau et la santé - Directives de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson. *Centre de documentation.* 13p.
- 49. Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et United Nations Children's Fund (UNICEF), 2007.** Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie. *Bibliothèque de l'OMS, ISNB 978 92 4 256325 2,* 41p.
- 50. Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et United Nations Children's Fund (UNICEF), 2008.** Un Aperçu de la Situation de l'Eau Potable en Afrique, 30 juin au 1er juillet 2008, Congo. 13p.
- 51. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. *Bibliothèque de l'OMS, Genève,* 110p.
- 52. Organisation mondiale de la Santé (OMS), 2006.** Directives de qualité pour l'eau de boisson, recommandations. *Bibliothèque de l'OMS, Genève,* ISBN 92 4 254638 0, 3^{ème} édition, 11p.
- 53. Office National des Statistiques (ONS), 2006.** Compendium National sur les Statistiques de l'Environnement. *SEC EL MAARIFA, Alger,* ISSN 1111 – 5084. 14p.
- 54. Perdrix, S., 2002.** Les Etats-Unis au fil de l'eau. *Agence de l'Eau,* Douai, France, 74p.
- 55. Ponte, M., 2007.** L'eau potable: diagnostic, remèdes et développement durable. Séminaire international Energies renouvelables, eau et DD (ERDD), 19 à 21 novembre 2007, Nouakchout - Mauritanie. 67p.

- 56. Portail Algérien des Energies Renouvelables (PAER), 2010.** Analyse : L'eau de mer, une solution pour tous ? L'exemple de l'Algérie. *Institut de Relations Internationales et Stratégiques*. 7p.
- 57. Rescan, M., 2005.** Préviation des ressources en eau en Afrique de l'Ouest et Centrale jusqu'en 2099 par application des sorties du modèle d'évolution du climat HadCM3 au modèle hydrologique GR2M. Université Montpellier II. Thèse Doctorat. 101p
- 58. Rodier, J., Legube, B. et Merlet, N., 2009.** Analyse de l'eau. *Dunod, Paris*, 9^{ème} édition, ISBN 978-2-10-054179-9. 1524p.
- 59. Salomon, J., 2012.** Le dessalement de l'eau de mer est-il une voie d'avenir? *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, ISSN: 2182-1267, n° 1, 237-262.
- 60. Sari, H., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Université de Tlemcen. Mémoire de Master. 63p.
- 61. Sigg, L., Behra, P. et Stumm, W., 2014.** Chimie des milieux aquatiques. *Dunod*, 5^{ème} édition, ISBN 978-2-10-058801-5. 497p.
- 62. Smets, H., 2012.** Le droit à l'eau. *Conseil européen du droit de l'environnement*. 110p.
- 63. Sturzenegger, M. et Boller, M., 2010.** Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable. *Office fédéral de la santé publique*. 105p.
- 64. Tabouche, N. et Achour, S., 2004.** Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional Algérien. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 03, 99-113.
- 65. Talbi, B. et Souak, F. Z., 2016.** Le management intégré des ressources en eau en Algérie : enjeux et contraintes. *International Journal of Economics & Strategic Management of Business Process (ESMB)*, ISSN: 2356-5608, 67-72.
- 66. Tassin, B., et Thevenot, D. et Thevenot, D., 2015.** Transfert des polluants dans les hydrosystèmes : actes des journées du diplôme d'études mes approfondies Sciences et techniques de l'environnement. *HAL*. 140p.
- 67. Tata-Ducru, F., 2009.** Dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes. *ENGREF afd*. 15p.
- 68. Toudjjeni, Z. et Benarab, A., 2013.** Sécurité hydrique et sécurité alimentaire, la stratégie de l'Algérie, état des lieux. *Université de Constantine 02*. 15p.

69. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), 2003. L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie: Résumé. ÉDITIONS UNESCO, Paris. 33p.

70. United Nations Environment Programme (UNEP), 2010. Afrique atlas de l'eau. *SMI*, ISBN: 978-92-807-3205-4. 310p.

71. Verhille, S., 2013. Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. *Centre de collaboration nationale en santé environnementale*.13p.

Résumé

Une étude sur la qualité de l'eau a été faite au niveau de la station de traitement de l'eau douce de barrage de Koudiat Acerdoune (Bouira) et de la station Cap Djinet (Boumerdes). Sur une période de deux mois (Mars et Avril), nous avons analysé les paramètres déterminant de la qualité de l'eau dans les deux sites d'études. Les résultats ont montré que l'eau des deux stations est destinée à la consommation humaine ($\text{pH} < 9,5$; turbidité < 5 NTU ; conductivité $< 2800 \mu\text{s}/\text{cm}$; nitrite $< 0,2$ mg/l; le bore < 1 mg/l ; ...) et répond aux normes de l'organisation mondiale de la santé.

Les mots clés : Eau douce, eau de mer, traitement, dessalement, santé humaine.

Abstract

A water quality study was carried out in water dam of Koudiat Acerdoune (Bouira) and on seawater in Cap Djinet (Boumerdes). Over a two-month period (March and April), we analyzed the parameters determining water quality in the two study sites. The results showed that the water quality at both stations is intended for human utilization ($\text{pH} < 9,5$; turbidity < 5 NTU; conductivity $< 2800 \mu\text{s}/\text{cm}$; nitrite $< 0,2$ mg/l; boron < 1 mg/l; ...) and according the standards of the World Health Organization.

Keywords: Freshwater, seawater, treatment, desalination, human health.

المخلص

أجريت هذه الدراسة على نوعية المياه الموجودة في محطة معالجة المياه العذبة لسد كودية أسردون (البويرة) ومحطة التحلية مياه البحر في محطة كاب جنات (بومرداس). على مدى شهرين (مارس وأبريل)، قمنا بتحليل المعايير الأساسية المتبعة في تحديد نوعية المياه في المحطتين المذكورتين أعلاه. وأظهرت النتائج أن مياه المحطتين والموجهة للاستهلاك البشري (درجة الحموضة $> 9,5$ ؛ درجة التعكر > 5 NTU؛ الموصلية $> 2500 \mu\text{s}/\text{cm}$ ؛ البور > 1 mg/l ، النتريت $> 0,2$ mg/l،) تلبى المعايير المعتمدة من طرف المنظمة العالمية للصحة.

كلمات المفتاحية: المياه العذبة، مياه البحر، معالجة المياه، صحة الإنسان.