

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2020



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2020

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Etude de la qualité physico chimiques des eaux de
consommation de la ville de Djamaa**

Nom et Prénom de l'étudiant :

Belaloui Majda

Encadreur : GUERGAZI Saadia

Co encadreur : YUCEF Soufiane

Année universitaire : 2019 – 2020

Remerciements

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études. Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à l'égard de Mme GUERGAZI Saadia ma promoteur qui a accepté de me encadrer et pour ses conseils utiles qu'elle m'a apporté et d'avoir dirigé ce travail.

Mes remerciements vont aussi à Mr Youcef Soufiane d'avoir m'aider, contribuer et d'accepter d'être co-encadreur dans l'élaboration de ce travail

Mes remerciements vont également tous les administrations des structures que je suis visité

Mes remerciements aussi à tous les membres de jury.

Je remercie tous les membres de ma famille d'être avec moi.

Je remercie encore mes amis particulièrement pour la fidélité et l'amitié chaleureuse pendant la période universitaire qu'on garde les meilleurs souvenirs. Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce modeste travail



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers Parents sans leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements je ne serais jamais arrivée à réussir dans mes études. Je sais bien quel que soit les remerciements que je leurs adresse c'est peu, que Dieu les protège et leur donne la santé et une longue vie.

Mes très cher frères Mohsen , Nassradin et Mohamed.

Mes très chères sœurs Zohra et Insaf.

Mes grands-parents que Dieu les bénisses.

Ma famille (oncles, cousins et cousines)

Mes adorables amis.

BELALOUI Madjda



Résumé

Le but de notre étude est de déterminer la qualité physico chimiques des eaux de consommation de la ville de Djamaa. Cette ville est caractérisée par un réseau maillé subdivisée en trois secteurs. Pour apprécier la qualité des eaux destinées à la consommation des habitants de Djamaa, on a réalisé plusieurs échantillons d'eaux prélevés à partir des robinets des consommateurs, des forages et de la station de déminéralisation alimentant la ville. Les analyses physico-chimiques ont montré que les eaux de ville de Djamaa des secteurs 01, 02 et des trois forages ne sont pas acceptables et ne conforment pas aux normes de potabilisation. Par contre, les eaux de la station de déminéralisation et qui alimentent le secteur 03 sont de bonne qualité.

Mots Clés : Ville de Djamaa, Réseau de distribution, qualité physico chimiques des eaux de consommation

المخلص

الهدف من دراستنا هو تحديد النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب في مدينة جامعة. تتميز هذه المدينة بشبكة حلقيه مقسمة إلى ثلاثة قطاعات. لتقييم نوعية المياه المعدة للاستهلاك من قبل سكان جامعة ، تم أخذ العديد من عينات المياه من صنابير المستهلكين والمناقب ومحطة نزع الاملاح التي تزود المدينة. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن مياه مدينة جامعة للقطاعين 01 و 02 والمناقب الثلاثة غير مقبولة ولا تتوافق مع معايير مياه الشرب. من ناحية أخرى ، فإن المياه الناتجة عن محطة نزع الاملاح التي تغذي القطاع 03 ذات نوعية جيدة.

الكلمات المفتاحية: مدينة جامعة، شبكة توزيع المياه، النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
1	Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface	4
2	Classification des eaux selon la dureté totale	7
3	Indicateurs microbiens courants et causes possibles de leur présence dans l'eau potable	13
4	Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable OMS 2006et JORA (2014)	14
5	Forage albien (AEP) perimeter oued righ 6460 Ha	16
6	Répartition mensuelle moyennes, minimales et maximales de la température de l'air en °C	22
7	Précipitations (mm) moyennes mensuelles	22
8	Lieu de prélèvement	25

Liste des figures

N°	Figures	Page
1	Carte de situation géographique de la région d'Oued Righ	15
2	Réseau alimentation en eau potable de ville de djamaa	17
3	Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par le Bassin de l'Oued Righ	18
4	Localisation des sites des points de prélèvement d'eaux de la ville de djamaa	25
5	Forage de prélèvement	26
6	Station de deminéralisation	26
7	pH-mètre	27
8	Variation de la température des échantillons d'eau	31
9	Variation du pH des échantillons d'eaux de la ville de Djamaa	32
10	Variation de la conductivité électrique (CE) des échantillons d'eau	33
11	Variation de salinité des échantillons d'eau	34
12	Variation de la dureté totale des échantillons d'eau	35
13	Variation de la teneur en calcium dans les échantillons d'eau	36
14	Variation de la teneur en magnésium dans les échantillons d'eau	37
15	Variation de la teneur en chlorures dans les échantillons d'eau	37

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en Eau Potable.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra acétique.

NET : Noir d'ériochrome.

MES : Matières En Suspension.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

P.E.H.D : Polyéthylène Haute Densité.

PVC : Poly Vinyle Chlorite.

pH : potentiel hydrogène.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet..

TH : Titre Hydrotimétrique.

C° : Degré Celsius.

CE : Conductivité Eclectique.

°F : Degré français.

N : Normalité.

M : Masse molaire.

ONID : Office national de l'irrigation et de drainage.

DRE : Direction de ressource en eau.

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste de figure	
Liste des abréviations	

Titres	Pages
Introduction générale	1

Partie I

Partie théorique

Chapitre I: Généralités sur la qualité des eaux de consommation

I-1 Introduction	3
I-2 Origine des eaux de consommation	3
I-2-1 Eaux souterraines.....	3
I-2-2 Eaux de surface	4
I-2-3 Eaux de mer	4
I-3 Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface	4
I-4 Caractéristiques et normes des eaux de consommation	5
I-4-1 Paramètres organoleptiques	5
1-4-1-1 Couleur	5
1-4-1-2 Goût et Odeur	6
I-4-2 Paramètres physico-chimiques	6
1-4-2-1 Paramètre physique	6
a) Température	6
b) Potentiel Hydrogène (pH)	6
c) Conductivité électrique	6

d) Turbidité	7
1-4-2-2 paramètres chimiques	7
a) Dureté totale (TH)	7
b) Alcalinité	8
c) Différent éléments dissous dans l'eau	8
Eléments majeurs	8
Calcium.....	9
Magnésium.....	9
Potassium.....	9
Sulfate.....	9
Chlorures.....	9
Sodium.....	10
Nitrites.....	10
Nitrates.....	10
Eléments indésirables ou toxiques	10
Fer.....	10
Manganèse.....	11
Métaux lourds	11
Matière organique	11
I-4-3 Caractéristiques bactériologique.....	12
I-5 Normes de potabilité	13
I-6 Conclusion	14

Chapitre II :Ressources et alimentation en eaux potable de ville de Djamaa

II-1 Introduction	15
II-2 Description géographique de la zone d'étude	15
II-3 Ressources en eaux alimentant la ville de Djamaa	16
II-4 Schéma générale du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Djamaa	17

II-5 Contextes géologiques	18
II.5.1 Berriasien	19
II.5.2 Albien	19
II.5.3 Cénomaniens	19
II.5.4 Turonien	19
II.5.5 Sénonien	19
II.5.6 Eocène	20
II.5.7 Mio-Pliocène	20
II.5.8 Quaternaire	20
II-6 Présentation morphologique.....	21
II-7 Données climatiques	21
II-7-1 Température	21
II-7-2 Précipitation	22
II-4 Conclusion	23

Partie II

Partie expérimental

Chapitre I: Matériel et méthodes

I-1 Introduction	24
I-2 Echantillonnage	24
I-2-1 Mode de prélèvement	24
I-2-2 Points de prélèvement	24
I-3 Analyses des paramètres physico-chimiques	26
I-3-1 Analyse partielle	26
I-3-1-1 Température	26
I-4-1-2 pH	26
I-3-1-3 Conductivité électrique	27
I-3-2- Par titrimétrie	27

I-3-2-1 Dureté totale	27
I-3-2-2 Calcium	28
I-3-2-3 Magnésienne	28
I-3-2-4 TA (Titre Alcalimétrique	29
I-3-2-5 TAC (Titre Alcalimétrique Complet)	29
I-3-2-6 Les chlorures	29
I-4 Conclusion	30

Chapitre II: Résultats et discussions

II-1 Introduction	31
II-2 Qualité physico-chimique des eaux de consommation	31
II-2 -1 Température	31
II-2 -2 Potentiel d'hydrogène (pH)	31
II-2 -3 Conductivité électrique	32
II-2 -4 Salinité	33
II-2 -5 Dureté totale TH	34
II-2 -6 Calcium	35
II-2 -7 Magnésium	36
II-2 -8 Chlorure	37
II-3 Conclusion	38

Conclusion générale	39
----------------------------------	-----------

Références Bibliographique	40
---	-----------

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est à l'origine de la vie sur terre. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants et a façonné, depuis longtemps notre environnement et directement influencé le mode de vie humaine.

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes (*Moussa, 2014*). Les ressources en eau souterraines du Sahara sont essentiellement constituées de ressources non renouvelables représentées par deux grandes aquifères (le complexe terminal et le continental intercalaire). Ces deux systèmes hydrauliques fond du Sahara Algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique. Malheureusement, la richesse en eau dans la vallée Sud d'Oued Righ est accompagnée par différents problèmes dont la plus part sont liées directement à la mauvaise gestion de cette ressource en eau (*Bouznad, 2009*).

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptique, physicochimique et microbiologique car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre à la consommation humaine (*Nanfack et al, 2014*). L'eau potable en Algérie provient soit de sources souterraines, soit d'eaux de surface. La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales.

Diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physicochimique, et bactériologique, des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement. La ville de Djamaa se situe au Sud-Est Algérien possède d'énormes réserves d'eaux souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable.

Afin d'évaluer de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de cette ville, nous avons réalisé une étude qui a porté sur la qualité physico-chimique de ces eaux.

Ce travail a pour but d'évaluer et caractériser la qualité physico-chimique de l'eau potable d'origine souterraine, distribuée aux habitants de la ville de Djamaa.

Pour aboutir à notre objectif, notre travail comporte deux parties : une étude bibliographique et une autre expérimentale

Introduction générale

- Nous présenterons au cours de la première partie les différentes caractéristiques de la qualité des eaux et les normes de portabilités des eaux. Ainsi qu'une présentation géographique, géologique et climatique de la région d'étude et leurs différentes ressources d'alimentation en eau potable va être également marqué.

- La deuxième partie sera consacrée d'une part, aux méthodes d'analyse effectuées au niveau du laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface de l'université de Mohamed Khider. Ainsi que les calculs effectués. D'autre part, une discussion des résultats que nous allons obtenus sera présentée avec une simple comparaison avec les normes recommandés par Journal Officiel de la République Algérienne (JORA).

- A la fin notre travail sera achevé par une conclusion générale.

Partie théorique

^

Chapitre I
Généralités sur la qualité des
eaux de consommation

I-1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la synthèse bibliographique où nous allons présenter en premier temps les différents types des eaux destinées à l'alimentation humaine. En deuxième temps, quelques généralités sur la qualité physico chimiques des eaux naturelles et les normes appliquées en particulier en Algérie.

I-2 Origine des eaux de consommation

Généralement les eaux destinées à la consommation humaine sont en priorité des eaux souterraines ou sinon des eaux de surface. Dans certaines conditions, les eaux de mer peuvent être utilisées, après dessalement.

I-2-1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines regroupent l'ensemble des réserves d'eau qui se trouvent dans le sous-sol et qui constituent une provision d'eau potable inestimable pour l'humanité. L'eau est stockée dans des zones appelées aquifères, composées de roches poreuses et/ou fissurées. L'eau peut s'accumuler dans ces espaces vides pour former des nappes, qui occupent tout ou partie de l'aquifère.

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface (*Guergazi et Achour, 2005*).

D'une manière générale, les eaux souterraines se caractérisent par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante et aussi se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par contre la dureté est souvent élevée à cause de contact entre les eaux souterraine et formations rocheuses des aquifères (*Chelli et Djouhri, 2013*).

La plupart des eaux souterraines ont pour origine les eaux pluviales (pluie ou neige). Si elles ne sont pas perdues par évaporation, transpiration ou écoulement, l'eau de ces sources peut s'infiltrer dans les sols. Les quantités d'eau des précipitations sont retenues très difficilement sur le sol sec formant un film sur la surface et dans les micros pores des particules du sol (*Manahan, 2005*).

I-2-2 Eaux de surface

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère (*Bordet, 2007*).

En plus, ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques (*Molinie, 2009*).

I-2-3 Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces dernières années, l'Algérie a accordé une grande attention à ce type d'eau, suite à l'augmentation démographique et l'épuisement des ressources en eaux. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg.L-1), elles sont dénommées aussi «eaux saumâtres». Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (*Boeglin, 2009*).

I-3 Principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface

Les principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface selon (*Bourrier et Selmi, 2011*) sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de surface

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues)	Liée surtout aux matières en solution (acide humique par exemple)
Fe et Mn divalent (à l'état dissous)	Généralement absent sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents sensiblement
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région

Suite du tableau 1

CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent dans la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présents seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absent, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogénies), virus, plancton	Ferro bactéries fréquentes

I-4 Caractéristiques et normes des eaux de consommation

L'eau potable est l'eau qui peut être consommée sans présenter de risque pour la santé. Différents paramètres organoleptiques ainsi que physico chimiques pourront caractérisées une eau de consommation potable.

I-4-1 Paramètres organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût, la transparence (la turbidité) et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation.

1-4-1-1 Couleur

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité (*Chelli et Djouhri, 2013*).

1-4-1-2 Goût et Odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, émanent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés purement organoleptiques (*Chelli et Djouhri, 2013*).

I-4-2 Paramètres physico-chimiques

1-4-2-1 Paramètre physique

a) Température

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. Elle est accélérée la croissance de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables, ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité dans le cas de température supérieur à 15°C .

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées journal officiel de la république algérienne (JORA) l'eau est : excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C (*JORA, 2014*).

b) Potentiel Hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ et OH^- contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérés comme acide et inversement. Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent un pH situé entre 6,5 et 9,5 (*OMS , 2006*) . Il diminue en présence de la matière organique et augmentent en saison sèche, quand l'évaporation est élevée.

c) Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est exprimée en ($\mu S/cm$) .Elle permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (*Tardat et Beaudry, 1984*).

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante : Conductivité égale à $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$: eau déminéralisée ; Conductivité de 10 à $80\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de pluie; Conductivité de 80 à $100\mu\text{S}/\text{cm}$: eau peu minéralisée ; Conductivité de 300 à $500\mu\text{S}/\text{cm}$: eau moyennement minéralisée ; Conductivité de 1000 à $3000\mu\text{S}/\text{cm}$: eau saline ; Conductivité supérieure à $3000\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de mer (*Rodier, 2009*).

d) Turbidité

La turbidité est l'indicateur du caractère plus ou moins troublant de l'eau ; c'est l'opposé de la limpidité. Techniquement, la turbidité est la propriété optique de l'eau qui fait que la lumière incidente est déviée (diffraction) ou absorbée par les particules plutôt que transmise en ligne droite (*Québec, 2003*).

Elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains).

1-4-2-2 paramètres chimiques

a) Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations des ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO_3 . Elle est aussi très souvent donnée en degrés Français (*Rodier, 2009*).

Les eaux peuvent être classées suivant la dureté totale indiquée dans le tableau 2.

Tableau 2: Classification des eaux selon la dureté totale (*Berne et al. 1991*)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

b) Alcalinité

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes (*Rodier, 2009*). Elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC).

Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate.
$$TA = [OH^-] + \frac{1}{2}[CO_3^{2-}]$$

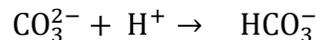
La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates.

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

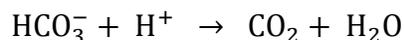
La plupart des eaux naturelles ont un $pH < 8,5$ et les bicarbonates sont la seule substance alcaline présente. En effet, une solution "pure" de bicarbonates a un $pH \sim 8,3$.

Certaines eaux souterraines contiennent aussi des carbonates (CO_3^{2-}) et les eaux industrielles peuvent contenir d'autres bases faibles comme de l'ammoniaque et même des bases fortes comme les alcalis (OH^-) Leur pH est alors supérieur à 8,3.

Le cas des carbonates est particulier car leur neutralisation s'effectue en deux étapes :



(Étape terminée à $pH \sim 8,3$ puisqu'on est alors en présence d'une solution de bicarbonates).



(Étape terminée à $pH \sim 4,5$ puisqu'on est alors en présence d'une solution de gaz carbonique).

- $pH < 8,3$: Alcalinité seulement attribuable aux bicarbonates $TAC = [HCO_3^-]$
- $pH > 8,3$: TAC mesure la somme des alcalis libres, des carbonates et des bicarbonates.

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

c) Différent éléments dissous dans l'eau**❖ Éléments majeurs**

Les éléments majeurs dissoutes dans une eau naturelle provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...) :

le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en certains éléments.

- **Calcium**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrains traversés (*Rodier, 2009*).

- **Magnésium**

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (*Savary, 2010*).

- **Potassium**

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants (*Houillier et al, 2004*).

- **Sulfate**

Les sulfates (SO_4^{-2}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (*Belghitim, 2013*).

- **Chlorures**

Les teneurs en chlorures (Cl^-) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé (*Degremont, 2005*).

- **Sodium**

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères, des nombreux usages industriels etc... Un régime normale apporte 3 à 5 g /j de sodium (8 à 12 g /j en chlorure de sodium. La quantité nécessaire est inférieure à 200 mg/j pour l'enfant et à 2000 mg/j pour l'adulte (*Belghitim, 2013*).

- **Nitrites**

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (*Rodier, 2009*).

- **Nitrates**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (*Savary, 2010*).

- ❖ **Eléments indésirables ou toxiques**

- **Fer**

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50 mg /litre. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine. Le fer est un élément assez abondant dans les roches

(quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{+2} (ion ferreux), mais insoluble à l'état Fe^{+3} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'oxydo-réduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité et la teneur de l'eau en fer (*Belghitim, 2013*).

- **Manganèse**

Le manganèse est très répandu dans la nature. Les concentrations dans l'écorce terrestre peuvent varier de 500 à 600 mg/kg. Les minerais les plus connus sont la pyrolusite, la rhodocrosite, la brunîtes. Certaines eaux souterraines ont des teneurs de l'ordre 1mg/l en particulier lorsqu'il y a support en milieu réducteur, ou sous l'action de certaines bactéries (*Rodier, 2009*).

- **Métaux lourds**

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. On appelle métaux lourds tout élément métallique naturel dont la masse volumique dépassent $5g/cm^3$. Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement. Les métaux lourds les plus souvent considérés comme toxique pour l'homme sont : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium. D'autres comme le cuivre, le zinc, le chrome, pourtant nécessaires à l'organisme en petites quantités, peuvent devenir toxiques à doses plus importantes.

- **Matière organique**

Les matières organiques sont dissoutes en particulier dans les eaux de surface. Même si elles existent seulement sous forme de traces, leur teneur indique une charge de l'eau en matières polluantes (*Degremont, 2005*).

La matière organique est donc un enjeu en traitement des eaux potables. La présence de matière organique dans l'eau varie d'une eau de surface à une autre et varie selon les saisons pour une source d'eau donnée, et ce, tant en quantité qu'en qualité. Sa caractérisation et sa quantification sont donc un enjeu important pour bien contrôler le traitement de l'eau (*Bernier, 2015*). Les informations sur la nature de la matière organique fournies par les analyses

classiques telles que la couleur, l'absorbance dans le domaine ultraviolet (UV) ou le carbone organique dissous (COD) sont limitées. Les analyses détaillées (chromatographie, fractionnements sur résine échangeuse d'ions ou sur membrane, etc.) sont longues ou complexes, et coûteuses (*Stedmon, 2008*).

I-4-3 Caractéristiques bactériologiques

De nombreux micro-organismes (bactéries, virus et parasites) sont présents dans les eaux naturelles superficielles et, à un degré moindre, dans les eaux souterraines. Certains peuvent être pathogènes pour l'homme (*A R S d'Auvergne, 2014*).

Leur présence dans les eaux de consommation est le plus souvent liée à :

- Un état de dégradation chronique ou accidentel de la qualité de la ressource en eau (pollution, épisode pluvieux et infiltration d'eau de ruissellement...);
- Une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captage d'eau ;
- Une défaillance du traitement de désinfection ;
- Une contamination du réseau au cours du transport et/ou du stockage de l'eau (temps de séjour important ou stagnation dans les réseaux de distribution, défaut d'entretien des canalisations et des réservoirs, entrée d'eau parasite, retour d'eau...).

La présence de micro-organismes dans l'eau de consommation peut engendrer un risque à court terme pour la santé de la population qui l'utilise. Les conséquences dépendent de la sensibilité des personnes exposées (enfants en bas âge, personnes âgées, personnes immunodéprimées...), de la nature des germes pathogènes en présence mais aussi de leur concentration.

Parmi ces microorganismes on peut présenter dans le tableau 3 quelques indicateurs microbiens courants et causes possibles de leur présence dans l'eau potable.

Tableau 3: Indicateurs microbiens courants et causes possibles de leur présence dans l'eau potable (*Verhille, 2013*)

Indicateur microbien	Cause possibles de la détection de l'indicateur	CAM* ou valeur de référence
E. coli	<ul style="list-style-type: none"> Contamination fécale récente, présence possible d'organismes pathogènes. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune UFC détectable dans 100 ml.
Coliformes fécaux	<ul style="list-style-type: none"> Traitement et désinfection inadéquats, recolonisation bactérienne ou infiltration dans le réseau de distribution 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune UFC détectable dans 100 ml d'eau traitée.
Coliformes totaux	<ul style="list-style-type: none"> Leur présence dans l'eau sortant de la station de traitement indique une grave défaillance du système de traitement 25. Leur présence dans l'eau du réseau de distribution (prélevée ailleurs qu'à la sortie de la station de traitement) indique une vulnérabilité à la contamination ou une recolonisation bactérienne du réseau 25. Elle n'est pas nécessairement liée à une contamination fécale. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune UFC détectable dans 100 ml à la sortie de station de traitement. Ailleurs dans le réseau de distribution, elle dépend de la fréquence des prélèvements et de la taille du réseau 25.
Numération des bactéries Hétérotrophes (NBH)	<ul style="list-style-type: none"> Un pie de NBH dans la eau sortant de la station de traitement peut indiquer un problème dans le traitement ou un changement de qualité à la source avant de même le traitement. Une pie de NBH dans le réseau de distribution indique qu'il pourrait y avoir une recolonisation bactérienne. 	<ul style="list-style-type: none"> La valeur et la plage de référence sont à chaque réseau et dépendent des caractéristiques du site.

I-5 Normes de potabilité

Les normes définissant la potabilité de l'eau fixent les seuils limites de présence de certaines substances nocives ou indésirables qui peuvent se trouver dans l'eau :

- Certains éléments doivent être totalement absents de l'eau pour qu'elle soit jugée potable, comme les agents pathogènes (virus, bactéries...) qui présentent un risque important pour la santé.
- D'autres éléments font l'objet de seuils maximaux d'admissibilité, comme par exemple les nitrates, les pesticides ou les métaux lourds.

Ces critères sont déterminés selon les connaissances scientifiques et le risque acceptable déterminé et évoluent dans le temps. L'eau est à ce jour la denrée alimentaire la plus réglementée, et elle fait donc l'objet de nombreux traitements pour être conforme avant d'arriver aux consommateurs (*Guerzou, 2008*).

Tableau 4: Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable *OMS 2006 et JORA (2014)*

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Couleur	mg/l platine	Pas de valeur guide	15
Odeur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	Acceptable	4
Turbidité	NTU	5	5
Température	C°	25	25
Calcium	mg/l	/	200
Magnésium	mg/l	/	150
Chlorure	mg/l	250	500
ions hydrogène	PH	6,5 - 9,5	6,5 - 9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	200	500
Conductivité à 20°C	µS/cm	pas de norme	2800
Ammonium	mg/l	Pas de contraintes	0,5
Potassium	mg/l	250	12
oxygène dissous	O ₂ %	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/l	1,5	1,5
Fer	mg/l	Pas de valeur guide	0,3
Nitrate	mg/l	50	50
Sulfate	mg/l	500	400
Sodium	mg/l	Pas de valeur guide	200
Phosphore	mg/l	pas de norme	5
Résidu sec	mg/l	/	1500

I-6 Conclusion

Ce présent chapitre a bien marqué d'une part, les différents types des eaux destinées à la consommation des habitants. D'autre part, les principales caractéristiques physico chimiques et bactériologiques ayant pour but l'évaluation de la qualité des eaux potable. Finalement, les normes exigées par les autorités ont été mentionné.

Chapitre II
Ressources et alimentation en
eaux potable de ville de Djamaa

II-1 Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter notre zone d'étude. Dans lesquelles, on va donner quelques informations sur ses différents composants géologiques, hydrogéologiques et différents ressource d'alimentation en eau potable. Un diagnostic sur l'état et le type du réseau d'alimentation en eau potable sera également indiqué.

II-2 Description géographique de la zone d'étude

La zone de Djamaa se situe au sud-est Algérien. Elle se trouve sur les bords de la route nationale N°03 à une distance de 120 km de sa wilaya (El-Oued), de 170 km au Sud de la wilaya de Biskra et de 50 km de la Daïra de Touggourt. La figure 1 indique une carte de situation géographique de la région d'Oued Righ. Elle est limitée au Nord par la commune de Tendla, au Sud par la Commune de Sidi-Amrane, à l'Est par la daïra Rigueba et à l'Ouest par la commune de Marrara. Elle couvre une superficie de 780 km², les coordonnées géographiques sont : 33°31' N, 5°59' E ayant une population de 89 880 habitants au recensement de 2008. Son Relief se caractérise d'une façon générale par une surface plate (*Ahmidatou, 2012*).

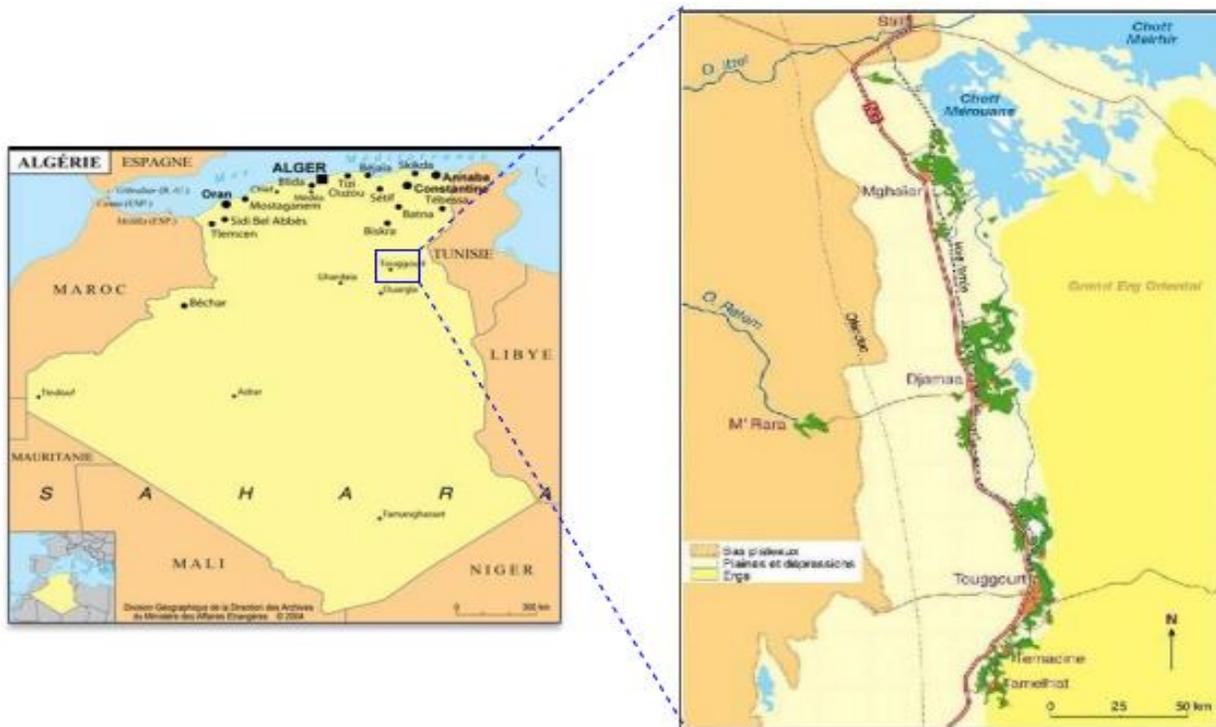


Figure 1: Carte de situation géographique de la région d'Oued Righ (*Belksier, 2016*)

II-3 Ressources en eaux alimentant la ville de Djamaa

La ville de Djamaa est une partie de la vallée d'oued Righ. Dans cette ville, les eaux souterraines présentent l'unique ressource en eau pour l'alimentation en eau potable des habitants. Mais leur qualité reste toujours un sujet d'actualité nationale et un facteur conditionnant le développement démographique et économique des régions sud-Est de l'Algérie.

La zone de Djamaa dispose 251 forages, répartis à travers toutes les communes, comme suit : Djamaa, avec 120 forages, Sidi Amrane, avec 63 forages, Tinedla avec 62 forages et 6 forages à M'rara. Leur volume total est de 21259347 m³/mois. Tandis que, le débit exploité est de 8509,4 l/s (*Noui, 2011*). Ces différents forages sont répartis en 3 secteurs indiqués dans le tableau 5 selon la direction de ressource en eau (DRE) et comme suit.

- Le primaire secteur est alimenté par deux forages albien CI SD10 et D13F3
- Le deuxième secteur est alimenté par forage albien CI SD7
- Le troisième secteur est alimenté par la station de déminéralisation

Tableau 5 : Forage albien (AEP) périmètre oued Righ 6460 Ha (*ONID et DRE, 2018*).

Forage Albien	Daïra	Commune	Profondeur du forage (m)	Débit Théorique (l/s)	Débit exploité (l/s)	Commune exploité
CI SD5	Djamaa	Sidi Amrane	1893	300	40	Sidi Amrane
CI SD7		Djamaa	1850	180	50	Djamaa
CI SD10		Djamaa	1893	180	50	Djamaa Tinedla
CI SD14		Tinedla	2076	180	20	Tinedla
D13F3		Djamaa	1839	130	100	Djamaa

- Forage CI SD10 se situé au Nord-Est de ville de djamaa dans le village de Zaouïa les coordonnées géographiques sont : 33°34' N, 5°58' E (Z=26m)
- Forage CI SD07 dans la commune de Tigdidine de la ville de Djamaa, les coordonnées géographiques sont : 33°30' N, 6°03' E (Z=33.70m)
- Forage D13F3 de ville de djamaa, les coordonnées géographiques sont : 33°32' N, 5°59' E.

- La station de déminéralisation se trouve dans le Sud- Ouest de la ville de djamaa, les coordonnées géographiques sont : 33°30' N, 5°56' E.

II-4 Schéma générale du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Djamaa

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de djamaa est un réseau de type maillé. Il est présenté par la figure 2.

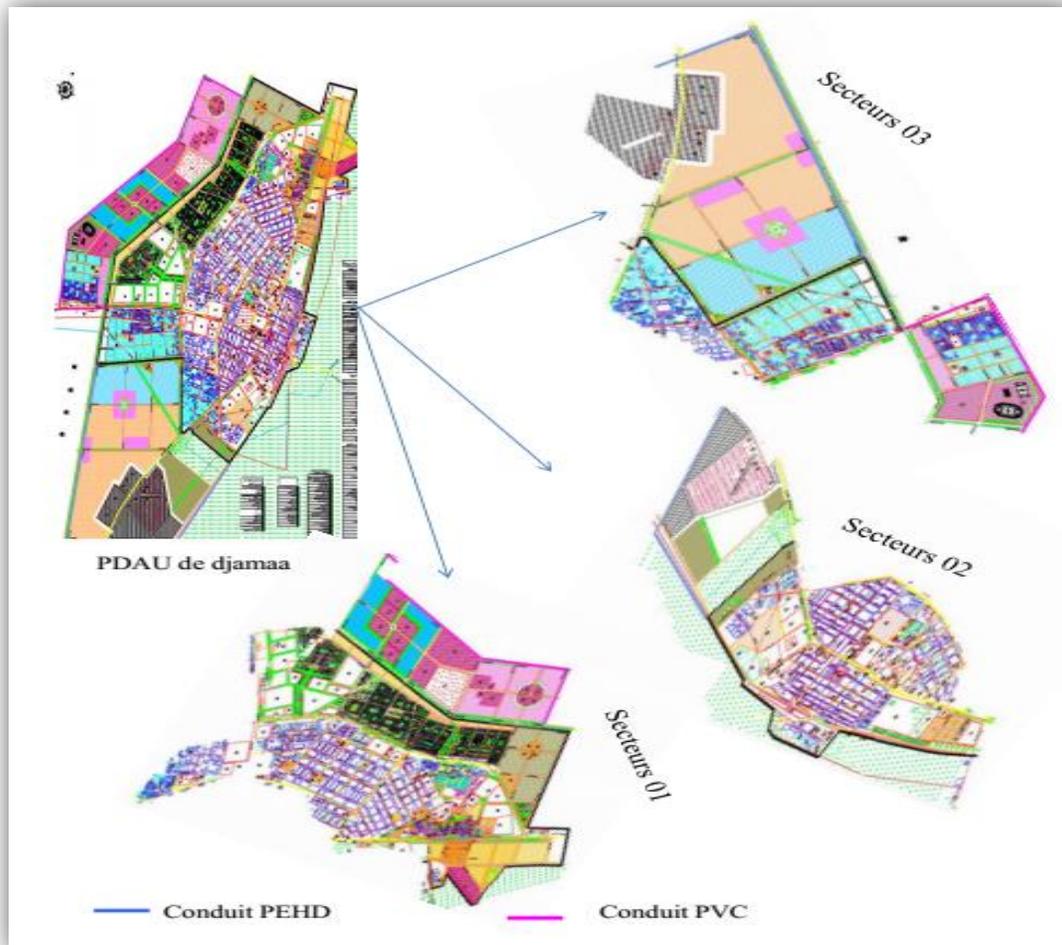


Figure 2: Réseau alimentation en eau potable de ville de djamaa

La direction de ressource en eau (DRE) chargé par la répartition d'alimentation en eau potable est subdivisé la ville en trois secteurs: Le secteur 01 et 02 est caractérisé par un réseau maillé est approvisionné avec les trois forages albien. Tandis que, le secteur 03 est aussi un réseau maillé est alimenté par la station de déminéralisation.

Le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Djamaa s'attache à utiliser des conduites en matériaux adéquats en apportant un soin particulier au choix du revêtement des surfaces en contact avec l'eau potable. Ces matériaux doivent répondre à plusieurs critères, en particulier leurs résistances, leurs compatibilités avec les caractéristiques de l'eau et, plus important encore, leurs conformités sanitaires. Le matériau dominant dans le réseau d'AEP de Djamaa est PVC car ce réseau est ancien. Récemment remplacé par le Poly Ethylène Haute Densité (PEHD).

II-5 Contextes géologiques

Les terrains qui constituent la région d'étude sont représentés essentiellement par des formations sédimentaires. Les terrains Mio-Pliocène et Quaternaire, occupent la presque totalité de cette région. La figure 3 présente une coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par le Bassin de l'Oued Righ ([Cornet, 1962](#)) modifiée 2009 ([Belksier, 2016](#)).

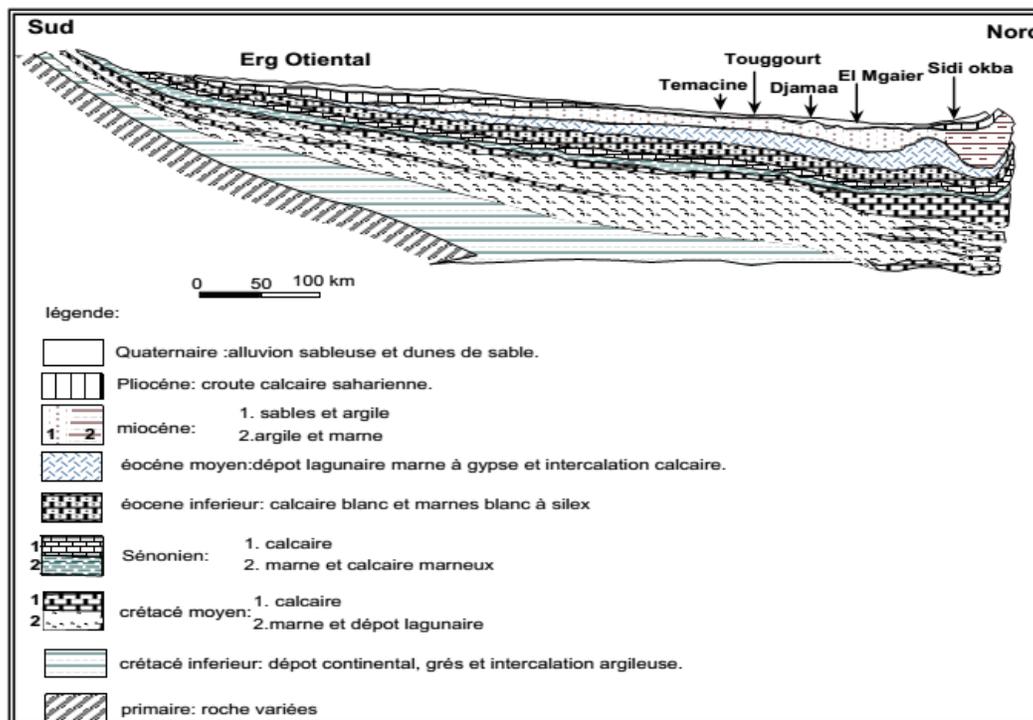


Figure 3 : Coupe géologique N-S passant par la cuvette Secondaire Saharienne et par le Bassin de l'Oued Righ ([Cornet, 1962](#)) modifiée 2009 ([Belksier, 2016](#))

II.5.1 Berriasien

Il est représenté par des argiles silteuses et des argiles vertes et marron avec des passées de grès. L'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 100 mètres. Dans cette région cette formation est située à une profondeur comprise entre 1700 et 1800 mètres (*Tercha et Zerrougui, 2018*).

II.5.2 Albien

Il est représenté principalement par des dépôts sablo-gréseux et sablo-argileux avec de faibles passées d'argiles silteuses. La puissance de cette formation varie entre 200 mètres au Nord et 400 mètres au Sud. La profondeur de cette formation peut dépasser 2000 mètres au Nord de El Meghair. Le passage entre le Berriasien et l'Albien est marqué par la présence d'un horizon dolomitique cristallin jaunâtre d'une épaisseur de 40 mètres (*Tercha et Zerrougui, 2018*).

II.5.3 Cénomaniien

Le Cénomaniien est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites et même des sels son épaisseur est de l'ordre de 200-250 m (formations imperméables) (*Bouznad, 2009*).

II.5.4 Turonien

Au Turonien le régime marin persiste dans le Bas Sahara, et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire et dolomitique, marneux à la base, et dolomitique, ou calcaire au sommet. Il est de l'ordre de 90-100 m (*Bouznad, 2009*).

II.5.5 Sénonien

Dans sa partie inférieure la sédimentation est évaporitique avec une intercalation de gypse et d'anhydrite. Cette formation représente presque 50% de cet étage. Au-dessus, une alternance de calcaires, dolomies et marnes surmonte les évaporites. L'épaisseur de ces alternances peut atteindre localement 100 mètres. La partie supérieure de cet étage est constituée de marnes avec des passées de gypse et d'anhydrite (*Tercha et Zerrougui, 2018*).

II.5.6 Eocène

Il montre une forte variation latérale. Dans la région de Djamaa, l'Eocène est représenté par des calcaires et des intercalations de sables et de marnes avec quelques passées d'évaporites. Au Nord, dans la région de El Meghair cette formation est représentée par des marnes compactes jaune et noires à traces roses avec quelques passées de sable jaune. La puissance de cette formation est de l'ordre de 100 mètres (*Tercha et Zerrougui ,2018*).

II.5.7 Mio-Pliocène

Il présente une série essentiellement sableuse à argile sableuse avec des alternances argileuses, marneuses et gréseuses qui affleure à l'Ouest de la vallée de l'oued Righ. Sur la moitié supérieure des niveaux argileux alternant avec des sables. La partie inférieure montre des horizons de calcaire gréseux de faible épaisseur (2 à 5 mètres). Le Mio-Pliocène a une puissance de 200 mètres environ (*Tercha et Zerrougui ,2018*).

II.5.8 Quaternaire

Il est principalement composé de sables fins à très fin de couleur blanchâtre avec localement des intercalations gypseuses. A la base des argiles sableuses beiges à rouge à gypse. L'épaisseur de cette formation varie entre 10 et 40 mètres et localement peut atteindre 100 mètres. En surface, des encroûtements de gypse très localisés peuvent atteindre 1 mètre d'épaisseur. Cette formation s'étend sur la presque totalité de la vallée de l'oued Righ.

La structure actuellement identifiable dans la région d'étude est caractérisée par une vaste plaine dans les couches subjacentes montrent un faible plongement vers le Nord. Au Nord de El Meghair, au niveau de la zone des chotts Melghir et Merouane, l'ensemble des couches de terrains s'annoient plus profondément pour donner une structure en fossé d'effondrement d'orientation (Ouest-Sud-ouest)-(Est Nord-est). Ce bassin de subsidence est comblé par des atterrissements argilo-sableuse avec de vastes lentilles de sable (*Tercha et Zerrougui ,2018*).

II-6 Présentation morphologique

La vallée de djamaa allongée selon la direction Nord-Sud, correspond à la partie nord du grand bassin sédimentaire du Grand Erg Oriental. Elle est circonscrite au Nord par Chott Mérouane et au Sud par le prolongement nord-ouest des dunes du Grand Erg Oriental.

La topographie de la région est légèrement tabulaire avec des altitudes qui varient entre 0 et 130 mètres. Elle est subdivisée en quatre sous-ensembles géomorphologiques:

- ✓ La zone de plateau à l'Ouest, où affleurent le Mio-Pliocène et le Pliocène continental avec des grès et des sables à lentilles de calcaire. Elle comprend Bled Lebrag au Sud-ouest (150mètres) et Bled Lakhdar au Nord-Ouest (100 à 120 mètres).
- ✓ Les formations sableuses (dunes et cordons d'erg) avec une altitude qui varie entre 60 et 100 mètres.
- ✓ Les zones alluvionnaires occupent de larges étendues le long de l'Oued Righ et, s'étend du Sud (Touggourt) vers le Nord (Chott Mérouane) avec une très faible pente. L'altitude varie entre 90 et 10 mètres.

Les chotts occupant les fonds des dépressions le plus important est Chott Merouane au Nord-est de la vallée d'Oued Righ. L'altitude sur les bordures de Chott Mérouane est de -25 mètres par rapport au niveau de la mer (*Tercha et Zerrougui, 2018*).

II-7 Données climatiques

Djamaa est caractérisé par un climat typiquement saharien et se caractérise par des précipitations très faibles, une température élevée et une humidité relativement faible (*Ghettas et Zemala, 2014*).

L'estimation ces différentes caractéristiques climatiques (Température, Vitesse du vent et humidité), relatives à l'étude de la région est faite sur la base des données relevées à la station climatologique de Touggourt dont les coordonnées sont : (Lat = 33° 07 N, Longt =06° 08 E et Z = 85 m). Le choix a été porté sur la station de Touggourt vu sa proximité de la zone d'étude et représente une station principale gérée par les services de l'Office National de la Météorologie (*O.N.M,2011*).

II-7-1 Température

La température joue un rôle primordial sur le climat. Notre zone d'étude, de type désertique, elle a plus d'ampleur et influe grandement sur les autres paramètres météorologiques,

tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère (*Ghettas et Zemala, 2014*). Le tableau 6 présente Répartition mensuelle moyennes, minimales et maximales de la température de l'air en °C (*O.N.M, 2011*).

Tableau 6: Répartition mensuelle moyennes, minimales et maximales de la température de l'air en °C (*O.N.M, 2011*)

Paramètres	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
Température Moyenne (° C)	9,7	11,7	15,6	19,6	25	29,4	32,1	31,7	26,5	21,6	14,9	10,7	20,7
Température Minimale (° C)	4,5	6	10,2	13,9	19,4	24	26,6	26,5	22,2	16,9	10	5,8	15,5
Température Maximale (° C)	17	19,5	24	28	34,1	38,6	41,6	41,1	35,3	30,1	22,7	18,1	29,2

D'après le tableau 6 on enregistre une température moyenne mensuelle de 20,7 °C, elle est maximale pendant le mois de Juillet qui représente le mois le plus chaud et minimale pendant le mois de janvier. Les températures moyennes allant de Novembre à Avril sont inférieures à la moyenne annuelle à comparer avec les températures des mois de Mai à Octobre qui sont supérieures à cette dernière.

II-7-2 Précipitation

Djamaa subit l'influence d'un gradient pluviométrique décroissant du nord vers le sud la région de Oued Souf, les précipitations dépassent 94,57 mm comme moyenne annuelle, Janvier est le mois le plus pluvieux avec 20,26 mm, par contre, Juillet est le mois le plus sec avec 0,55 mm. Le tableau 7 présente les précipitations (mm) moyennes mensuelles dans la région. (*ONM, 2011*).

Tableau 7: Précipitations (mm) moyennes mensuelles, (*ONM, 2011*).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy
P. moy	20,26	3,11	7,72	10,72	3,9	3,84	0,55	1,26	11,16	13,91	8,46	9,68	94,57

II-4 Conclusion

Ce chapitre a présenté premièrement, une description géographique de la zone d'étude. Deuxièmement, état actuelle de réseau de distribution d'eau potable et leurs différentes ressources d'alimentation en eau potable. Ce dernier est un réseau mixte subdivisé en trois grands secteurs. Finalement, une présentations géologique et climatique de la région d'étude a été également présentée.

Partie expérimentale

Chapitre I
Matériel et méthodes

I-1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire les principales méthodes de dosage qui permettent de déterminer, les caractéristiques physico chimiques des eaux de consommation de la ville de Djamaa. Tous les échantillons d'eaux que nous allons tester sont prélevées à partir des eaux de robinet des consommateurs ainsi que les eaux d'alimentation du réseau (forages et station de déminéralisation).

Cette partie des caractéristiques physico chimiques s'est effectuée au laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface (LARHYSS) de l'université de Biskra.

I-2 Echantillonnage**I-2-1 Mode de prélèvement**

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, qui s'adapte avec le type d'analyse testé. Dans ce contexte, pour les prélèvements de l'ensemble des échantillons qui font l'objet de notre présente étude, nous avons utilisé des flacons de plastique (polyéthylène). Avant de procéder au prélèvement des échantillons des eaux, les bouteilles seront rincées 3 fois avec de l'eau distillée, puis elles sont rincées sur le terrain avec l'eau à analyser pour éviter toutes contaminations, avec les autres solutions, après le prélèvement les bouteilles sont fermées pour éviter l'évaporation.

I-2-2 Points de prélèvement

Les prélèvements des échantillons ont été effectués dans la période de 01/03/2020 à 04/03/2020 au niveau des 17 robinets de consommateurs (regroupe les trois secteurs de distribution d'eau potable à la ville de Djamaa. Ainsi qu'au niveau des 03 forages et la station de déminéralisation. L'ensemble de ces points de prélèvement sont sélectionnés dans la figure 4 et présenter dans le tableau 8.

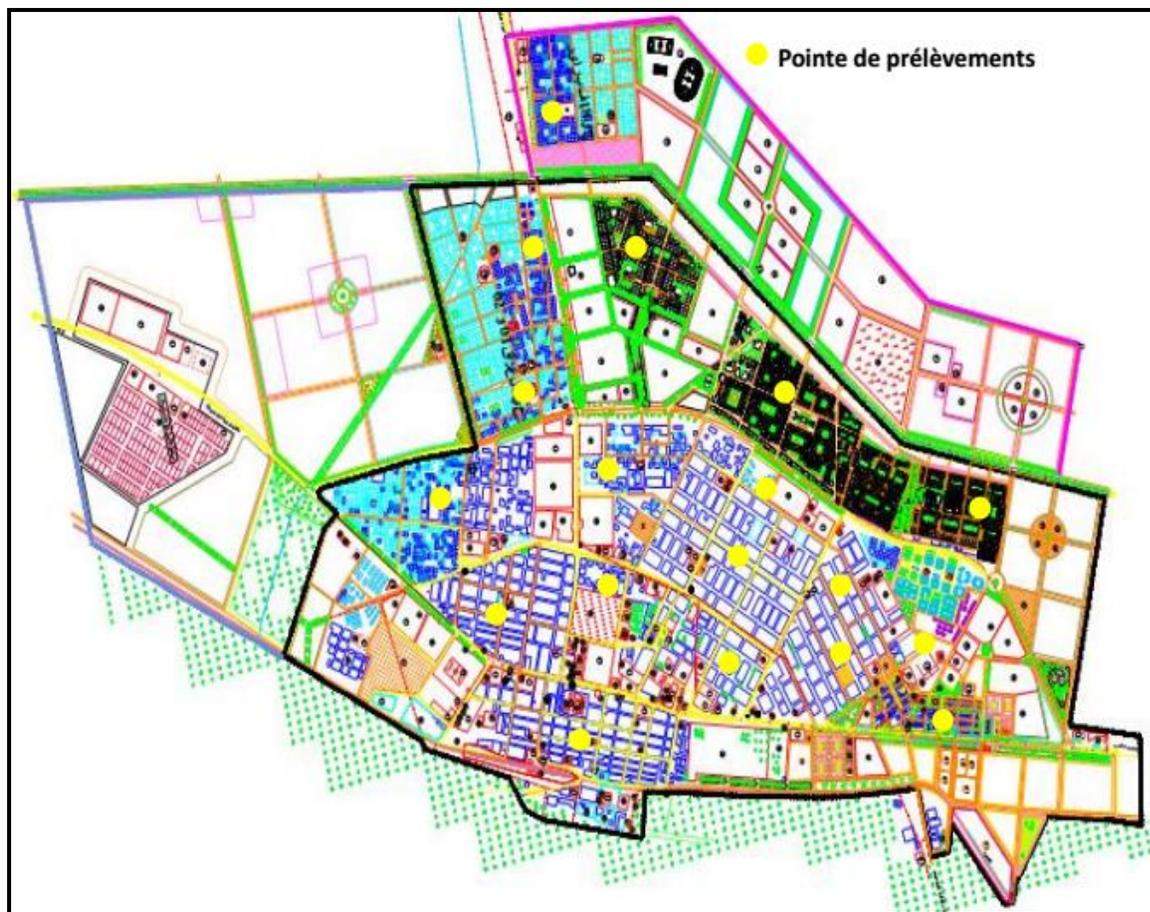


Figure 4: Localisation des sites des points de prélèvement d’eaux de la ville de djamaa

Tableau 8: Lieu de prélèvement

Commune	Type d’eau	Point de prélèvement
Djamaa	forage D13F3	Djamaa
	forage CI SD7	Tigdidine
	forage CI SD10	Zaouïa
M’rara	station de déminéralisation	sidi Yahia



Figure 5: Forage de prélèvement

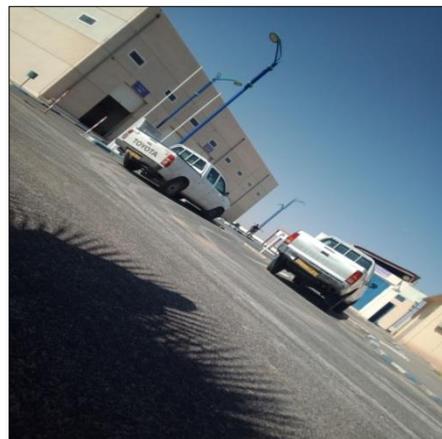


Figure 6: Station de de minéralisation

I-3 Analyses des paramètres physico-chimiques

I-3-1 Analyse partielle

Cette analyse se fait au Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface LARHYSS sur les 21 échantillons d'eau remplis le même jour (avant 24 heures des heures de prélèvements), cette analyse consiste de mesurer les paramètres suivant : température, pH et conductivité.

I-3-1-1 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, donc dans la détermination du pH et sur la conductivité. la mesure de température se fait par un thermomètre du laboratoire.

I-4-1-2 pH

Le pH est un paramètre qui mesure l'acidité ou l'alcalinité d'un échantillon. Cette mesure est ce fait par un pH mètre digital de laboratoire (pH 212 HANNA) à sonde de température intégrée, sur lequel nous avons branché une électrode combinée sensible au pH. L'étalonnage est effectué avant chaque essai, avec des solutions tampons de pH 4 et pH 9. Puis, on introduit l'électrode dans l'échantillon jusqu'à ce que la valeur relevée se stabilise.



Figure 7 : pH-mètre

I-3-1-3 Conductivité électrique

La conductivité est reliée à la concentration d'ions capables de conduire le courant électrique, elle permet la mesure de la quantité des ions dissous dans un solvant, elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25 C°. Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$. On la détermine par un conductimètre. La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone en utilisant un conductimètre électrique. L'appareil est du type WTW D 812 WEILHEIM.

I-3-2- Par titrimétrie

I-3-2-1 Dureté totale

La dureté totale a été déterminée par titrimétrie, en utilisant l'EDTA comme réactif et le noir ériochrome comme indicateur coloré (Rodier, 2009). Ce dosage représente la mesure de la dureté de l'eau (titre hydrothémétrique (TH) en degré français.

Mode opératoire

- 100 ml d'eau d'échantillon
- ajouter une pincée de le noir ériochrome comme indicateur
- ajouter 5 ml de solution de pH 10
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu

Expression des résultats

$$\text{TH} = \left(\frac{V_{\text{EDTA}} \times N_{\text{EDTA}}}{V_{\text{Ech}}} \right)$$

Avec

V_{EDTA} : volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage.

N_{EDTA} : concentration en EDTA.

V_{Ech} : volume en millilitre de la prise d'essai.

I-3-2-2 Calcium

Les ions Ca^{2+} sont dosés par complexométrie. On utilise l'EDTA(acide éthylènediamine tétracétique) mais, on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers pH12, par addition de soude. De plus l'indicateur utilisé est sensible aux seuls ions Ca^{2+} (Rodier, 2009).

Mode opératoire

- Prélever 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de NaOH 1 N et une pincé de l'indicateur Murexide, le mélange devient rose.
- Agiter en titrant par la solution d' EDTA (0,02 éq/l). Le virage se fait au pourpre.
- Relever à la fin du dosage le volume d'EDTA versé à partir de la burette

Expression des résultats

$$[Ca^{2+}](^{\circ}F) = \left(\frac{V_{EDTA} \times N_{EDTA} \times 1000 \times M_{Ca^{+2}}}{V_{Ech}} \right)$$

Avec

V_{EDTA} : volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage.

N_{EDTA} : concentration en EDTA.

V_{Ech} : volume en millilitre de la prise d'essai.

$M_{Ca^{+2}}$: la masse molaire du calcium .

I-3-2-3 Magnésienne

Connaissant la duresé totale d'une part et la duresé calcique d'autre part, par différence on calcule par différence la duresé magnésienne.

$$TH = T_{Ca^{+2}} + T_{Mg^{+2}} \quad \rightarrow \quad T_{Mg^{+2}} = TH - T_{Ca^{+2}}$$

TH: Duresé totale ($^{\circ}F$)

$T_{Ca^{+2}}$: Duresé calcique ($^{\circ}F$)

$T_{Mg^{+2}}$: Duresé magnésienne ($^{\circ}F$)

I-3-2-4 TA (Titre Alcalimétrique)

Le titre alcalimétrique mesure la teneur en alcalis libres (OH^-) et en carbonates (CO_3^-).

Mode opératoire

- 100 ml d'eau d'échantillon
 - En présence d'une coloration rose, neutraliser la solution par l'acide sulfurique (N/50) de la burette jusqu'à décoloration complète. La valeur lue de l'acide sulfurique indique le TA en °F.
- Dans le cas contraire (pas de coloration) le TA est nul ($\text{TA} = 0^\circ\text{F}$).
- Verser en suite l'acide en agitant constamment jusqu'à décoloration complète de la solution.

I-3-2-5 TAC (Titre Alcalimétrique Complet)

Mesure la somme des alcalis libres, des carbonates et des bicarbonates.

Mode opératoire

- 100 ml d'eau d'échantillon
- Ajouter 2 gouttes de solution de méthyle orange
- Titrer avec l'acide sulfurique (N/50) jusqu'au virage jaune au orange.

Expression des résultats

$$\text{TAC } (^\circ\text{F}) = \left(\frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{Ech}}} \right)$$

Avec

$V_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: volume en millilitre de la solution d' H_2SO_4 utilisé pour le titrage.

$N_{\text{H}_2\text{SO}_4}$: concentration en H_2SO_4 .

V_{Ech} : volume en millilitre de la prise d'essai.

I-3-2-6 Les chlorures

Les chlorures Cl^- , selon la méthode de MOHR (*Rodier, 2009*), basée sur le titrage d'un volume d'eau avec une solution de nitrates d'argent AgNO_3 concentrée en présence de l'indicateur chromates de potassium (K_2CrO_4), jusqu'au virage de la coloration du jaune au rouge brique et le début du dépôt d'un précipité rouge.

Mode opératoire

- 100 ml d'eau d'échantillon
- ajouter 1 ml de l'indicateur chromates de potassium (K_2CrO_4).
- Titrer avec nitrates d'argent $AgNO_3$ (0,0141 N) jusqu'au virage de la coloration du jaune au rouge brique.

Expression des résultats

$$[Cl^-] \left(\frac{mg}{l} \right) = \left(\frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times 1000 \times M_{Cl^-}}{V_{Ech}} \right)$$

Avec

V_{AgNO_3} : volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour une concentration donnée

N_{AgNO_3} : concentration en $AgNO_3$

M_{Cl^-} : la masse molaire du chlorure.

V_{Ech} : volume en millilitre de la prise d'essai.

I-4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les lieux de localisation de l'ensemble de nos échantillons. Nous avons indiqué que nos échantillons sont des eaux de consommation prélevées à partir des robinets des consommateurs et des forages ainsi que la station de déminéralisation.

Par la suite, nous avons bien examiné les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques.

Il est important de signaler qu'il est prévu dans notre étude l'analyse du sodium, potassium, sulfates ainsi que les analyses bactériologiques des eaux de robinet. Mais suite à l'épidémie de COVID 19, malheureusement on a annulé ces analyses.

Le chapitre suivant, permis d'interpréter les résultats que nous avons obtenus.

Chapitre II
Résultats et discussions

pH situé entre 6,5 et 9,5 (*JORA, 2014; OMS, 2006*). En comparant les résultats obtenus (Figure 9) lors des analyses des échantillons d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que leur pH est normal étant donné qu'il est compris entre 6,75 et 7,51. Donc Les eaux de Djamaa ont un pH voisin de la neutralité.

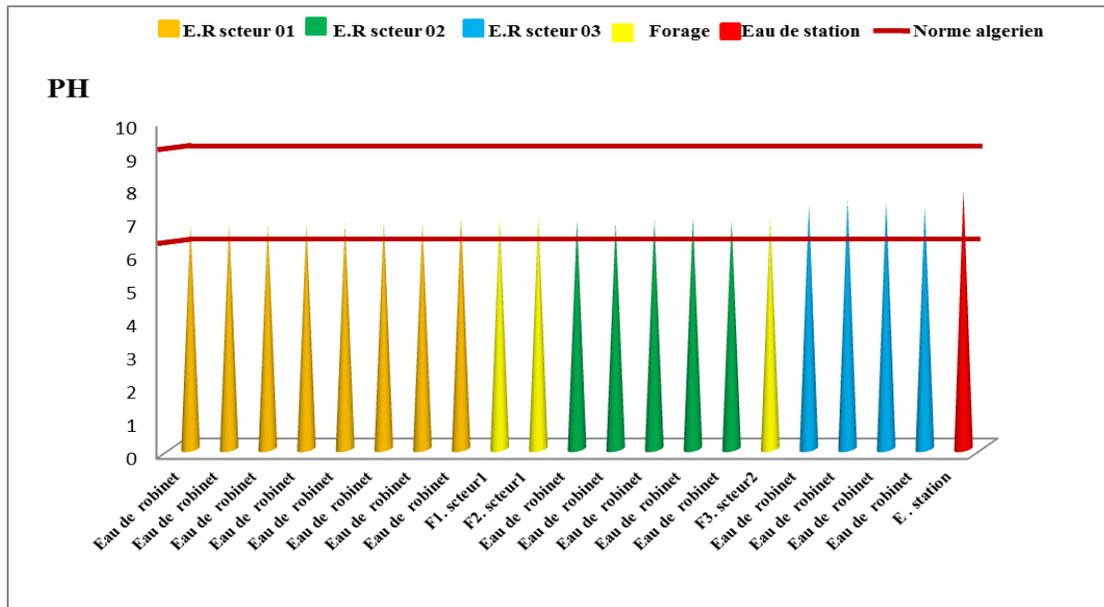


Figure 9 : Variation du pH des échantillons d'eaux de la ville de Djamaa

II-2 -3 Conductivité électrique

Selon l'échelle de la salinité des eaux citée par *Rodier (2009)*, on peut diviser les eaux de consommation de la ville de Djamaa en deux parties:

- Les eaux de robinet de consommateur qui proviennent du secteur 01 et 02 et les eaux de 03 forages, se caractérisent par une conductivité très élevée dépassant les 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Donc, ce sont des eaux très minéralisées (eau saline).
- Les eaux proviennent de la station de déminéralisation, ce sont des eaux de minéralisation moyenne.

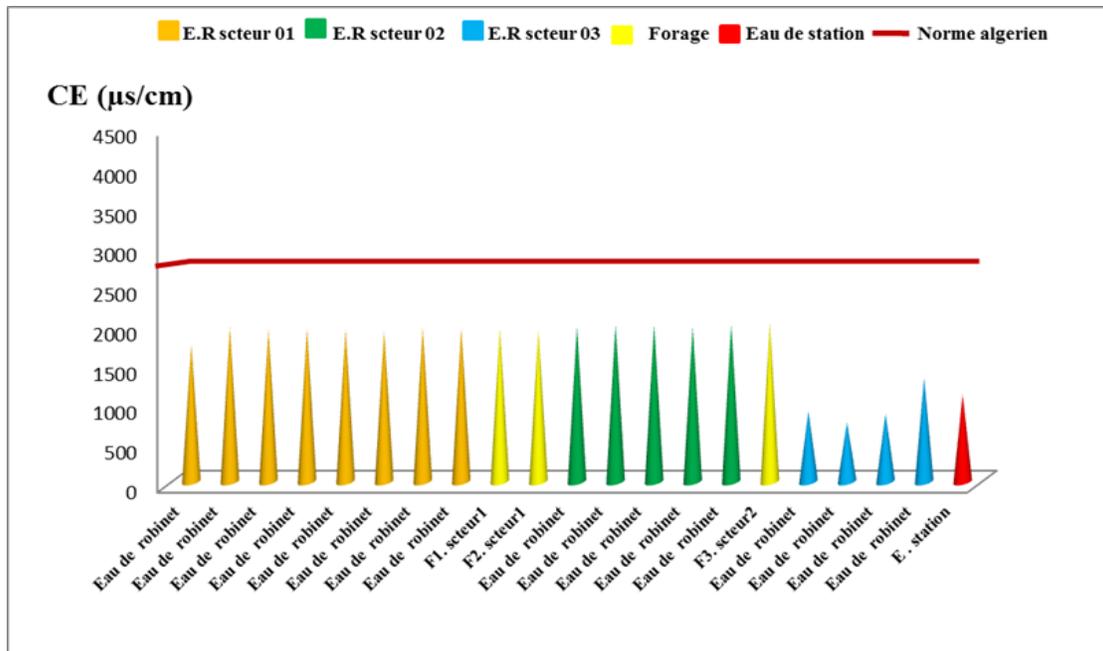


Figure 10 : Variation de la conductivité électrique (CE) des échantillons d'eau

La comparaison des résultats obtenus de la conductivité avec les normes Algériennes des eaux de consommation (tableau 4) montrent que la conductivité de l'eau de consommation dans la plaine de la ville de Djamaa est globalement dans les normes. Elles varient entre 750 $\mu\text{s/cm}$ et 2010 $\mu\text{s/cm}$. Ces résultats sont confortés aux normes et inférieurs à la valeur limite fixée par la norme Algérienne (moins de 2800 $\mu\text{S/cm}$).

II-2 -4 Salinité

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) à travers de la conductivité électrique de cette eau. A titre de comparaison, l'eau douce a une salinité de 0 à 0,5, eau saumâtre a une salinité de 1 et 10 g/l et l'eau de mer a une salinité moyenne de 35g/l.

On observe que la salinité de l'eau varie entre 0.4 et 1.12

- Secteur 01, la salinité comprise entre 0.94 et 1.06 g/l est une eau saumâtre
- Secteur 02, la salinité comprise entre 1.09 et 1.11g/l est une eau saumâtre
- Secteur 03, la salinité comprise entre 0.4 et 0.71g/l est une eau douce
- Les forages la salinité comprise entre 1.06 et 1.12 g/l est une eau saumâtre
- Station de déminéralisation la salinité 0.6 g/l est une eau douce

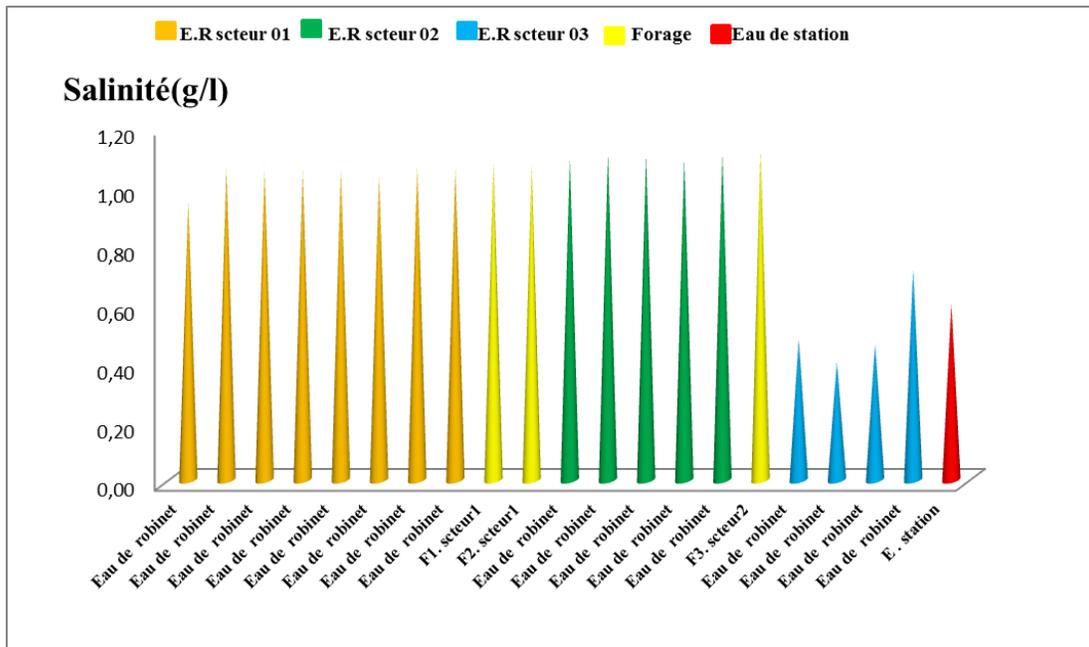


Figure 11 :Variation de salinité des échantillons d'eau

II-2 -5 Dureté totale TH

Les résultats concernant les mesures de la dureté (Figure 12) montrent que tous les eaux de consommation l'eau de la ville de Djamaa sont très dures. La dureté varie entre 90°F et 300 °F qui supérieures aux normes locales (tableau 4) qui exigent une concentration maximale admissible de 50 °F. l'eau station de déminéralisation est conforme aux normes locales à savoir 25.7 °F.

Selon le tableau 2 de Classification des eaux selon la dureté totale ont montre que

- Les eaux de secteur 01,02,03 et des forages a une dureté dépasse 30°F donc est une eau très dure.
- L'eau station de déminéralisation a une dureté de 25.7 °F donc est une eau moyennement dure.

Les valeurs élevées de la dureté des eaux peut expliquer par la nature lithologique de la formation aquifère de la zone étudiée (*Ghazali et al, 2013*). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de $CaCO_3$ (*Rodier, 2009*).

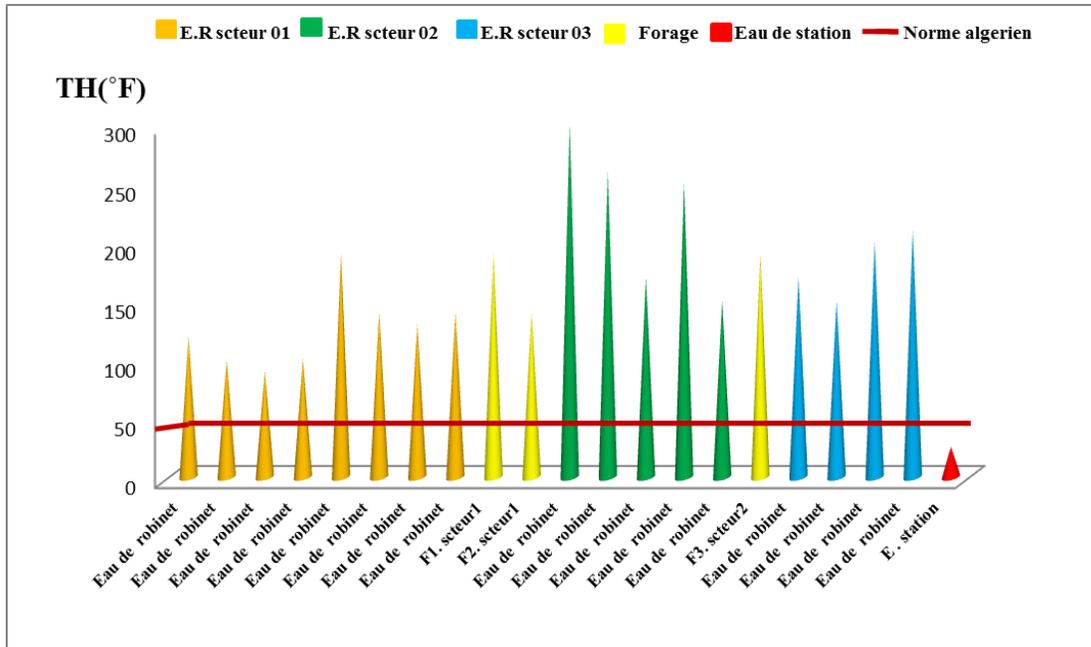


Figure 12: Variation de la dureté totale des échantillons d'eau

On peut dire que l'eau de robinet des communes de la ville de Djamaa est considérée comme étant de qualité médiocre (*Hamchaoui, 2017*). Elle peut provoquer un dessèchement de la peau et des dépôts de calcaire dans les conduites. Ces dépôts sont indésirables parce qu'ils diminuent l'efficacité des systèmes de tuyauterie. Cela peut encore provoquer une diminution de l'efficacité des savons et détergents.

II-2 -6 Calcium

Calcium Ca^{+2} ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (*Gaujour, 1995*). Les teneurs en calcium des eaux analysées (Figure 13) de la ville Djamaa sont variées comme suit:

- Secteur 01 varie entre 80 mg/l et 280 mg/l.
- Secteur 02 varie entre 120 mg/l et 240 mg/l.
- Secteur 03 varie entre 80 mg/l et 160 mg/l.
- 03 forages varient entre 80 mg/l et 120 mg/l.
- Station de déminéralisation 57 mg/l.

Généralement, la teneur en calcium de la ville Djamaa est conforme aux normes locales de potabilité (tableau 4).

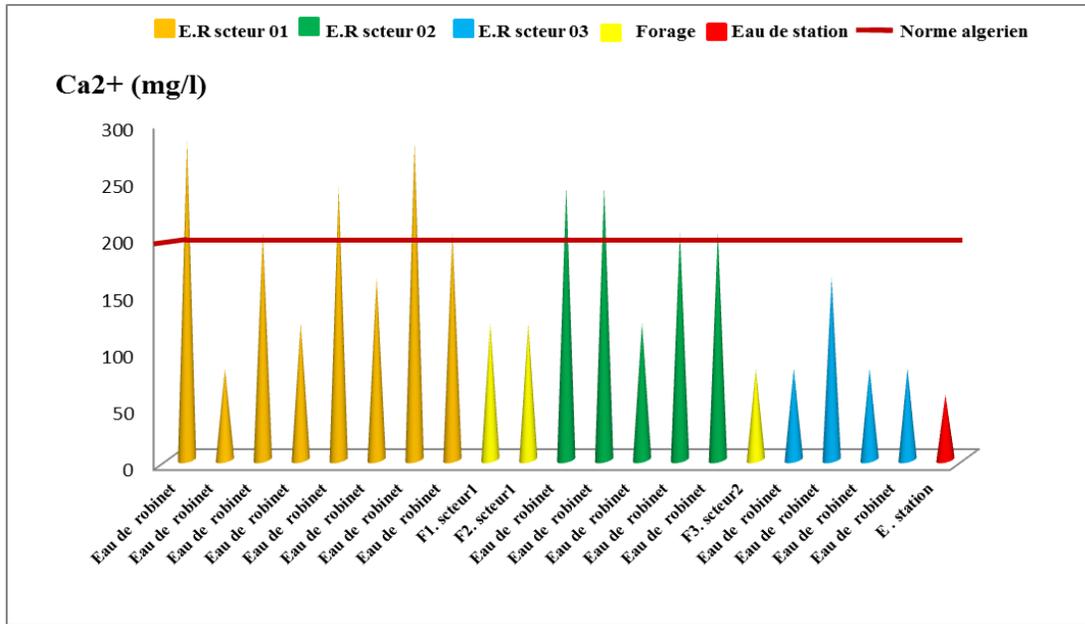


Figure 13 :Variation de la teneur en calcium dans les échantillons d’eau

II-2 -7 Magnésium

L'analyse des teneurs en magnésium montre que pour les eaux de la ville de Djamaa présentent des concentrations comprises entre 170 et 583.2 mg/L (figure 14) qui sont généralement supérieures à la valeur limite maximale de la norme Algérienne qui est de 150 mg/L (tableau 4). Signalant, deux prélèvement entre dans les normes est sont 97 et 120 mg/L.

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg²⁺ (Dib, 2009).

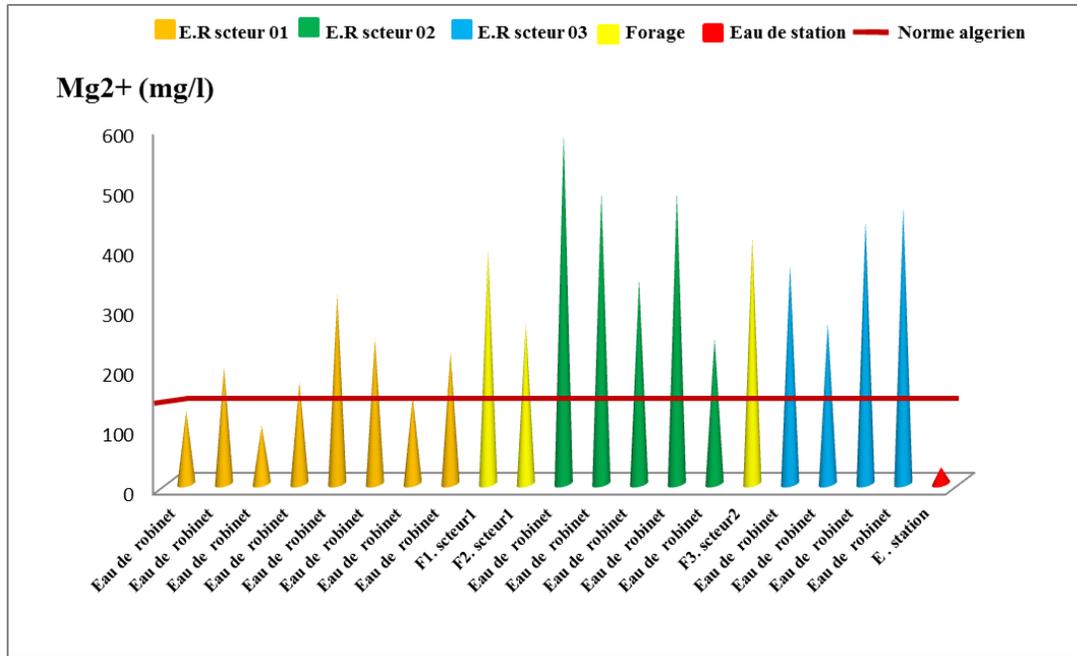


Figure 14 :Variation de la teneur en magnésium dans les échantillons d'eau

II-2 -8 Chlorure

L'analyse des eaux de la ville de Djamaa a révélé des quantités élevées des chlorures Cl⁻ allant de 699,783 à 1549,52mg/L (Figure 15), ces valeurs sont supérieures à la norme locale et internationale (tableau 4) qui exigent une concentration maximale admissible de 500 mg/L. Par contre l'eau de la station de déminéralisation est conforme à savoir 206.57 mg/L .

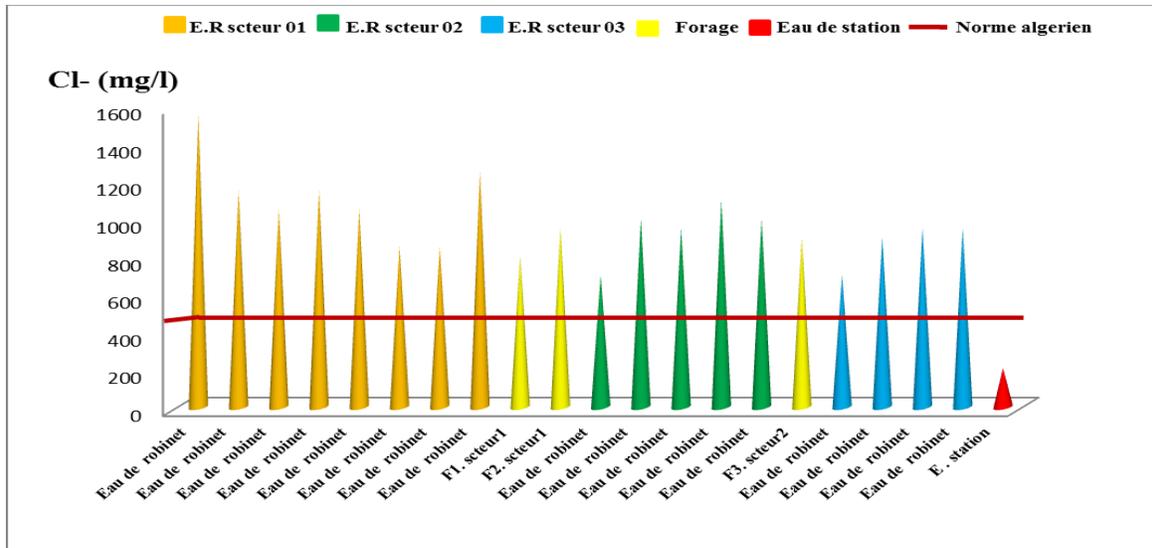


Figure 15: Variation de la teneur en chlorures dans les échantillons d'eau

Les valeurs élevées des teneurs en chlorures sont liées principalement à la nature des terrains traversés (*Rodier, 2009*). La concentration de chlorure supérieure à 500 mg/L dans l'eau de robinet altère la saveur de l'eau, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau (*Hamchaoui, 2017*).

II-3 Conclusion

Les résultats de la qualité des eaux testées de la ville de Djamaa ont bien montré que les eaux qui proviennent de la station de déminéralisation sont de bonne qualité et consommable. Par contre, ceux qui proviennent des 03 forages et alimentant le réseau de distribution sont inacceptables.

Conclusion générale

Conclusion générale

La ville de Djamaa est située dans le Sahara septentrional algérien possède d'énormes réserves d'eau souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable de type maillé.

Ce travail soumis se concentre sur l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau destinée à la potabilisation de la ville de Djamaa.

La qualité physicochimique se déterminée par la mesure de température, pH, conductivité électrique, salinité, dureté totale, calcium, magnésium et chlorure. Il en ressort de cette étude que:

Les résultats obtenus et sur le plan physique ont montré que le pH de ces eaux est voisin de la neutralité, leurs température est acceptable. De même, le degré de minéralisation varie selon la ressource de provenance de l'eau. Les eaux qui proviennent des trois forages et qui alimentent les secteurs 01 et 02 sont très minéralisées. Par contre, les eaux de la station de déminéralisation et qui alimentent le secteur 03 sont moyennement minéralisées.

Sur le plan chimique et en particulier pour les trois eaux de forages qui alimentent les secteurs 01 et 02, nos résultats ont montré que la dureté totale, le calcium, le magnésium et les chlorures ne sont pas non conforments à la réglementation nationale en matière de potabilité. Elles sont supérieures à la valeur maximale admissible. Donc, ces eaux sont inacceptables, elles exigent un traitement plus au moins poussé avant qu'elles distribuées aux usagers.

Les eaux de la ville de Djamaa qui proviennent de la station de déminéralisation sont de bonne qualité et peuvent être consommé. Elles conforment aux normes de portabilités.

Références Bibliographique

- Agence Régionale de Santé d’Auvergne, (2014)**, La qualité de l’eau destinée à la consommation humaine en auvergne.
- Ahmidatou. I, (2012)**, Essai de lutte biologique contre la pyrale des dattes ectomyelois ceratoniae par l’utilisation d’Habrobracon hebetor dans les stocks de la region de Djamaa. Université Kasdi merbah. Ourgla, p: 10-17.
- Allia .Z, (2018)**, Le système aquifère mio-pliocène du bassin de chott melrhir - zab chergui : caractérisation, géométrie et hydrochimie. Université Mohamed kider –biskra- p 130. Thèse de Doctorat
- . Belghitim. C. B,(2013)**, Etude de la qualitephysico-chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de meknès(maroc). Larhyss Journal, pp. 21-36.
- Belksier .M.S,(2016)**, Qualité hydro chimique des eaux de la nappe superficielle dans la région de l’Oued Righ et évaluation de sa vulnérabilité à la pollution , Rev. Sci. Technol., Synthèse 32: 42 -57.
- Belksier .M.S,(2015)**, Caractérisation hydrochimique des eaux souterraines : cas du nappe libre et complexe terminal de l’oued righ: sahara algérien. International Journal for Environnement& Global Climat échange ISSN 2310-6743
- Berne. F et Cordonnier. J, (1991)**, Traitement des eaux. Edition Tec.
- Bernier. A, (2015)**, Caractérisation de la matière organique des eaux naturelles et traitées par spectroscopie de fluorescence 3D. canda.
- Boeglin. J.C, (2009)**, Propriétés des eaux naturelles, Technique de l’ingénieur, traité environnement, G1, 110p.
- Bordet. J, (2007)**, L’eau dans son environnement rural : Hydraulique et cycle de l’eau, l’alimentation en eau potable, l’assainissement des agglomérations, Éditions Johanet (ISBN 978-2-900086-71-1).
- Bouchahm .N, (2013)**, Caractérisation et cartographie des sites de remontée dans la région de l’oued righ (bas Sahara algérien), Journal Algérien des Régions Arides pp 77
- Bourrier. R et Selmi. B, (2011)**, Techniques de la gestion et de la distribution de l’eau. Éditions du Moniteur.

- Bouznad. I,(2009)**, Ressources en eau et Essai de la gestion intégrée dans la vallée Sud d'Oued Righ (W. Ouargla)(Sahara septentrional algérien), Mémoire de master, Université Badji Mokhtar-annaba
- Chelli. L, DjouhrI .N,(2013)**, Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant Mémoire de magister, Université A. MIRA – bejaia – 7 p.
- Degremont, (2005)**, «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1.
- Dib. I, (2009)**, L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydrotechnique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université
- Gaujour. D, (1995)**, La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire. 2ème édition Lavoisier.Hadj Lakhdar, Batna.
- Ghazali, D. 1., Zaid, A. (2013)**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES – MAROC), Larhyss Journal, N° 12, Janvier 2013.
- Ghettas .S et Zemala .A , (2014)**, Evolution géochimique des eaux de la nappe des sables du mio-pliocène dans l'oued rhir (djamaa, meghaier, still et oum thiour) , Mémoire d'ingénieur , Université Kasdi Merbah – Ouargla –
- Guergazi. S, Achour. S, (2005)**, Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, Larhyss Journal, 4,119-127.
- Guerzou. F,(2008)**,Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude en Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Biologie. P56.
- Hamchaoui, S. (2017)**, Intégration de l'aléa pluviométrique dense le cadre d'une gestion durable du service de l'eau potable, thèse doctorat en sciences ,Université Batna 2, Batna.
- Houillier. P, Blanchard. Aet Pailard .M, (2004)** ,Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.
- JORA,(2014)**, journal officiel de la république algérienne.
- Manahan, S. E, (2005)**, Origines et quantités en eaux souterraines sur la Terre. Récupéré sur lenntech: <https://www.lenntech.fr/eaux-souterraines/origine.htm>.

- Molinie. L, (2009)**, Dispositifs rustiques d'alimentation et de Traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées, Agro Paris Tech, Montpellier, Cedex 4.
- Moussa. H, (2014)**, Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique, Thèse de Doctorat, Université de Lorraine
- Nanfack,(2014)**, Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.
- Noui. H, (2011)**, Contribution à l'étude des ressources Hydro-Edaphique à Oued Righ Mémoire d'ingénieur , Université Kasdi Merbah – Ouargla -p26
- OMS, (2006)**, Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland
- ONID et DRE,(2018)**,Office national de l'irrigation et de drainage direction régionale Sahara unité d'exploitation oued righ et direction de ressource en eau.
- O.N.M, (2011)**, Climatologie de la station de Touggourt, Service archives.
- Québec, P. C. (2003, juin)**, Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Récupéré sur Centre d'expertise et de référence en santé publique: <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/turbidite>.
- Redjem .F, Rahmouni .R, (2018)**, Evaluation de la qualité de l'eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine) Mémoire de magister, Université des Frères Mentouri – Constantine – 3 p.
- Rodier, (2009)**, L'analyse de l'eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France.
- Savary, (2010)**, Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France.
- Stedmon. R (2008)**, Characterizing dissolved organic matter fluorescence with parallel. Methods 6.
- Tardath .Het J.P.Beaudry, (1984)**, « chimie des eaux, les griffons d'argile ».
- Tercha .H et Zerrougui. H, (2018)**, Etude de réseaux d'assainissement de lotissement de 500 lots, cité 18 février de la commune de djamaa, wilaya d'El-oued, Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued-
- 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.

