

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale **قسم :** بيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Intitulé :

**Etude de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux
destinées à la consommation humaine du forage Ras El Ain
(Boumerzoug) Constantine.**

Présenté et soutenu par : *Messikh Hibat Errahmane*

Guerraichi Yasmine Naouel

Jury d'évaluation :

Président du jury : SAHLI Leila (MCA - UFM Constantine1).

Rapporteur : AMRI Sihem (MAA - UFM Constantine1).

Examineur : ZAIMECHE Saida (MCB - UFM Constantine1).

*Année universitaire
2019 - 2020*

Dédicace

A mon exemple éternel mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir Mon chère père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ma chère mère.

A mon cher frère MOHAMED

A ma chère grande mère

A mes chères tantes

A ma chère amie LAMIA

Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

A toute ma famille, mes amies ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidées et soutenue.

YASMINE

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

A MA CHÈRE MÈRE

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse dieu vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A MES CHÈRES SŒURS

RAYÈNE et ISMAHÈNE en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A MES CHÈRS PETITS NEUVEUX ET NIECES

Meriem, Loujaine, Rîmes, Moussaab et Mouhamed El Amine. Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous.

A MES CHÈRS FRÈRES

HAMZA, ABDOU ET OUSSAMA, je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A MON CHÈR MARI

CHEMS EDDINE

Pour son soutien moral dans les moments difficiles. Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

A toute ma famille, mes amies ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidées et soutenue.

HIBA

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à notre promoteur Madame **S. AMRI** pour ses précieux conseils, ses orientations et ses compétences durant le déroulement de ce travail.

Nos vifs remerciements à Madame **L. SAHLI** d'avoir accepté de présider le jury.

Nos sincères remerciement à Madame **S.ZAIMECHE** d'avoir accepté de juger le travail.

Nous remercierons également tous le personnel de la Direction Exploitation Eaux et Travaux de la société **SEACO**.

En fin, nous remercions toute personne ayant contribué à l'élaboration de ce travail.

Résumé

L'eau est considérée toujours comme un aliment de base, précieux et vital. Les eaux de surface et souterraines peuvent comporter des éléments indésirables ou toxiques qui présentent une menace à la santé humaine à long et à court terme. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine peut avoir lieu à la source de production (forage, barrage), dans les ouvrages de stockage, dans les canalisations d'adduction et particulièrement dans les réseaux de distribution. Mais, dans tous les cas, il est impératif que le consommateur s'approvisionne en eau saine et sans danger.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux du forage Ras El Ain (Boumerzoug) dans la wilaya de Constantine, durant une période de quatre mois : d'octobre 2019 au mois de Janvier 2020.

L'étude est basée sur le pH, la conductivité, la turbidité, chlores, nitrites et ammonium.

D'après les résultats obtenus l'eau du forage de Ras El Ain est de qualité physicochimique acceptable pour l'alimentation humaine et conformes aux normes nationales et internationales recommandées.

Mots clés : La qualité physico-chimique, organoleptique, forage de Ras El Ain, SEACO.

Abstract

Water is considered a basic food, precious and vital aliment. Surface and ground water can contain undesirable or toxic elements that pose a threat to human health in the long and short term. Indeed, the degradation of the quality of water for human consumption can take place at the source of production (drilling, dams), in storage facilities, in supply pipes and particularly in distribution networks. In all cases, however, it is imperative that the consumer be supplied with safe and healthy water.

The objective of this study is to contribute to the evaluation of the physico-chemical and organoleptic quality of Ras El Ain (Boumerzoug) drilling water in the wilaya of Constantine, during a period of four months: from October 2019 to January 2020.

The study is based on the pH, conductivity, turbidity, chlorides, nitrites and ammonium.

According to the results obtained, the water from the Ras El Ain borehole is of acceptable physicochemical quality for human consumption and complies with recommended national and international standards.

Key words: Physico-chemical and organoleptic quality, Ras El Ain drilling, SEACO.

الملخص

يعتبر الماء غذاءً أساسياً ثميناً وحيوياً. قد تحتوي المياه السطحية والجوفية على عناصر غير مرغوب فيها أو سامة تشكل خطراً على صحة الإنسان على المدى القريب و البعيد . في الواقع، يمكن أن يحدث تدهوراً في جودة المياه المخصصة للاستهلاك البشري على مستوى مصدر الإنتاج (الحفر، السدود)، هياكل التخزين، أنابيب الإمداد وخاصة في شبكات التوزيع . ولكن، في جميع الحالات، من الضروري أن يحصل المستهلك على إمدادات مياه صحية و آمنة.

الهدف من هذه الدراسة هو المساهمة في تقييم الجودة الفيزيوكيميائية و الحسية لمياه حفر رأس العين (بومرزوق) في ولاية قسنطينة، على امتداد فترة أربعة أشهر: من شهر أكتوبر 2019 إلى غاية شهر جانفي 2020

قامت هذه الدراسة على الأس الهيدروجيني، التوصيلية، العكارة، الكلور، النتريت والأمونيوم.

وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها ، فإن مياه حفر رأس العين ذات جودة فيزيوكيميائية قابلة للاستهلاك البشري وتتوافق مع المعايير الوطنية والدولية الموصى بها .

الكلمات المفتاحية: الجودة الفيزيوكيميائية والحسية ومياه حفر رأس العين.

Liste des abréviations

C° : Degré Celsius.

CE : Conductivité électrique.

Cl⁻ : Chlore.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière en suspension

Mg/L : Milligramme par litre.

NH⁴⁺: Ammonium.

NO₂⁻ : Nitrites.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : Potentiel d'hydrogène.

SEACO : Société de l'eau et de l'assainissement de Constantine

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Taux des sels dissous

TH : Titre hydrotimétrique

THM: Trihalométhanes.

µs/cm: Micro siemens par Centimètre

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification des eaux d'après leur pH (Krida, 1997).	09
Tableau 02 : Classification des eaux selon la conductivité (Sari, 2014).	10
Tableau 03 : Classes de turbidités usuelles (NTU) (Joël, 2003).	10
Tableau 04 : Les valeurs du titre hydrométrique (Dureté totale). (Kammar ,2018).	11
Tableau 05 : Normes OMS (2006) et algériennes (JORA, 2014) des paramètres physico-chimiques et organoleptiques pour l'eau potable.	16
Tableau 06 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (Belalia, 2006).	20
Tableau 07 : Tableau récapitulatif de la conservation des prélèvements.	26
Tableau 08 : Évolution temporelle des caractéristiques physico- chimiques et organoleptique des eaux du forage de Ras El Ain (octobre 2019 – Janvier 2020).	31

Liste des figures

Figure 01 : le cycle de l'eau.	03
Figure 02 : Structure de la molécule d'eau.	05
Figure 03 : Les états physiques de l'eau.	06
Figure 04 : La situation géographique de la zone d'étude et leur impluvium.	23
Figure 05 : Les principaux cours d'eau du secteur d'étude (Boulaouidat, 2014).	25
Figure 06 : Variation temporelle du pH des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019- Janvier 2020).	32
Figure 07 : Variation temporelle de la conductivité électrique des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).	34
Figure 08 : Variation temporelle de la turbidité des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).	35
Figure 09 : Variation temporelle des teneurs en chlore des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).	37

Liste des photos

Photo 01 : La glacière utilisée	26
Photo 02 : Plaques eutectiques pour conserver les échantillons.	26
Photo 03 : pH mètre modèle Sension3-HACK.	27
Photo 04 : Conductimètre de type Sension7-HACK.	28
Photo 05 : Turbidimètre de type 2100N-HACK.	29
Photo 06 : Comparateur de chlore-LOVIBOND147040.	29
Photo 07 : le Kit du réactif spécifique aux ions nitrite (LCK 541).	30
Photo 08 : Le kit de réactif spécifique aux ions ammonium (LCK 304).	30

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Abstract

الملخص

Liste d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I.1. Généralités sur l'eau	03
I.2. Les sources naturelles de l'eau	04
I.2.1. Eaux de mer	04
I.2.2. Eaux superficielles	04
I.2.3. Eaux souterraines	04
I.3. Structure et propriétés de l'eau	05
I.3.1. Structure de l'eau	05
I.3.2. Propriétés de l'eau	06
I.3.2.1. Propriétés physiques de l'eau	06
I.3.2.1.1. Point d'ébullition	06
I.3.2.1.2. Viscosité	06
I.3.2.1.3. Solvant	07
I.3.2.1.4. Tension	07
I.3.2.1.5. Chaleur spécifique	07
I.3.2.1.6. Chaleur latente	07
I.3.2.1.7. Capacité thermique	07
I.3.2.1.8. Transparence	07
I.3.2.2. Propriétés chimiques de l'eau	07
I.3.2.3. Propriétés biologiques l'eau	08
I.4. Caractéristiques de la qualité des eaux	08

I.4.1. Propriétés organoleptiques	08
I.4.1.1. L'odeur	08
I.4.1.2. La couleur	08
I.4.1.3. Goût et saveur	09
I.4.2. Caractères physico-chimiques	09
I.4.2.1. Les caractères physiques	09
I.4.2.2.1. La température	09
I.4.2.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	09
I.4.2.2.3. La conductivité électrique	09
I.4.2.2.4. La turbidité	10
I.4.2.2. Caractères chimiques	10
I.4.2.2.1. Chlorure (Cl ⁻)	10
I.4.2.2.2. Dureté totale (TH)	10
I.4.2.2.3. Titre alcalimétrique (TA)	11
I.4.2.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC)	11
I.4.2.2.5. Magnésium (Mg ²⁺)	11
I.4.2.2.6. Calcium (Ca ²⁺)	11
I.4.3. Les caractères microbiologiques	12
I.4.3.1. Les germes totaux	12
I.4.3.2. Les coliformes	12
I.4.3.3. Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants	12
I.4.3.4. Les streptocoques fécaux	12
I.4.4. Les paramètres indésirables ou toxiques	12
I.4.4.1. L'ammonium	12
I.4.4.2. Le fer	13
I.4.4.3. L'aluminium	13
I.4.4.4. Les Nitrites	13
I.4.4.5. Les Nitrates	13
I.4.4.6. Les Phosphates	14
I.5. Les eaux potables	14
I.5.1. Nomenclature	14
I.5.2. Normes de potabilité de l'eau	14
I.5.3. L'origine des eaux potables	16

I.5.3.1. L'eau minérale	16
I.5.3.2. Les eaux de source	17
I.5.3.3. L'eau du robinet	17
I.6. La qualité de l'eau de consommation	17
I.7. Traitement des eaux potables	18
I.7.1. Objectif du traitement	18
I.7.2. Normes de traitement	18
I.8. Présentation de l'entreprise d'accueil SEACO : Société de l'Eau et de L'Assainissement de Constantine	21
I.8.1. Création de la SEACO	21
I.8.1.1. Missions principales	21
I.8.1.2. Organisation de la société	21
I.8.2. Présentation du département de la qualité Ain Smara	22
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II.1. Présentation de la zone d'étude	23
II.1.1. Situation géographique	23
II.1.2. Climat et végétation	24
II.1.2.1. Le climat	24
II.1.2.2. La végétation	24
II.1.3. Les réseaux hydrographiques	24
II.1.4. Géomorphologie	24
II.2. Méthodes de prélèvement et d'analyse	26
II.2.1. Prélèvement et conservation	26
II.2.2. Analyses physico-chimiques et organoleptiques	27
II.2.2.1. Le pH	27
II.2.2.2. La conductivité électrique	28
II.2.2.3. La turbidité	28
II.2.2.4. Le chlore	29
II.2.2.5. Nitrites	29
II.2.2.6. L'ammonium	30
II.3. Traitement statistique des résultats	30
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1. Le pH	32
III.2. La conductivité électrique	33

III.3. La turbidité	35
III.4. Les teneurs en chlore	36
III.5. Les teneurs en nitrites	38
III.6. Les teneurs en ammonium	38
Conclusion et perspectives	39
Références bibliographiques	41

Introduction

Introduction

Notre planète est la seule du système solaire à posséder de l'eau liquide. Présente sur Terre depuis sa formation, en mouvement permanent entre ses différents réservoirs, indispensable à l'éclosion de la vie et à son maintien au sein des écosystèmes aquatiques et sur les continents, nécessaire dans de nombreuses activités et réalisations humaines, l'eau est une substance essentielle à la survie et au développement de l'humanité.

En fait, l'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie (Luna et al. 1972). En Algérie, les eaux de surface sont les principales sources pour notre approvisionnement en eau potable, mais de plus en plus l'individu et la municipalité se tournent vers les nappes phréatiques qui renferment un volume énorme d'eau exploitable (Ayad, 2017). 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. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78% en 1999 et de 92% en 2007 (Rouissat, 2010).

La qualité de l'eau est influencée par un large éventail de phénomènes naturels et anthropiques. Différents processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques) peuvent nuire aux caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce. De plus, plusieurs impacts anthropiques peuvent dégrader la qualité de l'eau comme l'activité industrielle, l'usage agricole ou des chantiers d'ingénierie fluviale (Chapman, 1996).

L'eau est un élément indispensable à la vie et l'état de santé de la population d'où la nécessité d'élaboration des normes de potabilité basées sur les études scientifiques montrant les effets nocifs sur la santé, des éléments physico-chimiques à partir d'une certaine concentration maximale à ne pas dépasser. Par sécurité, la valeur de la norme sera largement inférieure à cette dose, afin d'éviter le développement de pathologies, malgré le dépassement du seuil (Guerzou, 2008).

Les problèmes d'alimentation en eau potable en Algérie révèlent des aspects à la fois quantitatifs (accroissement constant de la consommation) et qualitatif (pollution sous ses

diverses formes). Pour répondre à ces besoins, le législateur algérien a mis en place un dispositif réglementaire qualifié d'approche à obligation de moyens (Bahmed, 2004).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude de contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du forage de Ras el Ain Boumerzoug dans la wilaya de Constantine qui a fait l'objet déjà d'une étude semblable durant l'année 2017-2018.

Notre document est structuré en trois grandes parties :

- La première partie: est consacrée à l'étude bibliographique, nous avons jugé utile de rappeler quelques généralités sur l'eau, la présentation de l'établissement d'accueil ainsi que des données sur les paramètres et les normes définissant la caractérisation et la qualité des eaux potables.
- La deuxième partie : présente la méthodologie expérimentale ainsi que la présentation de la zone d'étude.
- La troisième partie : La présentation et la discussion des résultats obtenus, en se basant sur ce qui était dit dans la bibliographie et une comparaison de nos résultats avec ceux obtenus en 2017-2018. (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).

Enfin, nous tirons une conclusion et nous proposons quelques perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1.Généralités sur l'eau :

L'eau est très présente sur notre planète, ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue car les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³ sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97 %) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme.

L'eau douce n'en représente que 3 % et concerne :

- Pour la majeure partie, les glaciers de montagne, les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %).
- Les eaux douces souterraines (moins de 1 %, la majorité des eaux souterraines est salée, donc ne sont pas douces).
- Les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03%).
- L'atmosphère (0,001%) ; les êtres vivants (0,0001%). La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain avec seulement 0,3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km³ (CIE, 2018).

L'eau se trouve presque partout sur terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, une rivière. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle hydrologique, le cycle de l'eau (fig 01), (Bertrand, 2008).

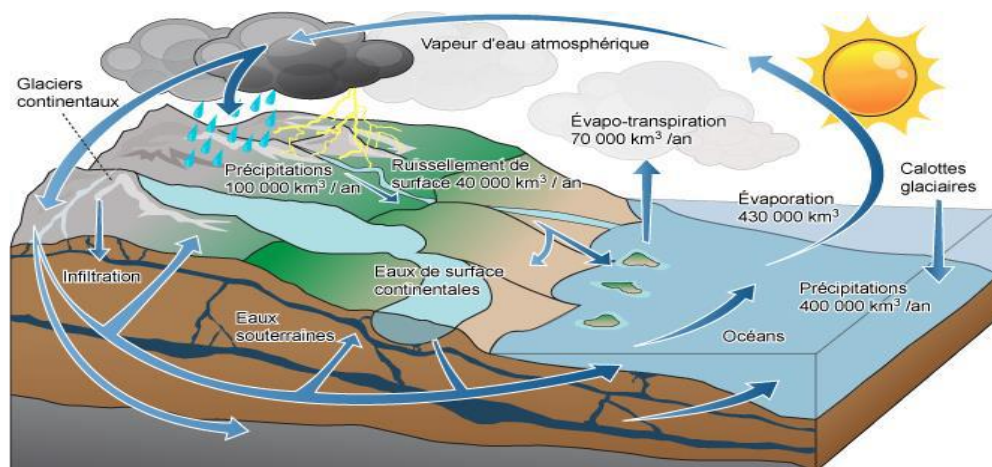


Figure01 : Cycle de l'eau

I.2. Les sources naturelles de l'eau :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. (Ayad, 2017). Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant.

I.2.1. Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise lorsqu'il y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité, la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg /l de salinité. (Ayad, 2017)

I.2.2. Eaux superficielles :

Qualifie toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les retenues collinaires, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. En aquarium, l'interface eau/air, couramment appelée eau de surface, correspond aux eaux superficielles. (Ayad, 2017).

I.2.3 Eaux Souterraines :

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont enfouies dans le sol. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- Contamination bactérienne faible
- Turbidité faible ;
- Température constante ;
- Indice de couleur faible ;
- Débit constant ;
- Dureté souvent élevée ;
- Concentration élevée de fer et de manganèse. (Ayad, 2017).

I.3. Structure et propriétés de l'eau :

I.3.1. Structure de l'eau :

La molécule d'eau est une molécule exceptionnelle dont les propriétés particulières liées à sa nature dipolaire, ont permis la vie sur la terre. La formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète. La molécule d'eau, de formule H_2O (fig 02) est composé d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence, sa masse molaire est de 18g (Schriver –Mazzuoli, 2012).

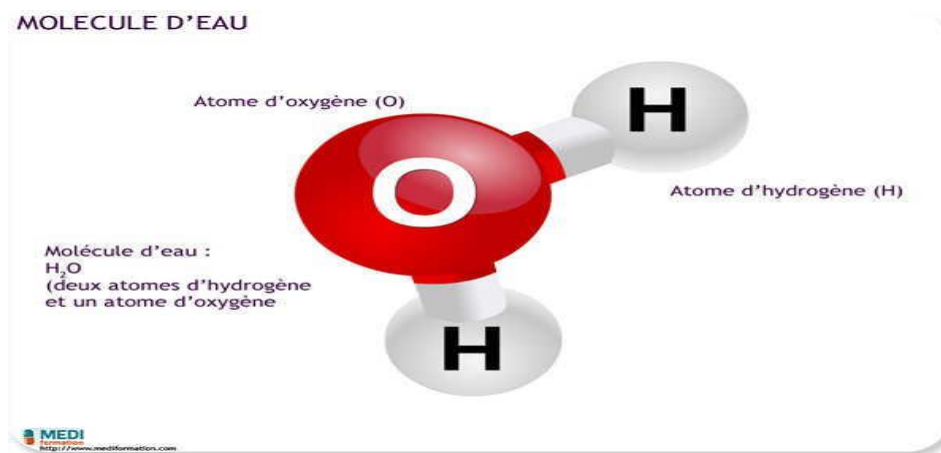


Figure02 : Structure de la molécule d'eau

L'eau existe sous trois états : solide, liquide et gazeux. Il est solide quand la température est inférieure à $0^{\circ}C$, liquide entre $0^{\circ}C$ et $100^{\circ}C$, et gaz quand la température est supérieure à $100^{\circ}C$. Ces trois phases coexistent dans la nature (fig 03), toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression.

- ❖ **L'état solide** : C'est la glace, le verglas... Les molécules d'eau sont parfaitement organisées de façon à former quelque chose de dure et solide.
- ❖ **L'état liquide** : C'est l'eau des rivières, de l'océan, du robinet, même des nuages. Les molécules d'eau sont un peu dans tous les sens, mais assez proches les unes des autres.

- ❖ **L'état gazeux** : C'est de l'eau qui n'est pas visible à l'œil nu. Il y en a partout dans l'air que l'on respire. Les molécules d'eau sont désordonnées et très espacées les unes des autres.

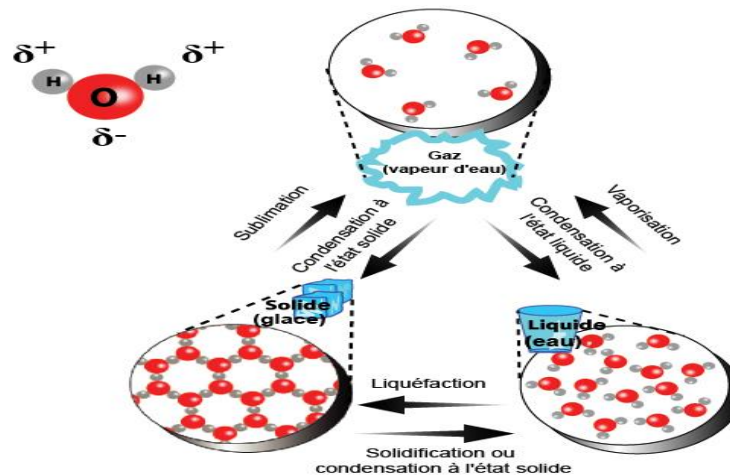


Figure 03 : Les états physiques de l'eau

I.3.2 Propriétés de l'eau :

Rappelons que la molécule est la plus petite quantité d'un corps pur qui puisse exister à l'état libre. C'est un assemblage d'atomes. La molécule conserve toutes les propriétés physiques et chimiques de ce corps.

I.3.2.1 Propriétés physiques de l'eau :

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante et elle possède les propriétés physiques principales suivantes:

I.3.2.1.1 Point d'ébullition :

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique de l'eau permet à une importante phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète.

I.3.2.1.2 Viscosité :

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température de telle sorte que deux eaux peuvent être non miscibles. Ce phénomène est

particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire.

I.3.2.1. 3 Solvant :

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elle se charge donc des minéraux et substances organiques qu'elle croise et dissout.

I.3.2.1. 4 Tension:

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire.

I.3.2.1. 5 Chaleur spécifique :

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée : $4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

I.3.2.1.6 Chaleur latente :

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

I.3.2.1. 7 Capacité thermique :

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température.

I.3.2.1.8 Transparence :

L'eau est transparente dans le spectre visible, mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielles se réchauffent. (Aouissi et Merabti, 2019).

I.3.2.2 Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz, de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se passent en milieu aqueux ; les organismes sont très riches en eau (jusqu'à plus de 90%). Elle a longtemps été considérée comme un solvant neutre intervenant peu ou pas dans les réactions chimiques. La dilution dans l'eau permettait en particulier de ralentir l'activité des réactifs. En fait, l'eau est un agent chimique très agressif qui risque d'attaquer les parois du récipient qui la contient comme par exemple dans un flacon en verre, des ions silicium passent dans l'eau.

L'eau pure peut exister du point de vue réglementaire, c'est-à-dire, eau sans contaminants bactériens et chimiques, mais elle n'existe pratiquement pas du point de vue chimique (même l'eau distillée contient des traces d'ions ou de molécules organiques prélevées aux conduites et aux récipients).

Dans les réactions chimiques, l'eau intervient d'abord par sa dissociation en protons H^+ , souvent associés à H_2O pour former des protons hydratés H_3O^+ , et en ions hydroxyle OH^- . C'est le rapport entre ces 2 types d'ions qui détermine le pH de la solution (pH : logarithme de l'inverse de la concentration molaire en H^+). De nombreux métaux peuvent décomposer l'eau en produisant un dégagement d'hydrogène et un hydroxyde métallique.. (Aouissi et Merabti, 2019)

I.3.2.3 Propriétés biologiques L'eau :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal (en volume) des êtres vivants, et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules. L'eau compose aussi la plus grande partie de nos aliments (70 à 95 % de la plupart de nos viandes et de nos fruits et légumes). Il est donc évident que « l'eau, c'est la vie ». (Aouissi et Merabti, 2019).

I.4. Caractéristiques de la qualité des eaux :

I.4.1. Propriétés organoleptiques :

I.4.1.1 L'odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

-L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

-La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances. (Rodier, 2005).

I.4.1.2. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. (Rodier, 2005).

I.4.1.3. Goût et saveur :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

I.4.2 Caractères physico-chimiques :**I.4.2.1 Les caractères physiques :****I.4.2.2.1 La température :**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle important dans la solubilité de sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique (Rodier, 2005),

I.4.2.2.2 Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Ce paramètre est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ dans l'eau (Rejseck, 2002). Plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les eaux naturelles sont des solutions ionisées, elle peut être acides, basiques ou neutres, leur pH est liée à la nature des terrains traversés et varie généralement entre 7,2 - 7.6 (Geujons, 1995).

Tableau01 : Classification des eaux d'après leur pH (Krida, 1997)

pH < 5	Présence d'acides minéraux ou organiques dans l'eau naturelle
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte

I.4.2.2.3 La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (Samake, 2002)

Tableau 02 : Classification des eaux selon la conductivité (Sari, 2014).

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	Résistivité ($\Omega. \text{m}$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

I.4.2.2.4 La turbidité :

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle est causée dans les eaux par la présence de matière en suspension (MES) fines comme les argiles, les grains de silice et les microorganismes. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Jean-claude, 1983).

Tableau 03 : Classes de turbidités usuelles (NTU).(Joël, 2003)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

I.4.2.2.Caractères chimiques :**I.4.2.2.1. Chlorures (Cl) :**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhoukh, 2011).

I.4.2.2.2.Dureté totale (TH) :

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations Ca^{++} et Mg^{++} à l'exception des alcalins (Ledler, 1986).

Tableau 04: Les valeurs du titre hydrométrique (Dureté totale). (Khammar ,2019).

TH (°F)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Eau	Très douce	Eau douce	Moyennement douce	Dure	Très dure

I.4.2.2.3. Titre alcalimétrique (TA) :

La teneur en hydroxyde (OH), est la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{2-} et un tiers environ des phosphates présents. (Menad et Metadger, 2012)

TA : permet de mesurer la teneur totale en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonates, lorsque ces teneurs sont mesurées en *még/l* ou °F, ce qui est traduit par la formulation :

$$T = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}] \quad \text{még/l ou } ^\circ\text{F}$$

I.4.2.2.4. Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Il correspond à la teneur en ions OH, CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8.3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. (Menad et Metadger ,2012)

TAC permet de mesurer les teneurs totales en hydroxydes, en carbonates et en Hydrogénocarbonates, en *még/l* ou °F, soit :

$$TA = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad \text{még/l ou } ^\circ\text{F}$$

I.4.2.2.5. Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le Magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO_4 des terrains gypseux du Trias situés au Sud.(Sahraoui, 2015).

I.4.2.2.6. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux

potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (Khelili et Lazali , 2015).

I.4.3. Les caractères microbiologiques :

I.4.3.1. Les germes totaux :

Ils se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (Bourgeois, Mescle, Zucca, 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines (Rodier, 2005).

I.4.3.2. Les coliformes :

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae; cette bactérie coliforme correspond à organismes en bâtonnets, non sporogone, Gram négatif, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatifs, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37°C. Les coliformes comprennent les genres : Escherichia coli.

I.4.3.3 Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants :

Les coliformes fécaux correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristique des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (Edber et al.2000).

I.4.3.4 Les streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux sont généralement pris globalement en compte des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs et immobiles (Bourgeois et al, 1991).

I.4.4. Les paramètres indésirables ou toxiques :

I.4.4.1.L'ammonium :

Cet ion qui provient surtout de la décomposition des matières organiques azotées et des industries chimique (engrais et textile) est plus important chimiques de pollution (PESSON, 1980).Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée (Potelon et Zysman , 1998).

I.4.4.2. Le fer :

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physique et hydrologique (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/l de fer (Potelon et Zyman ,1998).

I.4.4.3. L'aluminium :

Très répandu sur la terre, l'aluminium vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d' Al^{+3} . Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0,2 (Rodier et al, 2009).

I.4.4.4. Les Nitrites :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et le nitrate, ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une bactérie dénitrifiant. Leur présence dans l'eau est généralement rare et en faible quantités (Rejsek, 2002 ; Potelon et Zysman, 1998).

I.4.4.5. Les Nitrates :

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau, se trouve naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Le nitrate présent dans le sol à diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets d'eau usées qui donne des doses importantes (Potelon et Zysman, 1998 ; Grosclaude, 1999).

Il existe quatre classes distinctes en fonction de la concentration en nitrates retrouvée dans l'eau :

- Eau de qualité optimale pour être consommée (< 25 mg/l).
- Eau de qualité acceptable (de 25 à 50 mg/l).
- Eau non potable nécessitant un traitement (de 50 à 100 mg/l).
- Eau inapte à la production d'eau potable (> 100 mg/l).

I.4.4.6. Les Phosphates

Des teneurs élevées en phosphates signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par des contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphates inférieurs à 0.01 mg/l (Centre d'information sur l'eau, 2005).

I.5. Les eaux potables :

I.5.1. Nomenclature :

Selon l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) 2013, une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. L'OMS la définit comme une eau ayant les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives de l'OMS ou aux normes nationales relatives à la qualité de l'eau de boisson. En clair, une eau potable est une eau qui ne contient pas d'agents pathogènes ou d'agents chimiques à des concentrations pouvant nuire à la santé. Aussi une eau de boisson ne présente aucun risque notable pour la santé d'une personne qui la consommerait sur toute durée de sa vie, compte tenu des variations des éventuelles entre les différents stades de sa vie (Organisation mondiale de la santé (OMS) 2004).

I.5.2. Normes de potabilité de l'eau:

Généralement, pour chaque paramètre de potabilité, on cherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Ce paramètre dépasse la concentration limite où il y a absence de conformité par rapport aux normes établies. À ce titre, l'OMS, dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permet de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau (Bouziani M., 2000). Une eau est dite potable si elle respecte les valeurs imposées par la loi de potabilité. Il existe six catégories de paramètres : organoleptique, physico-chimiques, biologiques, de pollution, en ce qui concerne des substances indésirables et en ce qui concerne des substances toxiques. Concernant les qualités sensibles de l'eau (la couleur, le goût, l'odeur, la transparence), ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe, car une eau peut être

trouble, colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire.

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes. (Mostefaoui et Toutaoui, 2018). C'est à dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international. Les normes nationales (JORA, 2014) et internationales (OMS, 2006) en matière de potabilité des eaux sont regroupées dans le tableau 05. Ces normes concernent les paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle.

Tableau 5 : Normes OMS (2006) et algériennes (JORA., 2014) des paramètres physico-chimiques et organoleptiques pour l'eau potable.

Substances	Unité	Normes OMS (2006)	Normes Algériennes (JORA 2014)
Cuivre	mg/l	2	2
Trihalométhanes (THM)	µg/l	100	100
Température	°C	25	25
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500	500
Calcium	mg/l	100	200
Potassium	mg/l	12	12
Chlorure	mg/l	250	500
Concentration en ions hydrogène	Unité de pH	6,5 -9,5	≤ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l en CaCO ₃	200	200
Conductivité à 20°C	µS/cm	--	2800
Ammonium	mg/l	0.5	0.5
Couleur	mg/l Platine	--	15
Odeur 12°C	Taux dilution	--	4
Saveur 25°C	Taux dilution	--	4
Turbidité	NTU	5	5
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Fluorure	mg/l	1.5	1.5
Fer Totale	mg/l	--	0.3
Manganèse	µg/l	40	50
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.2	0.2
Oxydabilité	mg/l	--	5
Sulfates	mg/l	400	500
Zinc	mg/l	3	5
Cadmium	µg/l	3	3
Cyanure	µg/l	70	70
Résidu sec	mg/l	1500	1500

I.5.3. L'origine des eaux potables :

Il y a 3 types d'eaux : les eaux minérales, les eaux de source, et les eaux du robinet.

I.5.3.1. L'eau minérale :

Une eau minérale naturelle ne peut être que d'origine souterraine, et s'être constituée à l'abri de tout risque de pollution .Microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est

perturbée par aucune contamination d'origine humaine. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté originelle qui est une exigence de la réglementation.

Les eaux minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé humaine.

En résumé, l'eau minérale naturelle est définie réglementairement par trois critères majeurs : l'absence de tout traitement ou d'addition de produits chimiques, sa pureté une composition minérale définie, parfaitement stable et garantie (Khammar, 2019).

I.5.3.2. Les eaux de source :

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet.

Par ailleurs, leur nom commercial n'est souvent pas spécifique à une source. Tout en restant conforme aux règles de l'étiquetage, une même marque peut parfois recouvrir plusieurs sources et donc avoir des compositions minérales différentes (Khammar, 2019).

I.5.3.3. L'eau du robinet :

L'eau du robinet est une eau potable distribuée par un réseau de canalisations depuis les zones de captage, où sont prélevées les eaux brutes, jusqu'aux utilisateurs finaux, en passant par un centre de traitement et un ou plusieurs réservoirs.

Les eaux brutes proviennent le plus souvent de nappes phréatiques (sous-terraines) ou d'eaux de surfaces (rivières, lacs, fleuves) (Khammar, 2019).

I.6.La qualité de l'eau de consommation

La qualité de l'eau potable est évaluée à partir des critères de qualité. En effet, l'utilisation d'une eau médiocre pour la production d'eau potable peut accroître les risques pour le consommateur si cette eau contient des produits nuisibles pour la santé. L'eau est considérée souvent comme un symbole de pureté, Elle est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé, et est soumise aux normes de qualité les plus sévères (Defranceschi, 1996 ; MDDEFP, 2013).

La surveillance de la qualité de l'eau correspond à la conduite des analyses, de tests et d'observation de certains paramètres à des points clés du réseau d'alimentation en eau potable. L'objectif principale de ce suivi de la qualité de l'eau est de vérifier que l'eau distribuée remplit les critères de potabilité. C'est un moyen de protéger la santé publique (Muriel, 2010).

I.7. Traitement des eaux potable :

I.7.1. Objectif du traitement :

Aucun réseau de distribution d'eau n'étant à l'abri d'un accident ou d'une pollution – tout consommateur pouvant ne pas recevoir suffisamment tôt l'information –, on peut craindre une consommation accidentelle d'eau impropre à la consommation (boisson, cuisine...), donc non potable.

En plus des incidents possibles sur le réseau d'adduction en eau, le réseau de distribution peut lui aussi être à l'origine de contamination et/ou de pollution de l'eau :

-Des contaminations par bactéries (du fait de la stagnation de l'eau ou de son passage dans des tuyaux vétustes et corrodés).

-De la pollution due à l'emport du métal des canalisations, raccords, ballons et robinets en raison d'une eau trop douce et donc corrosive.

Outre ces possibles accidents, même alors qu'elle est régulièrement analysée, l'eau peut apparaître de mauvaise qualité, que ce soit en boisson et en cuisine, ou pour l'hygiène corporelle ou l'entretien du linge et de la maison. Le traitement de l'eau est alors utile pour éliminer le calcaire et améliorer sa qualité (goût, aspect et odeur).

C'est pour toutes ces raisons sanitaires mais aussi pour davantage de confort que l'on va traiter l'eau de distribution, donc l'eau qualifiée de « potable » (Ayad, 2017).

I.7.2. Normes de traitement :

- **L'Organisation Mondiale de la Santé :**

L'Organisation Mondiale de la Santé ou OMS (WHO pour World Organisation Health), a instauré quelques lignes directrices concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable. Ces lignes directrices sont les références internationales qui garantissent une eau saine et donc potable. Les dernières lignes directrices en date sont celles qui ont été prononcées par l'OMS à Genève en 1993.

Vous pourrez noter qu'il n'y a pas de ligne directrice concernant certains éléments et substances. Cela vient du fait qu'il n'y a pas suffisamment eu d'études menées sur les effets de ces substances sur l'organisme, et par conséquent il est impossible de définir une limite à ne pas dépasser. Dans d'autres cas, il n'y a pas de lignes directrices car il est impossible que la substance en question soit en concentration assez importante dans l'eau pour être dangereuse.

- **L'Union européenne**

Le conseil de l'union européenne a élaboré une directive 98/83/EC sur la qualité de l'eau requise pour la consommation humaine. Elle fut mise en application le 3 Novembre 1998. Elle fut élaborée en reprenant les paramètres de la directive sur l'eau potable datant de 1980 et en y incorporant là où il était nécessaire les dernières découvertes scientifiques sur les effets des différents substances sur l'homme (lignes directrices de l'OMS et Comité Scientifique Mondial sur la toxicologie et l'écotoxicologie). Cette nouvelle directive constitue une base solide aussi bien pour les consommateurs de l'UE que pour les fabricants d'eau potable. Les données ci-dessous constituent les principales modifications apportées:

- Plomb : La dose acceptée a été réduite de 50 µg/l à 10 µg/l, une tolérance de 15 années a été accordée pour permettre au fabricant de pouvoir remplacer le plomb de leurs chaînes de production.
- Pesticides: Les valeurs des substances individuelles ainsi que celles des pesticides totaux ont été maintenues (0.1µg/l / 0.5µg/l), et qui plus est des valeurs plus strictes ont été instaurées pour certains pesticides spécifiques (0.03µg/l).
- Cuivre: La valeur a été réduite de 3 à 2 mg/l.
- Quelques nouvelles limites ont été introduites pour des éléments tels que les trihalométhanes, le trichlorotéthène, le tetrachloroéthène, le bromate, l'acrylamide etc...

- **Normes Algériennes :**

Le tableau ci-dessous résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie (eau Potable).

Tableau6 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (Belalia, 2006).

Qualité	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Paramètres				
Physico-chimiques				
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9,	>5, <9
T°C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ²⁺ mg/l	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ²⁺ mg/l	30	30-100	100-150	>150
Na ²⁺ mg/l	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorure mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Organiques :				
O ₂ dissous%	>100	100-50	50-30	>30
DBO5 mg/l	5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	20	20-40	40-50	>50
Matières organiques	5	5-10	10-15	>15
Composés azotés				
Ammonium mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrites mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Nitrates mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
Composés phosphorés				
Phosphates mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Eléments toxiques et indésirable				
Fe mg/l	0-0.5	0.5-1	1-2	>2
Mn mg/l	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>1
Mn mg/l	0	0-0.05	0.05-0.5	>1
Cr mg/l	0-0.02	0.02-0.05	0.05-1	>0.5
Cu mg/l	0	0-0.5	0.5-1	>1
Zn mg/l	0	0	0-0.01	>1
Cd mg/l	0	0	0-0.05	>0.01
Pb mg/l	0	0-0.8	0.8-1.5	>0.05
F ⁻ mg/l	0	0	0-0.02	>1.5
CN ⁻ mg/l	0.001-0.002			

I.8.Présentation de l'entreprise d'accueil SEACO : Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine :

I.8.1. Création de la SEACO :

La **SEACO** est une société par action, créée conjointement par l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA). Créée en 2008, la SPA SEACO s'est vue confier la gestion déléguée des services de l'eau et de l'assainissement de la wilaya de Constantine. Depuis 2008, la SPA SEACO a mis en place un nouveau mode de gestion et d'exploitation des services de l'eau et de l'assainissement en conformité avec les objectifs des institutions nationales et les enjeux du service public.

La société est chargée dans le cadre de la politique nationale de développement d'assurer sur les 12 communes de la wilaya de Constantine, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable et industrielles ainsi que le renouvellement et le développement des infrastructures s'y rapportant.

I.8.1.1. Missions principales :

- Se doter d'une organisation moderne et adéquate ;
- Assurer une distribution de l'eau potable en continu 24 heures sur 24 ;
- Formation et transfert de savoir-faire ;
- Gérer efficacement le patrimoine ;
- Offrir une bonne qualité de service ;
- Gestion efficace de la clientèle ;
- Qualité et rapidité des travaux ;
- Qualité de l'eau.

I.8.1.2. Organisation de la société :

- Direction Générale (DG) ;
- Direction Clientèle (DC) ;
- Direction Exploitation Eaux et Travaux (DEET) ;
- Direction Exploitation Assainissement (DEA) ;
- Direction Finances et Comptabilité (DFC) ;

- Direction Achats et Logistique (DAL) ;
- Direction Ressources Humaines et Formation (DRHF).

I.8.2. Présentation du département de la qualité Ain Smara

Structure faisant partie de la **DEET (La Direction Exploitation Eau et Travaux)**, le département a pour mission principale le contrôle de la qualité de l'eau de la ressource, à la production, à la distribution jusqu'au robinet du consommateur. Il comporte trois services :

➤ **Service Traitement des Données Analytiques :**

Ce service est chargé de :

- Contrôle de la qualité de l'eau sur le terrain.
- Prélèvements des échantillons.
- Recherches de pollutions accidentelles.
- Contrôle de la désinfection.
- Analyses de terrain.
- Coordonne les actions.
- Etablis les bilans du service.

➤ **Service d'analyses Physico-chimiques :**

Il est situé au laboratoire de physico-chimie. Ce service est chargé d'assurer l'analyse physico-chimique des eaux de toute la ressource, et de contrôler la désinfection. Il dispose du matériel suivant : pH mètre, conductimètre (mesure de conductivité, taux des sels dissous (TDS) et salinité), turbidimètre, spectrophotométrie (mesure de nitrate, nitrite, phosphate, sulfate), photométrie à flamme (mesure des teneurs en Ca, Na, Li).

➤ **Service d'analyses Bactériologiques :**

Il est situé au laboratoire de bactériologique. Ce service est chargé d'assurer le contrôle de la qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Le présent chapitre consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyse, utilisés en vue d'examiner la qualité physico-chimique de l'eau de la source de Boumerzoug et son impluvium.

Vu les circonstances exceptionnelles actuelles liées au COVID-19, Les résultats brutes traités dans cette étude, nous ont été communiqués par les services des SEACO sans la participation des étudiantes. De ce fait nous n'avons pas beaucoup d'informations sur les méthodes d'échantillonnage, de conservation des échantillons ainsi que les méthodes de mesures utilisées, ni les points de collectes des échantillons.

II.1. Présentation de la zone d'étude :

II.1.1. Situation géographique :

La source de Boumerzoug et son impluvium qui fait l'objet de cette étude se situe au Sud de la ville de Constantine, à 18.7 Km de la Daïra d'El Khroub (Fig. 05). La région d'étude appartient administrativement à la commune de Oued Rahmoun. La source de Boumerzoug émerge à une altitude de 737 mètres (Boulaouidat, 2014). La source donne naissance au cours d'eau du même nom (oued Boumerzoug).

Les coordonnées Lambert de la source sont : $X=855.25, Y= 325, Z=737.5m$.



Figure 04 : La situation géographique de la zone d'étude et leur impluvium.

II.1.2 Climat et végétation :

II.1.2.1 Le climat :

La région d'étude est caractérisée généralement par un climat semi aride. D'où un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud.

Au nord, les précipitations sont plus élevées atteignant en moyenne les 600 mm par an sur les reliefs par contre au sud elles chutent à environ 300 à 330 mm par an.

II.1.2.2 La végétation :

La couverture végétale dépend de plusieurs paramètres tels que : le climat, les reliefs, l'activité humaine...etc.

Sur les reliefs apparaît une maigre couverture forestière très dégradée au sud par rapport au nord (pins et de chênes verts).

Au niveau des plaines, la région est vouée aux céréales (orge et blé). Notant aussi qu'il existe une culture irriguée et des arbres fruitiers. La couverture végétale dépend de plusieurs paramètres tels que : le climat, les reliefs....

II.1.3 Les réseaux hydrographiques :

La région de Constantine est caractérisée par un réseau hydrographique (Fig. 06) relativement dense, dont la ville de Constantine elle-même est le point de confluence de deux principaux cours d'eau. Oued Boumerzoug (de direction N-S en amont puis devient NW-SE en aval) et Oued Rhumel (sa direction varie le long de son parcours) et traverse les gorges de Constantine.

Le réseau hydrographique draine le bassin versant du Boumerzoug. Les précipitations interviennent d'une manière irrégulière sur un terrain plus ou moins marneux d'où émergent des massifs carbonatés importants au Nord et au Sud ; ce qui donne au réseau hydrographique un caractère temporaire. (Boulaouidat, 2014).

II.1.4 Géomorphologie :

La région d'étude qui fait partie du sud constantinois comprend d'importants massifs carbonatés entièrement dénudés, entaillés parfois par des oueds qui circulent au fond de petites vallées. Ces massifs émergent au sein de plaines marneuses qu'ils dominent de près d'un millier de mètres brisant ainsi la monotonie de la plénitude des hautes plaines constantinoises (Boulaouidat, 2014).

II.2. Méthodes de prélèvement et d'analyse:

II.2.1. Prélèvement et conservation :

Dans le cas général, les échantillons sont prélevés dans des récipients en plastique préalablement lavés et rincés plusieurs fois sans stérilisation car ces échantillons d'eau sont destinés pour des analyses physico-chimiques. Les échantillons doivent impérativement être conservés au froid (+ 2 à + 5 °C) et à l'abri de la lumière, y compris pendant leur transport vers le lieu d'analyse. (ISO 5667-3, 2018).

Tableau 7 : Tableau récapitulatif de la conservation des prélèvements.

Caractéristiques élément analyse	récipient	Conservateur à utiliser	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation	Effectuer la mesure avant...
Chlorures	P ou V	N	100	-	15 jours
Conductivités	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	48h (obsc)
Nitrates	P ou V	Acide sulfurique q.s.p pH<2		4	48h (obsc) plusieurs semaines (obsc)
Nitrites	P ou V	N		4	48 (obsc)
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	-	4	24h (obsc)
Turbidité	P ou V	N	100	4	24h (obsc)

-P : les bouteilles et les revêtements des bouchons sont composés des plastiques suivants : polyéthylène de basse ou haute densité, polypropylène, polystyrène, chlorure de polyvinyle ou téflon.

-V : bouteille de verre.

-N : aucun conservateur requis.



Photo 1 : La glacière utilisée **Photo 2 : Plaques eutectiques pour conserver les échantillons**

II.2.2 Analyses physico-chimiques et organoleptiques :

Les analyses sur les échantillons prélevés sont effectuées dans le laboratoire de contrôle de qualités physico-chimiques des services des SEACO.

Nous nous sommes intéressés aux caractères suivants : pH , conductivité (paramètres physico-chimique); turbidité (paramètre organoleptique); chlore, nitrites et ammonium (paramètres chimiques).

II.2.2.1 Le pH :

Le pH est l'une des mesures que l'on doit effectuer le plus fréquemment, il est relié à la teneur en ions H^+ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon. Après étalonnage de l'appareil avec les solutions étalons à pH 4,7 et 9 à une température de $20^{\circ}C$, l'électrode est plongée à la surface l'eau (environ 6 à 8 cm), la lecture se fait directement sur le pH mètre.

Après chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience, on la laisse tremper dans l'eau distillée.



Photo 3 : pH mètre modèle Sension3-HACK

II .2.2.3 La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

La conductivité est mesurée par conductimètre multiéléments, en plongeant son électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface, la cellule à conductivité est rincée plusieurs fois à l'eau distillée avant et après utilisation. Les résultats sont donnés directement en $\mu\text{s}/\text{cm}$.



Photo 4 : Conductimètre de type Sension7-HACK

II. 2.2.3 La turbidité :

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire.

La mesure de la turbidité de l'eau peut s'effectuer en utilisant l'effet Tyndall ou l'opacimétrie.

L'effet Tyndall est utilisé plus spécialement pour la mesure des faibles turbidités (eau de boisson), l'opacimétrie est appliquée aux eaux de fortes turbidités (eaux brutes, eaux résiduaires).

Dans le cas de la SEACO, la turbidité a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type 2100N Turbidimeter de la marque HACK. Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Unit), (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).



Photo 5 : Turbidimètre de type 2100N-HACK

II.2.2.4 Le chlore :

La détermination de la concentration du chlore résiduel dans l'eau est mesurée en mg/l. La détermination des teneurs en chlore est effectuée en utilisant un comparateur de chlore.

Les kits d'analyse de l'eau par comparateur sont précis et faciles à utiliser. Il suffit de remplir deux cuves avec l'eau du forage, dans l'une des cuves on rajoutera de N,N-diéthyl-1,4-phénylène-diamine (DPD1, 0.1-2 mg/l Cl₂), et l'autre cuve servira de témoin. Le disque du comparateur est insérer face à la cuve du témoin, ainsi les filtres colorés se superposent avec la cuve témoin. En tournant le disque (jusqu'à obtenir la même couleur que le tube traité) à ce stade là on peut directement lire la concentration en mg/l du chlore total.



Photo 6 : Comparateur de chlore-LOVIBOND147040

II.2.2.5 Nitrites :

La quantification des teneurs en nitrites des eaux du forage de Ras El Ain a été effectuée selon une méthode automatique en utilisant le test en cuve LCK342 et un photomètre model DR5000 de la marque HAC. Le photomètre identifie le test en cuve à partir de son codebarres (IBR+). Les résultats sont exprimés en mg/l. (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).



Photo 7: le Kit du réactif spécifique aux ions nitrite (LCK 541)

II.2.2.6 L'ammonium :

La détermination des teneurs en ammonium des eaux du forage de Ras El Ain a été effectuée selon une méthode automatique en utilisant le test en cuve LCK305 et un photomètre model DR5000 de la marque HAC. Le photomètre identifie le test en cuve à partir de son code barres (IBR+). Les résultats sont exprimés en mg/l. (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).



Photo 8 : Le kit de réactif spécifique aux ions ammonium (LCK 304).

II.3. Traitement statistique des résultats :

Dans notre étude, nous avons utilisé l'Excel pour calculer et illustrer l'ensemble des paramètres étudiés : moyenne, les valeurs extrêmes (min et max) et l'écart type, et cela pour mieux interpréter nos résultats. Une analyse de la variance à un facteur a été effectuée pour chaque paramètre étudié et cela pour exprimer la variabilité d'un mois à l'autre.

Chapitre III : Résultats et discussion

Le tableau ci-dessous (tab 08) représente l'évolution temporelle des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des eaux du forage de Ras El Ain durant les mois allant d'Octobre 2019 jusqu'à Janvier 2020. Les valeurs extrêmes, les moyennes et les écart types y sont indiqués, ainsi que les normes des eaux potables nationales (Journal officiel de la république algérienne-JORA, 2014 ; SEACO, 2020) et internationales (organisation mondiale de la santé-OMS, 2017).

Tableau 08 : Évolution temporelle des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des eaux du forage de Ras El Ain (octobre 2019 – Janvier 2020).

Date	Lieu	Origine	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Tur (NTU)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
16/10/2019	Boumerzoug	Ras El Ain	7,75	1024	0,36	0,7	<6	<1
19/11/2019			6,38	1014	4	0,5	<6	<1
03/12/2019			7,52	1013	0,63	1,8	<6	<1
19/01/2020			7,84	1022	0,24	0,5	<6	<1
Valeurs extrême (min-max)			(6,38-7,84)	(1013-1024)	(0,24-4)	(0,5-1,8)	-	-
Moyenne \pm écart-type			7,37 \pm 0,67	1018,25 \pm 5,56	1,30 \pm 1,80	0,88 \pm 0,62	-	-
Normes de potabilité (JORA,2014)			6.5-9	2800	5	5	0.2	0.2
Normes de potabilité (SEACO, 2020)			6-5-8.5	2800	5	0.1-0.6	0.1	0.5
Normes de potabilité (OMS, 2017)			6.5-8,5	180-1000	<5	<5	<3	<0.5

III.1. Le pH :

Les valeurs du pH des eaux du forage de Ras El Ain obtenus durant la période allant du mois d'octobre 2019 au mois de janvier 2020 sont données dans le tableau 08 et sur la figure06.

L'examen de la figure 06 et du tableau 08 montre que les pH des eaux du forage de Ras El Ain oscillent entre 6,38et 7,84 enregistrés au mois de novembre et janvier respectivement. La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance étant de l'ordre de $7,37 \pm 0,67$. Néanmoins, cette variabilité d'un mois à l'autre n'est pas significative ($p > 0,05$).

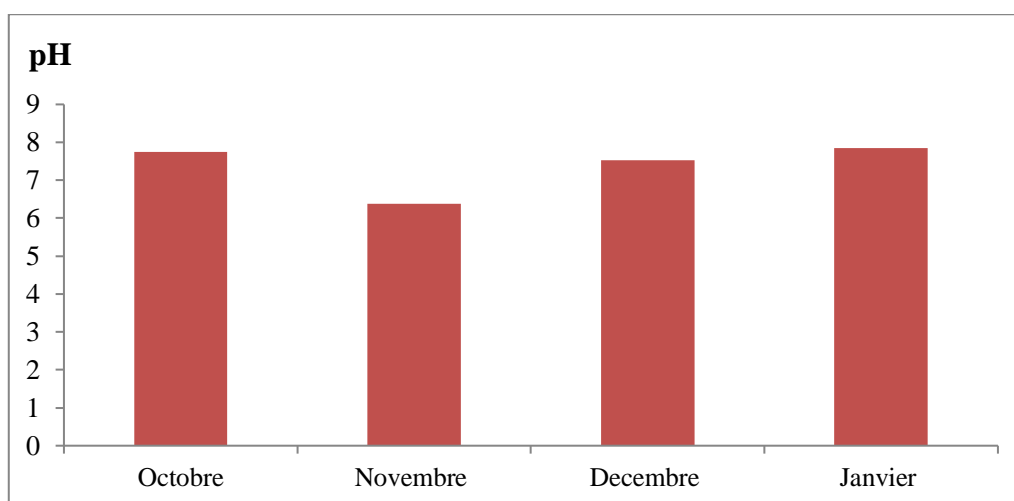


Figure 06 : Variation temporelle du pH des eaux du forage de Ras El Ain
(Octobre 2019- Janvier 2020)

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Mostefaoui et Toutaoui, 2018. Nous constatons que les valeurs du pH des eaux du forage de Ras El Ain obtenus par Mostefaoui et Toutaoui varient entre 6,88 et 7,85. Ainsi la moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance étant de l'ordre de $7,42 \pm 0,47$.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (Rodier et al, 2009).

L'acidité de l'eau ne pose en soi aucun problème vis-à-vis de la santé du consommateur. Toutefois, l'eau acide distribuée par un réseau de canalisations peut constituer indirectement une menace pour la santé du consommateur mal informé ou imprudent (Mostefaoui et Toutaoui, 2018).

L'eau acide est en effet agressive (corrosive) et peut libérer les métaux constitutifs des canalisations (en particulier intérieures aux habitations), à savoir le fer, le cuivre, le plomb, le nickel, le chrome et le zinc (Hanon et Rouelle, 2011).

Dans le réseau de distribution, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous. Mais le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO₂ dissous, ou bien parce que l'eau traitée n'était pas forcément à l'équilibre calco-carbonique en sortie de la station. La solution est l'addition de CO₂ et/ou l'extraction de CaCO₃, qui sert à restaurer l'équilibre. Inversement, une eau chargée en CO₂ agressif (avec un pH bas) a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes : dissolution de ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion) ou attaque de métaux toxiques tels que le plomb. Des solutions envisageables sont l'élimination de CO₂ agressif, l'addition de chaux pour la mise à l'équilibre calco-carbonique ou un traitement de reminéralisations (Khelil, 2006).

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 (JORA, 2014; OMS, 2017). En comparant les résultats obtenus lors des analyses d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que leur pH est normal.

III.2. La conductivité électrique (CE) :

Les valeurs de la CE des eaux du forage de Ras el Ain obtenus durant la période allant du mois d'octobre 2019 au mois de janvier 2020 sont données dans le tableau 08 et sur la figure 07.

L'examen de la figure 07 et du tableau 08 montre que la CE des eaux du forage de Ras El Ain oscillent entre 1013 µS/cm et 1024 µS/cm enregistrés au mois d'octobre et décembre respectivement.

La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance étant de l'ordre de 1018.25±5.56.

Néanmoins, cette variabilité d'un mois à l'autre n'est pas significative ($p > 0.05$).

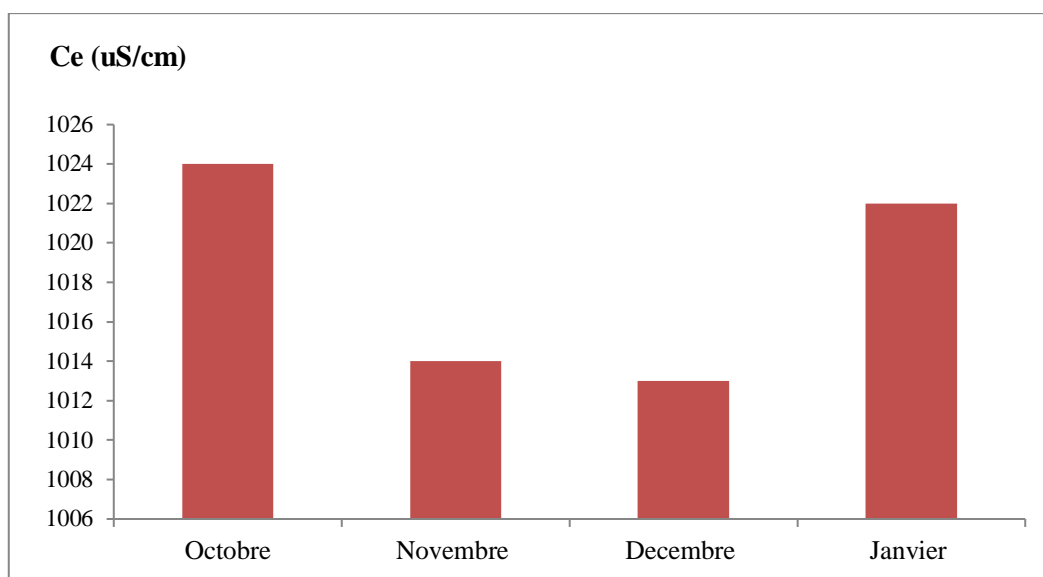


Figure 07 : Variation temporelle de la conductivité électrique des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).

En comparant nos résultats à ceux obtenus par Mostefaoui et Toutaoui, 2018 sur le même forage, on constate que les valeurs de la CE se concordent car ils varient entre $969\mu\text{S}/\text{cm}$ et $1063\mu\text{S}/\text{cm}$. La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance pour cette période étant de l'ordre de 1034.63 ± 29.21 .

La conductivité est proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau donc, la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (Rodier et *al*, 1996).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre. (Detay., 1993).

Selon (Rodier, 2009), La conductivité 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. 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

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux de la zone d'étude sont comprises entre 969 et 1063 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et s'avèrent donc selon ce classement, salines.

III.3. La turbidité :

Les valeurs de la turbidité des eaux du forage de Ras El Ain obtenus durant la période allant du mois d'octobre 2019 au mois de janvier 2020 sont données dans le tableau 08 et sur la figure08.

L'examen de la figure 08 et du tableau08montre que la turbidité des eaux du forage de Ras El Ain oscille entre 0,24 et 4 NTU enregistrés aux mois de janvier et novembre respectivement.

La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance étant de l'ordre de 1.30 ± 1.80 .

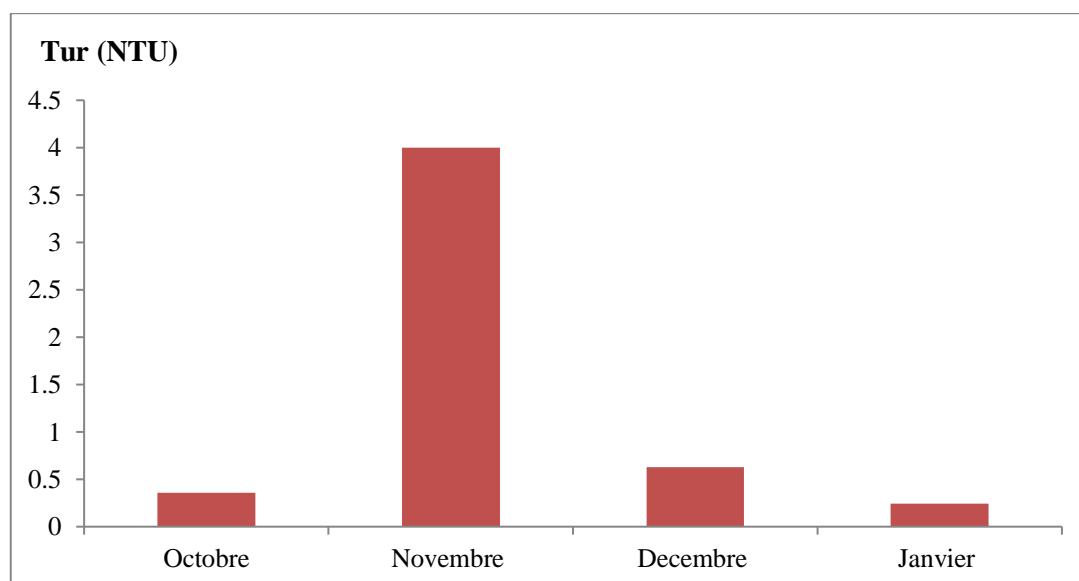


Figure08: Variation temporelle de la turbidité des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Mostefaoui et Toutaoui, 2018 où les valeurs de la turbidité des eaux du forage de Ras El Ain variées entre 0.43 NTU et 2.18 NTU.

Tandis que La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance était de l'ordre de 1.20 ± 1.11 .

Une eau turbide est trouble. Cette caractérisation vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau se charge d'une quantité énorme de particules, qui troublent l'eau. Les matières mêlées à l'eau sont de natures très diverses: matières d'origine minérale (argile, limon, sable,...), micro particules microorganismes.

La turbidité joue un rôle très important dans les traitements d'eau. En effet: Elle indique une probabilité plus grande de présence d'éléments pathogènes.

La turbidité perturbe la désinfection. Le traitement par ultraviolets est inefficace et le traitement par chlore perd son efficacité.

La matière organique associée à la turbidité favorise la formation de biofilms dans le réseau et par conséquent, le développement de bactéries insensibles au chlore notamment. (Rodier *et al*, 2005; Hade, 2007).

D'après (Khelil, 2006), Si la turbidité d'eau est supérieure à 0,4 NTU, l'action des désinfectants est ralentie, voire annulée. Les colloïdes responsables de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants. Ainsi, un traitement de chlore libre à 0.4 mg/l pendant une heure, qui donne normalement une garantie bactériologique à l'eau, n'est actif que si la turbidité est inférieure à 0.4 NTU.

Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent une turbidité inférieure à 5 NTU (JORA, 2014; OMS, 2017). En comparant les résultats obtenus des analyses d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que l'eau est bonne pour la consommation.

III.4. Les teneurs en chlore :

Les valeurs des teneurs en chlore des eaux des forages de Ras El Ain obtenus durant la période allant du mois d'octobre 2019 au mois de janvier 2020 sont données dans le tableau08 et sur la figure09.

L'examen de la figure 09 et du tableau08 montre que la valeur la plus faible en chlore des eaux du forage de Ras El Ain 0.5mg/L a été enregistrée au mois de novembre alors que la plus élevée 1.8 mg/l au mois de décembre.

La moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance étant de l'ordre de $0,88 \pm 0,62$. Cependant cette variabilité d'un mois à l'autre n'est pas significative ($p > 0.05$).

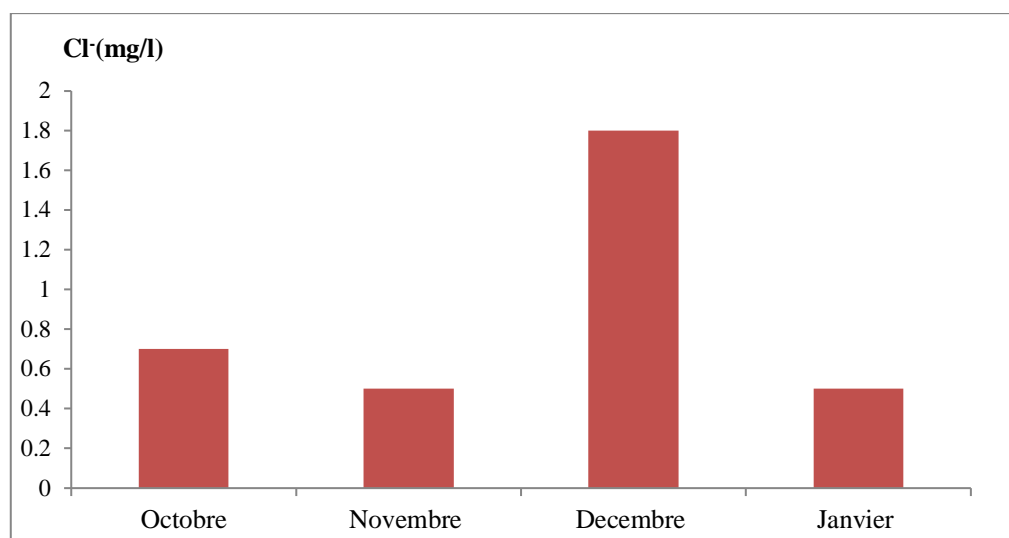


Figure 09 : Variation temporelle des teneurs en chlore des eaux du forage de Ras El Ain (Octobre 2019-Janvier 2020).

Nos résultats correspondent à ceux obtenus en Mostefaoui et Toutaoui, 2018, on constate que les valeurs des teneurs en chlore des eaux du forage de Ras El Ain variées entre 0.1mg/l et 1mg/l. Tandis que moyenne pour l'ensemble de la période de surveillance était de l'ordre de $0,68\pm 0,44$.

Fréquent dans la nature, sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (K Cl), et de calcium (CaCl_2). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc.

Le plus grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier, 2005).

Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent une teneur en chlore inférieure à 5mg/l (JORA, 2014; OMS, 2017). En comparant les résultats obtenus lors des analyses d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que l'eau est bonne pour la consommation.

III.5. Les teneurs en nitrites (NO_2^-) :

Durant toute la période de surveillance, les teneurs en nitrites des eaux du forage de Ras El Ain sont inférieures à l'échelle de mesure du test en : 0.6-6 mg/l (tab 08). Cela confirme les résultats obtenus en 2017/2018 par Mostefaoui et Toutaoui.

Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (Maiga, 2005), Les nitrites sont les indicateurs de la pollution.

Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent des teneurs en nitrites entre 0.2 mg/l et <3 mg/l (JORA, 2014; OMS, 2017). En comparant les résultats obtenus d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que l'eau est bonne pour la consommation.

III.6. Les teneurs en ammonium (NH_4^+) :

Comme pour les nitrates, les teneurs en ammonium des eaux de forage de Ras El Ain sont inférieures à l'échelle de mesure du test : 1-12 mg/l et ceci durant toute la période de surveillance (tab 8).

NH_4^+ provient des processus de décomposition microbologique des protéines animales et végétales. Il peut être réutilisé directement par les plantes et utilisé dans les engrais commerciaux. Lorsque le pH est élevé l'ammonium se transforme en ammoniac NH_3 toxique. (Queneau et Habert, 2009).

Des concentrations élevées de nitrates dans l'eau de consommation constituent la cause la plus probable de méthémoglobinémie qui se manifeste par un manque d'oxygénation des tissus, s'interprétant par des difficultés respiratoires et des vertiges (Galvez-cloutier et Arsenault, 2002).

Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent des teneurs en ammonium de 0.5mg/l (JORA, 2014; OMS, 2017). En comparant les résultats obtenus d'eau de la zone d'étude à ces normes, il ressort que l'eau est bonne pour la consommation.

Conclusion et perspectives

Conclusion

L'eau que nous consommons est systématiquement traitée avant d'arriver à nos robinets, mais cela n'empêche pas la présence des risques de pollution existant à chaque étape de parcours de l'eau. Une eau potable ne doit pas porter atteinte à la santé de celui qui la consomme, elle doit répondre à une série des critères et normes nationales et internationales de qualité physiques, chimiques, organoleptiques et biologiques, donc il est indispensable de procéder au contrôle de sa qualité. La négligence de ce contrôle provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée.

Cette étude a permis l'évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux du forage de Ras El Ain (Boumerzoug) sur des échantillons prélevés durant une période allant du mois d'Octobre 2019 jusqu'au mois de Janvier 2020. Il ressort des résultats obtenus dans cette étude, que les eaux de forage de Ras El Ain sont caractérisées par une qualité physico-chimique et organoleptique suivante :

- ✚ Un pH conforme aux normes de potabilité locales, nationales et internationales (pH neutre à légèrement alcalin).
- ✚ Une minéralisation faible qui se traduit par une conductivité électrique faible, car les valeurs ne dépassent pas les normes, alors ces eaux sont bonne pour la consommation et conformes aux normes nationales et internationales.
- ✚ Généralement durant toute la période de prélèvement, les valeurs de la turbidité oscillent entre 0,24 et 4 NTU donc inférieurs aux normes et ne pose habituellement pas un risque pour la santé.
- ✚ Les teneurs en chlore généralement sont conformes aux normes nationales (OMS), cependant ils dépassent largement les valeurs limites établies par la société SEACO relatives à la détection du goût, mais ne pose aucun risque pour la santé du consommateur.
- ✚ Les teneurs en nitrites et les teneurs en ammonium répondent aux normes locales, nationales et internationales.

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur la qualité physico chimique des eaux du forage de Ras El Ain, il ressort que la quasi-totalité des paramètres analysés répondent aux normes fixées par l'OMS (2017), la SEACO (2020) et le JORA (2014). En matière de potabilité de l'eau, ces eaux sont bonnes pour la consommation.

Le suivi et les analyses physicochimiques continus des eaux de forage en général et de Ras El Ain en particulier sont nécessaires et indispensables surtout ces dernières années où l'impact anthropique sur les ressources en eau est de plus en plus néfaste.

Comme perspectives, il serait intéressant pour compléter cette étude d' :

- Evaluer la qualité bactériologique de ce forage,
- Doser le restes des paramètres physicochimiques et notamment les éléments traces métalliques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aouissi L. Merabti W. 2019.** Eau: Étude Physico-chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif), Mémoire de projet fin d'études, génie des procédés ; Université 8 Mai 1945 Guelma.
- Ayad W. 2017.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harroch (Wilaya de Skikda), Thèse doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba, p3-4.
- Bahmed. 2004.** Démarche d'intégration du concept qualité-sécurité-environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable.
- Belala Z. 2006.** Étude et traitement de l'eau de barrage DjorfEltor de la wilaya de Bechar par filtration sur sable .mémoire de magister en eau et environnement université Hassiba Benbouaali de Chlef.
- Bertrand G.2008.** Utiliser l'eau de pluie, Editions Eyrolles.130 p.
- Boulaouidat H. 2014.** Caractérisation, structure et évolution de l'aquifère carbonaté du Boumerzoug (Constantine). Mémoire de Magister en hydrogéologie. Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire. Université Constantine 1. 154p.
- Bourgeois R., C-M., Mescle J-F. et Zucca J. 1991.** Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome1.Edition Lavoisier. Tec et Doc .p:260-261.
- Champan D. 1996.** Water quality assessment. A guide of the use of the biota sediment and water in environmental monitoring. Chapman and Hall London.
- CIE. 2005.** Centre d'information sur l'eau.www.Cieau.com.
- Defranceschi M. 1996.** L'eau dans tous ses états, Edition Ellipses, P 61.
- Delolme H., JP Boutin, and L.-J. Andre. 1992.** "Eau douce et pathologie." *Médecine d'Afrique noire* 39 (3): 165–170.
- Detay M. 1993.** Le forage d'eaux, réalisation, entretien et réhabilitation Masson p 393.
- Edberg R., Raczynski M., Prost J-C. et Elmur T. 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural .Aspect technique et financiers. OIE au, France p5.

- Gàlvez-cloutier R., S. Ize, and S. Arsenault. 2002.** « La détérioration des plans d'eau : Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. » 20 pages.
- Geujons. 1995 in Haoussa, N. 2013.** Etude de la qualité des eaux eau d'oued Biskra Eau de Droh. Mémoire de master 2.Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
- Gros Claude G. 1999.**L'eau usage et polluants. Tome 2 Edition INRA Paris. 210p.
- GuerzouF. 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.
- Hade A. 2007.** Nos lacs : Les connaitre pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque national du Québec, Canada, 27p.
- Hanon M., Rouelle A. 2011.** Le pH de l'eau de distribution, Portail environnement de Wallonie, Belgique.
- Jean claude B. 1992.**Chimie des eaux 2 eme édition. Les éditions de griffond d'argile p213-215.
- .Joel G. 2003.** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre(2003).167p.
- Journal officiel de la république algérienne-JORA. 2014.** Décret exécutif n° 14 - 96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.
- Khammar H. 2018.** Hydrochimie et qualité des eaux, p2-4.
- Khelil J. 2006.** Modélisation hydraulique et de la qualité d'eau dans les réseaux d'adduction d'eau potable par Epanet, Master modélisation en hydraulique et environnement, Enit.
- Khellili R., LazaliD. 2015.** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla) (2005).
- Khrida, G., Rhaiem, A et Bouattour, A. 1997.** Effet de la qualité des eaux sur l'expression du potentiel biotique du Moustique dans la région de Ben Arous (sud Tunis).

- Ladjet S. 2009.** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.
- Ledler, 1986. In Haoussa, N. 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
- Louis Schriver-Mazzuoli. 2012.** La gestion durable de l'eau : ressource, qualité, organisation p18.
- Luna B. et Kenneth S. 1972.** L'eau édition: time-life. P9-115.
- Maiga. A. 2005.** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- Makhoukh M. 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.
- Menad. K, Metadger 2012.** Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana .Université Khemis Miliana.
- Ministère du Développement Durable, De l'Environnement de la faune et des Parks(MDDEFP). 2013.** Critères de qualité de l'eau de surface, 3ème Edition, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 510p.
- Mostefaoui O, Toutaoui M. 2018.** Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du forage de Ras El Ain (Boumerzoug). Mémoire de master en science de la nature et de la vie .Université des frères Mentouri.
- Muriel H. 2010.** Suivi de la qualité de l'eau produite et distribuée : Elaborer et mettre en œuvre un plan des sécurités sanitaire des eaux, Direction des affaires sanitaires et sociales de la nouvelle Calédonie, Santé et environnement, NOUMEA cedex, P 02.
- OMS. 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 1: 3^e éd. 110p.
- OMS. 2013.** Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau, fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence, Genève, P11.

- OMS. 2017.** Guidelines for drinking-water: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 631p.
- Potelon J-L., Zysman K. 1998.** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial. 253p.
- Queneau P., Et Hubert J. 2009.** Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie national de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale, France, PP : 175-220.
- Rejsek F. 2002.** Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique. 360p.
- Rodier .J. 2005.** L'analyse de l'eau eaux naturelles eaux résiduaires eaux de mer .9ème édition du nod Paris p 66.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J ., Chambon P., Champsaur H., et Rodi L. 1996.** L'analyse de l'eau eaux naturelles eaux résiduaires eau de mer 8eme édition .dunod Paris 1383 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1600 p.
- Rouissat B. 2010.** La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Revue de l'économie et le management, 10, Université de Tlemcen, Algérie.
- Sahraoui N. 2015.** Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.
- Samake H. 2002.** Thèse analyse physicochimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
- Sari H. 2004.** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen). Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen (2014).

Intitulé : Etude de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux destinées à la consommation humaine du forage Ras El Aïn (Boumerzoug) Constantine.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en : Ecologie Fondamentale et Appliquée.

Résumé :

L'eau est considérée toujours comme un aliment de base, précieux et vital. Les eaux de surface et souterraines peuvent comporter des éléments indésirables ou toxiques qui présentent une menace à la santé humaine à long et à court terme. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine peut avoir lieu à la source de production (forage, barrage), dans les ouvrages de stockage, dans les canalisations d'adduction et particulièrement dans les réseaux de distribution. Mais, dans tous les cas, il est impératif que le consommateur s'approvisionne en eau saine et sans danger.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux de forage Ras El Aïn (Boumerzoug) dans la wilaya de Constantine, durant une période de quatre mois : d'octobre 2019 au mois de Janvier 2020.

L'étude est basée sur l'étude du pH, la conductivité, la turbidité, chlores, nitrites et ammonium.

D'après les résultats obtenus l'eau du forage de Ras El Aïn est de qualité physicochimique acceptable pour l'alimentation humaine et conformes aux normes nationales et internationales recommandés.

Mots clés : La qualité physico-chimique, organoleptique, forage de Ras El Aïn, SEACO.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de SEACO Ain Smara.

Jury d'évaluation :

Président du jury :	SAHLI Leila	(MCA - UFM Constantine1).
Rapporteur :	AMRI Sihem	(MAA - UFM Constantine1).
Examineurs :	ZAIMECHE Saida	(MCB - UFM Constantine1).

Date de soutenance : Septembre 2020

