



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



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Biologie**

Spécialité : **Biochimie appliquée**

Présentée par : **ENSAAD** **Kaouthar**
RAMDANI **Naima**

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
bactériologique des eaux de sources de la wilaya de
TISEMSILT**

Soutenu le, 15/07/2021

Devant le Jury :

BEKKADA . A	Président	Prof.	Univ-Tissemsilt
BEDDAL .A	Encadreur	M.C.A.	Univ-Tissemsilt
BENSAADI .N	Examinatrice	M.C.B.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

REMERCIEMENTS

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Allah** le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce projet de fin d'étude.*

Nous remercions vivement :

- *Notre Promotrice Madame **Beddal Amira** pour l'honneur qu'elle nous a fait en dirigeant ce travail*
- *Le directeur de l'unité d'ADE de Tissemsilt de nous avoir accueilli dans son laboratoire*
- *Les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail*

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail :

- *A mes chers parents pour leurs sacrifices et leurs soutien tout au long de ma vie, que dieu leur procure bonne santé, longue vie, et bonheur et les épargne de tout malheur*
- *A ma sœur et mes frères, je demande à Dieu de leur accorder succès et tout ce qu'ils veulent dans ce monde*
- *A toute ma famille*
- *Et à mes camarades de la promotion*

Kaouthar

DÉDICACE

Je dédie cet humble travail à :

- *Ma mère, qui est toujours été une étoile de mon ciel et est illuminé mon chemin depuis ma naissance.*
- *Mon très cher père, l'homme le plus parfait dans le monde, mon grand exemple et le secret de ma réussite.*
- *Mes chères sœurs et **Fatima** et **Fatiha** et mes frères **Mohammed** et **chams Eddine** dont je suis si fière.*
- *Mes chers neveux **Mostapha** et **Ilyas** , A ma nièce **Hadjer** .*
- *A tous les gens m'aiment.*

Naima

Liste des figures

- Figure N°01** Répartition de l'eau sur terre **Page 04**
- Figure N°02** Résultats des analyses bactériologiques « coliformes totaux et l'E. Coli » 'source Hraiz' **Page 42**

Liste des tableaux

Tableau N°01	Normes OMS (OMS, 2000) des paramètres bactériologiques pour l'eau potable	Page 16
Tableau N°02	Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau potable	Page 17
Tableau N°03	Tableau récapitulatif du milieu de culture et de l'aspect des colonies pour chaque groupe bactérien	Page 34
Tableau N°04	Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des deux sources (Hraiz et Ain babou)	Page 36
Tableau N°05	Les résultats des analyses bactériologiques pour les eaux étudiées.	Page 41

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius
Ca²⁺	Calcium
CaCO₃	Carbonate de calcium
CE	Conductivité électrique
Cl⁻	Chlorures
E- coli	Escherichia coli
EDTA	Éthylène Diamine Tétra –Acétique
Fe²⁺	Fer
Hb	Hémoglobine normale
Hm³	Hectomètre cube
HCO³⁻	Bicarbonates
Mn	Manganèse
NH₄	Ammonium
NH₄⁺	Ion ammonium
NO₃⁻	Nitrate
NO₂⁻	Nitrite
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrie
OMS	L'Organisation Mondiale de la Santé
Ph	Potentiel d'hydrogène
PO₄	Phosphate
ppm	Partie par million
q.s.p	Programme de normes de qualité
T°	Température
TDS	Concentration de particules solides dissoutes
TH	Titre Hydrométrique (dureté)
T.T.C	Chlorure Triphényl 2,3, 5-Tétrazolium (additif)
S	Soufre
UV	Rayonnement ultraviolet
µs/cm	Micro-siémens par centimètre

Sommaire

Remerciements

dédicace

dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

ABSTRACT

الملخص

Introduction générale

Chapitre I Synthèse bibliographique

I.1 définition de l'eau	3
I.2 cycle de l'eau	3
I.3 répartition de l'eau sur terre	4
I.4 les sources naturelles de l'eau	4
I.5 les eaux des sources	6
I.5 paramètres organoleptiques	7
I.6.1 Couleur	7
I.6.2 Goûts et Odeur	7
I.7 paramètres physico-chimiques	7
I.7.1 Température	7
I.7.2 Potentiel d'hydrogène (pH)	8

I.7.3 Conductivité électrique	8
I.7.4 Turbidité	8
I.7.5 Taux de solides ‘‘TDS’’	8
I.7.6 La dureté totale (TH)	9
I.7.7 Le calcium (Ca^{2+})	9
I.7.8 Le magnésium (Mg^{2+})	9
I.7.9 l’alcalinité	9
I.7.10 Les chlorure (Cl^-)	9
I.7.11 Les matières organiques	9
I.7.12 Les ions nitrate et nitrites (NO_3^-) / (NO_2^-)	10
I.7.13 Les ions Sulfates (SO_4^{2-})	11
I.7.14 Fer (Fe^{2+})	12
I.7.15 Manganèse (Mn^{2+})	12
I.7.16 Ions de Sodium (Na^+)	12
I.7.17 Potassium (K^+)	12
I.7.18 Azote ammoniacal (ou Ammonium) (NH_4)	13
I.7.19 Les Phosphates (PO_4^{3-})	13
I.7 paramètres bactériologiques	13
I.8.1 Les coliformes totaux	13
I.8.2 les coliformes fécaux (Thermotolérants)	14
I.8.3 Les Streptocoques Fécaux	15
I.8.4 Les bactéries anaérobies sulfitoréductrices	15
I.9 normes de qualité des eaux potables	15
I.9.1 Définition de la norme	15
I.9.2 La potabilité de l’eau	16

Chapitre II Matériel et méthodes

II.1 matériel	18
II.2 méthodes	19
II.2.1 Mode de prélèvement	19
II.2.1 analyses physico-chimiques	19
Test de chlore	19
II.2.2.1 Température (T)	20
II.2.2.2 Potentiel d'hydrogène pH	20
II .2.2.3 Conductivité électrique	20
II .2.2.4 Turbidité	21
II .2.2.5 taux de sel « TDS »	21
II .2.2.6 Salinité	21
II .2.2.7 Dosage des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})	22
II.2.2.8 Détermination de la dureté totale (TH)	23
II.2.2.9 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)	24
II.2.2.10 Détermination de la concentration des chlorures (Cl^-)	25
II.2.2.11 Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)	26
II.2.2.12 Dosage des nitrates NO_3^- par le salicylate de sodium	27
II.2.2.13 Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})	28
II.2.2.14 Détermination de la concentration en fer	29
II.2.3.15 Dosage des ions manganèse (Mn^{2+}) avec la Formaldoxine	30
II.2.2.16 Dosage de sodium et de potassium par photométrie à flamme	30
II.2.3.17 Détermination de l'ammonium (NH_4^+)	31
II.2.2.18 Détermination des phosphates (PO_4^{3-})	32
II.2.2.19 Dosage des nitrites (NO_2^-)	33
II.2.2 analyses bactériologiques	34

Chapitre III Résultats et discussions

III.1 paramètres physico-chimiques	36
Test de chlore	37
III 1.1 Température	37
III 1.2 pH	37
III 1.3 Conductivité électrique (CE)	37
III 1.4 Taux de solides ‘‘TDS’’	37
III 1.5 Turbidité	38
III 1.6 Calcium et magnésium	38
III 1.7 Dureté totale (TH)	38
III 1.8 Alcalinité (HCO_3^-)	38
III 1.9 Chlorures (Cl^-)	39
III 1.10 Matières oxydables (M.O)	39
III 1.11 Nitrates (NO_3^-)	39
III 1.12 Les ions Sulfates (SO_4^{2-})	39
III 1.13 Fer (Fe^{2+})	40
III 1.14 Manganèse (Mn^{2+})	40
III 1.15 Sodium (Na^+)	40
III 1.16 Potassium (K^+)	40
III 1.17 L’azote ammoniacal (NH_4^+)	40
III 1.18 Les phosphates (PO_4^{3-})	41
III 1.19 Nitrites (NO_2^-)	41
III.2 Paramètre bactériologique	41
CONCLUSION	43
Références bibliographiques	
annexes	

RESUME

L'augmentation de l'exploitation des eaux de surface pour répondre les besoins des citoyens en termes d'eau potable et l'arrière goût que présentent ces eaux après traitement incite les citoyens à chercher d'autres sources alternatives, naturelle pour s'approvisionner en eau potable.

A fin de vérifier la potabilité des eaux de deux sources (Ain Babou; Ammari et Hraiz; Tissemsilt) et d'évaluer leur qualité, des analyses physico-chimique et bactériologique ont été réalisées sur l'eau brute et traitée de ces deux sources. Les analyses physico-chimiques porte sur la mesure des paramètres suivants : température, PH, conductivité, turbidité, test de chlore, calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-), sodium (Na^+), potassium (K^+), matière oxydable (MO), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), phosphate (PO_4^{3-}), sulfates (SO_4^{2-}), Fer (Fe^{2+}) et Manganèse (Mn^{2+}). Alors que l'analyse bactériologique s'est basée essentiellement sur la recherche des germes indicateurs de contamination d'origine fécale (*E.coli*, streptocoques fécaux et clostridium sulfito-réducteurs). Les résultats des analyses ont montré que les eaux brute et traitée de la source Ain Babou (Ammari) sont de bonne qualité et répondent aux normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et aux normes algériennes en termes de potabilité ; elles ne présentent donc aucun risque pour les consommateurs. Concernant la source de Hraiz, le test de chlore montre que l'eau provenant de la bache d'eau n'est pas traitée. Pour les analyses physico-chimiques de l'eau brute de cette source, la majorité des paramètres examinés sont acceptables, à l'exception de la teneur en nitrates (59.6 mg/l) qui a dépassé la valeur prescrite par l'OMS et les normes Algériennes (50 mg/l). Les résultats des analyses microbiologiques montrent la présence simultanée d'*Escherichia coli* et de coliforme totaux qui indique une contamination d'origine fécale des échantillons d'eaux prélevés. L'absence des streptocoques fécaux et de clostridium sulfito-réducteurs indique que la contamination d'origine fécale est récente. Par conséquent, l'eau de source de Hraiz est de mauvaise qualité surtout pour les sujets fragiles (femmes enceintes, enfant dont l'âge est inférieur à 2 ans,..etc) et nécessitent un traitement pour éliminer les germes indésirables et réduire le taux de nitrates.

Mots clés : Eaux de sources, qualité physico-chimique, qualité bactériologique, contamination d'origine fécale, norme Algérienne.

ABSTRACT

The increase in the use of surface water to meet the needs of citizens in terms of drinking water and the aftertaste that this water presents after treatment encourages citizens to look for other alternative, natural sources to obtain their supplies. in drinking water.

In order to verify the potability of the water from two sources (Ain Babou; Ammari and Hraiz; Tissemsilt) and to assess their quality, physico-chemical and bacteriological analyzes were carried out on raw and treated water from these two sources. The physico-chemical analyzes relate to the measurement of the following parameters: temperature, PH, conductivity, turbidity, chlorine test, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), chloride (Cl^-), sodium (Na^+), potassium (K^+), oxidizable material (MO), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), phosphate (PO_4^{3-}), sulphates (SO_4^{2-}), Iron (Fe^{2+}) and Manganese (Mn^{2+}). While the bacteriological analysis was based primarily on the search for germs indicative of contamination of fecal origin (*E.coli*, faecal streptococci and sulfite-reducing clostridium). The results of the analyzes showed that the raw and treated water from the Ain Babou spring (Ammari) are of good quality and meet the standards recommended by the World Health Organization (WHO) and Algerian standards in terms of drinkability; they therefore present no risk to consumers. Regarding the source of Hraiz, the chlorine test shows that the water from the water tank is not treated. For the physico-chemical analyzes of the raw water from this source, the majority of the parameters examined are acceptable, with the exception of the nitrate content. (59.6 mg/l) which exceeded the value prescribed by the WHO and the standards. Algerians (50 mg/l). The results of the microbiological analyze show the simultaneous presence of Escherichia coli and total coliforms, which indicates contamination of fecal origin in the water samples taken. The absence of faecal streptococci and sulfite-reducing clostridium indicates that faecal contamination is recent. Consequently, the Hraiz spring water is of poor quality, especially for fragile subjects (pregnant women, children whose age is less than 2 years, etc.) and requires treatment to eliminate unwanted germs and reduce the nitrate level.

Keywords: Spring water, physico-chemical quality, bacteriological quality, contamination of faecal origin, Algerian standard.

الملخص

إن الزيادة في استخدام المياه السطحية لتلبية احتياجات المواطنين من مياه الشرب و الطعم الذي تكتسبه هذه المياه بعد معالجتها يشجع المواطنين على البحث عن مصادر طبيعية بديلة أخرى لغرض الحصول على مواردهم من مياه الشرب

من أجل التحقق من قابلية المياه للشرب من منبعين (عين بابو ; عماري ، الحرايز ; تيسمسيلت) ولتقييم جودتها ، تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية على المياه الخام والمعالجة من هذين المصدرين. تتعلق التحليلات الفيزيائية والكيميائية بقياس المعايير التالية: درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة ، والتوصيل ، والعكارة ، واختبار الكلور ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والكلوريد ، والصوديوم ، والبوتاسيوم ، مادة مؤكسدة ، نترات ، نيتريت ، فوسفات ، كبريتات ، الحديد ومنغنيز. بينما يعتمد التحليل البكتيري في المقام الأول على البحث عن الجراثيم التي تشير إلى تلوث من أصل برازي (الإشريشيا القولونية والمكورات العقدية البرازية و الكلويستريديوم). أظهرت نتائج التحليلات أن المياه الخام والمعالجة من منبع عين بابو (عماري) ذات نوعية جيدة وتفي بالمعايير الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية من حيث القابلية للشرب. ولذلك فهي لا تشكل أي خطر على المستهلكين. فيما يتعلق بمنبع الحرايز ، أظهر اختبار الكلور أن المياه المأخوذة من خزان المياه لا تتم معالجتها. بالنسبة للتحليلات الفيزيائية والكيميائية للمياه الخام من هذا المنبع ، فإن غالبية المعايير التي تم فحصها مقبولة ، باستثناء محتوى النترات (59.6 ملغ/ل) الذي يتجاوز القيمة المحددة من قبل منظمة الصحة العالمية والمعايير (50 ملغ/ل). تظهر نتائج التحاليل الميكروبيولوجية التواجد المتزامن للإشريشيا القولونية والكوليفورم الكلي ، مما يشير إلى تلوث من أصل برازي في عينات المياه المأخوذة. يشير عدم وجود المكورات العقدية البرازية الكلوسريديوم إلى أن التلوث البرازي حديث. وبالتالي ، فإن مياه منبع الحرايز ذات نوعية رديئة ، خاصة بالنسبة للأشخاص ذوي المناعة الضعيفة (النساء الحوامل ، الأطفال الذين تقل أعمارهم عن سنتين ، إلخ) مما يتطلب معالجة هذه المياه من أجل القضاء على الجراثيم الغير المرغوب فيها وتقليل مستوى النترات.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع ، الجودة الفيزيائية والكيميائية ، الجودة البكتريولوجية ، تلوث البرازي ، المعايير الجزائرية.

Introduction
générale

Introduction générale

L'eau demeure le principal constituant des êtres vivants et l'élément indispensable à toute forme de vie. Sans eau, aucun organisme, qu'il soit végétal ou animal, simple ou complexe, petit ou gros, ne peut vivre (**Agences de l'eau, 2012**).

C'est une composante de l'environnement la plus vulnérable aux différentes contaminations. L'eau que l'on trouve naturellement dans l'environnement contient bien plus que de simples molécules d'eau. A l'hydrogène et à l'oxygène qui forment ces molécules (H₂O) s'ajoutent de nombreux contaminants. Certains sont visibles et peuvent rendre l'eau trouble, ces contaminants qui ne sont pas dissous dans l'eau, sont plutôt en suspension. Toutefois, même si elle est transparente, l'eau peut contenir divers contaminants microscopiques ou dissous (**CIFFQL, 2011**). Généralement les plans d'eau sont pollués par les effluents industriels, les rejets municipaux et les produits chimiques lessivés des terres agricoles. Tous ces éléments ont une incidence négative sur la qualité d'eau (**Zumdahl, 2021**).

En Algérie, les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble (**Ounoki et Achour, 2014**).

Une eau de boisson saine est importante pour la lutte contre de nombreuses maladies comme la diarrhée, le choléra, la typhoïde et la paratyphoïde, et les hépatites infectieuses. Il a été estimé que 80 % de toutes les maladies dans le monde sont associées à une eau malsaine (**CIR, 1983**).

Chaque jour, chaque personne a besoin de 20 à 50 litres d'eau pour boire et pour autres utilisations. Cette eau ne doit pas contenir ni produits chimiques dangereux ni contaminants microbiens. Il est donc indispensable et important de procéder au contrôle de la qualité analytique de cette eau.

Dans la wilaya de Tissemsilt, les consommateurs favorisent les eaux de sources naturelles par rapport aux eaux traitées de surface (l'eau de robinet) provenant du barrage

Beni Chaib qui présentent une saveur désagréable relative au taux de sulfates élevé. Cette tendance croissante vers les sources d'eau alternatives nous suscite de choisir deux sources

(Hraiz dans la commune de Tissemsilt et Ain Babou dans la commune Ammari) pour vérifier leur potabilité tout en estimant leur qualité physico-chimiques et bactériologiques.

Pour atteindre ce but, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées dans le laboratoire de l'Algérienne des eaux pour vérifier la présence de polluants chimiques ou bactériologiques dans l'eau de ces deux sources qui peuvent nuire à la santé du consommateur.

Cette étude est répartie en trois parties :

- ✓ La première partie consiste à une synthèse bibliographique qui présente des généralités sur les eaux, leurs caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques.
- ✓ La seconde partie est consacrée aux matériels et aux méthodes utilisées pour évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau brute et traitée de ces deux sources (Hraiz dans la commune de Tissemsilt et Ain Babou dans la commune Ammari).
- ✓ La troisième partie présente les résultats obtenus et leur discussion.
- ✓ Enfin nous avons terminé par une conclusion.

CHAPITRE I

Synthèse

bibliographique

CHAPITRE I

Généralité sur l'eau

I.1 Définition de l'eau

L'eau est une substance composée des éléments chimiques hydrogène et oxygène et existant à l'état gazeux, liquide et solide. C'est l'un des composés les plus abondants sur terre et les plus essentiels pour la vie. C'est un liquide insipide et inodore à température ambiante, en petites quantités l'eau semble incolore, mais l'eau a une couleur bleue intrinsèque causée par une légère absorption de lumière aux longueurs d'onde rouge. L'eau est un très bon solvant, il a la capacité de dissoudre de nombreuses substances (**Zumdahl, 2021**).

I.2 Cycle de l'eau

L'eau est mobile elle se déplace dans l'atmosphère, sur la terre et dans le sol, et avec les courants océaniques. Ce mouvement entre l'air, la terre et la mer est ce que l'on appelle le cycle hydrologique (**CIFFQL, 2011**).

La Terre est recouverte en grande partie d'une couche d'eau salée. Le processus d'évaporation qui se produit au-dessus de la mer élimine une partie des sels dissous dans l'eau qui sont intégrés dans l'atmosphère à l'état gazeux. Une quantité considérable d'énergie solaire est nécessaire pour opérer cette transformation. L'humidité est transportée par le vent et passe à l'état liquide ou solide pour former des nuages et, parfois, tomber sous forme de précipitations sur les terres émergées (**Valverde, 2008**).

L'eau à l'état liquide provenant de la fonte des neiges et du ruissellement pluvial forme des rivières et des lacs, dont les eaux vont se jeter dans la mer, achevant ainsi le cycle.

Une partie de l'eau présente à l'état liquide (celle qui tombe sous forme de pluie ou qui se trouve en contact avec le sol rivières, lacs et couverture nivo-glaciaire) pénètre dans le sol, saturant une partie de celui-ci et créant ainsi des réservoirs souterrains appelés aquifères. Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent. Enfin, l'eau peut retourner directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (**Valverde, 2008**).

I.3 répartition de l'eau sur terre

La plus grosse partie de l'eau sur terre se trouve, dans les océans et les mers. Cependant cette eau est salée. La quantité d'eau douce n'atteint pas 3 %, dont les 2/3 se trouvent sous forme de glace dans les calottes polaires et les glaciers. L'eau douce contenue dans le sous-sol et dans tous les lacs, rivières, courants, ruisseaux, étangs, marais représente moins de 1% de tout le stock mondial d'eau (CIR, 1983).

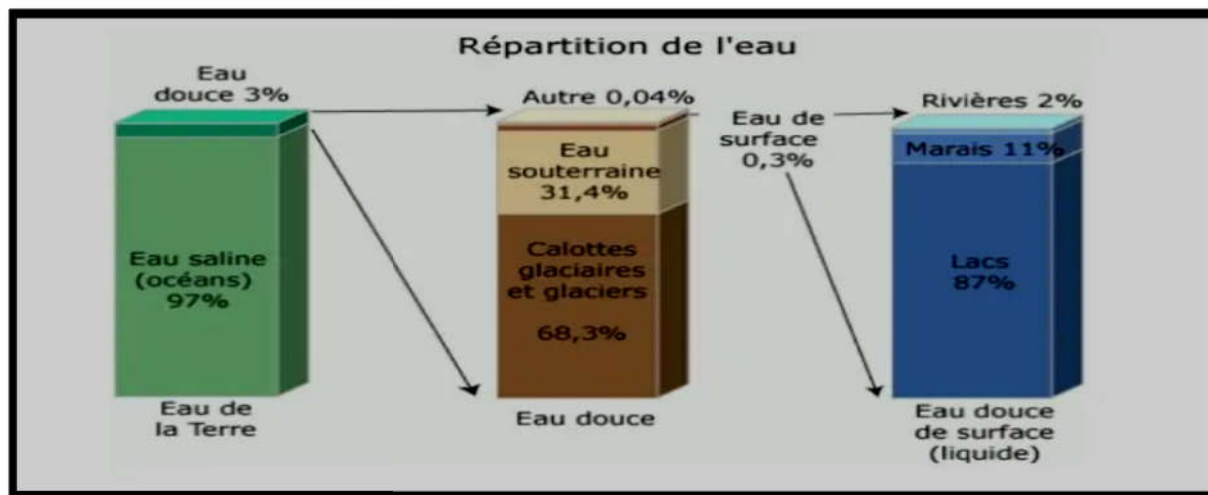


Figure N°01: Répartition de l'eau sur terre (vasco.rocard, 2017)

I.4 Les sources naturelles de l'eau

On trouve quatre sources principales d'eaux brutes :

I.4.1 Les eaux de pluie

Elles ne sont exploitées que lorsque les eaux de surface et souterraines ne sont pas disponibles. Elles sont en général de bonne qualité à l'alimentation humaine, mais au contact de poussière atmosphérique et de des gaz, elles deviennent contaminées (Germaine, 2013).

I.4.2 Les eaux de mer

En l'absence d'eaux de surface ou d'eaux profondes, il est parfois nécessaire de recourir à des eaux saumâtres (15000 mg/l de sels dissous) ou même à des eaux de mer (25000 mg/l et plus). Pour dessaler ces eaux ; les deux principales techniques sont à membrane : l'électrodialyse ou l'osmose inverse. Mais elles sont coûteuses et consomment beaucoup d'énergie (Joel, 2014).

I.4.3 Eau de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Salghi, 1997**).

I.4.4 Eaux Souterraines

L'eau souterraine provient essentiellement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui atteint les nappes aquifères en traversant les couches souterraines; au cours de son infiltration, l'eau emmagasinera de nombreuses impuretés telles que des particules minérales ou organiques comme de la terre, des débris provenant de la vie des plantes et des animaux, des microorganismes, des engrais, naturels, ou chimiques, des pesticides, etc..... Cependant, au cours de son écoulement souterrain, il se produira une importante amélioration de la qualité de l'eau (**CIR, 1983**) :

- a)-la turbidité est faible, les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- b)-la contamination bactérienne est faible, le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- c)-la température est constante, les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et l'atmosphère.
- d)-indice de couleur faible, les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales sources de couleur.
- e)-le débit est constant, contrairement à celles des eaux de rivières, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année (**Desjardins, 1997**).

I.5 Les eaux des sources

I.5.1 La notion "source"

Les directives désignent comme source toute eau apparaissant à la surface terrestre sans être élevée artificiellement. Une source peut être définie comme un endroit où se produit un écoulement naturel d'eau souterraine, soit directement, soit indirectement à travers un système de fissure. L'aquifère se décharge par affleurement ou par refoulement si une couche imperméable empêche l'écoulement souterrain (**Bonvin, 2005**).

I.5.2 Les différents types de sources

Source de dépression à écoulement par gravité

Apparaissent dans les aquifères libres. Lorsque la surface du sol s'abaisse à un niveau inférieur à celui d'une nappe d'eau, la dépression se remplit d'eau. De telles sources n'ont en général qu'un petit débit qui se réduit encore en saison sèche ou lorsque de nouveaux prélèvements d'eau souterraine provoquent un abaissement du toit de la nappe (**CIR, 1983**).

Source d'émergence à écoulement par gravité

Un affleurement d'une couche imperméable (roche compacte ou banc argileux) s'oppose à l'écoulement souterrain et contraint l'eau à remonter vers la surface (**CIR, 1983**).

Source artésienne d'émergence ou de fissure

Est de l'eau souterraine qui, du fait d'une couche imperméable qui la surmonte, est empêchée de s'élever jusqu'à son niveau de nappe libre. Sous l'effet de la pression l'eau se trouve poussée vers l'extérieur; son débit est alors plus important et subit moins de fluctuations. Les sources artésiennes ont l'avantage d'avoir un aquifère protégé contre les contaminations par la couverture imperméable. L'eau de ces sources sera bactériologiquement pure (**CIR, 1983**).

I.6 Paramètres organoleptiques

I.6.1 Couleur

En général, la couleur d'un échantillon d'eau est évaluée par simple observation visuelle. Elle peut aussi être mesurée par comparaison visuelle avec une série de solutions standards. L'eau de boisson peut avoir une couleur pour différentes raisons, comme la présence de : matière organique naturelle et végétation, comme les feuilles et les écorces, métaux comme le fer, le manganèse et le cuivre, qui sont abondants dans la nature et sont naturellement colorés, déchets industriels très colorés, les plus courants étant des déchets de chair, de papier et de textile **(CAWST, 2013)**.

I.6.2 Goûts et Odeur

Le goût et l'odeur de l'eau de boisson peuvent être révélateurs d'une forme de pollution ou d'un défaut de fonctionnement lors du traitement ou de la distribution de l'eau, leur origine doit être recherchée et les autorités sanitaires compétentes doivent être consultées, notamment en cas de changement soudain ou important. Un goût ou une odeur inhabituelle peuvent indiquer la présence de substances potentiellement dangereuses. Le goût et l'odeur de l'eau de boisson ne doivent pas être déplaisants pour le consommateur. Aucune valeur guide fondée sur des critères de santé n'est proposée pour le goût et l'odeur **(OMS, 2000)**.

I.7 Paramètres physico-chimiques de l'eau

I.7.1 Température

La température est un paramètre très important pour la qualité de l'eau potable parce qu'elle est à l'origine des réactions chimiques, biologiques et physiques **(Couillard et al, 1992)**. La connaissance de ce paramètre est indispensable pour effectuer certaines mesures sur le terrain comme la conductivité électrolytique, la teneur en oxygène dissous ou le Eh « Potentiel D'oxydo-Reduction ». Au laboratoire, tout programme d'étude des équilibres dans les eaux sous-entend la détermination de la température de chaque solution étudiée. **(Grondin, 1982)**.

I.7.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure qui permet de déterminer à quel point l'eau est acide ou basique. Cela est lié directement à la quantité d'ions hydrogène (H⁺) dans l'eau en solution. Plus il y a d'ions H⁺, plus l'eau est acide et plus le pH est bas. Le pH est habituellement donné sur une échelle de 0 à 14, 0 étant extrêmement acide et 14 extrêmement basique. La majorité des eaux naturelles présentent un pH de 6,5 à 8,0, ce qui signifie qu'elles sont pratiquement neutres (CIFFQL, 2011).

I.7.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique (produit par les ions présents dans la solution) entre deux électrodes métalliques. Elle dépend de: la concentration totale en ions, de leur mobilité, leur valence, leur concentration relative et de la température. L'unité de la conductivité dans le cas de l'eau est le micro siemens par centimètre (µs/cm) (INH, 2019).

I.7.4 Turbidité

Une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique 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 de quantités énormes de particules, qui troublent l'eau. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverse matières d'origine minérale (argile, limon, sable.), micro particules, microorganismes. La turbidité se mesure par un test optique qui détermine la capacité de réflexion de la lumière (l'unité de mesure est le NTU unités néphélométriques) (CREPA, 2007).

I.7.5 Taux de solides "TDS"

« Total dissolved solids » signifie la concentration de particules solides dissoutes dans l'eau. Le TDS comprend des sels inorganiques tels que le calcium, le magnésium, les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, etc..... ainsi que de nombreux autres composés organiques qui se dissolvent facilement dans l'eau. Selon l'OMS, les niveaux de TDS supérieur à 1200 ppm sont considérés comme inacceptables. L'eau avec un niveau élevé de TDS a un impact considérable sur la couleur, l'odeur et le goût, et en plus elle peut provoquer

un entartrage excessif dans les conduites d'eau, les radiateurs, les chaudières et les appareils ménagers (**Pureit water, 2020**).

I.7.6 La dureté totale (TH)

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche-mère. La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines. Par contre, là où on trouve de la contamination par l'eau de mer, la concentration en magnésium peut être plus élevée que celle du calcium. En général, une eau dure n'est pas souhaitable pour l'usage domestique car elle réduit de beaucoup l'efficacité des savons et peut provoquer l'entartrage du système de distribution. La dureté est généralement exprimée sous forme d'équivalents de carbonate de calcium (CaCO_3) en mg/L (**Couture, 2004**).

I.7.7 Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalin 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 des terrains traversés (**Rodier, 2005**).

I.7.8 Le magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques, dolomies du Jurassique ou les terrains gypseux du Trias moyen) (**Rodier, 2009**).

I.7.9 l'alcalinité

L'alcalinité dans beaucoup d'eaux de pH inférieur à 8 se confond en première approximation avec la concentration des ions bicarbonates [HCO_3^-] (**Rodier et Bernard, 2009**). Généralement les bicarbonates dans les eaux naturelles proviennent de la dissolution de gaz carbonique CO_2 dans l'eau. Ils proviennent également de la dissolution des carbonates de calcium ou de magnésium en présence de gaz carbonique dans l'eau. La concentration maximale recommandée par l'OMS pour les bicarbonates dans l'eau potable est de 400 mg/l (**Al-Qawati et al, 2015**).

I.7.10 Les chlorure (Cl^-)

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines. Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau (Maiga, 2005).

I.7.11 Les matières organiques

Les matières organiques présentes dans l'eau ont des sources multiples, elles peuvent être d'origine animale par suite de pollution par des cadavres d'animaux, de l'urine ou de matières fécales. D'origine végétale en provenance de végétaux flétris à la surface du sol ou de l'humus et enfin de source industrielle comme les phénols.

De telles matières organiques communiquent généralement à l'eau une saveur et une odeur désagréable qui peuvent être accentuées par une chloration. La présence de matières organiques dans les eaux de consommation n'est pas directement synonyme de risques graves pour la santé publique, néanmoins une teneur importante doit faire suspecter une contamination microbiologique ou chimiques (Cardot et Gilles, 2013).

I.7.12 Les ions nitrate et nitrites (NO_3^-) / (NO_2^-)

Les ions nitrates et nitrites sont naturellement présents dans l'environnement où ils font partie du cycle de l'azote. La teneur en nitrate des eaux souterraines et des eaux de surface est normalement faible. Mais elle peut atteindre des niveaux élevés en cas de ruissellement à partir des terres agricoles et des décharges, ou de contamination par les excréta humains et animaux. La chloramination peut donner lieu à la formation de nitrites dans le réseau de distribution où leur concentration peut augmenter à mesure que l'eau s'écoule vers les points d'utilisation. La nitrification dans les réseaux de distribution peut également entraîner une augmentation de la concentration en nitrites. La toxicité des nitrates pour l'homme est due principalement à leur réduction en nitrites. Le principal effet biologique des nitrites chez l'homme est leur participation à l'oxydation de l'hémoglobine normale en méthémoglobine, incapable d'assurer le transport de l'oxygène vers les tissus (OMS, 1998).

I.7.13 Les ions Sulfates (SO_4^{2-})

Les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont composés de soufre (S) et d'oxygène (O). Cet élément est présent à l'état naturel ou artificiel. Les ions sulfates donnent un goût amer, un goût médical à l'eau s'ils dépassent la concentration permises par la norme de l'OMS. Cela rend désagréable la consommation de l'eau (INH, 2019).

I.7.14 Fer (Fe^{2+})

Est un élément chimique très répandu dans la nature. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il peut être présent dans les eaux de surface à la suite d'un lessivage des terres traversées ou d'une pollution industrielle. Dans les eaux de distribution, il provient principalement de la corrosion des conduites ou de l'utilisation de sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation. Les eaux minérales et principalement les eaux thermominérales peuvent en contenir plus de 10 mg/L. Un apport en fer supérieur à 20 mg/kg de poids corporel peut provoquer des effets toxiques (Rodier et Bernad, 2009).

La dose létale chez l'homme est de 250 mg/kg. Indépendamment d'une saveur désagréable que le fer peut provoquer, sa présence dans l'eau développe une turbidité rougeâtre désagréable pour le consommateur. Il a aussi l'inconvénient de tacher le linge. Il existe certaines bactéries très avides de fer appelées "ferrobactéries" qui adhèrent aux parois des canalisations et provoquent de la corrosion (Rodier et Bernad, 2009).

Les limites adoptées dans les réglementations ont été retenues pour pallier les inconvénients ménagers et non pour éviter des accidents toxiques, les eaux ferrugineuses contenant plus de 5 mg/L pouvant être ingérées sans danger. Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de risques de taches sur les appareils sanitaires, l'OMS recommande une valeur guide de 0,3 mg/L (Rodier et Bernad, 2009).

I.7.15 Manganèse (Mn^{2+})

À des niveaux excédant 0,1 mg/l, le manganèse présent dans les approvisionnements en eau peut conférer un goût indésirable aux boissons et colore la faïence sanitaire et le linge. La présence de manganèse dans l'eau de boisson, comme celle de fer, peut entraîner l'accumulation de dépôts dans le réseau de distribution. Des concentrations inférieures à 0,1 mg/l sont habituellement acceptables pour les consommateurs. Même à une concentration de 0,2 mg/l, le manganèse formera souvent sur les tuyaux une gangue qui peut se détacher sous

forme d'un précipité noir. La valeur reposant sur des arguments sanitaires de 0,4 mg/l pour le manganèse est plus élevée que le seuil d'acceptabilité de 0,1 mg/l (voir les sections 8.5.1 et 12.1). Cependant, dans certaines conditions, le manganèse peut être présent à des concentrations supérieures à 0,1 mg/l et peut rester en solution pendant une période plus longue par rapport à sa solubilité habituelle dans la plupart des eaux de boisson (OMS, 2017).

I.7.16 Ions de Sodium (Na⁺)

Le sodium est l'un des éléments les plus abondants sur terre, c'est un produit chimique hautement soluble, et se trouve souvent dans les eaux souterraines car la plupart des roches et des sols contiennent des composés de sodium qui se dissolvent facilement. Des concentrations accrues dans les eaux de surface peuvent provenir des eaux usées et des effluents industriels, la limite recommandée par l'OMS pour le sodium dans l'eau potable est de 200mg/l, de nombreuses eaux de surface ont des concentrations bien inférieure à 50mg/l, cependant les concentrations dans les eaux souterraines dépassent fréquemment 50mg/l (Rs hydro, 2021) (champan et Kimstach, 1996).

I.7.17 Potassium (K⁺)

Le potassium est largement répandu dans l'environnement, notamment dans toutes les eaux naturelles. Il peut également être présent dans l'eau de boisson suite à l'utilisation du permanganate de potassium comme oxydant dans le traitement de l'eau. Bien que le potassium puisse avoir certains effets sur la santé chez des individus sensibles, l'ingestion de potassium à partir de l'eau de boisson est nettement inférieure au niveau auquel des effets indésirables pour la santé peuvent se produire. Les risques sanitaires seraient liés à la consommation d'eau de boisson traitée par un procédé faisant intervenir le potassium (principalement le chlorure de potassium pour la régénération des adoucisseurs d'eau par échange d'ions), affectant uniquement des individus appartenant à des groupes à haut risque (c'est-à-dire des individus souffrant d'insuffisance rénale ou d'autres maladies, telles qu'affection cardiaque, maladie des artères coronaires, hypertension, diabète, insuffisance surrénale, hyperkaliémie pré existante ; des personnes prenant des médicaments qui interfèrent avec les fonctions potassium dépendantes normales dans le corps ; et les personnes âgées ou les nourrissons) (OMS, 2017).

I.7.18 Azote ammoniacal (ou Ammonium) (NH₄)

L'azote ammoniacal est un composé chimique souvent présent dans la plupart des sources d'eau. L'azote ammoniacal dans les eaux de surfaces peut provenir des matières végétales des cours d'eau, des matières organiques animales ou humaines, des rejets industriels, des engrais, etc.... Et dans les eaux profondes, la réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux peut conduire à la formation de L'azote ammoniacal. L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones anaérobies dans certaines parties des réseaux de distribution, conduire à des goûts désagréables et aussi provoquer la corrosion des canalisations. L'ammonium présente également l'inconvénient qu'il nécessite une augmentation de la consommation de chlore lors de la désinfection qui produit des composés organochlorés indésirables (chloramines minérales ou organiques). Ce n'est pas la forme ammoniacale ionisée (NH⁺₄) qui est toxique mais la forme ammoniacale non ionisée (NH₃) dont la proportion dépend du pH et de la température. Pour les eaux destinées à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers pouvant causer un malaise au consommateur (goût, odeur), l'OMS recommande la valeur limite pour l'ammonium 1,5 mg/l (**Rodier et Bernad, 2009**).

I.7.19 Les Phosphates (PO₄³⁻)

Dans les eaux naturelles, l'élément phosphore se trouve principalement sous forme d'anions phosphates, on peut citer les orthophosphates, les phosphates hydrosolubles et les phosphates organiques à l'état dissous ou particulaire, leur présence résulte de l'utilisation de détergents et de lessives phosphatés, l'utilisation excessive d'engrais et l'absence de contrôle des effluents d'élevage. Le phosphore n'est pas toxique pour la faune et la flore mais il est responsable de la prolifération des algues (**Cardot et Gilles, 2013**).

I.8 Paramètres bactériologiques

I.8.1 Les coliformes totaux

Le terme « **coliforme** » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance

similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C (**Rodier et Bernad, 2009**).

Les coliformes totaux comprend plusieurs groupes de bactéries et ces groupes ne sont pas tous associés aux excréments humains et animaux, ils peuvent être également trouvés dans l'environnement (sol et végétation) et ils sont capables de se multiplier dans les eaux naturelles, donc Les coliformes totaux ne servent pas à indiquer une contamination exclusivement d'origine fécales. Mais ils sont recherchés lors l'analyse bactériologique de l'eau car leur présence indique la présence d'autres agents pathogènes donc ils donnent une indication générale sur l'état sanitaire de l'eau testée. Par ailleurs, ces bactéries résistent aux agents désinfectants 'chlore et à ses dérivés' de la même manière que les bactéries pathogènes; ils permettent donc de vérifier l'efficacité de traitement (**CAWST, 2013**).

I.8.2 les coliformes fécaux (Thermotolérants)

Ils sont aussi appelés coliformes thermorésistants sont un sous-groupe de coliformes totaux, ayant les mêmes propriétés mais ils se distinguent des coliformes totaux par leur capacité à se développer à haute température, et par leur origine qui est principalement fécale. Dont le principal représentant est la bactérie Escherichia, d'origine exclusivement fécale.

E. coli :

- Est un sous groupe des coliformes fécaux, ne se trouve que dans les excréments des animaux à sang chaud.
- Malgré que la plupart des souches Escherichia sont inoffensives, se trouve normalement dans les intestins humains mais il y a certaines souches d'Escherichia qui sont pathogènes.
- E. coli se distingue des autres coliformes fécaux par les enzymes bêta-glucuronidase et galactosidase (bêta-gal).
- Est un meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau potable ; et de présence des agents pathogènes dérivés des matières fécales des animaux à sang chaud (**FNS, 2013**).

I.8.3 Les Streptocoques Fécaux

Les Streptocoques Fécaux sont définis comme des bactéries à gram positif, de forme sphérique ou ovoïde, formant des chainettes, non sporulées, elles n'ont pas de catalase ; et se développant en anaérobie à 44°C, et à PH 9,6. Elles se divisent en deux genres streptococcus et enterococcus (**Bengarnia, 2016**). Les entérocoques sont des bactéries non pathogènes d'origine fécale comme les coliformes fécaux, donc tous les deux servent à indiquer une pollution fécale, mais les entérocoques peuvent résister plus dans les eaux naturelles que les coliformes, ce qui les rend révélateurs d'une ancienne contamination fécale. Les entérocoques sont également résistants aux désinfectants, ils peuvent donc être utilisés pour tester la qualité d'eau après le traitement (**Bengarnia, 2016**).

I.8.4 Les bactéries anaérobies sulfitoréductrices

Ce sont des bacilles anaérobies à Gram positif qui réduisent les sulfites. Dans des conditions défavorables d'environnements aqueux, ils produisent des spores qui sont exceptionnellement résistantes, notamment au rayonnement UV, aux températures et pH extrêmes et aux procédés de désinfection tels que la chloration. (**OMS, 2017**)

- Ne sont pas d'origine exclusivement fécale, ils peuvent être présents dans l'environnement.
- Les spores peuvent se maintenir dans l'eau plus longtemps que les coliformes, en raison de cette propriété ils servent à indiquer une contamination intermittente ou à distance.
- Leur présence dans l'eau traitée prouve que le traitement est déficient (**OMS, 2000**).

I.9 Normes de qualités des eaux potables

I.9.1 Définition de la norme

Une limite obligatoire qui ne doit pas être franchie ; les normes relèvent souvent d'un devoir ou d'une obligation légale (**CAWST, 2013**).

I.9.2 La potabilité de l'eau

Une eau est dite potable lorsqu'en la consommant, elle est agréable et ne porte pas atteinte à la santé de l'homme. Elle est aussi qualifiée de "eau destinée à la consommation humaine". Les normes de « potabilité » varient en fonction des pays et de l'usage humain. Une eau en apparence limpide et pure n'est pas toujours potable et peut cacher des micro-organismes ou des polluants. L'eau est un milieu vivant qui abrite des organismes vivants, invisibles à l'œil nu (bactéries, virus, ...), inoffensives ou peuvent être responsables de maladies graves chez l'homme (choléra, typhoïde, dysenterie, ...) (**Germaine, 2013**).

On y trouve également des substances indésirables (nitrates, nitrites, cuivre,..), des substances toxiques (arsenic, plomb, cyanure, mercure,...) et les pesticides à l'origine des intoxications, neuro-toxicité, cancérogénicité. Pour être "potable" une eau ne doit pas contenir de substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes et doit être conforme aux limites de qualité (**Germaine, 2013**).

Les paramètres à vérifier pour la potabilité sont :

- la qualité organoleptique (couleur, turbidité, odeur, saveur) ;
- Les paramètres physico-chimiques naturels (température, pH, dureté, etc.) ;
- Les paramètres chimiques : substances indésirables (nitrates, nitrites, pesticides, etc.) ; substances toxiques (arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.) ;
- des paramètres microbiologiques (coliformes fécaux....) ;

Tableau N°01: Paramètres bactériologiques pour l'eau potable selon l'OMS (**OMS, 2000**).

Les paramètres bactériologiques	Normes OMS (eau désinfectée)
Coliformes totaux	0
E. coli	0
Entérocoques	0
Les bactéries sulfitoréductrices	0

Tableau N°02 : Paramètres physico-chimique pour l'eau potable selon l'OMS et la norme algérienne (OMS., 2006 ; J.O.R.A N°13, 2014)

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Température	C°	/	25 C°
Turbidité	NTU	5 NTU (1 NTU pour la désinfection)	5 NTU
Conductivité	µS/cm	/	2800 µS/cm
TDS	mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/L	/
Concentration en ions hydrogène	/	Pas de valeur guide mais optimum entre 6.5 et 9.5	Entre 6.5 et 9
Chlorure	mg/l	250 mg/L	500 mg/L
Calcium	mg/l	200mg/L	200mg/L
Magnésium	mg/l	50mg/L	/
Dureté	mg/l de CaCO ₃	200mg/l	500mg/l
Ammonium	mg/l	Pas de contrainte	0.5 mg/l
Nitrite	mg/l	3 - 0.2 mg/L	0.2 mg/l
Phosphore	mg/l	/	5 mg/l
Potassium	mg/l	12 mg/L	12 mg/l
Sodium	mg/l	Pas de valeur guide	200 mg/l
Manganèse	mg/l	0,4mg/L	0.05 mg/l
Fer	mg/l	Pas de valeur guide	0.3 mg/l
sulfate	mg/l	500mg/l	400 mg/l
Oxydabilité	mg/l O ₂	/	5 mg/l
Nitrate	mg/l	50mg/L	50 mg/l
oxygène dissous	mg/l O ₂	Pas de valeur guide	/

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

Objectifs

Le présent travail, réalisé au laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE) consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux de deux sources de la wilaya de Tissemsilt (la source de Hraiz et de Ain Babou dans la commune Ammari) pour d'évaluer leur qualité et de s'assurer qu'elles ne contiennent pas de substances pouvant présenter un risque pour la santé des consommateurs.

II. Matériel et méthodes

II.1 Matériel

- Balance analytique, AND, GR-200 EC.
- Agitateur magnétique chauffante, FALC, F60.
- Turbidimètre, HACH 2100N.
- Multiéléments, HACH company BOX 389.
- Plaque chauffante, FALC, PV 250.
- Spectrophotomètre, HACH ostyssey, DR/2500.
- pH mètre, SCHOTT GERÄTE CG822.
- Thermomètre.
- Bain-marie, FALC, WB M15.
- Étuve, Binder GmbH bergstr.
- Bec bunsen.
- Autoclave
- Réfrigérateur
- La rampe de filtration.
- Verreries propres et spécifique à chaque usage.
- Boîte de Pétri, tubes à essai

II.2 Méthodes

II.2.1 Mode de prélèvement

a) prélèvement des échantillons d'eau destinés à l'analyse physico-chimiques

Le prélèvement des échantillons d'eau est une opération délicate, à la quelle le plus grand soin doit être apporté, pour obtenir des résultats précis il faut que l'échantillon soit représentatif de l'eau de la source de prélèvement. Pour les analyses physico-chimique les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons jetables en matière plastique de (1,5L) propres, lavés, rincés plusieurs fois avec de l'eau de la source à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de l'air pénétrer dans le flacon pour assurer une protection contre toute contamination. Ces flacons doivent être étiquetés correctement (Identité du préleveur, date et heure du prélèvement et l'endroit ou l'échantillon a été prélevé) et transportés dans des glacières à 4 °C, puis analysés dans les 24 heures qui suivent.

b) prélèvement des échantillons d'eau destinés à l'analyse bactériologique

Concernant l'analyse bactériologique, elle doit débiter le plus tôt possible suivant le prélèvement afin d'éviter toute modification de la teneur initiale en germes de l'échantillon. Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre stériles d'une capacité de 200 ml. Lors du prélèvement des échantillons, l'intérieur du récipient et le bouchon ne sont pas touchés avec les mains, les flacons sont remplis jusqu'en haut en laissant un espace d'air, les couvercles sont vissés hermétiquement pour éviter les fuites, après ils sont identifiés avec une étiquette. Puis transportés dans une glacière dont la température est comprise entre 04°C et 06°C. Les échantillons sont analysés dès leur arrivée au laboratoire.

II.2.2 Analyses physico-chimiques

Test de chlore

Lorsque du chlore est ajouté à l'eau, il attaque les matières organiques et tente de les détruire. Si suffisamment de chlore est ajouté, une partie restera dans l'eau une fois que tous les organismes sensibles au chlore auront été éliminés. Ce qui reste est appelé chlore résiduel libre .

Le chlore résiduel libre restera dans l'eau jusqu'à ce qu'il se dissipe ou jusqu'à ce qu'il soit mobilisé pour éliminer une nouvelle contamination. Par conséquent, si l'eau est testée et qu'elle contient du chlore résiduel libre, cela prouve que les organismes les plus dangereux ont été éliminés et qu'elle peut probablement être propre à la consommation.

La méthode la plus rapide et la plus facile pour tester la présence de chlore résiduel est le test DPD (diethyl paraphenylene diamine) en utilisant un comparateur colorimétrique. Une pastille de DPD est ajoutée à un échantillon d'eau, et teint l'eau en rouge. L'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une échelle de couleur afin de déterminer la concentration en chlore (OMS, 2013).

II.2.2.1 Température (T)

Les réactions chimiques, la solubilité, l'odeur et le goût sont tous influencés par la température. C'est donc un facteur physique important qui doit être pris en considération lors de l'évaluation de la qualité d'eau potable. La mesure de ce paramètre est tout simplement réalisée par un multiélément « HACH company BOX 389 » et la valeur est exprimée en degré Celsius.

II.2.2.2 Potentiel d'hydrogène pH

Il est mesuré par un pH mètre dont le fonctionnement dépend du rapport qui existe entre la concentration en ions (H_3O^+) et la différence de potentiel créé dans l'électrode de verre une fois qu'elle est immergée dans la solution qu'on veut analyser (NF T90-008, 1953).

Mode opératoire

- étalonner l'appareil avec une solution tampon.
- rincer l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée.
- mettre un bécher (contenant l'échantillon d'eau à analyser environ 100ml) sur un agitateur.
- Procéder à une faible agitation.
- immerger l'électrode dans le bécher.
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée (NF T90-008, 1953).

II .2.2.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre qui permet d'évaluer la pureté l'eau potable (l'eau impure conduit plus facilement), selon Rodier et al (2009) elle consiste à mesure 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. La conductivité est proportionnelle à la température et à la concentration des ions dissous dans le solvant. Elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Mode opératoire

- Rincer plusieurs fois l'extrémité, avec de l'eau distillée puis avec de l'eau à examiner.
- Introduire la sonde dans l'échantillon à analyser.
- Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant.
- Une fois stabilisée, la valeur de la conductivité est enregistrée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (NF T 90-008, 1953).

II .2.2.4 Turbidité

La turbidité reflète l'opacité ou la saleté de l'eau elle est due à la présence des solides en suspension, comme le sable, le limon et l'argile (CAWST, 2013). Elle est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométriques (NTU).

Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau (GRHMSM, 2011).

Mode opératoire

- Calibrer le turbidimètre avec de l'eau distillée.
- Remplir la cuve avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé.
- effectuer rapidement la mesure (NF T90-033, 1975).

II .2.2.5 taux de solides « TDS »

Il s'agit d'une mesure indiquant le contenu total en solides dissous dans l'eau. Elle est exprimée en mg/l.

II .2.2.6 Dosage des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})

Le dosage de ces ions est effectué par un titrage complexométrique simple et rapide dans lequel les ions métalliques calcium et magnésium forment un complexe avec l'EDTA.

➤ Calcium (Ca^{2+})

Pour doser les ions calcium (Ca^{2+}) il faut précipiter le magnésium sous forme d'hydroxyde MgOH . La précipitation du magnésium se fait en milieu très basique, avec des valeurs de pH supérieur à 10 en ajoutant une solution de NaOH . L'indicateur choisi pour indiquer le point de fin de titrage est le rouge de Murexide (**ISO, 1984**)

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N
- Ajouter du Murexide
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet) (**ISO, 1984**)

Expression des résultats

La teneur en calcium [Ca^{2+}] exprimé en millimoles par litre, est donnée par l'équation suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{C1 \times V3}{V0}$$

Où

- **C1** : est la concentration en EDTA exprimé en mmol/l.
- **V0** : est le volume en millilitre de la prise d'essai.
- **V1** : est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage du calcium.

La teneur en calcium exprimé en mg/l est donnée par l'équation suivante :

$$[Ca^{2+}] = \frac{C1 \times V3}{V0} A$$

A : est la masse atomique relative du calcium (40.08)

➤ **Magnésium (Mg²⁺)**

La teneur en magnésium exprimé en mg/l se déduit de l'équation suivante :

$$[Mg^{+2}] = \frac{(v2-v1) [EDTA] f Mmg2+}{PE}$$

D'où :

- V₂: est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage de calcium et magnésium.
- V₁ : est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage du calcium.
- C : Concentration molaire d'EDTA en mmol/l .
- M_{Mg²⁺} : Masse molaire du Magnésium (24.3g).
- P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).
- F : Facteur de dilution (**NF T90-003, 1984**).

II.2.2.7 Détermination de la dureté totale (TH)

La dureté totale de l'eau correspond à la somme des concentrations en ions calcium et magnésium, ces ions sont dosés par un titrage complexométrique. Il s'agit d'un titrage avec une solution étalon « EDTA » qui forme un complexe avec eux dans un milieu tamponné. Le point final du titrage est détecté lorsque tous les ions calcium et magnésium sont complexés avec l'EDTA. L'indicateur utilisé « le noir d'eriochrome » vire en bleu lorsqu'il y a un excès d'EDTA (**ISO, 1984**).

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 2 ml de NH₄OH (10,1).
- Ajouter noir eriochrome.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

Expression des résultats

La teneur global en calcium et en magnésium [**ca²⁺mg²**] exprimé en (mmol/l) par litre est donnée par l'équation suivante :

$$[\text{Ca}^{+2}\text{Mg}^{+2}] = \frac{C1 \times V2}{V0}$$

Où

- [**ca²⁺mg²**] : La teneur global en calcium et en magnésium
- **C1** : est la concentration en EDTA exprimé en m mole.L-1 de la solution d'EDTA.
- **V0** : est le volume en millilitre de la prise d'essai.
- **V2** : est le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisé pour le titrage de calcium et magnésium.

II.2.2.8 Détermination de l'alcalinité (HCO₃⁻)

L'alcalinité est une mesure de la capacité de l'eau de tamponner les acides ajoutés. Elle est due à la présence de bicarbonates, de carbonates et d'hydroxydes. L'eau à faible alcalinité peut provoquer des changements inacceptables du pH lors de l'ajout d'une substance chimique acide. C'est pourquoi l'alcalinité est une propriété importante de l'eau qui doit être prise en compte(CIFFQL, 2011).

Remarque

Le Titre Alcalimétrique (TAC) dans beaucoup d'eaux de pH inférieur à 8 se confond en première approximation avec la concentration [HCO₃⁻], (6 < pH < 8) (Rodier, 2009).

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 2 gouttes de la solution de méthyle orange (indicateur coloré)
- Titrer avec solution hydrochlorique (HCl) à 0,1 N en agitant jusqu'au virage au jaune orangé
- Noter le volume d'HCl (**NF T90-036, 1977**).

Expression des résultats

$$\text{TAC} = (\text{HCO}_3^-) = (C_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}) / V \text{ d'échantillon}$$

D'où :

- TAC : Titre Alcalimétrique en mg/L
- Volume d'échantillon en (ml)
- V_{HCl} : Volume de solution d'HCl utilisé pour le titrage (en ml).
- C_{HCl} : Concentration d'HCl.

II.2.2.9 Détermination de la concentration des chlorures (Cl)

La détermination de la concentration des ions chlorures présents dans l'eau potable est l'un des paramètres importants à analyser car la présence de ces ions en forte concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine peut altérer la saveur de l'eau, surtout s'ils sont accompagnés d'ions sodium. Ils peuvent également rendre l'eau corrosive. Le dosage des chlorures a été effectué par l'utilisation de la méthode de MOHR

Une solution de nitrates d'argent (AgNO_3) réagit avec les ions chlorures Cl^- pour former du chlorure d'argent insoluble (un précipité blanc solide) (**NF T90-014, 1952**).



L'indicateur utilisé c'est le K_2CrO_4 . Les ions chromates ont aussi la propriété de donner avec les ions argents un précipité rouge brique de $\text{Ag}_2 \text{CrO}_4$ (**NF T90-014, 1952**).



Mode opératoire

- Prendre 5 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec $AgNO_3$ à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre (NF T90-014, 1952).

Expression des résultats

Concentration des chlorures exprimée en mg/l.

$$[Cl^-] = (C_{AgNO_3} * V_{AgNO_3}) / V \text{ d'échantillon}$$

D'où :

$[Cl^-]$: Concentration de chlorure en (mg/L)

V_{AgNO_3} : Volume en ml d' $AgNO_3$ utilisé pour le titrage

C_{AgNO_3} : Concentration de nitrate d'argent ($AgNO_3$) (mol/L)

V d'échantillon : volume d'eau à analyser en (ml)

II.2.2.10 Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)

Une teneur élevée en matières organiques et inorganiques oxydables dans l'eau doit suspecter une contamination microbiologique ou chimique. On peut évaluer cette pollution par une approche indirecte qui consiste à mesurer l'indice de permanganate qui correspond à la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions MnO_4 consommée par l'échantillon dans des conditions expérimentales définies. La teneur en matières organiques est exprimé mg O_2 par litre (Cardot et Gilles, 2013).

Mode opératoire

- Prélever (V5) 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer et ajouter 5ml d'acide sulfurique dilué à 2.2 M et homogénéiser.
- Porter à ébullition douce puis additionner 20ml de la solution de permanganate de potassium à 2mmol/l et laisser 10min.
- Ajouter (V4) 20ml de la solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l et attendre la décoloration.
- Titrer l'excès d'oxalate de sodium par une solution de permanganate de potassium à 2mmol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose pendant environ 30 secondes et noter (V1) (NF T90, 1989).

Le dosage des matières oxydables demande la réalisation d'un essai et d'un blanc (témoin) dans lequel s'effectue l'étalonnage de la solution titrante de KMnO_4 , la valeur de l'indice du blanc vient en éduction de L'indice permanganate (IMn) de l'essai, l'étalonnage sur le blanc permet d'obtenir non seulement la concentration de la solution de KMnO_4 mais également d'exprimer l'IMn en fonction des seules chutes de burettes après simplification (Cardot et Gilles, 2013).

Expression des résultats

L'indice permanganate (IMn) de les échantillons, exprimé en mg d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante:

$$\text{IMn} = f \times \frac{(v_1 - v_0)}{v_2}$$

Avec :

$$f = (V_4 * (\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) * M_o * 1000) / (1000 * V_5)$$

- V_4 = volume d'oxalate consommé pour le titrage.
- 1000= (numérateur) : utilisé pour calculer la concentration de $(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ de mM en mmol/litre.
- M_o = masse molaire en mg d'oxygène par ml (16).
- V_5 = volume d'échantillon.
- 1000= (dénominateur) : utilisé pour recalculer la valeur mesurée à 1L du volume de l'échantillon. (Cardot et Gilles, 2013)

II.2.2.11 Dosage des nitrates NO_3^- par le salicylate de sodium

Le nitrate est produit par l'oxydation de l'azote organique, c'est un polluant dangereux qui peut affecter la santé humaine lorsqu'il est présent en concentrations élevées dans l'eau. Sa toxicité pour l'homme réside dans sa réduction en nitrites. Ses niveaux dans l'eau potable doivent donc être évalués.

principe

Les nitrates sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre-UV. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune susceptible d'un dosage colorimétrique (NF T90-012, 1975).

Mode opératoire

- Dans une capsule de 60 ml mettre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium (2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %).
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Évaporer à l'étuve 86° C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps)
- laisser refroidir puis reprendre le résidu avec 2 ml d'H₂SO₄ et laisser reposer 10 mn.
- Additionner 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415 nm (NF T90-012, 1975).

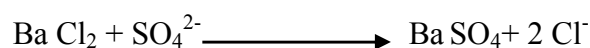
Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

II.2.2.12 Détermination des Sulfates (SO₄²⁻)

Lorsque les Sulfates sont présents à des concentrations très élevées dans l'eau, ils constituent un risque pour la santé humaine en affectant la solubilité des métaux et d'autres substances.. Cette méthode ne s'applique qu'à une eau absolument claire et incolore contenant de 5 à 70 mg/l de sulfate; pour des concentrations plus élevées l'eau doit être diluée avant l'analyse.

La concentration est déterminée par spectrophotométrie UV Visible à la longueur d'onde λ 420. Une quantité connue de Ba Cl₂ est ajoutée en excès à l'échantillon à analyser pour précipiter les ions sulfates présents sous forme de sulfate de baryum (précipité de couleur blanche) en milieu acide (HCl). Le précipité ainsi obtenu est stabilisée à l'aide d'une solution stabilisante. La concentration est déterminée par spectrophotométrie UV Visible à la longueur d'onde λ 420 (ISO, 1990).

**Mode opératoire**

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum et agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420$ nm (ISO, 1986).

Expression des résultats

La concentration des ions sulfates est exprimée en mg/l en multipliant la valeur lue sur le spectrophotomètre par facteur de la dilution.

II.2.2.13 Détermination de la concentration en fer par spectrométrie d'absorption moléculaire

Cette méthode est applicable pour des concentrations de fer comprises entre 0,010 et 5 mg/L.

Principe

Le dosage des ions de Fe^{2+} se fait par addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. **(ISO, 1988)**.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon acidifié (avec 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine) dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Porter à ébullition pendant 40 min environ.
- Après refroidissement, ajuster le volume à 50 ml dans une fiole jaugée.
- Ajouter 2ml de tampon acétate.
- Mélanger et vérifier que le pH soit voisin de 4,5 (compris entre 3,5 et 5,5).
- Ajouter 2 ml de solution de phénantroline 1,10.
- Effectuer un essai au blanc (témoin) avec 50 ml d'eau déminéralisée traitée dans les mêmes conditions.
- Conserver à l'obscurité pendant 15 min.
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 510 nm **(ISO, 1988)**.

Expression des résultats

Le résultat est directement donné en mg/l.

II.2.3.14 Dosage des ions manganèse (Mn^{2+}) avec la Formaldoxine

Principe

Addition d'une solution de Formaldoxine à une prise d'essai et mesure spectrométrique du complexe rouge orangé obtenu à une longueur d'onde d'environ 450 nm. Si un manganèse en suspension ou lié organiquement est présent, un traitement préalable est nécessaire pour mettre le manganèse sous une forme susceptible de réagir à la Formaldoxine (ISO, 1986).

Mode opératoire

- Prélever 50 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 1 ml de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexa hydrate (sel de mohr).
- Puis ajouter 2 ml d'EDTA et mélanger.
- Additionner immédiatement 1 ml de solution de Formaldoxine.
- Ajouter 2 ml de la solution de NaOH et bien mélanger.
- Laisser reposer 5 minutes puis ajouter 3 ml de la solution de Chlorure d'hydroxylammonium (ammoniaque).
- Laisser reposer au moins 1 heure puis effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 450 nm (ISO, 1986).

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.2.2.15 Dosage de sodium et de potassium par photométrie à flamme

Le dosage des ions métalliques (sodium, potassium) présents dans les échantillons d'eau à analyser se fait par photomètre à flamme en mesurant leur émission d'énergie lumineuse lorsque ils sont excités par une flamme à des longueurs d'ondes qui leurs sont caractéristiques (589 nm pour le sodium et 766,5 nm pour le potassium) (ISO, 1993).

Mode opératoire

- Préparer les solutions étalons de Na^+ et du K^+ par dilution volumétrique de la solution mère.
- Allumer l'appareil et ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme et l'optimiser jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée
- Régler la lecture à zéro en utilisant de l'eau distillée comme blanc.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, retirer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ (la solution étalon la plus concentré)
- Mesurer l'intensité d'émission de chacune des solutions étalons de Na^+ et du K^+ restantes.
- Passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon) **(ISO, 1993)**.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.2.2.16 Détermination de l'ammonium (NH_4^+)

La méthode courante d'analyse quantitative de l'azote ammoniacal dans l'eau naturelle est la méthode spectrophotométrique.

Cette méthode est basée sur la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium pour former un composé coloré en bleu qui a une absorbance maximale de 655nm **(ISO, 1984)**.

Mode opératoire

- Préparer les solutions de réactifs mixtes (réactif I/ réactif II).
- Prélever 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I et mélanger.
- Ajouter ensuite 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H_2O distillée et attendre (1h. 30)
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à 655nm **(ISO, 1984)**.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.2.2.17 Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

En générale le phosphate n'est pas toxique pour l'homme, mais sa teneur dans l'eau doit être limitée pour éviter la prolifération des algues. Une méthode spectrophotométrique a été utilisée pour détecter les phosphates dans les échantillons d'eau,

le principe de cette méthode est la formation d'un complexe phosphomolybdique, qui est produit par la réaction d'orthophosphates et de molybdate d'ammonium en milieu acide. Ce complexe subit une réduction par l'acide ascorbique pour développer une coloration bleue qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm **(ISO, 2004)**.

Mode opératoire

- Prélever un volume de 40 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif mixte. (Heptamolybdate d'ammonium/ Tartrate d'antimoine / Acide sulfurique pur)
- Le développement de la couleur bleue est complet en 10mn s'il y a des ions phosphate dans l'échantillon d'eau qu'on veut analyser.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm **(ISO, 2004)**

Remarque

Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium **(Rodier et Bernad., 2009)**.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.2.2.18 Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les nitrites ont un effet toxique. Ils réagissent avec l'hémoglobine en produisant de la méthémoglobine. Par conséquent le sang perd sa capacité à transporter l'oxygène aux cellules du corps. De plus l'interaction des nitrites avec les amides et les amines du corps peut conduire à la formation des composés azotés qui causent le cancer.

La concentration des ions nitrates dans l'eau est déterminée par un spectrophotomètre, et le principe de mesure est une réaction des nitrites avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride aboutit à un composé coloré en rose absorbant des radiations électromagnétiques à 543nm (ISO, 1984).

Nitrites+ Sulfanilamide \longrightarrow **diazoïque**

Diazoïque + N1 Naphtyléthylènediamine \longrightarrow **composé rose**

Mode opératoire

- Prélever 50 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.
- Étalonner l'appareil avec le blanc.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 543nm (ISO, 1984).

Remarque

L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

Remarque

La réalisation d'un essai au blanc (témoin) est nécessaire pour le dosage des nitrates NO_3^- , des ions manganèse (Mn^{2+}) et la détermination des Sulfates (SO_4^{2-}) et des matières oxydables.

II.2.3 Analyse bactériologiques

L'eau doit être exempte de microorganismes pathogènes. La majorité des microorganismes pathogènes trouvés dans les eaux naturelles sont principalement issus des matières fécales. L'analyse bactériologique effectuée consiste à mettre en évidence la pollution d'origine fécale de l'eau. Les bactéries recherchées ou dénombrées dans l'eau de source destinée à l'alimentation humaine sont :

- 1) Dénombrement des coliformes totaux
- 2) Recherche d'*Escherichia coli*
- 3) Recherche des Streptocoques fécaux
- 4) Recherche des Clostridium sulfito-réducteurs

Le dénombrement ou la recherche des groupes bactériens cités ci-dessus a été réalisé par la technique de filtration sur membrane. Elle consiste à filtrer aseptiquement un échantillon d'eau de 100 ml à travers une membrane de porosité 0.45µm (ou 0.22µm pour les Clostridium sulfito-réducteurs) qui retient les microorganismes. La membrane est ensuite placée sur un milieu de culture spécifique à chaque groupe bactérien (tableau N°04) et incubée à une température 37°C pendant une durée d'incubation de 24h.

Remarque

La recherche de clostridium sulfito-réducteurs nécessite un chauffage préalable de l'échantillon d'eau, à une température de 80°C pendant 10mn pour tuer les cellules végétatives. La membrane est ensuite placée à l'envers sur le milieu viande foie (VF) additionné de sulfite de Sodium et Alun de fer. Une couche supplémentaire du milieu VF est ajoutée pour favoriser les conditions d'anaérobiose.

Tableau N°03: Tableau récapitulatif du milieu de culture et de l'aspect des colonies pour chaque groupe bactérien.

Germes	Milieu utilisé	Aspect des colonies	Milieu de confirmation
Coliformes Totaux	Gélose CCA	Colonies violette	/
E. coli	Gélose CCA	Colonies bleues	Schubert+ réactif Kovax
Streptocoques fécaux	Gélose slanetz	Colonies rouge	Gélose BEA
Clostridium S/R	VF	Colonies noir entourées d'un halo noir	/

Tests confirmatifs de contamination d'origine fécale

Recherche d'*Escherichia coli*

E. coli qui fait partie de la famille des *Enterobacteriaceae* est présente en grand nombre chez tous les animaux homéothermes ainsi que dans la matière fécale humaine. Sa mise en évidence se fait par repiquage d'une colonie bleue et violette de coliformes totaux dans le milieu de confirmation schubert additionné de trois gouttes du réactif Kovacs. Après incubation à une température de 44.5°C pendant 24heures, l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu schubert avec production de gaz (1/10^e de la cloche de durham) indique la présence d'*Escherichia coli*.

Test confirmatif des Streptocoques fécaux

La membrane qui est déjà incubée sur milieu Slanetz et qui contient des colonies rouges est transférée sur milieu BEA (Bile Esculine Agar) et incubée à une température de 37°C pendant une durée d'incubation de 2heures.

Lecture

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire qui indique l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

CHPITRE III

Résultats et discussion

CHPITRE III

Résultats et discussion

A fin de vérifier la potabilité des eaux brutes et traitées de deux sources (Hraiz et Ain Babou) et évaluer leur qualité physico-chimique et bactériologique, des analyses sur les deux échelles (physico-chimique et bactériologique) suivies d'une comparaison des résultats obtenus avec les valeurs guides fixées par les normes algériennes (**J.O.R.A N°13, 2014**) et les celles de l'OMS (**OMS, 2006**) ont été réalisées. Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus sont indiqués dans le tableau N°04

Tableau N° 04: Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des deux sources (Hraiz et Ain babou)

	Eau brute "Hraiz"	Eau brute "Ain babou"	Eau traitée "Ain babou"	Norme selon J.O.R.A	Unité
température	19.6	21.7	21.8	25	°C
pH	7.5	7.4	7.4	6.5 et 9	/
conductivité	1415	886	920	2800	µS/cm
turbidité	0.9	0.3	0.19	5	NTU
TDS	707	443	460	/	mg/l
salinité	0.7	0.4	0.4	/	mg/l
calcium	132.26	100.26	96.19	200	mg/l
magnésium	40.22	29.16	21.87	500	mg/l
bicarbonates	280.6	280.6	274.5	/	mg/l
chlorures	213	92.3	99.4	500	mg/l
Matières oxydables	0.8	0.64	0.40	5	mg/l
nitrate	59.6	7.28	6.83	50	mg/l
sulfate	391.7	156.22	161.9	400	mg/l
Fer	0.02	0.03	0.02	0.3	mg/l
manganèse	0.001	0.02	0.01	/	mg/l
sodium	69	37	40	200	mg/l
potassium	6.8	3.2	3.4	12	mg/l
Azote ammoniacal	0.2	0.19	0.17	0.5	mg/l
orthophosphates	00	0.012	0.008	5	mg/l
Nitrites	00	0.002	0.001	0.2	mg/l

III .1 Paramètres physico-chimiques

Test de chlore

Pour savoir si un échantillon d'eau est traitée avec du chlore ou non il faut tester la présence de ce dernier en utilisant une méthode simple et facile qui consiste à ajouter une pastille de diethyl paraphenylene diamine (DPD) à un échantillon d'eau, si une coloration rose apparait cela signifie qu'elle est traitée. **(OMS, 2013)**

Le test de chlore effectué sur l'échantillon d'eau prélevé de la source de Hraiz n'a pas montré une coloration rose ce qui prouve que l'eau de cette source n'est pas traitée.

III 1.1 Température

Les températures des eaux souterraines, au cours des saisons sont évidemment moins sensibles aux variations climatiques que les eaux de surface **(Rodier et Bernad, 2009)**.

Les valeurs de température obtenues des eaux de Hraiz et de Ain babou varient entre 19 et 21°C. Ces résultats sont conformes à la norme algérienne qui indique un seuil maximale égale à 25 °C **(J.O.R.A N°13, 2014)**.

III 1.2 pH

Toutes les valeurs de pH des eaux étudiées sont situées dans la fourchette fixée par la norme algérienne minimale ($6.5 < \text{pH} < 9$). Elle est de 7.5 dans l'eau brute de Hraiz, 7.4 dans l'eau brute de Ain Babou et 7.4 dans l'eau traitée de cette dernière **(J.O.R.A N°13, 2014)**

III 1.3 Conductivité électrique (CE)

L'eau brute et traitée des deux sources (Hraiz et Ain Babou) présente une conductivité électrique inférieure à celle recommandée par la norme algérienne (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Ses valeurs oscillent entre 886 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1415 $\mu\text{S}/\text{cm}$ **(J.O.R.A N°13, 2014)**.

III 1.4 Taux de solides 'TDS'

Le taux de solides (TDS) mesuré dans les eaux étudiées varie entre 443 et 707 mg/l. Selon l'OMS (2006), il n'y a pas de valeurs guides pour ce paramètre mais elles sont considérées comme optimales s'ils sont inférieures à 1000 mg/l.

III 1.5 Turbidité

Selon les normes algériennes de l'eau potable, la valeur limite de la turbidité est fixée à 5 NTU. Les valeurs enregistrées (0.9 NTU pour l'eau brute de Hraiz, 0.3 NTU pour l'eau brute de Ain Babou et 0.19 NTU pour l'eau traitée de cette dernière source) sont en dessous de la norme 5 NTU (OMS, 2006).

III 1.6 Calcium et magnésium

➤ Calcium (Ca^{2+})

La teneur en calcium dans l'eau brute de la source de Hraiz est égale à 132.26 mg/l. Quant à la source de Ain Babou, son eau brute en contient 100.26mg/l. En ce qui concerne l'eau traitée de cette dernière source, elle présente un taux de calcium égal à 96.19mg/l. Les résultats obtenus révèlent que les eaux des deux sources étudiées ont des teneurs en calcium qui ne dépassent pas la norme algérienne recommandée fixée à 200 mg/l (J.O.R.A, N°13 2014).

➤ Magnésium (Mg^{2+})

Dans les sources étudiées, les teneurs en magnésium qui varient entre 21.87 mg/Let 40.82 mg/l ne dépassent pas la norme recommandée par l'organisation mondiale de la santé (50mg/l). La valeur la plus élevée (40.82 mg/l) a été enregistrée au niveau de la source de Hraiz (OMS, 2006).

III 1.7 Dureté totale (TH)

Les normes algériennes exigent une concentration maximale admissible de 500mg/l. Les résultats de cette analyse montrent que les échantillons d'eaux analysées sont conformes aux normes (J.O.R.A N°13, 2014). La source de Ain Babou présente une concentration de 129.42 mg/l pour l'eau brute et de 118.06 mg/l pour l'eau traitée. Cependant, la source de Hraiz présente une concentration de 173.08 mg/l. Selon ces valeurs, l'eau brute et traitée des deux sources est qualifiée comme étant mi-dure ou moyennement douce.

III 1.8 Alcalinité (HCO_3^-)

Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées qui oscillent entre 280.6 mg/l et 274.5 mg/l sont inférieurs au seuil limite défini par l'OMS (400mg/l) (OMS, 2006).

III 1.9 Chlorures (Cl)

Les teneurs en chlorure de tous les échantillons d'eaux contrôlés (92.3mg/l pour l'eau brute de Ain Babou et de 99.4 mg/l pour l'eau traitée, et une teneur de 213 mg/l pour la source de Hraiz) sont nettement inférieures à la limite admissible par la norme algérienne (500mg/l) **(J.O.R.A N°13, 2014)**.

III 1.10 Matières oxydables (M.O)

Pour l'ensemble des prélèvements, l'oxydabilité varie de 3,97 mg/l à 4,98mg/l, ces valeurs sont conformes à la norme algérienne recommandée (5mg/l) **(J.O.R.A N°13, 2014)**.

III 1.11 Nitrates (NO₃⁻)

Selon les normes recommandées par l'organisation mondiale de la santé, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir de nitrates à des concentrations supérieures à 50 mg/l **(OMS, 2006)**. Les résultats obtenus montrent un écart dans la concentration en nitrate; elle est de 59.6 mg/l dans l'eau brute de la source de Hraiz et de 7.28 mg/l dans l'eau brute de la source d'el Ain Babou. La valeur enregistrée dans l'eau traitée de cette dernière est de 0.83 mg/l. La comparaison de ces résultats avec les valeurs fixées par la norme internationale de l'OMS montre que la source de Hraiz présente une concentration en ions nitrates légèrement supérieure à la norme. Vue l'activité exercée par les habitants de cette région et la localisation de la source dans la zone industrielle de la commune de Tissemsilt, cette concentration en nitrate enregistrée également deux ans avant notre étude pourrait être due à l'exposition des eaux souterraines à une pollution par les nitrates provenant de l'agriculture (infiltration des engrais dans la nappe phréatique) ou des excréments des animaux.

III 1.12 Les ions Sulfates (SO₄⁻²)

L'eau brute des deux sources Hraiz et Ain Babou présente une concentration en ions sulfates inférieure au seuil d'acceptabilité maximal fixée par la norme Algérienne (400mg/l) **(J.O.R.A N°13, 2014)**. Elle est de 391.7 mg/l dans la première source et de 156.22mg/l dans la deuxième. L'eau traitée de la source de Ain babou qui est également conforme aux normes algériennes contient une concentration en ions sulfate égale à 161.9 mg/l.

III 1.13 Fer (Fe^{2+})

Les résultats de l'analyse de ce paramètre montrent des concentrations en ions fer ferreux égale à 0.02mg/l et 0.03mg/l dans l'eau brute de Hraiz et Ain Babou, respectivement. Une concentration de 0.02mg/l est enregistrée dans l'eau traitée de la source de Ain babou. Toutes ces valeurs sont inférieures à la limite (0.5 mg/l) définie par les normes algérienne de potabilité (**J.O.R.A N°13, 2014**).

III 1.14 Manganèse (Mn^{2+})

Dans les sources étudiées, les résultats montrent que les teneurs en manganèse (0.02mg/l pour l'eau brute de Ain Babou et de 0.01mg/l pour l'eau traitée, et 0.001 mg/l pour la source de Hraiz) sont très faibles par rapport à la concentration maximale indiquée par la norme Algérienne (0.05 mg/l) (**J.O.R.A N°13, 2014**).

III 1.15 Sodium (Na^+)

D'après les résultats obtenus, les teneurs enregistrées de sodium dans les eaux prélevées sont : 69mg/l pour l'eau brute de Hraiz, 37mg/l pour l'eau brute de Ain Babou et 40mg/l pour l'eau traitée de la même source. Ces valeurs sont inférieures aux normes de potabilité fixées à 200 mg /l (**J.O.R.A N°13, 2014**).

III 1.16 Potassium (k^+)

Selon les résultats obtenus la teneur en potassium dans les eaux étudiées varie entre 3.2 mg/l à 6.8 mg/l. Ces valeurs qui sont acceptables ne dépassent pas celles de la norme Algérienne recommandée et celle de l'OMS (200 mg/l) (**OMS, 2006**).

III 1.17 L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Les résultats de l'estimation de l'Ammonium dans les échantillons d'eaux étudiés ont montré que les teneurs en ammonium dans l'eau de Hraiz sont estimées à (0.2 mg/l) et dans l'eau brute de Ain Babou sont égales à (0.19 mg/l). Quand à la valeur enregistrée dans l'eau traitée de Ain Babou, elle est de 0.17 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne recommandée (0.5 mg/l) (**J.O.R.A N°13, 2014**).

III 1.18 Les phosphates (PO_4^{3-})

Selon la norme Algérienne la teneur en phosphates autorisée dans l'eau destinée à la consommation humaine est seulement de 5 mg/l (**J.O.R.A N°13, 2014**). Dans les sources étudiées, les échantillons sont exemptes des ions phosphates.

III 1.19 Nitrites (NO^{-2})

Selon les normes algériennes (**J.O.R.A N°13, 2014**) une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas renfermer des nitrites à des teneurs supérieures à 0.2mg/l.

Les résultats du dosage des nitrites dans l'eau brute et traitée de la source Ain Babou ont révélé la présence de teneurs très faibles par rapport aux normes (0.02 mg/l et 0.01mg/l respectivement), L'échantillon d'eau brute de la source de Hraiz est dépourvu de nitrites.

III.2 Paramètre bactériologique

L'eau doit être exempte de microorganismes pathogènes. La majorité des microorganismes pathogènes trouvés dans les eaux naturelles sont principalement issus des matières fécales, pour détecter leur présence dans l'eau, la méthode la plus simple et la plus appropriée est de rechercher des signes indiquant la présence des excréments. Les résultats bactériologiques obtenus sont représentés dans le tableau N°05.

Tableau N°05 : Les résultats des analyses bactériologiques pour les eaux étudiées.

	Eau brute de la source d'el Hraiz	Eau brute de la source de Ain Babou.	Eau traitée de la source De Ain Babou.
Coliformes totaux	300 UFC/100ml	80 UFC /100 ml	0 UFC /100ml
E. coli	2 UFC /100ml	0 UFC /100ml	0 UFC /100ml
Entérocoques	0 UFC /100ml	0 UFC /100ml	0 UFC /100ml
Anaérobies sulfitoréductrices.	0 UFC /100ml	0 UFC /100ml	0 UFC /100ml

Les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau brute de la source de Hraiz (**figure N°02**) confirment la présence des coliforme totaux (colonies colorées en violet) (300 UFC /100ml), et d'*E. Coli* (colonies qui prennent une coloration bleue (2 UFC /100ml). En effet, la présence d'*E. Coli* indique que les coliformes totaux trouvés dans l'eau brute de cette source est d'origine fécale. Cette contamination fécale récente peut être due à la présence d'animaux

d'élevages qui pâturent dans cette zone ou bien en raison de l'utilisation des déchets d'animaux pour fertiliser les terres agricoles.

En ce qui concerne la source de Ain Babou, les résultats indiquent que les coliformes totaux présents dans l'échantillon d'eau brute (80 colonies /100 ml) sont d'origine tellurique du fait de l'absence d'*E. Coli*. Cependant, l'absence de tous les groupes bactériens contrôlés dans l'eau traitée de cette source prouve l'efficacité du traitement de désinfection par le chlore.

L'absence des streptocoques fécaux et de clostridium sulfito-réducteurs dans les toutes les échantillons d'eaux étudiés montre que la contamination d'origine fécale de la source Hraiz est récente.

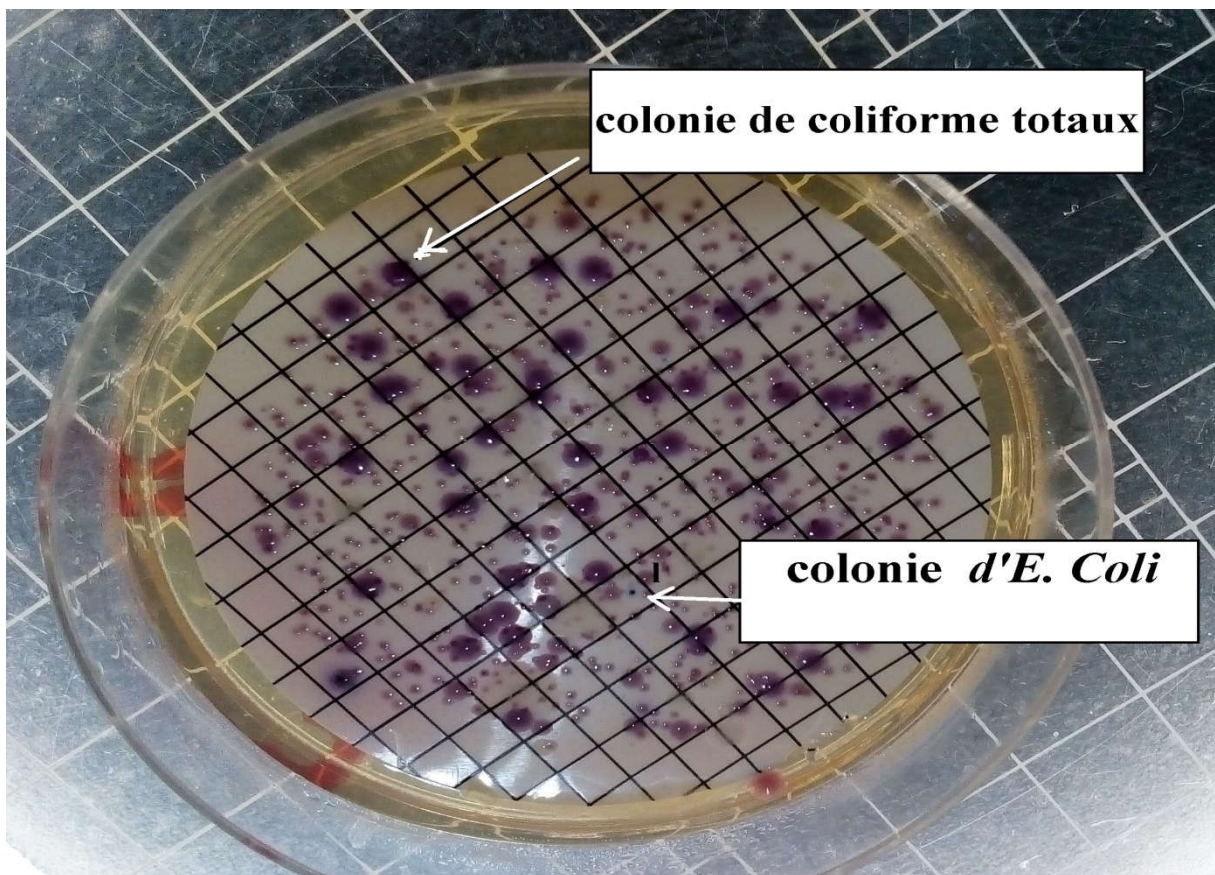


Figure N°02: Résultats des analyses bactériologiques « coliformes totaux et l'*E. Coli* » ‘source Hraiz’ : les colonies violettes correspondent aux coliformes totaux, les colonies bleues correspondent à *E. Coli*.

;

CONCLUSION

CONCLUSION

Aux termes de notre travail, nous pouvons conclure que :

- L'eau de source Ain Babou, située à Ammari est conforme aux normes de qualité physico-chimiques et bactériologiques nationales et internationales et que sa consommation ne présente aucun danger pour la population.
- Les analyses physico-chimiques de la source de Hraiz montrent la présence d'une pollution par les nitrates, qui est l'un des indicateurs de dégradation de la qualité d'eau. Cette contamination est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs possibles à savoir, la minéralisation des déchets organiques rejetés sur le sol ou enfouis, l'utilisation excessive d'engrais chimiques et naturels, les fuites des eaux usées, et le manque de traitement de cette eau
- les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de source Hraiz prouvent également la présence d'une contamination par des germes indésirables émanant d'une contamination d'origine fécale qui rend cette eau impropre à la consommation humaine.
- La différence de résultats des analyses bactériologiques entre les résultats de l'eau traitée et de l'eau brute prouve l'efficacité du traitement de désinfection par le chlore pour éliminer les germes indésirables

A la lueur de ces résultats, il est nécessaire :

- ✓ d'informer les services concernés sur la qualité de l'eau de Hraiz pour pouvoir prendre des mesures de sécurité et planifier des contrôles systématiques diminuant la teneur en nitrates et éliminer les germes indésirables.
- ✓ d'organiser des campagnes de sensibilisation pour les citoyens sur les dangers liés à la consommation aléatoire des eaux de source sans contrôle préalable.

Cette étude reste incomplète, et par conséquent, une future étude complète de l'eau devrait être menée en ajoutant des analyses de métaux lourds et de pesticides.

**Références
bibliographique**

A

Al-Qawati.M et al.,(2015). Analyse et contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région Sidi Allal Tazi-Gharb-Maroc .International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 13 No. 2 Oct. 2015, pp. 420-429

Ausetute.Determining calcium ion concentration in water chemistry tutorial
<https://www.usetute.com.au/caedta.html>.

Ausetute.Determining total hardness in water chemistry tutorial
<https://www.usetute.com.au/camgedta.html>

B

Bengarnia.B , (2016). Contribution à l'étude et l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'Oued Es-Saoura cas de Béni-Abbes, Ougarta et Zeghamra. Thèse de Doctorat en biologie. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université d'Oran.

Bonvin J, (2005). Hydraulique urbaine I, Département Environnement Construit et Géoinformation.

C

Cardot.C et Gilles.A ,(2013) Analyse des eaux, réglementation, analyses volumétriques et spectrophotométriques, statistiques. Cours et exercices corrigés. Ellipses Edition Marketing.S.A.

CAWST., (Octobre 2013) Introduction à l'Analyse de Qualité de l'Eau de Boisson
(www.cawst.org)

Centre d'expertise en analyse environnemental du Québec,(2016).Détermination des orthophosphates dans l'eau : méthode colorimétrique automatisée à l'acide ascorbique. MA. 303-P 1.1,Rév. 2, Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques,11p

Chapman.D, Kimstach.V,(1996). Selection of water quality variables.water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, chapman edition, 2nd ed. E and FN spon, London, p.75

CIR., (1983). Centre International De Reference Pour L'approvisionnement En Eau Collective Et L'assainissement Alimentation En Eau Des Petites Collectivites. Technologies appropriées pour les petites installations d'alimentation en eau dans les pays en voie de développement

Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau (CIFIQL). (2011) Qualité de l'eau 101, Introduction aux microsystemes d'approvisionnement en eau potable ; Version 1.1 ; Canada.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Couillard, D. Lafrance, P. Lessard, S, Novembre, (1992). Rapport scientifique No. 367 Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement. Québec

Couture, (2004). Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est. AGRIVISION 2003-2004.p8

CREPA, (Janvier 2007) CONTRÔLE ET SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX USÉES, Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

D

Desjardins. R ,(1997). Le traitement de l'eau. Edition de l'école polytechnique de Montréal.

G

Germaine.A.W, (janvier 2013). Cours alimentation en eau potable AEP, ISS, Cameroun.

Gestion des ressources hydriques Manitoba et santé Manitoba (GRHMSM), (mars 2011), La turbidité dans les sources d'approvisionnement en eau au Manitoba, 3p.

Grondin J., (Avril 1982). Parametres Physico-Chimiques Des Eaux Naturelles Mesures In Situ Laboratoire de géologie, société nationale Elf-Aquitaine (Production), Boussens, France.

I

INH. Institut National d'Hygiène, (2019). Guide des Analyses Physico-chimiques des eaux destinées à la consommation humaine. Maroc.

ISO 7150-1, (1984). Qualité de l'eau-dosage de l'ammonium-spectrométrie manuelle

ISO 6777, (1984). Qualité de l'eau-dosage de nitrites- Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire

ISO 6878, (2004). Qualité de l'eau-dosage de phosphore- Méthode par spectrométrie au molybdate d'ammonium

ISO 6058(1984) Qualité de l'eau-dosage du calcium – Méthode titrimétrique à l'EDTA

ISO 6058(1984) Qualité de l'eau-dosage du sodium et potassium partie 3 : Dosage de sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme

ISO 9280 (1990) Qualité de l'eau dosage des sulfates –Méthode gravimétrique au chlorure de baryum

ISO 6333(1986). Qualité de l'eau –Dosage de manganèse –Méthode spectrométrique a la formaldoxime

ISO 6332(1988). Qualité de l'eau- dosage du fer-Méthode spectrométrique à la phénanthroline-1,10

ipgp.appareils de mesure ; <http://www.ipgp.fr/~losno/manips/ph/appareilsdemesures.html>

J

JOEL.G., (2014). La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris.

K

KANOHIN.F., OTCHOUMOU E., et al., (2017).Caractérisation physico-chimique et bactériologie des eaux souterraines de Binger ville, Int. J. Biol. Chem. SCI, Vol 11No.5: 2495 2509

L

Laboratoire de contrôle de la qualité des eaux.., Norme algérienne relative au décret exécutif N°14-96.

Lenntech. Normes de l'OMS sur l'eau potable - Lenntech. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.lenntech.fr/applications/potable/eau-potable.htm> , consulté le 20/05/2021

M

Maiga.A.S, (2005). Qualite Organoleptique De L'eau De Consommation Produite Et Distribuee Par L'edm.Sa Dans La Ville De Bamako : Evaluation Saisonniere. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odontostomatologie. Université De Bamako Mali.

N

Nayla, Hassan ,Omer,(2019).Water quality parameters/10.5772/intechopen.89657

<https://www.intechopen.com/books/water-quality-science-assessments-and-policy/water-quality-parameters>

NF T90-008, (avril 1935) Essais des eaux-Mesure électronique du ph avec l'électrode de verre.

NF T90- 31 ANFOR, (février 1973). Détermination de la résistivité ou de la conductivité électrique

NF T90-033, (Août 1975). Essais des eaux-Mesure de l'indice de diffusion dite mesure de turbidité.

NF T90-012, (Août 1975). Essais des eaux –Dosage des nitrates.

NF T90-050, (Octobre 1989). Essais des eaux -Détermination de l'oxydabilité au permanganate de la potassium (indice permanganate). Méthode à chaud en milieu acide

NF T90 -036, (juillet1977) Essais des eaux-Détermination de l'alcalinité (titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet

NF T90 (1984) Essai des eau –Détermination de la concentration totale en calcium et manganèse –Méthode titrimétrique à l'EDTA

NF T90-014(Février 1952), Dosage des ions chlorures

O

Organisation mondiale de la Santé (1998). Directives de qualité pour l'eau de boisson. – 2^e éd. v1. Additif au Volume 1Recommandations. Genève.

Organisation mondiale de la Santé (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson -2e éd V2 Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Organisation mondiale de la Santé (2013). Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau. Fiches techniques eau, hygiène ,et assainissement situation d' urgences . N°11. Genève p 2

Organisation mondiale de la Santé.,(2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum]. Genève

Ounoki.S, Achour.S, (2014). Evaluation De La Qualite Physicochimique Et Bacteriologique Des Eaux Usees Brutes Et Epuree De La Ville D'ouargla. Possibilite De Leur Valorisation En Irrigation / Larhyss Journal, N° 20, PP 247-258

R

Ramseier Stéphan, (2015). bacteriologie.Rapp. Comm. int. Prot. Eaux Léman contre pollut. Campagne 2015, 2016, 142-156 services industriels de Genève – pôle environnement, CP 2777, ch.-1211 Genève 2

Rodier J, (2005). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer. 8^{ème} édition, Dunod, Paris.

Rodier. J et Bernad. L, (2009). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer. 9eme édition, Dunod, Paris.

Rs hydro, (2021). mesure du sodium dans l'eau <https://www.rshydro.co.uk/water-quality-monitoring-equipment/water-quality-monitoring-parameters/sodium-measurement-in-water/>

S

Salghi, (1997). Différents filières de traitement des eaux. Edition ENSA, Agadir.

Sante, lefigaro.Nitrates quels effets sur la santé <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/nitrates/quels-effets-sur-sante>

V

Valverde A.L, (2008). Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57, N°3, 55p

Vasco.rocard,(2017) :la répartition de l'eau sur terre **disponible sur :** <https://blogpeda.ac-poitiers.fr/developpement-durable-5-2/2017/05/22/la-repartition-de-leau-sur-terre/>

Z

Zumdahl, SS (2021, 2 février). Water. Encyclopedia Britannica <https://www.britannica.com/science/water>

Annexe

1-Les matériels utilisés dans les analyses physico-chimique et bactériologique



Figure N°01: Turbiditémètre (Originale ; 2021)



Figure N°02: Spectrophotomètre (Originale ; 2021).



Figure N°03: Spectre à flamme. (Originale ; 2021)



Figure N°04 : Multi paramètre (Originale ; 2021).



Figure N°05: Agitateur magnétique et son burette (Originale ; 2021).



Figure N°06 : Ph mètre (Originale ;2021)



Figure N°07: système de filtration ;Rampe à filtration- pompe a vide – la haute,(Originale ;2021)



Figure N°08: étuve (originale;2021)

2-Milieux de cultures utilisées dans les analyses bactériologiques

2.1-Gélose viande-foie

Pour 1 L de milieu viande foie préparé en tube :

Base viande foie	30,0 g
Glucose	2,0 g
Agar	6,0 g
pH = 7,4	

2.2- Gélose de Slanetz et Bartley

Utiliser un bain marie à une température de 100° C.

Faire fondre le flacon de 250 ml contenant la gélose stérile de Slanetz et Bartley.

- Refroidir à une température de 50°C.
- Rajouter le T.T.C.
- Couler la gélose contenant le T.T.C dans les boîtes de Pétri et laisser solidifier.

2.2-Gélose lactosée au TTC et à l'heptadécylsulfate de sodium

Composition :

Peptone	10,00 g
Extrait de levure	6,00 g
Extrait de viande	5,00 g
Lactose	20,00 g
Tergitol	710 m g
Bleu de bromothymol	0,05 mg
Agar	15 g
Ph =7.2	

-Préparation le milieu : Dissoudre 56,2 grammes dans 1 litre d'eau purifiée. Porter le milieu à ébullition sous agitation constante pendant au moins 1 minute.

Répartir en tubes ou flacons. Puis autoclaver 15 minutes à 121°C

3-Réactifs utilisés dans les analyses physico-chimiques

3.1-Dosage l'azote ammoniacal (NH⁴⁺)

Réactif I :

-Solution de dichroisocyanurate de sodium : Dissoudre 32g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2g de dichroisocyanurate dihydraté compléter à 1000ml d'eau distillée. (Conservé dans un flacon brun pendent deux semaines)

- Réactif II (coloré) : Dissoudre 130g de salicylate de sodium et 130g de citrate de trisodique dihydraté dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97g de nitroprusiate de sodium et compléter à 1000 ml avec l'eau distillée.

3.2-Dosage le phosphate (PO_4^{3-})

-Heptamolybdate d'ammonium : Dissoudre 13g d' heptamolybdate d'ammonium tetrahydraté dans 100ml d'eau distillée, dissoudre, dissoudre 0,35g de tartrate de potassium et d'antimoine hémi hydraté dans 100ml d'eau distillée. Ensuite mélanger les deux solutions ajoutées à ce mélange tout en mélangeant 300 ml d'acide sulfurique à 4,5 mol/l.

-Solution Acide sulfurique H_2SO_4 de concentration 9mol/l : 500ml d'eau distillée dans un bécher de 2 litre + 500 ml d'acide sulfurique de $d= 1,84\text{g/ml}$ et de pureté supérieur a 95% sous précaution avec agitation.

-Acide ascorbique a solution de 100g/l : Dissoudre 10g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillée.

3.3-Dosage de sodium (Na^+) et de potassium (K^+)

Préparation des étalons :

Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée. (2,54 mg de Na Cl 1000cc d' H_2O distillée : solution mère de Na^+ à 1 g/l).

Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de Kcl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée. (1.91 g de Kcl 1000 cc d' H_2O distillée : solution mère de K^+ à 1 g/l).

3.4-Dosage du manganèse (Mn^{+2})

- Solution de formaldoxime : Dissoudre 10g de chlorure d'hydroxylammonium (NH_3OHCl) dans 50 mL environ d'eau. Ajouter 5 mL d'une solution à 35%(m/m) de formaldoxime formuldéhyde

(HCHO)_p = 1.08 mg/L et compléter à 1000 mL avec de l'eau Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au frais.

- **Solution de chlorure d'hydroxylammonium, c(NH₃OHCl) = 6 mol/L** : Dissoudre 42 g de chlorure d'hydroxylammonium dans l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution d'ammoniacale, c(NH₃) = 4.7 mol/L** : Diluer 70 ml d'ammoniacale concentré (p = 0.91 g/L), et compléter à 200 ml avec de l'eau distillée.

- **Solution de chlorure d'hydroxylammonium/ammoniacale** : Mélanger à volumes égaux la solution ammoniacale (d) à 4.7 mol/l avec la solution de chlorure d'hydroxylammonium c(NH₃OHCl) = 6 mol (c).

- **Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté [(NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O], 700 mg/L**

- **Acide sulfurique, C (H₂SO₄) = 3 mol/l** : Ajouter avec précaution 170 ml d'acide sulfurique concentré (p = 1.84 g/ml) à 750 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml.

Dissoudre 700 mg de sulfate de fer (II) et d'ammonium hexahydraté (f) dans l'eau, ajouter 11 mL d'acide sulfurique c(H₂SO₄) à 3 mol/L (g) et compléter à 1000 ml.

- **Solution d'hydroxyde de sodium, solution, e (NaOH) = 4 mol/l** : Dissoudre 160 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml.

- **Manganèse, solution mère, c(Mn) = 100 mg/L** : Dissoudre 308 mg de sulfate de manganèse monohydraté (MnSO₄·H₂O) dans l'eau, ajouter 10 ml d'acide sulfurique (c 3 mol/L) et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée. 1 ml de cette solution contient 0.1 mg de Mn.

3.5-Dosage des matières oxydables

- **Solution de permanganate de potassium à 20 mmol/l**: Dissoudre 3,1608 g de KMnO₄ dans 1000 ml d'eau distillée bouillante

Porter la solution à 90-95 °C pendant 2 heures, refroidir et laisser reposer au moins 2 jours.

- **Solution de KMnO₄ à 2 mmol/l**: (Cette solution doit être conservée à l'obscurité)

- | | |
|---------------------------------------------|---------------|
| - Solution de KMnO ₄ à 20 mmol/l | 100 ml. |
| - H ₂ O distillée | q.s.p 1000 ml |

-Solution d'oxalate de sodium à 0,05 mol/l :

-Na ₂ C ₂ O ₄	. 6,7 g.
-Eau distillée	q.s.p 1000 ml.

-Solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l : Introduire 100ml de la solution d'oxalate de sodium à 0.1N dans une fiole jaugée de 1000ml. Compléter au volume avec de l'eau distillée, Cette solution est stable 2 semaines.

-Solution d'acide sulfurique diluée à environ 2.2 moles/l: Ajouter lentement avec précautions 120ml d'acide sulfurique concentré (p=1.84g/ml) à 500ml d'eau distillée. Ajouter la solution de permanganate de potassium à 0.01N jusqu'à persistance d'une coloration rose pâle. Compléter à 1000 ml d'eau distillée dans une fiole jaugée.

3.6-Dosage des Sulfates (SO₄²⁻)

Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na₂SO₄ Dissoudre 1,479 g de Na₂SO₄ dans 1000 ml d'eau distillée.

-Solution stabilisante :

-Acide chlorhydrique (c)	60 ml.
-Ethanol	200 ml.
-Chlorure de sodium	150 g.
-Glycérol	100 ml.
-Eau distillée	Q.S.P. 1000 ml.

-Solution de chlorure de baryum :

-Chlorure de baryum	150 g.
-Acide chlorhydrique	5 ml.
-Eau distillée	Q.S.P. 1000 ml.

3.7-Détermination de l'alcalinité (HCO₃⁻)

- Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N

-Solution d'HCl à 0,1 N

- solution d'HCl à 1 N 100 ml.
- H₂O distillée q.s.p 1000ml.

3.8-Dosage du calcium et du magnésium

-Hydroxyde de sodium, solution de 2 mol/l ; dissoudre 80g de NaOH dans 1000ml d'eau fraîchement distillée.

-Solution d'E.D.T.A N/50 (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O) : (0,02N ou 0,01M); Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2h, dissoudre 3,725g du sel sec dans de l'eau et diluer à 1000ml dans une fiole jaugée.

-Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH = 10,1:

- Chlorure d'ammonium 67,5 g.
- NH₄OH (25%) 570 ml
- HCl concentré PH = 10,1
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

*: Noir eriochrome T.

-Calcium solution de référence 100mg/l : une solution mère de commerce titrisol à 1g/ en calcium peut être utilisé. Préparation de la solution fille à 100mg/l de Ca. Introduire 5 ml de la solution mère à 1g/l de Ca dans une fiole de 50ml et jauger avec l'eau distillée.

- Indicateur murexide.

3.9-Dosage des nitrites (NO₂⁻)

- Réactif Mixte :**
- Sulfanilamide. 40 g.
 - Acide phosphorique. 100 ml.
 - N-1- Naphtyl éthylène diamine . 2 g.
 - H₂O distillée. q.s.p 1000 ml.

3.10-Dosage de nitrite (NO₃⁻)

Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h) : Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30g de NaOH \longrightarrow 100 ml d'eau distillée.

H₂SO₄ concentré.

-Tartrate double de sodium et de potassium.

-Hydroxyde de sodium NaOH	400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium.	60 g.
- Eau distillée	qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

-Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

- Nitrate de potassium anhydre	0.722 g.
- Eau distillée	1000 ml.
- Chloroforme	1 ml.

-Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

3.11-Dosage du fer

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau bidistillée exempte de toute trace de fer.

-Acide chlorhydrique HCl de concentration 10% (solution commerciale) : verser 10ml d'acide chlorhydrique dans une fiole puis compléter à 100ml avec eau distillée.

- peroxodisulfate de potassium de 40g/l : dissoudre 4g de peroxodisulfate de potassium avec l'eau distillée jusqu'à 100ml.

-Solution mère de concentration 1g/l : dissoudre 0,7022g d'ammonium-ferII sulfate hexa hydraté appelé aussi mohr dans 100 ml d'eau distillée

- Solution fille de concentration 10mg/l : 1ml de la solution mère dans 100ml d'eau distillée

- Chlorhydrate d'hydroxylamine de concentration 100g/l : 10g de d'hydroxylamine de concentration+ eau distillée à 100ml

-Solution de Phénanthroline -1,10: Dissoudre 0,42 g de Phénantroline-1,10 monohydraté (C₁₂H₈N₂.H₂O) dans 100ml d'eau distillée contenant 2gouttes d'Acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

- Tampon acétate : 40g de d'acétate d'ammonium dans l'eau distillée ajouter 50ml d'acide acétique cristallisable de masse volumique 1.06 dans une fiole de 100 ml d'eau distillée.