

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

**DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE
& BIOCHIMIE**

N°:..... ;



**DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE
LA VIE**

FILIERE : SCIENCE ALIMENTAIRE

**OPTION : NUTRITION ET SCIENES DES
ALIMENTS**

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : BOUGUERFA Wissam

DELHOUM Khawla

Intitulé

**Évaluation de la qualité physicochimique et
bactériologique de trois source d'eaux potable à
BOUSAADA sud de M'sila**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. GUETOUACHE Mourad	Université de M'sila	Président
Dr. MEDJEKAL Samir	Université de M'sila	Rapporteur
Dr. REGGAMI Yassine	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire :

2021 /2022

Remerciements

وعملا بقول الرسول الكريم صلى الله عليه وسلم :

« لا يَشْكُرُ اللهُ مَنْ لا يَشْكُرُ النَّاسَ »

Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a aidés à terminer cet humble travail par gratitude.

*Nous exprimons nos remerciements et notre gratitude au Docteur :
MEDJEKAL Samir pour son travail acharné et ses efforts pour nous aider à mener à bien ce travail.*

Nous tenons également à remercier tous les professeurs du Département de biologie, qui nous ont aidés dans nos études et nous ont donné leurs conseils et leurs orientations.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés au laboratoire et nous ont donné tout ce dont nous avons besoin.

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont rendus heureux

De près ou de loin

BOUGUERFA WISSAM

DELHOUM KHAWLA

Dédicaces



C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu réaliser ce travail.

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents : Aissa et Razika.

Mes frères : Abdullah, youssef, Ali

Ma sœur : Meryem

Les familles Delhoum

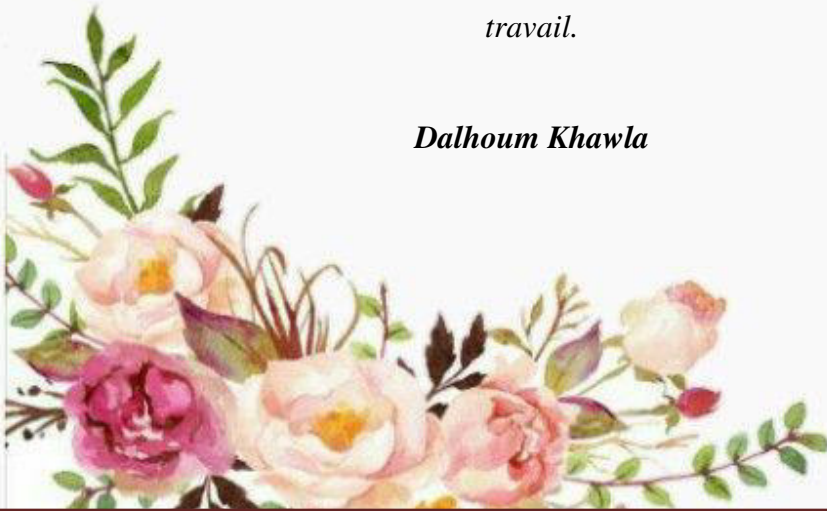
Mes amies, tout particulièrement :

Abir; Ilhem, Feyrouz, Nabila, Nour, Manssora, Nessrine, Reyhana merci pour vos conseils et vos encouragements mais aussi pour les bons moments qui ont

Contribué à rendre ces années inoubliables.

En particulier, mon binôme wissam avec elle j'ai partagé la réalisation de ce travail.

Dalhoum Khawla





Dieu soit loué, qui a pu achever ce travail

Merci beaucoup

A mon père, que Dieu le protège, qui m'a soutenu tout au long de mes études

A celle qui m'a accompagné et a été le baume de mon âme A celle qui a lutté pour notre réussite A ma chère maman, que Dieu la protège

A qui j'ai partagé tous mes souvenirs à mon frère Marwan et mes soeurs

Ikram et Fatima

Je remercie ma grande famille, Bouguerfa et chaoula, que Dieu protège

Et à mes chères amies Manel, Fatiha, Wafaa et Yasmine

Et à mon amie qui m'a aidée dans ce travail, Khawla Dalhoum

Et à tous ceux qui ont eu le mérite pour moi, je les remercie beaucoup, et je leur donne ma sincère affection et mon respect

BOUGUERFA WISSAM



Résumé

Ce travail consiste à étudier la qualité physico - chimique et bactériologique de trois sources : Source de sidi Thameur, Source El negb, Source Fatima el Zahra. Notre étude a été menée dans le laboratoire Centrale de l'Algérienne des Eaux « ADE » de M'sila. Le travail se base sur l'évaluation des différents paramètres physico - chimiques (turbidité, pH, alcalinité, dureté, ... etc) et bactériologiques (coliformes, streptocoques fécaux ...), en vue de déterminer l'eau qui répond plus aux normes en vigueur et donc la plus convenable à la consommation.

Les résultats obtenus ont montré que les nitrates dans l'eau analysée ont dépassé la limite de (50 mg/L) requise avec des valeurs de 65,5, 127 et 191 mg/L pour les sources El negb, Fatima El-Zahra et Sidi Thameur respectivement. Pour ce qui est des valeurs du chlore dans l'eau, nous constatons que la première source, Sidi Thameur, contient un pourcentage très élevé comparativement aux normes de l'OMS 2006 et les normes Algériennes de 2011. Sur le plan microbiologique, plus de 300 UFC/100 ml à 22°C et 37°C en termes de germes totaux ont été enregistré dans les trois sources à savoir : la source de Sidi Thameur, la source d'El Negb et la source de Fatima el zahra. On signale également la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux à taux qui dépassent largement les normes autorisé dans de ce sens.

Par conséquent, les autorités locales en association avec le bureau d'hygiène communal sont appelées à interdire l'utilisation des trois sources comme source d'eau potable mais peuvent uniquement être utilisée dans les différentes activités ménagères quotidiennes.

Mots clés : Chlore, Control, Qualités physiquo-chimiques, Qualités bactériologiques, Nitrites.

Abstract

This work consists in studying the physico-chemical and bacteriological quality of three sources: Source of Sidi Thameur, Source El negb, Source Fatima el Zahra. Our study was conducted in the Central Laboratory of the Algerian Water Company "ADE" of M'sila. The work is based on the evaluation of different physico-chemical parameters (turbidity, pH, alkalinity, hardness, etc.) and bacteriological (coliforms, fecal streptococci, etc.), in order to determine the water that meets the standards and therefore the most suitable for consumption.

The results obtained showed that nitrates in the water analyzed exceeded the limit of (50 mg / L) required with values of 65.5, 127 and 191 mg / L for sources El negb, Fatima El-Zahra and Sidi Thameur respectively. Regarding the values of chlorine in water, we note that the first source, Sidi Thameur, contains a very high percentage compared to the standards of the WHO 2006 and the Algerian standards of 2011. On the microbiological level, more than 300 CFU/100 ml at 22°C and 37°C in terms of total germs were recorded in the three sources namely: the source of Sidi Thameur, the source of El Negb and the source of Fatima el zahra. We also report the presence of faecal coliforms and total coliforms at rates that largely exceed the standards authorized in this sense.

Therefore, the local authorities in association with the communal hygiene office are called to prohibit the use of the three sources as a source of drinking water but can only be used in the various daily household activities.

Key words: Chlorine, Control, Physicochemical qualities, Bacteriological qualities, Nitrites.

الملخص

يتمثل هذا العمل في دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لثلاثة مصادر للمياه: مصدر سيدي ثامر ، مصدر النقب ، المصدر فاطمة الزهراء. أجريت دراستنا في المخبر المركزي للجزائرية للمياه "ADE" بالمسيلة. يعتمد العمل على تقييم مختلف المعلمات الفيزيائية والكيميائية (العكارة ، ودرجة الحموضة ، والقلوية ، والصلابة ، وما إلى ذلك) والبكتريولوجية (القولونيات ، العقدية البرازية ، إلخ) ، من أجل تحديد المياه التي تلبى المعايير بشكل أكبر. ساري المفعول وبالتالي الأكثر ملاءمة للاستهلاك.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن النترات في المياه المحللة تجاوزت حد (50 مغ / لتر) المطلوب بقيم 65.5 و 127 و 191 مغ / لتر للنقب وفاطمة الزهراء وسيدي ثامر على التوالي. بالنسبة لقيم الكلور في الماء نجد أن المصدر الأول سيدي ثامر يحتوي على نسبة عالية جدا مقارنة بمعايير منظمة الصحة العالمية 2006 والمواصفات الجزائرية لعام 2011. على المستوى الميكروبيولوجي أكثر من 300 / 100CFU ملل عند 22 درجة مئوية و 37 درجة مئوية من حيث مجموع الجراثيم سجلت في المصادر الثلاثة وهي: مصدر سيدي ثامر ومصدر النجب ومصدر فاطمة الزهراء. هناك أيضاً تقارير عن وجود القولونيات البرازية والقولون الكلي بمعدل يتجاوز بكثير المعايير المصرح بها في هذا المعنى.

لذلك، فإن السلطات المحلية بالتعاون مع مكتب النظافة العامة مدعوة إلى حظر استخدام الينابيع الثلاثة كمصدر لمياه الشرب ولا يمكن استخدامها إلا في مختلف الأنشطة المنزلية اليومية فقط

الكلمات المفتاحية: الكلور ، التحكم ، الصفات الفيزيائية والكيميائية ، الصفات البكتريولوجية ، النترت.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines

Tableau 02 : Données climatiques à Boussaâda

Tableau 03 : Les paramètres physico-chimiques

Tableau 04 : Résultats des données en mg/l

Liste des figures

- Figure01** : Molécule de l'eau
- Figure 02** : Les 3 états de l'eau - liquide, solide et gazeux
- Figure 03** : Schéma du cycle de l'eau
- Figure 04** : Répartition de l'eau par secteur d'activités dans le monde.
- Figure 05**: Carte de la situation géographique de la ville de Boussaâda.
- Figure 06** : laboratoire de l'ADE de la Wilaya de M'sila
- Figure07** : Localisation des zones situées à Bousaada
- Figure 08**: La source de Sidi Thameur
- Figure10** : La source de Fatima El-Zahra
- Figure 11**: Appareil pH Mètre ET TEMPIERATEUR
- Figure12** : Appareil Turbidimètre
- Figure13** : Appareil Spectrophotometer
- Figure14** : Appareil Rampe de filtration
- Figure15** : type de gélose
- Figure16** : Appareil incubateurs
- Figure 17**: Résultats des germes totaux s. de Sidi Thameur
- Figure 18**: Résultats des germes totaux s. de Fatima El-Zahra
- Figure 19**: Résultats des germes totaux s. de el negb
- Figure 20**: Résultats des Coliformes fécaux s. de Sidi Thameur
- Figure 21**: Résultats des Coliformes fécaux s. de Fatima El-Zahra
- Figure 22**: Résultats des Coliformes fécaux s. d'El negb
- Figure 23**: Résultats des Coliformes totaux s. de Sidi Thameur
- Figure 24**: Résultats des Coliformes totaux s. de Fatima El-Zahra
- Figure 25**: Résultats des Coliformes totaux s. d'El negb
- Figure 26**: Résultats des Streptocoques Fécaux s. de Sidi Thameur
- Figure 27**: Résultats des Streptocoques Fécaux s. de Fatima El-Zahra
- Figure 28**: Résultats des Streptocoques Fécaux s. de El negb

Liste des abréviations

ADE	Algérienne Des Eaux
AFNOR	Association française de normalisation
CT	Coliformes Totaux
CF	Coliformes Fécaux
°C	Degré Celsius
CE	La conductivité électrique
MES	Les matières en suspension
MO	matières oxydables
NTU	Unité néphélogétrie de turbidité
OMS	Organisation mondiale de la santé
pH	Le potentiel d'Hydrogène
TH	Dureté totale
TAC	titre alcalimétrique complet
T°C	La température

Introduction.....01

Chapitre I : Revue bibliographique

1.1. Généralités sur l'eau.....02

1.1.1. Cycle de l'eau.....03

1.2. Ressources naturelles en l'eau.....04

1.2.1 Eau souterraine.....04

1.2.1.1. Les nappes de l'eau.....05

1.2.1.2. Captage des eaux souterraines.....05

1.2.2. Eaux de surface.....06

1.3. Principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de Surface.....06

2. La pollution biologique de l'eau.....07

2.1. Qualité de l'eau souterraine destinée à la consommation.....07

2.1.1. Qualité organoleptique07

2.1.2. Qualité physicochimique.....07

2.1.3. Qualité bactériologique.....10

2.2. Norme de la qualité de l'eau.....11

2.3. Pollution de l'eau.....11

2.4 Sources de pollution.....11

2.5. Polluants biologiques.....12

2.5.1. La pollution bactérienne.....12

2.5.2. La pollution virale13

2.5.3. La pollution parasitaire13

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Cadre de l'étude.....14

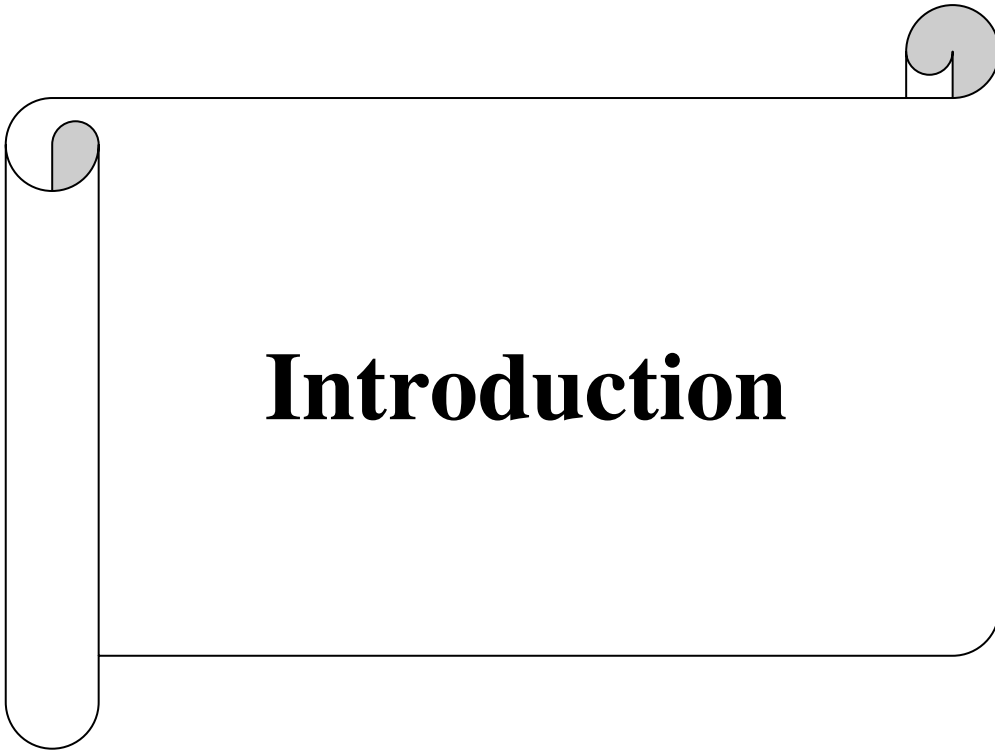
2. Présentation de la zone d'étude.....14

2.1. Situation géographique et administrative.....14

2.2. Climat.....	14
3. Présentation du laboratoire de l'ADE de la Wilaya de M'sila.....	15
4. Travail du terrain	17
4.1. Choix des sites de prélèvement	17
4.2 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	18
4.4. Stockage et transport des échantillons.....	19
5. Travail au laboratoire	19
5.1 Matériel et Méthodes.....	19
5.1.1. Paramètres physico – chimiques.....	19
5.1.2. Paramètres bactériologiques.....	25

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats des paramètres physico-chimiques	28
2. Résultats des dénombrements des microorganismes.....	32
3. Conclusion.....	38
4. Références bibliographiques.	
5. ANNEXES	



Introduction

Introduction

Dis Dieu le Tout-Puissant : Nous avons fait d'eau chaque chose vivante.

L'eau est un élément naturel très important pour la vie biologique, car c'est la base de la vie de chaque être vivant sur la surface de la terre. Cette ressource précieuse contribue à de nombreuses fonctions physiologiques telles que la digestion, l'absorption et la thermorégulation, ainsi qu'à entrer dans les composants du corps humain tels que le sang et les tissus. L'eau est utilisée dans de nombreuses activités dans l'industrie agricole et autres [1]. En plus des fonctions susmentionnées, nous pouvons dire que la composition diversifiée de l'eau avec une variété de sels (Calcium, Sodium, Magnésium,...etc.) la rend un élément vital très stratégique [2].

Par ailleurs, l'eau peut être le vecteur d'un très grand nombre d'agents pathogènes suite à la présence des déchets humains et animaux [3]. Ce qui oblige les autorités à l'application des systèmes de traitement des eaux usées ainsi que la production d'eaux potables et toutes les contrôles en amont et aval des différents types de traitement à savoir : le contrôle physico-chimique et le contrôle microbiologiques afin de s'assurer de la protection des milieux aquatiques récepteurs naturels et de sa qualité avant distribution aux consommateurs [4]. La qualité de l'eau est évaluée en prenant plusieurs mesures pour des paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température et la conductivité et certains paramètres bactériologiques tels que les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les germes totaux et les streptocoques fécaux [5].

Notre étude a pour objectifs l'étude de la qualité physico-chimique et le contrôle microbiologique de trois sources situées dans la ville de Boussaâda, au sud de la wilaya de M'silla à savoir : la source de Sidi Thamar, la source de L'alla Fatima Zahra et la source de Négueb. Notre travail a été mené afin d'effectuer une étude comparative entre ces trois sources et connaître leurs caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et de potabilité.



Chapitre I

Revue bibliographique

1.1. Généralités sur l'eau

➤ Définition de l'eau

L'eau (en latin aqua, qui a donné de l'eau et en grec aqua, qui a donné de l'hydrogène, hydrologie) a une forme liquide dans la condition standard (température et pression ambiantes), sa composition moléculaire est de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène sous la forme H_2O . En termes de propriétés mécaniques, il est utilisé dans la pression contenue dans l'eau, qui est appelée pression hydrostatique [6].

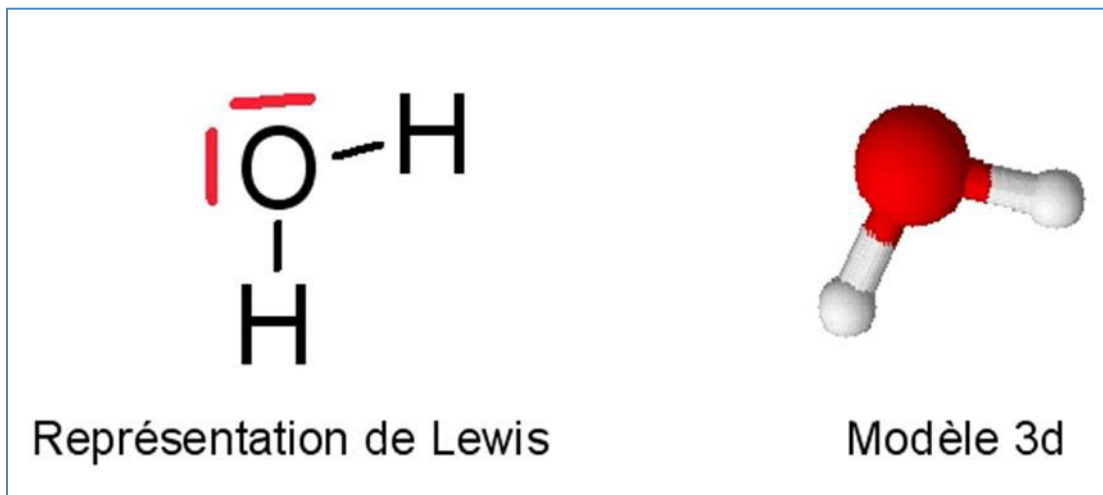


Figure 01 : Molécule de l'eau [6].

L'eau a une propriété qui la distingue des autres liquides, elle dissout de nombreux gaz et corps minéraux et organiques. Elle ionise les électrolytes et disperse les colloïdes chargés d'électrolyte, on l'appelle donc un solvant [6].

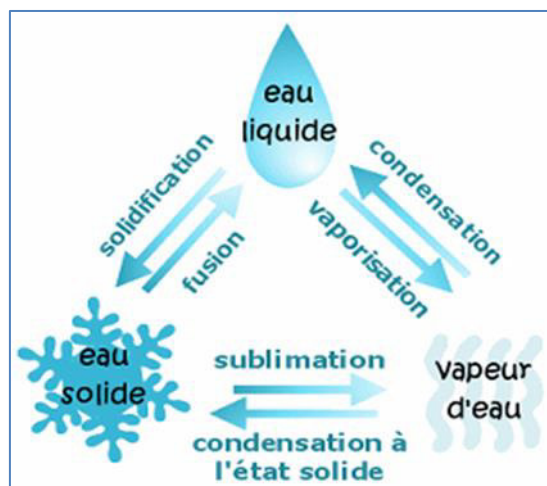


Figure 02 : Les 3 états de l'eau - liquide, solide et gazeux [6].

Le volume total d'eau occupe un espace libre total de 1,36 milliards de km³, soit environ 200 millions de mètres cubes et 97,4% de cette eau remplit les océans [7].

1.1.1. Cycle de l'eau

L'échange d'eau est permanent et forme ce qu'on appelle un cycle. L'eau extérieure, dont le moteur principal est l'énergie solaire qui la rayonne, l'active et la préserve. Les masses d'eau sont constamment en mouvement (condensation, évaporation, etc.). Par le soleil, l'eau s'évapore dans les océans, les mers, les rivières et les lacs. Toute cette vapeur d'eau monte dans l'atmosphère et se refroidit. Ensuite, il se condense en gouttelettes ou en cristaux. Ainsi, des nuages se forment et se déplacent avec le vent, tombant sous forme de (pluie, neige, grêle) ou de brouillard.

Le reste atteint les continents, où il se répartit relativement entre 60 % s'évapore et 25 % seulement s'infiltrate dans les terres et recharge les nappes phréatiques, et enfin 15 % coule et rejoint les fleuves, puis se reconstitue selon le même cycle (**Fig. 3**).

On peut dire que la Terre contient deux parties importantes :

- Partie de l'atmosphère liée à la circulation de l'eau dans l'atmosphère.
- La partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents soit en surface ou souterraine.

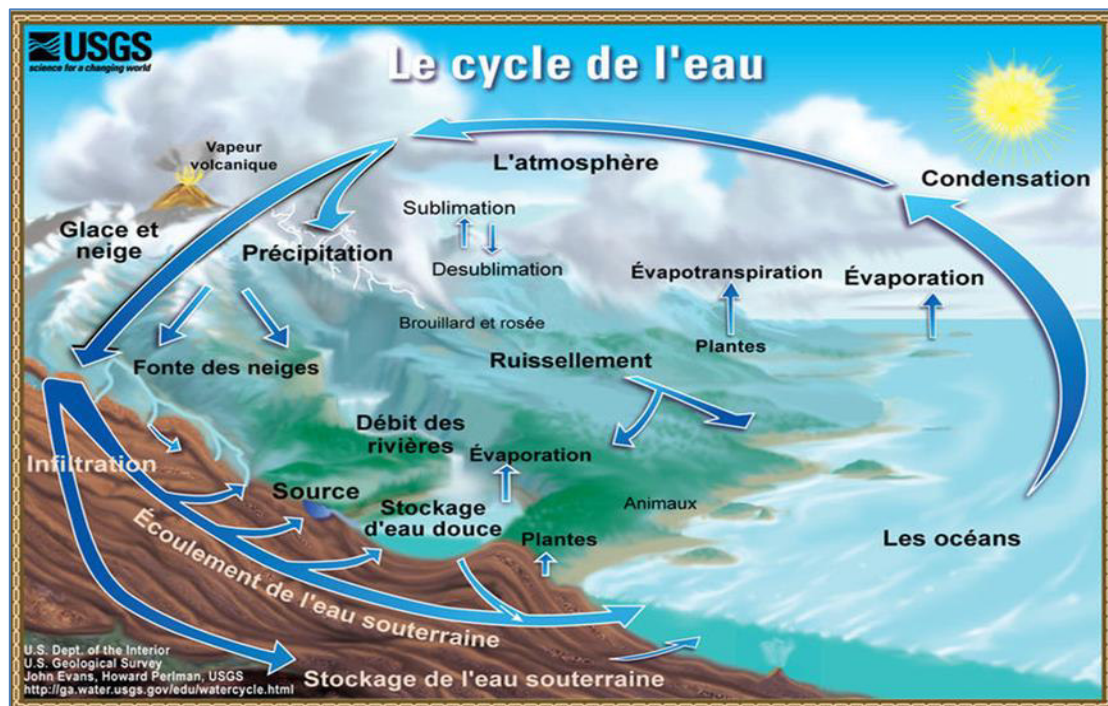


Figure 03 : Schéma du cycle de l'eau [7].

1.2. Ressources naturelles en l'eau

L'eau, ressource naturelle de plus en plus rare, fait partie du patrimoine d'une nation ainsi que d'un héritage humain. C'est l'une des ressources qui nous apporte l'équilibre naturel dans le monde [8]. L'eau entre dans les différentes activités humaines : domestiques, industriels et agricoles et il existe de nombreux types d'eau sur lesquels nous comptons dans notre vie quotidienne :

- **Eaux de surface**
- **Eau souterraine**

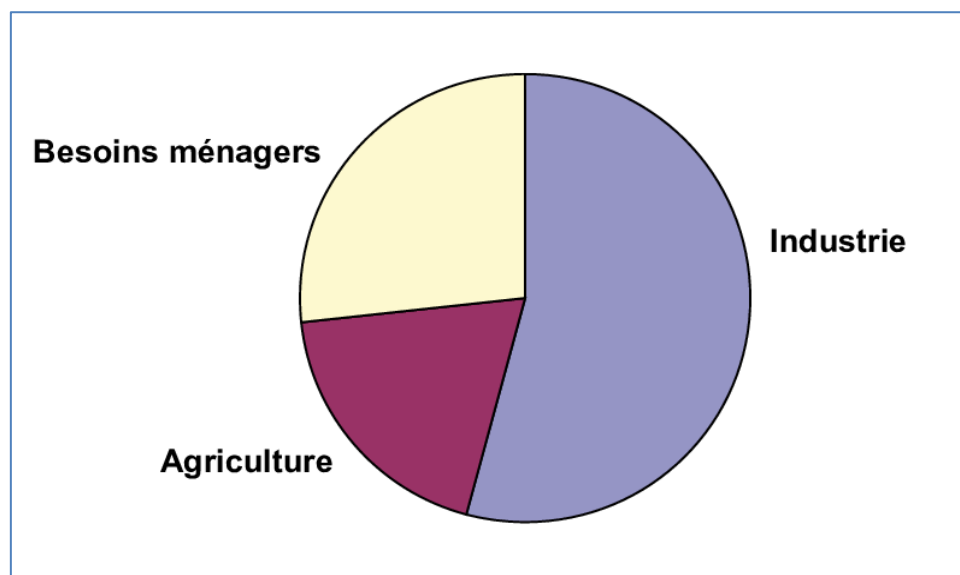


Figure 04 : Répartition de l'eau par secteur d'activités dans le monde [9].

1.2.1 Eau souterraine

« Eau souterraine » ce terme représente l'eau sous le niveau du sol et située précisément dans les fractures rocheuses, c'est-à-dire les pores trouvés dans les environnements granulaires tels que le sable et le gravier. C'est une composante essentielle du Cycle hydrologique. Les eaux souterraines sont considérées parmi les ressources cachées et invisibles, et c'est l'un des types de sources de pollution les plus vulnérables [10]. Lorsque la pluie tombe, l'eau circule dans les pores et les fissures des roches et compose deux parties :

- La Zone non saturée : l'eau gravitaire, provenant de l'infiltration dans le sol, s'y écoule verticalement lors d'épisodes de pluie et qui très efficace pour recharger ensuite la zone saturée.
- La Zone saturée : c'est la nappe souterraine qui lorsqu'elle est exploitable est nommée aquifère [11].

1.2.1.1. Les nappes de l'eau

Les eaux souterraines contiennent deux types de couches :

- **Nappes phréatiques ou alluviales** : Peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- **Nappes captives** : Plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

1.2.1.2. Captage des eaux souterraines

Les techniques de captage des eaux souterraines classiquement mises en œuvre dans les milieux poreux et volcaniques sont peu variés. Le choix de la technologie à adapter en fonction non seulement de l'hydrogéologie (géométrie de l'aquifère, paramètres hydrodynamiques, potentialités) mais également de contraintes externes : Topographie, hydrographie, risques de salinisation, de transfert de pollution depuis la surface, occupation des sols, conditions d'exécution et d'équipement...etc. Enfin, l'ouvrage doit pouvoir être réalisé dans des conditions économiquement supportables [12].

➤ **Les eaux de source**

Ces eaux sont d'origines souterraines et naturellement potables microbiologiquement et chimiquement. Elles ne doivent subir aucun traitement (sauf la séparation d'éléments instables ou de matières en suspension par décantation ou filtration (sans modification de la composition chimique) [13].

➤ **Les puits**

Sont l'ouvrage permettant de recueillir de l'eau grâce à un trou creusé dans le sol et ayant au moins 60 cm de diamètre et trois (3) mètres de profondeur pour capter l'eau d'une formation aquifère [14]. Les puits sont une bonne source naturelle. On y distingue de nombreuses caractéristiques et types différents qui diffèrent les uns des autres en termes de profondeur, de volume d'eau de coût ou de pureté de l'eau.

1.2.2. Eaux de surface

C'est l'eau qui se trouve à la surface des continents (comme les rivières, les lacs, les étangs, les barrages) et sa composition chimique dépend de la nature du terrain. Elle représente également un grand danger pour la vie humaine car c'est l'une des eaux les plus porteuses de microbes à cause des déchets et de son contact avec l'environnement extérieur.

1.3. Principales différences entre les eaux souterraines et les eaux de

Surface

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	variable suivant saisons	relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	variable, parfois élevée	faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout au MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acide humiques)	liée surtout aux matières en solution (acide humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Goût et odeurs	fréquents	rares (sauf H ₂ S)
Minéralisation globale (ou : salinité, TDS...)	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets)	sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	généralement présents
CO ₂ agressif	généralement absent	présent, parfois en grande quantité
O ₂ dissous	le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eaux très polluées	teneur faible ou nulle
H ₂ S	généralement absent	parfois présent
NH ₄	présent seulement dans les eaux polluées	présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	peu abondants en général	teneur parfois élevée
Silice	teneur en général modérée	teneur souvent élevée si roche siliceuse
Ca, Mg, HCO ₃	Variable selon région	teneur souvent élevée si roche calcaire ou calcaro-magnésienne
Micropolluants minéraux et organiques	Selon rejets industriels (dont les activités minières), agricoles ou des habitations ; pollution permanente ou périodique (dont accidentelle).	présents en fonction des épandages agricoles ou rejets industriels en surface une pollution accidentelle peut subsister plus longtemps
Solvants chlorés	rarement présents	peuvent être présents (pollution de la nappe)
Éléments vivants	bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	ferrobactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Caractère eutrophe	possible : accentué par les températures élevées	non

Tableau 1. Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines [15].

2. La pollution biologique de l'eau

2.1. Qualité de l'eau souterraine destinée à la consommation

L'eau souterraine étant généralement bactériologiquement propre [15], elle constitue une solution techniquement meilleure que l'eau de surface en termes d'assainissement [16].

En effet, la qualité naturelle des eaux souterraines ne concerne pas seulement les aspects hygiéniques et techniques de l'eau potable. En particulier, il convient de rappeler que les eaux souterraines alimentent les rivières et que, par conséquent, certaines propriétés chimiques et microbiologiques des eaux souterraines peuvent affecter la vie aquatique [17].

2.1.1. Qualité organoleptique

Tout d'abord, les paramètres sensoriels liés à la couleur, au goût et à l'odeur de l'eau. C'est à cause de ces aspects que les consommateurs accordent une grande importance à la qualité de l'eau. En effet, ces critères n'ont aucune valeur sanitaire directe [18]. Donc, les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

2.1.2. Qualité physico-chimique

- **Qualité physique:**
- Substances chimiques dites indispensables:
- **La température :**

Joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. La température de l'eau potable doit être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Les déterminations de température sont effectuées en laboratoire, à l'aide d'un thermomètre combiné à l'oxymétrie qui est étalonné avant chaque opération [19].

- **Potentiel d'hydrogène (pH):**

Le pH de l'eau est une mesure de son acidité, c'est-à-dire la concentration en ions hydrogène. Le pH n'a pas de signification sanitaire, mais il représente un concept très important pour déterminer l'agressivité de l'eau. Le pH de l'eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5. Pour le déterminer, nous utilisons la méthode des électrodes combinées standard AFNOR [20].

- **La conductivité :**

Est une mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, qui à son tour est une mesure indirecte de la teneur ionique de l'eau. Ce paramètre doit être mesuré sur le

terrain. L'unité de conductivité électrique est le siemens/cm. La conductivité augmente en présence d'un pH anormal ou d'une salinité élevée. Elle change avec la température [21].

- **Turbidités :**

La turbidité de l'eau représente la transparence d'un milieu trouble. En d'autres termes, la transparence du liquide est réduite en raison de la présence de substances insolubles, à savoir les colloïdes, les argiles, les boues, les particules de silice, les matières organiques. Les évaluations de la richesse de ces matériaux mesurent leur opacité. Par conséquent, la mesure de la turbidité est d'une grande importance dans la surveillance des opérations de traitement de l'eau brute [22].

- **L'oxygène dissous :**

A partir d'un état saturé à l'entrée du réseau, l'oxygène dissous diminue significativement lors de la distribution avec des réactions d'oxydation ou de prolifération bactérienne. Si le réseau est bien entretenu, les bactéries anaérobies extensives ne se produiront qu'avec des temps de séjour très longs. Cela peut conduire à des phénomènes de fermentation et de bio réduction qui peuvent conduire à un goût désagréable ou à la corrosion [23].

- **Matière en suspension (MES) :**

Les solides en suspension présents dans les eaux usées constituent un paramètre important marquant le niveau de pollution. Leurs concentrations dans l'eau sont très variables et vont de 100 à 300 mg/l. La présence de solides en suspension réduit la concentration d'oxygène dissous, affaiblissant l'activité microbienne et réduisant ainsi l'auto filtration [24].

- **Qualité chimique:**

-substances chimiques dites indispensables :

- **Potassium (K^+) :**

Le potassium est légèrement inférieur au sodium dans les roches ignées, mais supérieur au magnésium. Le potassium est facile à recombinaison à partir d'autres produits d'altération, en particulier les minéraux argileux des sédiments hydrolysés [25].

- **Calcium (Ca^{+2}) :**

Le calcium est l'un des métaux alcalino-terreux, un groupe dans lequel le béryllium, le magnésium, le strontium, le baryum et le radium sont également couramment inclus. Le calcium est plus abondant dans l'eau naturelle que tout autre élément et est également abondant dans les roches.

Le calcium se trouve couramment dans les eaux naturelles sous forme dissociée sous forme d'ion divalent Ca^{++} [26].

- **Magnésium (Mg^{+2}) :**

Le magnésium est un élément très courant dans la nature, on le trouve dans de nombreux minéraux et dans le calcaire. Il contribue à la dureté de l'eau sans être indispensable. Le magnésium est un élément important pour la croissance et la production de certaines hormones [27].

- **Chlorure (Cl^-):**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [28].

- **Sodium (Na^+) :**

Le sodium est un métal alcalin abondant et constant dans l'eau, toujours avec d'autres éléments chimiques. Il est présent dans la plupart des eaux souterraines et des eaux de surface. L'eau très riche en sodium devient légèrement salée, goût désagréable, ne peut pas être consommé [29].

- **Sulfates (SO_4) :**

Le sulfate dissous dans l'eau provient de certains minéraux, notamment le gypse, issu de l'oxydation de minéraux soufrés. Limite supérieure autorisée 250 mg/l dans l'eau potable.

- **Nitrates (NO_3^-) :**

Les ions nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques [30].

- **Nitrites (NO^{-2}) :**

Ils sont également assez largement présents, mais dans une bien moindre mesure que les nitrates. Les nitrites proviennent de l'oxydation incomplète de la matière organique. Comme les nitrates, les nitrites sont courants dans l'environnement, tous deux présents dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans de grandes parties de l'eau [31].

- **Fer (Fe^{+2}) :**

Le fer est le quatrième élément de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est très soluble dans l'eau. Le corps humain a besoin de 2 à 3 mg/jour, mais seulement 60 à 70 % de la quantité intégrée est métabolisée [32].

2.1.3. Qualité bactériologique

Divers micro-organismes sont naturellement présents dans l'eau et ont pour rôle de favoriser la décomposition de certaines matières organiques et le recyclage des nutriments. Ils sont essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne alimentaire, mais la présence de ce type de bactérie dans l'eau dont dépendent les humains pour leurs activités quotidiennes peut leur causer des maladies graves.

- **Les principaux types de microorganismes rencontrés dans l'eau sont :**

a- Les Coliformes fécaux :

Les bactéries coliformes fécales sont en fait des bactéries coliformes qui se développent à des températures plus élevées, c'est à dire à partir de 44,5°C. Ces bactéries coliformes fécales sont des bactéries présentes dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. *Escherichia coli* est un exemple des coliformes fécaux.

b- Les Coliformes totaux:

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bacilles gram-négatifs aérobies ou anaérobies facultatives, non sporulés, oxydase-négatifs, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant la fermentation du lactose à 35/37 °C avec production de gaz en 48h, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs et sont sensibles au chlore.

c- Les Germes totaux :

Son étude visait à dénombrer de manière non spécifique le plus grand nombre de micro-organismes, en dénombrant des bactéries aérobies reproductibles à 22°C et 37°C dans de la gélose dextrose à l'extrait de levure ou PCA.

d- Les streptocoques fécaux:

Considéré comme Streptococcus fécales, toutes les bactéries Gram⁺, un coccus sphérique oblong ou légèrement ovale. Ils sont généralement disposés en diplocoques ou en chaînes. Ce sont des indicateurs assez tolérants de la contamination fécale, y compris en milieu salé. Ils peuvent aussi avoir pH jusqu'à 9,6 donc il peut être utilisé comme indicateur d'agents pathogènes ayant une résistance similaire à un pH élevé [33].

2.2. Norme de la qualité de l'eau

Afin de bien définir l'eau potable, des normes ont été élaborées, notamment une certaine quantité de substances nocives pouvant être présentes dans l'eau ne doit pas dépasser la valeur limite. Le fait que l'eau soit aux normes ne signifie pas qu'elle est exempte de contaminants, mais leurs concentrations sont déjà considéré comme suffisamment faibles pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs. En Algérie, il existe une réglementation locale pour la qualité de l'eau potable, se référant au Journal Officiel de la République Algérienne, qui représente avec des valeurs limites les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine [34].

2.3. Pollution de l'eau

Le mot contamination indique la présence d'une substance au-delà d'un seuil qui pourra conduire à plusieurs dangers pour les écosystèmes, qu'ils soient chimiques, physiques ou Biologique. La contamination des eaux souterraines pose un risque permanent de confinement de cette ressource est dans un futur proche. Elle peut être hiérarchique ou les eaux usées s'infiltrant dans les points d'eau [35].

2. 4 Sources de pollution

Selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer :

- **Pollution domestique :**

Elle provient d'une résidence et se propage généralement par réseau égouts des stations d'épuration. Les caractéristiques de la pollution domestique sont : présence de bactéries fécales, niveaux élevés de matière organique, sels minéraux et détergent [36].

- **Pollution industrielle :**

La pollution industrielle comprend les solides en suspension, les sels dissous, les hydrocarbures, les oligo-éléments ou les Ogllo-polluants et les émissions acides ou alcalines, matière radioactive, rejet direct d'eau chaude de centrales thermiques ou accès indirect à l'eau retirée des installations industrielles [37].

- **Pollution agricole :**

Dans le cadre d'une agriculture efficace et intensive, les agriculteurs sont amenés à l'utilisation de divers produits industriels ou agricoles, dont certains existent ou peuvent avoir un risque pour l'environnement, en particulier la qualité de l'eau.

Nous pouvons citer :

- **Les fertilisants :** (engrais minéraux du commerce ou déjections animales) ;
- **Les produits phytosanitaires :**(herbicides, fongicides, insecticides).

- **Pollution naturelle**

Certains phénomènes naturels sont responsables de la pollution de l'eau, comme l'éruption volcanique, déversement sous-marin d'hydrocarbures, contact contexte géologique et pluies acides.

2.5. Polluants biologiques

La contamination microbienne provient des micro-organismes présents dans l'eau (bactéries, virus et parasites pathogènes), véhiculés par l'eau et responsables de nombreuses maladies d'origine hydrique. Les risques microbiens sont principalement liés à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales humaines ou animales, ou insectes et autres animaux morts [38].

2.5.1. La pollution bactérienne

L'eau contaminée peut contenir des colonies bactériennes très élevées agent pathogène. La plupart de ces agents pathogènes proviennent des matières fécales, car ils sont mieux connus et plus faciles à détecter et à dénombrer, et leur transmission dite fécale-orale. [39].

Parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue :

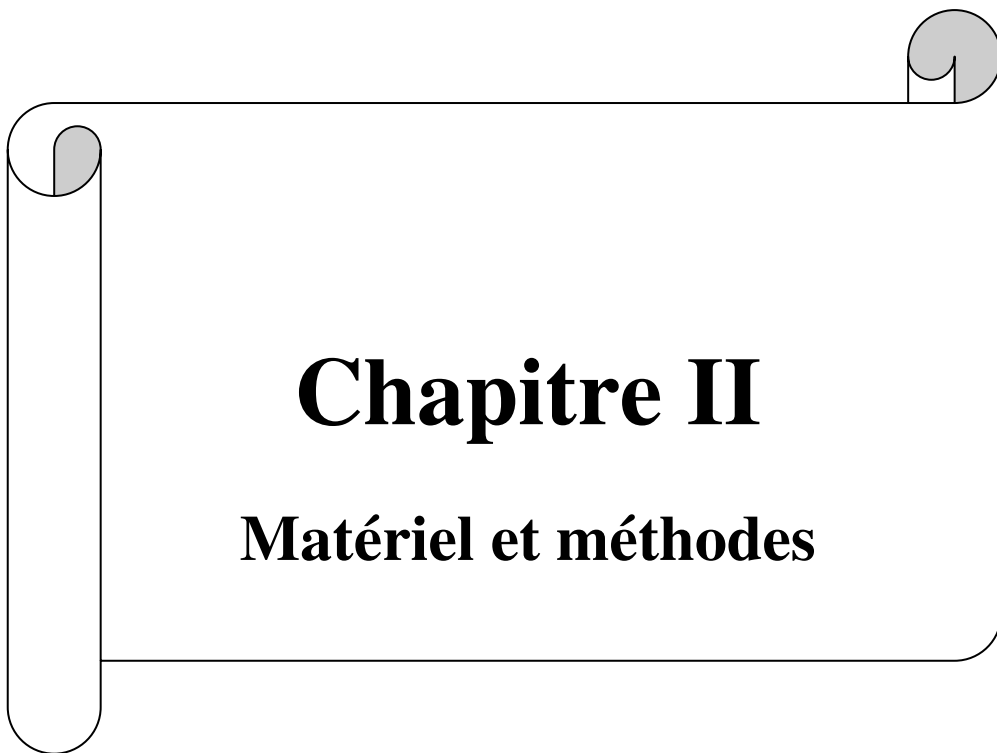
- * Les germes banals : les bacilles coliformes, les proteus ;
- * Les bacilles dysentériques dont les *Shigella* et le bacille de Flexner ;
- * Les salmonelles, dont le *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* A et B et les Bacilles de Gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre ;
- * Les vibrions cholera qui survivent plus longtemps dans l'eau et peuvent provoquer de graves épidémies ;
- * Les mycobactéries (bacilles de Kokh), sont responsables de plusieurs types d'infections tuberculeuses ;
- * Les leptospires sont fréquemment retrouvés dans les eaux de rivières, et les eaux d'égouts.
- * D'autres bactéries : Staphylocoques, le spirobacter ictérogène, la *Pasteurella tularensis*.

2.5.2. La pollution virale :

Plus de 140 virus pathogènes peuvent être transmis à l'homme par le milieu aquatique. Ce sont tous des entérovirus excrétés dans les matières fécales des personnes infectées. Parmi eux, les virus qui causent la gastro-entérite et les virus de l'hépatite sont les plus courants.

2.5.3. La pollution parasitaire :

Les parasites sont généralement transportés dans l'eau sous forme d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et d'autres méthodes de désinfection .Produits chimiques, mais peuvent être éliminés par de bonnes machines de filtration d'eau potable. Deux types de parasites existent dans le milieu aquatique : les vers et protozoaires [40].



Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Cadre de l'étude

La ville de Boussaâda est considérée comme l'un des espaces communs qui contient différentes sources dont dépendent les habitants de la région, qui se rendent à ces sources pour obtenir de l'eau de bonne qualité. En effet, notre étude s'attèle à évaluer et les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de certaines sources et les comparer aux normes Algériennes pour s'assurer de la qualité de l'eau et savoir si cela peut ou ne pas causer un risque de santé ou de danger pour la vie du citoyen.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique et administrative

La ville de Bou Saada est la première oasis que l'Algérie a rencontrée. Située dans le sud-est du nord de l'Algérie et à 250 km de l'Alger et couvre une superficie de 225 km². Elle est considérée comme un véritable carrefour entre la Méditerranée et le Sahara. La ville de Bou-Saada se situe entre deux chaînes montagneuses: l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au Sud. Elle est limitée par Djebel Gorehor au Nord, par Djebel Moubakhera et El Khaneg à l'Ouest, par Djebel Semsad et Maaleg au Sud et Koudia et Khataiba à l'Est. Elle est notamment entourée par une bande de palmeraie du côté Est et des dunes du côté Nord. Alors, on peut dire que « Le territoire de Bou-Saada est bien déterminé par des éléments naturels ». [41].

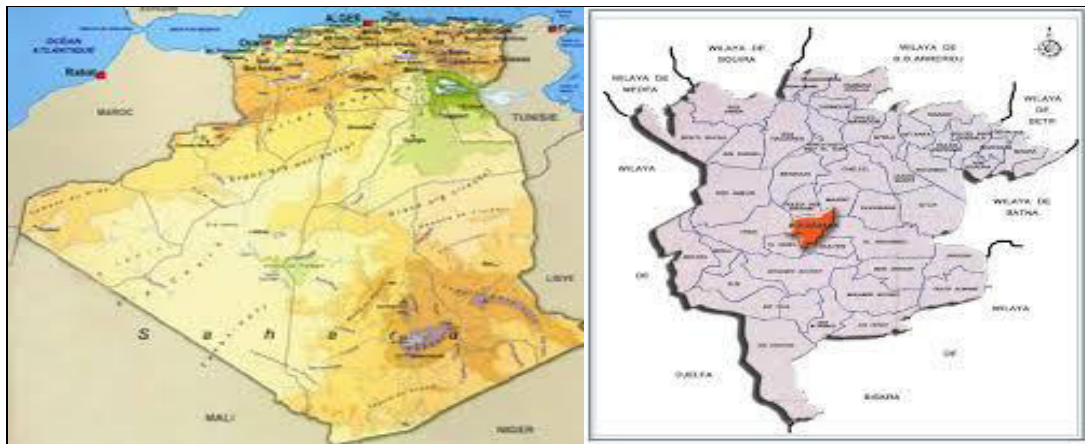


Figure 05 : Carte de la situation géographique de la ville de Boussaâda [42].

2.2. Climat

Le climat de Boussaâda est de type semi-aride, d'un été sec et très chaud et hiver très froid. Les aléas du climat, la désertification, une pluviométrie faible, irrégulière et inégalement répartie.

Données climatiques à Boussaâda												
Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.
Température minimale moyenne (°C)	3,7	4,6	7,4	11,7	16,2	21,1	24,7	24,1	19,4	14,7	8,7	5,4
Température moyenne (°C)	9,2	10,7	14,4	18,1	23,1	28,7	32,5	31,7	25,9	20,8	13,9	10,3
Température maximale moyenne (°C)	14,6	16,7	21,3	24,5	30	36,3	40,2	39,3	32,4	26,9	19,1	15,1
Précipitations (mm)	34	22	29	25	25	14	4	14	24	24	32	35

Tableau 02 : Données climatiques à Boussaâda [43].

3. Présentation du laboratoire de l'ADE de la Wilaya de M'sila

Laboratoire de l'unité (**Fig.06**) a été créé le 23/11/1998 et la première analyse bactériologique a été effectuée le 25/8/1998. En 2003, le laboratoire s'agrandit en réalisant 30 analyses physico-chimiques. Les interventions de l'informateur ne se limitent pas aux communes affiliées dans leur gestion de l'unité d'eau algérienne, unité -Msila, mais s'étendent également à certaines autres communes telles que Boussada et autres.

- **Les principales tâches du détective**

L'informateur est soutenu par une équipe de travailleurs hautement qualifiés et expérimentés dans le domaine. Cette équipe intégrée a pour mission d'effectuer des analyses bactériologiques, physico-chimiques, partielles et totales, et ce par des prélèvements dans chacun des puits, réservoirs, et chez les citoyens, avec des mesures pour détecter le chlore dans l'eau. Une de ses tâches est également de superviser le processus de nettoyage et de désinfection des coffres-forts [laboratoires de l'ADE].



Figure 06 : laboratoire de l'ADE de la Wilaya de M'sila.

4.Travail du terrain

4.1. Choix des sites de prélèvement

Dans cette étude, nous nous sommes appuyés sur 3 zones différentes à Bousaada, caractérisées par la présence de sources dans la région de Sidi Thamer, la région d'Al-Batin et la région de Sidi Amer (Fig. 07).

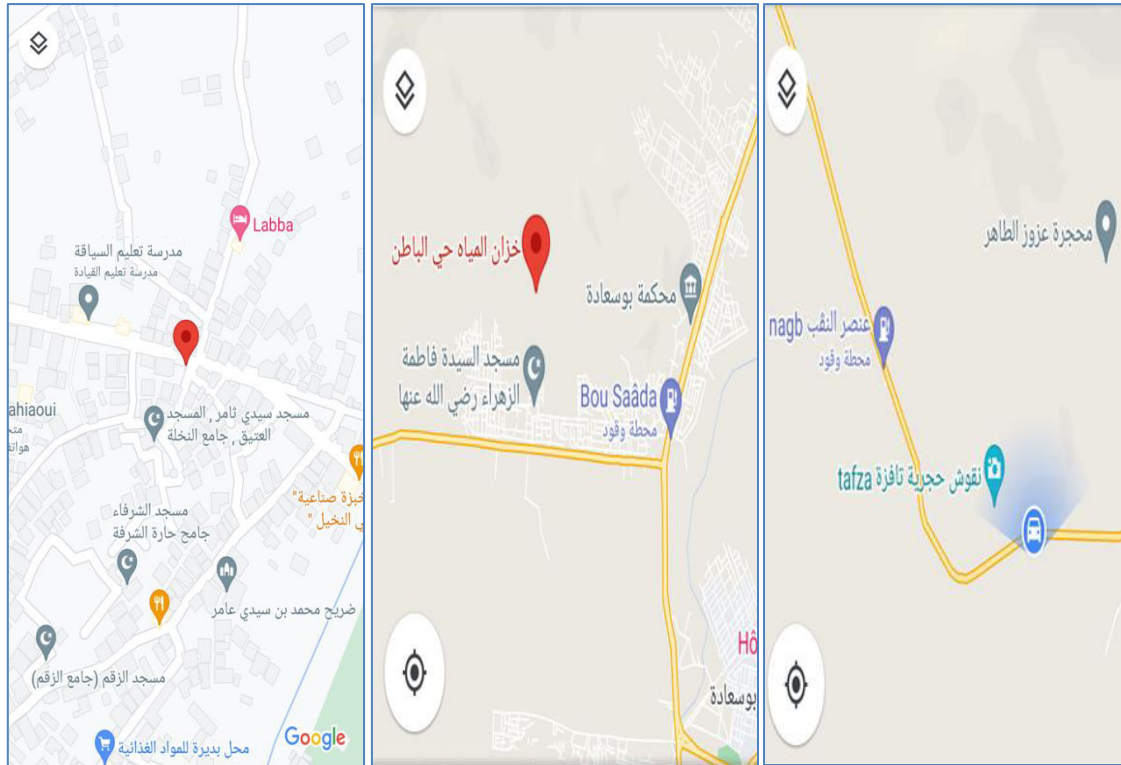


Figure07 : Localisation des zones d'études à Bousaada

- Les sources d'où proviennent les échantillons :



Figure 08: La source de Sidi Thamer



Figure 09: La source el negb



Figure10 : La source de Fatima El-Zahra

4.2 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau

- 1) Identité du préleveur.
- 2) Date et heure du prélèvement.
- 3) Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- 4) Motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, intoxication, épidémie, etc.) et usages de l'eau (boisson, lavage, abreuvement, incendie, industrie, etc.).
- 5) Nom du point d'eau et localisation précise.
- 6) Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.). Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).
- 7) Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).
- 8) Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.

9) Causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejet de ville ou d'usine, puits perdu, cimetière, etc.).

10) Enregistrer les remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou de débit ainsi que les modifications provoquées par les pluies ou la fonte des neiges [44].

a. Techniques de prélèvement

Le prélèvement des échantillons est l'une des étapes les plus importantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Il est donc essentiel que l'échantillonnage soit effectué avec prudence et de la technique afin d'éviter toutes les sources possibles de contamination [45].

Les échantillons doivent être collectés dans des récipients en plastique pour l'analyse physico-chimique et dans un flacon en verre stérile pour l'analyse bactériologique. Les étapes que nous avons suivies pour l'échantillonnage sont citées ci-dessous :

- Les premiers échantillons ont été prélevés le matin ;
- Nous avons nettoyé le robinet et on laisse couler l'eau pendant 1 à 3 minutes, évitant ainsi d'ingérer l'eau pétifiée et remplisseur de bouteilles.

NB : Tous les prélèvements ont été effectués entre 07 h et 11 h.

4.4. Stockage et transport des échantillons

Le stockage des échantillons est la dernière étape. Il s'attache à appliquer les principes généraux suivants :

Après l'emballage, nous mettons des étiquettes et écrivons le nom de l'échantillon, l'heure de l'échantillonnage, etc. afin de maintenir les températures et autres paramètres qui doivent être conservés. Avant l'envoi, nous utilisons un sac qui garantit la qualité de l'analyse. Transférer l'échantillon au laboratoire dans un court laps de temps inférieur à 12 heures, pour les échantillons à l'analyser les facteurs instables, et moins de 6 heures pour les échantillons préparés pour l'analyse bactérienne. Lorsque l'échantillon arrive au laboratoire, il doit être conservé au réfrigérateur à une température de 3 à 5°C [46].

5. Travail au laboratoire

5.1 Matériel et Méthodes

Pour commencer notre travail et effectuer une analyse, tous les matériaux et les outils doivent être fournis pour faciliter et assurer un résultat précis des échantillons.

5.1.1. Paramètres physico - chimiques

- **Mesure électro métrique du pH**

Principes :

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

Mode opératoire :

La première analyse que nous avons faite consistait à mesurer le pH de 3 sources où nous avons suivi les étapes suivantes :

Prélever environ 100 ml d'eau à analyser.

- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

➤ Mesurer la température

Pour ce paramètre nous avons utilisé le même appareil avec lequel nous avons mesuré le pH afin de mesurer la température. La forme de l'appareil utilisé est représentée dans la figure 11.



Figure 11: Appareil de mesure du pH et de la température.

➤ Mesure de la conductivité électrique (EC)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

•Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles. Si R est la résistance de la

colonne d'eau en ohms. S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm. La résistivité électrique en ohms.

• **Mode opératoire :**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Introduire alors le thermomètre aussi près que possible de la cellule. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure.

➤ **Turbidite**

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

• **Etalonnage de l'appareil**

Solutions équivalentes A l'aide d'une solution d'Airformazine 400 NTU, préparer une solution fille de 40 NTU et mesurer.

• **Mode opératoire :**

Remplissez un gobelet doseur propre et essuyez-le bien avec du papier propre avec un échantillon bien homogénéisé de l'analyseur. Ensuite on effectue rapidement la mesure, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulles pendant la mesure



Figure12 : Le turbidimètre

• **Paramètres de pollution**

- **Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

• **Réactifs : Voir Annexe 01.**

Réactif I avec Réactif II (coloré) : (Annexe 03)

Mode opératoire :

- A prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml du réactif I ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h et 30 minutes.

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄

- **Détermination des nitrites (NO²⁻)**

• **Réactif Mixte : (Annexe 01)**

Mode de fonctionnement:

- Prendre 50 ml d'eau pour analyse et y ajouter 1 ml du réactif mélangé.

* L'apparition de la couleur rose indique la présence de NO²⁻.

- **DOSAGE DES NITRATES NO³⁻ (Méthode au salicylate de sodium)**

• **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

• **Réactifs : (Annexe 01)**

• **Mode de fonctionnement:**

Prélever 10 ml de l'échantillon à analyser. Ajoutez 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %. Ajouter ensuite 1 ml de salicylate de sodium. Evaporer à sec au bain-marie ou à l'étuve à une température de 75 - 88°C. (Ne pas surcharger ou chauffer trop longtemps) et laisser refroidir. Prenez les restes avec 2 ml. Laisser H₂SO₄ reposé pendant 10 minutes. Ajouter ensuite 15 mL d'eau distillée et 15 mL de tartrate double sodium-potassium et passer au spectrophotomètre à 420 nm. Le résultat est mg/L (fig. 13).



Figure13 : Appareil spectrophotomètre utilisé

- **Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)**

- **Réactifs : (Annexe 01)**

Mode de fonctionnement:

Prendre 100 ml d'eau pour l'analyser et ajouter 5 ml de H₂SO₄ dilué et faire bouillir pendant 1 minute. Ensuite, 15 ml de KMnO₄ à 0,01 N ont été ajoutés avec 10 minutes d'ébullition normale et douce. Et 15 ml d'acide oxalique 0,01 N sont ajoutés. Titrer à chaud avec KMnO₄ à 0,01 N jusqu'à ce que la couleur rose clair dure 15 à 20 secondes.

- **Minéralisation globale**

- **Détermination des chlorures (Cl⁻)**

Principe :

On fait agir en milieu neutre, pH = 6.7 ou 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium. La réaction se fait en présence de chromate de potassium.



- **Réactifs : (Annexe 01)**

Mode de fonctionnement:

- Prendre 5 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de K₂CrO₄ (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec AgNO₃ à 0,01 N jusqu'à coloration brunâtre.

- **Détermination du titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet**

TA .TAC

La détermination du TA et TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

- **Reactifs : (Annexe 01)**

On prélève à l'aide d'une pipette, 50ml d'eau à analyser dans une fiole conique ajouter 3 à 6 gouttes de phénolphthaleine, une coloration rose doit en principe se développer, dans le cas contraire le TA est nul, ce qui produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8.3 le titrage se par H₂SO₄.

Le point équivalent est déterminé lorsque la coloration rose devient incolore. On ajoute ensuite 3 à 6 gouttes de méthylorange, une coloration jaune doit en principe se développer. Le point équivalent est déterminé lorsque la coloration jaune devient rose.

- **TH : Détermination (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})**

Principe :

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH compris entre 12 - 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions de calcium libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

• **Réactifs (Annexe 01)**

• **Mode opératoire :**

(V1) Ca^{2+} :

- 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)

(V2) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$:

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1).
- Ajouter noir eriochrome.
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

- **Dosage de sodium et de potassium par photométrie de la flamme.**

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium etc ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

Mode opératoire :

Il faut le suivre étape par étape :

Allumez l'appareil avec le bouton vert (Alimentation).

Ouvrez ensuite le robinet de la bouteille de gaz. Allumez la flamme à l'aide du bouton noir "ALLUMAGE" sans relâcher votre doigt jusqu'à ce que "FLM" rouge s'affiche à l'écran. La pipette est remplie d'eau distillée dans une cuvette. Améliorez ensuite la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "carburant" jusqu'à ce qu'elle soit bleu-violet. Ensuite, mettez-le à zéro à l'aide du bouton "Vierge" et laissez reposer 5 à 10 minutes. Une fois stabilisée à zéro,

activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie d'une solution étalon de Na^+ ou K^+ à 10 mg/L. Améliorez à 10 mg/L avec le bouton 'FINE'. Retirer la cuvette remplie d'une solution étalon de « Na^+ » ou « K^+ » à 10 mg/L et la remplacer par la cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran n'affiche pas zéro (0,000).

Retirer la cuvette remplie d'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie d'une solution étalon de « Na^+ » ou « K^+ » à 10 mg/L et vérifier si l'écran s'affiche (10). Retirez la cuvette et remplacez-la par une autre cuvette remplie d'eau distillée. Enfin, passez aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée à l'écran devienne constante (3 essais par échantillon).

5.1.2. Paramètres bactériologiques

Recherche et dénombrement des coliformes (coliformes fécaux et totaux)

La colimétrie consiste à dénombrer les germes coliformes et parmi eux *Escherichia coli* dont seule l'origine fécale est certaine. Pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux, la méthode utilisée est la technique sur membrane filtrante

1) Technique sur membrane filtrante :



Figure14 : Appareil Rampe de filtration

•Méthode :

- Mettre en route la trompe à eau.
- Flamber la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme) et le réservoir.
- Laissez refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide de pince stérile (flambée et refroidie).

- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
 - Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser
 - Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100 ml pour une eau désinfectée).
 - Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
 - Dès que la membrane paraît sèche enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
 - Déposer la membrane sur le milieu (gélose) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- GELOSE TTC TERGITOL + ADDITIF (coliformes)



Figure15 : type de gélose utilisé

Incubation

Incuber à 37°C les boîtes de pétri, pour coliformes totaux et 44°C pour coliformes fécaux

- La lecture se fait après 24h.

•Expression des résultats :

Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml.

2) Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

•Technique sur membrane filtrante

•Méthode

On filtrera les mêmes quantités d'eau que pour la colimétrie selon la même technique. Le milieu utilisé dans ce cas est le milieu de slanetz.

Incubation

Après filtration, les membranes sont disposées sur le milieu puis incubé à 37° C pendant 48 h. Les colonies roses à marrons avec un diamètre de 0.5 à 2 mm seraient celles des streptocoques fécaux. Toutes ces colonies sont comptées puis consigner sur un registre.

3) Recherche et dénombrement des germes totaux.

•Méthode

Les mêmes quantités d'eau seront filtrées et utilisant la même technique. Le médiateur utilisé dans ce cas est un médiateur. GÉLOSE NUTRITIVE. Après filtration, les membranes sont placées sur le milieu.

Incubation

Puis incubées à 37°C et 22°C pendant 48 heures. Toutes ces colonies sont comptées puis enregistrées dans un journal.



Figure16 : Appareil Incubateurs



Chapitre III

Résultats et discussion

1. Résultats des paramètres physico-chimiques :

Tableau 03 : Paramètres physico-chimiques des trois sources d'eau :

Paramètres physico-chimiques	S. de Sidi Thameur	S. El negb	S. de Fatima El-Zahra	Normes l'OMS (2006)	Normes Algériennes (2011)
pH	7,5	8	7,9	entre 6.5 et 9.5	≥ 6.5 et ≤ 9.5
Température	12 ,9	13,8	12	Acceptable	25°C
Conductivité	3600	408	1131	Pas de norme	2800 μ S/cm à 20°C
Turbidité	0,214	0,23	0,68	5 NTU	5 NTU
Potassium K ⁺	15	2,6	5,2	12 mg/l	12 mg/l
Sodium Na ²⁺	300	12,6	60	20 mg/l	200mg/l
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0	0	0	0.2 mg/l (exposition à long terme)	0.2 mg/l
Nitrates (NO ₃ ⁻)	191	65,5	127	50 et mg/l (exposition à court terme).	50mg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0	0	0	0.5 mg/l	0.5 mg/l
Titre alcalimétrique complet (TAC)	30	15	10	pas de norme	pas de norme
Chlorures(Cl)	497	71	177,5	250 mg/l	500 mg/l
Dureté totale (TH)	407	128	288	pas de norme	pas de norme
Matières oxydables (MO)	0,996	0,166	1,826	pas de norme	pas de norme

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques sont présentés dans le tableau 03. Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau. La valeur du pH dans notre étude

et pour les trois différentes sources d'eau étudiées vari de 7.5 à 8. Les trois valeurs enregistrées sont dans l'intervalle des normes de l'OMS de 2006 et également pour les normes Algériennes de 2011. La température de l'eau est une mesure de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger des coefficients d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (notamment la conductivité). La température de l'eau analysée est limitée entre 12 et 13,8 qui sont de bonnes valeurs par rapport aux mesures demandées.

Pour ce qui est de la conductivité électrolytique qui mesure la capacité d'une solution à conduire un courant continue et aussi un paramètre important à évaluer dans l'analyse de l'eau puisque la conductivité donne une idée sur la concentration des différents sels minéraux dissous [80]. En effet Par, la conductivité électrique de l'eau est un indicateur de la quantité de substances dissoutes et d'électrolytes contenu dans l'eau. Nos résultats oscillent entre deux valeurs 408 et 3600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur la plus élevée a été enregistrée par la source de Sidi Thameur avec 3600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alors que la source d'El negb a donné la valeur la plus faible avec 408 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et cette valeur reste inférieure par rapport aux normes Algériennes de 2011. La source de Sidi Thameur a enregistré une valeur élevée de conductivité à cause du taux de sels élevé contenus dans les eaux de cette source. La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau [47]. Les valeurs enregistrées pour les différentes sources d'eau analysées étaient comprises entre 0,23 et 0,214 NTU. Les valeurs de la turbidité enregistrées pour la deuxième et la troisième source sont faibles par rapport à la première source, qui atteint 0,214 NTU. Ces résultats pourraient s'expliquer par la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques. Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse phytoplanctonique ou en particules sédimentaires, plus elle est turbide. Les conséquences de la turbidité concernent la pénétration de la lumière et des ultraviolets dans l'eau, et donc la photosynthèse et le développement des bactéries. Par ailleurs, la couleur de l'eau affecte aussi sa température et donc sa teneur en oxygène, son évaporation et sa salinité [47].

Le sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites). Selon les normes de l'OMS, la valeur de sodium dans la première et la troisième source dépasse la limite requise, tandis que la deuxième source enregistre de faibles niveaux de sodium est restée dans les normes de potabilité par rapport aux concentration de sodium. Selon les Normes Algériennes de 2011, la deuxième et la troisième source n'ont pas dépassé la limite requise, tandis que la première source (Sidi Thameur) a dépassé de loin la limite requise de 100 mg/l.

La valeur obtenue pour le potassium (K^+) dans la deuxième et la troisième source est très faible par rapport à la valeur spécifiée dans les deux Normes de l'OMS de 2006 et les Normes Algériennes de 2011. La valeur enregistrée de potassium dans la source de Sidi Thameur est élevée avec 3 mg/l, ce qui indique que cette source n'est pas bien protégée. Bien que les concentrations de potassium dans l'eau potable soient habituellement faibles et ne soulèvent aucune préoccupation sanitaire, la grande solubilité dans l'eau du chlorure de potassium et son utilisation dans les adoucisseurs d'eau peuvent accroître considérablement l'exposition.

La présence de nitrates/nitrites dans l'eau peut résulter de l'utilisation d'engrais chimiques et de fumiers, d'installations septiques déficientes et de la décomposition de matières végétales et animales. Dans les eaux des trois sources étudiées on note l'absence des nitrites, ce qui indique qu'il n'y a pas de danger lors de l'utilisation de ces sources. Rappelant que les bébés de moins de six mois exposés aux nitrates/nitrites peuvent avoir des problèmes respiratoires à cause d'un ralentissement du transport de l'oxygène entre leurs poumons et leurs tissus. Alors qu'une forte contamination aux nitrates/nitrites provoque une coloration bleutée de la peau et des lèvres des nourrissons. La valeur des nitrates dans l'eau analysée a dépassé la limite (50 mg/L) requise avec des valeurs de 65,5, 127 et 191 mg/L pour les sources El negb, Fatima El-Zahra et Sidi Thameur respectivement. Selon les connaissances actuelles, la consommation régulière d'eau potable contaminée aux nitrates/nitrites pendant plusieurs dizaines d'années peut entraîner un risque de cancer. Ces valeurs élevées pourraient s'expliquer par la présence des matières végétales en décomposition ou de pollution ou à cause de l'utilisation d'engrais dans la zone où se trouvent ces sources. Par conséquent ses sources d'eau doivent obligatoirement être interdites à la consommation, en particulier les femmes enceintes et les bébés. Car la consommation régulière d'eau potable contaminée aux nitrates/nitrites pendant plusieurs dizaines d'années peut entraîner un risque de cancer [48].

L'ammonium dans l'eau reflète généralement une décomposition incomplète de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. Nous constatons que la valeur de l'ammonium est nulle dans les 3 sources, à cause de l'absence de la pollution par les rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle dans l'entourage des trois sources étudiées [49].

Pour ce qui est des valeurs du chlore dans l'eau qui a été analysée, nous constatons que la première source, Sidi Thameur, contient un pourcentage très élevé comparativement aux normes de l'OMS 2006 et les normes Algériennes de 2011. Cela peut s'expliquer par la dissolution des roches sédimentaires une principale source de chlorure dans l'eau souterraine. La dureté d'une eau est une indication sur la concentration en ions calcium : Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Le pourcentage de la dureté de l'eau, ou comme on dit familièrement que l'eau est légère ou lourde on trouve que les Normes de l'OMS 2006 et Normes Algériennes de 2011 n'ont pas précisés des limites concernant ce paramètre.

L'eau analysée contient des matières oxydables (MO), malgré que les normes OMS et les normes Algériennes de 2011 n'ont pas précisé des valeurs limites pour cet indicateur. La présence des MO dans les trois sources d'eaux peut s'expliquer par l'existence de ces composants dans les différents déchets d'élevage (excréments d'animaux) et les débris des végétaux naturels rejetés partout à la proximité des sources d'eaux potables.

2. Résultats des dénombrements des microorganismes :

Tableau 04: Résultats des dénombrements des microorganismes (UFC/100ml)

Germes Recherchés		S. de Sidi Thameur	S. El negb	S.de Fatima El-Zahra	Normes	
					OMS 2006	Normes Algériennes de 2011
Les Germes totaux	22°C	≥300	≥300	≥300	0 nb/100ml	Non Mentionnées
	37°C					
Coliformes fécaux 44 °C		4	70	200	0 nb/100ml	Non Mentionnées
Coliformes totaux 37°C		60	130	240	0 nb/100ml	Non Mentionnées
Streptocoques Fécaux 37°C		0	0	0	0 nb/100ml	Non Mentionnées

Les résultats des dénombrements des microorganismes figurent dans le tableau 04. Par rapport aux premier paramètres, germes totaux, il est à noter que ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais leurs présence est un indicateur ou révèlent la présence probable d'une contamination bactériologique. Plus de 300 UFC/100 ml à 22°C et 37°C dans les trois sources à savoir : s. sidi thameur, s. El negb et s. Fatima el zahra (Figure 17, 18 et 19). La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des sources, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage des bétails, existence des fosses septiques et des latrines) et l'absence d'un réseau d'assainissement

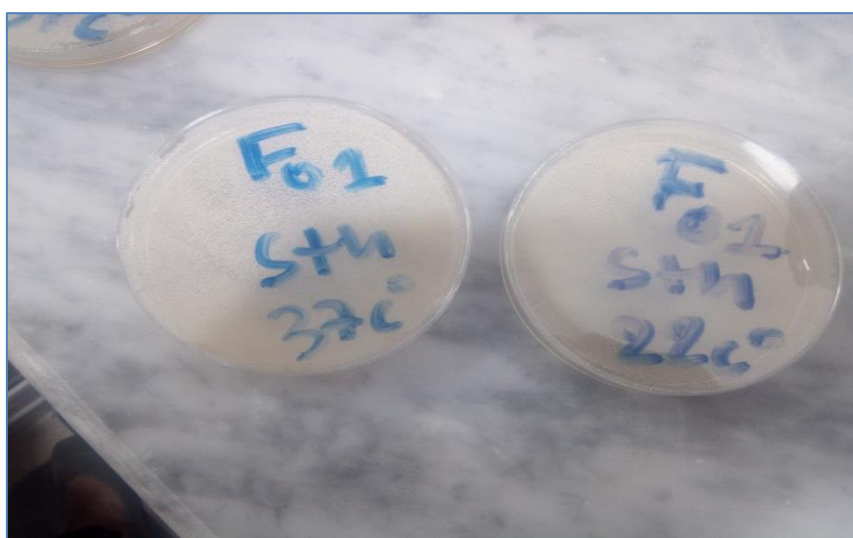


Figure 17: Résultats des germes totaux (s. de Sidi Thameur)

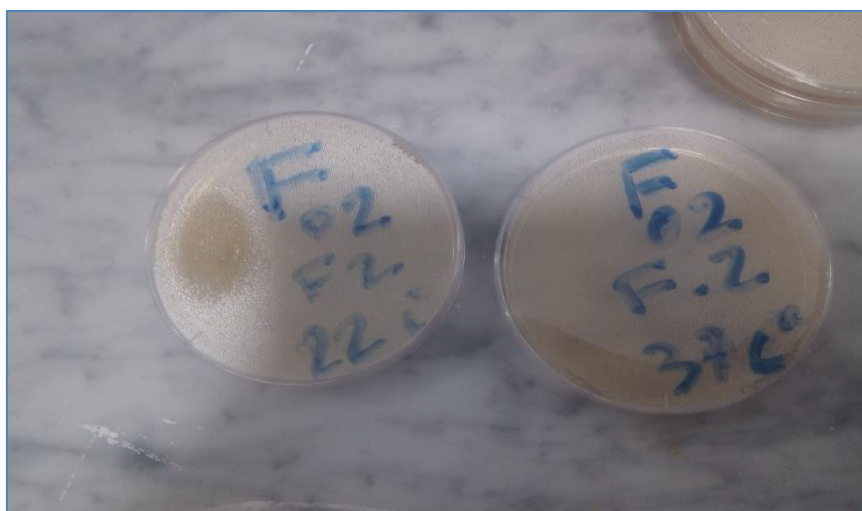


Figure 18: Résultats des germes totaux (s. de Fatima El-Zahra)



Figure 19: Résultats des germes totaux (s. el negb)

Pour ce qui est des coliformes thermo-tolérants, les coliformes fécaux (CF) constituent un sous-groupe des coliformes totaux (CT) capables de se développer à 44 °C. Les CF sont les plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli*. Certains auteurs ont rapporté la présence de ces espèces dans des eaux sans qu'aucune contamination fécale ne soit suspectée [50]. D'après notre travail, les résultats obtenus des CF sont de 4 pour s.sidi themeur , 70 pour s. El negb et 200 pour la s. fatima el zahra. Cette contamination peut être due au fumier, aux fosses septiques, aux latrines et aux déchets de toute nature existants dans les terrains avoisinants les sources.



avant l'incubation

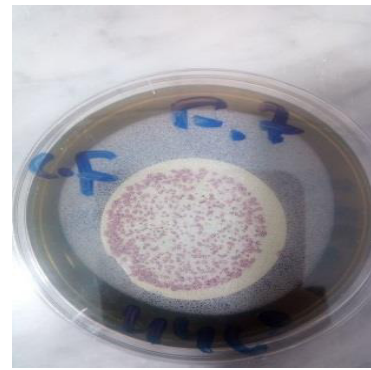


après l'incubation

Figure 20: Résultats des Coliformes fécaux (s. Sidi Thameur)



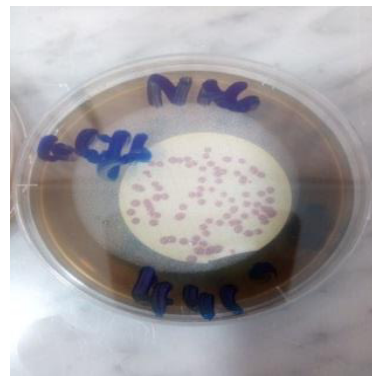
avant l'incubation



après l'incubation

Figure 21: Résultats des Coliformes fécaux (s. Fatima El-Zahra)

avant l'incubation



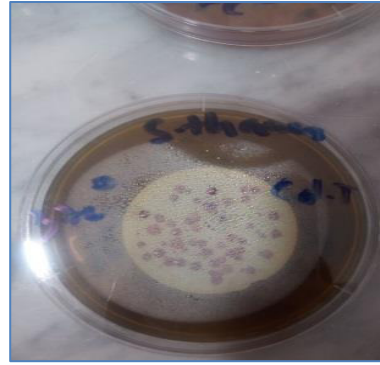
après l'incubation

Figure 22: Résultats des Coliformes fécaux (s. source el negb)

Les Coliformes totaux sont utilisées depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau, parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement. D'après notre travail les résultats obtenus de coliforme totaux sont de l'ordre de 60 pour s. de sidi themer, 130 pour la s. El negb et 240 pour la s. de Fatima el zahra. Cette contamination est causée par les rejets domestiques et également par la proximité de ses sources avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eau de surface dans les sources.



Avant l'incubation

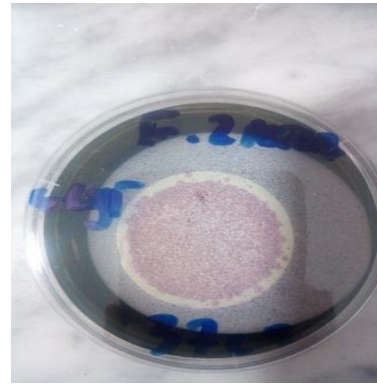


Après l'incubation

Figure 23: Résultats des Coliformes totaux pour la s. source de Sidi Thameur



Avant l'incubation



Après l'incubation

Figure 24: Résultats des Coliformes totaux pour la s. source de Fatima El-Zahra



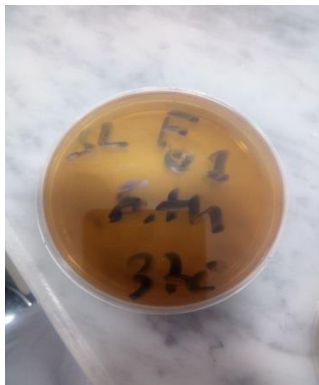
Avant l'incubation



Après l'incubation

Figure 25: Résultats des Coliformes totaux pour la s. El negb

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. D'après les résultats obtenus, on note dans le tableau 04 l'absence des streptocoques fécaux dans les trois sources d'eau étudiées.



Avant l'incubation



Après l'incubation

Figure 26: Résultats des Streptocoques Fécaux pour la s. de Sidi Thameur

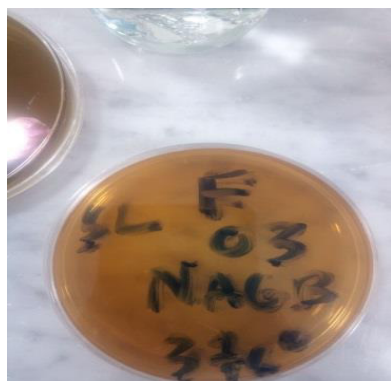


Avant l'incubation

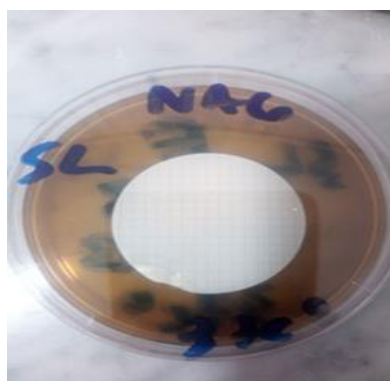


Après l'incubation

Figure 27: Résultats des Streptocoques Fécaux pour la s. de Fatima El-Zahra



Avant l'incubation



Après l'incubation

Figure 28: Résultats des Streptocoques Fécaux pour la s. El negb



Conclusions

Conclusion

Les sources naturelles d'eaux sont de bons points d'eau et une ressource précieuse très demandée par les habitants de la région de Boussaâda pour répondre à leurs besoins en eau potable. Notre travail entre dans le cadre de la réalisation de mémoire académique en vue de l'obtention de Diplôme de Master en Nutrition et Sciences des Aliments et vise l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de trois sources d'eau potable situées dans la ville de Boussaada au sud de la wilaya M'sila à savoir : source de Sidi Thameur, El negb et la source de Fatima El-Zahra. Cet objectif est fixé pour connaître la qualité de ces sources afin d'éviter tout danger pour la santé des citoyens et réduire ainsi les incidences des maladies à transmission hydrique sur le secteur santé.

Nous avons choisi les trois sources les plus utilisées et les plus convoitées par les citoyens dans la région de Boussaâda, et il a été constaté dans les résultats, primo sur la plan physicochimique que :

Des valeurs des nitrates dans l'eau analysée ont dépassé la limite de (50 mg/L) requise avec des valeurs de 65,5, 127 et 191 mg/L pour les sources El negb, Fatima El-Zahra et Sidi Thameur respectivement. Selon les connaissances actuelles, la consommation régulière d'eau potable contaminée aux nitrates/nitrites pendant plusieurs dizaines d'années peut entraîner un risque de cancer.

Pour ce qui est des valeurs du chlore dans l'eau qui a été analysée, nous constatons que la première source, Sidi Thameur, contient un pourcentage très élevé comparativement aux normes de l'OMS 2006 et les normes Algériennes de 2011. Cela peut s'expliquer par la dissolution des roches sédimentaires une principale source de chlorure dans l'eau souterraine.

La valeur enregistrée de potassium dans la source de Sidi Thameur est élevée avec 3 mg/l, ce qui indique que cette source n'est pas bien protégée. Bien que les concentrations de potassium dans l'eau potable soient habituellement faibles et ne soulèvent aucune préoccupation sanitaire, la grande solubilité dans l'eau du chlorure de potassium et son utilisation dans les adoucisseurs d'eau peuvent accroître considérablement l'exposition. Selon les Normes Algériennes de 2011, la deuxième et la troisième source n'ont pas dépassé la limite requise, tandis que la première source (Sidi Thameur) a dépassé de loin la limite requise de 100 mg/l.

Secundo sur le plan microbiologique, plus de 300 UFC/100 ml à 22°C et 37°C en terme de germes totaux ont été enregistré dans les trois sources à savoir : s. sidi thameur, s. El negb et s. Fatima el zahra.

On signale également la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux à taux qui dépassent largement les normes autorisées dans ce sens. De facto, les autorités locales en association avec le bureau d'hygiène communal sont appelées à l'interdire l'utilisation des trois sources comme source d'eau potable mais peuvent uniquement être utilisées dans les différentes activités ménagères quotidiennes.

Afin de préserver ces trois sources et contribuer à améliorer leurs qualités physico-chimiques et microbiologiques, certains conseils peuvent être adressés aux services de distribution de l'eau potable et aux responsables de l'Algérienne des eaux (ADE) :

- Procéder incessamment au nettoyage de l'entourage des trois sources d'eaux et mettre en place un siège pour la protection contre les déchets des animaux et végétaux ;
- La mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'eau rigoureux et efficace surtout les eaux de sources et de puits;
- Un contrôle régulier de l'eau par les laboratoires spécialisés ;
- Assurer une gestion rationnelle de l'entretien de la station d'épuration existante et procéder à la réhabilitation des conduites vétustes des eaux usées de la région ;
- L'ADE doit fournir un rôle supplémentaire dans la formation continue de son personnel et d'effectuer un contrôle permanent des différentes sources d'approvisionnement des citoyens en eau potable à fin de garantir la qualité sanitaire des eaux distribuées.



Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Kirk, P., Fleming, E. (2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, P12.
- [2] Goffin, S. (2014). Eau La La ! De L'importance De L'eau (À L'école).
- [3] Marie V, Antoine M, Duchemin. j , Larivière. M, Zarrabi. P , Graphisme: J.c. Chazelo (mars 2001) Eau et Santé , P16.
- [4] Dennis O (2002) PROTECTION DE L'EAU SOURCE , P01.
- [5] Kassim. D , C (2004-2005) MEMOIRE DE MASTER « Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako » P1
- [6] AISSAOUI. A, (2013) "Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hamman Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles". Mémoire de Magister, Univ de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- [7] "Le cycle de l'eau, Observation régionale de l'environnement", Les Agences de l'eau Loire- Bretagne et Adour-Garonne, Poitou-Charentes, France, 2012.
- [8] Ladjal. M , (2013) "Contribution au développement de systèmes de surveillance innovants dédiés au contrôle de la qualité des eaux potables", Thèse de Doctorat, Laboratoire LASS, Université de M'sila,
- [9] Kettab, A., Mitiche, R. & Bennaçar, N. (2008). De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water p 251
- [10] Myrand D., (2008). Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, P07/11
- [11] Dr. Rachid S, Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir CHIMIE DES EAUX P O3.
- [12] VAUDOURK. , AUNAY B, (2008) Modalités de captage des eaux souterraines à La Réunion Analyse critique de l'existant (technique couts .opérateurs) Novembre .P23
- [13] Canellas, J Au sujet de la définition et de la réglementation des eaux minérales naturelles Université de Bordeaux 2 P34.
- [14] Befolo A , Francine F, (2021-2022) BILAN DE LA CONSOMMATION D'EAU DU CAMPUS ARLON ET RECHERCHE DE SOLUTIONS , P29.
- [15]-UNICEF (1999). Manuel sur l'eau. p42-43.
- [16]-Fiambach, H. (1998). Chang from chlorine residual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system, Water supply, Vol 6 , N°3/4, Germany,

p145-152.mémoire de Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine.

[17]-Collin, J. (2004). Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, p27-49. Mémoire de Contribution à l'étude et à l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de sources de la Wilaya de Constantine.

[18]-<http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/i-l-eau-potable/i-b-les-normes-de-potabilite/> Consulté, le (19 Mai 2019).

[19] RODIER J., (1984) L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 5ème Edition, Dunod, Paris, 1500 p.

[20] OMS., (1986) : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2 : 1ere Edition, Genève, 134 p.

[21] BENKADDOUR N., (2015). Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de Moringa oleifera dans la dépollution des eaux d'oued Safsaf. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agroforesterie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, pp 18-20

[22] REJSEK F., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Edition : canopé –centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine de bordeaux. France, 360 p.

[23] GRAINDORGE J., (2015). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Edition : groupe territorial CS 40215-38516.Voiron cedex, 136, 163, 164, 165 p.

[24] GAID A., (1984). Epuration biologique des eaux usées urbaines. Office des publications universitaires (OPU). Alger. Algérie, 261p.

[25] FELFOUL R., HADJYAHYA S., 1999. Contribution au traitement des eaux d'oued boutane (Khemis Miliana) Choix d'un procédé d'épuration .Mémoire de fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana, 94p

[26] Hem J. D. (1985). Study and interpretation of chemical characteristic of natural water.p89.

[27] Hem J. D. (1985). Study and interpretation of chemical characteristic of natural water.p70.

[28] RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R., (2009), POTELON J. et ZYSMAN K., (1998), mémoire Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, Wilaya de Tizi-Ouzou »p35

[29] Makhoukh M, (2011).Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.8eme édition, p156

- [30] (Kemmer, 1984).mémoire Etude comparative des paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux de barrage Kramis et des eaux de source naturelle Ain sidi abd elkader p24
- [31] AOUISSI A. et HOUHAMDI M., (2014) : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien).
- [32] SAMAKE H. (2002). Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période (2000-2001) faculté de médecine. P18.
- [33] C. Diop,(2006), Mémoire de 4ème Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).
- [34] Alouane H. (2012). Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine, p.49
- [35] Hélène, R. (2000). Thèse d'Ingénieurs : Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Languedoc-Roussillon(France), p81.
- [36] «G » GAUJOUS D. (1995). La pollution des milieux aquatiques. Aide -mémoire.2 édition.Ed Tec et Doc.49p, mémoire de Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi Youcef-Yakourene- Bouzeguene » Wilaya de Tizi-Ouzou
- [37] CHEVALLIER. H. (2007). L'eau un enjeu pour demain, Etat Des Lieux Et Perspectives, Editions Sang De La Terre-Médial. France. 352p. mémoire Étude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique de certaines oueds et plages de la wilaya de Jijel.
- [38] Franck et al. (2010) ; Moussa h, (2014) mémoire de Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau utilisée dans les industries agro-alimentaire. Cas : Conserverie Amor Ben Amor- Bouati Mahmoud – Guelma
- [39] Bennana M., (2013). Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah, Master académique, Université Kasdi Marbah, Ouargla, 46p. Mémoire de Evaluation De La Qualite Physico-chimique er bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la region d'el-harrouch (wilaya de Skikda)
- [40] BOUZIANI M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.

- [41] OUZIR, M., KHALFALLAH, B., (2016). Vers une intégration de l'environnement dans les instruments d'urbanisme. Cas de la ville de Bou-Saada, Algérie, Cinq Continents 6 (13), pp. 134-152
- [42] GHODBANE.M.(2017/2018).Mémoire de master en Hydraulique urbaine« APPROCHE HYDROGÉOCHIMIQUE DES ÉLÉMENTS CONDITIONNANT LA QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RÉGION DE BOUSSAADA Université de M'sila ».
- [43] GHODBANE.M,(2015/2016) Mémoire de master en Hydraulique urbaine« ANALYSE STATISTIQUE MULTIVARIEE DESEAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE BOUSSAADA»
- [44] JEAN RODIER (2009) L'Analyse de l'eau P.11
- [45] Brasilia, 2013 Manuel Pratique d'Analyse de l'Eau 4ème édition. P.150
- [46] THIERR, J et al.(2001). Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie, p.34.
- [47] ANTE C (2021). Document de conseils sur les aspects liés à la température de l'eau potable. P01
- [48] <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/eau-potable/contamination-de-l-eau-potable-d-un-puits/nitrates-nitrites#:~:text=La%20pr%C3%A9sence%20de%20nitrates%2Fnitrites,de%20mati%C3%A8res%20v%C3%A9g%C3%A9tales%20et%20animales.>
- [49] <https://eau.maine-et-loire.fr/surveiller-et-protger/qualite-des-rivieres/indicateurs/moox>
- [50] BAUDISOVA D. Evaluation of Escherichia coli as the main indicator of faecal pollution. Water Science and Technologie,1997.mémoire de Evaluation de la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de Ain Defla.

a) Réactifs : Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**Réactif I :**

- Acide dichloroisocyanurique 2 g
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

Réactif II (coloré) :

- Trictrate de sodium 130 g.
- Salicilate de sodium 130 g.
- Nitropruciate de sodium 0.97 g.
- H_2O distillé q.s.p 1000 ml

b) Réactif mixte : Détermination des nitrites (NO_2^-)

- Sulfanilamid 40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine 2 g.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

c) Réactif : Dosage des Nitrates NO_3^- : Méthode au Salicylate de Sodium

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

*Solution d'hydroxyde de sodium 30 %. 30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

* H_2SO_4 concentré.

*Tartrate double de sodium et de potassium.

*Hydroxyde de sodium NaOH 400g.

*Tartrate de Sodium et de Potassium 60 g.

*Eau distillée q.s.p 1000ml.

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 distillée1000 ml.

*Chloroforme1 ml.

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

d) Réactif : Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)

* Solution d'acide Oxalique à 0,1 N :

- $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ 6.3033 g.
- H_2SO_4 (d=1.84)..... 50 ml.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

* Solution d'acide oxalique à 0.01 N :

- $H_2C_2O_4$ à 0.1 N 100 ml.
- H_2SO_4 concentré 50 ml.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

* Solution d'acide sulfurique diluée : (d=1.27).

- H_2SO_4 (d =1.84) 1 volume
- H_2O distillée 3 volumes.

* Solution de permanganate de potassium à 0,1 N.

- $KMnO_4$ 3.1608 g.
- H_2O distillée bouillante q.s.p 1000 ml.

* Solution de $KMnO_4$ à 0.01N.

- Solution de $KMnO_4$ à 0.1 N 100 ml.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

e) Réactifs : chlorures (Cl^-)

* Solution de nitrate d'argent à 0.01 N.

1.6987 d' $AgNO_3 \rightarrow 1000$ (10 g de $K_2CrO_4 \rightarrow Q.S.P$ 100 ml d' H_2O).

* Solution de chlorures à 71 mg/l

* Indicateur coloré K_2CO_4 à 10 %.

f) Réactifs : Détermination du titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TA.TAC

* Solution d'acide sulfurique..... (1/25N)

* Solution alcoolique de phénolphtaleine à 0.5 %

- Phénolphtaleine5g
- Alcool éthylique.....500ml

- Eau distillée.....500ml

* solution methylorange.

g) Réactifs : TH Détermination du calcium (Ca_2^+) et du magnésium (Mg_2^+)

* Solution d'E.D.T.A N/50 ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): (0.02N ou 0.01M)

- EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.

- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

* Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N :

- NaOH (pastilles) 80 g.

- H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml.

•Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH = 10.1

- Chlorure d'ammonium 67.5 g.

- NH_4OH (25%)..... 570 ml.

- HCl concentré PH = 10.1.

- H₂O distillée q.s.p 1000 ml. : Noir eriochrome T.

* Solution mère de Ca_2^+ à 100 mg/l. 729.6 ml → 32%.