



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة شاذلي بن جديد - الطارف

Université Chadli Bendjedid - El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II

Spécialité :

Toxicologie Industrielle et Environnementale

THEME

QUALITÉ PHYSICO CHIMIQUE ET
BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX DE SOURCES DU
SOUS BASSIN VERSANT OUED LA KALLE,
EXTRÊME NORD EST ALGÉRIEN

Par :

Ahlam Bordj

Devant le jury :

Président : Dr. Bouchecker Abdennour MCA. Université C. Bendjedid El Tarf

Examinatrice : Dr. Saidi Hacina MCB. Université C. Bendjedid-El Tarf

Promotrice : Dr. Sofia Bahroun MCA. Université C. Bendjedid-El Tarf

2018- 2019

Remerciement

Je remercie avant tout ALLAH Tout Puissant, de m'avoir guidée durant les années d'études et de m'avoir donnée la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

AU PROPHÈTE MOHAMED (PSL)

Ma prière est d'être toujours fidèle à ta parole pour être un modèle.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes remerciements les plus sincères à Madame **BAHROUN SOFIA**, Maître de conférence « A » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, ma directrice de mémoire, pour m'avoir conseillée, et soutenue tout au long de ce travail avec patience et disponibilité, « MERCI ».

Mes vifs remerciements également pour Monsieur **BOUCHEKER ABDENNOUR**, Maître de conférences « A » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, d'avoir bien voulu s'intéresser à ce travail et qui a bien accepté de me faire le grand honneur de présider le Jury de ma soutenance.

Mes remerciements s'adressent à Madame **SAIDI HACINA**, Maître de conférence « B » à la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid d'El Tarf, d'avoir acceptée d'examiner, d'évaluer ce travail et de siéger au jury de ma soutenance.

Une partie cruciale de ce travail m'était facilitée grâce à l'aide de madame **AZABI MONIA**, biologiste et laborantine dans le laboratoire d'hygiène service de prévention et d'analyse bactériologique des eaux d'établissement public de santé de proximité (Boussebsi Omar) au niveau de la Clinique publique multiservices (Saidi Mousa appelé Khalifa) El Kala wilaya d'El Tarf, qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Mes remerciements s'adressent à tout le staff du laboratoire d'hygiène d'El Kala.

Mes remerciements à tous les enseignants du département de biologie de l'université d'El Tarf.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

A ma mère **DALILA ABBES** à qui je dois ma réussite,

A l'homme de ma vie mon époux ; **MASSEOUDI YOUNNES**

A ma petite fille **SEJOURD**

A mes sœurs **MAJDA** et **SARA**, Ainsi que leurs enfants,

A mes beaux-parents,

A mes belles sœurs et mes beaux-frères,

A toutes mes amies,

Bien faible témoignage d'affection et d'amour

Merci pour vos conseils et vos encouragements, mais aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

CHAPITRE I PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. Généralité	3
I.2. Cycle de l'eau	3
I.3. Les Sources	4
I.3.1. Sources d'affleurement	4
I.3.2. Sources de déversement	4
I.3.3. Sources d'émergence	5
I.4. Pollution de l'eau	5
I.5. Les principaux polluants	6
I.5.1. Les polluants biologiques	6
A. La pollution bactérienne	6
B. La pollution virale	7
C. La pollution parasitaire	7
D. Les algues de l'eau	7
I.5.2. Les polluants chimiques	7
I.5.3. Les polluants organiques toxiques	8
I.5.4. Les polluants radioactifs	8
I.6. Qualité des eaux	8
I.6.1. Qualité de l'eau d'alimentation	8
I.6.2. Qualité des eaux souterraines	8

I.7. Risque lié à l'eau	9
I.8. L'eau et la santé	9
I.8.1. Les maladies à transmission hydrique	10
A. Choléra	10
B. Fièvre typhoïde	10
C. Dysenterie	11
D. Diarrhées infectieuses	11

CHAPITRE II CADRE GÉNÉRAL

II. CADRE GENERAL	12
II.1. Situation géographique	12
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude	12
II.1.2. Situation géographique de la zone d'étude	13
II.2. Potentialités humaines et économiques	15
II.2.1. Découpage administratif	15
II.2.2. Superficie	15
II.2.3. Population	16
II.3. Topographie	16
II.4. Géologie	16
II.5. Hydrogéologie	17
II.6. Pédologie	17
II.7. Hydrographie	18
II.8. Caractère climatique	18
II.9. La biodiversité	18
II.9.1. La Flore	18
II.9.2. La Faune	19
II.10. Les activités	19
II.10.1. Agriculture	19
II.10.2. Élevage	19
II.10.3. Développement forestier	19
II.10.4. Pêche	20
II.10.5. Apiculture	20
II.10.6. Industrie	20

CHAPITRE III MATÉRIEL ET MÉTHODES

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES	21
II.1. Cadre de l'étude	21
II.2. Période et type d'étude	21
II.3. Présentation des stations d'échantillonnage	21
II.3.1. La source de Melloul	22
III.3.2. La source de Siporex	22
III.3.3. La source de Segleb	23
III.3.4. La source d'Ain Bargougaya	23
III.4. Etude de la qualité physico chimique et microbiologique des eaux	23
III.4.1. Matériel	23
III.4.2. Echantillonnage	23
III.4.3. Technique de prélèvement	24
III.4.4. Conditions du prélèvement	24
A. Echantillonnage d'eau pour les analyses bactériologiques	24
B. Transport et stockage	24
III.5. Méthodes	25
III.5.1. Mesure in situ des paramètres physico-chimiques	25
A. La Température (T)	25
B. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	26
C. Turbidité (T)	26
D. Conductivité Électrique (CE)	26
E. Oxygène Dissous (OD)	27
F. Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)	27
I. Salinité (S)	27
III.5.2. Méthode de recherche et de dénombrement des paramètres microbiologiques	27
A. Coliformes Totaux (CT)	27
B. Coliformes Fécaux (CF)	28
C. Streptocoque fécaux	29

CHAPITRE IV RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION	33
IV.1. Paramètres physico-chimiques (Mesure in situ)	33

IV.2. Paramètres microbiologiques	37
IV.2.1. Détermination et calcul de la contamination microbiologique	38
A. Evaluation de la qualité microbiologique : présentation de l'indice	39
B. Application de la méthode de l'indice de contamination microbiologique	39
C. Établissement de la carte de qualité des eaux de source pour 2019	41
D. Évolution de la qualité bactériologique des eaux de source	42
E. Établissement de la carte de qualité des eaux de source pour 2016, 2017et 2018	43
Conclusion	46
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

L'eau est menacée de nos jours par la pollution du fait alors d'une pareille dégradation des ressources hydriques, la connaissance de la qualité de l'eau est une condition primordiale permettant l'instauration d'un système de gestion qui contribuera à garantir l'approvisionnement en eau dans le futur.

L'objectif de notre travail est de déterminer la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de sources au niveau du sous bassin versant oued la Kalle dans la région d'El Tarf, extrême nord est algérien.

Afin de suivre la qualité de ses eaux, nous avons choisi quatre sources de prélèvement repartis dans le sous bassin oued la Kalle, l'échantillonnage a été effectué durant une période de quatre mois qui s'échelonne du mois de Février au mois de Mai de l'année 2019.

Les résultats ont montré que la totalité des paramètres physico-chimiques répondent aux normes en vigueur.

Pour les analyses bactériologiques, elles montrent l'absence de la totalité des germes pathogènes.

Le calcul de l'indice de contamination microbiologique a confirmé l'absence d'une dégradation de la qualité des eaux auquel la contamination est nulle.

Des cartes d'aide à la décision ont été élaborées pour avoir une idée sur la qualité des eaux de sources étudiées, ces cartes montrent une excellente qualité.

Mots clés : sous bassin, oued la Kalle, sources, bactériologique, indice, carte, excellente qualité.

Abstract

Water is now threatened by pollution, so in the face of such a degradation of water resources, knowledge of water quality is a prerequisite for the establishment of a management system that will help to guarantee water quality. Water supply in the future.

The objective of our work is to determine the physicochemical and bacteriological quality of spring waters at the sub-catchment area or Kalle in the region of El Tarf, extreme northeastern Algeria.

In order to monitor the quality of its waters, we chose four sources of sampling distributed in the oued la Kalle sub-basin; the sampling was carried out during a four-month period, which spans from February to May of the year 2019.

The results showed that all the physico-chemical parameters meet the standards in force. For bacteriological analyzes, they show the absence of all the pathogenic germs. The calculation of the microbiological contamination index confirmed the absence of a deterioration in the quality of the water, including zero contamination. Decision support maps have been developed to get an idea about the quality of the studied spring waters, these maps show an excellent quality.

Key words: sub-basin, wadi Kalle, sources, bacteriological, index, map, excellent quality.

ملخص

أصبحت المياه مهددة بالتلوث، لذلك في مواجهة هذا التدهور في موارد المياه، فإن معرفة نوعية المياه هي شرط أساسي لإنشاء نظام إدارة يساعد على ضمان جودة المياه.

الهدف من عملنا هو تحديد الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية لمياه الينابيع بالحوض الفرعي واد القالة في منطقة الطارف، أقصى شمال شرق الجزائر.

من أجل مراقبة جودة المياه، اخترنا أربعة مصادر لأخذ العينات موزعة في الحوض الفرعي واد القالة.

أخذ العينات تم خلال فترة اربعة أشهر امتدت من فيفري إلى ماي لسنة 2019.

أظهرت النتائج أن جميع العوامل الفيزيائية والكيميائية تلبى المعايير المعمول بها.

بالنسبة للتحليلات البكتريولوجية، فإنها تظهر عدم وجود جميع الجراثيم الممرضة.

أكد حساب مؤشر التلوث الميكروبيولوجي عدم وجود تدهور في نوعية المياه، حيث ان التلوث معدوم.

تم انجاز خرائط تساعد على اتخاذ القرار للحصول على فكرة عن نوعية مياه الينابيع التي تمت دراستها، حيث تظهر

هذه الخرائط نوعية ممتازة.

الكلمات المفتاحية: حوض فرعي، واد القالة، ينابيع، بكتريولوجي مؤشر، خريطة، نوعية ممتازة.

Liste des tableaux

Tableau n°01. Découpage administratif du sous bassin côtier oued la Kalle	15
Tableau n° 02. Superficie des différentes communes incluses dans le sous bassin côtier oued Kalle	15
Tableau n° 03. Répartition de la population résidente par commune en 2018 dans le sous bassin oued la Kalle (DPAT, 2008).	16
Tableau n° 04. Inventaire des différentes sources de prélèvement avec dénomination et coordonnées	23
Tableau n° 05. Classes de turbidité usuelle (NTU, néphélogéométrie turbidité unit)	26
Tableau n° 06. Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de sources (17/06/2019)	33
Tableaux n° 07. Résultat des analyses bactériologiques des eaux de sources du sous bassin oued la Kalle (13/02/2019 - 30/5/2019)	38
Tableau n° 08. Grille de qualité (IQM)	39
Tableau n° 09. Valeurs bimensuelles des indices et des classes de contamination des eaux de sources	40
Tableau n° 10. Valeurs annuelles des indices et des classes de contamination des eaux de source pendant 2019	41
Tableau n° 11. Valeurs annuelles des indices et des classes de contamination des eaux de source pendant 2016, 2017 et 2018	43

Liste des figures

Figure n° 01. Cycle de l'eau	4
Figure n° 02. Carte du bassin Côtier Constantinois Est 03	12
Figure n° 03. Carte des sous bassin versant Côtier Oued la Kalle (03-18)	14
Figure n° 04. Carte du réseau hydrographique du sous bassin versant Côtier Oued la Kalle (03-18)	18
Figure n° 05. Laboratoire d'hygiène service de prévention et d'analyse bactériologique des eaux	21
Figure n° 06. Carte des points de prélèvement	22
Figure n° 07. Les échantillons d'eau de sources	25
Figure n° 08. Le principe de la technique de culture sur membrane	31
Figure n° 09. Gélose tergitole	31
Figure n° 10. Les étapes de filtration sur membrane	32
Figure n° 11. Variation de la température au niveau des eaux de sources	33
Figure n° 12. Variation du pH au niveau des eaux de sources	34
Figure n° 13. Variation de la turbidité au niveau des eaux de sources	34
Figure n° 14. Variation de la température au niveau des eaux de sources	35
Figure n° 15. Variation de l'oxygène dissous au niveau des eaux de sources	35
Figure n° 16. Variation du Eh au niveau des eaux de sources	36
Figure n° 17. Évolution du Eh en fonction du pH des différentes sources	36
Figure n° 18. Variation de la salinité au niveau des eaux de sources	37
Figure n° 19. Classe d'altération	39
Figure n° 19. Classe d'altération	42
Figure n° 21. Carte de qualité des eaux de source pendant 2016	44
Figure n° 22. Carte de qualité des eaux de source pendant 2017	44
Figure n° 23. Carte de qualité des eaux de source pendant 2018	45

Introduction

L'eau, ressource naturelle de plus en plus rare, fait partie du patrimoine d'une nation et aussi du patrimoine de l'humanité. La protection, la mise en valeur et le développement des ressources utilisables (dans le cadre des équilibres naturels) sont d'un intérêt général dans le monde. Nous devons veiller au respect de ce noble principe et considérer l'eau comme un bien économique et social dont l'accès est un droit pour chaque individu.

L'eau étant nécessaire au développement de toutes les formes de vie, animales ou végétales, il faut veiller à la préservation de cette ressource vitale des points de vue qualitatif et quantitatif. Pour cela, il faut assurer une gestion durable de cette ressource et préserver l'environnement dans lequel l'eau se trouve en interaction continue : la biosphère.

Depuis plusieurs décennies, en Algérie, les déjections animales, agricoles, industrielles ainsi que domestiques contribuent, de plus en plus qu'ailleurs, à la pollution des rivières et des nappes phréatiques.

Ces dernières années, de nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de la qualité des ressources en eaux souterraines ou superficielles.

Le présent mémoire vient s'ajouter à d'autres travaux et concerne la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de sources du sous bassin oued la Kalle appartenant à la région d'El Tarf. Cette dernière, région à vocation principalement agricole, est située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie.

Pour répondre à la problématique posée, (qualité des eaux de sources), un suivi de la qualité des eaux a été réalisé durant quatre mois (Février 2019 jusqu'au Mai 2019). Ces résultats sont développés dans le présent travail à travers quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique, qui est un rappelle sur l'eau et la pollution d'une façon générale.

Le deuxième chapitre donne un aperçu sur le cadre général de la zone d'étude par, sa situation géographique, sa géologie et son contexte socio-économique.

Le troisième chapitre intitulé matériel et méthodes, est essentiellement consacrée à la présentation des caractéristiques générales des sources d'eaux étudiées, et représente les démarches pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau.

La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet du quatrième chapitre de ce mémoire.

Le présent travail se termine par une conclusion faisant apparaitre les résultats de l'étude, des références bibliographiques et des annexes.

CHAPITRE I

PARTIE

BIBLIOGRAPHIQUE

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralité

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante. A pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 °C et solide en dessous de 0 °C. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Hamed et al ; 2012).

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus, près de 70 % de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (Hamed et al ; 2012).

I.2. Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. L'eau s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts, elle est condensée sous forme de nuages et ensuite transportée dans le ciel par vents. Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau autour des particules de poussières, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige, sous l'action de phénomènes météorologiques complexes où interviennent surtout les vents et les différences de températures (figure n°01). L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltré et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziani ; 2000). 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.

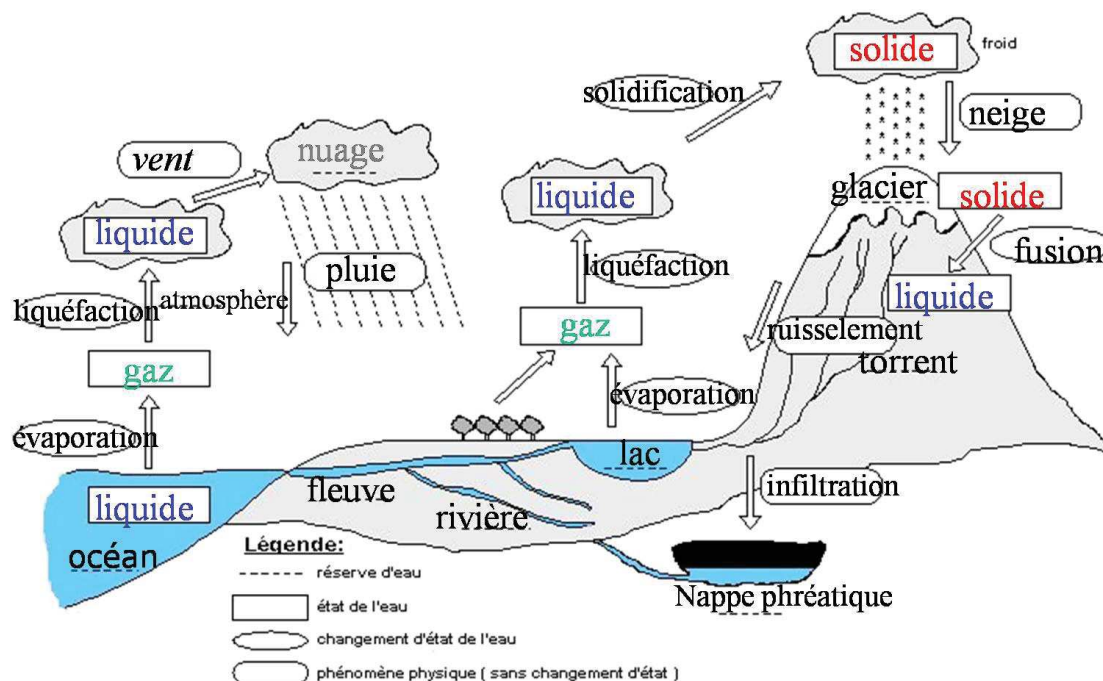


Figure n° 01. Cycle de l'eau.

I.3. Les Sources

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe aquifère souterraine.

Toute source est alimentée par une portion de la nappe aquifère qui lui a donnée naissance (Gomella et al ; 1974), suite à cela différents types de sources existent.

I.3.1. Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources, elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo minérales appartiennent à cette catégorie (Vilagines ; 2000).

I.3.2. Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir, Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (Bonnin ; 1982).

I.3.3. Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner.

Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (Gomella et Guerree ; 1980).

I.4. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc les dégradations de ces deux milieux (Bouziani, 2000).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (Rodier ; 2005).

La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dans :

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (fosses septiques, latrines),
- Les eaux de surface,
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau (Bouziani, 2000).

Les problèmes de pollution de l'eau ont pris un tour d'abord régional puis continental et désormais, maintenant il est mondial. Une grande quantité d'eau est polluée par les usages industriels, agricoles ou encore domestiques.

L'industrie utilise de grandes quantités d'eau mais le principal problème tient à ce que la majeure partie de cette eau retourne à la nature, polluée car chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds.

Plus de 85 % des eaux consommées par l'industrie sont retournés à la nature sous forme d'eaux usées (Gupta ; 1992).

Des évaluations récentes ont permis de rapporter que les principaux polluants de l'eau sont les effluents d'égout, les nutriments, les métaux toxiques rejetés par les industries en activité et surtout les installations minières abandonnées ainsi que les produits chimiques utilisés dans l'industrie et en agriculture (PNUE ; 1991).

Les évaluations effectuée dans ce cadre portent notamment sur :

- ✓ La nature et le niveau de la pollution de l'eau douce qui sont étroitement liés au développement socio-économique.

- ✓ Les polluants les plus fréquents qui sont l'ensemble des matières organiques contenues dans les eaux usées domestiques, les déchets urbains et les effluents agro-industriels.

La lutte contre cette pollution est d'autant plus difficile car elle est diluée dans l'eau et souvent invisible et que certains toxiques infiltrés dans le sol ne produisent souvent leur effet qu'à long terme et que de nombreux polluants agissent en synergies complexes.

I.5. Les principaux polluants

Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en quatre groupes : les polluants biologiques, les polluants chimiques, les polluants organiques toxiques et les polluants radioactifs.

I.5.1. Les polluants biologiques

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes (Bennana ; 2013).

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les algues.

A. La pollution bactérienne

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale (Bennana ; 2013). Parmi les germes pathogènes les plus répandus dans l'eau, on distingue :

- ✓ Les germes banals : les bacilles coliformes, les protéus,
- ✓ 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 Gartner et Morgan qui survivent peu de temps dans l'eau propre,
- ✓ Les vibrions cholerae 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 ictéro-gène, la pasteurelle tularensis (Bouziani ; 2000).

B. La pollution virale

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme (Schwartzbrod ; 2000).

Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les urines ou les excréctions nasopharyngées. On connaît plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres (Bouziani ; 2000).

Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel (Gantzer et al ; 1998). Le tableau 5 présente les principaux virus pathogènes entérique.

C. La pollution parasitaire

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique mais peuvent être éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (Bouziani ; 2000).

Il existe deux types de parasites présents dans le milieu hydrique :

- les helminthes ;
- les protozoaires.

D. Les algues de l'eau

Elles jouent un rôle positif pour l'équilibre des biotopes aquatiques en assurant la réoxygénation de l'eau par photosynthèse. Leur prolifération peut entraîner des nuisances pour la production d'eau potable, en perturbant les étapes de décantation en provoquant des remontés de boues, et de filtration en provoquant le colmatage des filtres. Elles contribuent aussi à enrichir l'eau en matières organiques. Parmi les algues fréquemment rencontrées (cyanophycées, diatomées, chlorophycées..) certains des cyanophycées (cyanobactéries ou algues bleues) secrètent des endotoxines ou des toxines responsables d'allergies cutanées et respiratoires, de gastro-entérites, de dysenteries et d'hémorragies (Savary ; 2010).

I.5.2. Les polluants chimiques

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à des faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité (Rodier et al ; 2009). Cette pollution chimique affecte tout le cycle de l'eau, depuis la pluie jusqu'aux eaux souterraines par exemple : 7,8 % des eaux

souterraines dépassent 40 mg.l⁻¹ de nitrates contre 1,6 % pour les eaux de surface (Henaut ; 2011). On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux,
- Les métaux lourds.

I.5.3. Les polluants organiques toxiques

Ce sont principalement les pesticides, les détergents et les hydrocarbures. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

I.5.4. Les polluants radioactifs

La pollution radioactive de l'eau n'a été reconnue que tout récemment. La radioactivité actuelle provient de l'utilisation de l'énergie nucléaire et des essais de bombes atomiques aériens effectués pendant les années 1960 (Zerluth et Gienger ; 2006).

I.6. Qualité des eaux

I.6.1. Qualité de l'eau d'alimentation

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

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

I.6.2. Qualité des eaux souterraines

Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (UNICEF ; 1999), elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire (Fiambusch ; 1998).

Dans la réalité, les eaux souterraines sont rarement stables tout au long de l'année. Il faut étudier leur évolution surtout pendant les précipitations importantes où elles peuvent devenir troubles ou même être souillées par une nappe phréatique d'une rivière voisine.

Elles peuvent être également polluées à partir du sol par des épandages de pesticides et des rejets d'eau résiduaires d'origines animale ou humaine.

Si cette pollution est plus rare et plus limitée d'ordinaire dans les eaux souterraines que dans les eaux de surfaces, les accidents ont un effet plus durable sur la première, étant donné les faibles vitesses de percolation et la teneur à retrouver l'équilibre perdu (Gaujour ; 1995).

I.7. Risque lié à l'eau

Les risques induits par l'eau de boisson peuvent être divisés en trois catégories : les risques à court terme, moyen terme et long terme. Le risque à court terme correspond au risque pris en ne buvant qu'un seul verre d'eau : il est exclusivement microbiologique.

Les risques à moyen et long terme sont liés à la consommation régulière et continue durant des semaines, des mois, même des années d'une eau contaminée chimiquement (Montiel ; 2004).

De ce fait, l'eau est le vecteur privilégié de nombreuses pathologies à transmission hydrique (Vincent ; 2014).

Ces principales pathologies peuvent être d'origine bactérienne, virale, parasitaire, liées à la présence de substance chimique dans l'eau et liées au manque d'eau.

I.8. L'eau et la santé

Une bonne eau est nécessaire à la santé, indispensable à notre organisme. Elle est une composante majeure du sang, elle contribue au maintien de la tension artérielle, au transport des substances nutritives, intervient dans le bon fonctionnement de notre organisme, des hormones, elle assure le maintien de la température corporelle ; elle permet la digestion des aliments, l'absorption des substances nutritives et l'élimination des déchets ; également alliée d'une bonne hygiène. Donc l'eau est un excellent collaborateur de santé (Bouhy ; 2007).

Parallèlement l'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à transmission hydrique provoquant des fléaux sanitaires dans le monde en développement.

Les services de santé identifient cinq catégories de maladies d'origine hydrique :

- ❖ Maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse),
- ❖ Infections de la peau et des yeux (trachome, gale, pian, lèpre, conjonctivite et ulcères),
- ❖ Parasitoses (bilharziose et dracunculose),
- ❖ Maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches,
- ❖ Infections dues au manque d'hygiène (tarnaises) (ONU ; 1992).

On estime que 25 000 personnes meurent chaque jour du fait de ces maladies (PNUE ; 1991).

Près d'un milliard de personnes dans le monde ne disposent pas d'eau potable de qualité. Or, améliorer l'accès à l'eau potable, c'est améliorer sensiblement la situation sanitaire.

L'hygiène personnelle progresse lorsque les disponibilités en eau dépassent les 50 litres par jour.

On estime aussi que 1,7 milliard de personnes doivent s'accommoder d'installations sanitaires, et l'absence de réseaux d'égout et de traitement des eaux usées est une source majeure de pollution des eaux superficielles et souterraines (Postel ; 1992).

I.8.1. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique (MTH), sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les microorganismes est une source d'infections très importante (Madigan et Martink ; 2007).

Selon le type de micro-organismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie, est très variable.

En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires qu'avec les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut provoquer la maladie alors qu'une concentration de 10³ à 10⁶ organismes est nécessaire dans le cas de certaines bactéries (François ; 2008).

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements.

Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels). (François ; 2008).

A. Choléra

Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80 % des cas graves non traités (Piar Roux ; 2002)

B. Fièvre typhoïde

Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1 % des cas.

C. Dysenterie

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements. Il existe la dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20 % (Briere ; 2000).

D. Diarrhées infectieuses

Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort (BRiere ; 2000).

CHAPITRE II

CADRE GÉNÉRAL

II. CADRE GÉNÉRAL

II.1. Situation géographique

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Notre recherche a été réalisée au niveau du bassin hydrographique Côtiers Constantinois Est.

Ce dernier est situé dans le littoral Nord de l'Est Algérien (figure n°02). Il est limité :

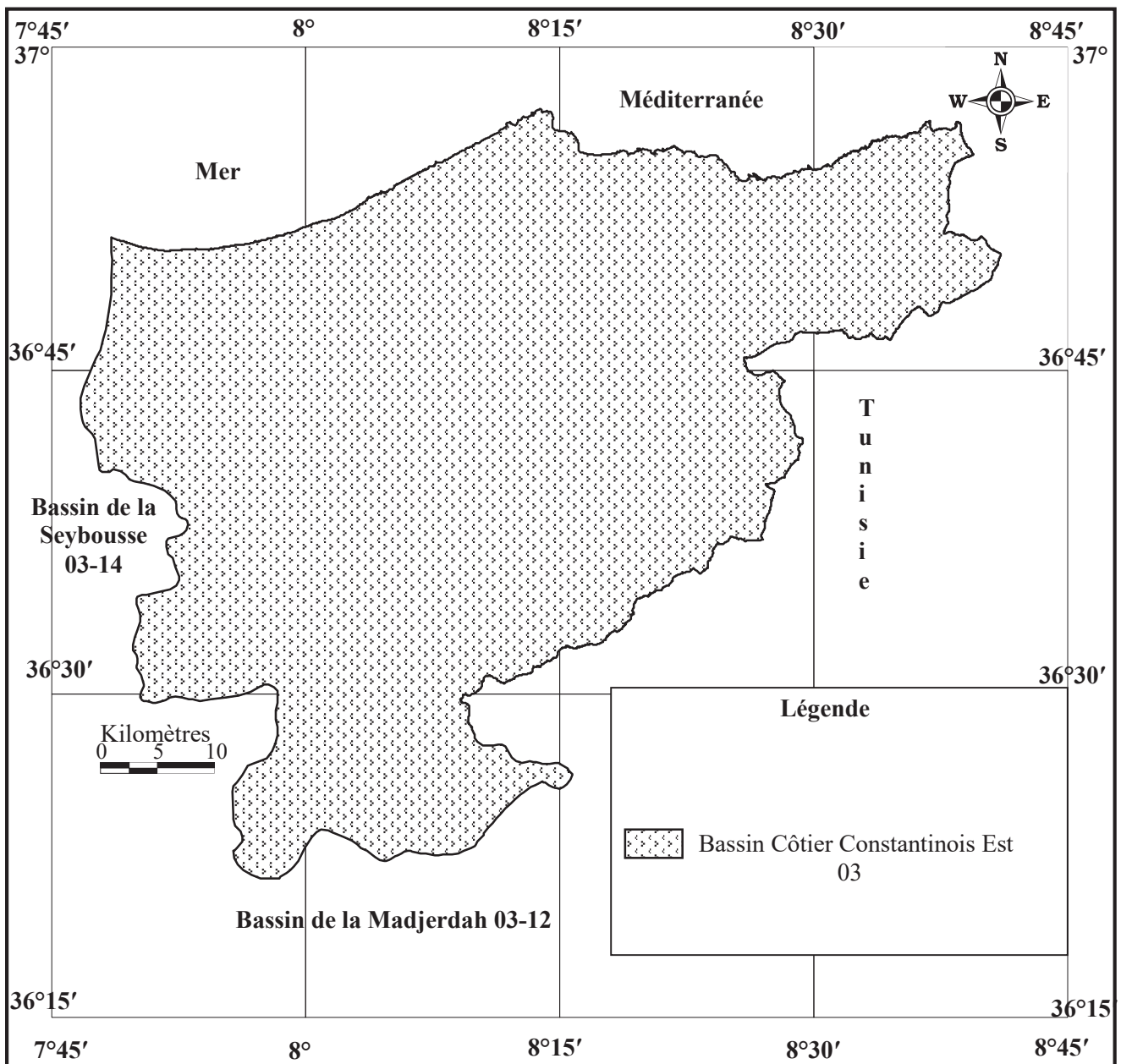


Figure n° 02. Carte du bassin Côtier Constantinois Est 03.

Au Nord par le massif dunaire de Boutheldja formant un obstacle naturel avec la mer Méditerranée ;

Au Sud par le bassin de Medjerdah ;

A l'Est par la frontière Algéro tunisienne ;

A l'Ouest par le bassin de la Seybouse.

Il couvre une superficie totale de 2870 Km² (calculé dans notre cas à partir du logiciel MapInfo Professional 8.0), et s'étend sur quatre wilayas.

Le bassin des Côtiers Constantinois Est, et l'un des plus grands réservoirs d'eaux superficielles et souterraines dans le Nord de l'Algérie, et codifié sous le numéro 03.

Il s'étend de 7°46' à 8°41' de longitude Est, et de 36°21' à 36° 57' de latitude Nord, (ABH, 2000).

II.1.2. Situation géographique de la zone d'étude

Notre zone d'étude qui est le sous Bassin Côtier Oued la Kalle codifié sous le numéro 03-18, s'étend de 8°13'3" à 8°41'4" de longitude Est, et de 36°46'43" à 36° 56'33" de latitude Nord, il est limité (figure n°03) :

Au Nord par la Mer Méditerranée ;

A l'Est par les frontières algéro tunisiennes ;

A l'Ouest par le sous Bassin Côtier Oued Mafragh 03-17 ;

Au Sud par le Sous Bassin Côtier Ramel Souk 03-16. Il couvre une superficie de 432,2 Km².

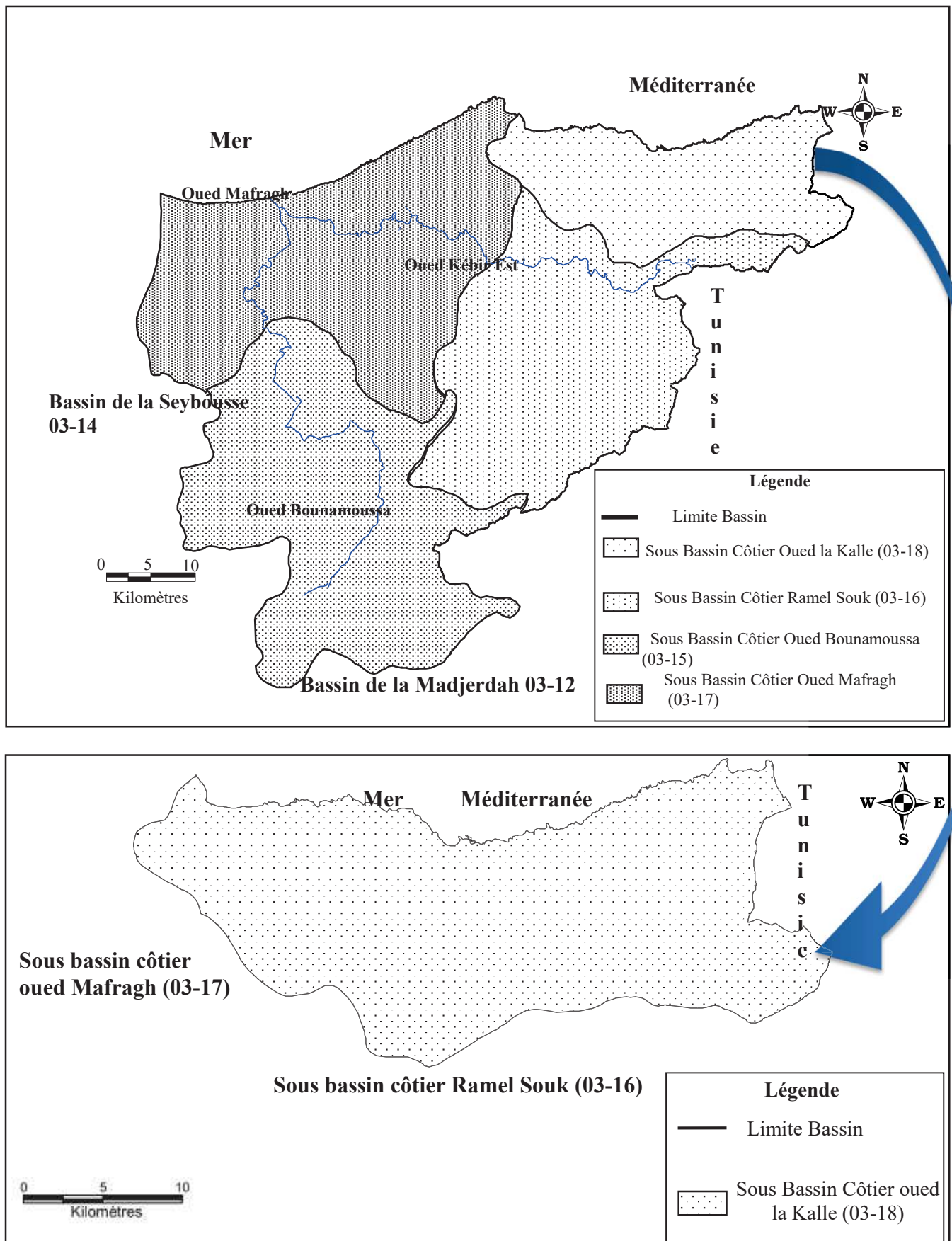


Figure n° 03. Carte des sous bassin versant Côtier Oued la Kalle (03-18).

II.2. Potentialités humaines et économiques

II.2.1. Découpage administratif

La région d'étude, occupe la partie Est de la wilaya d'El Tarf, répartis sur six communes dont cinq sont partiellement incluses dans le sous bassin oued la Kalle telque la commune d'El Kala, Ramel El Souk, El Aioune, Ain Assel et El Tarf ; et une qui est entièrement incluse dans le sous bassin qui est la commune d'El Souarekh (tableau n°01).

Tableau n°01. Découpage administratif du sous bassin côtier oued la Kalle.

Wilaya	Daira	Commune	Inclusion
El Tarf	El Kala	El Kala	Partiellement incluse
		Souarekh	Entièrement incluse
		Ramel El Souk	Partiellement incluse
		El Aioune	Partiellement incluse
	El Tarf	Ain Assel	Partiellement incluse
		El Tarf	Partiellement incluse

II.2.2. Superficie

Le Tableau n, montre que d'après la superficie on peut classée les communes du sous bassin en trois classes : la première inclut les communes d'El Kala et Souarekh dont la superficie est comprise entre 234 et 87 Km², la deuxième remembre les communes de Ramel El Souk, El Aioune et Ain Assel avec une superficie comprise entre 48 et 29 Km²; et enfin la troisième classe correspond à la commune d'El Tarf dont la superficie est de 1, 66 Km² (tableau n°02).

Tableau n° 02. Superficie des différentes communes incluses dans le sous bassin côtier oued la Kalle.

Wilaya	Daira	Commune	Superficie (Km ²)
El Tarf	El Kala	El Kala	233 ,2
		Souarekh	87,35
		Ramel El Souk	29 ,89
		El Aioune	38, 80
	El Tarf	Ain Assel	47, 55
		El Tarf	1, 66

II.2.3. Population

Les statistiques disponibles annoncent 56 487 habitants pour l'ensemble du sous bassin oued la Kalle, estimation 2018 selon recensement 2008 ; (tableau n° 03). Cette population est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes telles que El Kala et Ain Assel.

Tableau n° 03. Répartition de la population résidente par commune en 2018 dans le sous bassin oued la Kalle (DPAT, 2008).

Wilaya	Daira	Commune	Population (hab)
El Tarf	El Kala	El Kala	27548
		Souarekh	9565
		Ramel El Souk	3130
		El Aioune	5522
	El Tarf	Ain Assel	10205
		El Tarf	517

II.3. Topographie

Les principaux éléments qui constituent le relief du sous bassin oued la Kalle sont (Raachi ; 2007).

- Un cordon dunaire qui s'étend de l'Est à l'Ouest au Nord du lac Tonga, formé essentiellement de sable quaternaire.
- Des petites éminences de relief gréseux de faibles altitudes (180 à 300 m) qui interrompent dans certains endroits le cordon dunaire (Kef El Assa de 203 m, Kef Mechtob de 178 m), ainsi qu'un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m.
- Deux plaines alluviales marécageuses, celle d'Oum Teboul délimitée topographiquement entre 10 et 30 m, et celle d'Oued El Hout qui monte en pente douce (2 %) jusqu'à 40 m.
- Les versants Ouest des montagnes allant du Nord jusqu'au Sud, avec Kef Segleb de 327 m au Nord, kef Radjela de 530 m, Kef Bab Abrik de 573 m, et Kef Edmen de 594 m.
- Enfin, le versant Nord du Djebel Kourima avec Kef Hammam de 561 m.

II.4. Géologie

La zones d'étude fait partie de l'ensemble géologique du Tell-algérien nord-oriental qui s'étend de la région du Constantinois à la frontière algéro-tunisienne, et qui possède l'une des structures les plus plissées et les plus compliquées de l'Afrique du Nord, lié à l'orogénèse alpine périméditerranéenne.

L'étude géologique du sous bassin oued la Kalle a permis de tirer les résultats suivants (Haouli ; 2017) :

- Un ensemble allochtone, qui comporte deux complexes; le complexe de Flysch à micro brèche (où son assise inférieure affleure uniquement dans la partie Sud-Est d'El Aioun), et le complexe Numidien, qui est caractérisé par son assise supérieure gréseuse dont ses structures ont une disposition interne simple avec une pente douce (presque horizontale).

- Un ensemble autochtone post-nappe, qui renferme la nappe Miocène qui se développe dans sa grande partie dans le secteur d'El Aioun, recouvert par des dépôts quaternaires.

Du point de vue tectonique, la région d'étude englobe deux types de fractures : non minéralisées, et minéralisées; dont les plus favorables à la minéralisation sont celles de direction Est-Ouest (Bentouili ; 2007).

II.5. Hydrogéologie

Du point de vue hydrogéologique, deux formations sont observées dans la région les formations perméables et les formations peu perméables. Les grès, les argiles numidiennes, ainsi que les argiles et les limons appartiennent aux formations peu perméables. Leur perméabilité est faible (Raachi ; 2007).

Compte tenu de la structure géologique du bassin versant, l'alimentation des aquifères du bassin versant se fait à partir des eaux de surface des versants au Nord et au Sud ainsi à partir d'Oued El Eurg, Oued El Haut et des précipitations directes sur les versants qui ressentent le même substratum peu perméable que celui des aquifères (Durand ; 1954).

II.6. Pédologie

L'étude des sols du bassin versant permet de déterminer deux types de sol :

- Sols zonaux, dépendants surtout du climat, on distingue :

Sols podzols ferrugineux, sols oxyhumiques, sols insaturés acides, sols insaturés, sols décalcifiés, Ces trois derniers types de sols ont des végétations identiques formées de plantes herbacées dans les terrains lourds (ce qui est le cas général), buissonnantes dans les terrains plus légers.

- Sols azonaux, indépendants du climat, on distingue :

Sols des marais, sols de prairies marécageuses, sols tourbeux non inondés, solods, sols alluviaux, sols dunaires (Raachi ; 2007).

II.7. Hydrographie

Le réseau hydrographique du sous bassin versant inclus l'ensemble des cours d'eau drainant le territoire du bassin versant. Il comprend tous les canaux et les ruisseaux pour aboutir au cours d'eau principal appelé dans notre cas Oued (figure n° 04).

Le sous bassin versant présente deux cours d'eau majeurs qui coulent toute l'année (Oued El Haut long de 14 Km, et Oued El Eurg qui fait 10 Km de longueur) (Raachi ; 2007).

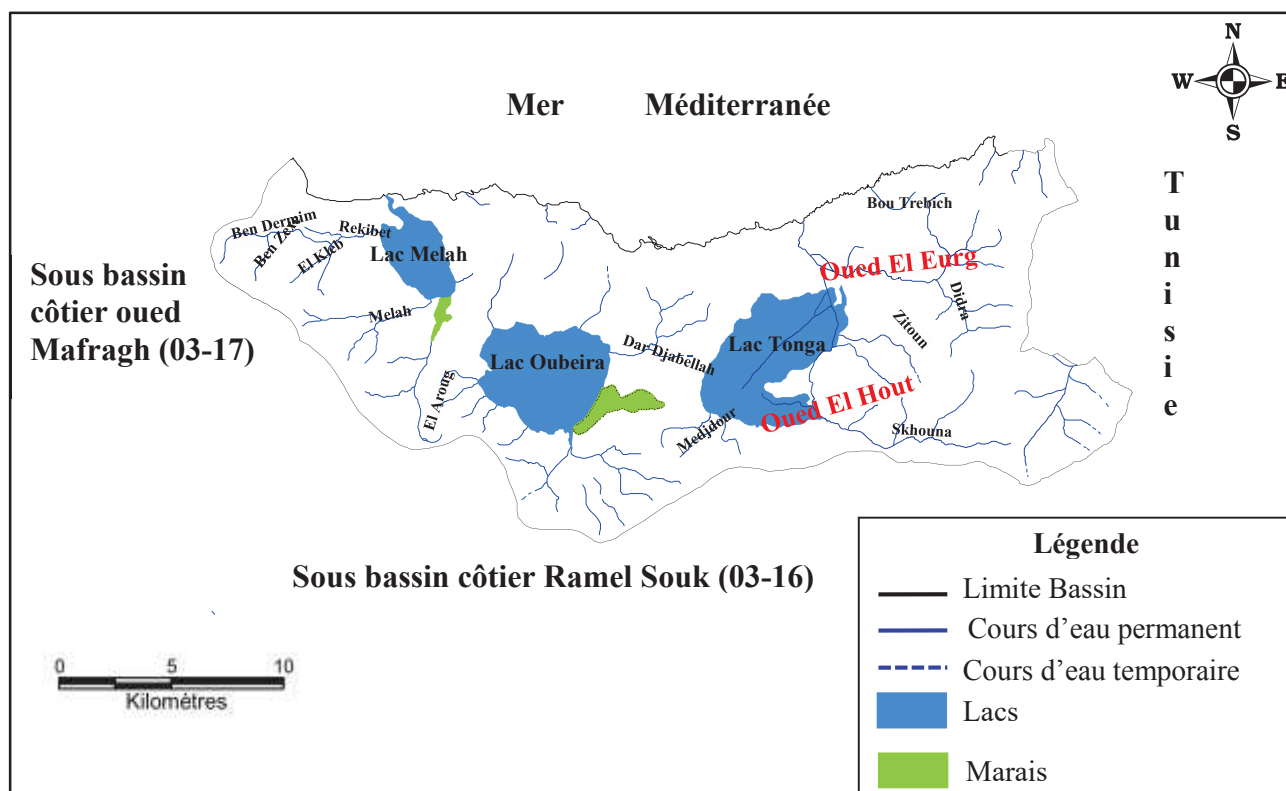


Figure n° 04. Carte du réseau hydrographique du sous bassin versant Côtier Oued la Kalle (03-18).

II.8. Caractère climatique

Le climat est certainement un facteur du milieu très important. Il a une influence directe sur la faune et la flore. Le sous bassin est caractérisé par un climat méditerranéen avec une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froids et par une sécheresse pendant l'été (Samrauoi et De Belair, 1998).

II.9. La biodiversité

II.9.1. La Flore

D'après les zones du sous bassin versant la végétation se répartit comme suit :

- Dans la zone littorale (le cordon dunaire) : se développe convenablement le pin maritime et le maquis à chêne kermes.
- Dans la plaine : on trouve l'aulnaie, qui comporte des ormes, des frênes et des saules.

- Dans les massifs montagneux : se développent le chêne liège, le chêne zeen et maquis dégradé de chêne liège (Raachi ; 2007).

II.9.2. La Faune

La mosaïque d'écosystèmes du sous bassin versant, constitue un habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée à savoir :

L'avifaune aquatique, les mammifères, l'entomofaune, l'herpétofaune, les amphibiens et l'ichtyofaune (Raachi ; 2007).

II.10. Les activités

II.10.1. Agriculture

L'agriculteur utilise les engrais et, de manière plus préoccupante pour l'évolution des milieux en tracteur. Les cultures sont nettement dominées par le maraîchage, et l'arachide pratiquée aux abords des sources d'eau, il y a trois types de cultures :

- 1- Les cultures spéculatives de l'arachide, du melon et de la pastèque prennent de l'extension dans les zones dunaires,
- 2- Dans les zones montagneuses, la céréaliculture est pratiquée sur les piémonts où les programmes de développement pour l'arboriculture,
- 3- Autour et dans les zones inondables sont pratiquées les cultures fourragères (Raachi ; 2007).

II.10.2. Élevage

L'élevage est complémentaire aux cultures, le troupeau est généralement constitué d'une douzaine ou une vingtaine de bovins qu'accompagnent fréquemment un nombre équivalent d'ovins ou de caprins et qui ne sont pas systématiquement destinés à la vente. (Raachi ; 2007).

II.10.3. Développement forestier

Le développement forestier constitue un élément très important dans l'économie locale. Il contribue à la stabilité du monde rural, à l'amélioration du niveau de vie des populations riveraines des forêts et surtout au maintien et à l'utilisation durable des ressources forestières (Raachi ; 2007).

Toutefois, en plus des activités agro-pastorales pratiquées au sein de la forêt, cette dernière autant que son sous-bois ou sol procure des activités traditionnelles diverses largement pratiquées par plusieurs membres d'une même famille à savoir :

- l'exploitation du liège ;
- l'exploitation du bois, d'aune, orme, chêne liège, eucalyptus, pin ;
- l'exploitation de l'olivier et du lentisque pour l'extraction d'huile ;

- la cueillette de miel sauvage.

II.10.4. Pêche

L'activité de pêche d'anguille destinée à l'exportation, sachant que le sous bassin versant est une zone de protection intégrale d'un Parc National proscrit toute activité économique (Raachi ; 2007).

II.10.5. Apiculture

L'apiculture est surtout adoptée par de jeunes apiculteurs récemment formés par la Chambre d'Agriculture de la Wilaya.

Cette activité est à prendre avec beaucoup de considération dans le cadre d'une stratégie de développement durable, dans la mesure où elle peut substituer certaines activités agricoles qui portent préjudice à l'environnement. (Raachi ; 2007).

II.10.6. Industrie

L'industrie au sens propre du terme est pratiquement inexistante sur l'aire du sous bassin versant, à l'exception d'une petite unité de fabrication de Siporex (brique silica-calcaire) à Oum Teboul, partiellement à l'arrêt (Raachi ; 2007).

CHAPITRE III

MATÉRIEL ET MÉTHODES

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

III.1. Cadre de l'étude

Notre étude s'est déroulée dans le laboratoire d'hygiène service de prévention et d'analyse bactériologique des eaux d'établissement public de santé de proximité (Boussebsi Omar) au niveau de la Clinique publique multiservices (Saidi Mousa appelé Khalifa) El Kala wilaya d'El Tarf (figure n° 05).

Lorsqu'un prélèvement parvient au laboratoire, il est enregistré et reçoit un numéro d'identification unique ; celui-ci sera analysé.

Les comptes rendus sont archivés et les résultats des analyses sont enregistrés dans le registre du service.

Le personnel est composé de deux laborantines.



Figure n° 05. Laboratoire d'hygiène service de prévention et d'analyse bactériologique des eaux.

II.2. Période et type d'étude

Notre étude a été réalisée sur les eaux de quatre sources localisées dans le sous bassin oued la Kalle. Ces eaux ont été analysées au laboratoire d'hygiène service de prévention et d'analyse bactériologique des eaux, pendant les mois de Février, Mars, Avril et Mai durant l'année 2019 à raison de deux prélèvements par mois.

Le but de ce travail est d'avoir un aperçu sur la qualité microbiologique de ces eaux de source par le biais d'un indice pendant l'année 2019, et avoir une idée sur l'évolution de la qualité de ces eaux par la comparaison de ces résultats avec ceux des années 2016, 2017 et 2018.

II.3. Présentation des stations d'échantillonnage :

Pour la réalisation de cette étude, nous avons choisie quatre sources dont ces eaux sont destinées à la consommation humaine tel que (figure n° 06) :

- ❖ La source de Melloul ;
- ❖ La source de Siporex ;
- ❖ La source d'Ain Bargougaya ;
- ❖ La source de Segleb. Leur répartition géographique est résumée dans le tableau n° 04.

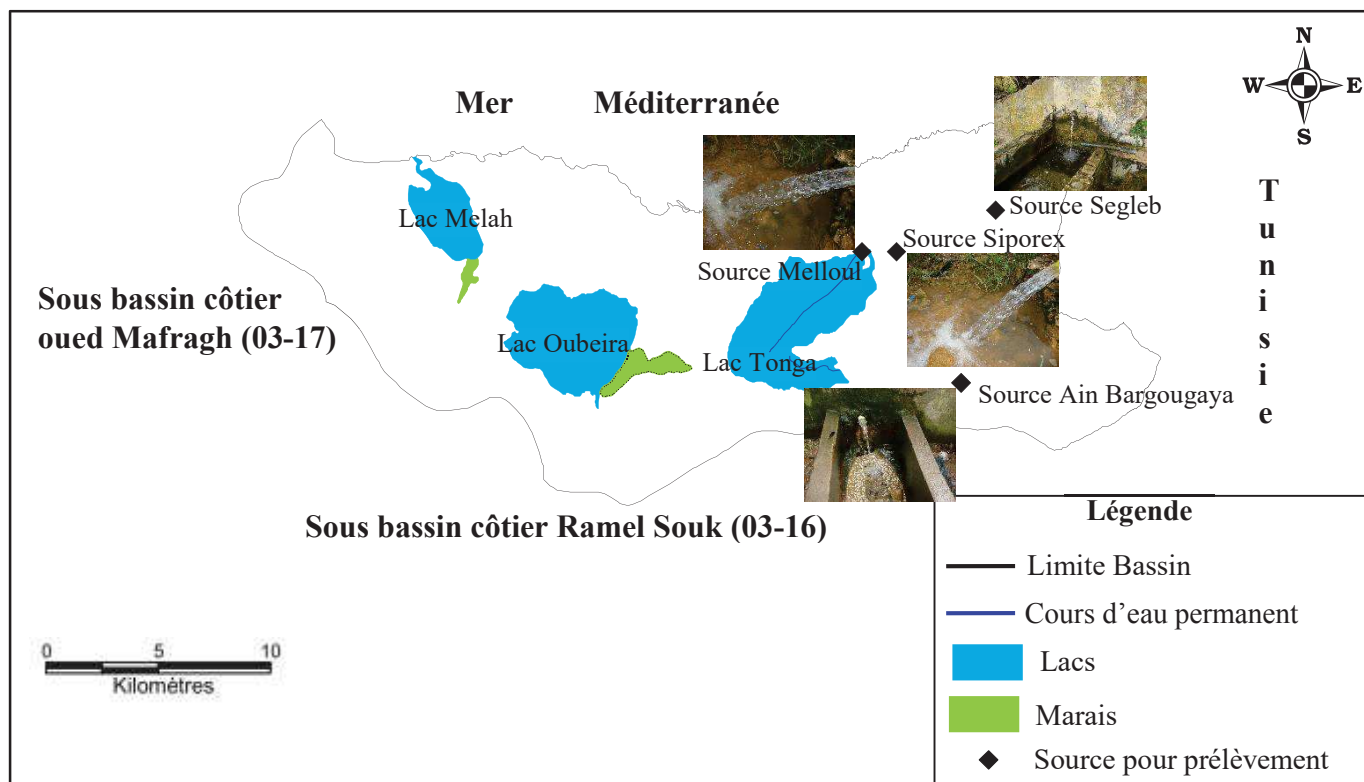


Figure n° 06. Carte des points de prélèvement.

II.3.1. La source de Melloul

Melloul située à 2 Km au Nord de la commune de Souarekh, se trouve à l'état naturelle, non couverte et provenant d'une nappe phréatique importante. Son captage par forage donne naissance à l'oued Melloul.

Elle constitue un périmètre important d'irrigation de la région. Le captage est relié par une canalisation de haute pression qui arrive dans un réservoir 2 x 500 l, alimentant la localité de Melloul avec un débit de 250 l/s.

III.3.2. La source de Siporex

Située à 300 m de la nappe de Melloul, il s'agit d'un captage qui alimente l'usine de Siporex et quelques habitations.

III.3.3. La source de Segleb

Située à 4 Km à l'Est de la commune de Souarekh, cette source renferme plusieurs plantes aquatiques qui peuvent influencer défavorablement la qualité de l'eau et elle est exposée aux eaux de ruissellement.

III.3.4. La source d'Ain Bargougaya :

Ain Bargougaya située à 7 Km de Souarekh, et à 3 Km au Nord de la commune d'el Aioune, sur la route national 44 vers la Tunisie. Son captage et son adduction comporte des ruissellements gravitaires des montagnes à une chambre de captage d'une longueur de 100 m aménagée en une fontaine publique de forme rectangulaire avec un débit moyen de 100 l/s.

Tableau n° 04. Inventaire des différentes sources de prélèvement avec dénomination et coordonnées.

Numéro de la source de prélèvement	Nom de la source de prélèvement	Coordonnées (degré minute)		Altitude (m)
01	Melloul	36°53.784'N	08°32.606'E	32
02	Siporex	36°53.576'N	08°33.017'E	29
03	Segleb	36°54.621'N	08°36.241'E	120
04	Ain Bargougaya.	36°50.952'N	08°35.402'E	308

III.4. Etude de la qualité physico chimique et microbiologique des eaux

III.4.1. Matériel

Au cours de notre travail sur terrain on a utilisé le matériel suivant :

- ✓ Multi paramètre de terrain série u-50, HORIBA ;
- ✓ Flacon stériles de 250 ml pour prélèvement d'eau ;
- ✓ Glacière pour transporter les échantillons ;
- ✓ Appareil photo numérique Sony DSC-W220 ;
- ✓ GPS pour relever les coordonnées de chaque point.

III.4.2. Echantillonnage

Les échantillons seront recueillis dans des flacons soumis au préalable à un nettoyage rigoureux et stériliser pour l'élimination des bactéries. L'échantillon de chaque source doit être recueilli dans un flacon.

Chaque prélèvement est accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle est notée :

- ✓ l'origine de l'eau (eau de source) ;
- ✓ l'adresse exacte du lieu de prélèvement ;
- ✓ la date de prélèvement.

Donc pendant chaque sortie et avant le prélèvement de l'échantillon, il y a certain informations a noté sur une fiche de terrain.

III.4.3. Technique de prélèvement

Pour le prélèvement d'eau nécessaire à l'analyse bactériologique, nous avons utilisé de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse métallique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser.

Il faut recueillie au maximum les informations qui ont une relation avec la qualité bactériologique des eaux : origine de l'eau, la cause probable de la contamination, l'importance des pluies avant le prélèvement, la nature lithologique du terrain traversé et la cause de la souillure permanent ou accidentelle aux lesquelles les eaux parait exposé (établissement agricole ou industrielle...).

III.4.4. Conditions du prélèvement

A. Echantillonnage d'eau pour les analyses bactériologiques

Les conditions essentielles à respecter pour le prélèvement sont d'abord le respect des règles d'asepsie.

Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une contamination, d'où la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions stériles.

Il est nécessaire d'utiliser des flacons propres, secs, étanches, à col large stérilisés c'est à dire l'eau recueillie dans le récipient de prélèvement constitue un échantillon représentatif et aussi les concentrations des substances à analyser ne varient pas entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

Quand le prélèvement aseptique a été réalisé, il faut identifier immédiatement le produit avec une étiquette ou une référence.

Si l'échantillon doit être transporté, il faut réduire au maximum le délai avant l'analyse. Il est souvent nécessaire de réfrigérer le produit au cours de son transport ; certains germes fragiles peuvent néanmoins disparaître au cours de cette réfrigération.

B. Transport et stockage

Afin d'éviter que la teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : Température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960,

relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifique que « si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C ». Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (Rodier ; 2009). C'est à dire à chaque fois les prélèvements effectués, les flacons sont lisiblement étiquetés, conservés dans une glacière réfrigérée à une température de 4 °C et acheminés jusqu'au laboratoire (figure n° 07).



Figure n° 07. Les échantillons d'eau de sources.

III.5. Méthodes

L'analyse des eaux étudiées et le suivi des composés détectables ont été réalisés à l'aide des techniques suivantes :

III.5.1. Mesure in situ des paramètres physico-chimiques

Les paramètres enregistrés in situ, sont : le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T), la conductivité électrique (CE), l'oxygène dissous (OD), le potentiel redox (Eh), la turbidité et la salinité. L'appareil de mesure est un multi paramètre de terrain série u-50, HORIBA (Annexe n°01). Il est doté d'une sonde qui affiche simultanément les résultats de 11 paramètres d'indication tel que le pH, potentiel redox, oxygène dissous, conductivité, salinité, solides totaux dissous, gravité spécifique eau de mer, température, turbidité et profondeur.

Parmi ces paramètres on distingue :

A. La Température (T)

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la

détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques (Rodier ; 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS ; 1994).

Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier ; 2009).

B. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous. (Hamed et al ; 2012).

C. Turbidité (T)

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissous (Rodier ; 2009) (tableau n° 05). C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis ; 2005). La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (Jean ; 2002).

Aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte (OMS ; 2004). Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes (Rodier ; 2005). La turbidité se mesure en unité néphelométrique. (NTU) (Joel ; 2003).

Tableau n° 05. Classes de turbidité usuelle (NTU, néphélométrie turbidité unit) (Joel ; 2003).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble (la plupart des eaux de l'Afrique atteignent ce niveau de turbidité)

D. Conductivité Électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Merabet ; 2010).

La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels

dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure, où chaque organisme aquatique a des exigences propres (Merabet ; 2010).

E. Oxygène Dissous (OD)

L'oxygène dissous est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (Kahoul ; 2014).

F. Potentiel d'oxydo-réduction (Eh)

Le potentiel d'oxydoréduction est la mesure de la concentration des électrons en solution. Sa mesure permet de renseigner l'état d'oxydation ou de réduction d'un milieu à savoir sur l'intensité de l'activité biologique, sur l'état d'oxydation de certains éléments et sur l'évolution de la matière organique.

- Si le Eh est supérieur à 0: le milieu est oxydant en contact avec l'air (milieu aérien, aquatique superficiel ou agité).
- Si le Eh est inférieur à 0 : le milieu est réducteur à l'abri de l'air (milieu aquatique calme, eaux stratifiées, sols hydro morphes). (Bahroun ; 2016)

I. Salinité (S)

La salinité est la concentration de sels minéraux dissous dans l'eau. L'eau douce et l'eau salée contiennent de nombreux sels minéraux, présents en concentration différente.

III.5.2. Méthode de recherche et de dénombrement des paramètres microbiologiques

Dans notre étude on a choisis trois paramètres microbiologiques telque :

A. Coliformes Totaux (CT)

Correspondent à des bacilles gram négatif, non sporulé, oxydase négatif, aérobie et anaérobie facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaries et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 h à une température de 35 à 37 °C. Ils se répartissent en en deux catégories :

- Les germes d'origine fécale stricte : Escherichia coli, Citrobacter, klebsiella, serratia (CEAEQ ; 2000).
- Les germes provenant d'autre source environnementale (aquatique et tellurique) : Enterobacter intermedium et Amnigenus, klebsiella terrigena (Leclerc et al ; 2001).

Dans les 20 éditions de standard methods pour l'examen de l'eau on définit comme suit le groupe de coliformes totaux qui appartiennent à la famille des Entérobactériacées :

- Bactérie anaérobie facultative ; en forme de bâtonnet, non sporulée et gram négative qui fermente le lactose et produit du gaz et de l'acide dans 48 heures à 35 °C.
- Nombreuses bactéries anaérobies facultatives, en forme de bâtonnet, non sporulées et gram négatives qui forment des colonies rouges à reflets métallique dans 24 heure à 35 °C dans un milieu de type endos contenant du lactose (Edberg et al ; 2000).
- Toute les bactéries dotées d'enzyme β galactosidase, qui clive un substrat chromogène comme : ortho-nitrophényl- β -D- galactopyranoside), ce qui libèrent un agent chromogène (ortho-nitrophénol) (Leclerc et al ; 2001).

B. Coliformes Fécaux (CF)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont un sous groupe de coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'Escherichia coli et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres Citrobacter, Enterobacter et Klebsiella (Elmund et al ; 1999).

La bactérie E. coli représente 80 à 90 % des coliformes thermo tolérants détectés (Barthe et al ; 1998). Bien que la présence des coliformes fécaux témoigne la présence habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matières organiques, tels que les effluents industriels du secteur des pâtes des papiers et papiers ou de la transformation alimentaire (OMS ; 2000). C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermo tolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (Roberton ; 1995). L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organisme indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CEAQE ; 2000).

Par ailleurs, les coliformes fécaux ne prolifèrent pas habituellement dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de déterminer une contamination fécale découlant par exemple d'infiltration d'eau polluée dans les canalisations (AWWA ; 1990).

Ils sont aussi des bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers sont préférables pour cette fonction (Robertson ; 1995).

Le risque sanitaire est que la présence des coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéro-pathogènes (Zmirou et al ; 1987), comme les salmonelles (Santé Canada ; 1991), et le virus de Norwalk (Craun ; 1986).

C. Streptocoques Fécaux (SF)

Il s'agit de cocci à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (Leyla et al ; 2002).

La persistance entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (OMS ; 2000), notamment cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (Berne ; 1991), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS ; 2000). De plus leur résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations de réseau de distribution nécessitant un assèchement (WHO ; 1993).

❖ Analyse bactériologique au niveau du laboratoire

Durant chaque sortie, nous avons un échantillon constitué de 4 prélèvements devant subir une analyse bactériologique au niveau du laboratoire.

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. Les germes recherchés sont : *les Germes totaux, les Coliformes fécaux*, la recherche et le dénombrement des *Streptocoques fécaux*

* la recherche et le dénombrement des indicateur de contamination se fait selon deux méthodes de choix :

- ✓ Soit par filtration sur membrane à 0,45 µm en milieu solide en supposant la disponibilité d'une rampe de filtration,
- ✓ Soit en milieu liquide sur BCPL par technique du NPP (nombre le plus probable).

La technique de filtration sur membrane a été choisie.

- Principe

Le principe de la culture sur un milieu solide est que chaque bactérie donne naissance après incubation à une colonie repérable macroscopiquement. L'unité est alors exprimé en UFC/volume c'est-à-dire unité formant colonie par unité de volume.

La technique de filtration sur membrane est une méthode utilisée dans le but de concentrer les microorganismes présents dans 100 ml de volume à travers une membrane poreuse de diamètre 0,45 μ m (figure n° 08). Les bactéries piégées à la surface de cette membrane sont mises en culture sur un milieu gélosé donné et pendant une durée précise. Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre ou bien dit le principe après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliqué sur un support nutritif permettant le développement des germes sous aspect caractéristique pendant une durée de 24 h et avec une température bien déterminée.

- Domaine d'application

Cette méthode est surtout intéressante à une grande sensibilité et éventuellement une grande précision est exigée, elle donne des résultats erronés quand il y a dans l'eau analysée des substances ou micro-organisme susceptible de colmater les pores des membranes donc insolubles surtout à pouvoir colmatant.

- Matériel et procédés

On utilise une rampe de filtration qui est constituée de :

- Pompe,
- Entonnoir,
- Récipient,
- Membrane poreuse,
- Boite de pétrie,
- Gélose de tergitol pour CT et CTT,
- Gélose Slanetz pour streptocoque,
- Anse de platine,
- Pipette pasteur,
- Filtre.

✚ Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Test présomptif :

Le dénombrement des coliformes s'effectue dans la gélose lactose au Tergitol 7 auquel on a rajouté le TTC (chlorure 2-3-5-tréphényl tétrazolium) en utilisant la technique de filtration sur membrane.



Figure n° 08. Le principe de la technique de culture sur membrane.

Le Tergitol 7 inhibe la croissance des bactéries à gram positif et favorise la croissance des coliformes.

- Préparation de la gélose tergitol

- Faire fondre la gélose,
- Laisser refroidir à une température de 45 °C et rajouté les additifs,
- Couler dans des boites de pétri 55 mm de diamètre,
- Conserver les boites à +4 °C.



Figure n° 09. Gélose tergitol

- La méthode de travail

Après la préparation de gélose tergitol on applique les étapes ci-dessous :

- Stériliser la membrane poreuse,
- Stériliser l'entonnoir,
- Refroidir l'entonnoir,
- Déposer un filtre de 0,45µm de diamètre sur la membrane poreuse,
- Remplir l'entonnoir par l'eau prélevée (échantillon),
- Remettre le couvercle pour certain rampes. Ce mode opératoire est appliqué pour la recherche des coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (figure n° 09).



Figure n° 10. Les étapes de filtration sur membrane.

Dénombrement des coliformes totaux

- Mode opération

- Filtré sur deux membrane différentes, dans les conditions d'asepsie deux prises d'essais d'eau a analysée soigneusement homogénéisée par agitation,
- Placer chacun des deux membranes sur une boite de gélose tergitol,
- Mettre l'une de ces boites à incuber durant 24 h à 37 °C et l'autre durant 24 h à 4 °C.

- Lecture

La lecture des boites après incubation à 37 °C permet de reconnaître la présence de coliforme par les caractéristiques suivantes :

- Coloration jaune de colonies ou jaune orange.

Dénombrement des coliformes fécaux

- La lecture de boites incubées à 44 °C (Annexe n° 02),
- La mise en évidence des coliformes de la même façon que sur les boites incubées à 37 °C, mais en pratique, parmi les coliformes seuls coliformes fécaux se développent à cette température.

Dénombrement des streptocoques fécaux

Les résultats du dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100 ml.

- Principe

Après filtration sur la membrane de cellulose slantetz celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui ne laissent se développer que les colonies de streptocoque.

- Mode opératoire

- Filtré sur la membrane dans la condition d'asepsie d'essai de l'eau a analysée soigneusement, homogénéisée par agitation,
- Placer la membrane sur une boite de milieu slantetz,
- Incuber pendant 24 h à 37 °C,
- Compté alors toute les colonies rouge brique ou rose visible sur la boite.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Paramètres physico-chimiques (Mesure in situ)

Les résultats de mesure des paramètres physico-chimiques des eaux de source étudiées sont reportés dans le tableau n° 06, ils sont comparés aux normes algériennes relatives à la qualité des eaux utilisées pour la production de l'eau destinée à la consommation humaine (Annexe n° 03).

Tableau n° 06. Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux de sources (17/06/2019).

Paramètres Source	T (°C)	pH	Eh (mV)	Turbidité (NTU)	OD (mg/l)	Salinité (g/l)	Conductivité (µs/cm)
Ain Bargougaya	17,83	5,7	50	1	9,92	0,144	220
Segleb	18,72	6,63	- 4	0	9,22	0,473	739
Melloul	20,53	7,07	- 30	0	9,82	0,008	150
Siporex	19,42	7,02	- 28	0	9,7	0,010	180

IV.1.1. Température

La figure n° 11 montre que les résultats obtenus indiquent une température d'eau qui varie entre un minimum de 17,83 °C au niveau de la source Ain Bargougaya et un maximum de 20,53 °C au niveau de la source Melloul.

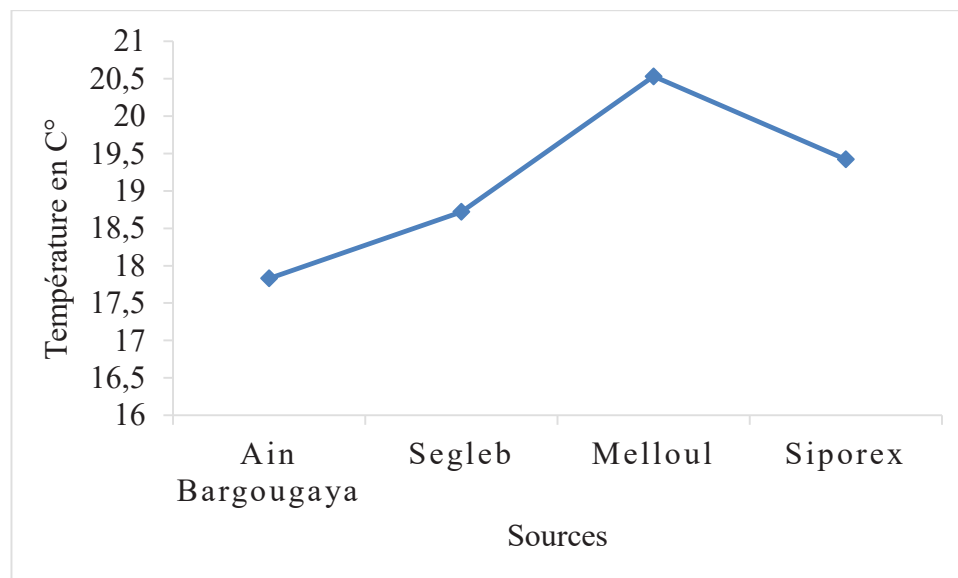


Figure n° 11. Variation de la température au niveau des eaux de sources.

L'allure de la courbe montre que la température est notamment élevée dans la source Melloul, ceci s'explique par la faible profondeur des eaux qui sont directement influencées par la température de l'air. On constate que les températures au niveau de toutes les sources ne dépassent pas la norme algérienne qui est inférieure à 25 °C.

IV.1.2. Potentiel d'hydrogène

La mesure des valeurs du pH enregistrées dans les eaux de sources montre que le pH mesuré au niveau de toutes les sources, s'échelonne entre 5,70 au niveau d'Ain Bargougaya et 7,07 au niveau de Melloul ce qui traduit généralement un caractère d'eau légèrement acide à neutre.

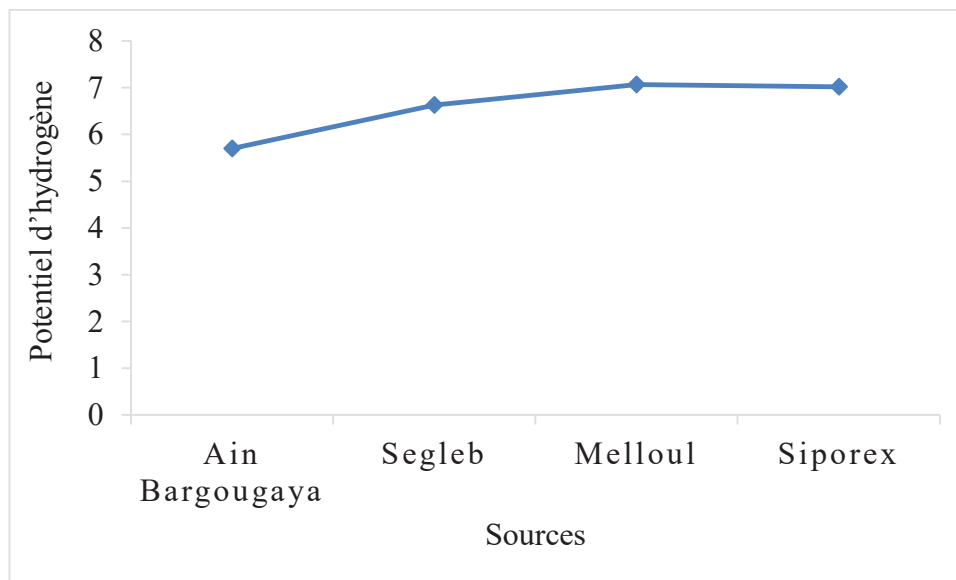


Figure n°12. Variation du pH au niveau des eaux de sources.

La figure n° 12 illustre que les eaux d'Ain Bargougaya et Segleb sont marquées par un pH acide, probablement dû à une contamination par les composés azotés. L'eau acide est en effet agressive (corrosive) et peut libérer les métaux constitutifs des canalisations, à savoir le fer, le cuivre, le plomb, le nickel, le chrome et le zinc.

IV.1.3. Turbidité

D'après la figure n° 13 les valeurs de la turbidité fluctuent entre 0 et 1 NTU, cette variation montre que les eaux de sources étudiées possèdent une eau claire, donc elles répondent aux normes d'eau potable.

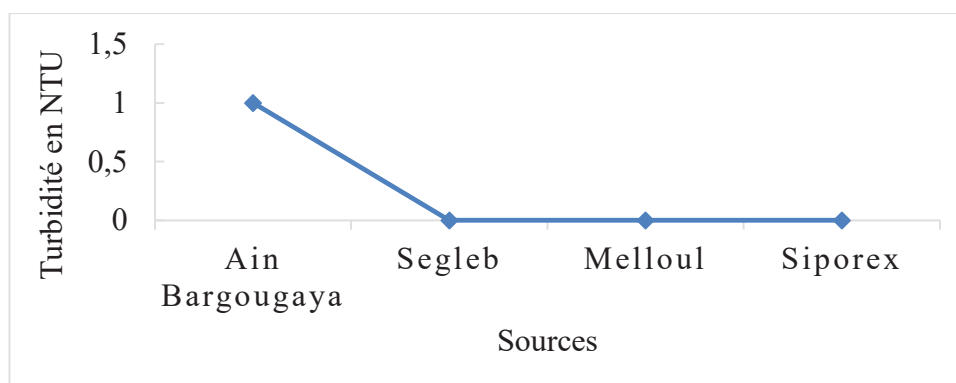


Figure n°13. Variation de la turbidité au niveau des eaux de sources.

IV.1.4. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité nous a permis d'apprécier très rapidement mais très approximativement la minéralisation.

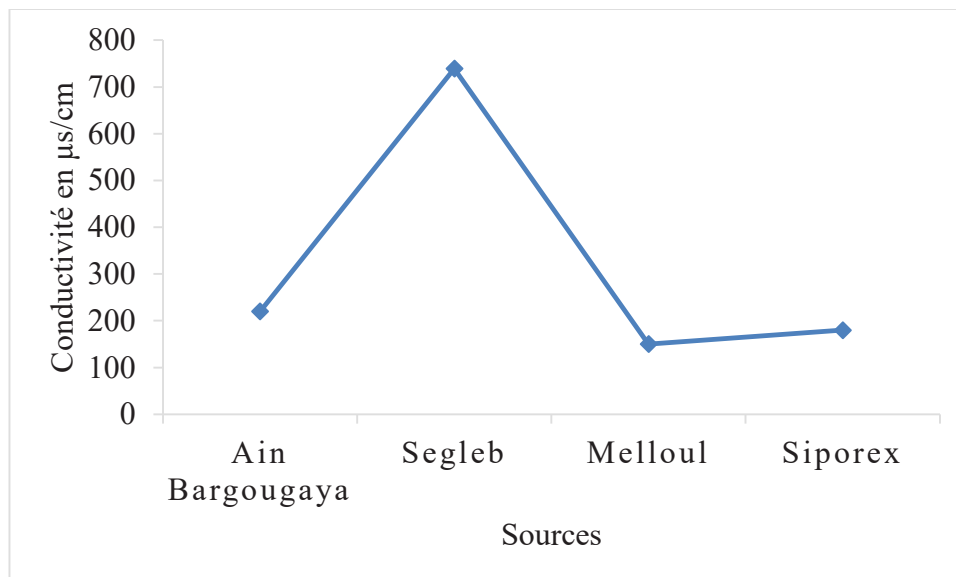


Figure n° 14. Variation de la température au niveau des eaux de sources.

La figure n° 14 et les données d'analyse montrent une valeur minimum de 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de Melloul et un maximum de 739 $\mu\text{s}/\text{cm}$ marquée au niveau de la source Segleb, due probablement aux eaux de ruissèlement.

IV.1.5. Oxygène dissous

À travers les résultats obtenues nous avons vu que les sources étudiées présentent une bonne oxygénation.

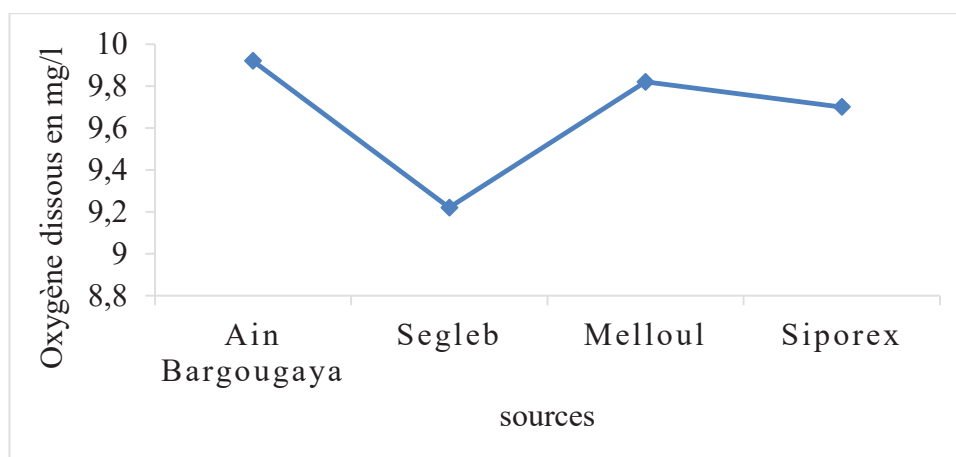


Figure n° 15. Variation de l'oxygène dissous au niveau des eaux de sources.

La figure n° 15 montre que les valeurs oscillent entre un minimum de 9,22 mg/l dans la source Segleb et maximum de 9,92 mg/l au niveau de la source Ain Bargougaya, de ce fait les eaux de sources du sous bassin oued la Kalle présentent une bonne oxygénation ainsi que les eaux sont d'excellente qualité.

IV.1.6. Potentiel d'oxydo-réduction

Parmi les valeurs du Eh mesurées dans les eaux de sources et d'après la figure n° 16, on note un maximum de 50 mv enregistré à Ain Bargougaya et un minimum de -30 mv enregistré à Melloul.

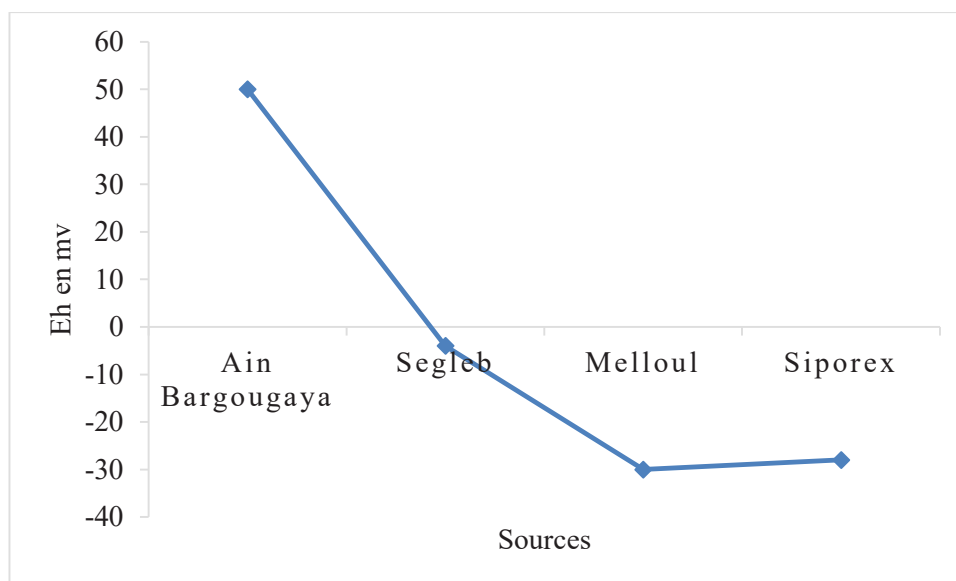


Figure n° 16. Variation du Eh au niveau des eaux de sources.

Le diagramme Eh-pH de la Figure n° 17, montre que pour la majorité des sources le milieu est réducteur et stable sauf pour la source d'Ain Bargougaya où le milieu est toujours stable mais oxydant, ceci s'explique par l'apport élevé en oxygène dissous.

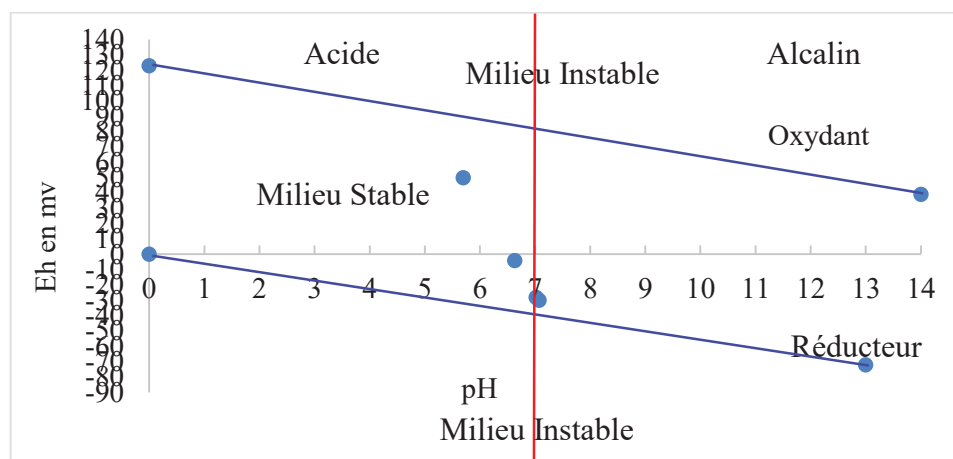


Figure n°17. Évolution du Eh en fonction du pH des différentes sources.

IV.1.7. Salinité

Les mesures de la salinité dans les eaux de sources ont montrées des valeurs comprises entre 8 mg/l au niveau de Melloul et 473 mg/l au niveau de Segleb (figure n° 18).

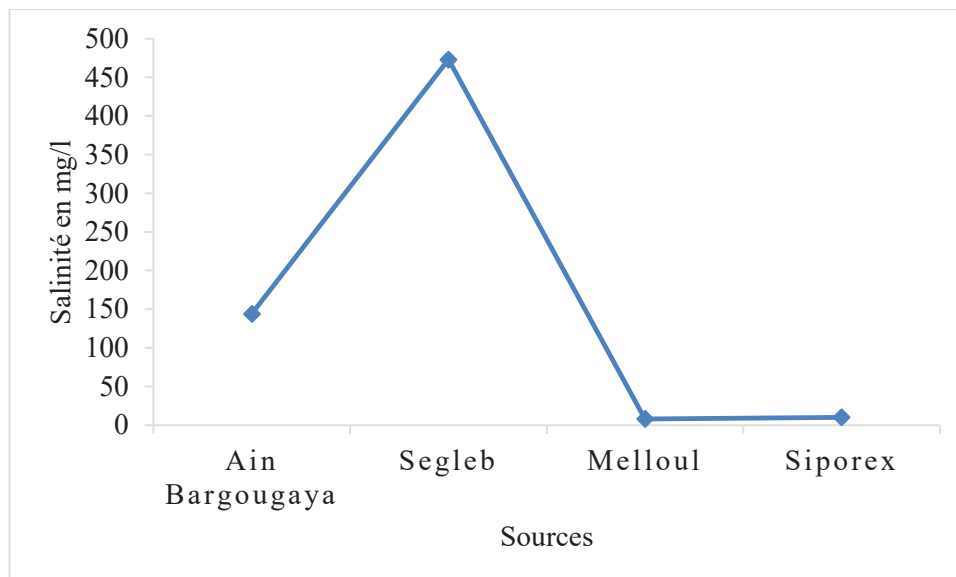


Figure n° 18. Variation de la salinité au niveau des eaux de sources.

Cette forte valeur provient principalement de l'érosion des roches de la lithosphère, produite par les eaux de ruissellement et les eaux souterraines. Tout le long de leur parcours les sels sont entraînés par les eaux et s'accumulent.

IV.2. Paramètres bactériologiques

Nous avons procédé à l'analyse bactériologique des eaux de sources étudiées qui sont utilisées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation. Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie d'El Kala, et consiste à la recherches des Coliformes totaux, coliformes fécaux et Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau n° 07.

Tableaux n° 07. Résultat des analyses bactériologiques des eaux de sources du sous bassin oued la Kalle (13/02/2019 - 30/5/2019).

Mois	Date	Sources	CT/100 ml	CTT/100 ml	SF/100 ml
Février	13/2/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	00 01 00 01	0 0 0 0	0 0 0 0
	28/2/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	05 06 02 01	0 0 0 0	0 0 0 0
Mars	12/03/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	03 01 01 06	0 0 0 0	0 0 0 0
	26/03/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	01 09 09 05	0 0 0 0	0 0 0 0
Avril	09/04/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	03 02 01 02	0 0 0 0	0 0 0 0
	24/4/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	00 01 00 01	0 0 0 0	0 0 0 0
Mai	16/5/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	03 03 03 09	0 0 0 0	0 0 0 0
	30/5/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	03 03 03 09	0 0 0 0	0 0 0 0

IV.2.1. Détermination et calcul de la contamination microbiologique

Pour caractériser la contamination microbiologique au niveau des eaux de sources étudiées, on a procédé suivant une méthode le calcul de l'IQM (Bovesse et Depelchin, 1980).

A. Evaluation de la qualité microbiologique : présentation de l'indice

Nous présentons ci-après la méthode d'Indice de contamination microbiologique (Bovesse et Depelchin, 1980) :

Elles comportent cinq classes de qualité correspondant aux couleurs généralement admises (figure n° 19) :

Contamination Nulle
Contamination Faible
Contamination Modérée
Contamination Forte
Contamination Très Forte

Figure n° 19. Classe d'altération.

Le principe est de répartir les valeurs des paramètres bactériologiques en cinq classes (tableau n° 08), puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne.

Tableau n° 08. Grille de qualité (IQM).

Paramètre Classe	Coliformes totaux/ml	Coliformes fécaux/ml	Streptocoques fécaux/ml
5	< 2000	< 100	< 5
4	2000 - 9000	100 - 500	5 - 10
3	9000 - 45000	500 - 2500	10 - 50
2	45000 - 360000	2500 - 20000	50 - 500
1	> 360000	> 20000	> 500

$$IQM = (\text{coliformes totaux} + \text{coliformes fécaux} + \text{streptocoques fécaux}) / 3$$

IQM de 5.0 à 4.6 : Contamination microbiologique nulle ;

IQM de 4.5 à 4.0 : Contamination microbiologique faible ;

IQM de 3.9 à 3.0 : Contamination microbiologique modérée ;

IQM de 2.9 à 2.0 : Contamination microbiologique forte ;

IQM de 1.9 à 1.0 : Contamination microbiologique très forte.

B. Application de la méthode de l'indice de contamination microbiologique

Pour une interprétation plus significative, on a choisi les deux résultats des différents paramètres bactériologiques de chaque mois pour toutes les sources (tableau n° 09).

Tableau n° 09. Valeurs bimensuelles des indices et des classes de contamination des eaux de sources.

Mois	Date	Sources	CT/ml	CTT/ ml	SF/ml	Indice	Contamination
Février	13/2/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,00 0,01 0,00 0,01	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
	28/2/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,05 0,06 0,02 0,01	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
Mars	12/03/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,03 0,01 0,01 0,06	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
	26/03/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,01 0,09 0,09 0,05	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
Avril	09/04/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,03 0,02 0,01 0,02	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
	24/4/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,00 0,01 0,00 0,01	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
Mai	16/5/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,03 0,03 0,03 0,09	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle
	30/5/2019	- Siporex - Segleb - Ain Bargougaya - Melloul	0,03 0,03 0,03 0,09	0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00	5 5 5 5	Nulle Nulle Nulle Nulle

D'après le tableau n° 09 , et pendant le mois de Février et selon les résultats du 13/02/2019 on constate qu'au niveau de toutes les sources la contamination microbiologique est nulle.

Suivant les résultats du 28/02/2019, on remarque toujours une contamination nulle mais avec un têt plus au moins élevé des coliformes totaux au niveau des eaux de sources Siporex et Segleb, avec respectivement 5 et 6 germes/100 ml, vue les normes d'OMS (Annexe n° 04) ceci ne traduit pas un danger mais plutôt une eau à surveiller.

Pendant le mois de Mars et suivant les résultats du 12/03/2019, l'indice de contamination est toujours nul mais avec augmentation des coliformes totaux au niveau de Melloul, cette dernière se trouve à l'état naturel non couverte. Pour le 26/03/2019 la contamination est nulle, avec élévation des coliformes totaux au niveau de Segleb et Ain Bargougaya dont le têt est de 9 germes/100ml, due respectivement aux eaux de ruissellement et aux ruissellements gravitaires des montagnes.

Pour le mois d'Avril et selon les résultats du 09/04/2019, on constate une contamination nulle par conséquent une eau de bonne qualité bactériologique, même remarque pour les résultats du 24/04/2019.

Et finalement pendant le mois de Mai et selon les résultats du 16/05/2019 et 30/05/2019, la qualité des eaux de sources est toujours excellente suite à l'indice de contamination qui est nulle, mais la source Melloul présente des têt élevés en coliformes totaux avec 9 germes/100ml. Les eaux de cette source provenant d'une nappe phréatique importante, probablement cette nappe est contaminée par les eaux de l'oued Melloul qui alimente la nappe en période des basses eaux, en conclusion ceci ne traduit pas un danger mais plutôt une eau à surveiller.

Par ailleurs les analyses bactériologiques révèlent l'absence totale des Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux durant toute notre période d'étude au niveau de toutes les sources.

C. Établissement de la carte de qualité des eaux de source pour 2019

Afin d'avoir un résultat plus significatif, on a choisi la moyenne des différentes concentrations des quatre mois pour toutes les sources (Tableau n° 10).

Tableau n° 10. Valeurs annuelles des indices et des classes de contamination des eaux de source pendant 2019.

Année	Sources	CT/ml	CTT/ml	SF/ml	Indice	Contamination
2019	- Siporex	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Segleb	0,03	0,00	0,00	5	Nulle
	- Ain Bargougaya	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Melloul	0,03	0,00	0,00	5	Nulle

Pour l'établissement de la carte de qualité des eaux de source, on a choisi la méthode qui est celle de l'Indice de contamination microbiologique (Bovesse et Depelchin, 1980). Car elle reflète la réalité des taux de contamination (Figure n° 20).

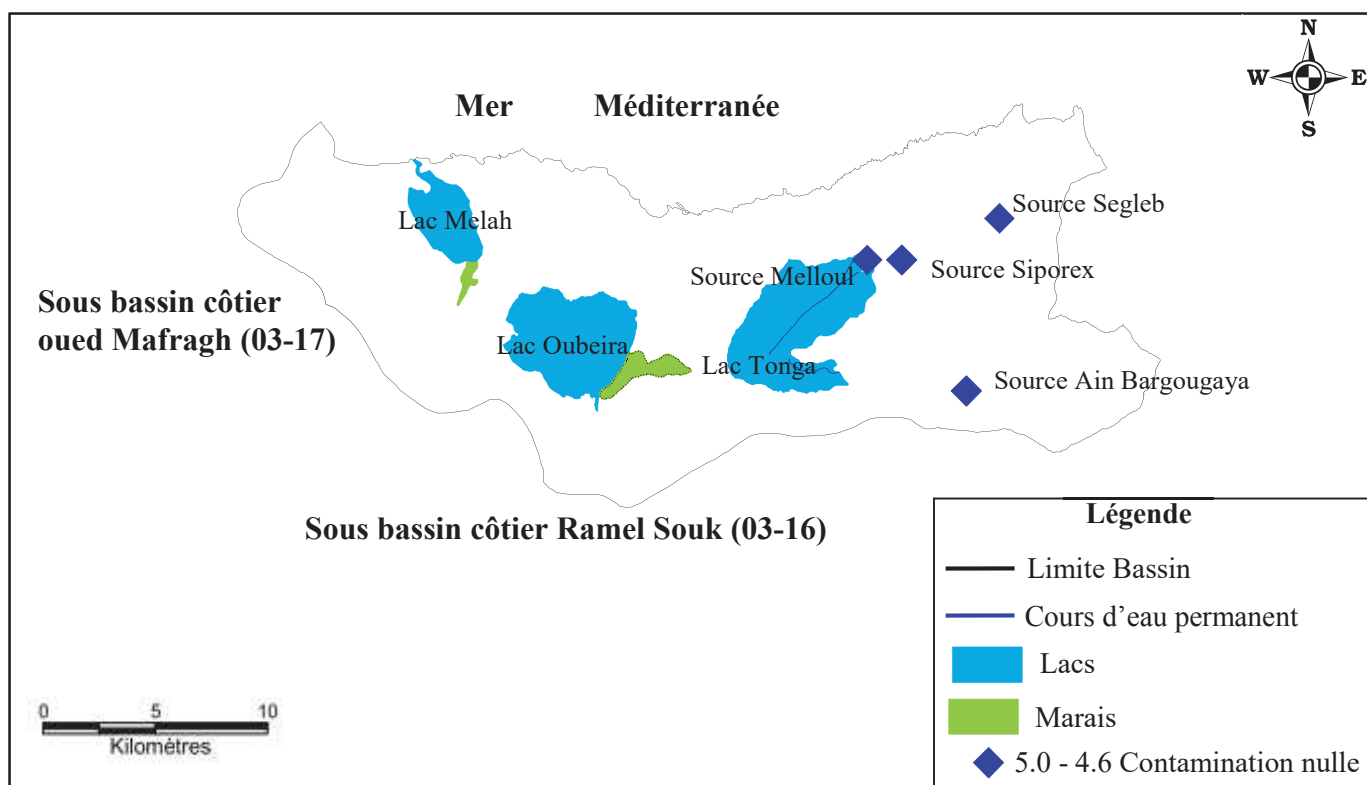


Figure n° 20. Carte de qualité des eaux de source pendant 2019.

La carte indique clairement une excellente qualité des eaux de sources du sous bassin oued la Kalle, marquée par une contamination microbiologique nulle. Les faibles valeurs de cet indice s'expliquent par un têt de coliforme totaux très faible et par l'absence totale des coliformes fécaux et streptocoques fécaux au niveau des sources étudiées.

D. Évolution de la qualité bactériologique des eaux de source

La comparaison des indices de contamination microbiologique des eaux de sources durant les trois ans d'étude (2016, 2017 et 2018) (Tableau n° 11), avec celui de l'année 2019 (Tableau n° 10), montre un diagnostic optimiste.

Tableau n° 11. Valeurs annuelles des indices et des classes de contamination des eaux de source pendant 2016, 2017 et 2018.

Année	Sources	CT/ml	CTT/ml	SF/ml	Indice	Contamination
2016	- Siporex	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
	- Segleb	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
	- Ain Bargougaya	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
	- Melloul	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
2017	- Siporex	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Segleb	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
	- Ain Bargougaya	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Melloul	0,01	0,00	0,00	5	Nulle
2018	- Siporex	0,03	0,00	0,00	5	Nulle
	- Segleb	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Ain Bargougaya	0,02	0,00	0,00	5	Nulle
	- Melloul	0,05	0,00	0,00	5	Nulle

D'après les tableaux n° 10 et 11, on constate que l'indice de contamination microbiologique est nulle au niveau de toutes les sources étudiées et pendant les années 2016, 2017, 2018 et 2019. Ceci est expliqué par le faible têt des coliformes totaux et l'absence totale des coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Pendant les années 2016 et 2017 on remarque que le têt des coliformes totaux est très faible par rapport à l'année 2018 où on a distingué l'augmentation des coliformes totaux surtout au niveau de la source Melloul, peut-être due à une contamination de la nappe donc on peut conclure le début de la dégradation de la qualité des eaux, ceci ne traduit pas un danger mais plutôt une eau à surveiller. Pendant l'année 2019 on voit la diminution des coliformes totaux au niveau des différentes sources donc la qualité des eaux s'améliore.

E. Établissement de la carte de qualité des eaux de source pour 2016, 2017 et 2018

L'établissement de la carte de qualité des eaux de source pour les années 2016, 2017 et 2018 se fait toujours par la méthode de l'Indice de contamination microbiologique (Bovesse et Depelchin, 1980). (Figure n° 21, 22 et 23).

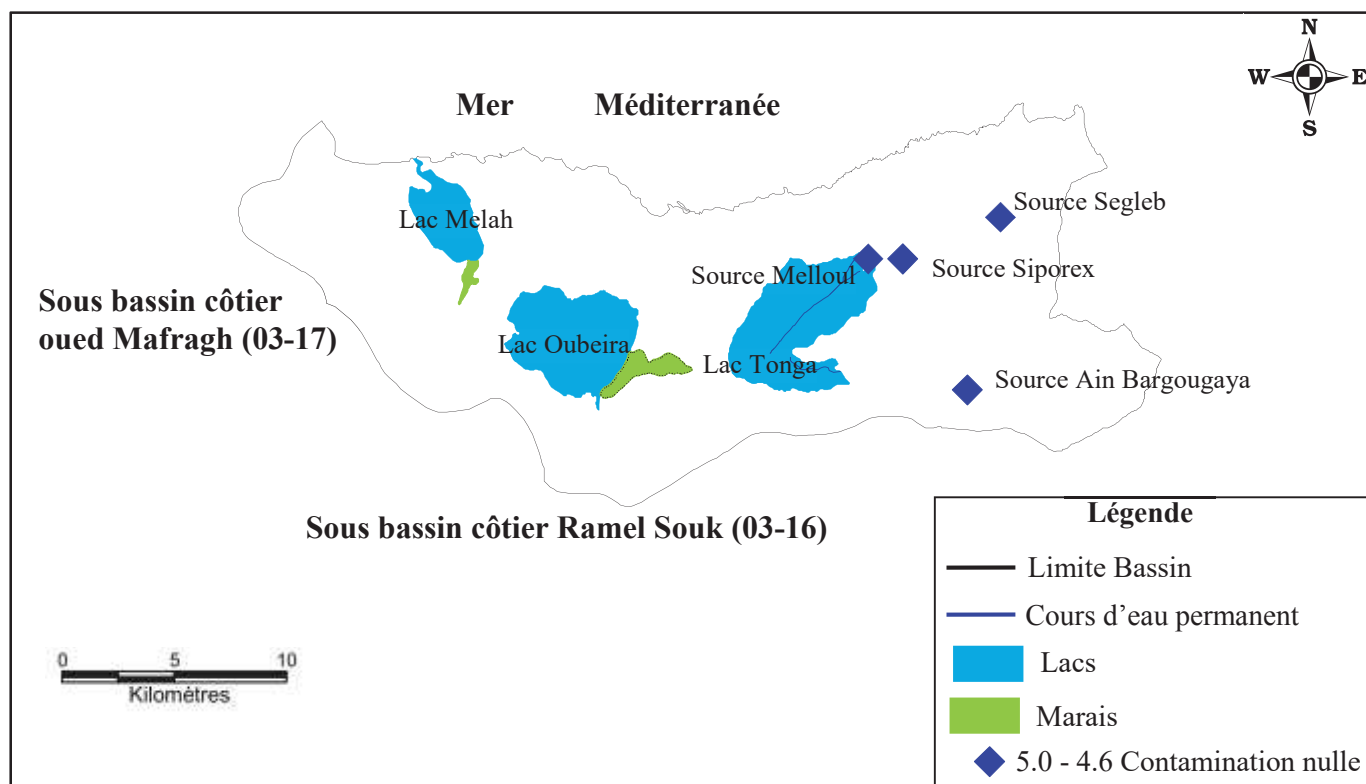


Figure n° 21. Carte de qualité des eaux de source pendant 2016.

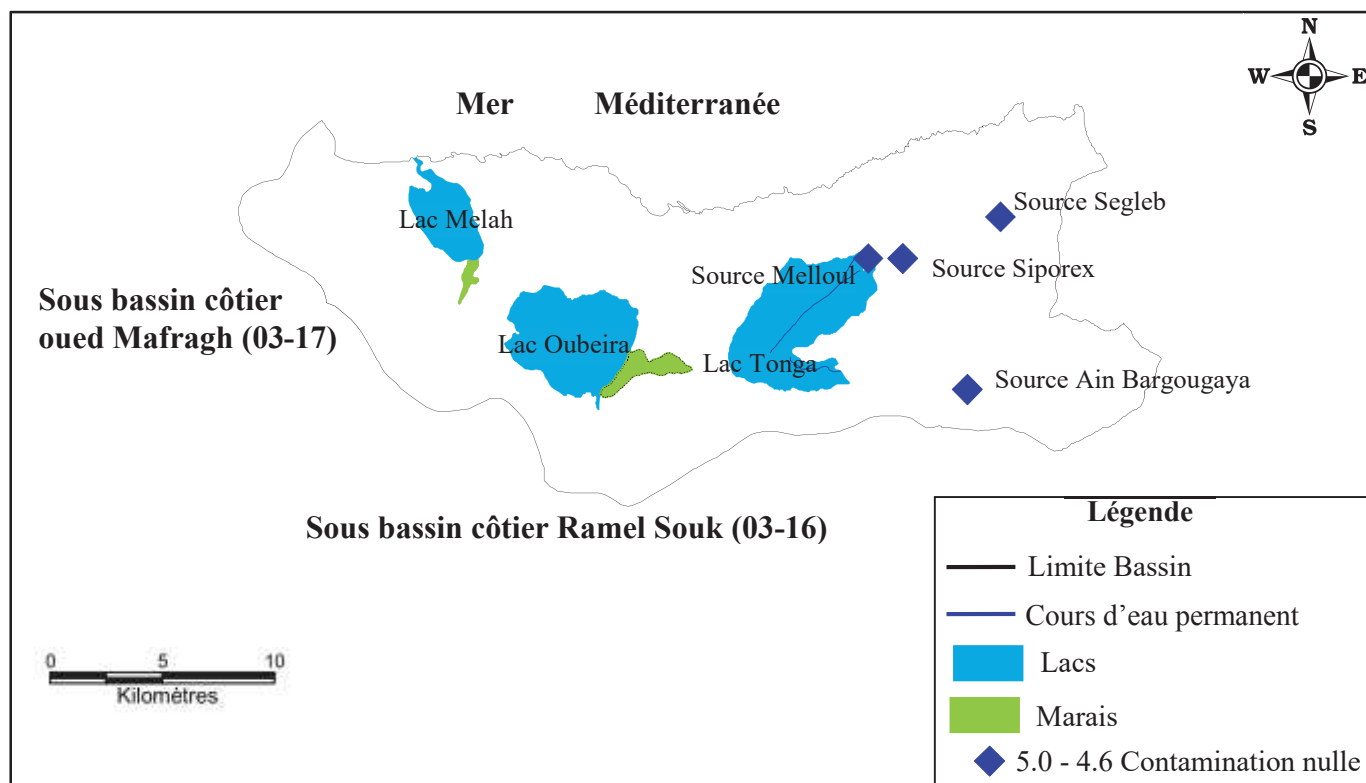


Figure n° 22. Carte de qualité des eaux de source pendant 2017.

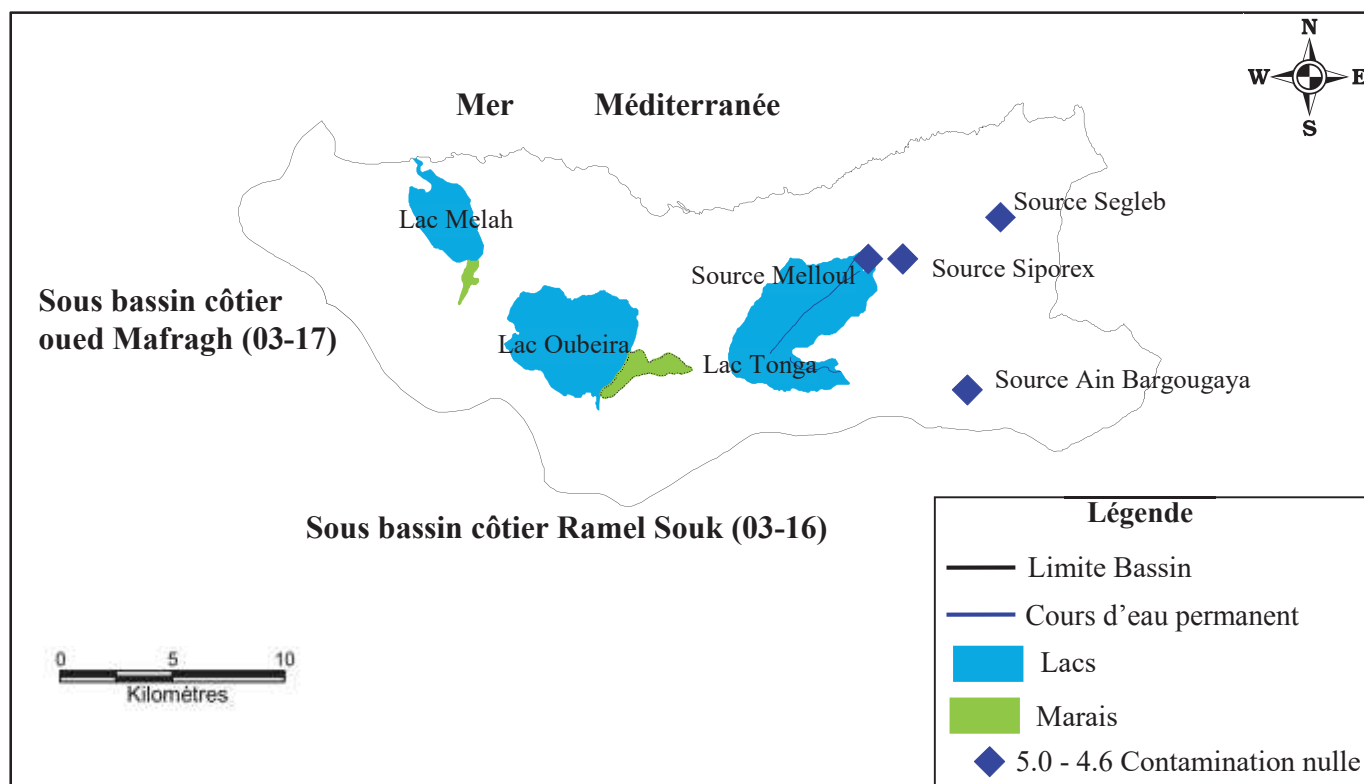


Figure n° 23. Carte de qualité des eaux de source pendant 2018.

En effet, les résultats réunis dans les figures n° 21, 22 et 23 établissent clairement l’aptitude de la totalité des eaux de sources pour l’alimentation en eau potable et nécessitent une surveillance en raison d’altération par les coliformes totaux dans la totalité des sources.

De ces figures, il ressort que l’eau de sources étudiées est d’excellente qualité bactériologique.

Conclusion

Le présent travail a été consacré à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de sources au niveau du sous bassin versant oued la Kalle dans la région d'El Tarf. D'après nos analyses et selon les paramètres indicateurs de la qualité des eaux souterraines l'eau de sources désigne que :

Les températures au niveau de toutes les sources ne dépassent pas la norme algérienne qui est inférieur à 25 °C,

Les valeurs du pH enregistrées dans les eaux de sources sont légèrement acides à neutre,

Les valeurs de la turbidité montrent que les eaux de sources étudiées possèdent une eau claire,

Les données d'analyse montrent une conductivité importante au niveau de la source Segleb due probablement aux eaux de ruissèlement,

Les sources étudiées présentent une bonne oxygénation,

Les valeurs du Eh mesurées dans les eaux de sources présentent un maximum de 50 mv traduisant un milieu oxydant, et un minimum de -30 mv interprétant un milieu réducteur, et enfin les mesures de la salinité dans les eaux de sources ont montrées un maximum de 473 mg/l.

Sur la base des résultats bactériologiques les analyses révèlent l'absence totale des Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux durant toute notre période d'étude au niveau de toutes les sources.

En effet, les résultats établissent clairement l'aptitude de la totalité des eaux de sources pour l'alimentation en eau potable et nécessitent une surveillance en raison d'altération par les coliformes totaux dans la totalité des sources.

Selon l'indice de contamination microbiologique et durant toute notre période d'étude, la contamination est nulle, il ressort que l'eau de sources étudiées est d'excellente qualité bactériologique.

En perspective, il serait judicieux de développer et d'élaborer une stratégie de surveillance et de protection de sources du sous bassin versant oued la Kalle, basé sur un suivi permanent des paramètres physico chimiques et bactériologiques pour cerner le problème du risque qui est en relation avec l'eau.

Références bibliographiques

- Agence des Bassins Hydrographiques., 2000.Constantinois-Seybouse-Mellegue, Les cahiers de l'Agence, Cahier numéro 4, 75p.
- Andriamiradisi L., 2005. Mémento technique de l'eau. 2eme édition : Degremont, 8p.
- AWW.,1990.Water quality and treatment, American Water Works Association, 4e édition, 1194p.
- Bahroun S., 2016. Objectifs environnementaux de rejet pour les polluants dans le milieu récepteur et optimisation du pouvoir auto-épurateur : cas de l'oued Kébir est (nord est algérien), Doctorat en sciences,Université Badji Mokhtar Annaba, 220p.
- Barthe C., Perron J. et J.M.R. Perron., 1998. Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable, Document de travail (version préliminaire), ministère de l'environnement du Québec, 155p.
- 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.
- Bentouili M.Y., 2007. Inventaire et qualité des eaux des sources du parc national d'El Kala (N.Est Algérien), Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, pp9-13.
- Berne F., 1991. Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 306p.
- Bonnin J., 1982. Aide-mémoire d'hydraulique urbaine, Edition. Ayrolle, pp 23-2427.
- Bouhy P., 2007. L'eau du robinet, un partenaire sante incontournable, Union Professionnelle des diététiciens de langue française, pp5-87.
- Bouziani M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies,ISBN : 9961-71-071-1. éd. iben khaldoun, 132p.
- Bovesse M., Depelchin A., 1980. Cartographie de la pollution des cours d'eau de la province de Namur: analyses bactériologiques, Rapport final (janvier 1979 - janvier 1980), 25p.
- Brière G., 2000. Distribution et collecte des eaux, 2ème édition, Ecole polytechnique de Montréal, pp 3-19.

- CEAQE., 2000. Recherche de dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, pp24-25.
- Craun GF., 1986. Statistics of water borne outbreaks in the U.S. (1920-1980). Dans: CraunGF, edi. Water borne diseases in the United States, CRC presse, pp73-160.
- Edberg SC., Rice EW., Karlin RJ et Allen MJ., 2000: Escherichia coli: The best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied Microbiology, 64: pp 3079-3083.
- Elmund GK.,Allen MJ et Rice EW., 1999. Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform population as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ,pp332-339
- Fiambach H.B., 1998. Chang from chlorine residual distribution to no chlorine residual distribution in groundwater system, Water supply, Vol 6, N°3/4, Germany, pp145-152.
- François A., 2008. L'eau et ses enjeux, Edition de Boeck, 134p.
- Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L., Jofre J., 1998. Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité, Virologie 2, pp 117-120.
- Gaujour D., 1995. pollution des milieux aquatiques ,2^{ème} édition,PP46-49.
- Gomella G., Guerree H et Neveuxmarc.,1974. La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales, Edition Ayrolle ,33P.
- Gomella G., Guerree H.,1980. Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome 1 La distribution ,3^{ème} édition Eyrolles, pp21-22.
- Gupta D-B., 1992. The importance of water resources for urban socio economic development in International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century, 21P.
- Hamed M., Guettache.A., Bouamer L., 2012 .Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf Torba Bechar, Université de Bechar ,134p.
- Haouli Z., 2017. Inventaire et mise en évidence de polluants, potentiels toxiques des eaux de lixiviation des mines d'Oum Teboul et d'Azzaba sur la qualité des ressources en eaux. Doctorat en Géologie. Université Badji Mokhtar Annaba. 3p.
- Henaut A., 2011. Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 02p.

- Jean L.C ., 2002. La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Direction de l'espace rural et de la forêt, 22p
- JOEL G., 2003. La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris ,143p.
- Kahoul T., 2014. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la Ville d'Annaba (Algérie), Université Badji Mokhtar, Annaba BP12, Algérie, 43P.
- Leclerc et al., Rompre et al., 2001; Edberg et al., 2000. Standard methods for the examination of water and wastewater, 57p.
- Leyla G., Bonnefoy Cet Guillet F., 2002. Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris,198p.
- Merabet S., 2010. Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun, Mémoire de magister chimie analytique, université :Mentouri de Constantine., pp 4-9.
- Muriel H., 2010. Suivi de la qualité de l'eau produite et distribuée : Elaborer et mettre en œuvre un plan des sécurités sanitaire des eaux, Direction des affaires sanitaires et sociales de la nouvelle Caldonie, Santé et environnement, NOUMEA cedex, 2p.
- OMS., 1994 Directive de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1-.recomentation organisation mondiale de la santé, 2^{ème} édition,202 p.
- OMS., 2000. Directive de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 critère d'hygiène B documentation à l'appui. Organisation mondiale de la santé, 2eme édition ,1050p.
- OMS., 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110p.
- ONU., 1992. Protection des ressources en eau douce et de leur qualité : application d'approches intégrées de la mise en valeur, de la gestion et de l'utilisation des ressources en eau. Chapitre 18, programme Action 21, Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement ,1111P.
- Piar Roux R., 2002. Le choléra : épidémiologie et transmission, Expérience tirée de plusieurs interventions humanitaires réalisées en Afrique, dans l'Océan Indien et en Amérique Centrale, Bull Soc Pathol Exot, Vol 95, N°5, pp 345-350.
- PNUE., 1991. Pollution des eaux douces, Bibliothèque de l'environnement PNUE/GEMS. N° 6. Nairobi, 168p.
- Postel S., 1992. Last oasis: facing water scarcity,Norton, New York, 145P.

- Raachi M., 2007. Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant dulac Tonga au Nord-Est Algérien, Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie, Université du Québec à Montréal. 154p.
- Robertson W., 1995. Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau, Dans : Air intérieur et eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, presse de l'université Laval, pp179-193.
- Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer, 5ème édition Ed. Dunod, paris,1383 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., 2009. L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.
- Samraoui et De Belair G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse (Numéro spécial) N°4, 90p.
- Santé canada.,1991. La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au canada » ,110P.
- Savary P., 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, pp10-179.
- Schwartzbrod L., 2000. virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Faculté de Pharmacie, Nancy, France, 292p.
- UNICEF., 1999. Manuel sur l'eau, N°2, pp 4-42.
- Villagines R., 2000. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. édi : Tec et Doc, Lavoisier, pp 3- 187.
- Vincent M., 2014. Evaluation du risque microbien dans l'eau : vers une meilleure gestion des ressources hydriques, revue francophone des laboratoires, N°459, 27p.
- WHO (World Health Organization)., 1993. Directive de qualité de l'eau de boisson,Critères d'hygiène. 1^{ere} édition. Vol 1.Genève, 175P.
- Zerluth J., Gienger M., 2006. L'eau et ses secrets : nature et action de l'eau pour une eau de qualité, Edition Désiris, ISBN : 2-915418-00-4, paris, pp 100-115.
- Zmirou D., Ferley JP., CollinJF., Charrel M.,J et Berlin J., 1987. A follow-up study of gastro intestinal diseases related to bactériologically substandard drinking water. American journal of public Health, pp 582-584.

Annexes



Annexe n°1. Multi paramètre de terrain série u-50, HORIBA.



Annexe n° 2. Autoclave.

Annexe n° 3. Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011).

Paramètres physico chimiques	Unités	Valeurs indicatives
Température	°C	25
pH	Unité pH	≥ 6.5 et ≤ 9.5
Oxygène Dissous	mg/l	-
Turbidité	NTU	5
Conductivité électrique	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20 °C	2800
Eh	mv	-
Salinité	mg/l	-

Annexe n°4. Paramètres avec concentration maximale de l'eau de boisson (OMS ; 2002).

Paramètres microbiologiques	Volume de l'échantillon (ml)	Concentration maximale
Coliforme totaux	100	< 10
Coliforme fécaux	100	00
Streptocoque fécaux	100	00