الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشاذلي بن جديد الطارف
Université Chadli Bendjedid. El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

RAPPORT DE STAGE

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de LICENCE en « ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT»

THEME

Contribution à l'étude microbiologique et physico-chimique de deux sources d'eau de la région D'Oum Teboul (Nord-Est d'Algérie)

Présenté Par :Triki Dorsaf et Gheldane Roukaya

Devant le jury

Présidente :	Dr Delimi Amel	**U. Chadli Bendjedid. El Tarf**
Examinatrice :	Dr Boumaaraf Warda	**U. Chadli Bendjedid. El Tarf**
Promoteur :	Dr BERGAL Amira	**U. Chadli Bendjedid. El Tarf**

Année Universitaire: 2019/2020

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude, avant tout à Dieu le tout puissant qui m'a aidé et m'a donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Dr BergalAmira son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.

Nos remerciements s'adressent également au chef service de laboratoire d'hygiène de EPSP El KalaKsouri Samira ainsi qu'a toute l'équipe de laboratoire qui nous ont aidés :Monia

Nous tenons également à remercier le Directeur de nous avoir acceptées au sain de l'algérien des eaux, et aussi tout le personnel qui travaille au laboratoire

Enfin, Dans le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui Ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos études.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers :

A Ma mère et mon père pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie

A Mes tantes :Djeffal Malika et Zahia

A Mes chères sœurs : Rihem,Imen,Somaya et Hind

A Mes chers frères : Amine,Riad et Sofiane

A Mon cher Fiancé Zakaria, sa maman Karima et toute sa famille

A mon binôme Roukaya ainsi que toute sa famille, je leur souhaite tout le bonheur du monde

A Mes chères amies :kaouter,saoussen

Dédicace

A mon cher grand-père paternel

Qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A mon cher Père Gheldane Abd El Kader

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère mère Sellidj Nadira

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A ma très chère sœur Ibtissem

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A ma grande famille

Je cite en particulier mes tantes Hiba et ses enfants Amira et Amine ma tente Aicha , mes oncles ainsi que mes cousins et cousines

A mon oncle Zouhir et ces enfents

Ma chère grand-mère paternelle Tounes maternelle Djamila et Mon cher grand-père Mohamed

A mon encadreur Madame Brgal

A mes cher Amies et Raheb Ibtisseme qui est mon enseignante et A mon binôme Dorsaf

Résumé

L'eau est une ressource très rare. Bien commun vital et irremplaçable, elle désigne un patrimoine précieux qu'il convient de gérer de manière concertée et durable.

La bonne qualité de l'eau de source en vue de la consommation des êtres vivants et surtout celle de l'homme constitue un élément très important pour la protection de la santé publique.

Pour apprécier la qualité de ces eaux, un contrôle physico-chimique et bactériologique a été réalisé sur deux sources de la région de Souarekh de la wilaya d'El Taref ; Ain Sigleb et Ain Siporex.

Les analyses de ces dernières ont été effectuées au niveau de l'ADE ^unité de Boutaldja^ainsi qu'un laboratoire privé à Annaba pour les analyses physicochimiques et au niveau de laboratoire d'hygiène ^centre de santé^pour les analyses bactériologiques.

L'objectif de cette étude consiste à vérifier la qualité physicochimique et bactériologique de ces deux sources et de déterminer la conformité des paramètres analysé aux normes Algériennes de potabilité.

Les résultats obtenus fait ressortir que l'eau de source d'Ain Siporex est de bonne qualité physico-chimique et microbiologique (les résultats ont montré une absence totale des germes pathogènes a Ain Siporex comparaient à celle de Ain Sigleb).

Mots clés : Eaux de sources, qualité, analyses physico-chimiques et bactériologiques

ملخص

المياه مورد نادر جداً. لا بديل عنه، ويشير إلى تراث ثمين يحتاج إلى إدارة منسقة ومستدامة. إن نوعية مياه الينابيع الجيدة لاستهلاك الكائنات الحية وخاصة البشر عنصر مهم جداً لحماية الصحة العامة

ولتقييم نوعية هذه المياه، تم إجراء مراقبة فيزيائية - كيميائية وبكتريولوجية على مصدرين في منطقة سواريخ بولاية الطارف؛ منبع سيغلاب و منبع سيبوراكس

وقد أجريت هذه التحليلات على مستوى وحدة بوثلجة للمياة وكذلك مختبر خاص في عنابة للتحاليل الفيزيائية - الكيميائية وعلى مستوى مختبر النظافة الصحية - المركز الصحي - للتحليلات البكتريولوجية

والهدف من هذه الدراسة هو التحقق من الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية لهذين المصدرين وتحديد مدى توافق المعايير التي تم تحليلها مع معايير الصلاحية في الجزائر

وتظهر النتائج أن مياه منبع سيبوراكس ذات نوعية فيزيائية - كيميائية وميكروبيولوجية جيدة (أظهرت النتائج غيابًا تامًا للجراثيم المسببة للأمراض في منبع سيبوراكس مقارنة بنظير منبع سيغلاب

الكلمات الرئيسية: المياه المصدر، النوعية، الفيزيائية والكيميائية والتحاليل البكتريولوجية

Abstract

Water is a very rare resource. A vital and irreplaceable common good, it refers to a precious heritage that needs to be managed in a concerted and sustainable way. The good quality of spring water for the consumption of living things and especially that of humans is a very important element for the protection of public health.

To assess the quality of these waters, a physical-chemical and bacteriological control was carried out on two sources in the Souarekh region of the wilaya of El Taref ; Ain Sigleb and Ain Siporex.

The analyses of these were carried out at the level of the ADE - Boutaldja unit - as well as a private laboratory in Annaba for the physical analysis and at the level of hygiene laboratory -health center- for bacteriological analyses.

The objective of this study is to verify the physical and bacteriological quality of these two sources and to determine the compliance of the parameters analyzed with Algerian potability standards.

The results show that the spring water of Ain Siporex is of good physical-chemical and microbiological quality (the results showed a total absence of pathogenic germs in Ain Siporex compared to that of Ain Sigleb).

Keywords : Source water, quality, physical-chemical and bacteriological analyses.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 1

1 Généralités sur les eaux 1

1.1 Cycle de l'eau . . . 2

1.2 Les différents types d'eaux destinées à la consommation humaine . . . 2

1.2.1 Eaux de surfaces . . . 3

1.3 Définition de l'eau potable . . . 3

1.4 Les différents types de pollution des eaux . . . 3

1.4.1 La pollution biologique . . . 3

1.4.2 La pollution physique . . . 3

1.4.3 La pollution chimique . . . 3

1.5 Qualité physico-chimique . . . 4

1.5.1 Paramètres physiques et organoleptiques . . . 4

1.5.2 Paramètres chimiques . . . 5

1.6 Qualité Microbiologique . . . 8

1.6.1 **Les coliformes totaux et thermotolérants :** . . . 9

1.7 Définition d'une norme : . . . 10

2 Matériel et méthodes **13**

2.1 Description du site d'étude . . . 14

2.1.1 Situation géographique . . . 14

2.1.2 Réseau hydrographique : . . . 14

2.2 Choix des points de prélèvement . . . 15

2.3 Echantillonnage : . . . 15

2.3.1 Matériel d'échantillonnage : 15
2.3.2 Enregistrement et étiquetage des échantillons : 16
2.3.3 Méthode de prélèvement : 16
2.3.4 Transport et conservation des échantillons : 16
2.4 Analyses physico-chimiques : 17
2.4.1 Paramètres physiques : 17
2.4.2 Paramètres chimiques : 21
2.5 Analyse bactériologique 26
2.5.1 Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C(germes totaux) 27
2.5.2 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux avec identification d'Escherichia colien milieu liquide 29
2.5.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Enterococcus) 32
2.5.4 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductriceset de Clostridium sulfito-réducteurs 34

3 Résultats et discussion **36**
3.1 Résultats des analyses physico-chimiques 37
3.1.1 Paramètres physiques : 37
3.1.2 Paramètres chimiques 43
3.2 Résultats des analyses bactériologiques 53
3.2.1 Recherche des Germes totaux et des Clostridiumssulfito réducteurs 53
3.2.2 Dénombrements des Germes totaux et des Clostridiumssulfito réducteurs 57

Conclusion **60**

Bibliographiques **62**

Liste des annexes **68**

Liste des abréviations **69**

Liste des figures **70**

Liste des tableaux **72**

.

Introduction

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie, et aussi un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies [1]

L'eau potable ordinaire est une eau possédant des qualités physique, chimique, microbiologique et organoleptique selon des normes qui la rendent acceptable à la consommation humaine. Elle est également un élément essentiel dans l'industrie alimentaire [59].

L'eau est indispensable à la vie mais elle est également responsable de la mort de millions d'êtres humains dans le tiers-monde en raison de sa pollution par des produits chimiques et microbiologiques qui la rendent inapte à la consommation [59].

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population [3].

Les eaux destinées à l'alimentation humaine doivent présenter un certain nombre de qualités physiques propres : limpidité, absence de coloration, d'odeur, de saveur anormale, et microbiologiques, c'est-à dire absence de germes pathogènes et de tout polluant dangereux pour la santé de ceux qui la consomment [4].

C'est dans ce cadre que cette étude a été entreprise dans le but de réaliser un diagnostic ainsi qu'une comparaison de laqualité de deux sources d'eau dans la commune de Souarekh, du point de vue physico-chimique et bactériologique vis à vis des normes règlementaires algériennes et celles de l'OMS.

Ce mémoire est structuré comme suit :

☛Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique,

☛Le deuxième chapitre comporte la description du site d'étude et la partie matériel et méthodes qui permet d'accomplir les méthodes d'analyse utilisées sur le terrain et au laboratoire.

☛Le troisième chapitre c'est le dernier chapitre, il est réservé à la présentation et à la discussion des résultats obtenus,

☛On terminera notre manuscrit par une conclusion générale.

CHAPITRE 1

Généralités sur les eaux

1.1 Cycle de l'eau

L'eau, élément pouvant se retrouvé sous trois formes (liquide, gazeuse et solide).L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère, c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour, peuvent former des sources émergentes à la surface du sol [5] (Fig. 1).

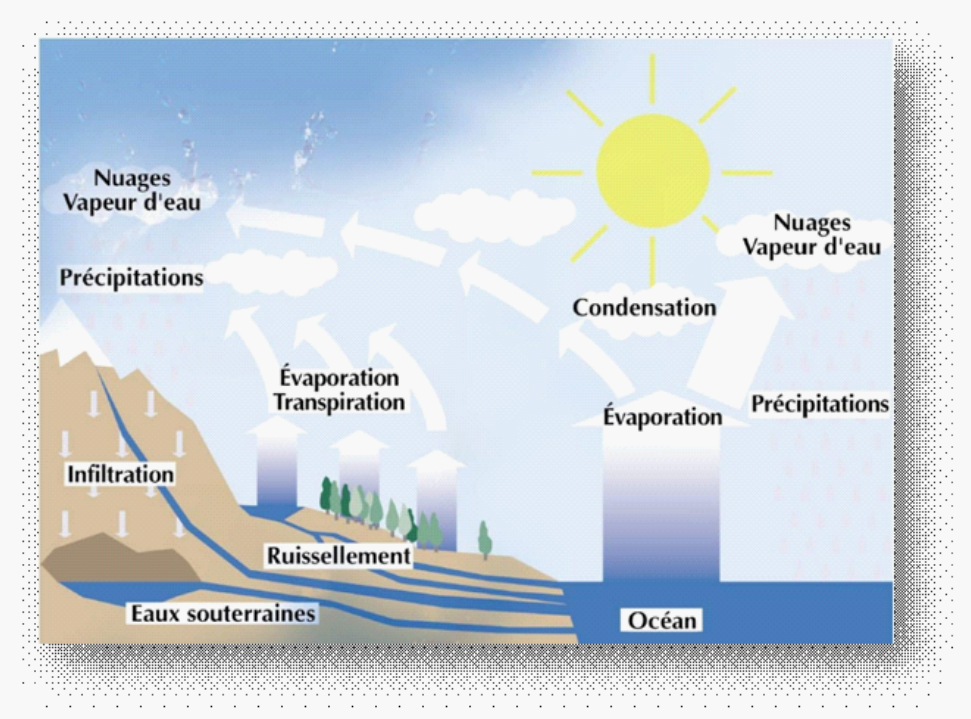


Fig. 1 : Cycle de l'eau

1.2 Les différents types d'eaux destinées à la consommation humaine

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont les eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux des surface stagnantes (lac naturels ou artificielles ou barrages) ou courantes (rivière) [6]

1.2.1 Eaux de surfaces

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface descontinents. Ces derniers ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellements [6].

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique.

Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrates et pesticides [**59**].

1.3 Définition de l'eau potable

Selon Hoffman et al. (2014), les eaux potables représentent l'ensemble des eaux dontles propriétés chimiques, bactériologiques, biologiques et organoleptiques les rendentpropres à la consommation humaine. La plupart des eaux potables proviennent deseaux souterraines et des eaux de sources [9].

1.4 Les différents types de pollution des eaux

1.4.1 La pollution biologique

Ce type de pollution est souvent le fait des rejets d'eaux d'égouts domestiques et de laprésence de matières fécales dans la nature. De nombreux microorganismes vivantsnaturellement dans l'intestin de l'homme et des animaux peuvent survivre assezlongtemps dans l'eau. Toutefois, l'eau peut abriter des bactéries, des mycètes, desprotozoaires, des virus, etc... [10].

1.4.2 La pollution physique

C'est une pollution qui est due à la présence de matière en suspension parfois decolloïdes. Elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée [11].

1.4.3 La pollution chimique

Elle est due à des substances en solution. Elle se traduit par un changement de saveur(eau salée ou saumâtre) parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque lecorps dissout est un poison [11].

1.5 Qualité physico-chimique

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'unniveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètre. Basée sur des valeurs deréférences, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres [12].

1.5.1 Paramètres physiques et organoleptiques

Paramètres organoleptiques

☛La couleur

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colore. La couleur, dans les systèmes publics d'approvisionnement d'eau, est esthétiquement indésirable. Il est important de la mesurer, étant donné qu'une couleur élevée provoque son rejet par le consommateur et l'amène à chercher d'autres sources de suppressions parfois beaucoup moins sûres [13].

☛l'odeur

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces Substances [12].

☛ Le gout

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, la propriété des produits provoquant ces sensations. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. La qualité de cette sensation particulière est provoquée par ces substances [12].

Paramètres physiques

☛La température

C'est important de connaitre la température de l'eau avec une bonne précision [14]. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes [15].

☛La conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deuxélectrodes, elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous dans l'eau et nousrenseigne également

sur les degrés de minéralisation de l'eau [16].

Elle est exprimée en micro Siemens par centimètre (μS/cm) [17].

Elle dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice desels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomèned'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé [18]

☛La salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi auxsols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peutprésenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés [19].

☛La turbidité

La turbidité est un paramètre organoleptique [20], cette dernière est due à la présence de particules en suspension, notamment colloïdales ; argiles, limons, grains de silice, matière organique, etc., qui donnent un aspect trouble à l'eau [21] ; [22]. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité [21].

☛Le pH (Potentiel Hydrogène)

Le pH permet de connaitre l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau [23], par la mesure de sa concentration en ion H+ [24].Le pH est une grandeur sans dimension, exprimé par la relation : pH = -log [H3O+] [25]. Il dépend de l'origine des eaux, de nature géologique dusubstrat et du bassin versant traversé ([26] ; Bermond et Vuichard, 1973 ; [18]).

1.5.2 Paramètres chimiques

☛L'oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Sasolubilité est liée à plusieurs facteurs particulier : la température, la pressionatmosphérique et la salinité et aussi en fonction de l'origine de l'eau ; les eauxsuperficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches dela saturation. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelquesmilligrammes par litre [15]. Il est exprimé en mg/l [28].

Les solides dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium.

Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques.

L'influence la plus importante qu'exercent les solides dissous sur la qualité de l'eau sont l'altération du goût. Ils provoquent parfois un entartrage des canalisations.

☛ **Le taux de solides dissous (TDS)**

Les solides dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium.

Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques.

L'influence la plus importante qu'exercent les solides dissous sur la qualité de l'eau sont l'altération du goût. Ils provoquent parfois un entartrage des canalisations.

☛**La minéralisation**

La minéralisation est la teneur en sels dissous dans l'eau, il s'agit d'une minéralisation calculée qui représente l'ensemble des sels déterminés et est exprimée en mg/l [29].

☛**La dureté**

Initialement, la dureté d'une eau exprimait l'aptitude de cette eau à réagir et à faire mousser le savon. A l'heure actuelle on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1 mg/L, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou d'hydrogénocarbonate.

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté :

- Dureté totale(THt) : Somme des concentrations globales en calcium et magnésium.

- Dureté calcique(THca) : Concentration globale en calcium.

- Dureté magnésienne(THMg) : Concentration globale en magnésium.

- Dureté permanente ou non carbonatée(THp) : Dureté qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et de magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorure et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitant sous forme de carbonate de calcium

- Dureté temporaire ou carbonaté : Dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonate, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté permanente [30]

☛**Titre alcalimétrique**

- le titre alcali métrique simple ou (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.

- le titre alcali métrique complet ou (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates [31].

☛Le Calcium (Ca2+)

Le calcium est le plus abondant dans les eaux, cet élément traduisant la dureté totale des eaux naturelles. Il provient essentiellement de la dissolution des formations carbonatées (calcite et dolomite), qui caractérisent les faciès de plusieurs niveaux stratigraphiques au niveau de la région d'étude (ex : calcaires lacustres) [22].

☛Le Magnésium (Mg2+)

C'est le deuxième élément de la dureté totale, qui présente une origine semblable à celle du calcium. Il provient généralement des formations dolomitiques par l'attaque des eaux en présence du gaz carbonique, et de la dissolution de magnésium MgSO4 dans les terrains gypsifères [22].

☛Les chlorures (Cl-)

Ils sont rencontrés en grandes quantités dans les eaux souterraines. Elles peuvent provenir de la contamination par les eaux usées d'origines domestique et industrielle, et de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés. Le Cl- est aussi un bon traceur des activités anthropiques. Les concentrations en chlorures montrent des valeurs variables, qui dépassent parfois les normes fixées par l'OMS à 250 mg/l, pour atteindre une valeur maximale qui tourne autour de 300mg/l près des cours d'eau, le premier lieu des rejets domestiques et industriels [29].

☛Le Sodium (Na+)

Ce métal, très abondant (environ 26 g/kg de la croûte terrestre soit 2,8. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles. Il est nécessaire de fournir 2000 mg/jour à un organisme adulte (enfant : 200 mg/jour) [22].

☛Le Potassium (K+)

Le potassium est un élément naturel des eaux où sa concentration, à peu près constante, ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/L, sauf dans certains contextes géologiques particuliers ou elle atteint 20 à 25 mg/L.

Cette substance peut provenir des industries extractives (mines de sel et potasse), des usines d'engrais et des industries du verre et matériaux connexes.

Il est aussi à signaler qu'une partie de la radioactivité naturelle des eaux provient de l'isotope 40 du potassium.

La part de l'eau représente généralement moins de 1% de la quantité totale journalière ingérée par un adulte (2 à 4,5 grammes) fournie essentiellement par l'apport alimentaire (légume vert, fruit) [32].

☛Les sulfates (S042-)

Composés naturelles des eaux, les ions sulfates(SO) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. La plus part des sulfates sont solubles dans l'eau.

Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisés dans l'air en hydrogène sulfuré

(HS), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse généralement pas 1 gramme par litre [29].

☛**Les nitrates (NO3-)**

Les filières classiques de traitement n'éliminent absolument pas les nitrates Les traitements biologiques qui transforment NH en NO conduisent à leur augmentation.

L'élimination des nitrates nécessite des traitements complémentaires : l'un d'entre eux, en 1981 par le conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) fait appel à des bactéries spécialisées fixées sur des supports poreux et en anoxie de façon à les forcer pour « respirer » à consommer l'O des NO. Cependant, étant autotrophes, elles nécessitent un substrat organique. Il existe à cet égard deux procèdes, l'un faisant appel à l'ajout d'acide acétique et l'autre à l'ajout d'alcool éthylique. En 1987 le CSHPF a donné son agrément pour l'utilisation de certaines résines échangeuses d'anions [63].

☛**Les nitrites (NO2-)**

Les nitrites sont oxydés en NO par Cl, ClO et O. Les traitements biologiques peuvent transformer NH en NO. Si la quantité d'oxygène de l'eau n'est pas suffisante pour poursuivre l'oxydation jusqu'au stade de nitrate. Ce phénomène peut se produire la nuit sur des filtres lents à débit forcé en raison de la diminution de la photosynthèse [63].

☛**Ammonium (NH)**

Sont désignées sous le terme d'azote ammoniacal » des formes ionisées (ion ammonium, NH) et non ionisées (gaz ammoniac, NH). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons de cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée.

1.6 Qualité Microbiologique

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infection humaines redoutable. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues [34].

Dans le domaine de la qualité des eaux de boisson, les analyses bactériologiquesconcernent non pas des microorganismes pathogènes mais des germes jouant un rôled'indicateur [65]. Ces germes sont spécifiques de la flore intestinale et nesont pas nécessairement pathogène. En plus de leur rôle d'appréciation du risqued'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des organismespathogènes, permettant également

d'évaluer un traitement de désinfection de l'eau [35].

L'organisation mondiale de la santé divise les indicateurs microbiens en trois groupes :

- Les indicateurs liés à l'efficacité des traitements : bactéries hétérotrophes totales, les coliformes totaux ;

- Les indicateurs d'une contamination fécale : les coliformes fécaux, E. coli ;

- Les indicateurs modèles de pathogènes : E. coli, Salmonella, les virus entériqueshumains [36].

On cite parmi ces bactéries :

1.6.1 Les coliformes totaux et thermotolérants :

Les coliformes totaux :

Les coliformes appartiennent à la famille des enterobacteriaceace. Le termecoliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, Gram négatif, aéroanaérobiesfacultatif, non sporulant, oxydase négatif, capable de fermenter lelactose avec production de gaz à 35-37° C [31].

Les coliformes thermotolérants (ou fécaux) :

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de bactéries de coliformesqui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 et 45 °C pendant 24heures. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (Citrobacterfrendii,Enterobacteraerogenes, klebsiella...), La souche type est Escherichia coli [35].

Streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux sont des cocci à gram positif, disposés en chainettes. Ilssont anaérobies aérotolérants, immobiles, non sporules, catalase négatif. [38].

En général, ils sont des bactéries des matières fécales. Leurs antigènes de paroi lesclassent dans le groupe "D" de lancefield. [39].

Clostridium sulfito-réducteur :

Le clostridium sulfito-réducteur appartient à la famille Clostridiaceace[40]. Il s'agit de bacilles gram positif, anaérobies stricte, presque toujours mobiles,sporulés [41], non capsulés (à l'exception de Clostridium perfringens),catalase négatif [38].

Ils sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle [43].

Germes totaux

La recherche des micro-organismes bactériens aérobies dite «revivifiables» permet de dénombrer la flore hétérotrophe se développant dans des conditions habituelles de culture et représente, sans prendre en compte tous les genres de bactéries, la teneur moyenne en bactérie d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais, sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes dans le système de dialyse. Ce paramètre permet de mesurer les conditions sanitaires de la distribution (stagnation de l'eau, entretien déficient, présence des nutriments...) et du résiduel de désinfection. Une concentration en germes totaux trop importantes peut entrainer des problèmes d'ordre organoleptique [60]. Une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution [44].

Staphylococcus aureus :

C'est une bactérie de la famille des Micrococcaceae de forme sphérique (*coque*), de 0,5 μm à 1,5 μm de diamètre. Ces coques à Gram positif se présentent généralement en grappes, par paires ou en cellules individuelles compte tenu de l'âge de la culture. C'est une bactérie non mobile, asporulée et aérobie facultatif possédant une catalase. C'est un microorganisme pathogène dont on connaît au moins deux types de manifestations cliniques chez l'homme. Les staphylocoques sont d'abord souvent mis en cause dans les cas de toxi-infections alimentaires où il y a production d'une entérostomie thermorésistante responsable de gastro-entérites. Ils sont également responsables d'infections rhinopharyngées et cutanées qui sont de loin prédominantes par rapport aux infections gastro-intestinales. Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs et occasionnellement d'une pollution fécale [45].

Les staphylocoques pathogènes (*S. aureus*) produisent plusieurs types d'enzymes qui participent à l'envahissement d'un hôte. De plus, les staphylocoques sont parmi les organismes asporulés les plus difficiles à éliminer. En effet, ils résistent à une température de 60 °C pendant 30 minutes ou à 1 % de phénol pendant 15 minutes. Ils démontrent également une résistance au chlore et aux autres agents de désinfection utilisés dans l'entretien des piscines publiques[45].

1.7 Définition d'une norme :

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ouune référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situationpar

rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport àcelle qui ne le serait pas [46].

Tableau I : Les normes algériennes pour l'analyse de l'eau potable [61]

Paramètre physique	Unité	N.A
pH		6,5-9
CONDUCTITIVITÉ 25°C	$\mu s/cm$	2800
TEMPERATURE	°C	25
TURBIDITÉ	NTU	5
SALINITÉ	%	50
RÉSIDU SEC A 105°C	mg / L	1500
T D S	mg/L	1200

Minéralisation globale	UNITE	N.A
Calcium Ca^{++}	mg/L	200
Magnésium Mg^{++}	mg/L	150
Sodium Na^{++}	mg/L	200
Potassium K^{+}	mg/L	12
Chlorure $CL^{=}$	mg/L	500
Sulfate $So_4^{2=}$	mg/L	400
Bicarbonate $HCO_3^{=}$	mg/L	180
Dureté totale (TH)	mg/L CaCo3	500
Titre alcalin (TA)	mg/L CaCo3	...
Titre alcalin complet (TAC)	mg/L CaCo3	500

Paramètre de pollution	Unité	N.a	paramètre indésirable	Unité	N.a
AMMONIUM NH_4^4	mg/l	0.5	FER TOTAL	mg/l	0.3
NITRITE NO_2	mg/l	0.2	FER Fe^{2+}	mg/l	0.3
NITRATE NO_3	mg/l	50	FER Fe^{3+}	mg/l	0.3

paramètre bactériologique	Unité	N.a
Germe totaux	UFC/ml	
A 37°C	UFC/ml	10
A 22°C	UFC/100 ml	100
Coliforme totaux	UFC/100 ml	00
E.coli	UFC/100 ml	00
Streptocoques fécaux	UFC/100 ml	00
Clostridium sulf-red	UFC/100 ml	....

CHAPITRE 2

Matériel et méthodes

2.1 Description du site d'étude

2.1.1 Situation géographique

L'étude porte sur le territoire d'Oum Teboul. Ce dernier est un village situé dans la commune de Souarekh, dans la Wilaya d'El Tarf, en Algérie, il est situé à 10 km à l'ouest de la frontière tunisienne. Situé à l'extrême nord-est de l'Algérie, avec un littoral de 09 km, habité par environ 22000 personnes.[62]

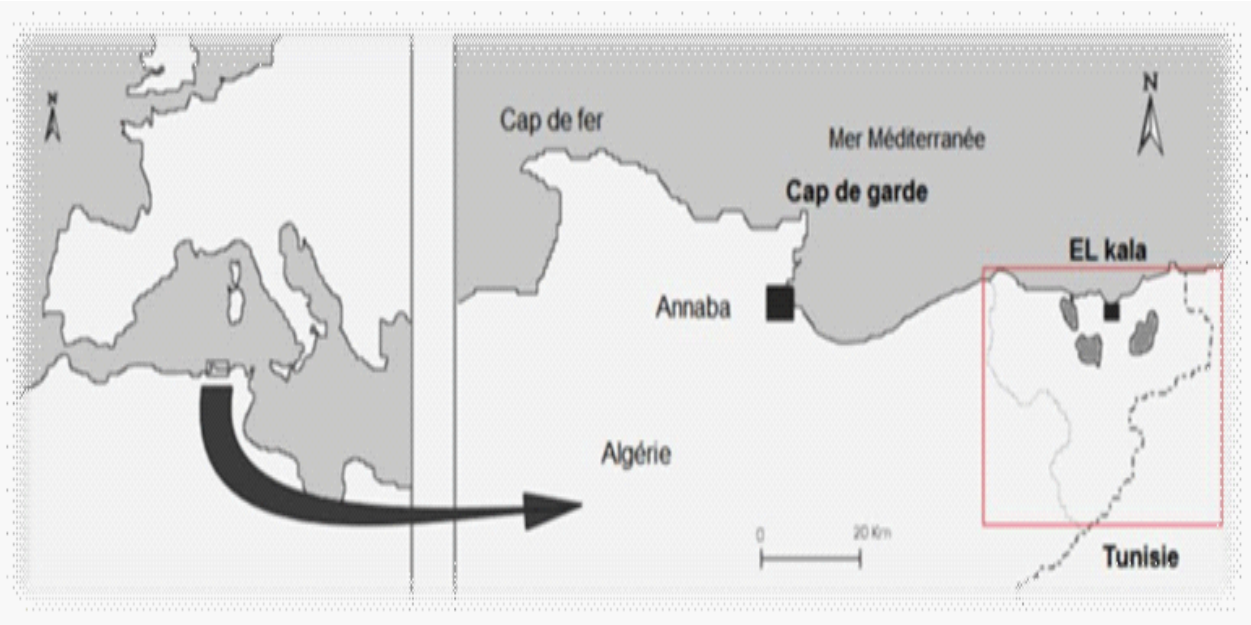


Fig. 2 : Situation géographique de la région d'El Kala (extrême nord-est algérien)

2.1.2 Réseau hydrographique :

La nappe superficielle d'Oum Teboul :

Cette nappe est limitée au Nord et à l'Ouest par les dunes, au Sud par la nappe semi captive d'Oum Teboul. Elle est constituée de sables argileux, d'argiles sableuses ou marneuses et couvre la majeur partie de la plaine, elle affleure au niveau d'oued EL Eurg. Dont elle est alimentée par ce dernier qui se déverse dans le lac Tonga.

2.2 Choix des points de prélèvement

Dans le cadre de l'analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation de quelques sources naturelles de la commune de Souarekh, et vu le nombre important de sources qui s'y trouvent, un choix de deux sites a été fait ;

☛Sources d'Ain Sigléb et d'Ain Siporex dont l'une des deux sources et moins exposé à la pollution

L'échantillonnage a été réalisé in situ, mensuellement à raison d'un prélèvement par site, dans 2 sites différents, pendant la période de 2 mois. Les sites d'échantillonnage ont été choisis en fonction de leur exposition aux différents polluants.

Le nombre d'échantillons à était dicté par la limite des moyens d'analyse, par conséquent, ilétait impossible de les réaliser au niveau de l'université.

Des services extérieurs ont été sollicités pour la réalisation des analyses physico chimiques ;

L'ADE (Boutalja) et un laboratoire privé (Annaba)et microbiologiques au niveau du service d'hygiène de EPSP d'El Kala.

2.3 Echantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soindoit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera faite.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiquesphysico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc. . .). Etant donné que danslaplupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que leprélèveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importancepour la qualité des résultats analytiques [12].

2.3.1 Matériel d'échantillonnage :

La préparation du matériel est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matérielde terrain doit inclure notamment une quantité suffisante de bouteilles stérilisées clairement identifiées, une glacière, de la glace, un carnet pour prendre des notes sur le terrain et un multi-paramètre ;

-Flacons en verre

-Glacière

2.3.2 Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables [35]. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales ;

-Lieu

-Nom de la source

-Le temps de prélèvement

-La climatologie

2.3.3 Méthode de prélèvement :

Pendant l'échantillonnage, nous avons respecté les recommandations dictées par l'auteur Rodier en 2009 et qui sont :

☛Les échantillons doivent être prélevés de préférence dans des flacons en verre ou des flacons en polyéthylène et dans des flacons en verre stérilisés pour les analyses bactériologiques ;

☛Les bouteilles utilisées pour les analyses physico-chimiques doivent être rincées au moins trois fois avec de l'eau à prélever ;

☛Les prélèvements se font à une profondeur de 5 à 10 cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air, et de ne pas toucher le fond du réservoir avec les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiments qui risquent de contaminer l'échantillon ;

☛Les bouteilles sont remplies jusqu'au bord pour les analyses physico-chimiques et non pas pour les analyses bactériologiques. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport ;

☛Après la mise en flacons et l'étiquetage, l'échantillon doit être placé dans une glacière à 4°C pour le maintenir au frais ;

☛Au laboratoire, les échantillons sont mis au réfrigérateur pour leur conservation.

2.3.4 Transport et conservation des échantillons :

Les échantillons prélevés doivent être remis le plus tôt possible pour analyse. Ils doivent être acheminés dans des conditions qui évitent une modification du nombre de microorganismes présents. Ils doivent être transportés dans des glacières aux températures comprises entre 2 et 10°C.

Depuis le moment du prélèvement à celui de l'examen, la teneur des échantillons en coliformes se modifie, il est important de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures.

Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boite isotherme munie d'éléments réfrigérants. Pour les échantillons qui ne sont pas analysés sont aussitôt placés au réfrigérateur et conservés jusqu'au début des analyses.

2.4 Analyses physico-chimiques :

Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur place. La température, le pH, la salinité, la conductivité électrique, le taux des sels dissouts, et l'oxygène dissout ont été mesurés à l'aide d'une sonde multi paramètres. La couleur, a été estimée à l'œil nue.

2.4.1 Paramètres physiques :

Mesure de la conductivité, salinité et TDS :

Objet :

La conductivité électrique (CE)

est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique (elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations) [30].

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous.

Dans une eau stagnante, il existe toujours des « flux » invisible. L'eau conduit la chaleur, le courant électrique et le son, ce dernier étant propagé encore plus rapidement que dans l'air [49].

La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre (μS/cm), à 25°C.

La salinité

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autre (viscosité, absorption

de la lumière) ne sont pas influencées de manière signification. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) [48].

Mode opératoire :

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

Plonger la sonde dans la solution à mesurer et sélectionner la gamme de mesure en appuyant sur l'un des quatre boutons correspondants. Au cas où il n'apparaîtrait qu'un «1» en haut et à gauche de l'affichage sans visualisation de la lecture à droite, cela signifierait que la condition de dépassement est ors échelle : il faudrait alors sélectionner l'échelle supérieure.

1er cas : Effectuer la mesure de la conductivité à la température relevée ou ramener le prélèvement d'eau à la température souhaitée.

2ème cas : Compensation de température, un capteur de température sert à compenser la dépendance température / conductivité.

Il suffit d'environ 5 minutes pour que le capteur atteigne l'équilibre thermique avec la solution au cas où la température de la sonde serait totalement différente de celle de la solution.

Aussi, avant d'effectuer toute mesure, faut-il attendre que la stabilisation thermique se soit réalisée.

Taper légèrement la sonde sur le fond du bécher et l'agiter afin de vérifier que des bulles d'air ne se soient pas formé à l'intérieur.

La mesure terminée, éteindre l'instrument et, si nécessaire, nettoyer la sonde.

Après chaque série de mesures, rincer l'électrode à l'eau déminéralisée

Reporter la valeur de la conductivité puis la salinité et la TDS sur le bulletin d'analyse.

Fig. 3 : mesure de la conductivité, Salinité, TDS**.**

☛Mesure du pH et la température :

Objet

Le Potentiel Hydrogène (pH) ;

La valeur du pH permet de déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau, autrement dit la concentration en ions hydrogène.

Moyens et techniques

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre,

Mode opératoire

Préalable :

Vérifier que le pH-mètre est connecté au réseau électrique ou que ses batteries sont en état de fonctionnement.

Retirer la capsule contenant la solution de stockage protégeant la sonde de mesure.

Rincer cette dernière à l'eau déminéralisée avant toute mesure.

Mesure :

Plonger la sonde dans le milieu à analyser.

Remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise.

1er cas : pas de sonde de température
Mesurer la température du milieu à analyser avec un thermomètre, puis afficher la valeur sur le pH-mètre.
Relever la valeur de pH à la température mesurée.
2ème cas : il existe une sonde de température.
Plonger les deux sondes (température et pH).
Relever les deux lectures : pH et température.
Généralement, la mesure s'effectue à 20°C.
Il est recommandé de refroidir ou réchauffer le prélèvement vers 20°C avant de mesurer le pH.

La température ;

Il est très important de connaitre la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc la conductivité électrique dans la détermination de pH. La mesure de la température est effectuée sur terrain à l'aide d'un thermomètre ou multi paramètre.

Fig. 4 : Mesure du pH et de la température

☛Mesure de la turbidité

Objet

La turbidité

mesure la quantité de matièr en suspension à l'origine d'un trouble [51].

La turbidité est favorisée par la pluviométrie. Dans les eaux profondes, la turbidité empêche la lumière influençant ainsi la végétation [37].

A l'aide d'un turbidimètre, il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après prélèvement, de préférence le même jour. Les échantillons doivent être agités avant la mesure [50].

Mode opératoire

La turbidité a été mesurée grâce à un turbidimètre selon les étapes suivantes :

Rincer la cuvette avec l'eau à analyser puis la remplir ;

Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle necontient aucune tache ;

Placer la cuvette et noter la mesure affichée sur l'écran de l'instrument ;

Jeter l'échantillon et rincer la cuvette.

Fig. 5 : Mesure de la turbidité

2.4.2 Paramètres chimiques :

Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet

Objet

Le présent document décrit le mode opératoire afin d'évaluer le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre alcalimétrique Complet (TAC) en degrés français (°F).

Le TA correspond à la mesure de la teneur d'une eau en hydroxydes et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux.

Le TAC est la teneur d'une eau en hydroxydes, en carbonates et en hydrogénocarbonates alcalins et alcalino-terreux.

Mode opératoire

Le TA et le TAC se mesurent après détermination du pH de l'eau, sur une prise d'échantillon de 50 ml.

Mesure du TA

Dans un erlenmeyer contenant 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 gouttes de phénolptaléine.

-Si le pH $<$ 8,3, la solution ne se colore pas en rose : le TA est $= 0$

-Si le pH $>$ 8,3, la solution est rose : le TA est déterminé par addition de liqueur alcalimétrique (solution d'acide sulfurique N/25), V (ml), nécessaire au virage de la phénolphtaléine

D'où : TA = V (ml) x 4°F

Fig.6 : Mesure de TA

Mesure du TAC

Elle succède à celle du TA sur le même échantillon.

Si le TA est non nul, ne pas réajuster la burette de liqueur alcalimétrique à zéro.

Dans l'échantillon précèdent, ajouter 3 gouttes d'hélianthine.

-Si le pH < 4,3, la solution est immédiatement rouge ou orangée : TAC = TA

-Si le pH > 4,3, la solution est jaune : le TAC est déterminé de la même manière que le TAavec V(ml) volume total de titrant versé.

D'où : TAC = V(ml) X 4°F

Fig. 7 : Mesure de TAC

Dosage du TH ou titre hydrotimétrique

Objet

La mesure du TH s'effectue sur les eaux dont on veut déterminer la dureté.

La dureté correspond à l'ensemble des ions alcalino-terreux, soient les ions calcium et magnésium principalement.

Méthodes de dosage

Dosage par liqueur complexométrique (ou liqueur hydrotimétrique).

Principe

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétrasodique de l'acide éthylène diamine tétra-acétique).

La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles ^les chélates^.
La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

Mode opératoire

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml.
Les verser dans un erlenmeyer adapté puis ajouter 20 gouttes de solution tampon K10 (solution NH4+ / NH3) permettant la complexation totale des ions calcium et magnésium à pH = 10.
En cas de perturbation (cas des eaux riches en cuivre et/ou fer dissous), ajouter une $\frac{1}{2}$ jauge d'ascorbate de sodium et une $\frac{1}{2}$ jauge de cyanure de potassium. Ajouter 6 à 8 gouttes d'Indicateur Net :
-si la solution est bleue : TH = 0. L'eau est adoucie ou non-dure.
-si la solution est violette : doser le mélange par la liqueur hydrotimétrique (solution d'EDTA N/25). Ajouter jusqu'au virage du violet au bleu :
soit V(ml) volume de coulée d'où : TH = V (ml) x 4 °F

Kit TH-test

Verser l'eau à analyser dans le tube à essai jusqu'au repère.
Ajouter 2 gouttes de réactif K ; agiter.
Ajouter 5 gouttes de réactif TH test 1 (NET) ; agiter.
-Si la couleur est bleue, le TH = 0 : l'eau n'est pas dure.
-Si la couleur est violette, l'eau a une certaine dureté : ajouter goutte à goutte le réactif TH test 2 (complexo). Compter le nombre de gouttes ajoutées jusqu'à obtenir une coloration bleue.
La dureté ou TH en °F est égale à deux fois le nombre de gouttes de réactif TH test 2 versées

Fig. 8 : Dosage de TH

Les éléments de la pollution

Les éléments majeurs ✌Dosage du calcium(Ca2+) :

Principe

Titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est calcon carboxylique, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

Mode opératoire

Introduire 5 ml d'eau à analyser avec 45ml d'eau distillée dans une fiole de 100 ml

✍Ajouter 4ml de solution tampon ;

✍Ajouter 4 goutte de NET ;

En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au violet.

Vérifier le changement de couleur vers le violet bleuet que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Expression des résultats :

✌**Dosage du potassium (K+) :**

Le potassium a été dosé selon la méthode Aubert (1978) décrété au- dessous.

La solution mère

Chlorure de potassium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml faire dissoudre 1.90 g de chlorure de potassium (kcl) dans 500ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

Les solutions filles

Dans une fiole jaugée de 100 ml faire dilué respectivement 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 et 3.5 ml de la solution mère (kcl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ppm.

Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser ;

Passer les échantillons au spectrophotomètre à flamme ;

Lecture des résultats

✌**Dosage du sodium (Na+) :**

La solution mère

Chlorure de sodium (1000 ppm) : dans une fiole jaugée de 1000 ml faire dissoudre 2.54 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 500 ml d'eau distillée et ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser.

Les solutions filles

Dans une fiole jaugée de 100 ml faire diluer respectivement 1, 2, 4, 6, 8 et 10ml de la solution mère (NaCl) avec l'eau distillée, ces solution contiennent respectivement 10, 20, 40, 60 et 100 ppm.

Ajuster le volume avec l'eau distillée et homogénéiser ;

Passé les échantillons au spectrophotomètre à flamme ;

Lecture des résultats

2.5 Analyse bactériologique

Les bactéries dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes :

-Origine purement aquatique.

-Origine terrestre.

-Origine animale ou humaine : ce sont des germes de contamination ; le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est au voisinage

de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique [52].

Nous avons effectué au cours notre étude un dénombrement systématique des germes indicateurs de pollution ;

-Les germes totaux (la flore totale ou germes revivifiables) ;

-Les coliformes (coliformes totaux) ;

-Les coliformes fécaux ;

-Les streptocoques fécaux ;

-Les Clostridium sulfito-réducteurs ;

Les manipulations sont réalisées dans une zone aseptique près du bec benzène. Avant de procéder aux analyses des échantillons, tous les milieux de cultures et le matériel nécessaire ont été préalablement prépares

2.5.1 Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C(germes totaux)

definition

Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance (à 37oC pendant 24h et à 22oC pendant 72h). Bien que la présence en grande quantité de bactéries revivifiables ou la microflore totale aérobie mésophile n'est, a priori, aucune valeur indicative, leur dénombrement dans les conditions doit être régulièrement effectué car une évolution importante, peut être représentative d'un apport contaminant (matières organiques par exemple) [53].

Mode Opératoire

A partir de l'eau à analyser (Solution mère = 1) et/ou des dilutions décimales 10-1 et 10-2, porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boites de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme indique le schéma ci-après (Fig. 9).

Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45±2°C. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boite et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » sur une surface horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Laisser solidifier les boites sur la paillasse.

Incubation

Les boites seront partagées en deux séries distinctes :

La première série sera incubée à 22±2°C pendant 68±4 heures.

La seconde série sera incubée à 36±2°C, pendant 44±4°C heures [54].

Lecture

Examiner les boites dès que possible après la période d'incubation, sinon les conserver à 4 °C pendant 48 heures au maximum [65].

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse, ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies [55].

Dénombrement

Calculer la valeur du nombre N de microorganismes revivifiables à 22 C°±2 C° à part et celle du nombre N de microorganismes revivifiables à 37 °C±2 °C à part, en tenant que moyenne pondérée, à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1.1 \times d}$$

Où :

$\sum c$:est la somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution. Arrondir les résultats calculés à deux chiffres significatifs après la virgule.

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est noté par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10x où x est la puissance appropriée de 10 [54].

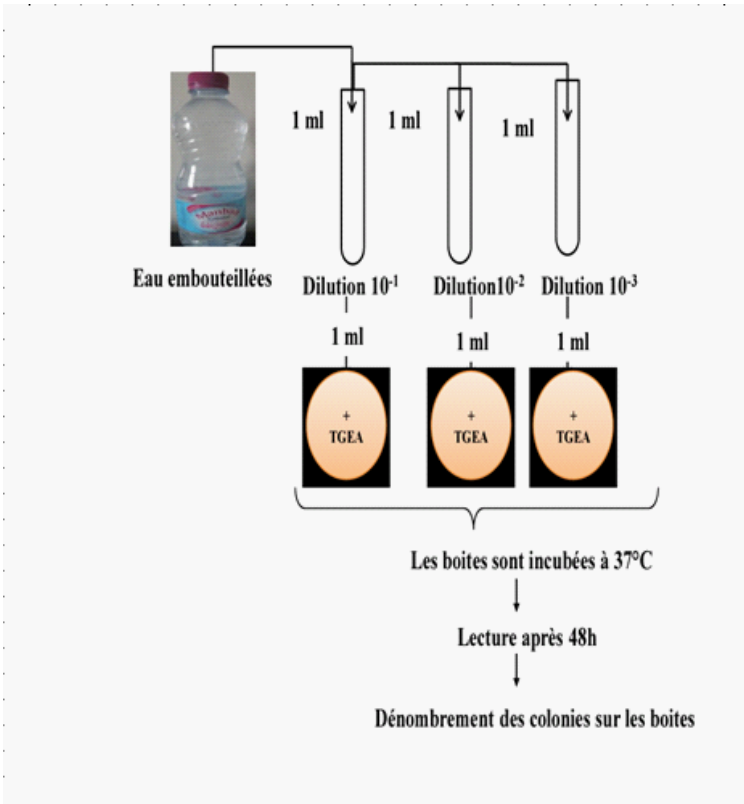


Fig 9 : Protocole expérimental de dénombrement des Germes totaux.

2.5.2 Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux avecidentification d'Escherichia colien milieu liquide

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermotolérants et des Escherichia coli dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives (Fig10) :

-Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.

-Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermotolérants et d'Escherichia coli [54]et [56].

Test de présomption

On a travaillé avec 3séries de 3 tubes :

-3 tubes de BCPL D/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 10 ml d'échantillon.

-3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 1 ml d'échantillon.

-3 tubes de BCPL S/C+ cloche de Durham, ensemencé avec 0.1 ml d'échantillon.

Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d´air dans la cloche.

La lecture

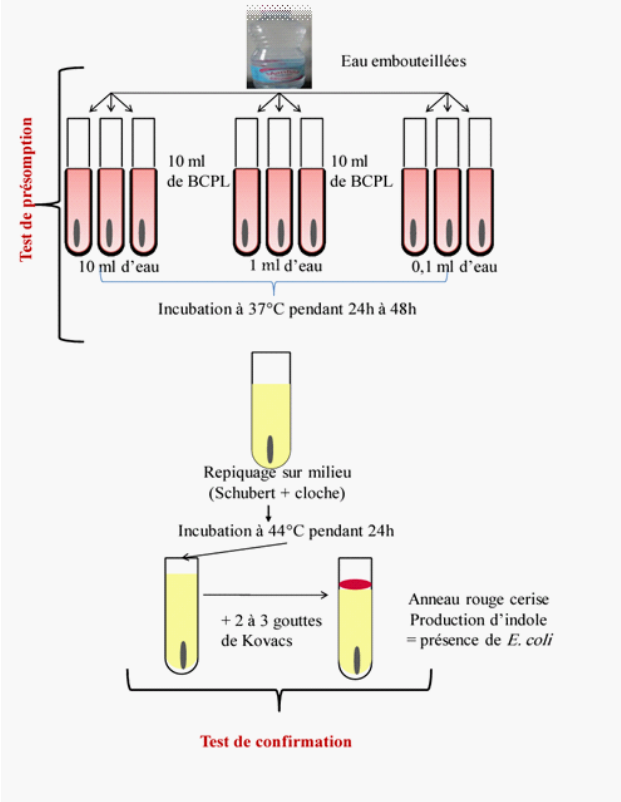
Se fait après 48 heures d´incubation dans une étuve à 37°C. On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois une couleur jaune et de dégagements gazeux dans la cloche. On note le nombre de tube positifs dans chaque série et on reporte à la table du NPP (Annexe).

Le nombre de coliformes totaux dans 100 ml d'échantillon d'eau [55].

LectureSeront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10éme de la hauteur de la cloche).

Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites [54].



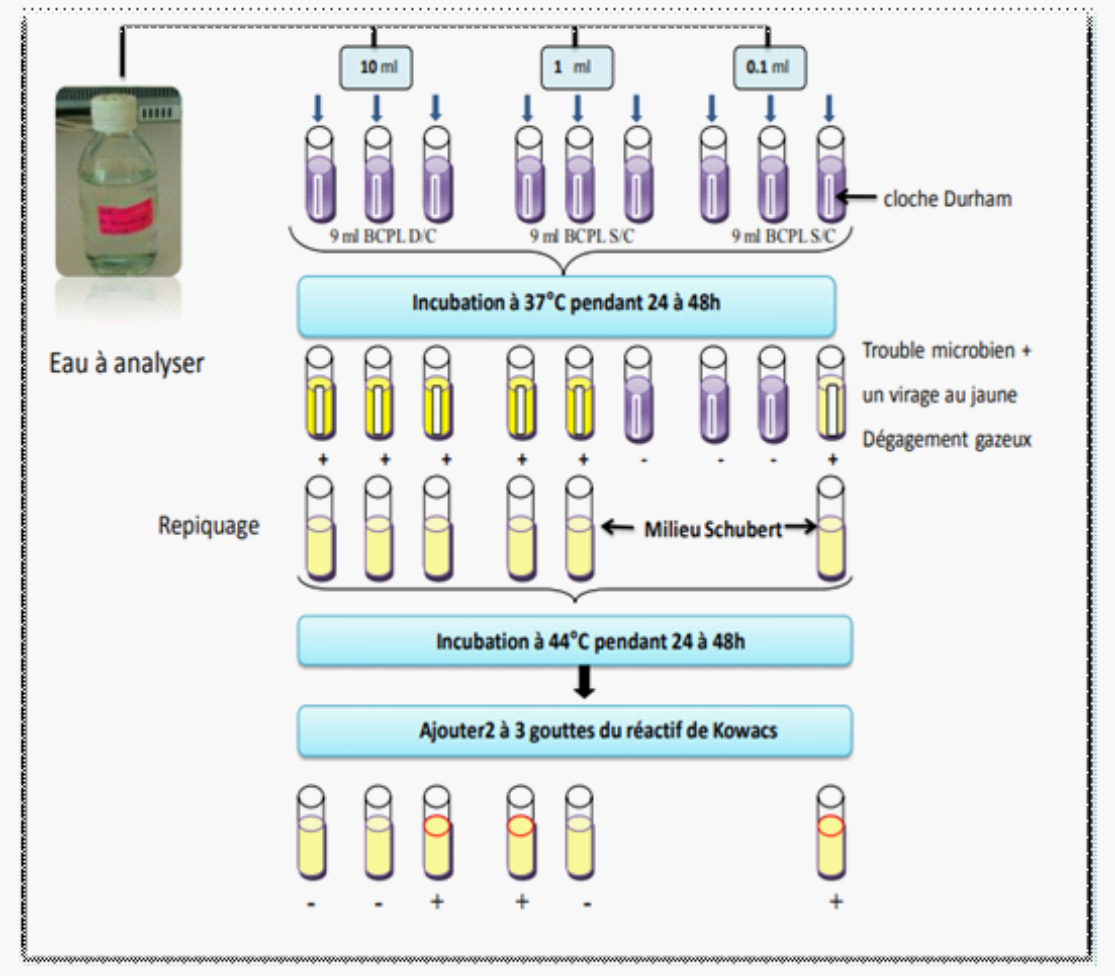


Fig 10 :Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux dans les eaux.

2.5.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Enterococcus)

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes [55].

Ces entérocoques intestinaux sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale [58], car tous ont un habitat fécal[21].

Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe (D) dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP (Annexe), se fait aussi en deux étapes consécutives (Fig. 11) :

Le test de présomption

Réservé à la recherche des streptocoques.

Le test de confirmation

Réservé à la confirmation réelle des streptocoques du groupe (D).

Test de présomption

L'inoculation du milieu de culture s'effectue comme le cas précédent pour le milieu BCPL.

Le dénombrement est réalisé en milieu liquide sur bouillon glucosé à l'azoture (Roth).

On travaille avec une série de 3 tubes :

-3 tubes de Roth D/C, ensemencé avec 10 ml de l' échantillon.

-3 tubes de Roth S/C, ensemencé avec 1 ml de l' échantillon.

-3 tubes de Roth S/C, ensemencé avec 0.1 ml de l' échantillon. L'incubation des tubes ensemencés s'effectue dans l'étuve à 37° C pendant 24 à 48 heures [55].

-Lecture Seront considérés positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces tubes doivent faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but d'être justement confirmés.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe « D » éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures [54].

Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

-Un trouble microbien.

-Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. La lecture finale s'effectue également

selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe)[54].

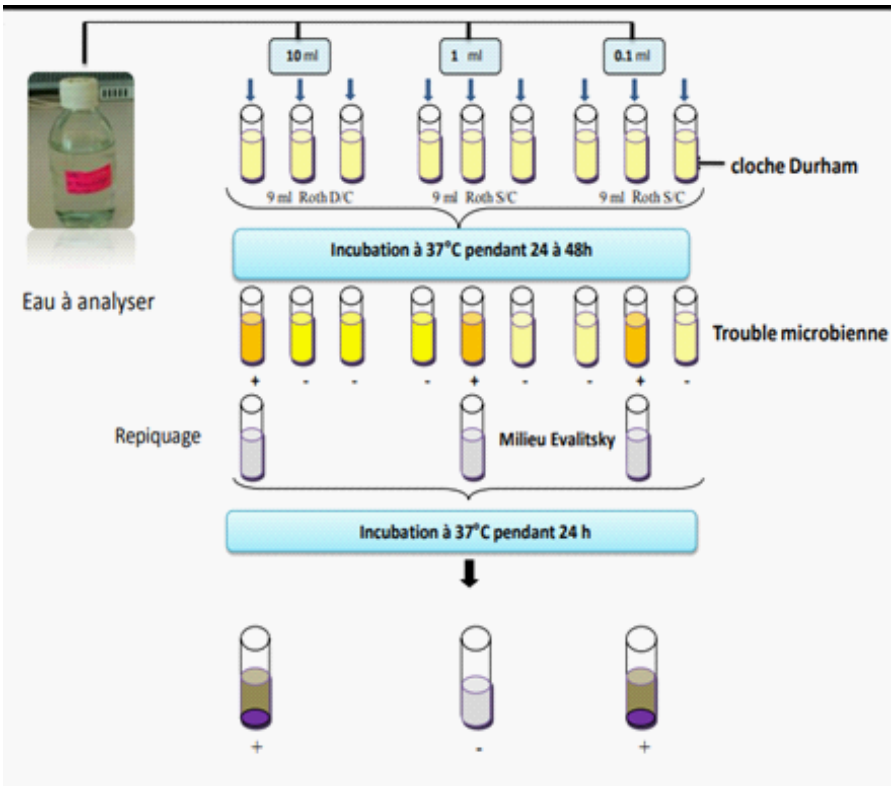


Fig 11 :Protocole de recherche et de dénombrement des Entérocoques fécaux dans les eaux.

2.5.4 Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfitoréductriceset de Clostridium sulfito-réducteurs

Définition

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif [55], ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement .

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser :

-Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.

-Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.

-Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

-Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 47±1°C, additionnée de leurs additifs spécifiques (Alune de fer et Sulfite de sodium).

-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 36±2°C, pendant 44±4 heures, dans le cas de la gélose Viande Foie (Fig. 12) [54].

Lecture et interprétation

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2}.

La deuxième lecture se fera à 24 heures.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser [54].

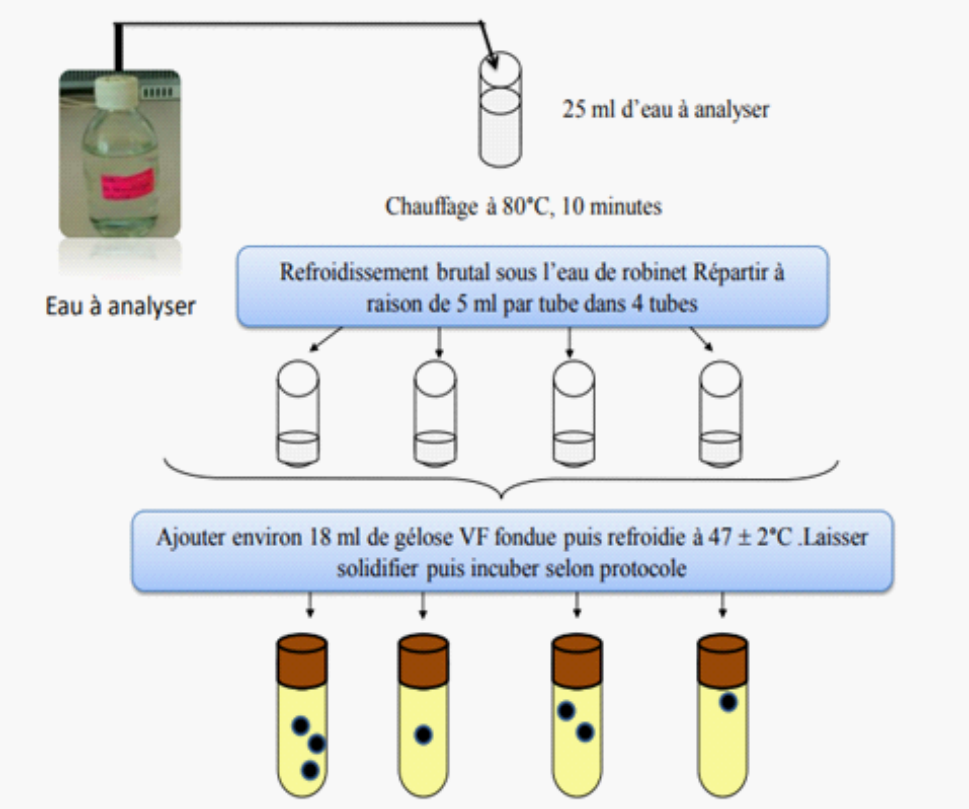


Fig 12 : Protocole de recherche et de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).

CHAPITRE 3

Résultats et discussion

Caractérisation physico-chimique et bactériologique

3.1 Résultats des analyses physico-chimiques

3.1.1 Paramètres physiques :

La température (T)

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de ce dernier. Elle représente le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine déclarent Gregorio et Pierre-Marie (2007). La température de l'eau naturelle dépend d'une série de facteurs, tels que : la situation géographique, la saison, la profondeur (faible en surface), la couleur et volume de l'eau, les rejets industriels et domestiques.
La teneur moyenne de la température de nos échantillons est présentée graphiquement à la figure 13.

Les mesures de la température des eaux atteignent un minimum de 14.3°Cdans les deux sites. Cette dernière est en accord avec les valeurs accorder par les normes Algérienne[62] (voir chapitre 1).

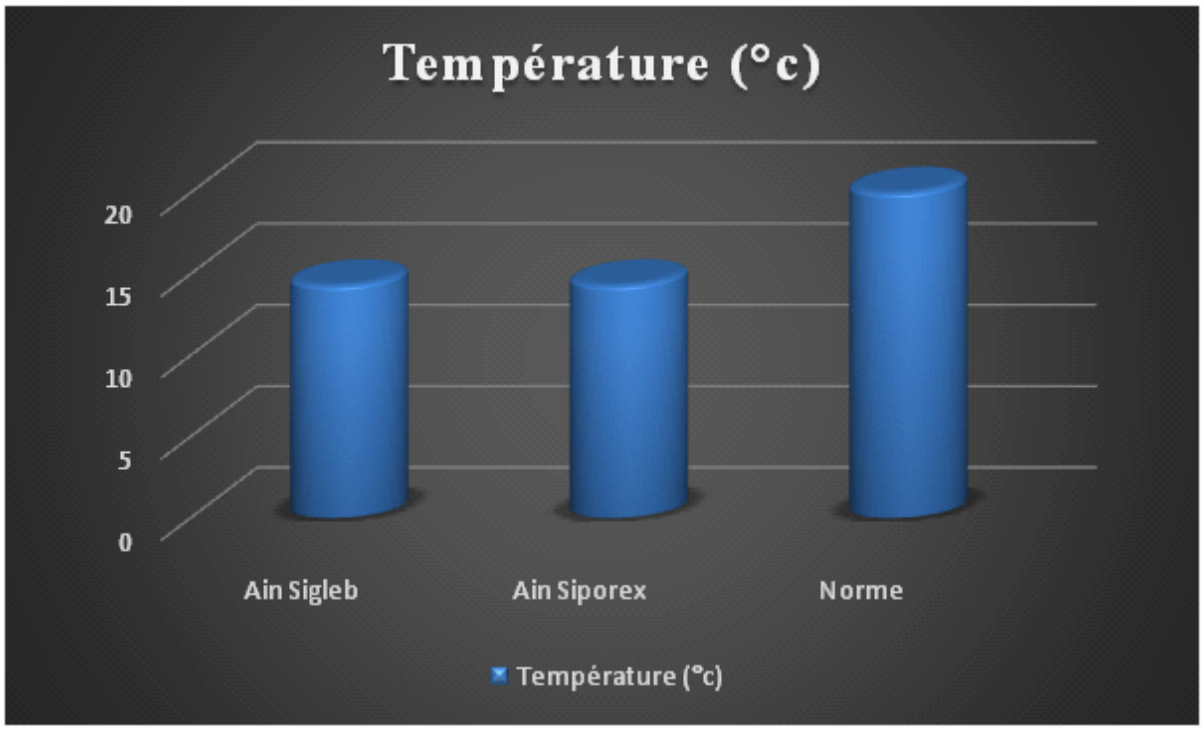


Fig. 13 : Représentation graphique de la teneur en température

Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau en mesurant la concentration des ions H+, il varie selon une échelle de 0 à 14, Le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût ce qui est confirmé par Bouchemal (2017).

Le résultat enregistré de nos échantillons varie entre 7.06 et 8.08.Ces valeurs sont en accord avec les résultats de Hazzab (2011),Sekiou et Kellil (2014) et Jatoi et al.,(2018).

Les teneurs dupH publier par les normes Algérienne varie entre 6,5 et 9 (Fig. 14)

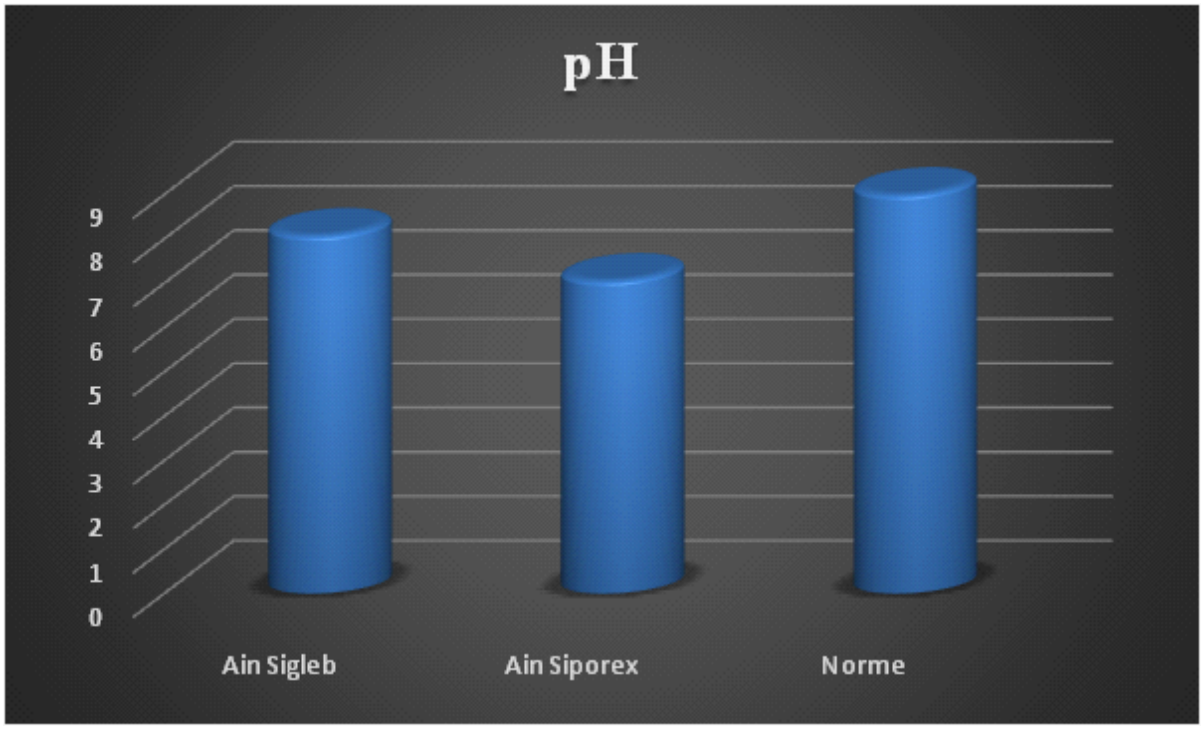


Fig. 14 : Représentation graphique du teneur en pH

La conductivité électrique (CE)

La conductivité est due à la présence d'ions dans le milieu, et qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations [47]. Les normes Algérienne indiquent des valeurs de 2800 μS/cm [62].

Les résultats obtenus sur le terrain d'étude montrent que la conductivité électrique des eaux varie entre 381 à 476μS/cm (Fig. 15) ; la valeur maximale de 476μS/cm est enregistrée dans la source Ain sigleb. Cette dernièrereprésente des valeurs inférieures par rapport aux travaux de Sekiou et Kellil (2014).

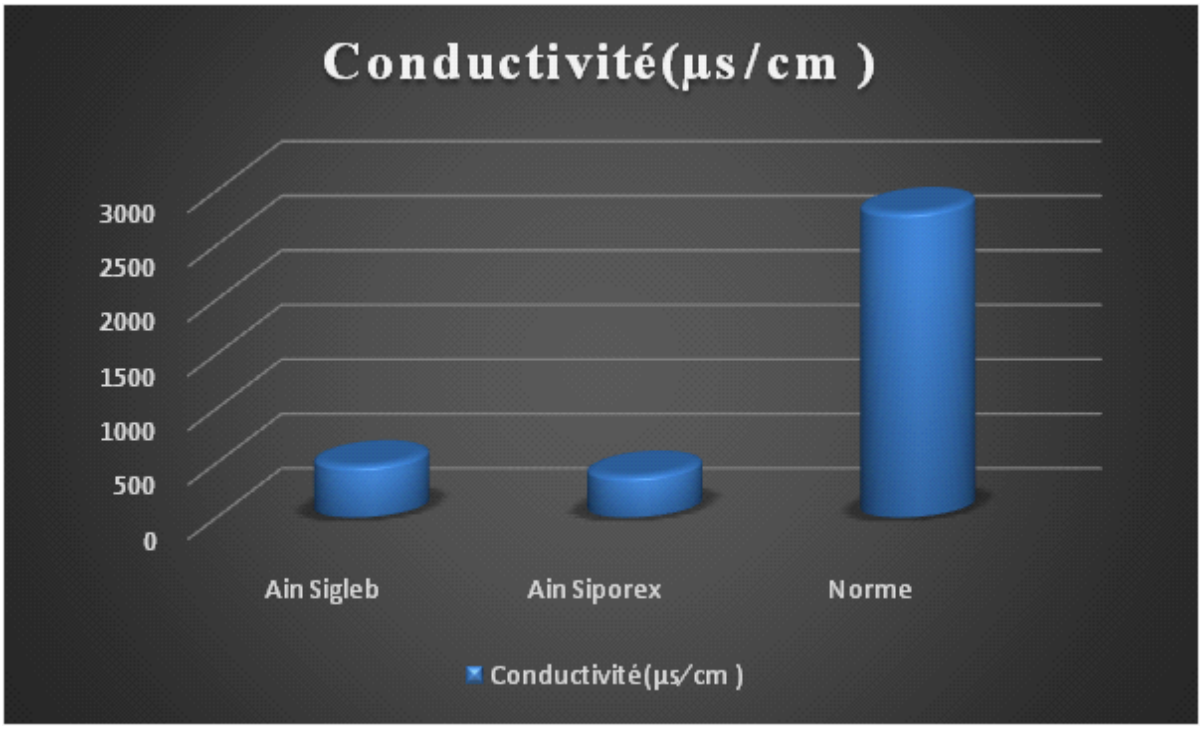


Fig. 15 : Représentation graphique du teneur en conductivité

La salinité

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Sa variation suit la même allure (Fig.16).

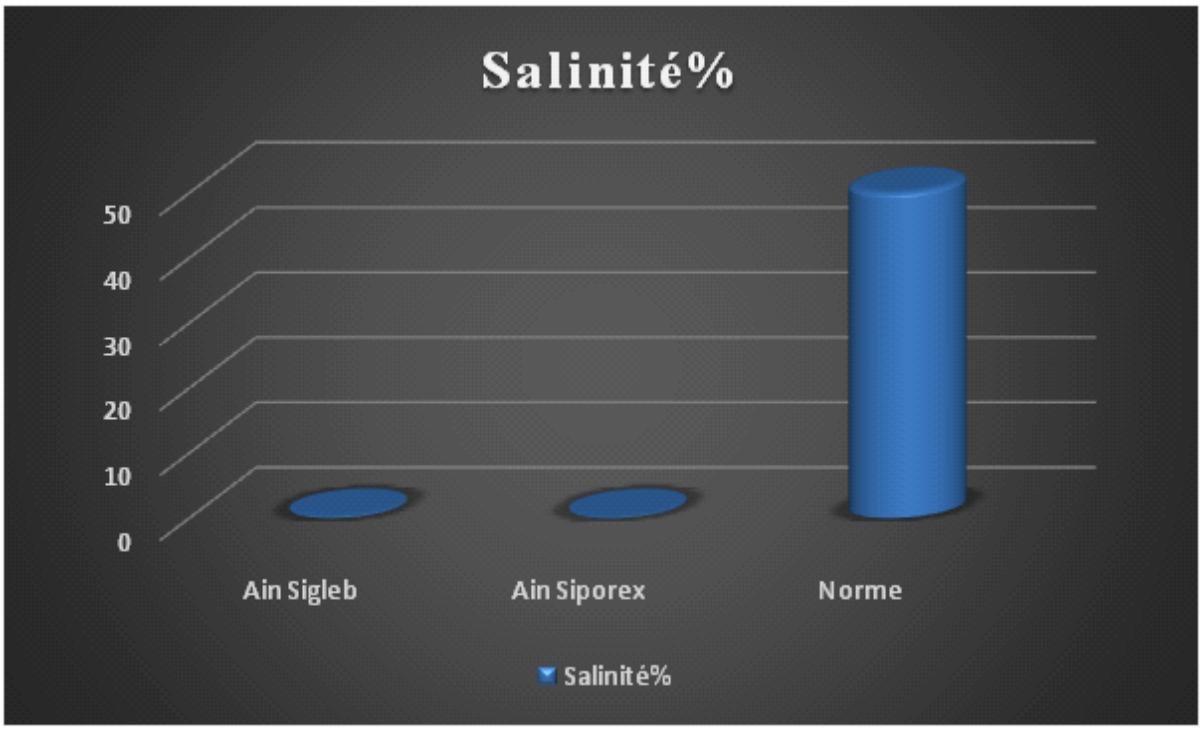


Fig. 16 : Représentation graphique du teneur en salinité

TDS

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau, ont conclus à une stabilité de la minéralisation.

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200mg/l (norme de l'OMS) avec l'eau de la source de Ain Siporex (183.1mg /l) qui semble être la plus minéralisée que la source de Ain Siglab (200mg /l) (Fig. 17).

Nous constatons aussi que la variation de la minéralisation globale est identique à celle de la conductivité.

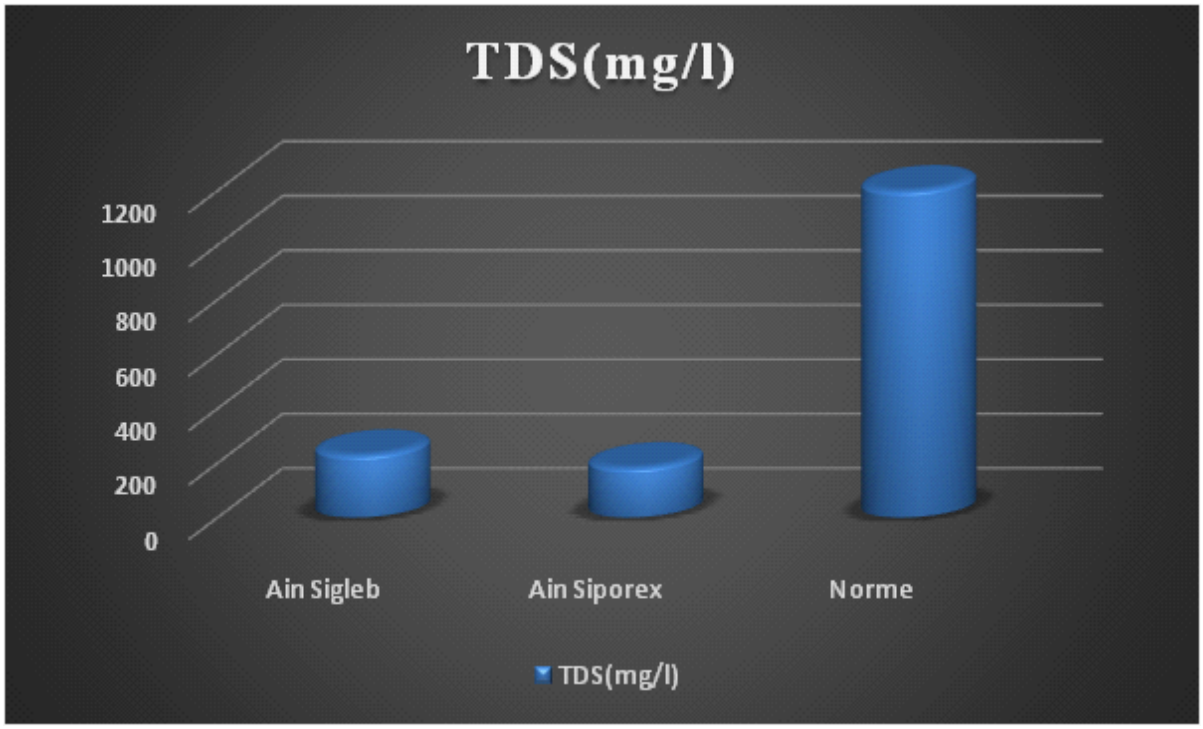


Fig. 17 : Représentation graphique du teneur en conductivité

La turbidité

Son taux normal est fixé à 5 NTU selon l'OMS. La turbidité affecte beaucoupla potabilité d'une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre. Elle est le plus souvent due à la présence des matières en suspensions finement divisées tel les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques.
Les valeurs moyennes calculées dans les points étudies ne dépassent pas la norme (Fig. 18).

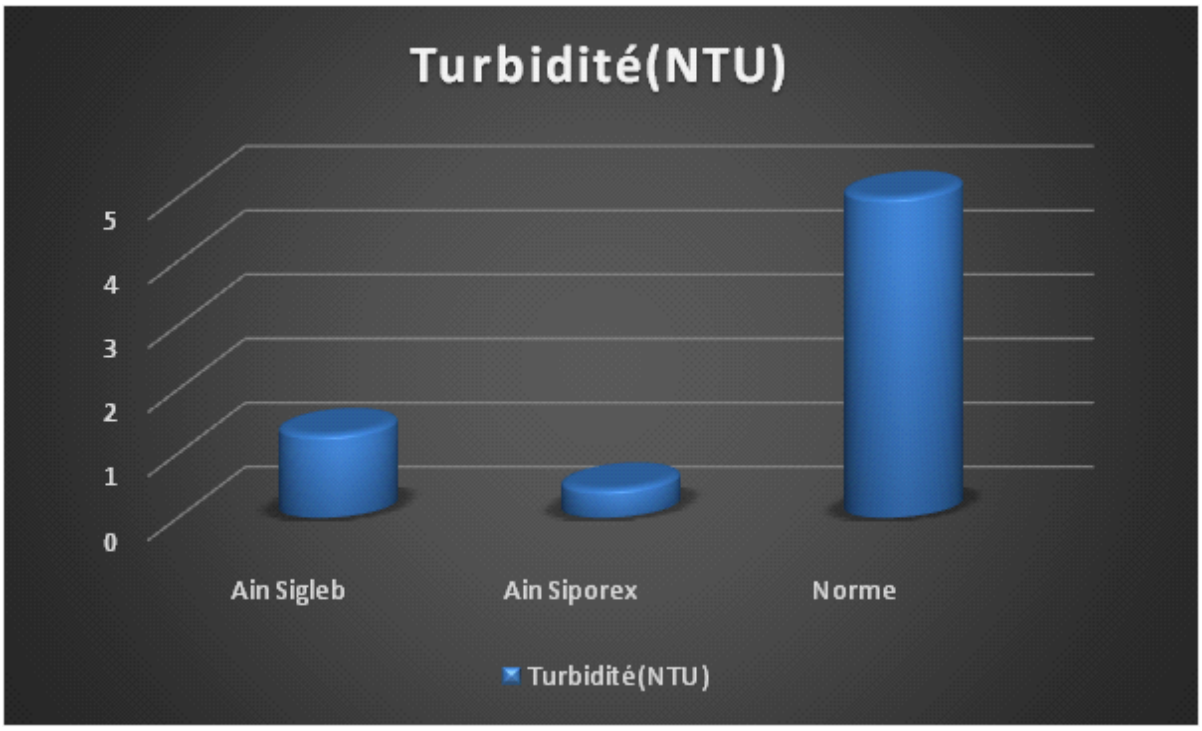


Fig. 18 : Représentation graphique du teneur en Turbidité

3.1.2 Paramètres chimiques

Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique completTAC

D'après nos analyses, le titre alcalimétrique complet pour les stations D'Ain Sigleb et D'Ain Siporex obtenu est de 13.1 et 5.8 f°. D'après ces résultats, nous distinguons une faible présence de bicarbonates et ces derniers sont conformes avec les normes algériennes de la potabilité qui sont fixées à 125 f°(Fig.19).

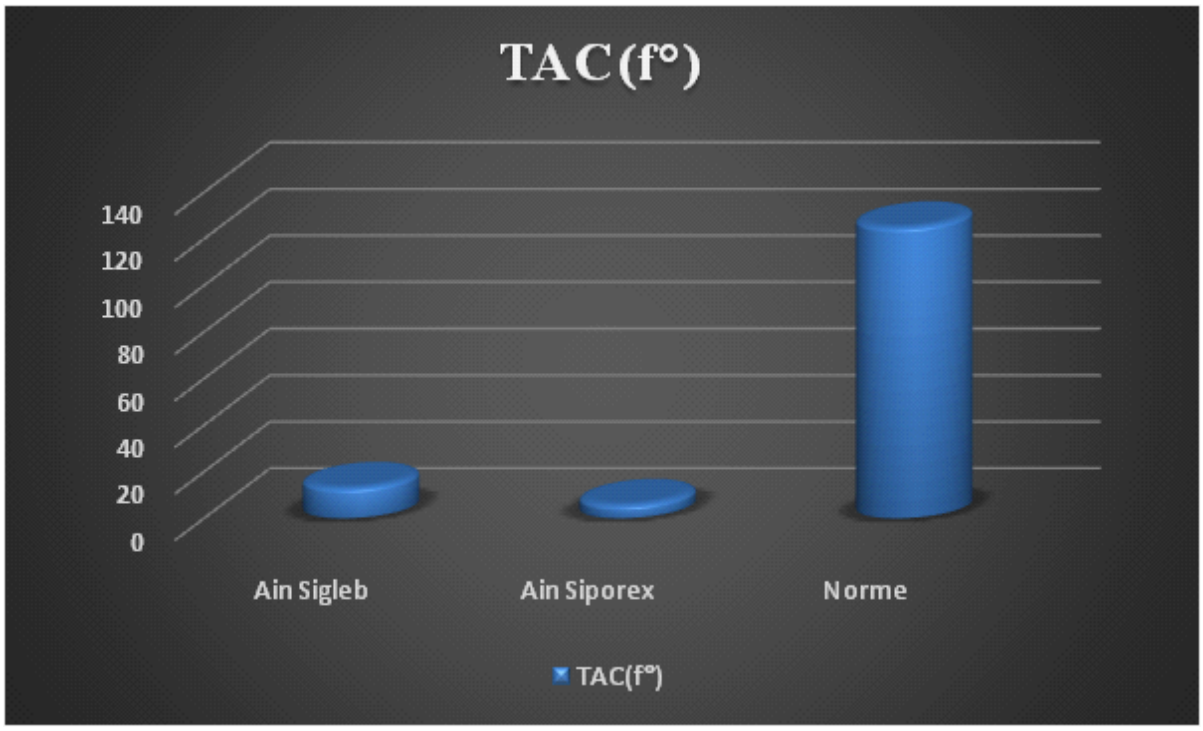


Fig.19 : Représentation graphique du teneur en TAC

Dosage du TH ou titre hydrotimétriquesTH

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium. Elle se manifeste pratiquement par une difficulté dans la cuisson des légumes et dans la production de la mousse de savon.

Les résultats obtenus (Fig. 20) nous montrent que les eaux analysées ont des duretés de valeurs moyennes calculées dans les points cibléset que ne dépassent pas la norme qui varient entre 420 et 310 mg/l.

L'OMS exige que la dureté totale de l'eau destinée à la consommation humaine soit inférieure à 500mg/l. L'origine de la dureté d'une eau peut être liée simplement à la litholo-

gie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que la pollution industrielle. Le magnésium peut provenir des roches carbonatées (travertins) et marneuses..

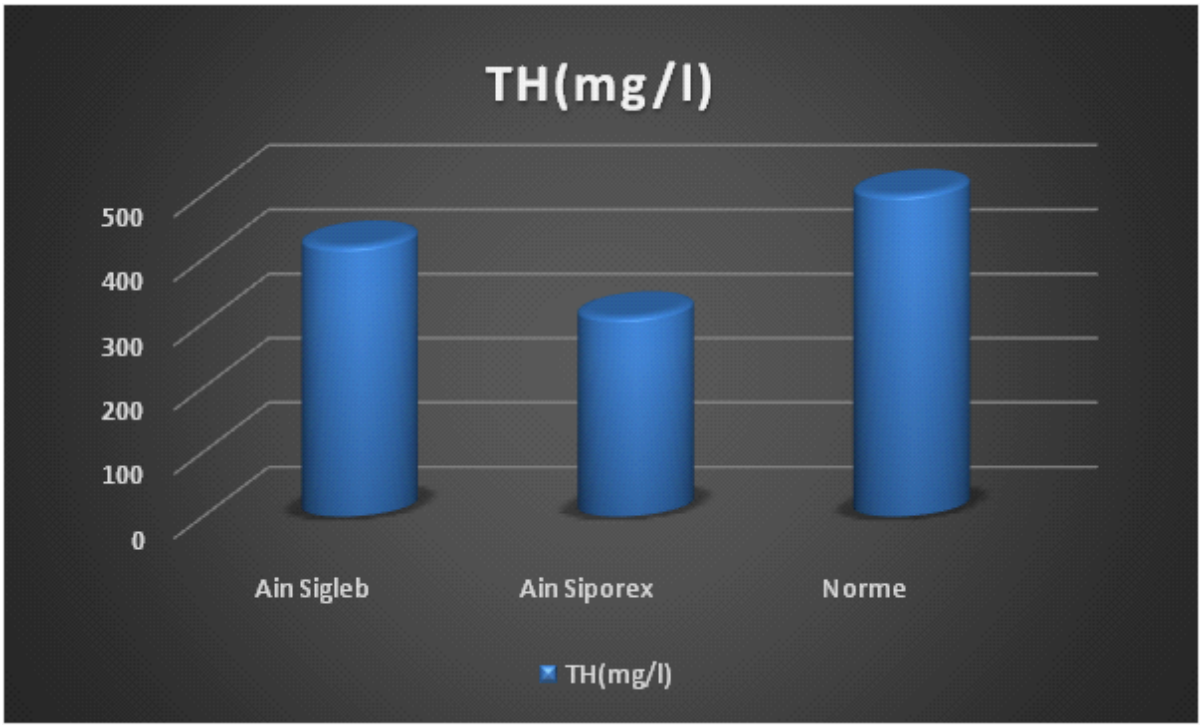


Fig. 20 : Représentation graphique du teneur enTH

Les éléments de la pollution

Les éléments majeurs -Le calcium(Ca2+)

La concentration moyenne de calcium de nos échantillons varie entre (Fig. 21) et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) affirme Bouchemal (2017).

Lesrésultats obtenus de la source Ain sigleb sont supérieure à celles des normes algériennes [63] qui fixe une valeur maximale de 200 mg/l.

En revanche nos résultats sont inférieurs à celles obtenues par Hazzab (2011) avec des valeurs maximales de 680mg/l.

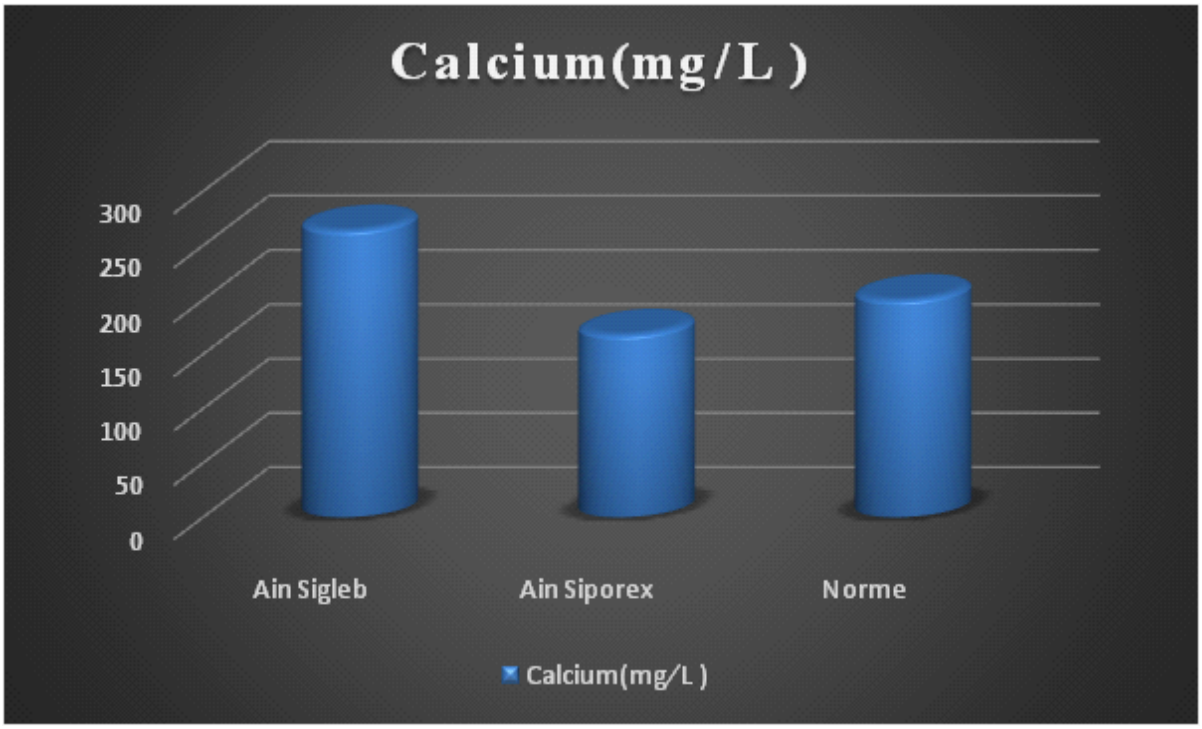


Fig. 21 : Représentation graphique du teneur en calcium

-Le magnésium(Mg2+)

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance (50% dans les os) et pour la production de certaines hormones [64].

Les mesures de nos échantillons ont donné une concentration en magnésium varient entre 40.8 et 55.2mg/l (Fig. 22).

Les valeurs sont en accord avec la norme Algérienne [63] qui fixent une valeur maximale de 150 mg/l. Des résultats similaires ont été trouvés par Sekiou et Kellil (2014), cependant une autre étude réalisée par Hazzab (2011) a révélé que la concentration en magnésium varie entre 5 et 400 mg/l.

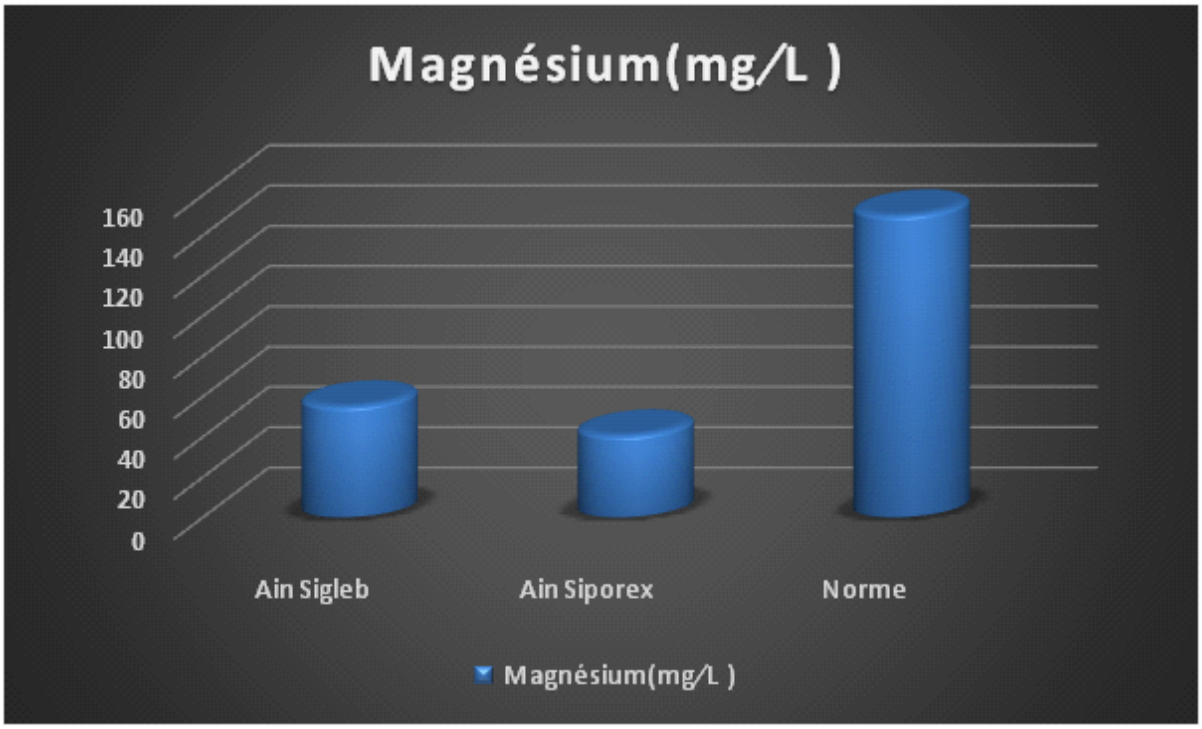


Fig. 22 : Représentation graphique du teneur en magnésium

-Le potassium

D'après Ayad et Kahoul (2017), Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme (transmission de l'influx nerveux) dont les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 3 à 4 grammes par jour et une déficience peut induire une faiblesse musculaire.

Les résultats obtenus varient entre 1.2 et 2.3 mg/l (Fig. 24). Ce qui nous permettrons de dire que notre eau est dans la norme algérienne [63]. Nos résultats sont proches aux résultats trouvés par Sekiou et Kellil (2014), par contre nos résultats sont inférieurs aux résultats obtenus par Hazzab (2011).

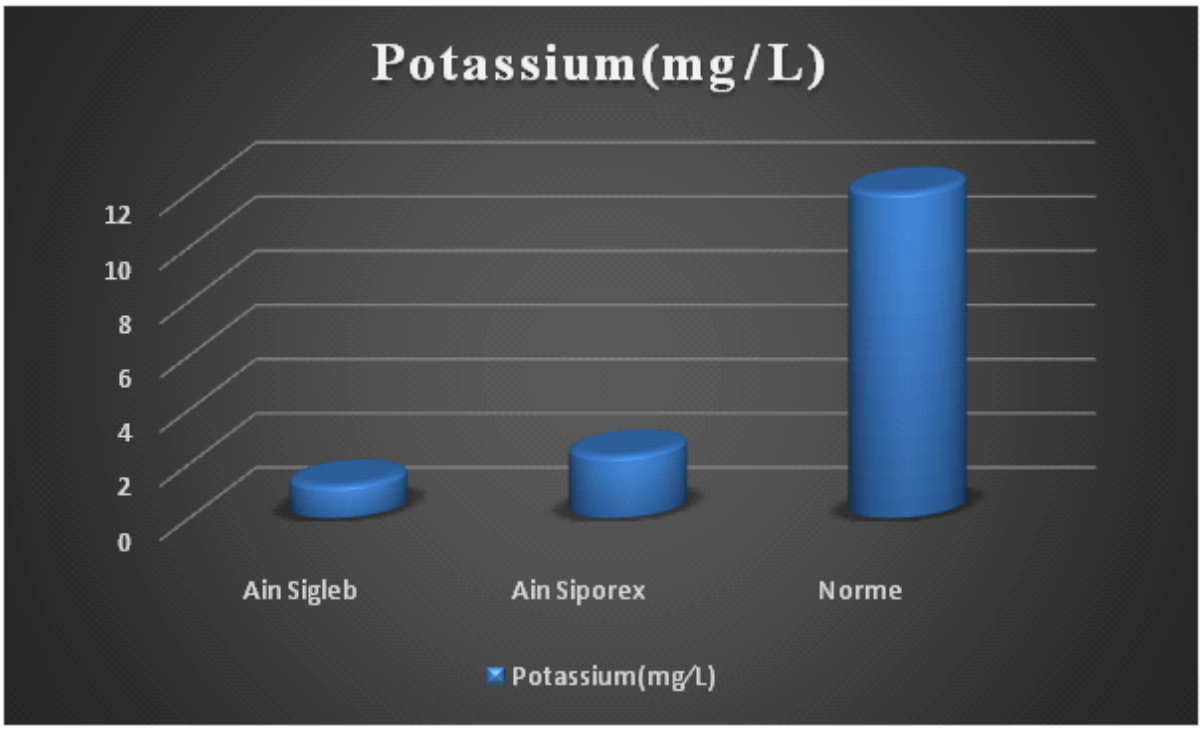


Fig. 24 : Représentation graphique du teneur en potassium

-Le sodium

Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles. Il est nécessaire de fournir respectivement à un organisme adulte et enfant 2000 et 200 mg/jour, ce qui est confirmé par Potelon et Zysman (1998).

Les résultats obtenus varient entre 26et 33mg/l (Fig. 23), qui sont en accord avec la norme Algérienne [63].

En revanchenos résultats représentent des valeurs supérieurs à celles élaborés par Oyelude et Ahenkorah (2012) ; ainsi que Sekiou et Kellil (2014).

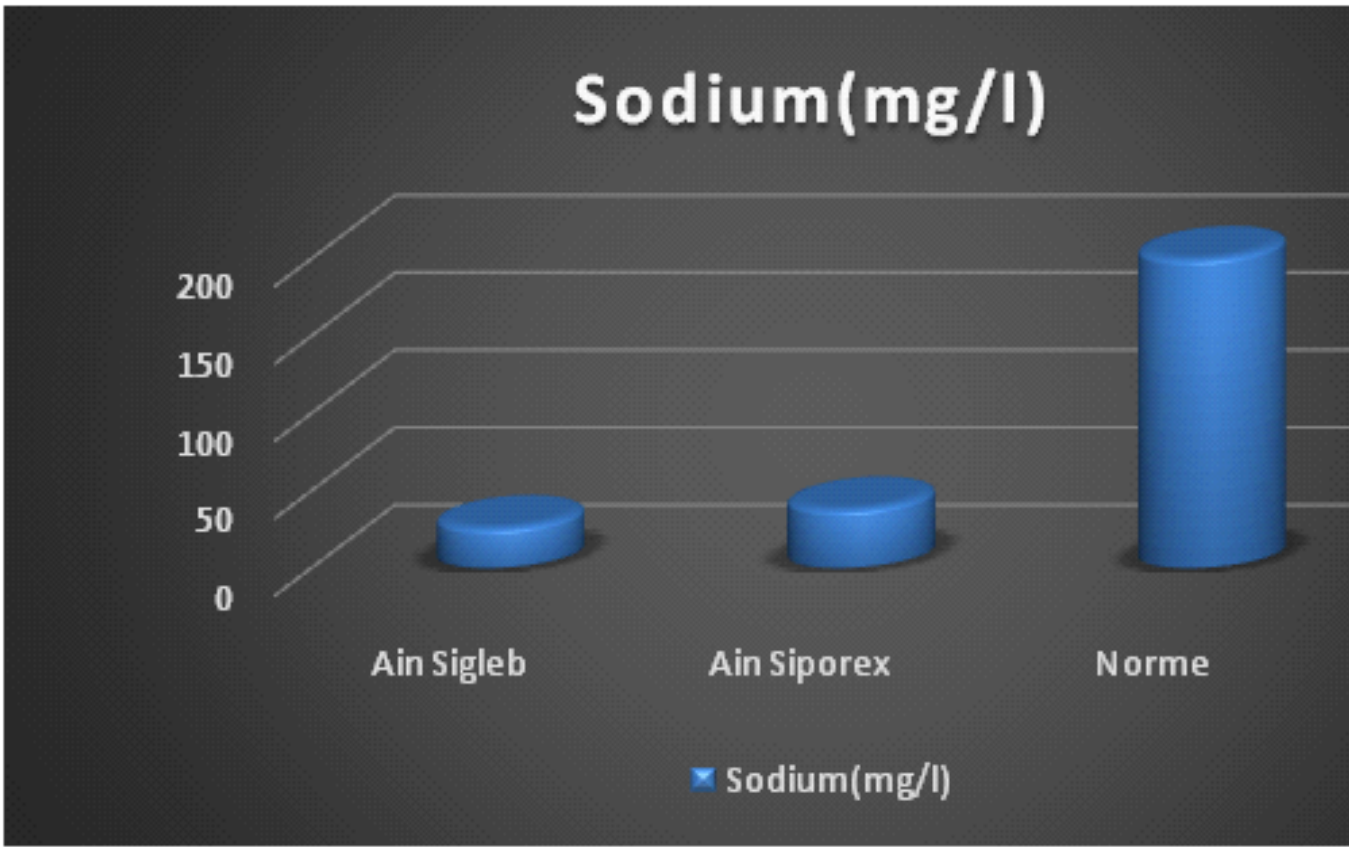


Fig. 23 : Représentation graphique du teneur en sodium

-Le chlorure (Cl-)

Selon Ayad et Kahoul (2017) ; les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés.

Les résultats présentés dans la figure 25montrent que la teneur moyenne en chlorure varie entre 22 et 35 mg/l qui sont en accord avec la norme algérienne [63]et quifixent500 mg/l comme valeur maximale.

Des résultats similaires ont été trouvés dans les études réalisées par Oyelude et Ahenkorah (2012).

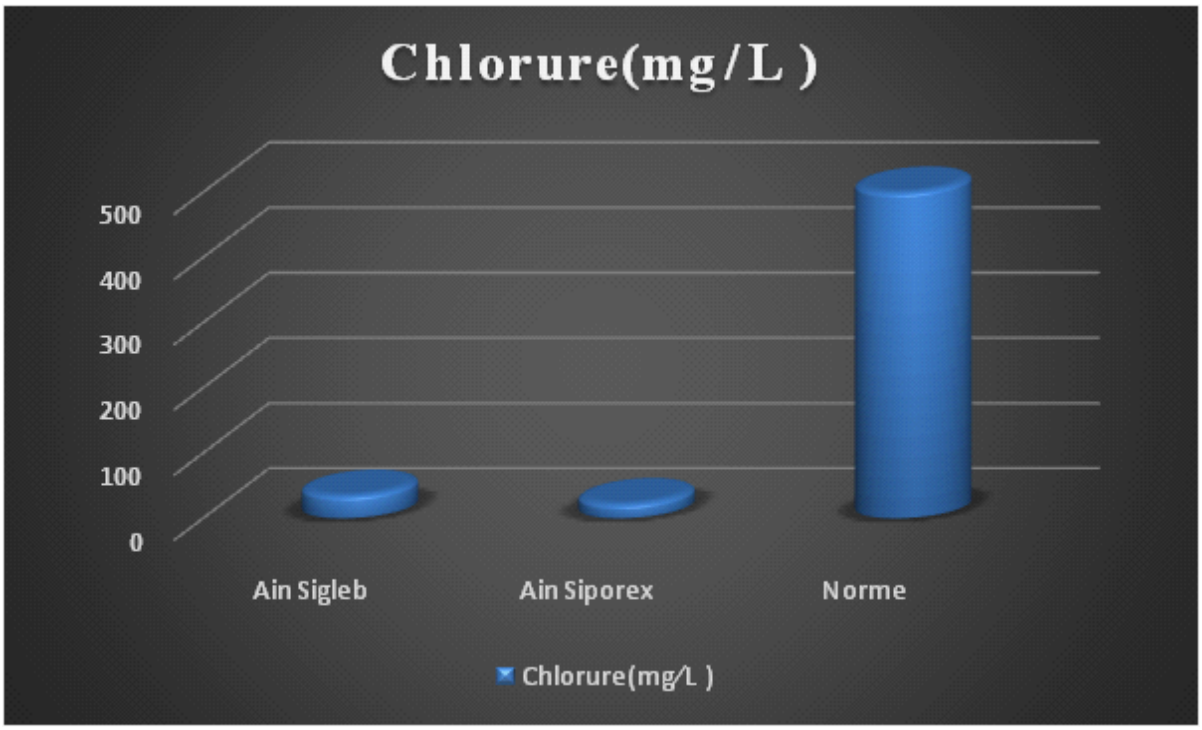


Fig. 25 : Représentation graphique du teneur en chlorure

Cycle de l'azote

•L'ammonium (NH4+)

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution confirme d'aprèsDembele (2005).

Les résultats obtenus varient entre 0.03 et 0.15 mg/l (Fig. 26) qui sont inférieure à la limite maximale 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne [63].

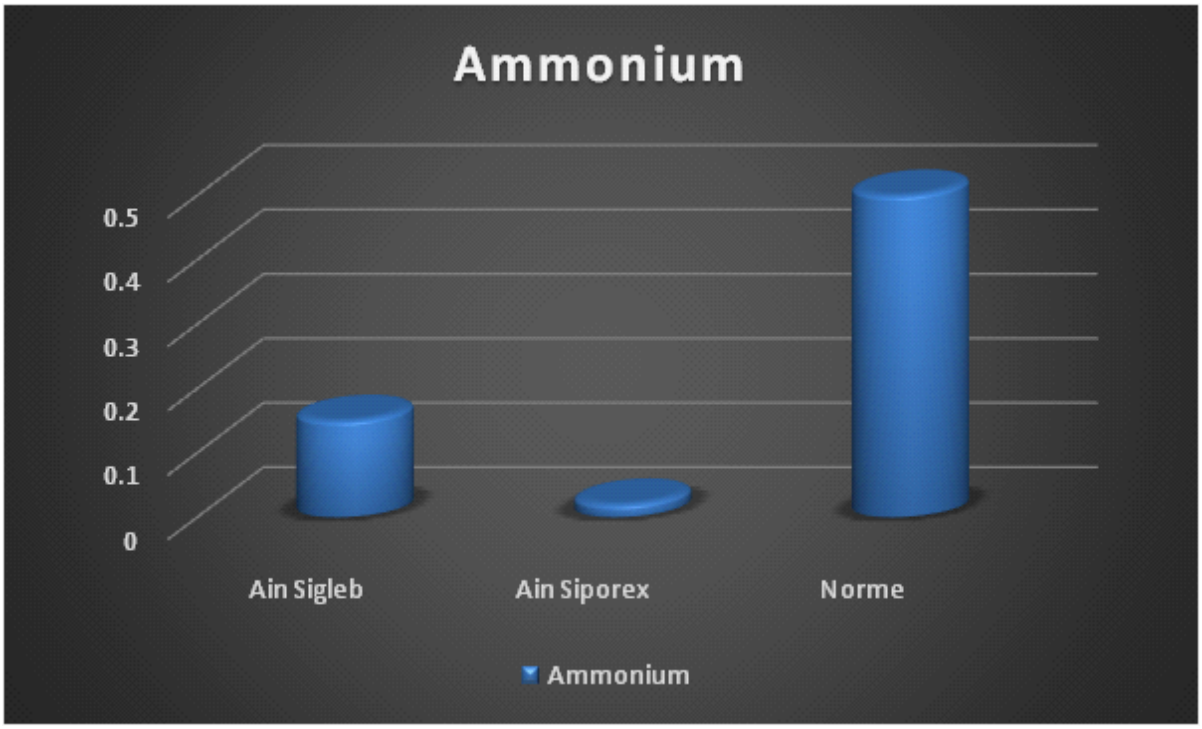


Fig. 26 : Représentation graphique du teneur en ammonium

•Le nitrate(NO3-)

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles déclarent Kahoul et Touhami (2014).

D'après la figure 27 ; tous les résultats obtenus et qui varie entre 7 et 20mg/l sont conformes aux normes algériennes [63].

Nos résultats sont inférieurs à celle trouvés par Sekiou et Kellil (2014) et par Jatoi et al., (2018) qui fixent respectivement des valeurs maximales de 30 et 21 mgl/l.

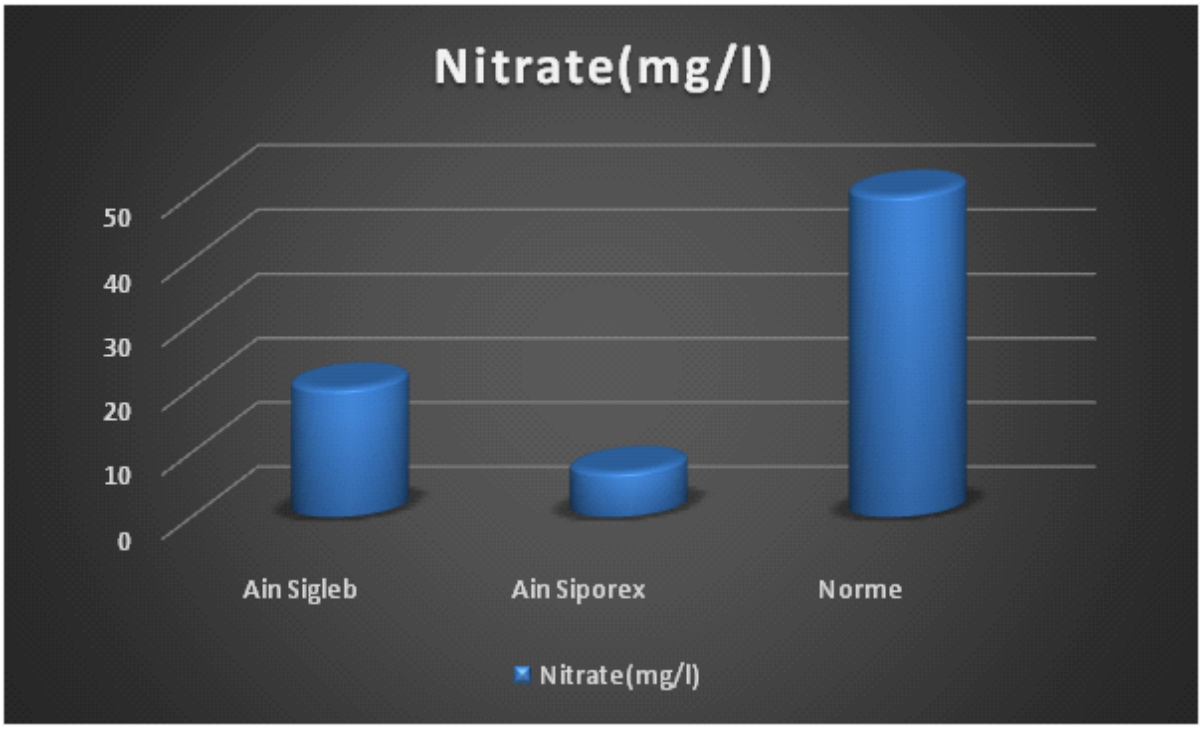


Fig. 27 : Représentation graphique du teneur en nitrate

-Le nitrite (NO2-)

Les nitrites oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine. Inapte à la transformation de l'oxygène des tissus, D'après la figure 28 ;les résultats obtenus sont négligeable varient entre 0.002 et 0.008mg/l. Ces valeurs sontinférieuresaux normes algériennes[63] et qui fixent 0.1 mg/l comme valeur maximale.

Les concentrations obtenue est comparable à celles rapportées par Sekiou et Kellil (2014).

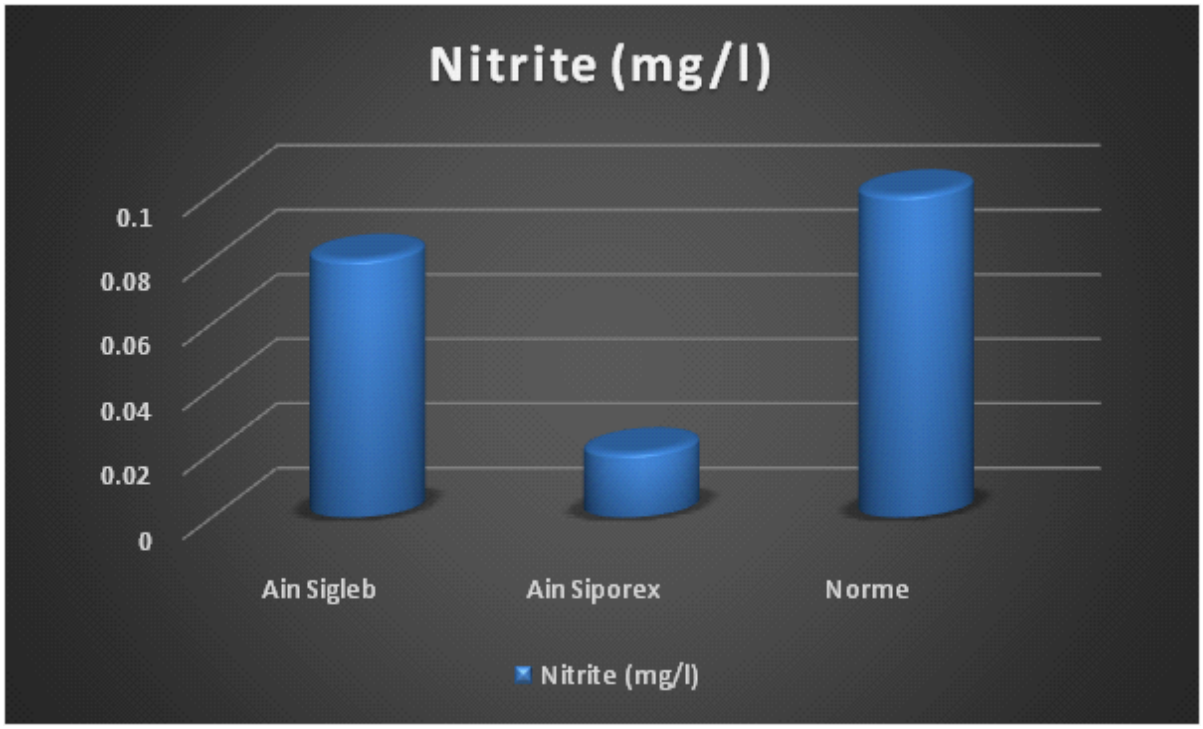


Fig. 28 : Représentation graphique du teneur en nitrite

Eléments mineurs naturels

-Ortho phosphate (PO4-)

Les phosphates dégradent les qualités organoleptiques de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur) confirme Dembele (2005). Les résultats obtenus varient entre 0.01 et 0.05 mg/l(Fig. 29).

Les concentrations en orthophosphates (PO43-) enregistrées sont très faibles, et conforme à la norme algérienne [63] qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.

Cependant une autre étude réalisée au Ghana par Oyelude et Ahenkorah (2012) a révélé que la concentration en orthophosphates est supérieure à la norme.

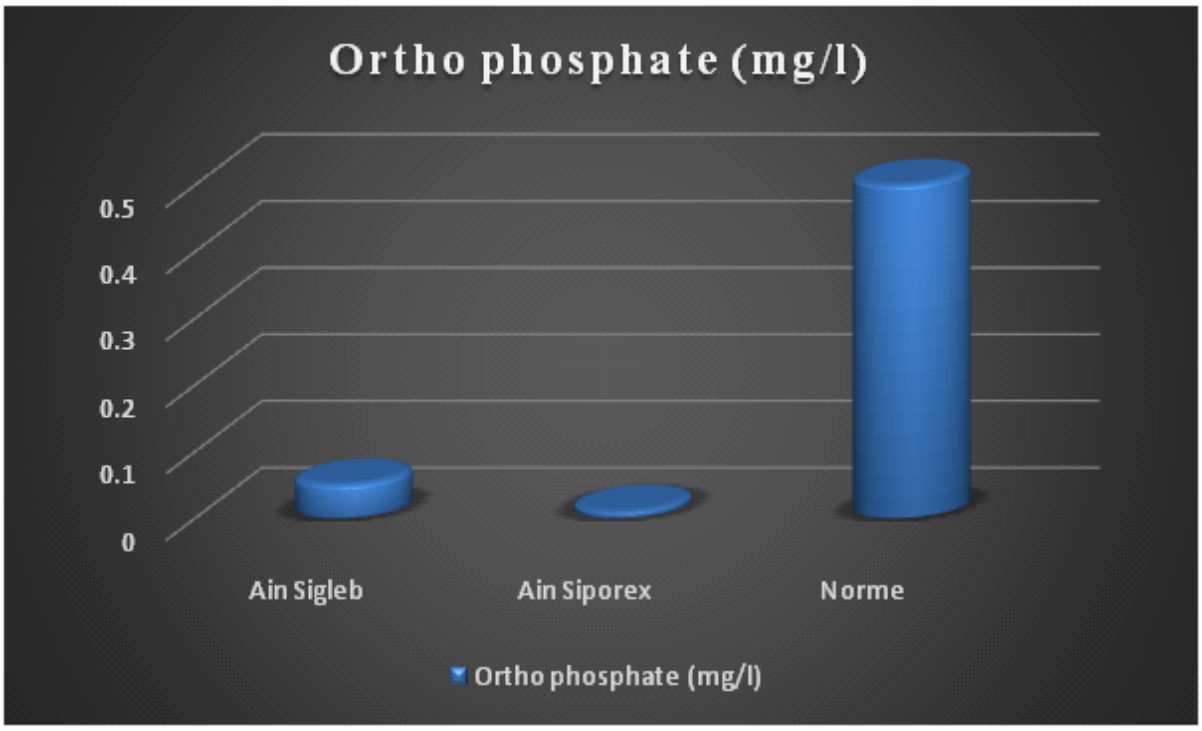


Fig. 29 : Représentation graphique du teneur en orthophosphate

3.2 Résultats des analyses bactériologiques

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux consiste à la recherche et au dénombrement des germes suivants : les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux ainsi que les clostridium sulfito-réducteur.

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de laboratoire d'hygiène et de prévention qui consiste à la recherche des Germes totaux, Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux et des Clostridiumssulfitoréducteurs.

3.2.1 Recherche des Germes totaux et des Clostridiumssulfito réducteurs

Coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont omniprésents dans la nature et sont associés à la matière organique en décomposition (pelouse, foin, bois, matières fécales, etc.). Pour qu'une eau soit considérée potable, le résultat doit être de moins de 10 UFC (Unité Formant Colonie) par 100 ml.Lors du dénombrement des coliformes totaux, sont également notées les co-

lonies atypiques. Ces bactéries, comme leur nom l'indique, sont des bactéries présentant des caractères non typiques aux coliformes totaux et leur présence en nombre élevé est un signal d'alarme qui démontre une détérioration de la qualité de l'eau. Si le dénombrement de ceux-ci est supérieur à 200 UFC par 100 ml, l'eauest considérée impropre à la consommation.

Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux et les entérocoques proviennent d'une pollution fécale animale ou humaine et démontrent la présence potentielle d'organismes pathogènes capables de causer des maladies entériques.

Streptocoques fécaux :

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux, c'est aussi le cas de l'eau étudiée.

Les résultats obtenue durant la période d'étude en allant de mois de juillet 2019 vers le mois de février 2020 du taux de CT /CTT/Strept sont présentées ci-dessous (TabIV).

Tab IV : Résultats récapitulatifs des analyses bactériologiques

jour/Mois/Année	Paramètres	Ain Sigleb	Ain siporex	Norme%
23/07/2019	CT	1%	0	11
	CTT	0	0	11
	Strept	0	0	11
06/08/2019	CT	9	7	11
	CTT	0	0	11
	Strept	0	0	11
13/08/2019	CT	100	9	11
	CTT	20	0	11
	Strept	13	0	11
20/08/2019	CT	120	2	11
	CTT	10	0	11
	Strept	20	0	11
13/10/2019	CT	50	1	11
	CTT	0	0	11
	Strept	60	0	11
22/10/2019	CT	65	0	11
	CTT	0	0	11
	Strept	60	0	11
12/11/2019	CT	2400	3	11
	CTT	0	0	11
	Strept	5	0	11
26/11/2019	CT	21	3	11
	CTT	0	0	11
	Strept	0	0	11
28/01/2020	CT	0	0	11
	CTT	0	0	11
	Strept	0	0	11
11/02/2020	CT	0	0	11
	CTT	0	0	11
	Strept	0	0	11

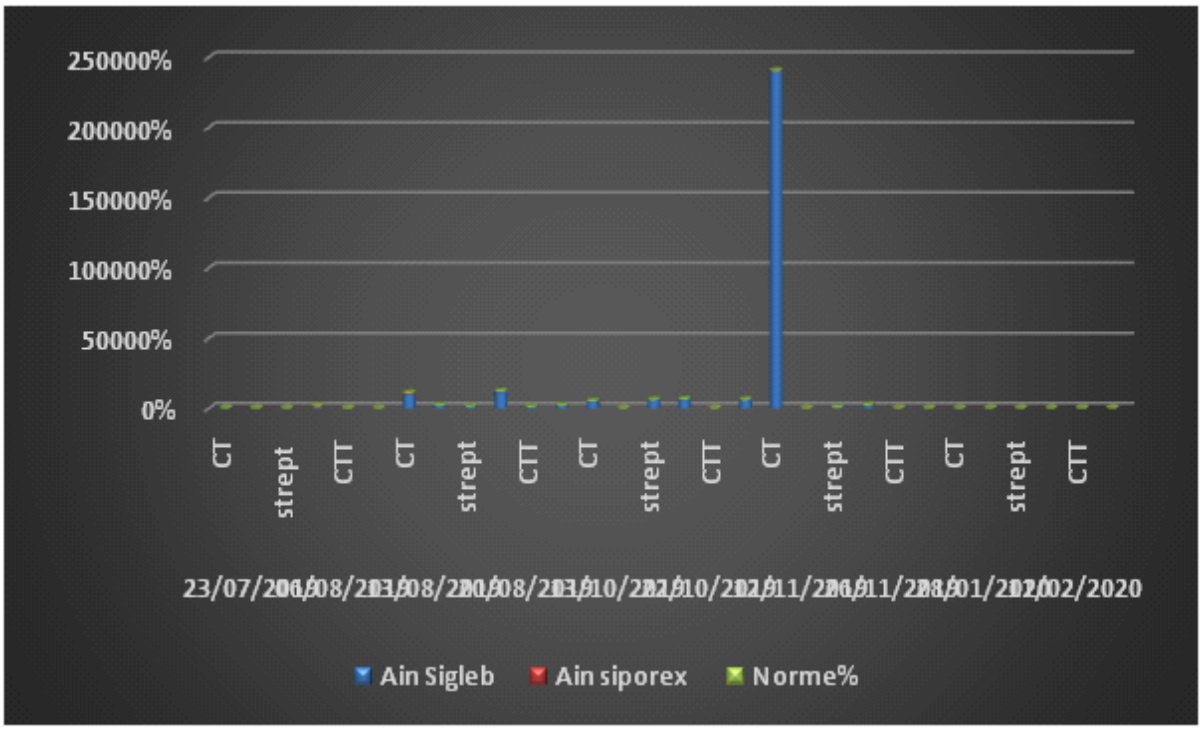


Fig. 33 : Représentation graphique du taux de CT /CTT/Strept

Discussion :

-Les coliformes totaux et fécaux

Selon les réglementations Algérienne [63], une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml.

Les résultats des analyses de l'eau de la source d'Ain Siglebconfirment une présence totale des coliformes totaux et fécaux par contre l'eau de la source d'Ain Siporex confirment une absence totale des coliformes totaux et fécaux. Les résultats obtenus comparable à celles rapportées par Singla et al., (2014) en Inde et Joseph et al.,(2018).

-Les streptocoques fécaux

La réglementation de notre pays [63] exclue impérativement la présence des Streptocoques fécaux dans 100 ml. C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté la présence totale des streptocoques fécaux dans l'eau de source d'Ain Siglebet l'absence totale des streptocoques fécaux dans l'eau de source d'Ain Siporex.S

Les clostridiumssulfuto-reducteurs

Ce test permet de mettre en évidence une pollution fécale ancienne. Selon la réglementation algérienne, une eau potable ne doit pas contenir des clostridiumssulfitoréducteurs dans 20 ml qui sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale.

La présence de colonies entourées d'un halo noire dans ne répond pas aux normes Algérienne, C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté la présence totale des streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.

3.2.2 Dénombrements des Germes totaux et des Clostridium-ssulfito réducteurs

Tableau III : Résultats des analyses bactériologiques

Station	Germes totaux	Clostridium
Ain Sigleb	1473	10
Ain Siporex	18	0
Norme(Germes/ml)	20	0

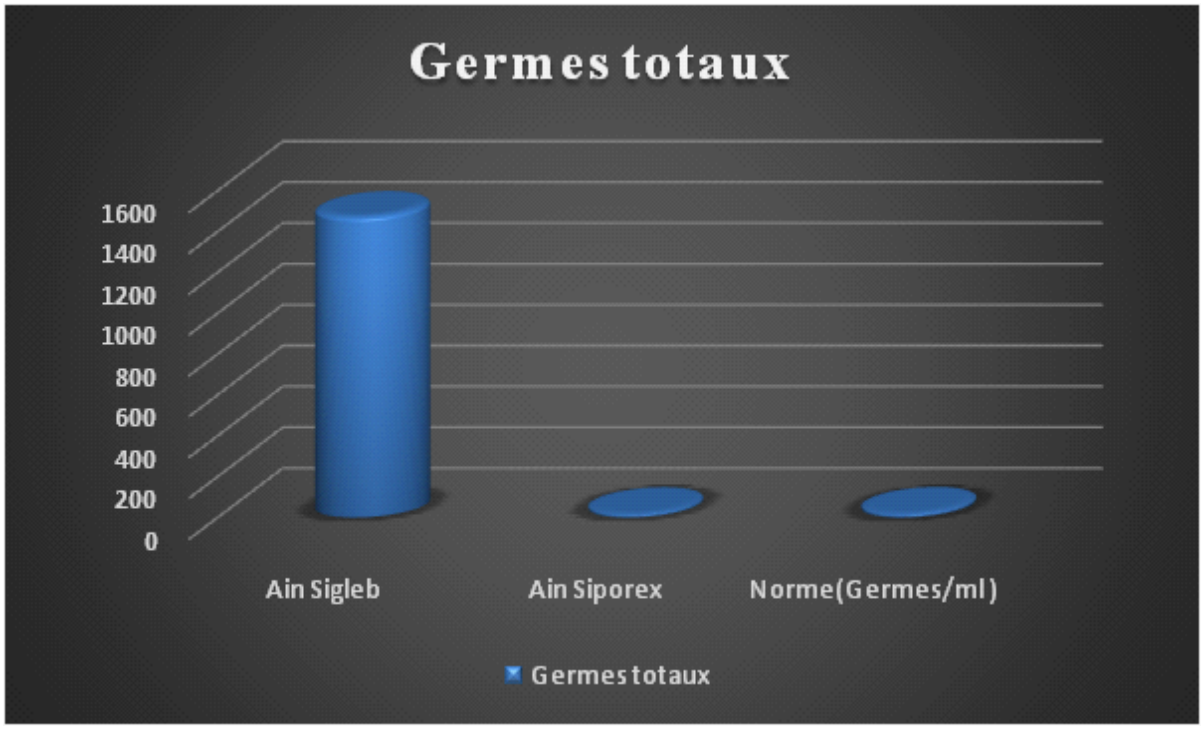


Fig. 30 : Représentation graphique du taux de Germes totaux

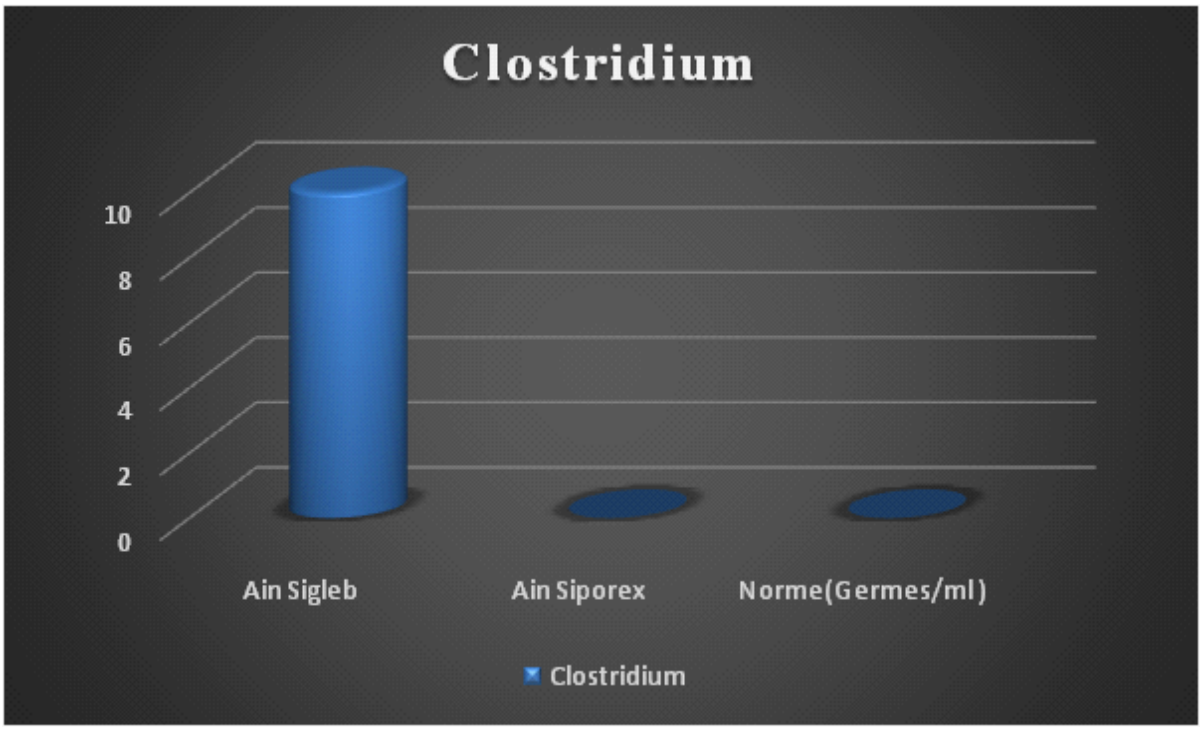


Fig. 31 : Représentation graphique du taux de Clostridiums

Discussion :

-Les germes totaux

La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable [66].

Le test effectué pour la recherche des germes revivifiables a montré la formation des colonies lenticulaires en masse (Fig. 32.).

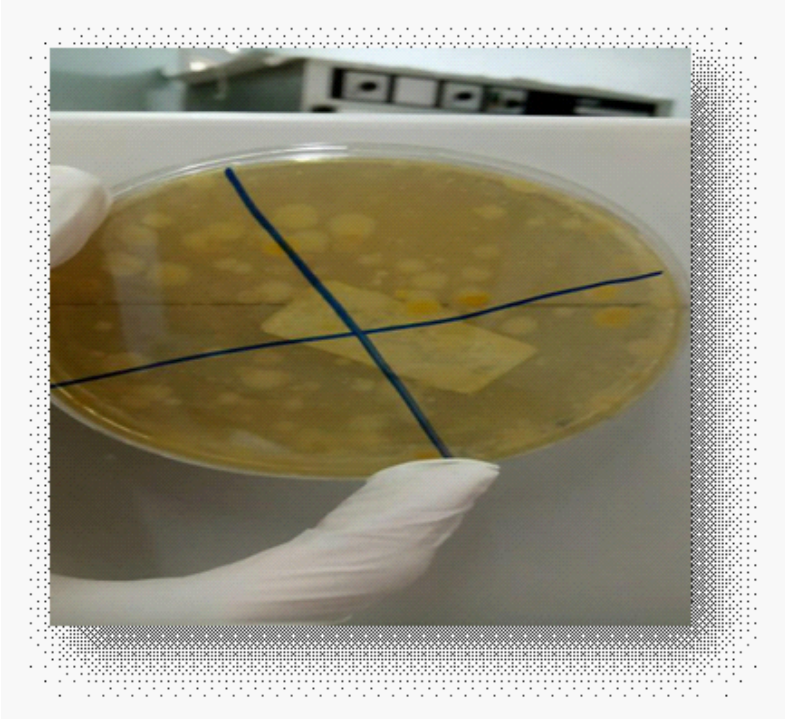


Fig. 32 : Milieu TGEA après incubation

Une fois la présence des germes a été identifiée, on effectue ensuite le dénombrement (le calcul du nombre des microorganismes présents) de chaque germe au niveau de ce point de prélèvement.

Les résultats aperçus dépassent le seuil de 20 Germes/ml fixé par la réglementation Algérienne [63].

La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des sources, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène ce qui est confirmé par Ayad et Kahoul (2017).

Conclusion

L'eau est un élément naturel essentiel à la vie humaine, à son essor économique et social et à l'équilibre écologique de son cadre de vie sur la planète terre.

L'étude de la qualité des eaux a permis de mettre en évidence l'importance des caractéristiques physico-chimiques des eaux au sein de la région d'El Kala

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de certains puits et sources de la région d'El Kala (Nord-Est de l'Algérie).

Dans cette dernière, nous nous sommes intéressé de présenter nos résultats, de les comparés entre eux ainsi qu'avec les normes algérienne et d'autres travaux antérieurs.

Le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine est une opération complexe et délicate qui fait appel à des divers tests et méthodes.

Du fait même de la composition très diversifiée en éléments d'eau et des diverses sources de dégradations et pollutions enregistrées, il n'est pas possible de considérer qu'une seule méthode, un seul test pour juger la qualité d'une eau.

Cependant, une méthodologie bien définie des examens bactériologiques et chimiques est nécessaire à l'appréciation de la qualité d'une eau. L'interprétation des résultats doit se faire en tenant compte de la conformité à la norme requise.

Les différentes analyses effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité des eaux ainsi que celle de l'ADE consistent à mesurer, dans les réseaux de distribution des eaux de la wilaya d'El Tarf, les qualités physicochimique et bactériologique de l'eau distribuée.

Nos résultats présentent des valeurs de ; température allant de 14.3°C dans les deux sources, un pH compris entre 7.06 à 8.08, une turbidité comprise entre 0.45 et 1. 6 NTU, et enfin des TDS variant entre 183.1 et 230μ , une conductivité électrique allant de 381 à 476μs\cm.

Toutes les valeurs sont conformes aux normes algériennes de potabilité. Quant à la qualité bactériologique des eaux de source d'Ain Siporex est indemne de germes pathogènes

et de bonne qualité physico-chimique comparé à celle de source d'Ain Sigleb.

Nous concluons que l'eau de sources d'Ain Sigleb au niveau de la région de Souarekh n'est pas de bonne qualité vu que bactériologiquement elles n'ont pas été conformes aux normes algériennes de potabilité. Néanmoins, un suivi permanent de la qualité des eaux est nécessaire surtout en période estivale où des risques de contamination sont fréquents.

- En recommandation, et pour améliorer la qualité des eaux de puits et des sources nous proposons les solutions suivantes :

■ Mener une large campagne de sensibilisation.

■ Un contrôle permanent des puits et des sources.

■ Exiger le respect des normes de protection des puits (Revêtement intérieur : le puit doit être étanche, sa profondeur doit être suffisante. Revêtement extérieur : il comprend généralement une margelle «équipement fait en surélévation de l'ouverture du puits et il a pour but d'arrêter tout ce qui doit passer par l'ouverture du puit pour contaminer l'eau».

■ Mettre en place un système d'évacuation correcte des eaux usées.

■ Le traitement sur place ou le stockage des rejets et déchets industriels (unités industrielles de production, stations de lavage et de carburant, élevage, raffinerie...).

■ Eviter les infiltrations des rejets domestiques et industriels vers les aquifères et faire recours à des transferts par canalisations vers les stations d'épuration, ou vers des lagunes pour un traitement microbiologique.

■ Surveiller et contrôler l'utilisation des fertilisants et des pesticides afin de minimiser ou éviter la migration des excès vers les eaux souterraines..

BIBLIOGRAPHIE

[1] Aoussi A., 2009. Microbiologie et physico-chimie de l'eau de l'eau des puis et des sources de la région de Guelma Nord-est de l'Algérie. Mémoire de Magister, Université 08 mais 1945, Guelma.141p.

[2] Guiraud, J., (1980). Microbiologie alimentaire Ed. Dunod. Paris.101, 105p.

[3] Roux M. (1987). Office International De L'eau : L'analyse Biologique De L'eau. TEC& DOC. Paris. 229p

[4] Haslay, C.. (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition TEC et DOC. Lavoisier Paris. ISBN 2-85206-918-0. pp70-101.

[5] Maïga Fatoumata Sokona, (2002). Manuel du cour d'hygiène du milieu, F.M.P.O.S

[6] Dégréement, (2005). « Mémento technique de l'eau ». Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

[7] Guergazi S. et Achour S., (2005).Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, Larhyss Journal, 4,119-127.

[8] Hoffmann F., *et all* .(2014). L'eau .Edition : Confluence p.43.

[9] Bliefert C., Perraud R. (2001). Chimie de l'environnement :Air, Eau, Sols, Dechets. Edition : de boeck université Paris p.386.

[10] Regnault J.P., (1990). Microbiologie générale, Paris : Vigot.-859p.

[11] Leroy, (1999). La pollution des eaux 4eme édition,Paris : presse universitaire de France.-(que sais je ?).- 127p

[12] Rodier, 2009. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition : Dunod, Paris.

[13] Brasilia, (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau.4ème édition. 54, 57, 63 p.

[14] Rodier j. (1984). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition : Dunod. Paris.

[15] OMS (1987). Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). Organisation Mondiale De La Santé. 2ième édition. 211p.

[16] Guentri S., Rahmania F., (2015). Contribution à la connaissance de la remontée et la pollution des eaux . Edition : universitaires européenes . P.28

[17] AFNOR., (2001). Qualité de l'eau, analyses organoleotiques- mesures physico-chimiquesparametres globaux-composés organque.6eme Edition.ISO 7888-1985 (F) p.73

[18] Belghiti *et all.* (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaterrnaire dans la région de Meknes (Maroc).Lahryss Journal, ISSN 1112-3680, n° 14,juin 2013,pp. 21-36.

[19] Ramade., 2011. Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme Edition. Lavoisire. Paris.

[20] Ghazali D., Zaid A., 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknes à Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36

[21] Rodier *et all.* (2009). L'analyse de l'eau. 9ieme édition dunod. 35,40,78p.

[22] Graindorge J., (2015). Guide des analysesde la qualité de l'eau. Edition territorial, voiron.Paris.P.126 .

[23] Zerluth J. & Gienger M., (2006). L'eau et ses secrets. Editions : Désbris, p.136.

[24] Chapman D. et al. (1996) in GHAZALI D., ZAID A., 2013. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknes à Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36

[25] Ravomanana F., (2014). Chimie générale- UE1. 4eme Edition : Dunod,Paris p.160.

[26] DUSSART B., (1966). Limnologie : Etude des eaux continentales. GauthierVillars, Ed., Paris

[27] Rodier j. (1984). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition : Dunod. Paris.

[28] Derwiche. Et al. (2010). Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès, Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112

[29] Mihoubi, N. (2008). Fonctionnement et gestion hydrologique de ressources en eau du bassin de hammam grouz. Thèse de magister, université mentouri, Constantine. 52-57 P.

[30] Réjsek, F., (2002). Analyse des eaux. Aspects réglementations et technique. Série sciences et Techniques de l'environnement ISBN2-86617-42-8 Bordeaux. Serveur web : cardp.ardp.ac.bordeaux.fr. 54 p.

[31] Rodier *et al.* (2005). L'analyse des eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8 ème édition Dunod, Paris.351 P.

[32] Savary, P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, édition référence de T647. 188p.

[33] Vilaginés, R., (2000). Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie. Edition technique et documentation 5, 15,166 p.

[34] Haslay, C., Leclere, H. (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition TEC et DOC. Lavoisier Paris. ISBN 2-85206-918-0. pp70-101.

[35] Rodier, 1996. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6eme édition : Dunod, Paris.

[36] Ashbolt NJ., Grabow W.O.K, Snozzi M. (2001). Indications of microbial water quality. Quality : Guidelines, standards and Health. Risk assessment and management for water-related infectious disease, IWA Publishing, London, p. 289-316.

[37] Rodier, 2005. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.8eme édition :Dunod,Paris.

[38] Carip C., Salavert M-H., Tandeau A. (2015). Microbiologie, hygienne et droit alimentaire. 8 Edition ,Lavoisier .

[39] Joffin Ch. & Joffin J-N. (2010). Microbiologie alimentaire. 6eme Edition. Centre regional de documentation pedagogique d'aquitaire.

[40] Bergey's, (2004). In Delarras C., (2014). Pratique en microbiologie de laboratoire :Recherche des bacteries et de levures moisissures. Edition :Lavoisier. Paris.

[41] Pilet Ch. *et al.* (1979). Bactériologie medicale et vétérinaire : Systématique bactérienne. 2eme Edition : Dunod,paris. p. 345.

[42] Carip C., Salavert M-H., Tandeau A. (2015). Microbiologie, hygienne et droit alimentaire. 8 Edition ,Lavoisier .

[43] ARMAND L., 1996. Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.

[44] Tardat Henry M. (1993). Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.

[45] Bédard E, Prévost M et Déziel E, (2016). Pseudomonas aeruginosa in premise plumbing• of large buildings. Microbiology Open. Vol 5 : 937–956.

[46] Hoffmann F., ,Auly T., , Meyer A-M. (2014). L'eau .Edition : Confluence p.43.

[47] Rejesk F. (2002). Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren. Paris. 360p

[48] Bousaaroura A ., 2011 . Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique du lac Tonga.Mémoire de master II . (université de 8Mai 1945 Guelma) pp : 20 ,53 ,52.

[49] Zerluth J., Gienger M., 2004. L'eau et ses secrets. Edition désirés. 223p.

[50] Boukertouta S., Sellaoui C., Tahraoui C., 2009. Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et l'identification fongiques à partir des eaux du lac Oubeia. Mémoire d'ingéniorat. Université 8 Mai 1945 Guelma.36p.

[51] Beaux J-F., 1998. L'environnement. Repère pratique. NATHAN. 155P.

[52] Sayad L., 2008. Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de• l'écosystème lacustre Lac Oubaira Wilaya de Taraf. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie. 125 p.

[53] Bouchaala L., 2010. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued-Zénati Guelma. Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 de Guelma.135.

[54] Labres E., Mouffouk F., 2008. Les cours national d'hygiènes et de microbiologie• des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53 p.

[55] Labres E., 2002. Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments• «Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.

[56] Chaouch R., Moumed S., Mebarki F., 2009. Suivi de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans les eaux du barrage et de l'Oued de Bouhamdane. Mémoire d'ingéniorat. Université 8 Mai 1945 de Guelma.56p.

[57] Hidouci S., 2009. Qualité bactériologique des eaux du golf d'Annaba. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 132 p.

[58] Mouffok F., 2001. Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. 40 p. nouvelles des éditions Boubée, Paris.

[59] Cadot C., 1990. Les traitements de l'eau. Edition Ellipes, Paris, 247 p

[60] Graindorge J., (2015). Guide des analysesde la qualité de l'eau. Edition territorial, voiron.Paris.P.126

[61] Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). 2011. Décret exécutif n° 11-125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Imprimerie Officielle. Les Vergers : Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie

[62] https ://fr.wikipedia.org/wiki/Oum_Teboul# :˜ :text=Oum%20Teboul%20est%20un%20village,v

[63] Vilaginés, R., (2000). Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie. Edition technique et documentation 5, 15,166 p.

[64] Potelon J. L et Zysman .K. 1998. Le guide des analyses de l'eau potable. Édition : La lettre du cadre territorial S.E.P.T, pp. 89-119

[65] Rodier J. 1996. L'analyse de l'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux de Mer. 8ième édition. Dunod.1365p.

[66] Ayad W., et Kahoul M.2017. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch : Microbiologie appliquée. Thése de doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba, 156 p.

Liste des annexes

Tableau I ;Table de Mac Grady utilisé en technique de numération en milieu liquide [58].

Nombre des tubes donnant une réaction positive			Indice de NPP
3 tubes de 10 ml	**3 tubes de 01 ml**	**3 tubes de 0.1 ml**	
0	**0**	**1**	**0003**
0	**1**	**0**	**0003**
1	**0**	**0**	**0002**
1	**0**	**1**	**0007**
1	**1**	**0**	**0007**
1	**1**	**1**	**0011**
1	**2**	**0**	**0011**
2	**0**	**0**	**0009**
2	**0**	**1**	**0014**
2	**1**	**0**	**0015**
2	**1**	**1**	**0020**
2	**2**	**0**	**0021**
2	**2**	**1**	**0028**
3	**0**	**0**	**0029**
3	**0**	**1**	**0039**
3	**0**	**2**	**0064**
3	**1**	**0**	**0043**
3	**1**	**1**	**0075**
3	**1**	**2**	**0120**
3	**2**	**0**	**0093**
3	**2**	**1**	**0150**
3	**2**	**2**	**0210**
3	**3**	**0**	**0240**
3	**3**	**1**	**0460**
3	**3**	**2**	**1100**
3	**3**	**3**	**1400**

Liste des abréviations

ADE	Algérienne des Eaux
BCPL	Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol
CE	Conductivité électrique
EDTA	Ethyle Diamine Tétracétique
ISO	International standardisation Organisation
NPP	Nombre plus probable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	Potentiel Hydrogène
TH	Dureté ou titre hydrométrique
E Coli	Escherichia Coli
ASR	Anaérobie Sulfito Réducteur
CT	Coliforme Totaux
CF	Coliforme fécaux
TAC	le Titre Alcali métrique Complet
TDS	Le Taux de Solides Dissous
THca	Dureté calciqueConcentration globale en Calcium
THMg	Dureté Magnésienne
THp	Dureté permanente ou non carbonatée
TDS	Le taux de Solides Dissous
Fig	Figure
Tab	Tableau

Liste des figures

Figure 1	Cycle de l'eau
Figure 2	Situation géographique de la région d'El Kala (extrême nord-est algérien)
Figure 3	mesure de la conductivité, Salinité, TDS.
Figure 4	Mesure du pH et de la température
Figure 5	Mesure de la turbidité
Figure 6	Mesure de TA
Figure 7	Mesure de TAC
Figure 8	Dosage de TH
Figure 9	Protocole expérimental de dénombrement des Germes totaux
Figure 10	P expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux dans les eaux
Figure 11	P de recherche et de dénombrement des Entérocoques fécaux dans les eaux
Figure 12	P de recherche et de dén des spores des bact anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)
Figure 13	Représentation graphique de la teneur en température
Figure 14	Représentation graphique du teneur en Ph
Figure 15	Représentation graphique du teneur en conductivité
Figure 16	Représentation graphique du teneur en salinité
Figure 17	Représentation graphique du teneur en conductivité
Figure 18	Représentation graphique du teneur en Turbidité
Figure 19	Représentation graphique du teneur en TAC
Figure 20	Représentation graphique du teneur enTH
Figure 21	Représentation graphique du teneur en calcium
Figure 22	Représentation graphique du teneur en magnésium
Figure 23	Représentation graphique du teneur en sodium
Figure 24	Représentation graphique du teneur en potassium
Figure 25	Représentation graphique du teneur en chlorure
Figure 26	Représentation graphique du teneur en ammonium
Figure 27	Représentation graphique du teneur en nitrate
Figure 28	Représentation graphique du teneur en nitrite
Figure 29	Représentation graphique du teneur en orthophosphate
Figure 30	Représentation graphique du taux de Germes totaux
Figure 31	Représentation graphique du taux de Clostridiums
Figure 32	Milieu TGEA après incubation
Figure 33	Représentation graphique du taux de CT /CTT/Strept

Liste des tableaux

Tableau I	Les normes algériennes pour l'analyse de l'eau potable (journal Officielle, 2011)
Tableau II	Les réactifs utilisés pour le dosage d'ammonium
Tableau III	Résultats des analyses bactériologiques