

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955 - سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Biologie

Spécialité: Microbiologie appliquée

Intitulé :

Analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau de source de la
région de Zitouna ouest de Skikda.

Présenté Par :

●BOUCHAREB Rahma

●LAMRI Nardjese

●BOUROUIS Nour el houda

●MECIBAH Soulafa

Membre de Jury:

Mr. BENDJAMAA ABDALLAH (M.C.A) Président Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Melle. ENNAGHRA NADJET (M.C.B) Promoteur Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Mr. BOUDJELLAB Z.EDDINE (M.C.B) Examineur Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

Nos remerciements avant tout au Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réalises ce modeste travail.

A notre promotrice Mme : ENNAGHRA Nadjet d'avoir accepté de nous encadré sur ce thème et nous avoir conseillées judicieusement, de nous avoir orientées et encouragées tout au long de ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Nous voudrions remercier Mr. BENDJAMAA Abd Allah, qui nous a honoré de sa présence et d'avoir accepté de présides le jury.

Nous remercions également Mr. BOUDJELAB Zin Eddine qui a accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à toute l'équipe du laboratoire central de l'algérienne des eaux à ZIRAMENA.

Dédicace :

Je dédie ce travail à :

Mon cher père **CHERIF**, qu'Allah lui fasse miséricorde et l'accueille dans
les plus hauts degrés du paradis.

Ma chère mère, qu'Allah la protège et prolonge sa vie.

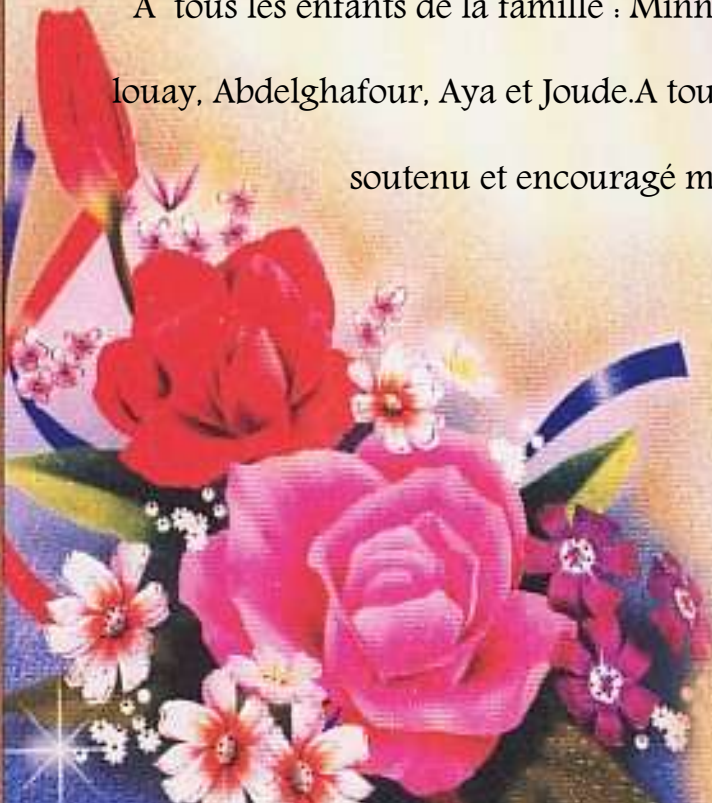
Mon cher oncle **ALAAARBI**, qu'Allah lui protège, lui qui m'a soutenu et
encouragé tout au long de ma carrière universitaire

A mes chères frères et à leurs épouses : AHCEN et MERIEM, YCINE et
IKRAM

A mes belles sœurs : LAMIA et son mari ZOHIR, IMANE et son mari
ABDELGHANI, DJAHIDA et NABILA.

A tous les enfants de la famille : MINNA, RAMA, RATIL, MOHAMED CHÉRIF,
LOUAY, ABDELGHAFOUR, AYA et JOUDE. A tous mes amis et tous ceux qui m'ont
soutenu et encouragé même avec un mot.

Lamri Nardejesse.



Dédicace :

Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été la source de l'amour, de la tendresse et du courage Ames très chers parents **Abdelmalek** et **Akila** en patient dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi.

A mes beaux frères : **Haytem, issame** et **Raid**.

A mon grand-père et l'âme de ma grand-mère décédée de mon père : **Allaoua** et **yamina**.

A la femme de mon grand-père : **Fahima**.

A mon grand-père et de ma grand-mère de ma mère : **Salah** et **Zakia**.

A mes oncles et leurs épouses en particulièrement : **Rachid, Sakina, moustapha, Linda, bilal, newfel, Samiha, Tahar, salwa**.

Ames tantes et leurs maris : **Samia, Mourad, Habiba, Zohra, Djemel, Nedjma, khalissa, Massika, Fatiha, Fouzi, Warda**.

Ames chères enfants : **loudjayne, Ranime, silwane, ilafe, Bara, Sidal, saja, salah, Bissane, Siradj, Mounsef**.

A mes cousines : **Sara, Nouha** et **Aumima**.

A mes amies : **Riene, Nardjesse, Rahma, soulafa**.

BOUROUIS Nourelhouda



Dédicace :

Tous les mots ne sauraient exprimer l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que : je dédie....

A ma chère mère **Mahbouba**, dont la supplication a été l'un des secrets de mon succès et de ma réussite

A mon cher père **Mouloud**, qui m'a élevé et bien éduqué, à cet homme qui a consacré son temps et sa vie pour moi

A mes sœurs : **Selma, kenza, Roumaissa, Aya**

A mes chères frères : **Imed, Omar**

A mon grand-père **Mohammed** et ma grand-mère **Zohra**

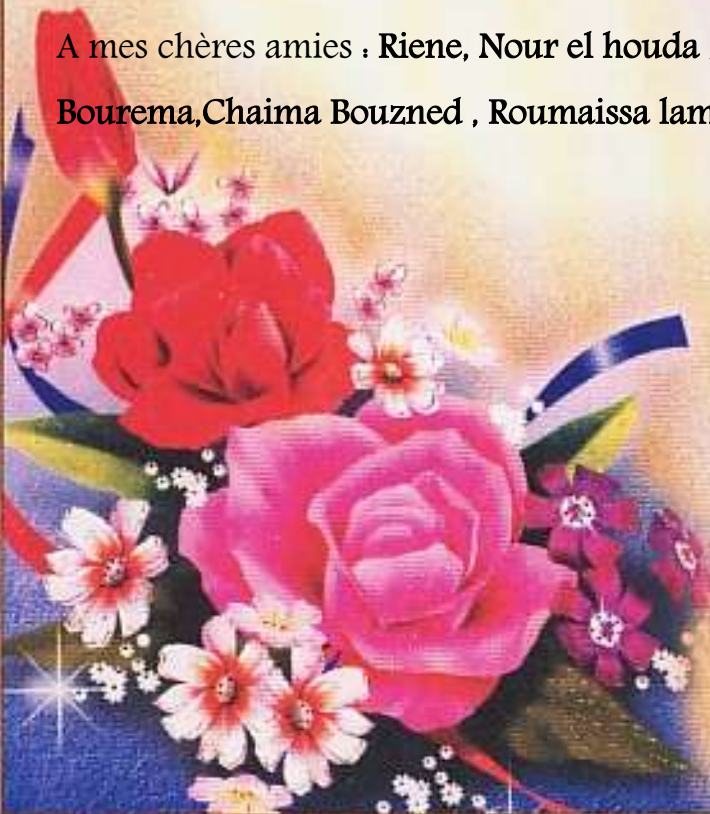
A mon oncle et leur épouse : **Abd-razak, Leila**

A tous les membres de ma famille : **Bouchareb, et Bousselsal** petits et grands

A mes chères amies : **Riene, Nour el houda , Nardjesse, Soulafa, Saida**

Bourema, Chaima Bouzned , Roumaissa lamri, Selma lamri, Meriem Bouacha

BOUCHAREB RAHMA,



Dédicace :

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

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 chers frères : Otmane, Marouane et Mohamed

A mes chères sœur Amina et son marie Amar, Nadjoua et son marie Mouloud.

Je le dédie aussi tout particulièrement a mes chers neveux : Mohamed, Sendous, Zineb, Anas

A tous ceux qui m'ont aidé dans ce travail : Wissem, Meriem, Ilyas et Ismail

A mes chères amies : Manel, Zahra, Hala, Maissa, Rahma, Nour ElHouda, Nardjess, Lina, Riene.

MECIBAH Soulafa



Résumé

Abstract

المخلص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Synthèse bibliographique

Introduction générale.....1

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LES EAUX

1. Définition de l'eau.....	2
2. Cycle de l'eau.....	2
3. Ressource de l'eau.....	2
4. Les sources	3
4.1.Définition.....	3
4.2.Les types des eaux de source.....	3
4.2.1. Les sources d'affleurement.....	3
4.2.2. Les sources de déversement.....	3
4.2.3. Les sources d'émergences.....	3
5. La pollution des eaux.....	3
5.1.Les principales types des pollutions.....	4
5.1.1. La pollution urbaine.....	4
5.1.2. La pollution agricole.....	4
5.1.3. La pollution industrielle.....	4
6. L'eau potable	4
6.1.Caractéristiques de l'eau potable.....	5
6.1.1. Caractéristiques organoleptiques.....	5
6.1.1.1.Couleur.....	5
6.1.1.2..Odeur.....	5
6.1.1.3.Gout.....	5
6.1.2. Caractéristiques physicochimiques.....	5

Table des matières

6.1.2.1. Température.....	5
6.1.2.2. Potentiel d'hydrogène.....	5
6.1.2.3. Conductivité électrique.....	6
6.1.2.4. Turbidité.....	6
6.1.2.5. Titre alcalimétrique de l'eau.....	6
6.1.2.6. Titre alcalimétrique complet.....	6
6.1.2.7. Dureté ou titre hydrotimétrique.....	6
6.1.2.8. Calcium.....	6
6.1.2.9. Sulfate.....	7
6.1.2.10. Chlorure.....	7
6.1.2.11. Ammonium.....	7
6.1.2.12. Phosphate.....	7
6.1.2.13. Le Fer.....	7
6.1.3. Caractéristiques bactériologiques.....	7
6.1.3.1. Coliformes totaux.....	8
6.1.3.2. Coliformes fécaux.....	8
6.1.3.3. Streptocoques fécaux.....	8
6.2. Les normes de potabilité de l'eau.....	9

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1. Cadre d'étude.....	10
2. Présentation de la zone d'étude.....	10
3. Échantillonnage.....	11
3.1. Choix des stations de prélèvements.....	11
3.2. Technique de prélèvements.....	11
3.3. Transport d'échantillon.....	11
4. Méthode d'analyse.....	13
4.1. Analyse physicochimique.....	13
4.2. Analyse bactériologique.....	21

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Paramètres physicochimiques.....	23
1.1. Paramètres physiques.....	23
1.2. Paramètres chimiques.....	26

Table des matières

2 .Analyses bactériologiques.....	32
Conclusion.....	33
Références bibliographiques.....	34
Annexe.	

Résumé

L'eau de source représente une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la daïra de Zitouna ouest de Skikda. Notre étude consiste à évaluer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de 05 sources situées dans la commune de Zitouna, et 01 source de la commune de Kanoua.

Les paramètres physicochimiques analysés sont : La température, pH, Conductivité, Turbidité, TA, TAC, THT, Chlorure, Calcium, Ammonium, Phosphate, Sulfate, Fer.

Les analyses bactériologiques basées sur la recherche des germes suivants : Coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *E. coli*.

Les résultats d'analyse physicochimique des eaux ont montré que les sources étudiées ont une bonne qualité avec (un pH proche de la neutralité, conductivité faible, teneurs faible en paramètres de pollution comme le fer, sulfate et l'ammonium).

Les résultats bactériologiques des eaux de sources présentent une absence totale de streptocoques fécaux, coliforme fécaux et *E. coli* dans toutes les sources, mais la présence des coliformes totaux.

Mots clés : Analyses physicochimiques, qualité bactériologique, eau de source, Zitouna.

Abstract

Spring water represents an important resource for the supply of drinking water for the inhabitants of the Daira of Zitouna west skikda. Our study consists in evaluating the physicochemical and bacteriological quality of five water springs located in the municipality of Zitouna and one spring of the municipality of Kanoua.

The physicochemical parameters analyzed are: temperature, pH, conductivity, turbidity, alcalimetric title, completal calimetric title, total hardness, Chloride, Calcium, Ammonium, Phosphate, Sulfate, iron.

Bacteriological analyzes based on the search for the following germs: coliforms totals, fecal coliforms, fecal streptococci, *E.Coli*.

The results of physicochemical analysis of the water showed that the studied springs have a good quality with (a pH close to neutrality, low conductivity, and low levels of pollution parameters such as iron, sulfate and ammonium).

The bacteriological results of the springs water show a complete absence of fecal streptococci, fecal coliforms and *E.Coli*, but the presence of total coliforms.

Key words: Analysis physicochemical, quality bacteriological, spring water, Zitouna.

ملخص:

تمثل مياه الينابيع موردا مهما لتزويد مياه الشرب لسكان دائرة الزيتونة غرب سكيكدة. تتمثل دراستنا في تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للماء لخمسة ينابيع في بلدية الزيتونة وينبوع في بلدية قنوع.

المعايير الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها هي: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل، التعكر، الصلابة الكاملة، العنوان القلوي، العنوان القلوي الكامل، الكلوريد، الكالسيوم، الأمونيوم، الفوسفات، الكبريتات و الحديد.

التحليلات البكتريولوجية تعتمد على البحث على الجراثيم التالية: مجموع القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية و الإشريكية القولونية.

أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه أن الينابيع المدروسة لها نوعية جيدة (درجة الحموضة قريبة من الحياد انخفاض في الموصلية ومستويات منخفضة في معايير التلوث مثل الحديد و الكبريتات)

تظهر النتائج البكتريولوجية لمياه الينابيع غياب كامل للعقديات البرازية، القولونيات البرازية والإشريكية القولونية في جميع الينابيع و لكن وجود مجموع القولونيات.

الكلمات المفتاحية: تحاليل الفيزيائية والكيميائية، الجودة البكتريولوجية، مياه الينابيع، الزيتونة.

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Situation géographique des sites de prélèvements (Google Earth2023).	12
Figure 02	Glacière pour le transport des échantillons.	13
Figure 03	Turbidimètre (HACH 2100N).	14
Figure 04	Multi paramètres (HACH SL1000).	14
Figure 05	Titre alcalimétrique.	15
Figure 06	Photo de titrage de HCO_3^- en début.	16
Figure 07	Photo de titrage de HCO_3^- (la coloration devient orange).	16
Figure 08	Dureté totale avant le titrage.	16
Figure 09	Dureté totale à la fin de titrage.	16
Figure 10	Coloration de (Ca^{++}) avant le titrage.	17
Figure 11	Coloration de (Ca^{++}) après le titrage.	17
Figure 12	Coloration de (Cl^-) avant le titrage.	18
Figure 13	Coloration de (Cl^-) à la fin de titrage.	18
Figure 14	Dosage d'ammonium.	18
Figure 15	Dosage de sulfate.	19
Figure 16	Dosage de phosphate.	20
Figure 17	Dosage de fer.	20
Figure 18	Filtration sur membrane.	21
Figure 19	Test de confirmation.	22
Figure 20	Variation spatiale des valeurs moyennes de pH.	23
Figure 21	Variation spatiale des valeurs moyenne de température.	24
Figure 22	Variation spatiale des valeurs moyenne de conductivité électrique.	25
Figure 23	Variation spatiale des valeurs moyennes de turbidité.	26
Figure 24	Variation spatiale des valeurs moyennes de Titre alcalimétrique complet.	27
Figure 25	Variation spatiale des valeurs moyenne de dureté totale.	27
Figure 26	Variation spatiale des valeurs moyennes de Ca.	28
Figure 27	Variation spatiale des valeurs moyennes de Cl.	29
Figure 28	Variation spatiale des valeurs moyennes de NH_4 .	29
Figure 29	Variation spatiale des valeurs moyennes de PO_4 .	30
Figure 30	Variation spatiale des valeurs moyennes de SO_4 .	31
Figure 31	Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer.	31

Liste des tableaux

Numéro	Titre	page
Tableau 01	Normes d'eau potable.	09
Tableau 02	Les critères bactériologiques.	09

Liste des abréviations

ADE : Algériennes des eaux.

CE : Conductivité électrique.

C° : Degré Celsius.

Cl:Chlorure.

Ca: Calcium.

CO₃: Carbonate.

CaCO₃ : Carbonate de calcium.

EDTA : Ethylène Diamine Tétra –Acétique.

HCO₃: Bicarbonate.

HCl : Acide chlorhydrique.

H₂SO₄:Acide sulfurique.

JORA : Journal office de la république algérienne.

KCl : Chlorure de potassium.

Mg: Magnésium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

NTU : Unité Néphrélométrique de Turbidité.

NH₄: Ammonium.

NaCl: Chlorures de sodium.

OH : Hydroxyde.

PO₄ : Phosphate.

pH : Potentiel d'hydrogène.

SO₄ : Sulfate.

S: Source.

T : Température.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique Complet.

TH : Dureté total.

µs /cm : Micro siemens par centimètre.

µm : Micromètre.



Introduction

Introduction générale

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable pour tous les êtres vivants, et c'est le principal composant de la matière vivante. L'eau est une richesse essentielle pour toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques (**BAAZIZ, 2008 ; BOUABDALLAH, 2015**).

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine du fait de son exploitation relativement facile. Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources : les nappes phréatiques et les nappes profondes (**SLAMA et al, 2021 ; BOUKHRABATA et al, 2020**).

La pollution des eaux reste un problème international causé d'une part des modifications chimiques que l'eau peut subir (concentration, échanges de base, réduction) capables de modifier partiellement ses propriétés chimiques, et d'autre part de changement thermique ou microbiologique provenant de sources ponctuelles ou non ponctuelle (**SLAMA et al, 2021**).

La pollution microbiologique est l'une des causes majeures de l'altération des caractéristiques de l'eau. De plus la contamination bactériologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les pays en voie de développement (**SLAMA et al, 2021**).

Zitouna et Kanoua sont deux zones très riches en sources d'eau naturelles, ces sources sont utilisées par la population pour boire, cuisiner et laver. Ces sources doivent avoir de bonnes propriétés physiques, chimiques et bactériologiques et être conformes aux normes de potabilité de l'eau afin qu'elles ne présentent aucun danger pour la santé du consommateur. C'est pourquoi notre travail a pour objectif d'étudier la qualité physicochimique et bactériologique de six sources naturelles de la région de Zitouna willaya de Skikda, et de voir si ces d'eau de consommation compatibles avec les normes Algériennes.

Ce travail est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique qui englobe des généralités sur l'eau.
- Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes d'analyse utilisés.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus avec leur discussion.



Synthèse bibliographique

1. Définition de l'eau

L'eau est l'élément vital pour la vie, c'est la boisson naturelle par excellence. C'est un liquide, inodore, incolore, sans goût, transparent et de pH neutre. C'est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes, gazeuse au-dessous de 100°C et solide en dessous de 0 °C (KOURICHI, 2021).

La formule de l'eau(H₂O) est composé d'un atome d'oxygène et de deux atome d'hydrogène liés par deux liaisons de covalence sa masse molaire et de 18g (ILLAL et CHERFAOUI, 2018).

2. Cycle de l'eau

L'eau, élément sous trois états (liquide, gazeux et solide), parcourt un cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers formée dans la haute atmosphère, de nuage 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 (DIALLO, 2010).

3. Ressource de l'eau

3.1. Eaux de surface

Les eaux de la surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivière, barrage, mares, marigots).

Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (AYAD, 2017).

3.2. Eaux souterraine

Ces sont des eaux de profondeur généralement limpides et de bonne qualité bactériologique. Les eaux souterraines sont principalement des eaux de puits, forage, source, qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les facteurs du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires.

L'eau souterraine se provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval (BENABDERRAHMANE, 2022) ;(IUNGBI SINGA et al, 2019).

4. Eaux de sources

4.1. Définition

Ce sont des eaux d'origine souterraines, microbiologiquement saines, protégées contre tous risque de pollution et propres à la consommation humaines, sans traitement, ni adjonction (CHEGRANI et HAMMOUDI, 2022) ;(YAHMI et ZEROUKHI, 2022).

Cette eau doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité physicochimique des eaux potables et de qualité microbiologique des eaux minérales, elles sont principalement rencontrées dans les régions montagneuses (YAHMI et ZEROUKHI, 2022).

4.2. Différent types de source

4.2.1. Les sources d'affleurement

L'eau s'apparait à la surface sous forme d'un Chaplet de source. Ce types de source apparaissent surtout dans les terraines calcaires ou cristallins (NAIMI et ALLAOUA ,2017).

4.2.2. Les sources de déversement

Ce type de source apparaissent sur les pentes et les grandes hauteurs, dans les terraines fissurés en surface, calcaires et granites. Généralement leur débit et faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir (YAHMI et ZEROUKHI, 2022).

4.2.3. Les sources d'émergence

La couche perméable soit fissurée en direction du sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs facteurs ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources et souvent important, leur risque de tarissement est inégal (NAIMI et ALLAOUA ,2017).

5. Pollution des eaux

La pollution de l'eau est une modification défavorable des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques produite directement ou indirectement du fait de l'activité de l'homme. Cette pollution peut rendre l'eau impropre pour l'utilisation normale (LIMANI ,2016).

5.1. Les types de pollution des eaux

5.1.1. Pollution domestique

Elle est généralement liée aux rejets d'eaux usées. On distingue les eaux vannes et ménagères contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale (**HADJI et BOUCCERDJ, 2020 ; ZOUAG et BELHADJ, 2017**).

Les mal habitations ou les habitations non raccordées au réseau d'assainissement collectif peuvent ainsi causer une pollution bactériologique de l'eau (**HADJI, 2020**).

Cette pollution caractériser par : de fortes teneurs en matières organiques, des détergents, des sels minéraux et des germes fécaux (**DJEBBAR et CHETTI, 2021**).

5.1.2. Pollution industrielle

Elle est causée par les rejets d'eau résiduaire d'origine industrielle susceptible de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradable. Ces rejets sont très variés selon le type d'activité : (**ZITOUNI et KHAROUBI, 2021**).

- Substances organiques ou synthèse.
- Hydrocarbures.
- Sels minéraux.
- Métaux lourds.

5.1.3. Pollution agricole

Elle est causée par l'utilisation désordonnée de pesticides, d'engrais et d'herbicides ou de fongicides. L'élevage, l'agriculture et l'aviculture sont des activités responsables de rejets de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain (**HADJI, 2020**).

6. L'eau potable

C'est l'eau fournie au consommateur qui peut être utilisée en toute sécurité pour la consommation, cuisine, et lavage dont la consommation ne présente pas des dangers pour la santé humaine, donc elle doit être exempte de tous microorganismes pathogènes, substances toxiques (**DE ZUANE, 1990 ;(OMBALA, 2013)**).

En outre, on dit qu'une eau naturelle est potable si elle a les propriétés suivantes :

- Fraicheur et limpidité.
- Inodore, incolore.

- Gout agréable suffisamment douce, aérée.
- Minéralisation raisonnable (YAHIAOUI et BOUDENNA,2021).

6.1. Les caractéristiques de l'eau potable

Selon l'organisation mondiale de la santé les critères de qualité pour une eau potable portent sur la qualité organoleptique, physique, chimique et microbiologique.

6.1.1. Caractéristiques organoleptiques

Les propriétés organoleptiques sont des caractéristiques physiques de l'eau en générale, telles qu'elles sont perçus par les sens, telles que sa couleur, son odeur, son gout (BELHAJAL et HMIDI ,2021).

6.1.1.1. La couleur

La coloration d'une eau dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoute leur propre coloration (ILLAL et CHERFAOUI ,2018).

6.1.1.2. L'odeur

Peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (RODIER, 2009).

6.1.1.3. Gout

Est définie comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (RODIER, 2009).

6.1.2. Caractéristiques physicochimiques

6.1.2.1. Température

La température de l'eau est un facteur très important dans l'environnement aquatique .Elle joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques, ainsi que les réactions biologiques (CHETIBI et CHEBLI, 2018) (ABBOUDI et al, 2014).

6.1.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Une eau de pH égal à 7 est dite neutre. Une eau de pH inférieur à 7 est dite acide, et inversement une eau de pH supérieur à 7 est dite basique (MECIBAH, 2017).

6.1.2.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau ou de la solution à transporter un courant électrique. Les composés organiques sont de mauvais conducteurs du courant électrique.

La conductivité électrique augmente avec la minéralisation et elle est dominée par les ions majeurs, tel que les chlorures, les sulfates, les nitrates... (GAAGAI, 2017).

6.1.2.4. La turbidité

La turbidité d'une eau traduit la présence des particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons, graines de silice, matières organiques, etc. Le degré de la turbidité est mesuré par L'appréciation de l'abondance de ces particules (RODIER, 2005).

6.1.2.5. Titre alcalimétrique(TA)

La teneur en hydroxyde (OH^-), est la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{2-} et un tiers environ des phosphates présents (KOURICHI, 2021).

6.1.2.6. Titre alcalimétrique Complet (TAC)

Correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur à 8.3, la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} est négligeable ($\text{TA}=0$), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls (KOURICHI, 2021).

6.1.2.7. Dureté ou titre hydrotimétrique(TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique(TH) correspond à la somme des concentrations en cation Mg^{++} et Ca^{++} à l'expression des alcalines (DJEGHDJEGH, 2014).

6.1.2.8. Le calcium

Est un métal alcalin terreux, est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires (CHELLI et CHETIBI, 2018).

6.1.2.9. Sulfate

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution des roches sédimentaires notamment le gypse mais également de la pyrite et plus rarement des roches magmatique (ABBOUDI *et al*, 2014).

6.1.2.10. Chlorure

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (MOURDI et REKHILI, 2022).

6.1.2.11. Ammonium

L'ammonium est la forme la plus toxique d'azote, sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels. L'azote ammoniacal se transforme assez rapidement par l'oxydation en nitrites et nitrates (BOUABDALLAH, 2015).

6.1.2.12. Phosphate

Les phosphates peuvent être produits de la décomposition de la matière vivante ou lessivage de minéraux mais, actuellement, leurs présences dans l'eau sont d'origine artificielle (industrie chimique, engrais, eaux traités aux phosphates (SEBSI et HAMEK, 2018).

6.1.2.13. Le fer

La présence de fer dans l'eau a une origine naturelle comme le lessivage des terrains argileux ou industrielle, dans les industries métallurgiques ou sidérurgiques (BENABDERRAHMANE, 2022).

6.1.3. Les caractéristiques bactériologiques

L'eau ne doit contenir ni bactérie, ni virus qui pourraient entraîner une contamination microbiologique et être la cause d'une épidémie (BOUZIDI et CHELIHI, 2017).

L'analyse bactériologique des eaux potables consiste en la recherche d'un certain nombre de germes tests, dite de contamination fécale :

- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux.
- Escherichia coli.

- Les streptocoques fécaux.

6.1.3.1. Les coliformes totaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, aérobies ou anaérobies facultatifs. Ils se caractérisent par leur capacité à fermenter le lactose en présence de sels biliaires avec production de gaz après incubation à 37°C pendant 24h à 48h (KOURICHI ,2021).

6.1.3.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ils se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*.

Les bactéries *E. coli* représentent 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de ces derniers témoigne habituellement une contamination d'origine fécale.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo tolérants ayant la capacité de produire de l'indole à partir de tryptophane dans le milieu à une température voisine de 42 C° ±2 (BOUZIDI et CHELIHI ,2017).

6.1.3.3. Les streptocoques fécaux

Sont des bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus*. Ils sont des cocci sphériques a ovoïde, gram positifs .Les streptocoques fécaux disposent en diplocoque ou en chainettes, se développent à 37C°et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec la production de l'acide lactique sans gaz (MOKHDADI et MESSAI ,2015).

6.2. Les normes de potabilités

Tableau 01 : Normes d'eau potable selon le journal officiel algérienne (JORA ,2014)

Paramètres	unité	Norme Algérienne
Température	C°	25
pH	/	6,5-8,5
CE à 20°C	µS/cm	2800
Dureté totale	mg /l en CaCO ₃	200
Calcium	mg /l	200
Sulfate	mg /l	400
Chlorure	mg /l	500
Ammonium	mg /l	0,5
Phosphate	mg /l	0,5
Turbidité	NTU	5
Fer	mg /l	0, 3

Tableau 02 : Les critères bactériologiques selon le journal officiel algérienne (JORA ,2014)

Paramètres	Unités	Norme algérienne
Coliformes totaux	Nombre /100ml	0
Coliformes fécaux	Nombre /100ml	0
Streptocoque fécaux	Nombre /100ml	0



Matériel et Méthodes

1. Cadre d'étude

Les analyses physicochimiques et bactériologiques ont été réalisées au niveau de le laboratoire central d'Algérie des eaux qui se situe à 6Km du chef-lieu de la wilaya de Skikda, il occupe l'ex siège CONDOTTE Entreprise réalisatrice du projet adduction et ouvrages des stockages de l'eau dessalée qui se trouve à ZIRAMNA.

Le laboratoire central est divisé en :

- Une salle de réception des échantillons.
- Une salle destinée aux analyses bactériologique.
- Une salle destinée aux analyses physico chimique.
- Un magasin de réactifs stockés ou produits chimiques et verreries de laboratoires

L'activité de laboratoire central se repose sur la réalisation de 2 types d'analyses :

- Les analyses physico chimiques.
- Les analyses bactériologiques.

Volume distribué pour la ville de Skikda est de moyenne 32.450.000 m³/ans (**ADE Skikda**).

2. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Skikda est issue du découpage administratif de 1974. Elle comprend treize daïras regroupant trente-huit communes. Elle est limitée :

- Au nord par la mer méditerranée.
- Au sud par la Wilaya de Constantine et partiellement la Wilaya de Mila.
- A l'est par la Wilaya de Annaba et Guelma.
- A l'ouest par Wilaya de Jijel (**AMIOR, 2005**).

2.1.La commune de Zitouna

Zitouna (anciennement appelée Bessombourg) se trouve dans le massif forestier de Collo, à 4 km du mont El-Goufi 1183m, à l'ouest de la wilaya de Skikda, en plein de sud du cap Bougaroun, à 634m d'altitude entre mer et montagne au milieu d'une immense forêt de chênes-lièges de 25000 hectares. De par sa position, Zitouna est par route à 86 km de Skikda et à 14 km de Collo. Elle occupe une superficie de 34,32km².

La commune de Zitouna est bordée à l'Est par la commune de Cheraia, à l'ouest par la commune d'Ouled Attia, au nord par la commune de Kanoua et au sud par la commune de Beni Zid (**BOULEKNAFET et al.2019**).

2.2. La commune de Kanoua

Kanoua est une ville de la daïra de Zitouna. Elle est située à 8km au nord-est d'Ouled Attia. Ses coordonnées géographiques sont 37°3,0 N 6°24,0 E (AMRANE et FEKRAOUI ,2016).

3. Échantillonnage

3.1. Choix des stations de prélèvement

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de source, nous avons choisis six sources qui sont toutes destinées à la consommation humaine.

Cinq sources situées dans la commune de Zitouna (Ain massref, Ain doouiwer et Ain tiboura, Ain bourrihane, Ain massouya) et une source de la commune de Kanoua (Ain sdimate).

Voir la figure 01 qui résume la situation géographique des sites de prélèvement.

Nous avons effectué trois prélèvements pour chaque source durant la période de 04 mars à 01 mai.

Le tableau 01 (ANNEXE 01) résume les stations de prélèvement et la période et l'heur de prélèvement.

3.2. Techniques de prélèvement

Les échantillons d'eau nécessaires à l'analyse physico-chimique sont pris dans des bouteilles en plastique bien nettoyés (AYAD, 2017).

Pour l'analyse bactériologique, les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre auparavant lavés par l'eau distillée, puis stérilisés dans l'autoclave (AMRANE et FEKRAOUI, 2016).

Les échantillons doivent porter le nom de source, la date et l'heure de prélèvement (DJEGHDJEGH, 2014).

3.3. Transport des échantillons

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière dont la température est comprise entre 4 à 6 °C, puis transportés au laboratoire pour analyse.

Le temps entre la collecte et l'analyse des échantillons ne doit pas excéder 24h (CHELLI et CHETIBI, 2018).

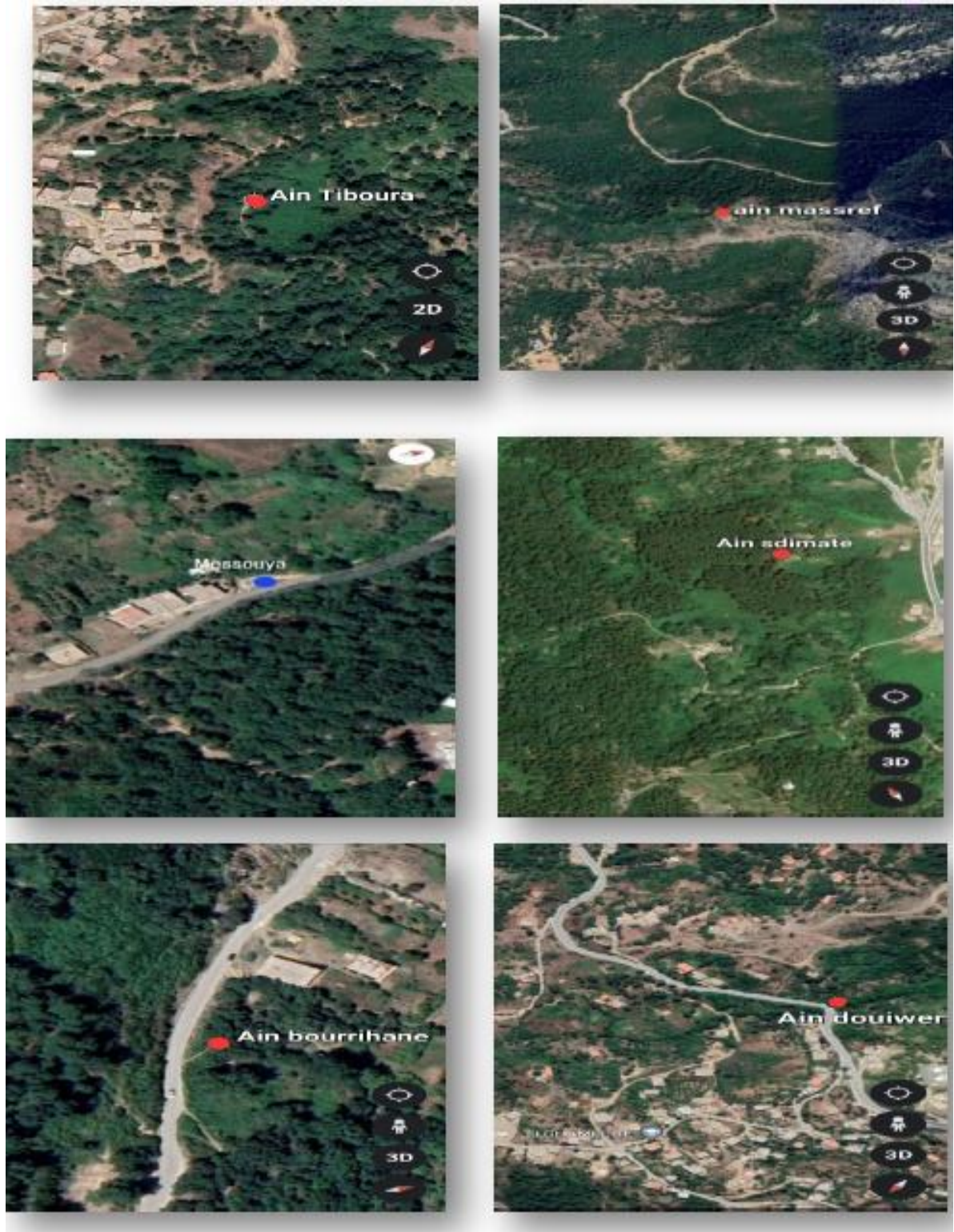


Figure 01 : Situation géographique des sites de prélèvements (Google earth 2023)



Figure 02 : Glacière pour le transport des échantillons (photo originale).

4. Méthodes d'analyses

Les paramètres analysés sont : le pH, température, la conductivité électrique, turbidité, le Calcium, Magnésium (THT), les Chlorures, TAC, TA, ammonium, phosphate, le Fer, Sulfate.

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence les germes présents dans l'eau.

Les germes recherchés sont : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, et l'identification d'*Escherichia coli*, La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux.

4.1. Les analyses physicochimiques

4.1.1. La turbidité

➤ Mode opératoire

- Remplir la cuve avec l'eau à analyser.
- Enlever les gouttes d'eau et les traces des doigts avec un papier absorbant.
- Placer la cuve dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Lire le premier résultat affiché sur le turbidimètre.



Figure 03 : Turbidimètre (HACH 2100N) (photo originale).

4.1.2. Mesure de la Température, pH, et la conductivité électrique

➤ Mode opératoire

- Brancher le multi paramètres.
- Etalonner l'appareil avec une solution tampon (pH=7).
- Rincer les sondes avec l'eau distillée.
- Remplir le bécher par l'eau à analyser.
- Prolonger les sondes dans l'échantillon.
- Laisser stabiliser puis, noter les résultats affichées sur le multi paramètres.
- La conductivité électrique est exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.
- La température est exprimée en ($^{\circ}\text{C}$).



Figure 04 : Multiparamètres. (HACH SL1000) (photo originale).

4.1.3. Dosage du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet(TAC)

➤ Mode opératoire

- Introduire à l'aide d'une éprouvette graduée 100ml d'eau à analyser dans un bécher de 200ml.
- Ajouter 03 gouttes de phénolphtaléine.
- Si une couleur rose est obtenue, on titre avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose.
- Si la couleur reste transparent ; TA=0(pH<8,5).
- On ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de méthylorange.
- Titrer avec l'acide sulfurique goutte à goutte jusqu'à le virage de couleur orange brique.
- Noter le volume consommé.



Figure05 : Titre alcalimétrique (photo originale).

➤ Expression des résultats

$$TA = V \times 10 \text{ en mg/l}$$

$$TAC = (VTA + VTAC) \times 10 \text{ en mg/l.}$$

V : le volume de la chute burette.

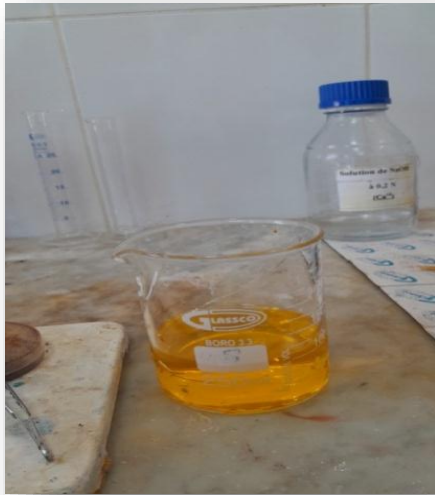


Figure 06 : Photo de titrages de (HCO_3^-) en début (photo originale).



Figure 07 : Photo de titrages (HCO_3^-) . (La coloration devient orange) (photo originale).

4.1.4. Dosage du THT

➤ Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser à l'aide d'une éprouvette graduée dans un bécher de 200ml.
- Ajouter 04ml de solution tampon.
- Ajouter 03goutte de mordant noir11.
- Titrer avec la solution EDTA goutte à goutte jusqu'à ce que la solution vire au bleu.

➤ Expression des résultats

$\text{THT} = V \times 2 \times 10$ en mg/l.

$\text{THT} \leq 500 \text{mg/l}$.



Figure 08 : Dureté totale avant le titrage (photo originale).



Figure 09 : Dureté totale à la fin de titrage (photo originale).

4.1.5 Dosage du calcium Ca^{2+}

➤ Mode opératoire

- Prélever 50ml d'eau à analyser par une éprouvette graduée puis met dans une bécher de 200ml.
- Ajouter 02ml de solution d'hydroxyde de sodium NaOH.
- Additionner une petite quantité de Murexide HSN.
- Titrer par l'EDTA goutte à goutte jusqu'à virage de couleur mauve foncé.

➤ Expression des résultats

$$\text{Ca}^{2+} = v \times 10 \text{ en mg/l.}$$



Figure 10 : Coloration de (Ca^{2+}) avant le titrage (photo originale).



Figure 11 : Coloration de (Ca^{2+}) après le titrage (photo originale).

4.1.6 Dosage du Chlore Cl^-

➤ Mode opératoire

- Introduire à l'aide d'une éprouvette graduée 5ml d'échantillon dans un bécher de 50ml.
- On ajoute 02gouttes de chromate de potassium.
- Titrer goutte à goutte avec le Nitrate d'argent jusqu'à ce que la couleur vire au rouge brique.

➤ Expression des résultats

$$\text{Cl}^- = V \times 71 \text{ en mg/l. avec } 71 : \text{ la constante de conversion.}$$



Figure 13 : Coloration de Cl^- à la fin de titrage (photo originale).



Figure 12 : Coloration de Cl^- avant le titrage (photo originale).

4.1.7 Ammonium

➤ Mode opératoire

- Introduire 40ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 04ml des réactifs colorés.
- Ajouter 04ml de dichlorocyanurate.
- Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 50ml.
- Attendre 1h.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+ .
- Effectuer la lecture dans le spectrophotomètre.

➤ Expression des résultats

Les résultats ont été exprimés en mg/l. ; $\lambda=655\text{nm}$.



Figure 14 : Le dosage d'ammonium (photo originale).

4.1.8 Sulfate

➤ Mode opératoire

- Introduire 100ml d'eau à analyser dans un bécher par une éprouvette graduée.
- Ajouter 05ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 02 ml de chlorures de baryum.
- Agiter énergétiquement pendant 1min.
- Lire les résultats affichés sur le spectrophotomètre.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/l.



Figure 15 : Dosage de sulfate (photo originale).

4.1.9 Phosphate

➤ Mode opératoire

- Prélever 40ml d'eau à analyser.
- Ajouter 01ml d'acide ascorbique à l'aide d'une éprouvette graduée.
- Ajouter 02ml de réactifs mélange.
- Attendre 10min.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence de phosphate.
- Lire les résultats affichés sur le spectrophotomètre.

➤ Expression des résultats

Les résultats ont été exprimés en mg/l.



Figure 16 : Dosage de phosphate (photo originale).

4.1.10 Fer

➤ Mode opératoire

- Ajouter 50 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 1ml de chlorhydrate hydroxyle amine (HCl) pour assurer la stabilisation de Fer (pH<4).
- Ajouter 02mlde solution tampon acétate.
- Ajouter 02ml de phénanthroline 1 ,10.
- Attendre 15min.
- Lire les résultats affichés sur le spectrophotomètre.

➤ Expression des résultats

Les résultats exprimés en mg/l.

$\lambda = 510 \text{ nm}$.



Figure 17 : Dosage de Fer (photo originale).

4.2. Analyse bactériologique

4.2.1. Méthode de filtration sur membrane

Principe

Cette méthode consiste à filtrer l'échantillon de l'eau sur une membrane filtre de $0,45\mu\text{m}$ qui retient les microorganismes.

cette membrane est incubée à 44°C pendant 24 heures sur milieu tergitol 7 pour la recherche des coliformes fécaux et incubée 37°C pendant 48 h pour la recherche des coliformes totaux.

Pour la recherche des streptocoques, la membrane filtre est incubée sur milieu de culture slanetz à 37°C pendant 24h.



Figure 18 : Filtration sur membrane (photo originale).

➤ Mode opératoire

- Allumer le bec bunsen et stériliser l'équipement de la rampe de filtration.
- A l'aide d'une pince stérile déposer une membrane filtre de porosité $0.45\mu\text{m}$ sur la membrane porteuse.
- Remplir l'entonnoir avec l'eau à analyser puis remettre le couvercle.
- Allumer la rampe de filtration et faire vider jusqu'à la filtration totale d'échantillon.
- Déposer la membrane filtre à l'aide d'une pince stérile sur les milieux de culture.
- Étiqueter les boîtes pétries avec la date, nome de source et l'heur de l'ensemencement.
- Incuber les boîtes pétries couvercle vers bas.
- Pour les coliformes fécaux : à 44°C pendant 24h.
- Pour les coliformes totaux : à 37°C pendant 48h.
- Pour les streptocoques fécaux : à 37° pendant 24h.

4.2.2. Test de confirmation

➤ Les coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

Après l'incubation, la présence des colonies jaune ou jaune orange indique la présence des coliformes fécaux.

Cinq colonies seront repiquées à l'aide d'une pipette stérile puis ensemencées dans un bouillon tryptophane et incubé dans une étuve à 44 °C pendant 24h.

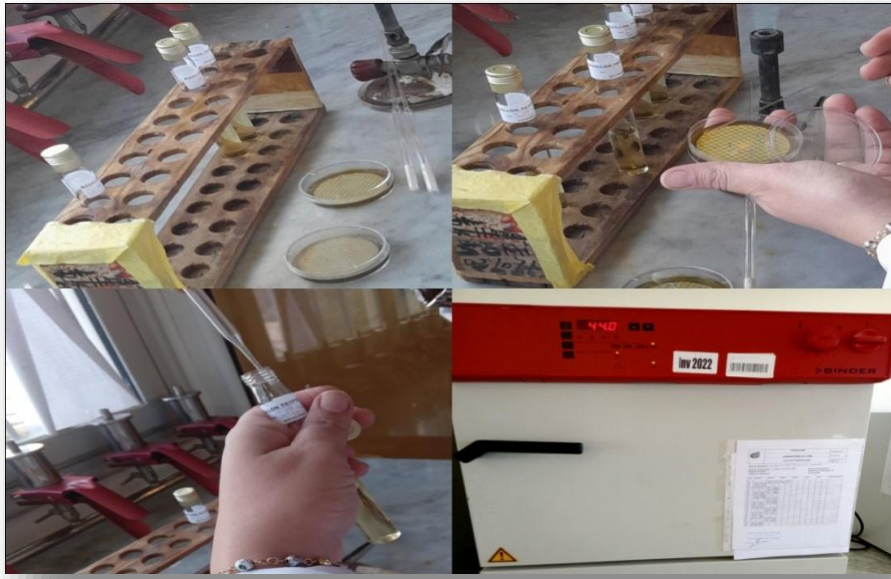


Figure19 : Test de confirmation (photo originale).

Après l'incubation, rajouter 2 à 3 gouttes de réactif Kovacs.

L'apparition d'un anneau rouge indique la présence d'*E. Coli*.

➤ Pour les streptocoques fécaux :

Après l'incubation, la présence des colonies rose ou rouge brique indique la présence des streptocoques fécaux.

Les colonies seront repiquées dans des milieux de confirmation.



Résultats et Discussion

Interprétation des résultats

Les résultats obtenus sous forme des histogrammes pour les analyses physicochimiques et tableau 04 (ANNEXE 04) pour les analyses bactériologiques.

1. Paramètres physicochimiques

1.1. paramètres physiques

1.1.1. Le pH

D'après la figure(20) qui montre les variations spatiales des valeurs moyennes de pH, les valeurs de pH de toutes les sources sont proches de la neutralité avec une valeur maximale de 6.99 ± 1.07 pour S1 et une valeur minimale de 6.49 ± 0.45 pour S5. Les valeurs obtenues pour ces sources sont conformes aux normes algériennes fixées de 6.5-8.5.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par **NECHAD et al(2014)** dans l'étude de la qualité physicochimique des eaux des sources Ain regrab et Ain Sidi Bouali la région de Sefrou qui varient de 7.03 à 7.01 et de 6.98 à 7.25 et avec les résultats de **TIR et al (2017)** qui ont trouvés des valeurs de 7.1 ± 0.1 et 6.9 ± 0.1 dans leurs étude sur la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau dans les sources de la commune de Tissemsilt.

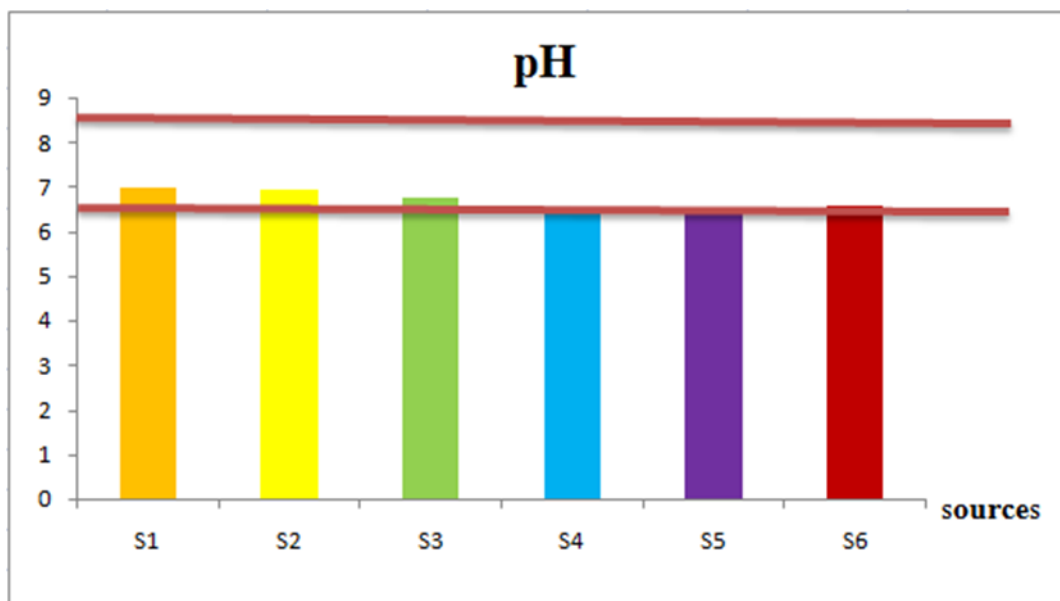


Figure 20 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH.

1.1.2. La température

La température des eaux est influencée par les conditions environnementales liées à la géologie des terrains traversés, l'hydrologie, à la position géographique de la localité et surtout au climat (BOUZIDI et CHELIHI, 2017).

Les résultats présentés dans la figure 21 montrent que les valeurs moyennes de la température varient entre $16.76^{\circ}\text{C}\pm 1.30$ (source de messouya) et $18.9^{\circ}\text{C}\pm 2.22$ (source de sdimate). Les valeurs obtenues sont conformes aux normes algériennes fixées de 25°C .

Des valeurs proches de nos résultats ont été obtenus par OMARA et al (2019) dans les sources de katalina ($20.53^{\circ}\text{C}\pm 1.23$), source de l'aéroport 1 ($21.53^{\circ}\text{C}\pm 0.60$) et source de l'aéroport 2 ($20.33^{\circ}\text{C}\pm 1.62$) lors de leurs étude de la qualité physicochimique et microbiologique des sources dans Kyambogo. Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux d'ADJIRI et al (2020) qui ont trouvés des valeurs élevés varient de 26.2°C - 29.9°C .

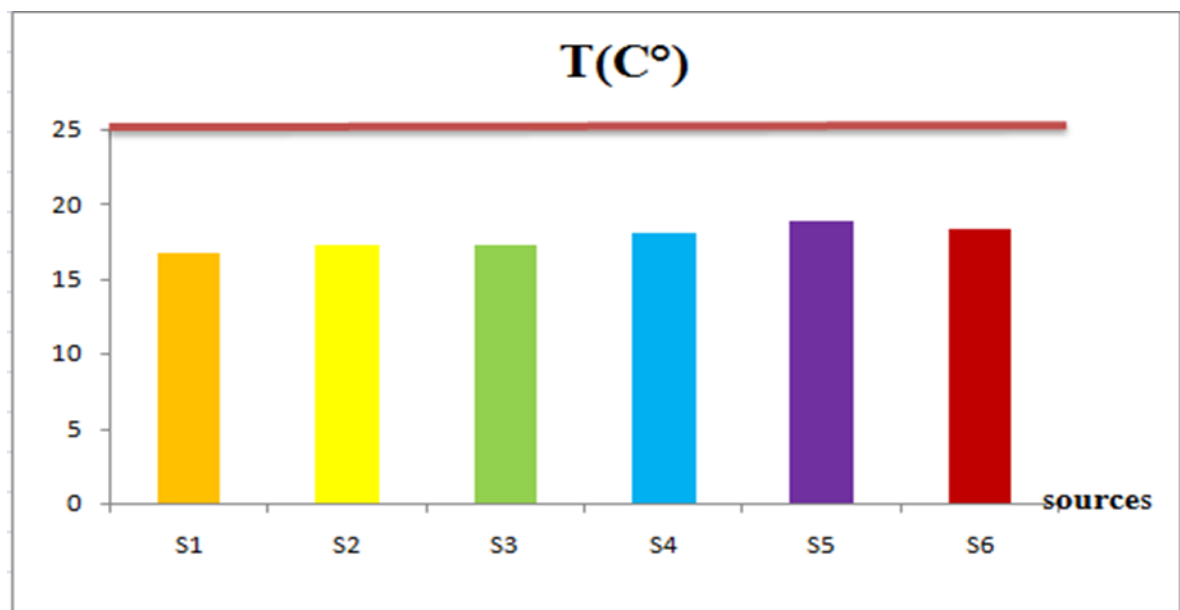


Figure 21 : Variation spatiale des valeurs moyennes de température.

1.1.3. Conductivité électrique

D'après la figure 22 qui représentent les variations spatiales des valeurs moyennes de conductivité, les résultats montrent que toutes les sources ont une minéralisation faible comprise entre $107.73\mu\text{s}/\text{cm}\pm 0.77$ (source de douiwer) et 188.3 ± 4.64 (S3) sauf la source de messouya qui montre une minéralisation accentué de $578\mu\text{s}/\text{cm}\pm 6.08$. Toutes les valeurs de la conductivité sont inférieures aux normes algériennes fixées de $2800\mu\text{s}/\text{cm}$.

Nos résultats ne sont pas conformes à ceux enregistré par **TIR et al (2017)** qui ont trouvés des valeurs très élevés de $2344.33 \mu\text{s}/\text{cm} \pm 14.01$ et $1610.67 \mu\text{s}/\text{cm} \pm 69.17$ et à les résultats trouvés par **MERZOUG et al 2010** ($1315 \mu\text{s}/\text{cm}$ et $953 \mu\text{s}/\text{cm}$).

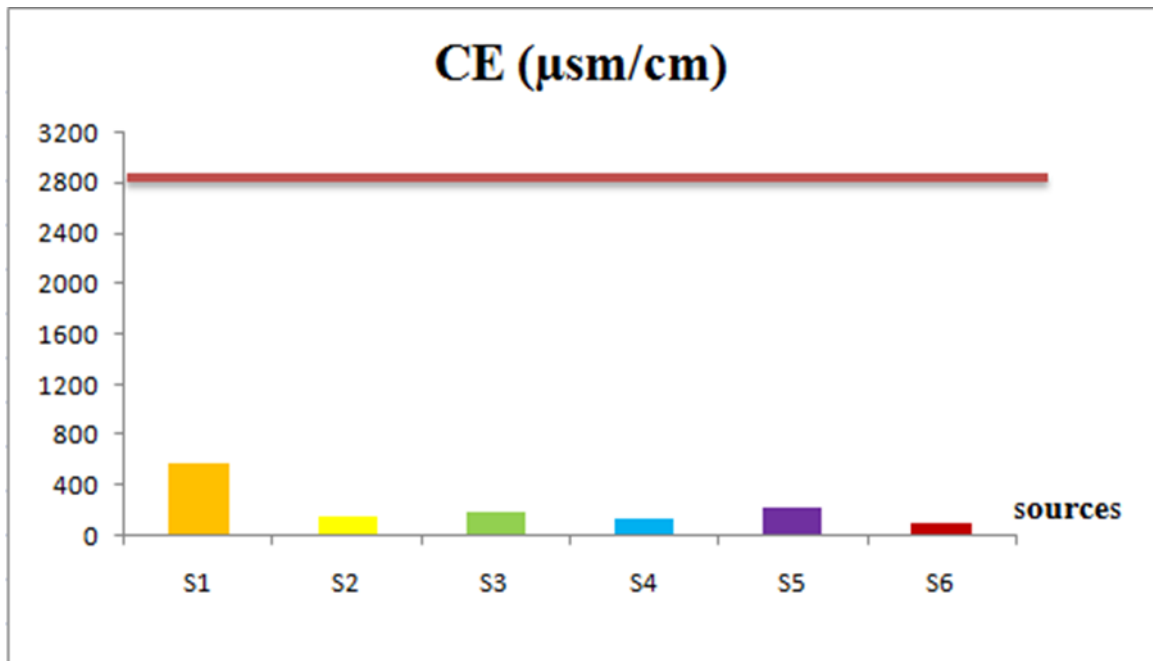


Figure 22 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la conductivité.

1.1.4. La turbidité

Les résultats présents dans la figure 23 montrent que les valeurs de la turbidité sont basses et varient entre une valeur minimale de $0.17 \text{NTU} \pm 0.03$ pour la source de douiwet et une valeur maximale de $1.90 \text{NTU} \pm 2.36$ pour la source de bourrihane. Les valeurs obtenues sont conformes avec les normes algériennes fixées de 5NTU .

Ces valeurs sont conformes avec les résultats obtenus par **OMARA et al(2019)** dans leurs étude de la qualité physicochimique et microbiologique des sources dans Kyambogo ($< 5 \text{NTU}$) et d'une autre coté, elles ne sont conformes pas avec les résultats obtenus par **AHOUSI et al (2018)**, qui a été estimé à 22NTU dans leurs étude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des eaux de consommation de la zone périurbaine de la ville de man : cas du village de Kpangouin (Cote d'ivoire).

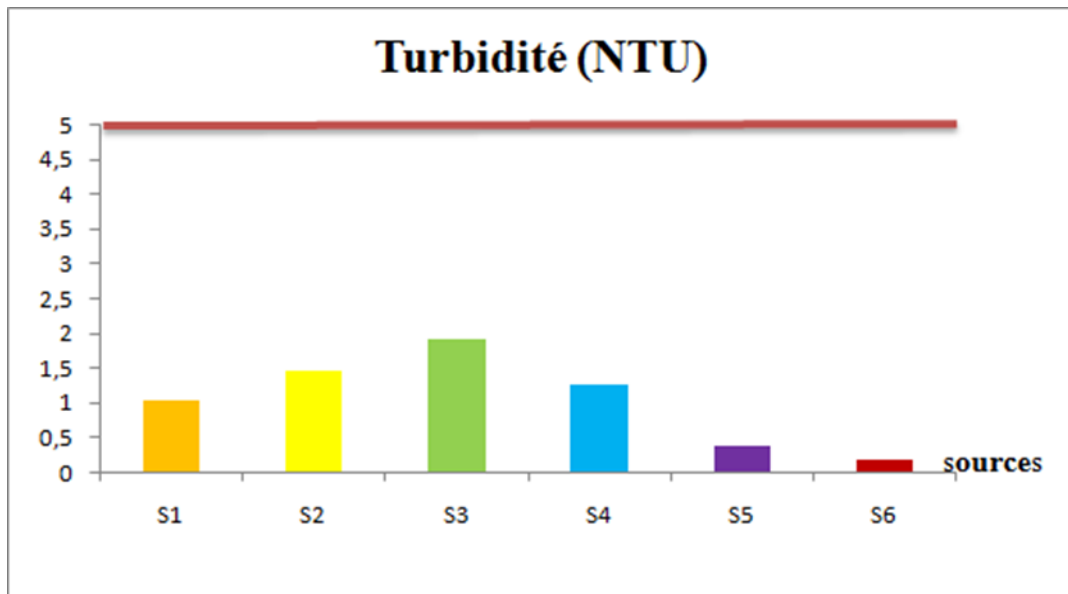


Figure 23 : Variation spatiale des valeurs moyenne de turbidité.

1.2. Paramètres Chimiques

1.2.1. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Les résultats indiqués dans la figure 24 montrent que les teneurs de TAC sont comprises entre $11.33\text{mg/l} \pm 4.72$ et $88.33\text{mg/l} \pm 17.55$, la valeur maximale a enregistré dans la source de messouya et la valeur minimale dans la source de massref. Les teneurs de TAC obtenus sont conformes aux normes algériennes fixées de 500mg/l .

Nos résultats ne sont pas en accorde avec l'étude réalisé par (NECHAD *et al*, 2014) qui ont enregistré des valeurs très faibles en TAC ; 0,94 pour Ain Regrag et 0,99 pour sidi Bouali.

D'un autre coté MERZOUG *et al*, 2010 trouvent des valeurs élevés de 185mg/l et 245mg/l dans leur étude : Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum El-Bouaghi.

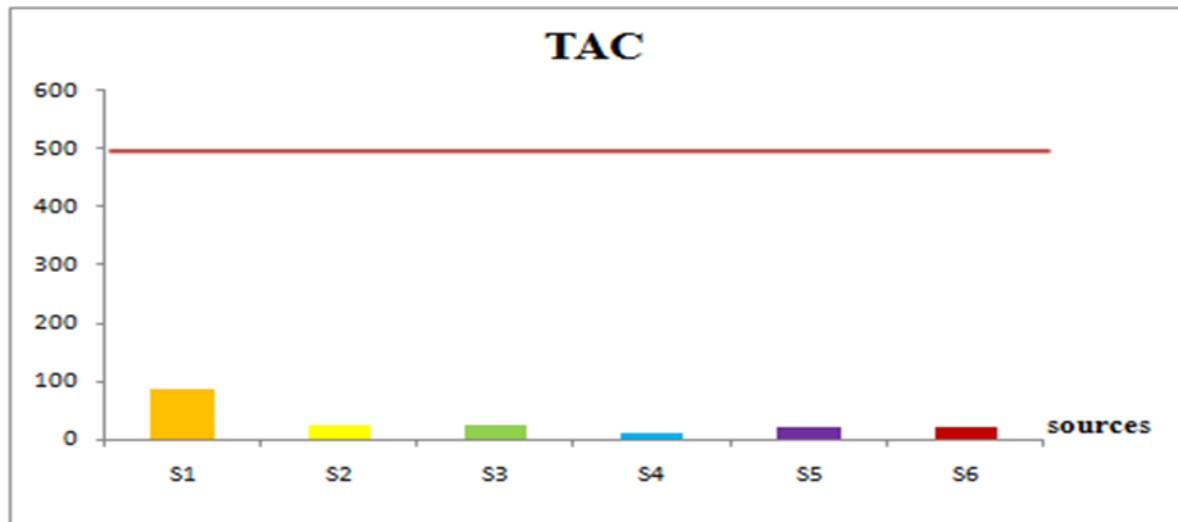


Figure 24 : Variation spatiale des valeurs moyennes de titre alcalimétrique complet.

1.2.2. Dureté totale(THT)

D'après la figure 25 qui montre les variations spatiales des valeurs moyennes de THT, les valeurs de la dureté totale sont comprises entre $60,66 \text{ mg/l} \pm 1.15$ et $210,66 \text{ mg/l} \pm 10.06$.

On remarque que la valeur enregistré dans la source de Messouya est plus élevé par rapport aux autres sources. Toutes les valeurs obtenues sont conformes avec les normes algériennes fixées de 200 mg/l sauf la source de Messouya qui a l' légèrement dépassé les normes.

Ces valeurs ne conformes pas avec les résultats obtenus par **KASEREKA et al ,2018** dans leurs études physicochimique et microbiologiques qui ont enregistré des valeurs très faible comprise entre 6.09 mg/l et 8.59 mg/l dans leurs études sur les sources Buhama et Khalimbi (RD Congo).

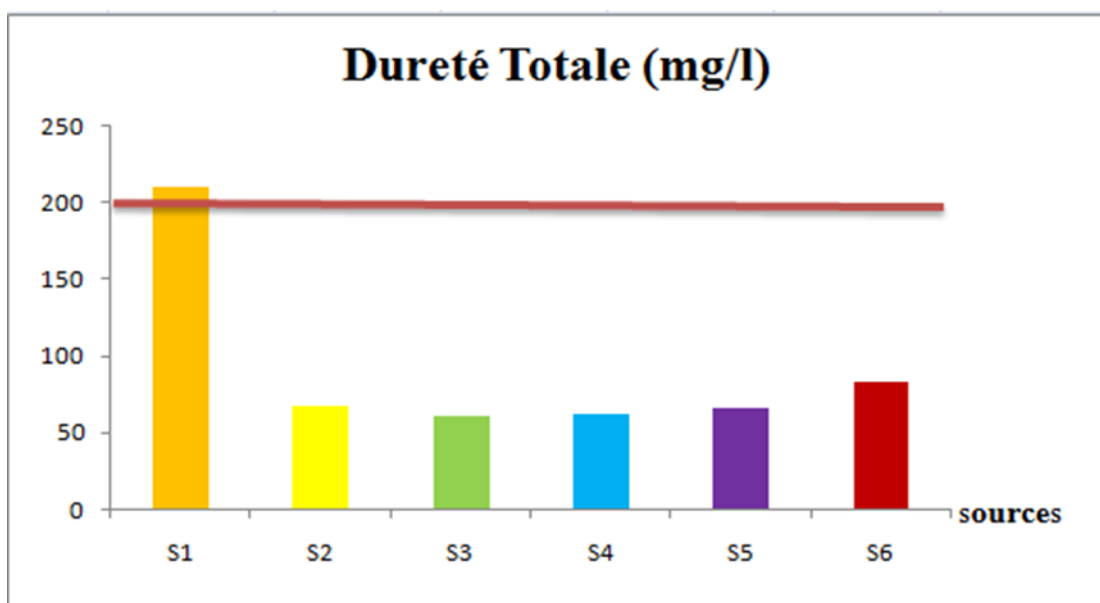


Figure 25 : Variation spatiale des valeurs moyennes de dureté totale.

1.2.3. Calcium

D'après la figure 26 qui montre les variations spatiales des valeurs moyennes de Ca, les teneurs obtenues sont bonnes, elles sont comprises entre $9.33 \text{ mg/l} \pm 1.15$ et $39.66 \text{ mg/l} \pm 2.51$, la valeur maximale a été enregistrée dans la source de Messouya alors que la valeur minimale a été enregistrée dans la source de Tiboura. Tous les teneurs obtenues sont conformes aux normes algériennes fixées de 200 mg/l .

Une étude de processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Doloa (centre ouest de la Côte d'Ivoire) réalisée par **LIGBAN et al, 2009** a enregistré un faible teneur en calcium de $1.18 \text{ mg/l} \pm 0.89$. Cette valeur ne correspond pas avec nos résultats.

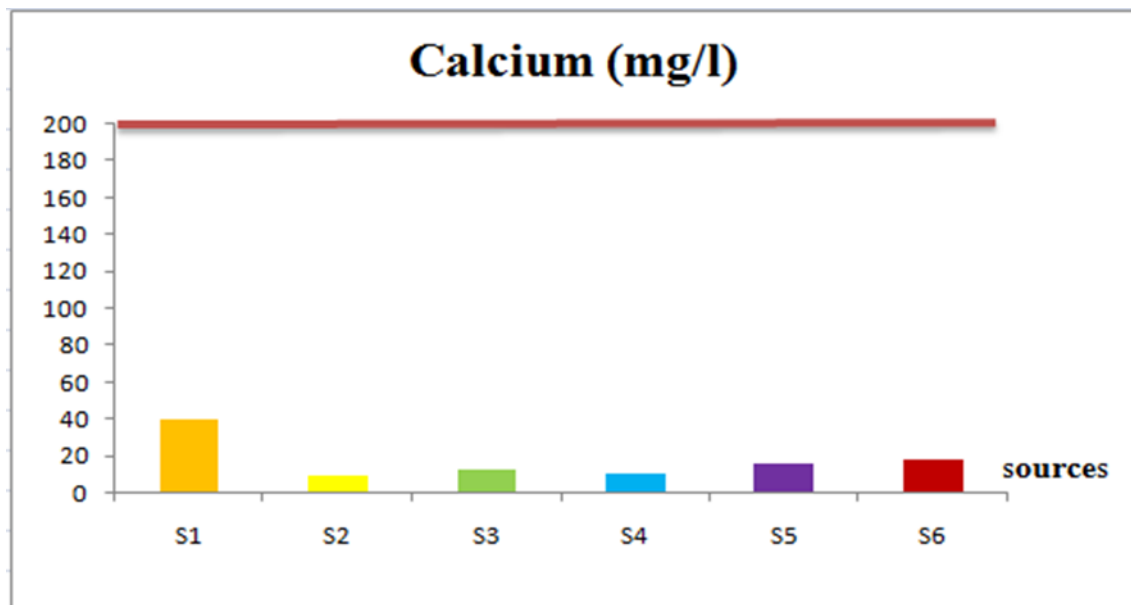


Figure 26 : Variation spatiale des valeurs moyennes de Ca.

1.2.4. Chlorure

D'après la figure 27 qui représente les variations spatiales des valeurs moyennes de Cl, les teneurs du chlorure obtenues sont faibles et varient entre $35.53 \pm 0.05 \text{ mg/l}$ (source de Douiwer) et $82.83 \text{ mg/l} \pm 20.49$ (source de Messouya) et restent toujours dans les normes algériennes fixées de 200 à 500 mg/l .

Nos résultats ne correspondent pas avec les valeurs obtenues par **GHAZALI et ZAID (2013)** dans leur étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerry qui ont trouvé une teneur en chlorure très élevée (533 mg/l).

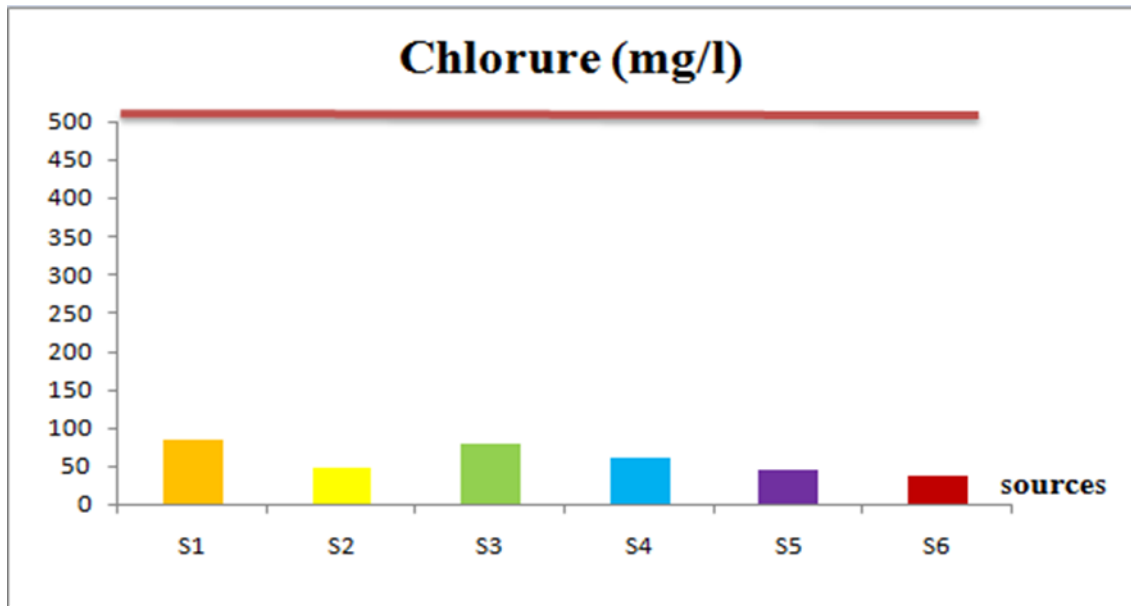


Figure 27 : Variation spatiale des valeurs moyennes de Cl.

1.2.5. Ammonium

D'après la figure 28 qui montre les variations spatiales des valeurs moyennes de NH_4 , les sources de Tiboura, Sdimata et Douiwer ne possèdent aucune trace et les sources de Bourrihane et Massref ayant une teneur très faible ($0.01\text{mg/l} \pm 0.01$; $0.016\text{mg/l} \pm 0.015$) en ammonium avec une valeur de $0.16\text{mg/l} \pm 0.11$ pour la source de Messouya.

Plusieurs auteurs ont travaillé sur la même problématique ayant trouvé des résultats élevés par rapport à nos résultats tels que **El-Ouali Lalami et al, 2014** dont les résultats varient de 0.21mg/l à 0.82mg/l et **KASEREKA et al, 2018** varient de (0.19mg/l à 0.93mg/l).

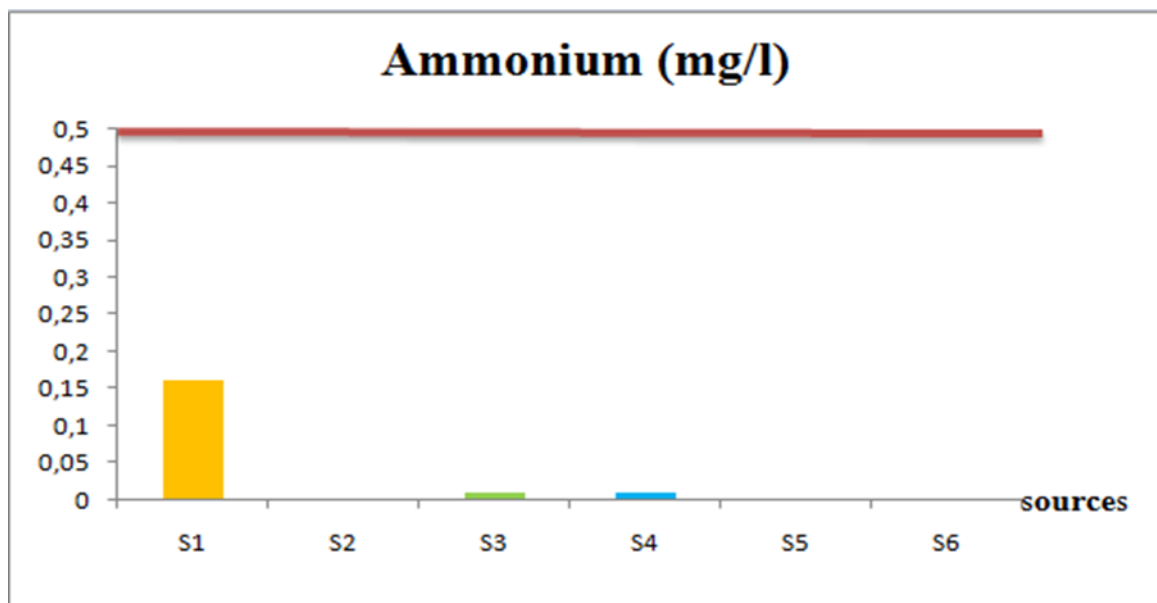


Figure 28 : Variation spatiale des valeurs moyennes de NH_4 .

1.2.6. Phosphate

D'après la figure 29 qui représente les variations spatiale des valeurs moyennes de PO_4 , les teneurs obtenus sont acceptables dans toutes les sources, elles comprises entre $0.13\text{mg/l}\pm 0.05$ et $0.41\text{mg/l}\pm 0.41$.

Ces résultats sont similaires avec les valeurs enregistrés par **KASEREKA et al, 2018** qui sont comprises entre 0.21 mg/l et 0.55mg/l .

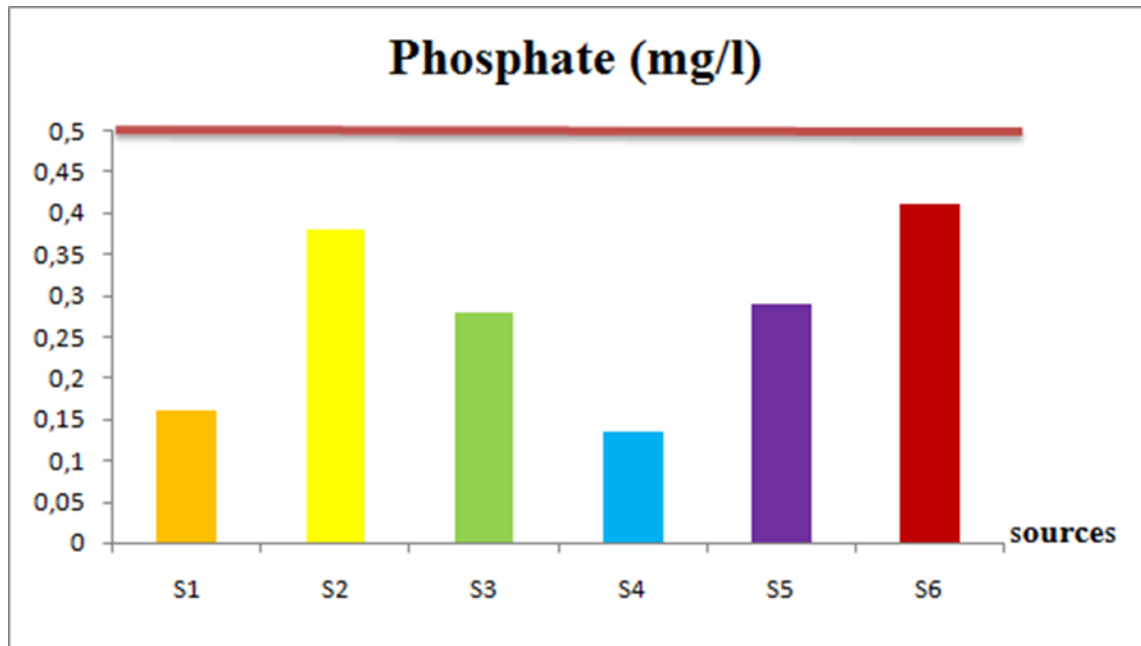


Figure 29 : Variation spatiale des valeurs moyennes de PO_4 .

1.2.7. Sulfate :

D'après la figure 30 qui représente les variations spatiales des valeurs moyennes de sulfate, les teneurs obtenus sont très faibles et acceptables dans toutes les sources, elles comprises entre $0.55\text{mg/l}\pm 0.96$ et $37.01\text{mg/l}\pm 30.86$. La source de douiwer ne possède aucune trace de sulfate.

Ces valeurs ne conformes pas avec les résultats obtenus par **MERZOUG et al (2010)** dans leurs étude de la qualité physicochimiques et microbiologiques des sources de la région d'Oum –el bouaghi qui ont trouvés des valeurs très élevés (337mg/L pour la source SD et 313mg/L pour la source SH).

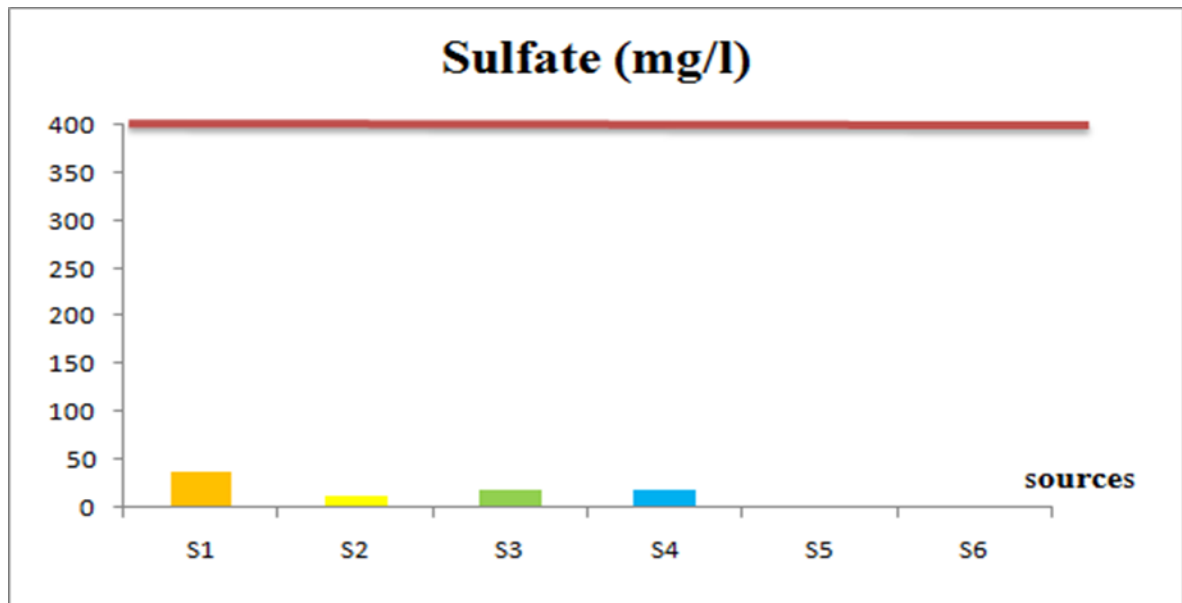


Figure 30 : Variation spatiale des valeurs moyennes de SO_4 .

1.2.8. Le fer

D'après la figure 31 qui représente les variations spatiales des valeurs moyennes de Fer, les sources de Bourrihane, Massref et Sdimata ne possèdent aucune trace et les sources de Messouya, Tiboura et Douiwer ont des teneurs très faibles en fer S1 ($0.04\text{mg/l} \pm 0.02$) S2 ($0.003\text{mg/l} \pm 0.005$) et S6 ($0.02\text{mg/l} \pm 0.01$). **KHALDI et al, 2018** ont enregistré une valeur proche à nos résultats dans la source d'Ain maa barde ($0,034\text{ mg/l}$) au cours de leurs mesures et contrôles des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss, par contre **AHOUSI et al, 2018** ont enregistré une valeur plus élevée ($0,375\text{mg/l}$) et dépassent les normes algériennes ($0,3\text{mg/l}$).

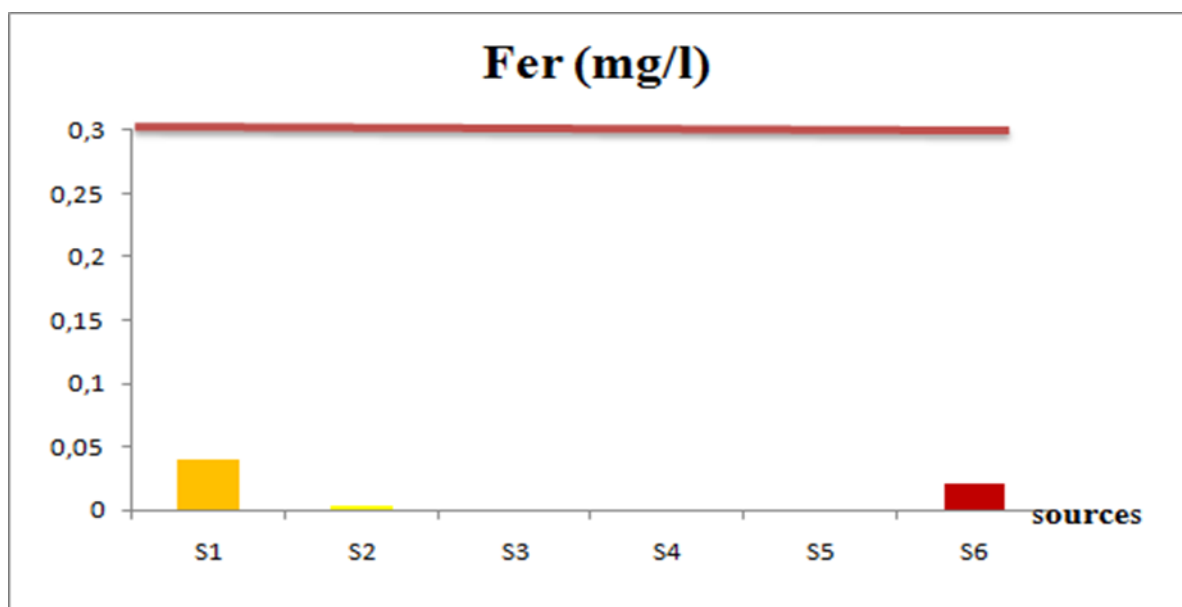


Figure 31: Variation spatiale des valeurs moyennes de fer.

2. Analyses bactériologiques

D'après le tableau 04 (ANNEXE 04) qui présente les résultats des analyses bactériologiques :

Pour le premier prélèvement

On remarque la présence de coliformes totaux dans les sources : S1 (25 colonies), S2 (42 colonies) et S6 (80 colonies) avec l'absence totale des coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *E. Coli* dans toutes les sources.

Pour le deuxième prélèvement

On remarque la présence de certaines colonies des coliformes totaux dans toutes les sources sauf la source S3 avec l'absence totale de coliformes fécaux, streptocoques fécaux, *E. coli* dans toutes les sources.

Pour le troisième prélèvement

On remarque la présence des colonies de coliformes totaux dans toutes les sources sauf la source S6 avec un nombre très élevé dans S4 et S5 (>100) avec l'absence totale de coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *E. coli* dans toutes les sources.

Parmi les études qui ressemblent notre problématique nous notons celui de **TIR et al, 2017** qui ont enregistré des résultats similaires pour les coliformes totaux dans la source de Ainoura et Ain SFA et pour les coliformes fécaux dans la source de Ain SFA (absence totale des germes). D'un autre côté, les résultats obtenus par **EL MOUSTAINE et al 2013** pour les streptocoques fécaux ne conformes pas avec notre ou les résultats sont 15 UFC/100ml pour S1 et 159 UFC/100ml pour S2. **AHOUSI et al, 2018** ont été enregistrés une absence d'*E. Coli* dans la source étudié, ce résultat est conforme avec celle que nous avons trouvée dans notre travail.



Conclusion

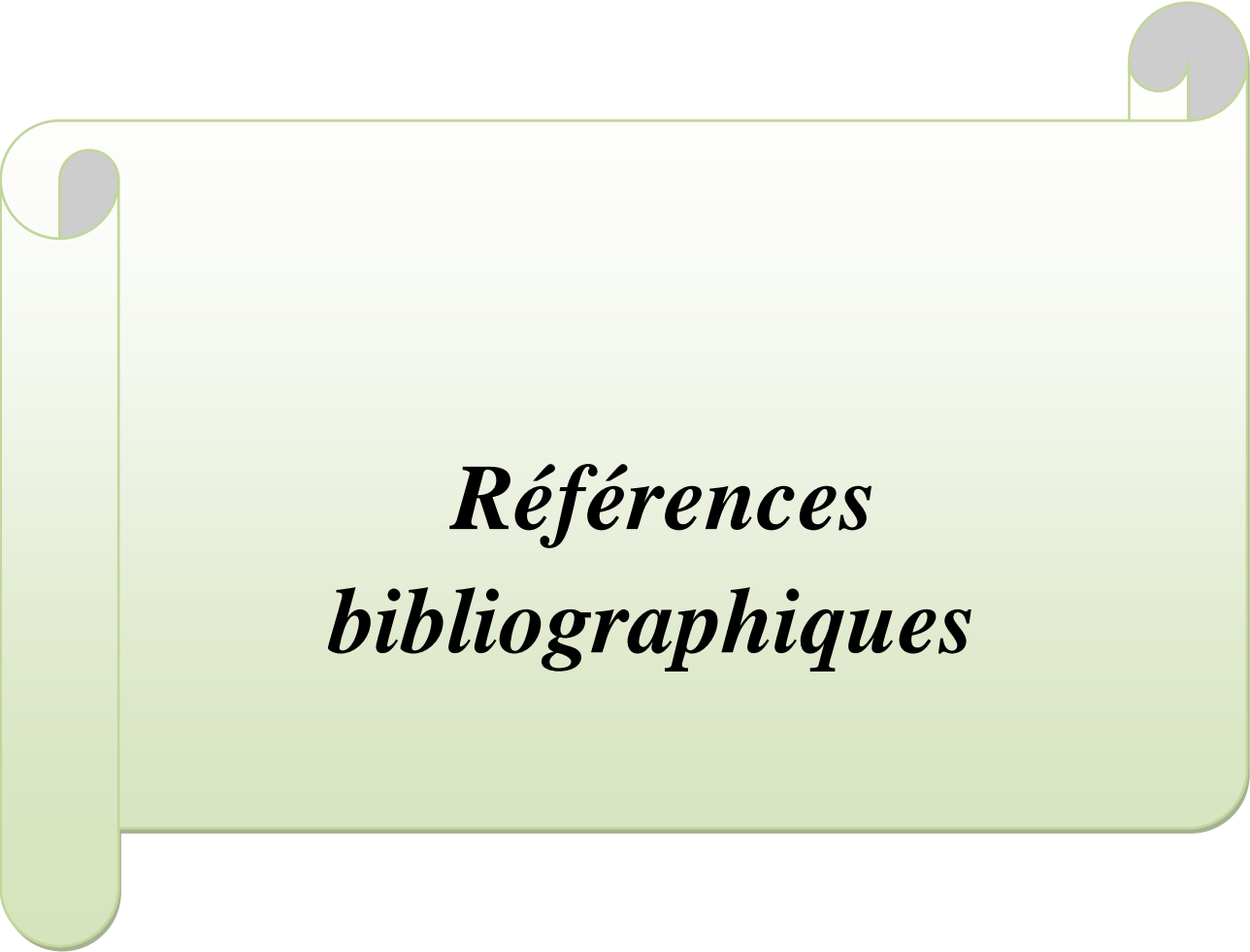
Conclusion

Notre travail porte sur une analyse physicochimique et microbiologique des eaux de six sources destinées à la consommation humaine dans la daïra de Zitouna ouest de la wilaya de Skikda. Ce travail nous a permis d'un part de connaître les techniques d'analyses physicochimiques et bactériologiques adoptés par le laboratoire central de l'ADE Skikda. D'autre part, il nous a permis de contrôler et évaluer la qualité physicochimique et bactériologique de ces sources et vérifier si leur qualité répond aux normes algériennes de potabilité.

Les résultats des analyses physicochimiques de l'eau des sources étudiées montrent que ces sources sont de bonne qualités physicochimiques et généralement conformes aux normes algériennes avec : un pH proche de la neutralité, une conductivité électrique faible pour toutes les sources étudiés sauf exception la source de messouya qui montre une minéralisation accentuée, une turbidité faible, température inférieure à 25°C, des teneurs faible en calcium et en chlorure, des teneurs faible en TAC, des teneurs faible en TH sauf messouya qui a marqué une valeur dépassant légèrement les normes algériennes.

Les teneurs en sulfate, ammonium, fer sont relativement faible avec un teneur acceptable en phosphate.

En outre, les résultats bactériologiques montrent la présence de coliformes totaux dans l'ensemble des sources étudiées avec l'absence totale des germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux, streptocoques fécaux et *E.coli*), ce qui signifié que les germes présents dans les eaux de ces sources sont d'origine tellurique et non pas d'origine fécale.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

- **Abboudi A .,Tabyaoui H.,El Hanichi F .,Benaabidate L.,Lahrach A.,(2014).**Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface de bassin versant de GuiGou,Maroc.Europen scientifique journal August 2014.vol 10,N 023,ISSN 1857-7881,p84-94.
- **ADE(SKIKDA).**
- **Adjiri O-A., Assoma T-V., Sorø G., Aka N., Bengaly I., Soro N., (2020).** Evaluation des aptitudes d’usages des eaux de sources naturelles dans l’agriculture à partir de techniques hydro chimiques : cas de celles des départements de Daloa et Zoukougbeu, Cote d’Ivoire. Afrique science 16(1) (2020), p 204-217.
- **Ahoussi E_K., Keumean N-K., Kouassi M-A ., Koffi B-Y.,(2018).**Etude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des eaux de consommation de la zone périurbaine de la ville de Man : cas du village de Kpangouin (Cote d’Ivoire).Int.J.Biol.Chem.Sci.11(6) :3018-3033,décembre 2018.
- **Amior A., (2005).** Les zones préférentielles de la mondialisation en Algérie. Exemple de Skikda. Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine,p 27.
- **Amrane N., Fékraoui K., (2016).** Caractérisation physico chimique et microbiologique des sources du massif de Kanoua (wilaya de Skikda .Ne. Algérien).mémoire de master en géologie, université Mohammed Seddik Benyahia –Jijel 15.
- **Ayad W., (2017).**Evaluation de la qualité physico –chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d’El- Harrouch(wilaya de Skikda).Thèse de doctorat ,Université Badji Mokhtar –Annaba, p 4-61-62.
- **Baziz N., (2008).**Etude sur la qualité de l’eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire de magister, Université colonel EL hadj lakhdar Batna 2, p2.
- **Belhawal C., Hmidi W. (2021).**Synthèse sur la pollution des écosystèmes aquatiques. Mémoire de master en sciences biologique, Université Echahid hamma Lakhdar El oued, p 8
- **Benabderrahmane H., (2022).** Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres de qualité des eaux de la nappe phréatique de la région d’oued M’Zab. Elimination des phosphates par les graines d’olive activé. Thèse de doctorat, Université de Ghardaïa, p28-55.
- **Bouabdallah D.,(2015).**Analyses physico-chimiques de l’eau potable au niveau de la wilaya de Djelfa (ville de Ain Oussera).Mémoire de master en chimie organique ,Université ziane Achour de Djelfa ,p1- 10.

Références bibliographiques

- **Boukhrbata M., Bourghaida CH., Rehal R., (2020).**Suivi qualitatif des paramètres bactériologiques des eaux de quelques sources dans la partie Ouest de la wilaya de Skikda. Mémoire de master, Université 20 Aout 1955 Skikda ; p1.
- **Bouleknafet Z., Elahcene O., Derraji E-F., (2019).**Vivons vraiment les conséquences d'un changement climatique au zitouna , p 667-670
- **Bouzidi S., Chelhi Z., (2017).**Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh –Guelma.Mémoire de master, Université de 8 mai 1945 Guelma, p 11-12-41.
- **Chegrani T., Hammoudi S., (2022).**Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Lainsar Ouqarmoud au niveau de la commune d'Iloula Oumalou dans la région de Tizi –Ouzou.Mémoire de master en écologie et environnement,Université de Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, p 6.
- **Chetibi N-H., Chelli M., (2018).**Etude physicochimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station Kissir.mémoire de master en science biologique, Université Med-Seddik Benyahia –Jijel, p3-4-23.
- **De Zaune J., (1990).**Hand book of drinking water quality, second édition ,p 5.
- **Diallo M., (2010).**Evolution des paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux de puits en fonction du traitement à l'hypochlorite de sodium. Thèse de doctorat, Université du Mali,p 16.
- **Djebbar I.,Chitti Th.,(2021).**Etude de la qualité bactériologique et parasitologique des eaux de consommation des forages de Boukhalfa (Tizi-Ouzou).Mémoire de master en sciences biologiques , Université de Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou,p 17.
- **Djeghdjogh F., (2014).**Les analyses de la .qualité de l'eau potable dans la ville d'ourlal.Mémoire de master, Université Mohamed Khider Biskra, p 7.
- **El- ouali Lalami A., El-Akhal F., Berrada S., Bennani L., Raiss N., Maniar S., (2014).**Evaluation de la qualité hygiénique des eaux de puits et de sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP) : une étude de cas de la région de Fès (MAROC).J. Master. Environ .Sci .5 (S1) (2014),p 2333-2344.
- **El Moustaine R.,Chahlaoui A-k . ,Rour E-H. ,Bengoumi D. , Belghiti M-L., (2013).**Etude de la qualité bactériologique et physico –chimique des eaux de certains puits et sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP) :Une étude de cas de la région de Meknès (Maroc).Les technologies de laboratoire -2013,volume 8 ,N°33, p 112-119.

Références bibliographiques

- **Gaagai A.(2017).**Etude de l'évolution de la qualité des eaux du barrage de Babar (Sud- Est Algérien) et l'impact de la rupture de la digue sur l'environnement .Thèse de doctorat en science, Université de Mostefa Benboulaïd Batna 2, p 15.
- **Ghazali D., Zaid A.(2013).**Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes-Maroc).Larhyss Journal, ISSN 1112-3680,n°12, Janvier 2013,pp,25-36.
- **Hadji f. ,Boucceredj I.(2020).** Analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de master, Université 8 mai 1945 Guelma, p10-11.
- **Illal A., Cherfaoui S. (2018).**Contribution a l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira,Mémoire de master. Université Akli Mohand ou lhadj-Bouira, p2-11.
- **Iungbi Singa N. ,Wembo Mendo F. , kasongo E. ,Tshinkoba K. ,Baswengola M. , Kazadi Malumba Z.(2019).**Analyse physico-chimique et microbiologique de la riviere lindi et son impact sur la vie des êtres vivants dans la ville de Kisangani. IJRDO-Journal of applied science volume 5, issue 2, feb,2019,p 63-80.
- **JORA(2014).**Journal officiel de la république algérienne.
- **Kasereka D. ,Asuka E. ,Balibuno M. ,Ciza N. ,Emmanuel B., Biringanine M.,(2018).**Analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources Buhama et Kalimbi dans les aires de sante de Lemera et Kasheke ,Sud-Kivu, RD Congo. International journal of innovation and scientific Research.ISSN 2351-8014 vol.36 No.1Apr.2018, pp.66-78.
- **Khaldi F., Smati H., Grara N., Smati N., Maizi N., Boukehili Kh., Gheid A-H., (2018).**Mésure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'ouled Driss, Algérie. Environ Risque Sante-Vol .17,n°3 ,Mai-Juin 2018, p 253-261.
- **Kourichi B., (2021).** Caractérisation physico- chimique et microbiologique de l'eau de source de « Ain Essebaine » wilaya de Tiaret. Mémoire de master, Université Ibn khldoun de Tiaret, p13.
- **Ligban R.,Droh Gone L.,Kamagate B., Saley M-B. ,Biemi J.,(2009).**processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa (centre ouest de la cote d'Ivoire).Int.J.Biol.Chem.Sci.3(1) :38-47,2009.
- **Limani M.,(2016).**Contribution à l'évaluation de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux de sources potables de la région de Makouda.Mémoire de master, Université de Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou ,p11.

Références bibliographiques

- **Mecibah I., (2017).**Les ressources en eau et Gestion intégré du bassin versant d'oued Guebli (Nourd –Est Algérien).Thèse de doctorat, Université de Bejaïa,p 96.
- **Merzoug D., Khiari A., Ait Boughrois.,Boutin C.,(2010).**Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-est algérien).Article publié par EDP Sciences . Hydroécol.Appl.(2010) Tome 17,pp.77-97.
- **Mokhdadi H., Messai Ahmed N.,(2015).**Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques Zones humides de la wilaya d'El-Oued.Mémoire de master , Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued,p 36.
- **Mourdi M ., Rekhili O., (2022).**Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau de la station d'Azzaba (wilaya se Skikda).Mémoire de Master, Université Frères Mentouri Constantine I, p 8.
- **Naimi M., Allaoua O., (2017).**Contrôle de qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de source Chiffa.Mémoire de master, Université de Medea,p8-9.
- **Nechad I., Fadil K., Fadil F., (2014).**Qualité physico-chimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain Sidi Bouali dans la Region de sefrou (Moyen Atlas. Maroc).Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014, pp.127-146.
- **Omara T. ,Nassazi W. , Adokorach M. ,Kagoya S.,(2019).**Physicochemecal and microbiological quality of springs in Kyambogo University Propinquity.Open access Library journal ,2019,volume 6,e 5100.ISSN Online : 2333-9721,p 1-13.
- **Ombala R.,(2013).** Etude de l'accessibilité a l'eau potable dans les villages pilotes du projet irrigation de complément et information climatique dans la commune de Kongoussi.Mémoire de master, Université de centre commune de recherche eau et climat, p 7.
- **Rodier J., Legube B, Merlat N et coll., (2009).**L'analyse de l'eau ,9^{ème} édition,Dunod.Paris, p35-40-50 .
- **Sebsi A., Hamek F-Z., (2018).**Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des deux barrages Deurder (Ain Defla) et Boukourdane (Tipaza).Mémoire de Master en biologie, Université de Blida 1, p 9-10.
- **Slama I., Himri A., Rahdoun K., (2021).**Analyse physico- chimique et bactériologique de l'eau des sources de la région de Guelma. Mémoire de master, Université de Guelma, p1.
- **Tir E., Deche M., Bounouira Y., Chedad A., (2017).**Qualité physico-chimique et Microbiologique de l'eau des sources de la commune de Tissemsilt « Cas de Ain Loura et Ain Sfa ». Larhyss Journal, ISSN 1112-3680,n°29,Mars 2017,pp.111-119.

Références bibliographiques

- **Yahiaoui Y. , Boudenna C.,(2021).**Analyses physico-chimique et bactériologiques des eaux potables. Mémoire de master en chimie, Université A.Mira-Bejaia,p 6-7.
- **Yahmi H., Zeroukhi D., (2022).**Analyse de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Thala Oguellidh au niveau de la commune de Mechtras dans la région de Tizi – Ouzou.Mémoire de master en écologie et environnement,Université de Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou ,p4-5.
- **Zitouni H., Kharoubi R., (2021).**Qualité physico-chimique et bactériologique de quelque puits des eaux de la ville de Tiaret. Mémoire de master, Université Ibn khaldoun –Tiaret,p14.
- **Zouag B., Belhadj Y., (2017).** Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de souk Tleta « Tlemcen ». mémoire de docteur en pharmacie, Université Abou Bekr Belkaid, p5.



ANNEXES

ANNEXE 01

Tableau 01 : Présentation des sources et période de prélèvement.

source	Nom	Période de prélèvement	Heurs de prélèvement
S1	Ain messouya	04/03/2023	11 :18
		11/03/2023	16 :37
		03/04/2023	16 :45
S2	Ain tiboura	04/03/2023	15 :54
		11/03/2023	16 :16
		03/04/2023	16 :53
S3	Ain bourrihane	04/03/2023	14 :20
		11/03/2023	13 :17
		03/04/2023	15 :40
S4	Ain massref	04/03/2023	17 :35
		11/03/2023	18 :05
		03/04/2023	18 :10
S5	Ain sdimate	06/03/2023	17 :00
		11/03/2023	15 :25
		03/04/2023	14 :00
S6	Ain douiwer	03/04/2023	14 :00
		10/04/2023	14 :05
		01/05/2023	16 :45

ANNEXE 02

Tableau 02: Le matériel et les réactifs utilisés.

Matériel		Réactifs utilisées	
Au terrain	Au laboratoire	Pour l'analyse physicochimique	Pour l'analyse bactériologique
<ul style="list-style-type: none"> - Des bouteilles en plastique. - Des flacons de verre stérile. - Glacière. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bêchers de différent volume. - Bec bunsen. - Etuve. - Pipette stérile. - Pince. - Boite Pétri de 90mm. - Compteur des colonies. - Eprouvette graduée. - Rampe de filtration. - Membrane filtre 0,45µm. - Spectrophotomètre. - Multi - paramètre - Burette. - Cuve. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'eau distillée. - EDTA. - Chlorhydrate hydroxyle amine. - Solution tampon acétate. - Phénanthroline1, 10. - Acide ascorbique. - Réactifs mélange. - Solution stabilisante. - Chlorures de baryum. - Réactifs colorées. - Dichlorocyanurate. - Chromate de potassium. - Nitrate d'argent. - NaOH. - Murexide HSN indicateur. - Solution tampon K₁₀. - Mordant noir 11. - Phénolphtaléine. - Méthylorange. - H₂SO₄. 	<ul style="list-style-type: none"> - Milieu tergitol 7+ - TTC. - Milieu slanetz. - Réactif Kovacs - Bouillon tryptophane.

ANNEXE 03

Tableau 03 : Résultats des analyses physicochimiques

Source Paramètres	S1	S2	S3	S4	S5	S6
pH	8.22	7.91	7.39	7.14	6.86	7.21
	6.23	6.02	5.94	5.53	5.62	6.20
	6.53	6.88	6.96	6.91	7.00	6.40
	6,99333333 ± 1,07286822	6,93666667 ± 0,94627339	6,76333333± 0,74473709	6,52666667± 0,87076595	6,49333333± 0,75956128	6,60333333 ± 0,53482084
	15.3	14.8	14.9	14.7	16.9	17.1
T°	17.2	19.9	19.9	21.1	21.3	20
	17.8	16.9	17.00	18.3	18.5	18
	16.7666667 ± 1.30511813	17.2±2.5632 0112	17.2666667± 2.21064401	18.0333333± 3.20832251	18.9± 2.22710575	18.3666667 ± 1.48436294
	582	153.2	183.2	119.2	226	107.1
CE	581	154.8	189.4	138	224	108.6
	571	174.4	192.3	131.2	224	107.5
	578± 6.08276253	160.8± 11.8050837	188.3± 4.64865572	129.466667± 9.5191036	224.666667± 1.15470054	107.73333± 0.77674535
	2.76	3.99	4.64	1.70	0.22	0.203
Turbidité (NTU)	0.14	0.023	0.45	1.85	0.70	0.14
	0.231	0.375	0.638	0.279	0.198	0.17
	1.04366667 ± 1.48708451	1.46266667 ± 2.1957997	1.90933333± 2.36669418	1.27633333± 0.86696617	0.37066667± 0.28555443	0.171± 0.0315119
	00	00	00	00	00	00
TA	00	00	00	00	00	00
	00	00	00	00	00	00
	0	0	0	0	0	0
	105	30	32	15	25	20
TAC	90	22	35	06	20	23
	70	20	14	13	16	21
	88.3333333 ± 17.5594229	24± 5.29150262	27± 11.3578167	11.3333333± 4.72581563	20.3333333± 4.50924975	21.3333333 ± 1.52752523
	220	60	60	50	80	70
THT	200	40	60	44	60	100
	212	100	62	92	58	80
	210.666667 ± 10.0664459	66.6666667 ± 30.5505044 6	60.6666667± 1.15470054	62± 26.1533937	66± 12.1655251	83.3333333 ± 15.2752523
	40	10	15	10	20	15
Ca ⁺⁺	42	08	15	12	15	23
	37	10	08	08	12	16
	39.6666667	9.33333333	12.6666667±	10±2	15.6666667±	18±

ANNEXES

	± 2.51661148	± 1.15470054	4.04145188		4.04145188	4.35889894
Cl⁻	106.5	71	71	71	71	35.5
	71	28.4	120.7	35.5	35.5	35.5
	71	42.6	42.6	71	28.4	35.6
	82.8333333 ± 20.4959346	47.3333333 ± 21.6908583	78.1± 39.531127	59.1666667± 20.4959346	44.9666667± 22.8233068	35.5333333 ± 0.05773503
NH₄⁺	0.20	00	0.02	0.03	00	00
	0.18	00	0.01	0.02	00	00
	00	00	00	00	00	00
	0.16533333 ± 0.11015141	0±0	0.01±0.01	0.01666667± 0.01527525	0	0
PO₄³⁺	0.275	0.586	0.419	0.111	0.066	0.856
	0.17	0.35	0.37	0.100	0.02	0.037
	0.051	0.231	0.080	0.206	0.786	0.35
	0.16533333 ± 0.11207289	0.389± 0.18068481	0.28966667± 0.18322209	0.139± 0.05828379	0.29066667± 0.4295874	0.41433333 ± 0.41327271
SO₄⁻	61.80	19.76	29.27	23.89	00	00
	46.8	15.4	25.27	19.76	00	00
	2.44	00	2.88	0.64	1.67	00
	37.0133333 ± 30.8664305	11.72± 10.3812909	19.14± 14.2228935	14.7633333± 12.4042587	0.55666667± 0.96417495	00
Fer	0.07	0.01	00	00	00	0.04
	0.04	00	00	00	00	0.01
	0.02	00	00	00	00	0.01
	0.04333333 ± 0.02516611	0.00333333 ± 0.0057735	00	00	00	0.02± 0.01732051

ANNEXE 04

Tableau 04 : Résultats des analyses bactériologiques des sources étudiées.

Source	S1	S2	S3	S4	S5	S6
paramètre						
Coliformes totaux (UFC/100ml)	P1= 25	P1=42	P1=00	P1=00	P1=00	P1=80
	P2=09	P2=35	P2=00	P2=07	P2=09	P2=12
	P3=15	P3=45	P3=38	P3= \geq 100	P3= \geq 100	P3=00
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	P1=00	P1=00	P1=00	P1=00	P1=00	P1= 00
	P2=00	P2=00	P2=00	P2=00	P2=00	P2=00
	P3=00	P3=00	P3=00	P3=00	P3=00	P3=00
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	P1= abs	P1= abs	P1= abs	P1= abs	P1= abs	P1= abs
	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs
	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs
<i>E. Coli</i>	P1= abs	P2= abs	P1= abs	P1= abs	P1= abs	P1= abs
	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs	P2= abs
	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs	P3= abs

P = prélèvement

abs : Absence.