

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée

**Caractérisation physico- chimiques et microbiologiques d'une eau
thermale (Hammam Serguine "Ksar-Chellala")**

Présenté et soutenu publiquement par :

- KOURAK Imane
- RAHMANI Sara
- ZOUBIDA Chahira

Devant le Jury:

-Présidente : Mme BOUBAKEUR B. Université Ibn Khaldoun- Tiaret
-Promotrice : M^{lle} ABDI F. Université Ibn Khaldoun- Tiaret
-Examinatrice : Mme KHADEM H. Université Ibn Khaldoun- Tiaret

Année universitaire: 2017–2018



Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à Dieu des bienfaits qu'il nous a accordé durant toute notre vie, de nous a voir permis de faire ce projet et de nous avoir donné la force, le courage et la patience d'achever ce travail.

Nous remercions le Prophète Mohammad (S.A.W.S) d'avoir nous orienter au chemin droit, le chemin qui mène à Dieu l'unique sans associé.

Nous tenons tout particulièrement à témoigner nos profonde gratitude et nos vifs remerciements à Mademoiselle ABDI Fatima Zohra, d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillées judicieusement, orientées, encouragées et de nous apporter une attention tout au long de ce travail.

C'est avec un grand plaisir que nous adressons nos remerciements à Madame BOUBAKEUR Badra pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury.

A Madame KHADDEM Hafida pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent à tous les personnels du laboratoire de Technologie alimentaire, Microbiologie, en particulier Messieurs Houari, Bachir et Ben Halima Ahmed et du laboratoire ADE-Tiaret qui nous ont facilité l'avancement de la partie analyse.

A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Ce travail modeste est dédié :

À ma chère mère ;Denia

À mon père ;Khalil

À tous mes proches de la famille Rahmani et plus

particulièrement, ma sœur Aicha et mes frères Bouamama et Mouhamed

à mes cousines ; Lamia ,Nouzha ,Hala , Fadwa et Meriem

sans oublier la famille Laouissate .

À tous mes chères amis Ines , Kawthar ,Hafida ,Souad et Ikram mes collègues de

l'Université de

Tiaret; Imen et Chahira

Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire

Sara

Dédicaces

Au nom de dieu le clément et miséricordieux je dédie ce modeste travail

A tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans le moment difficile.

Ma chère mère "Denia" pour sa tendresse, sa patience et son soutien moral.

Mon cher père "Amar" pour son éducation vers le droit chemin, ses encouragements et soutien sans limite.

A la mémoire de mes grands-parents paternel et maternel, que dieu Les bénisse et les accueille dans son vaste paradis.

Et je dédis ce travail spécialement à mon cher époux Ahmed.

A Ma chère sœur "Souad", son mari "Khaled" et leur fille "Rahil Fatma".

A mon frère Mohamed, son épouse Lilia.

A mes sœurs: Salha, Fatima.

A mes collègues de travail : Imène, Sara.

A mes cousins et toute ma grande famille ZOUBOUA.

A mes belles amies les plus près dans mon cœur : Hatima, Sahla, Asma, Zahia, Khaldia, Hanane, Naima, Sara, Phahinez, merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous.

Sans oublier, Fatima, Bakhta, Farida, et toute la promotion de Microbiologie Appliquée.

Ainsi qu'à tous ceux que j'ai connu dans ma vie.

Phahira

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ;maman que j'adore.

A mon cher beau-frère, qui m'est le père, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, ses précieux conseils et ses belles surprises sucrées. j'avoue vraiment que si je suis arrivé à être là c'est grâce à lui à son aide et à sa présence, à toi Abed « Papati ».

A tous mes chères sœurs, frères et beaux- frères pour m'avoir constamment soutenus moralement et m'encouragé à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

A toute ma famille paternelle Kourak, et maternelle Lazreg, petits et grands. A mes meilleures amies intimes, pour m'être partagée les moments les plus beaux et les plus dures qui resteront gravé dans ma mémoire, à vous Wassila et Fethi.

A tous ceux qui me sont chères, merci.

Imane

Caractérisation physico- chimiques et microbiologiques de l'eau thermale : (Hammam Serguine- Ksar Chellala)

Résumé

Les stations Hammam Serguine (S) et Complexe Moudjahidine (M) sont deux stations thermales connues dans la commune de Serguine (la ville de Ksar-Chellala) par leurs effets thérapeutiques dans le traitement curatif.

C'est dans ce cadre qu'un plan de travail a été adopté pour une caractérisation physicochimique et microbiologique pour mieux comprendre les caractéristiques de ces eaux thermales. Il consiste à réaliser des prélèvements dans le mois de Février dans les deux stations suivant des méthodes standardisées conformément aux normes, des variables ont fait l'objet d'un suivi des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques.

D'après les résultats obtenus, pour les deux stations, certains paramètres physicochimiques dépassent les normes en vigueur, notamment la matière en suspension, les résidus secs, chlorures, matière organique, dureté totale, calcium magnésium et sodium. Le dénombrement bactérien de ces eaux thermales ont montré l'absence totale des germes revivifiables à 22 °C, des germes pathogènes (*Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium Sulfito-Réducteurs*) et les germes indicateurs de contamination fécale (*Streptocoques* du groupe D, Coliformes totaux et fécaux, *Escherichia coli*), avec un faible taux des germes revivifiables à 37 °C. De façon générale nous avons trouvé que les eaux de la région Serguine sont de bonne qualité microbiologique et pour assurer une bonne surveillance de ces stations il faut réaliser un contrôle d'analyse, tout au long de l'année et par des gens spécialisés.

Mots-clés : Caractérisation, Eau thermale, Physico-chimique, Microbiologique, Serguine, Ksar-Chellala.

ملخص

محطات حمام سرغين (S) ومجمع المجاهدين (M) هما منتجعان معروفان في بلدية سرغين (مدينة قصر الشلالة) من خلال آثارهما العلاجية .

وفي هذا السياق، تم اعتماد خطة عمل لتوصيف المعايير الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لفهم أفضل الخصائص المتعلقة بهذه المياه الحرارية. حيث تم أخذ عينات في شهر فبراير من كلتا المحطتين، واعتمادا على الطرق القياسية الموافقة للتقنيات ، فقد كانت المتغيرات خاضعة للمراقبة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية.

من خلال النتائج المتحصل عليها بالنسبة للمحطتين، بعض المؤشرات الفيزيوكيميائية تجاوزت المعايير المعمول بها لاستهلاك المياه، بما في ذلك (المواد المعلقة، والمخلفات الجافة، الكلوريدات، المواد العضوية، مجموع الصلابة، الكالسيوم المغنيسيوم والصوديوم). وقد أظهرت عملية التعدادات البكتيرية لهذه المياه الحرارية الغياب الكامل للجراثيم القابلة للنمو عند 22 درجة مئوية ، والجراثيم المسببة للأمراض (*Pseudomonas aeruginosa* , *Clostridium Sulfito Réducteurs*) ومؤشرات البكتيريا البرازية (*Streptocoques* du groupe D, Coliformes totaux et fécaux, *Escherichia coli*)، مع معدل منخفض من *germes revivifiables* في 37 درجة مئوية. عموما وجدنا أن المياه الحرارية لمنطقة سرغين ذات جودة ميكروبيولوجية جيدة ولضمان المراقبة الجيدة لهذه المحطات يجب تحقيق عنصر المراقبة المستمرة، على مدار السنة وبمساهمة أهل الاختصاص.

الكلمات المفتاحية : توصيف، المياه الحرارية، الفيزيوكيميائية، الميكروبيولوجية، قصر الشلالة، سرغين .

Physico-chemical and microbiological characterization of thermal water: (Hammam Serguin-Ksar Chellala)

Abstract

The stations Hammam Serguine (S) and Complex El Moudjahidin (M) are two spas known in the town of Serguine (the city of Ksar-Chellala) for their therapeutic effects in the curative treatment.

It is within this framework that a work plan was adopted for a physicochemical and microbiological characterization to better understand the characteristics of these thermal waters. It consists of taking samples in the month of February in both stations. According to standard methods according to the standards, variables have been subject to physicochemical monitoring and microbiological parameters.

According to the results obtained, for the two stations, certain physicochemical parameters exceed the norms in force, in particular suspended matter, dry residues, chlorides, organic matter, total hardness, calcium and magnesium, sodium. The bacterial enumeration processes of these thermal waters showed the complete absence of revivable germs at 22 ° C, pathogenic germs (*Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium Sulfito-Reducers*) and indicator germs of faecal contamination (group D streptococci, total coliforms). and fecal (*Escherichia coli*), with a low rate of germs revivable at 37 ° C. In general we have found that the waters of the Serguine region are of good microbiological quality and to ensure a good monitoring of these stations must be carried out a control of analysis, throughout the year and by specialized people.

Keywords: Characterization, Thermal water, Physico-chemical, Microbiological, Serguine, Ksar-Chellala.



Sommaire

Sommaire

Remerciements.....	
Dédicaces.....	
Résumé	
Liste des abréviations.....	i
Liste des tableaux	iii
Liste des figures	iv
Introduction générale.....	1
Partie I : Partie bibliographique	
I.1. Généralités sur les eaux thermales	3
I.1.1. Définition.....	3
I.1.2.Origine	3
I.2. Présentation de la zone d'étude.....	4
I.2.1.Aperçu historique de la commune Serguine.....	4
I.2.2.Contexte régional	4
I.2.3.Contexte local	5
I.2.4.Cadre géologique	5
I.2.5.Réseau Hydrographique.....	5
Partie II : Partie expérimentale	
II.1.Méthodologie.....	7
II.1.1.Situation et caractéristiques de la source étudiée.....	7
II.1.2.Echantillonnage et mode de prélèvement.....	7
II.1.2.1.Echantillonnage.....	7
II.1.2.2.Choix des stations de prélèvement	8
II.1.2.3.Matériel de prélèvement	9
II.1.2.4.Mode de prélèvement.....	9
II.2. Méthodes d'analyses physico- chimiques et microbiologiques.....	9
II.2.1.Analyses physico- chimiques.....	9
II.2.1.1. Détermination des paramètres physiques... ..	9
A. Détermination de Température (TC°).....	9
B. Détermination de Potentiel d'Hydrogène (pH)	9
C. Détermination de la Conductivité électrique (CE).....	10

D. Détermination de la Matière en suspension (MES).....	10
E. Détermination des Résidus secs (RS)	11
II.2.1.2. Détermination des paramètres chimiques	11
A. Détermination des Chlorures (Cl).....	11
B. Détermination de l'Alcalinité (TA et TAC)	12
C. Détermination de la Matière Organique (MO).....	13
D. Détermination de la Dureté totale (TH).....	13
E. Détermination de Calcium et Magnésium (Ca ⁺² et Mg ⁺²).....	14
F. Détermination du Sodium et Potassium (Na ⁺ et K ⁺)	14
II.2.1.3. Détermination des paramètres de pollution.....	15
A. Détermination des Nitrites(NO ₂ ⁻).....	15
B. Détermination des Nitrates (NO ₃ ⁻).....	16
C. Détermination des Sulfates (SO ₄ ⁻).....	16
D. Détermination des Phosphates (PO ₄ ⁻).....	17
II.2.2. Analyses microbiologiques.....	18
II.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	18
II.2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	19
II.2.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux.....	22
II.2.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs.....	24
II.2.2.5. Recherche et dénombrement des <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25
III. Résultats et discussion.....	27
III.1. Analyses physico-chimiques.....	27
III.2. Analyses microbiologiques	45
Conclusion générale et recommandations	48
Références bibliographiques.....	50
Annexes.....	54

Liste des Abréviations

ADE	:	Algériennes des eaux
AgNO₃	:	Nitrate d'argent
BCPL	:	Bouillon Lactose au Pourpre Bromocérol
Ca²⁺	:	Ion calcium
CaSO₄	:	Sulfate de calcium
CE	:	Conductivité électrique
Cl⁻	:	Ions Chlorure
D/C	:	Double concentration
<i>E. coli</i>	:	<i>Escherichia coli</i>
EDTA	:	Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique
EVA	:	Ethyle Violet Azide
F°	:	Degrés Français
HCL	:	Acide chlorhydrique
H₂C₂O₄	:	Acide oxalique
HCO₃⁻	:	Ion bicarbonate
JORA	:	Journal Officiel de la République Algérienne
K⁺	:	Ion potassium
KMnO₄	:	Permanganate de potassium
M.E.S	:	Matière En Suspension
meq /l	:	Milliéquivalent par litre
Mg²⁺	:	Ion Magnésium
MO	:	Matière Organique
nm	:	Nanomètre
N	:	Normalité
N.E.T	:	Noir d'Eriochrome
N°	:	Numéro
Na⁺	:	Ion Sodium
Na₂SO₄	:	Sulfate de sodium
NaOH	:	Hydroxyde de sodium
NO₂⁻	:	Ion de Nitrite

NO₃⁻	:	Ion de Nitrate
NPP	:	Nombre le plus probable
O.M.S	:	Organisation Mondiale de la Santé
pH	:	Potentiel d'Hydrogène
PO₄⁻²	:	Ion de phosphate
P.E	:	Prise d'Essaie
Q.s.p	:	Quantité suffisante pour
RS	:	Résidu sec
S/C	:	Simple concentration
SO₄⁻	:	Ion de Sulfate
TA	:	Titre Alcalimétrique
TAC	:	Titre Alcalimétrique complet
TGEA	:	Gélose Tryptone Glucose Agar
TH	:	Titre Hydrotimétrique
TSE	:	Tryptone Sel Eau
UFC/ml	:	Unité Formant Colonies par millilitre
µs/cm	:	Micro Siemens par Centimètre

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau thermale de Serguine	27
02	Résultats des analyses microbiologiques des eaux thermales de Serguine	45

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Schéma simplifié du circuit hydrothermal.	3
02	Cartes de la situation de la commune Serguine.	5
03	Situation des sources thermales de Serguine	7
04	Point de prélèvement au niveau de la station Serguine (S).	8
05	Point de prélèvement au niveau de la station Moudjahidine (M).	8
06	Recherche et dénombrement des germes revivifiables dans l'eau.	19
07	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau.	22
08	Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfite réducteurs dans l'eau.	25
09	Evaluation de la température de l'eau thermale par rapport à la norme.	28
10	Evaluation du pH de l'eau thermale par rapport à la norme.	29
11	Evaluation de la Conductivité de l'eau thermale par rapport à la norme.	30
12	Evaluation de la matière en suspension dans l'eau thermale par rapport à la norme.	31
13	Evaluation du résidu sec dans l'eau thermale par rapport à la norme.	32
14	Evaluation du chlorure dans l'eau thermale par rapport à la norme.	33
15	Evaluation du TA de l'eau thermale par rapport à la norme	33
16	Evaluation du TAC de l'eau thermale par rapport à la norme.	34
17	Evaluation de la matière organique dans l'eau thermale par rapport à la norme.	35
18	Evaluation de la dureté totale de l'eau thermale par rapport à la norme.	36
19	Evaluation du Calcium dans l'eau thermale par rapport à la norme.	37
20	Evaluation du Magnésium dans l'eau thermale par rapport à la norme.	38
21	Evaluation de Sodium dans l'eau thermale par rapport à la norme.	39
22	Evaluation du Potassium dans l'eau thermale par rapport à la norme.	40
23	Evaluation du Nitrate dans l'eau thermale par rapport à la norme	41
24	Evaluation du Nitrite dans l'eau thermale par rapport à la norme.	42
25	Evaluation du Sulfate dans l'eau thermale par rapport à la norme.	43
26	Evaluation du Phosphate dans l'eau thermale par rapport à la norme.	44



Introduction

Le Hammam a de tout temps, fait partie de notre vie quotidienne, que ce soit comme lieu d'hygiène ou de purification à travers l'eau, mais aussi comme un endroit de détente et parfois de fêtes familiales. La fréquentation des sources thermales, en plus du rôle social joué par le hammam, se fait également dans un but de bénéficier des vertus curatives ou thérapeutiques liées aux principes des eaux, de la stabilité de leurs caractères physiques et de leur composition chimique (**Bekkouche, 2009**).

En outre, les eaux thermales, souvent protégées géologiquement, sont exposées à des pollutions agricoles, industrielles et / ou urbaines ce qui provoque une modification de leur composition physico-chimique (**Ben Moussa et al., 2012**) et par conséquent, elle peut véhiculer des agents potentiellement dangereux, notamment des micro-organismes pathogènes (**Hassoune et al., 2010**) et être à l'origine des maladies (**El Haissoufi et al., 2011**).

La commune de Serguine qui est appartenant administrativement à la Wilaya de Tiaret Nord- Est de la ville de Ksar Chellala est connue par ces ressources en eau thermale qui sont actuellement exploités dans le cadre de thermalisme vue sa potentialité et son utilité médical.

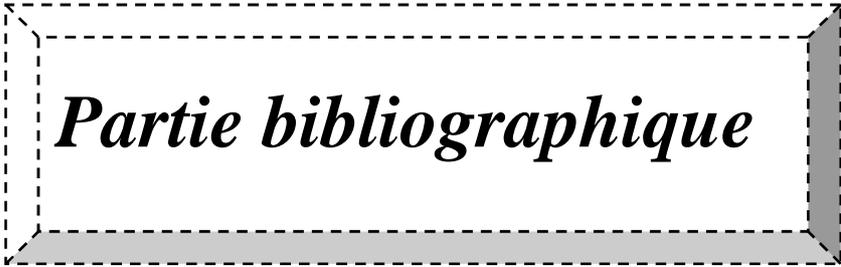
Vue cette importance majeure, nous avons essayés de caractériser la qualité physico-chimiques et microbiologiques des eaux thermales de Serguine. Ces analyses permettant d'assurer que ces eaux répondent aux normes algériennes.

Compte tenu de toutes ces considérations nous avons fixés comme objectif général : une caractérisation de la qualité physico-chimique et microbiologique de la station thermale (Hammam Serguine- Ksar chellala) et comme objectifs spécifiques : l'identification de la zone d'étude et de Faire une étude comparative de la qualité des eaux thermales de deux stations (Hammam Serguine et Hammam El Moudjahidine) pour évaluer la qualité de service entre les deux stations

Pour atteindre ces objectifs, l'étude sera subdivisée en deux parties :

1. Une première partie bibliographique regroupe le nécessaire des connaissances théoriques de notre thème.
2. Une deuxième partie expérimentale comprenant deux volets:

Un volet réservé à la présentation des matériels et des méthodes d'analyses physico-chimiques et microbiologiques et l'autre détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale.



Partie bibliographique

I.1. Généralités sur les eaux thermales

I.1.1. Définition

Sur le plan réglementaire, l'article 2 du décret exécutif N°07 -69 du 21 Février 2007, fixant les conditions et les modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales, stipule : "les eaux thermales sont des eaux captées à partir d'une émergence naturelle ou d'un forage et qui, en raison de leurs principes, de la stabilité de leurs caractères physiques et de leur composition chimique peuvent avoir des propriétés thérapeutiques" (JORA, 2007).

I.1.2. Origine

Schématiquement, au niveau du cycle de l'eau à l'échelle du globe terrestre :

- 60% de l'eau de pluie reste dans l'atmosphère et maintient le cycle d'évapotranspiration.
- 15% ruisselle rejoint les cours d'eaux.
- 25% s'infiltrate dans le sol et alimente les nappes souterraines.

Une partie infime de ces eaux va percoler jusqu'à une importante profondeur (-2000m) pour former les eaux minérales, dont certaines d'entre elles alimenteront les stations thermales.

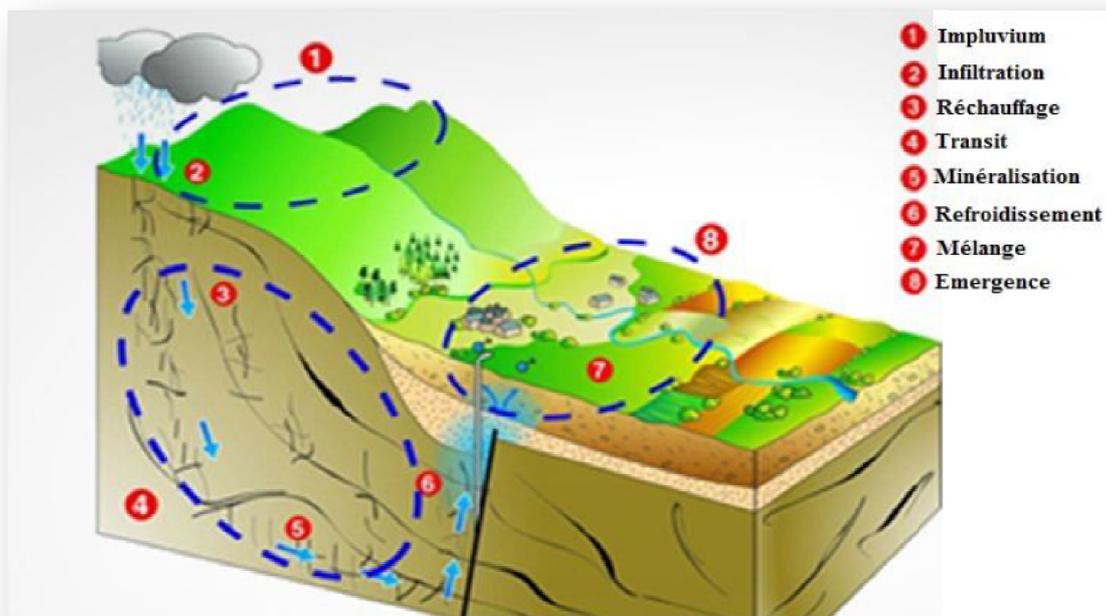


Figure n° 01 : Schéma simplifié du circuit hydrothermal (Mammeri, 2015).

La nature géologique du sol influencera la filtration de l'eau météorologique.

Pendant ce circuit, l'eau va se réchauffer, acquérir de la pression, s'enrichir de minéraux : L'eau souterraine sera d'autant plus riche en minéraux que le temps de contact avec la roche sera long et que la température sera élevée.

En profondeur, l'eau peut encore s'enrichir de gaz, constituée du CO₂ ou de l'H₂S. La remontée des eaux minérales se fait par des fractures de l'écorce terrestre (failles) selon un circuit plus ou moins compliqué et sera plus améliorée par la présence de gaz (**Abane, 2011**).

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Aperçu historique de la commune Serguine

L'agglomération de Serguine initialement dénommé « Dzira » est une commune relativement ancienne issu de la multitude des proches et cours d'eaux entourant l'agglomération chef lieu, elle fut fondée d'un petit noyau tel que la première construction c'était l'école primaire et quelques constructions mis a part le marabout et le cimetièrè ; cette école a permis la fixation de la population dans la région.

Elle est constituée tout au tour et n'a cessé de prendre de l'ampleur en s'étendant vers le nord- est au nord- ouest.

La croissance de la commune avec l'existence d'une petite communauté urbaine basée sur l'agriculture, le commerce, à la fois attaché à son territoire en jouant un certain rôle économique.

La commune Serguine est issu du découpage administratif de 1984 hérité de la commune Sidi Laadjel a connu un flux important de la population notamment de la zone éparsè avoisinante (**PDAU, 2013**).

I.2.2. Contexte régional

La zone d'étude fait partie de la wilaya de Tiaret, qui est située au Nord- Ouest d'Algérie.

Serguine est l'une des quarante deux communes de la Wilaya de Tiaret; est démarquée par une barrière physique, montagneuse formée par djebel Serguine, Charef , Kradou, ces derniers la sépare des reliefs de l'Atlas Telliens , et rend difficile son accessibilité.

A cet effet la commune à un seul chemin communale qui longe les piémonts Est du massif montagneux (**PDAU, 2013**).

I.2.3. Contexte local

Issue de la dernière restructuration territoriale de 1984, la commune de Serguine distante de 141 Km du l’Est de Chef – lieu de la wilaya Tiaret et s’étend sur une superficie de 365,64 Km². Elle est limitée au Nord par Sidi Laadjal et Khemis, au Sud Zemalet Amir Abd el Kader, à L’Est par Ksar Challala , et à l’Ouest par la ville Guernini (PDAU, 2013).

I.2.4. Cadre géologique

La région qui appariât au Nord-Est de la ville de Chellala par des terrains plissés sous un voile de marno-calcaire et de dolomies jurassiques. Ces terrains délimitent un périmètre appelé Serguine, une région caractérisée par la présence des eaux thermales.

La région de Serguine est une région structurellement complexe dont les principales culminations, sont celle de Djebel Harlouf, l’anticlinal de la Daoura, Djebel Harezas ou Haraza et l’Ain El Mora (PDAU, 2013).

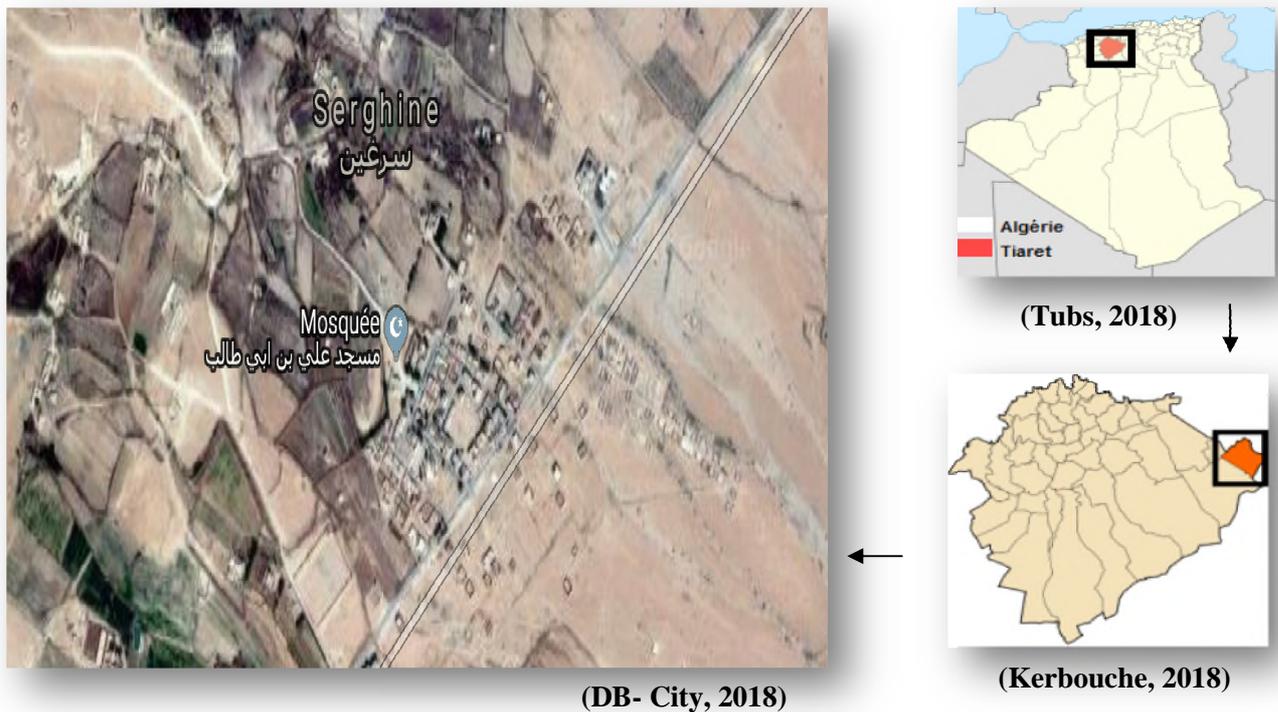


Figure n°02 : Cartes de la situation de la commune Serguine.

I.2.5. Réseau Hydrographique

Le réseau hydrographique est sans doute l’une des caractéristiques les plus importantes du bassin et peut prendre une multitude de forme. Il se définit comme l’ensemble des cours d’eaux naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l’écoulement.

La commune de Serguine est traversée du Sud au Nord par Oued Touil et ses principaux affluents qui alimentent la zone et qui sont « Oued Ben maarouf , Oued Homaida , Oued Rhorab».

A cet effet la commune de Serguine dispose des ressources hydriques très importantes et exceptionnelles que ce soient superficielles ou bien souterraines tel que les formations géologiques qui constituent le sous sol du territoire de cette commune **(PDAU, 2013)**.



Partie expérimentale



Matériel et méthodes

Cette partie consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyses utilisés, en vue d'examiner la qualité physico-chimique et microbiologique des échantillons d'eau provenant de deux stations thermales de la commune Serguine (Hamman Serguine et Hamman El Moudjahidine) Nord- Est de Ksar Chellala wilaya de Tiaret.

Les essais de caractérisations ont été effectués au niveau des laboratoires de Microbiologie, Technologie alimentaire et Physiologie végétale de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie de l'université d'IBN KHALDOUN – Tiaret et aussi au niveau de laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (A.D.E –Tiaret).

II.1.Méthodologie

II.1.1.Situation et caractéristiques de la source étudiée

A 160 km à l'extrême Est de la wilaya de Tiaret, aux confins territoriaux avec la wilaya de Djelfa surgit, Hamman Serguine, incrusté au pied d'une majestueuse colline. Une station thermale dont les eaux, provenant de la grande profondeur, située dans la commune de Serguine, à 16 km de la ville de Ksar Chellala. Hamman s'étendant sur une superficie de 50 ha, classé en tant que zone touristique (**Khalid, 2005**).



Figure n°03 : Situation des sources thermales de Serguine (**Source : Google map, 2018**)

II.1.2.Echantillonnage et mode de prélèvement

II.1.2.1.Echantillonnage

Selon la norme **NF EN ISO/CEI 17025**, l'échantillonnage est une procédure définie par laquelle une partie d'une substance, matériau ou produit est prélevée pour fournir, à des fins d'essai, un échantillon représentatif de la totalité (**AFNOR, 2005**).

II.1.2.2.Choix des stations de prélèvement

La source de Hammam Serguin a été probablement exploitée avant l'arrivée française dans la région. Cependant les quelques vestiges d'une ancienne construction destinée probablement à l'accueil ; datent de la période française.

Ces eaux ont des vertus curatives réputées ; « prouvées dans les affections rhumatismales, dermiques et rénales » explique t-on, fait venir des gens de plusieurs régions du pays pour se soigner (Nedjai , 1987).

A ce fait nous avons choisies deux stations de prélèvements pour contribuer à la caractérisation de la qualité Microbiologique et physicochimique des eaux thermales de Serguine :

- **Station (S)** : Hammam Serguine à usage public.
- **Station (M)** : Complexe El Moudjahidine à usage privé.



Figure n°04 : Point de prélèvement au niveau de la station (S).



Figure n°5: Point de prélèvement au niveau de la station (M).

II.1.2.3. Matériel de prélèvement

La préparation du matériel de terrain est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matériel doit inclure notamment un nombre suffisant de bouteilles stérilisées et clairement identifiées, une glacière, un carnet pour prendre des notes sur le terrain et un thermomètre (Denis, 2013).

Le matériel utilisé au laboratoire (appareillages, verreries, solutions et leurs préparations, réactifs et milieux de culture) est mentionné dans la partie annexe.

II.1.2.4. Mode de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués à partir de deux stations d'étude et ont été réalisés à partir des robinets disposés à la partie supérieure des bassins, dans des flacons stériles, de volume de 2 litres.

Le robinet est flambé au préalable.

Les échantillons sont transportés dans une glacière car il est conseillé de garder les échantillons à une température de 4°C et cela pour ralentir l'activité bactérienne (Aminot et Chaussepied, 1983).

II.2. Méthodes d'analyses physico- chimiques et microbiologiques

II.2.1. Analyses physico- chimiques

II.2.1.1. Détermination des paramètres physiques

A. Détermination de la Température (T °C)

La température a été mesurée au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre et les résultats sont donnés directement en C°.

B. Détermination du Potentiel d'Hydrogène (pH)

a. Principe

Le Potentiel Hydrogène mesure la concentration des ions H^+ de l'eau, il traduit ainsi la balance acidité et basicité de l'eau sur une échelle de 0 à 14, le pH doit être comprise entre 6 à 8.5 pour permettre la vie aquatique. La mesure du pH nous renseigne sur l'alcalinité ou l'acidité d'une eau. C'est l'élément très important pour la recherche de l'agressivité de l'eau vis-à-vis du ciment et des métaux (Rodier et al., 2009).

C. Détermination de la Conductivité électrique (CE)

a. Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier et al., 2009).

N. B. La valeur de la conductivité est notée avec une unité de micro siemens par centimètre (μS/cm).

D. Détermination des Matières en suspension (MES)

a. Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

- Filtrer 100 ml de l'échantillon sur un papier filtre dont on a déterminé la masse de filtre.
- Laisser sécher le filtre dans une étuve de 110 °C pendant 24 heures.
- Refroidir au dessiccateur et procéder à la pesée du filtre.

c. Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (MES) (mg / L) est donnée par l'expression :

$$\text{M.E.S (mg/l)} = \frac{(\text{M1}-\text{M0}) \times 1000}{\text{P.E}}$$

M0 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M1 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

P.E : volume d'eau à analyser (ml)

E. Détermination des Résidus secs (RS)

a. Principe

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

Dans une capsule sèche et pesée ; évaporer 100ml d'eau de l'échantillon dans une étuve à une température de 180 C° pendant 4 heures et laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur ; puis mesurer le poids du capsule contenant les résidus secs.

c. Expressions des résultats

$$RS \text{ (mg/l)} = \frac{(PP - PV) \times 1000}{P.E}$$

PP : le poids plein de la capsule.

PV : le poids vide de la capsule.

P.E : volume de l'eau à analyser.

II.2.1.2. Détermination des paramètres chimiques

A. Détermination des chlorures (Cl⁻) (Méthode de Mohr)

a. Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

- Introduire 100 ml d'eau à analyser ; préalablement filtrée ; dans une fiole conique de 250 ml ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de l'acide nitrique pur ; puis une pincée de 0.2 g de carbonate de calcium et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.
- Titrer par l'addition goutte à goutte de la Solution Nitrate d'argent 0.02 N jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.

c. Expression des résultats

$$Cl^- \text{ (mg/l)} = \frac{(N_{AgNO_3} \times V_{AgNO_3} \times M_{Cl} \times 1000)}{PE}$$

V_{AgNO₃} : Volume en ml d'AgNO₃ utilisé pour le titrage

N_{AgNO₃} : Normalité d'AgNO₃ en (meq/l).

M_{Cl} : Masse molaire de chlorure.

PE : Volume de l'eau à analyser en (ml).

B. Détermination de l'alcalinité (TA et TAC)

a. Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier *et al.*, 2009).

Le titre alcalimétrique (TA)

a. Mode Opérateur

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un bécher
- Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine ; une coloration rose doit alors se développer ; dans le cas contraire le TA est nul.
- Titrer ensuite avec l'acide (HCL) à 0.1 N à l'aide d'une burette puis faire l'agitation jusqu'à décoloration complète de la Solution, mais si la couleur ne change pas ça veut dire que l'eau est bicarbonatée.

b. Expression des résultats

$$\text{TA (F}^\circ) = V \times 5 \quad ;$$

$$1\text{F}^\circ = 10 \text{ mg/l}$$

V: volume d'HCL versé en ml.

Le titre alcalimétrique Complet (TAC)

a. Mode Opérateur

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas de coloration, ajouter 1à2 gouttes de méthylorange puis titrer avec le même acide jusqu'a virage du jaune au orange.

b. Expression des résultats

$$\text{TAC (F}^\circ) = (V' - 0.5) \times 5$$

V' : volume d'HCL versé en ml.

E. Détermination des Matières Organiques (MO)

a. Principe

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau (**Rodier et al., 2009**).

b. Mode Opérateur

- A l'aide d'une pipette, prélever dans un erlenmeyer de 500ml, 100ml d'eau à analyser, ajouter 10 ml d'une solution d'acide sulfurique à 50 % et 10 ml de la solution de permanganate de potassium KMnO_4 à 0.01 N.
- Chauffer le mélange pendant 10 minutes sur plaques chauffante.
- Laisser refroidir ; ajouter 10 ml d'acide oxalique ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) à 0.01 N pour décolorer la solution.
- Titrer le mélange avec une solution de KMnO_4 à 0.01 N ; jusqu'à coloration rose clair qui persiste 15 à 20 secondes.

c. Expression des résultats

$$\text{MO (mg/l)} = 8[(V'_{\text{KMnO}_4} + V''_{\text{KMnO}_4}) \times N_{\text{KMnO}_4} - (V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \times N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4})]$$

V'_{KMnO_4} : volume de KMnO_4 initial (en ml).

V''_{KMnO_4} : volume de KMnO_4 utilisé pour le dosage (en ml).

N_{KMnO_4} : normalité de KMnO_4 .

$V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$: volume de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ utilisé pour le dosage (en ml).

$N_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$: normalité de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

F. Détermination de la Dureté totale (TH)

a. Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, cette méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (**Rodier et al., 2009**).

b. Mode Opérateur

Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 100ml d'eau à analyser puis ajouter 1ml d'une solution tampon pH=10 pour stabiliser le complexe formé puis ajouter quelques gouttes

d'indicateur coloré (N.E.T) ensuite titrer avec la solution EDTA 0.1 N jusqu'à virage rouge violet au bleu vert.

c. Expression des résultats

$$TH (\text{°F}) = V.$$

V : Volume d'E.D.T.A versé.

G. Détermination du Calcium et du Magnésium (Ca^{+2} et Mg^{+2})

a. Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale. Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, l'acide calcione carboxylique, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

- Ajouter à l'échantillon à analyser 3 ml de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) puis quelques gouttes de solution de Murexide.
- Verser la quantité nécessaire de solution d'E.D.T.A. pour obtenir le virage au violet.
- Noter cette quantité (V1).
- Ajouter 3,2 ml d'acide (HCL) 0.1 N et agiter durant 1 minute jusqu'à parfaite dissolution du précipité magnésien.
- Verser 5 ml de la solution tampon et une goutte de solution de noir Eriochrome.
- Bien mélanger ; introduire la quantité de solution d'E.D.T.A nécessaire au virage au bleu (V2)

c. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml :

$$1- \text{ La teneur en Calcium est égale : } \text{Ca}^{+2} (\text{mg/l}) = \frac{V1 \times 0.4008 \times 1000}{50}$$

$$2- \text{ La teneur en Magnésium est égale : } \text{Mg}^{+2} (\text{mg/l}) = \frac{V2 \times 0.243 \times 1000}{50}$$

H. Détermination du Sodium et du Potassium (Na^+ et K^+)

a. Principe

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme ; ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie.

La concentration initiale du cation à doser est déduite de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert.
- Allumer la pompe.
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz propane.
- Allumer la flamme.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Appuyer sur la touche KONTROL.
- Appuyer sur la touche NULL – Zéro, attendre 5 à 10 minutes.
- Appuyer une 2ème fois sur la même touche NULL –Zéro pour qu'elle s'allume.
- Retirer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution ETALON de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l.
- Appuyer sur la touche STANDARD.
- Attendre qu'elle s'allume
- Appuyer une 2ème fois sur la même touche et attendre qu'elle s'allume.
- Ensuite, appuyer sur la touche ANALYSE.
- A la fin passer aux échantillons inconnus et appuyer seulement sur la touche ANALYSE (3 essais pour chaque échantillon).

c. Expressions des résultats

Lire la teneur en Sodium (Na^+) ou de Potassium (K^+) en mg/l.

II.2.1.3. Détermination des paramètres de pollution**A. Détermination des Nitrites (NO_2^-)****a. Principe**

La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de *N*-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique (**Rodier et al., 2009**).

b. Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 543 nm.

c. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

B. Détermination des Nitrates (NO_3^-)

a. Principe

En présence de salicylate de Sodium, les Nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique (**Rodier et al., 2009**).

b. Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de Na à 0.5 %.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 -88 °C.
- (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H_2SO_4 puis faire de repos 10 minutes.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double puis passer au spectrophotomètre au 420 nm.

c. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

C. Détermination des Sulfates (SO_4^-)

a. Principe

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de Baryum (**Rodier et al., 2009**)

b. Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$.

c. Expression des résultats

SO_4^{2-} (Mg/l) = la valeur lue sur le spectrophotomètre x la dilution.

D. Détermination des Phosphates (PO_4^-)

a. Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier et al., 2009).

b. Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml acide ascorbique
- Ajouter 2 ml de solution de mélange
- Attendre 10 mn (pour le développement de la couleur).
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 880 \text{ nm}$.

c. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.2.2. Analyses microbiologiques

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses microbiologiques concernent souvent, ne sont pas des micro-organismes pathogènes, mais des germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque en soi pour la santé publique. Sont ainsi distingués deux types principaux d'indicateurs. Les indicateurs de contamination fécale permettent d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté ou de précocité, le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des micro-organismes pathogènes (Rodier et al., 2009).

Nous grouperons donc dans cette partie l'étude des recherches et des dénombrements de l'ensemble des bactéries revivifiables en cultures aérobies, des coliformes, des streptocoques ; *Escherichia coli*, des bactéries sporulées sulfito-réductrices et *pseudomonas aeruginosa*.

II.2.2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

a. Définition

Selon le JORA (2013), les micro-organismes revivifiables se définissent comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites.

b. Principe

Ensemencement, par mélange dans un milieu de culture spécifique coulé dans des boîtes de pétri, de volumes mesurés d'un échantillon ou de ses dilutions. Incubation des boîtes à 37 °C pendant 48 h et d'autre à 22 °C pendant 72 h.

c. Mode opératoire

Placer un volume de la prise d'essai (ou de ses dilutions) n'excédant pas 2 ml dans la boîte de pétri, ajouter 15 ml à 20 ml de milieu fondu TGEA et mélanger avec précaution par rotation lente.

Laisser le milieu se solidifier. Le temps entre l'addition de la prise d'essai (ou ses dilutions) et l'addition du milieu fondu ne doit pas excéder 15 min. Ensemencer au moins une boîte par température d'incubation (JORA, 2013).

d. Incubation et lecture

Retourner les boîtes et incuber à une température de 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h. La lecture se fait après chaque 24h. On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon (Figure n° 06).

e. Expression des résultats

Exprimer les résultats sous la forme du nombre d'unités formant des colonies par millilitre (UFC/ml) d'échantillon pour chaque température d'incubation.

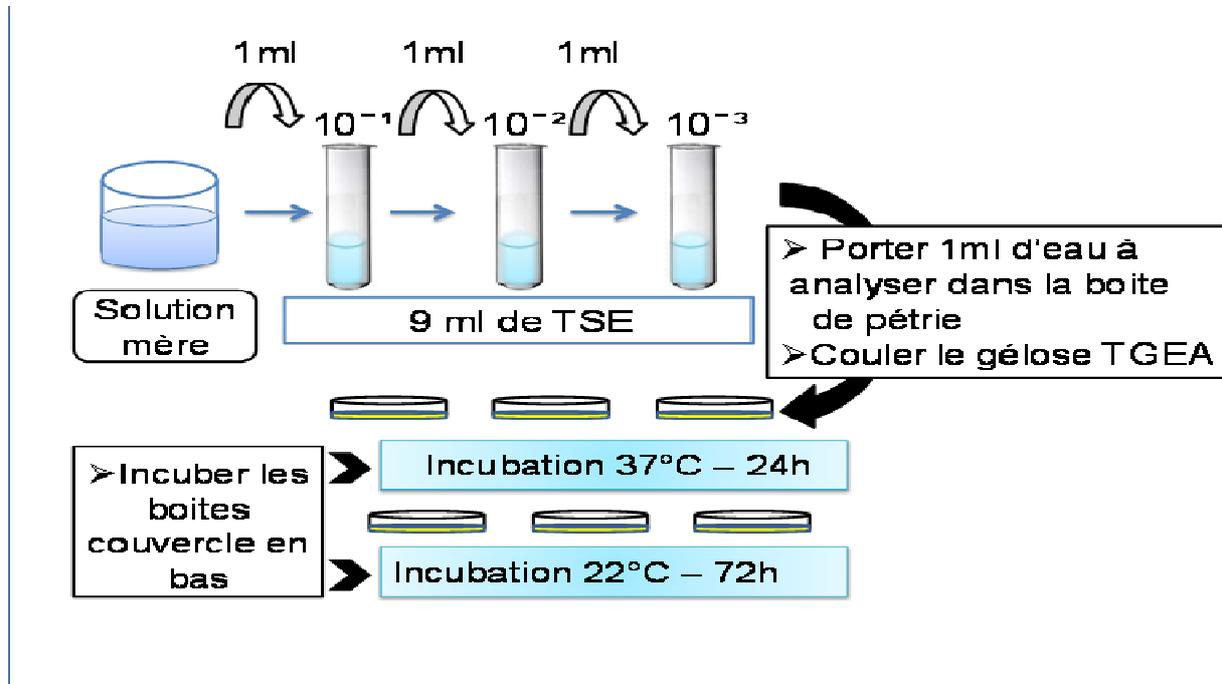


Figure n° 06 : Recherche et dénombrement des germes revivifiables dans l'eau.

II.2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides : (Méthode de NPP)

a. Définitions

Pour les besoins de la présente méthode, les définitions suivantes s'appliquent :

a.1. Organismes coliformes

Organismes capables de former des colonies en aérobiose à $35\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ ou à $37\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ sur un milieu lactosé sélectif et différentiel, avec production d'acide (et d'aldéhyde) dans les 24 h.

a.2. Organismes coliformes thermotolérants

Organismes coliformes répondant à la définition donnée aux organismes coliformes, présentant les mêmes propriétés de fermentation dans les 24 h, à $44\text{ °C} \pm 0,25\text{ °C}$ ou à $44,5\text{ °C} \pm 0,25\text{ °C}$.

a.3. *Escherichia coli* présumés

Organismes coliformes thermotolérants répondant à la définition donnée aux organismes coliformes qui produisent, en plus, du gaz à partir du lactose (et du mannitol) ainsi que de

l'indole à partir du tryptophane dans les 24 h, soit à $44 \text{ °C} \pm 0,25 \text{ °C}$, soit à $44,5 \text{ °C} \pm 0,25 \text{ °C}$ (JORA, 2013).

b. Principe

Ensemencement d'une série de tubes à essai contenant un milieu de culture sélectif lactosé avec des prises d'essai de l'échantillon dilué ou non.

Examen des tubes à essai après une incubation de 24 h et de 48 h à 35 °C ou 37 °C ; repiquage à partir de chaque tube à essai montrant une turbidité avec une production de gaz dans un milieu de confirmation plus sélectif et, si l'on recherche les *Escherichia coli* présumés, sur un milieu sur lequel peut être prouvée la formation d'indole. Incubation de ces milieux de confirmation pendant 48 h au plus à 35 °C ou à 37 °C pour la recherche d'organismes coliformes, et à 44 °C pendant 24 h au plus pour les organismes coliformes thermotolérants et les *Escherichia coli* présumés.

Au moyen de tables statistiques, calcul du nombre le plus probable (NPP) d'organismes coliformes, d'organismes coliformes thermotolérants et d'*Escherichia coli* présumés, susceptibles d'être présents dans 100 ml de l'échantillon, à partir du nombre de tubes donnant des résultats de confirmation positifs (JORA, 2013).

c. Mode opératoire

c.1. Test de présomption (pour les coliformes totaux)

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0,1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham (Figure n°07).

- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

- Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 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).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

c.2. Test de confirmation (pour les coliformes fécaux)

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*.

Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche (Figure n° 07). Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h.

d. Lecture

- Seront considérés comme positif ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.
- En tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'*E. Coli*).

e. Expression des résultats

A partir du nombre de tubes de milieu d'isolement ayant donné des réactions positives aux essais confirmatifs, calculer, par référence aux tables statistiques de la méthode de dénombrement des micro-organismes sur milieu de culture, le nombre le plus probable d'organismes coliformes, d'organismes coliformes thermotolérants et d'*Escherichia coli* présumés présents dans 100 ml d'échantillon.

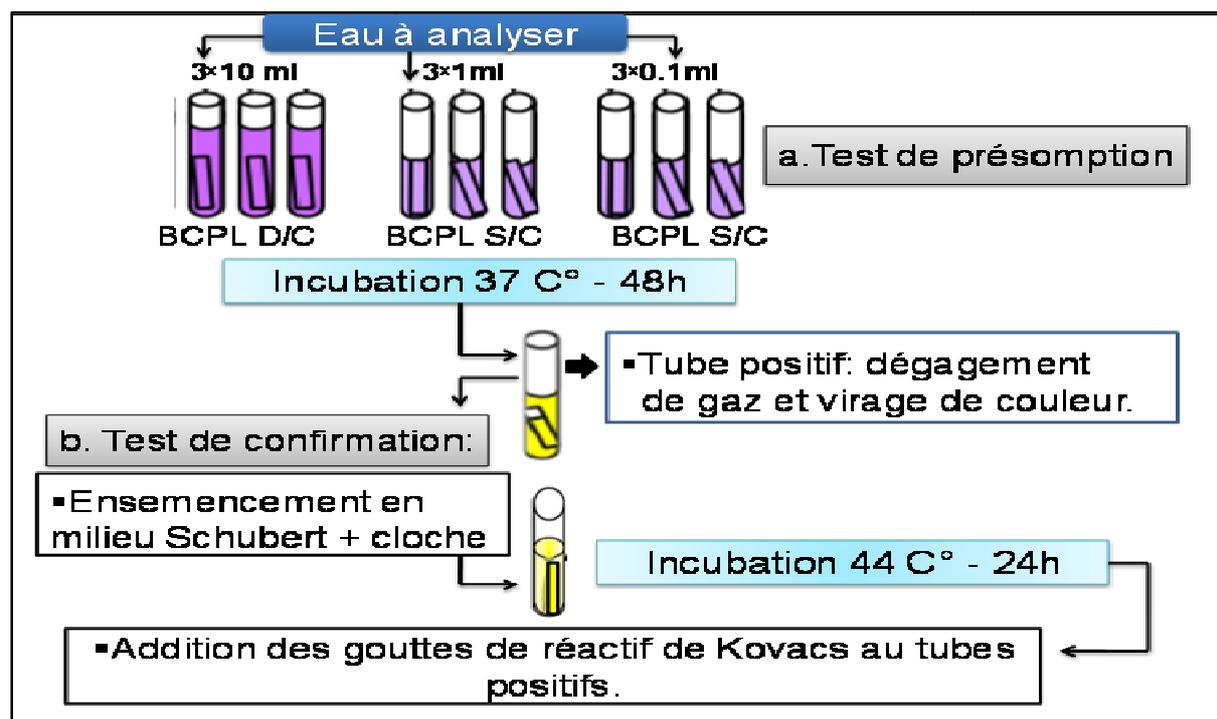


Figure n° 07: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau

II.2.2.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

a. Définition

Micro-organismes anaérobies facultatives, appartenant à la famille des Streptococcaceae. Ce sont des bactéries à Gram positif, relativement tolérantes au chlorure de sodium et à des pH alcalins.

Les streptocoques fécaux, y compris les entérocoques intestinaux, réagissent tous positivement avec les antisérums du groupe D de Lancefield et ont été isolés à partir des fèces d'animaux à sang chaud (OMS, 2017).

b. Principe

Les principes généraux de cette méthode sont ceux décrits dans l'exposé de la colimétrie en milieux liquides. Cependant, alors que le tube primaire contient déjà une certaine quantité d'azide de sodium, le repiquage des tubes « positifs » sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en azide de sodium et présence d'éthyl violet), ne laisse se développer que les streptocoques fécaux (Rodier et al., 2009).

c. Mode opératoire

c.1. Test de présomption

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C (double concentration) ;
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (simple concentration)
- 3 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C

- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

c.1.1. Lecture

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

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

c.2. Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTH positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA et quelques gouttes d'azide de sodium. Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

c.2.1. 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 se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

d. Expression des résultats

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

II.2.2.4. Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs

a. Définition

Clostridia: micro-organismes anaérobies formant des spores et sulfito-réducteurs, appartenant à la famille des Bacillacées et au genre Clostridium (JORA, 2013).

b. Principe

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré, additionné de sulfite de sodium et de sels de fer. La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporée. L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir autour des colonies (Rodier et al., 2009).

c. Mode opératoire

c.1. Destruction des formes végétatives

Placer 25 ml d'eau à analyser dans un tube de 220 × 22 mm. Le porter au bain d'eau à 80 °C ±2 °C de façon à ce qu'il demeure dix minutes à cette température. Refroidir rapidement à environ 55 °C.

c.2. Préparation du milieu

Placer quatre tubes de milieu de culture (contenant chacun 20 ml de milieu) au bain d'eau bouillant pour assurer la fusion du milieu. Maintenir 10 minutes dans ce bain d'eau pour assurer l'élimination des gaz dissous. Refroidir à 55 °C environ. Ajouter à chaque tube 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. Mélanger sans faire de bulles.

c.3. Inoculation et incubation

Dans quatre tubes stériles, répartir 5 ml d'eau traitée pour détruire les formes végétatives. Couler dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, mélanger doucement sans incorporer d'air.

Refroidir sous l'eau du robinet. Incuber à 37 °C. Faire une lecture après 24 heures ; une deuxième après 48 heures (Figure n°08).

d. Lecture

Après la période d'incubation sera considérée comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires, qui correspondent au Clostridium sulfito-réducteur. Le résultat est exprimé par le nombre des Clostridium sulfito-réducteurs par 1 ml de l'échantillon à analyser.

Remarque

Le dénombrement après 24 heures d'incubation est effectué parfois après 48 heures, le tube devient complètement noir et devient donc indénombrable.

e. Expression des résultats

Exprimer les résultats en conformité avec la méthode de dénombrement des micro-organismes sur milieu de culture gélosé.

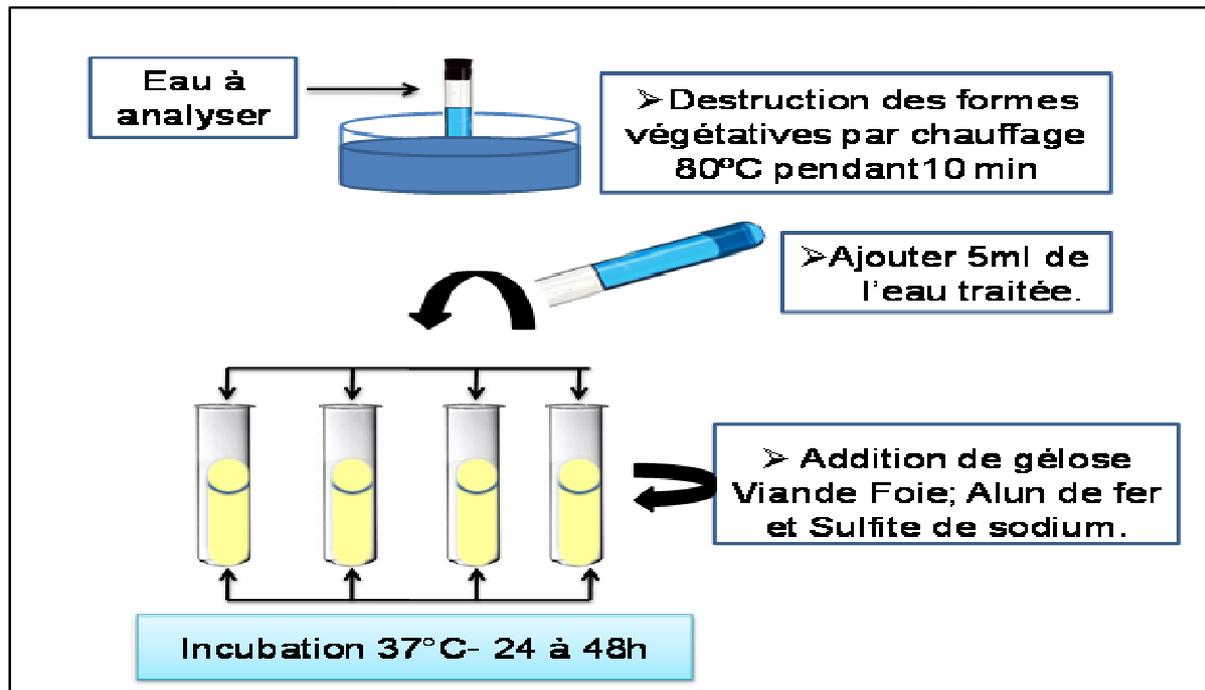


Figure n° 08: Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.

II.2.2.5. Recherche et dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa*

a. Définition

Micro-organismes se développant sur des milieux sélectifs contenant du cétrimide et produisant de la pyocyanine ou micro-organismes se développant sur des milieux sélectifs contenant du cétrimide, oxydase positive, donnant lieu à une fluorescence sous rayonnement ultraviolet (360 ± 20) nm et également capables de produire de l'ammoniac à partir d'acétamide (JORA, 2013).

b. Principe

Un milieu sélectif, spécifique de la culture de *Pseudomonas aeruginosa*, estensemencé en surface. Les colonies sont dénombrées directement et éventuellement confirmées par subcultures sur milieux d'identification (Rodier et al., 2009).

c. Mode opératoire

- Etaler 0,5 ml de solution mère et des dilutions d'eau analysée à la surface de la Cétrimide, Incuber à 37°C pendant 24 heures.

d. Lecture

Les colonies de dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* apparaissent avec une couleur blanc crème ou plus ou moins jaunâtre et un aspect muqueux et sont parfois accompagnées d'une production de pigment bleu-vert.

e. Expression des résultats

Le nombre de colonies de *Pseudomonas aeruginosa* présent dans le volume d'eau à analyser (par 100 ml).



Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

III.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux thermales de la station Serguine sont consignés dans le tableau n°01. Ces résultats sont comparés aux normes **JORA (2014)** de potabilité vue le manque des normes des eaux thermales.

Tableau n°01 : Résultats des analyses physico- chimiques de l'eau thermale de Serguine

N°	Paramètres physico-chimiques	Unité	Valeurs moyennes	
			Station S	Station M
1	T	(C°)	39,5	37,4
2	pH	/	6,88	6,60
3	CE	(µS/cm)	755,33	854
4	MES	(mg /l)	40	49
5	RS	(mg /l)	5467	5239,66
6	TH	(F°)	1073,33	1060
7	Cl ⁻	(mg /l)	1124,16	899,33
8	MO	(mg /l)	5,36	6,56
9	TA	(F°)	00	00
10	TAC	(F°)	164,16	180,83
11	Ca ⁺²	(mg /l)	264,52	284,56
12	Mg ⁺²	(mg /l)	83,83	60,09
13	Na ⁺	(mg /l)	360,08	456,26
14	K ⁺	(mg /l)	6,94	4,37
15	NO ₃ ⁻	(mg /l)	00	00
16	NO ₂ ⁻	(mg /l)	00	00
17	SO ₄ ⁻	(mg /l)	301,26	273,66
18	PO ₄ ⁻	(mg /l)	00	00

III.1.1. Résultats physiques

III.1.1.1. Température

Selon **Chapman (1996)**, la température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques.

Dans les eaux étudiées, ce paramètre présente des valeurs comprises entre 39.5°C pour la station (S) et 37.4°C pour la station (M). Ces valeurs sont supérieures à la norme fixée par le **JORA (2014)** qui est de 25°C (Figure n°09).

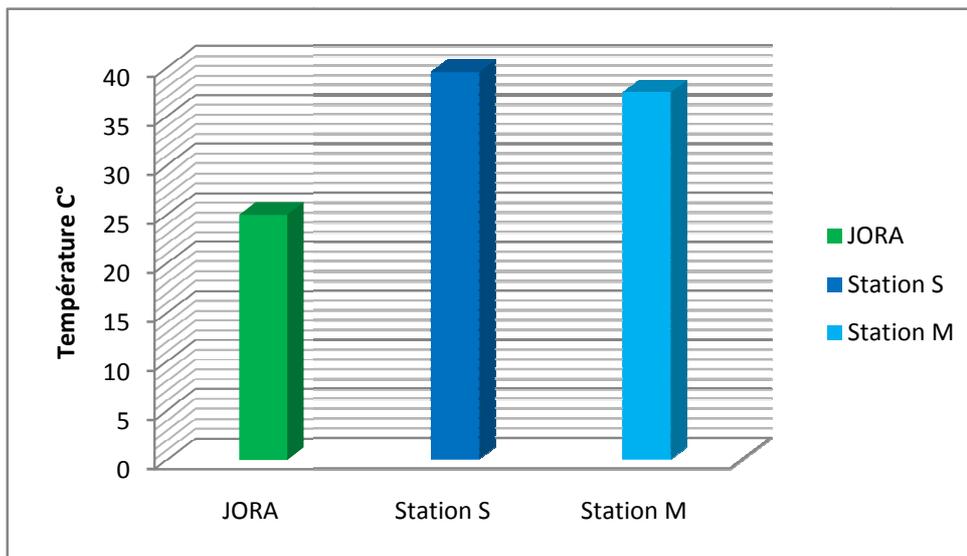


Figure n°09 : Evaluation de la température de l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, ces valeurs de température sont influencées par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout le climat régnant.

III.1.1.2. pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité (**Rodier et al., 2009**)

Les valeurs du pH des eaux étudiées, elles ne montrent pas de variations notables et ont tendance d'être neutres avec un minimum de 6,60 pour la station (M) et un maximum de 6,88 pour la station (S).

Ces valeurs restent toujours conformes à la norme algérienne préconisée par le **JORA (2014)** qui est $6.5 \leq \text{pH} \leq 9$ (Figure n°10).

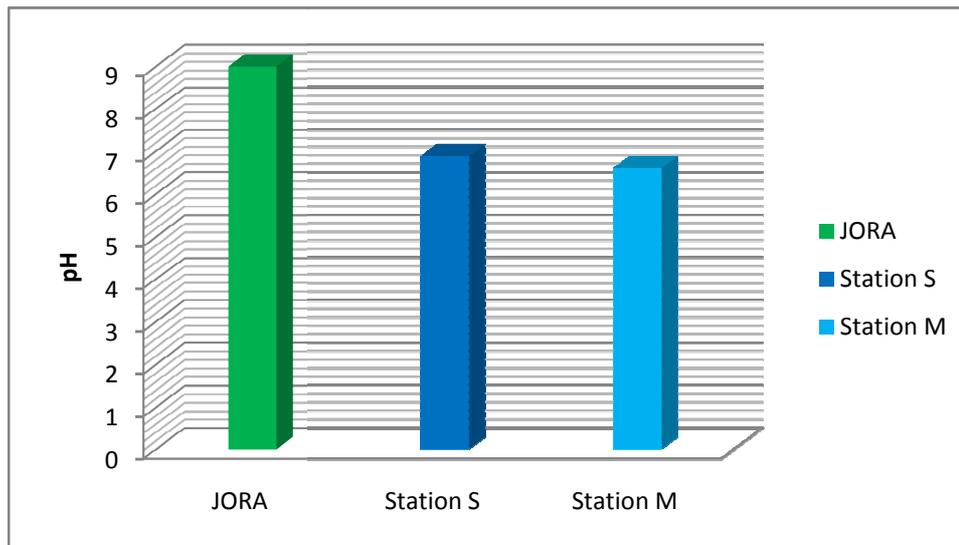


Figure n°10 : Evaluation du pH de l'eau par rapport à la norme.

Selon **Ouhmidou et al. (2015)**, ce pH est dû au substrat calcaire des formations géologiques du bassin versant, riche en carbonates qui permettent de tamponner les eaux.

Selon **Chapman (1996)**, le pH diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'été, lorsque l'évaporation est importante.

III.1.1.3. Conductivité électrique

Selon **Rodier et al. (2009)**, La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

Les eaux dans notre zone d'étude ont une conductivité qui varie entre 755,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la station (S), et 854 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la station (M).

Ces valeurs restent en dessous de la norme fixée par le **JORA (2014)** qui est de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figure n°11).

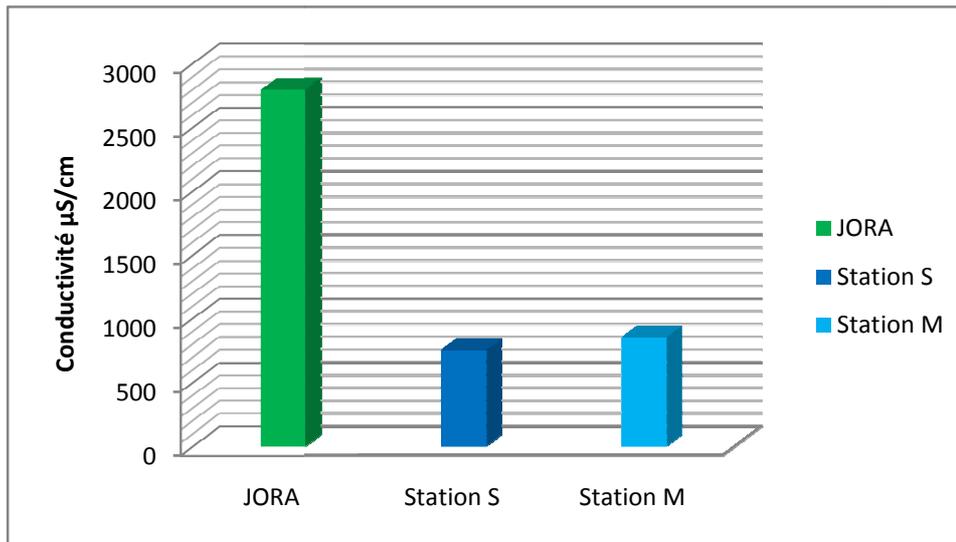


Figure n°11: Evaluation de la Conductivité de l'eau par rapport à la norme.

La conductivité électrique sert à apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Rodier et al., 1984**) et du moment que les valeurs de la conductivité électrique sont toujours comprises entre 300 et 800 $\mu\text{S/cm}$, les eaux de Serguine sont considérées comme moyennement minéralisées.

III.1.1.4. Matière en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc (**Abdoulaye et al., 2013**).

Les teneurs en MES varient entre 40 mg/l au niveau de la station (S) et 49 mg/l au niveau de la station (M).

Les résultats obtenus sont supérieures à la norme fixée par le **JORA (2011)** qui est de 25 mg/l (Figure n°12).

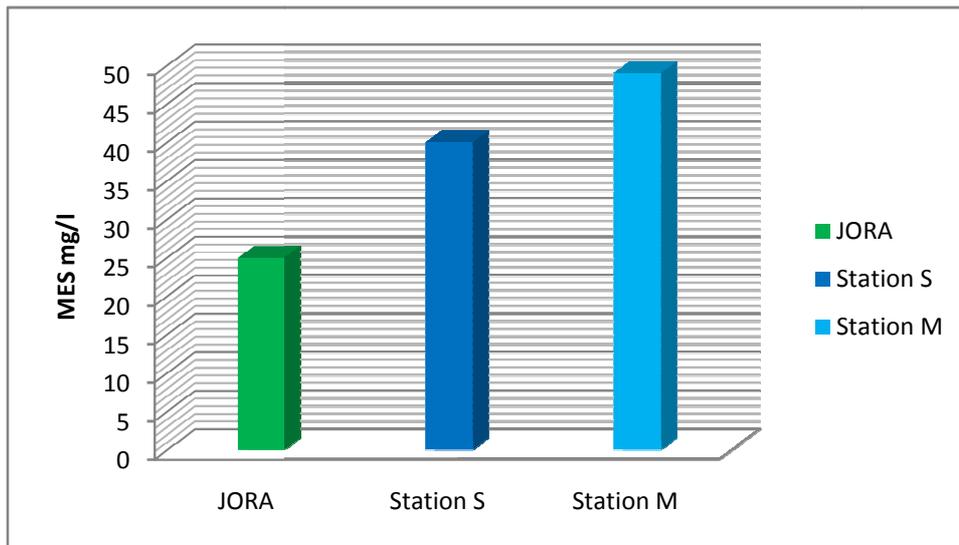


Figure n°12: Evaluation de la matière en suspension dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Abdoulaye et al. (2013)**, les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver) sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage.

Selon **Hébert et Légre (2000)**, cette augmentation de matière en suspension est dû lors d'événements de pluie et encore plus à la fonte des neiges, le transport, par ruissellement, de particules de terre vers les cours d'eau.

III.1.1.5. Résidu sec

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles ; la mesure après filtration correspond aux matières dissoutes (**Rodier et al., 2009**).

Les teneurs moyennes en résidu sec varient entre 5467 mg/l au niveau de la station (S) et 5239,66 mg/l au niveau de la station (M).

Ces valeurs sont supérieures à la norme fixée par le **JORA (2011)** qui est de 1500 mg/l (Figure n°13).

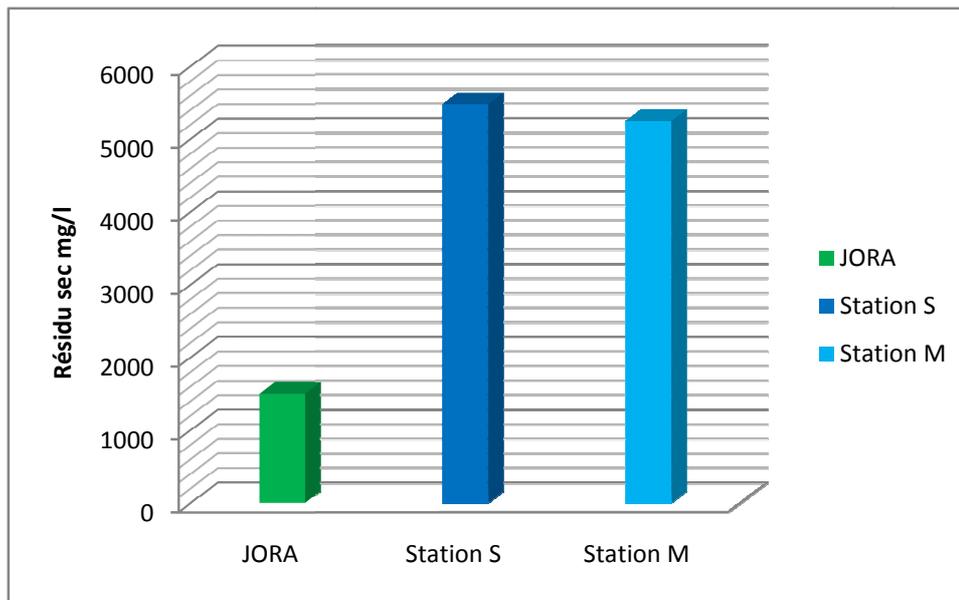


Figure n°13 : Evaluation du Résidu sec dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, les Résidus Secs permettent d'apprécier la minéralisation de l'eau: donc les eaux de Serguine sont désagréables.

III.1.2. Résultats chimiques

III.1.2.1. Chlorure

La concentration des Chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé (**Rodier et al., 2009**). Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures est de l'ordre de 899,33mg/l pour la station (S) et 1124,16 mg/l pour la station (M).

Au niveau de la région d'étude, les teneurs en Chlorures sont supérieures à 500 mg/l fixées par le **JORA (2014)** (Figure n°14).

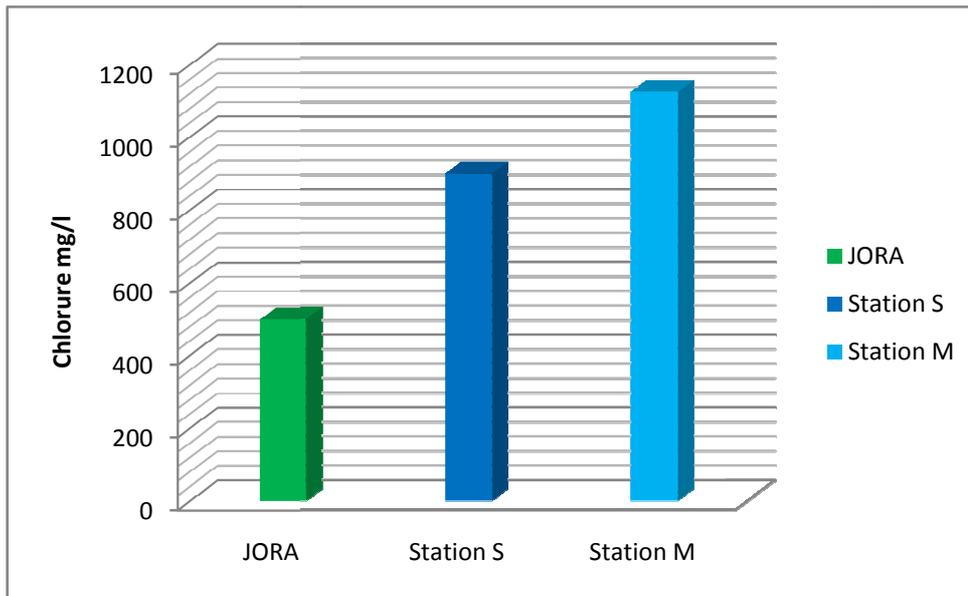


Figure n°14: Evaluation du Chlorure dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, l'augmentation de la teneur en Chlorures dans ces eaux est due par la traversée de marnes salifères qui peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000 mg/L.

III.1.2.2. L'Alcalinité (TA et TAC)

a. Le **TA** correspond à la somme des concentrations des ions Carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-) (**Rodier et al., 2009**). En ce qui concerne nos échantillons le **TA** est nul (Figure n°15).

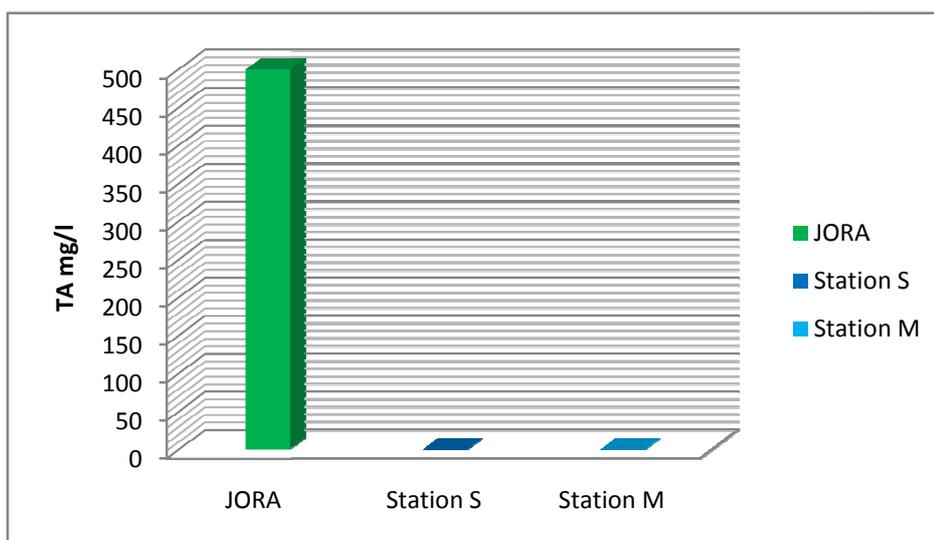


Figure n°15: Evaluation du TA de l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, dans nos échantillons où la concentration en (OH^-) est faible, l'alcalinité donc est constituée par des hydrogénocarbonates ou par mélange de carbonates/hydrogénocarbonates.

b. TAC

Le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Rodier et al., 2009**). D'après les résultats obtenus des valeurs moyennes varient entre 164.16 mg/l pour la station (S) et 180.83 mg/l pour la station (M), donc elles ne dépassent pas la norme fixée par le **JORA (2014)** qui est 500 mg/l (Figure n° 16).

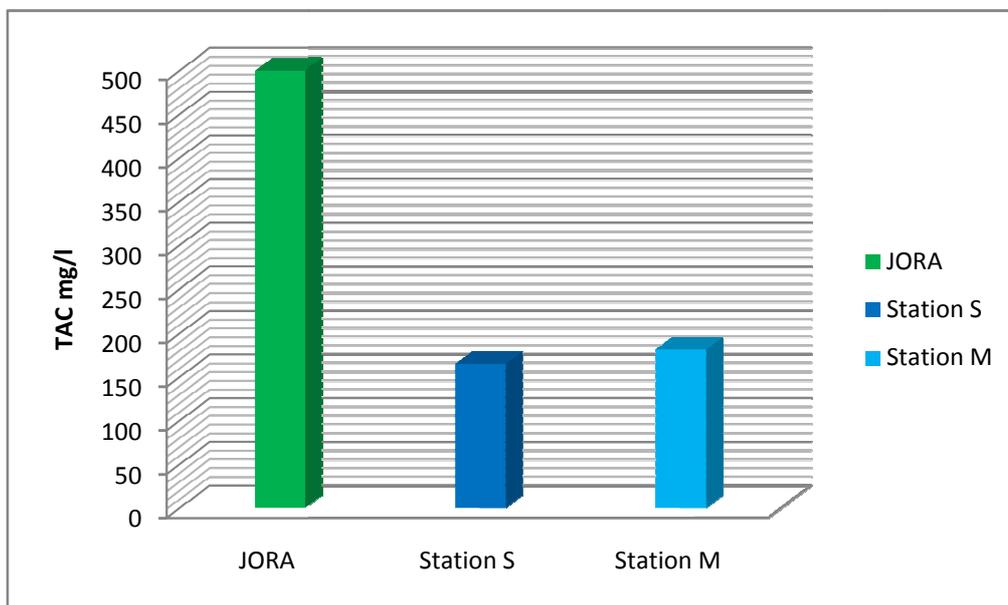


Figure n°16: Evaluation du TAC de l'eau par rapport à la norme

Selon **Rodier et al. (2009)**, l'augmentation du titre alcalimétrique complet dans l'eau analysée des stations (S) et (M) est traduite par sa richesse en hydrogénocarbonates (cas le plus fréquent), $TA = 0$, $TAC = HCO_3^-$.

III.1.2.3. Matière organique

Oxydabilité au permanganate ou indice permanganate, un test permet d'évaluer la quantité de matières organiques oxydables présentes dans l'eau, les résultats étant exprimés en milligrammes d'oxygène par litre d'eau (**Rodier et al., 2009**).

Les valeurs de la matière organiques sont comprises entre 5,36 mg/l pour la station (S) et 6,56mg/l pour la station (M). Elles sont supérieures à la valeur préconisée par le **JORA (2014)** qui exige une concentration de 5 mg/L en O_2 au maximum (Figure n °17).

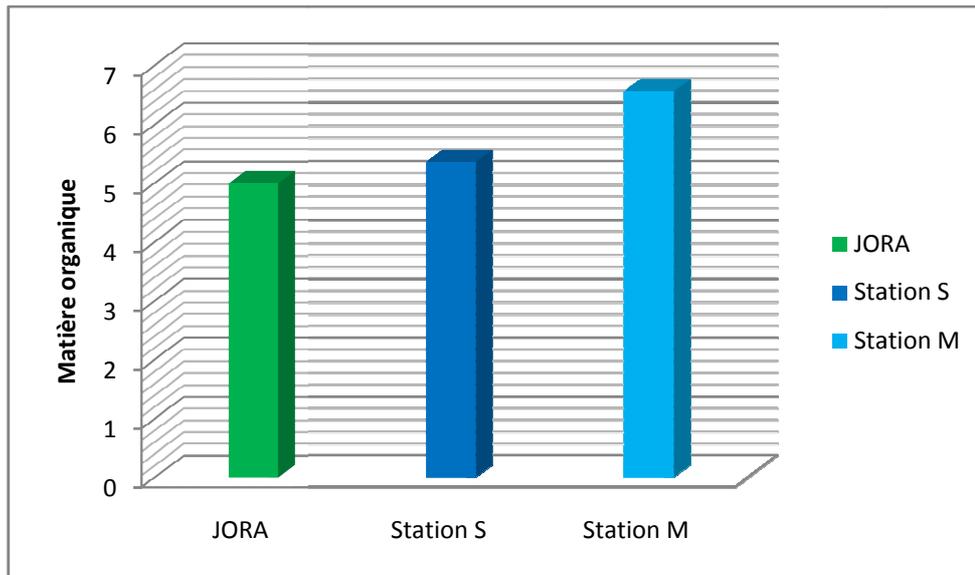


Figure n° 17: Evaluation de la matière organique dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, une teneur élevée en matière organique devra toujours faire suspecter une contamination microbienne.

III.1.2.4. Dureté totale

La dureté d'une eau traduit sa teneur globale en ions Calcium (Ca^{+2}) et Magnésium (Mg^{+2}). Elle est exprimée en degrés hydrotimétriques (**Gomella, 2015**).

A partir des résultats obtenus, la dureté totale varie entre 1073,33 mg/l observé au niveau de la station (S) et 1060 mg/l observé au niveau de la station (M).

Ces valeurs sont supérieures à la teneur préconisée (500 mg CaCO_3/l) par le **JORA (2014)** (Figure n° 18).

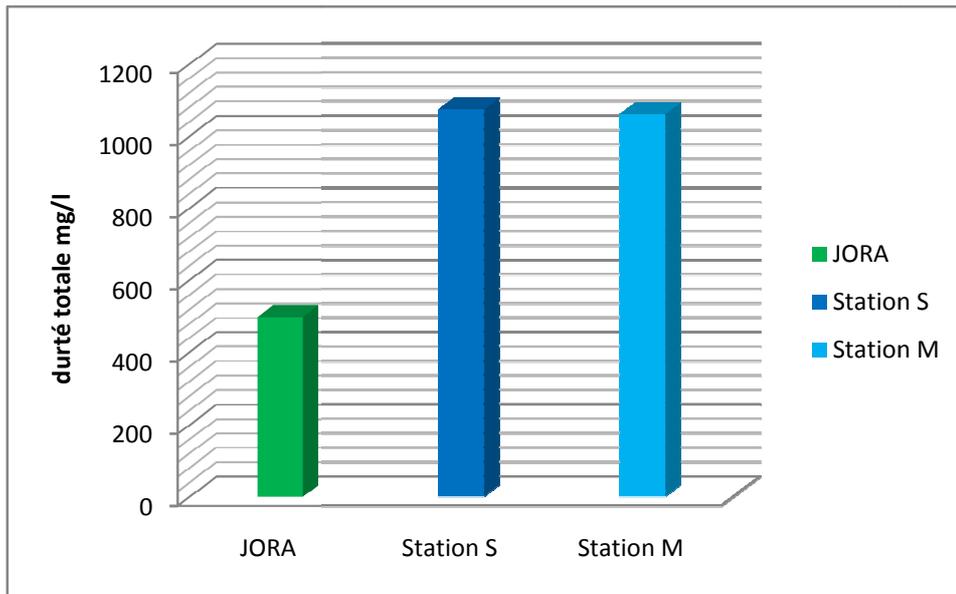


Figure n° 18: Evaluation de la dureté totale de l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, Ces eaux thermales proviennent donc des terrains calcaires et surtout de terrains gypseux et ce qui peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1 g/L de CaCO_3 .

III.1.2.5. Calcium

Le Calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

Pour l'eau étudiée, les valeurs moyennes de Calcium déterminées comprennent entre 264,52 mg/l pour la station (S) et 284,56 mg/l pour la station (M). Elles sont supérieures à la valeur préconisée par le **JORA (2014)** qui exige une concentration de 200 mg/L au maximum (Figure n° 19).

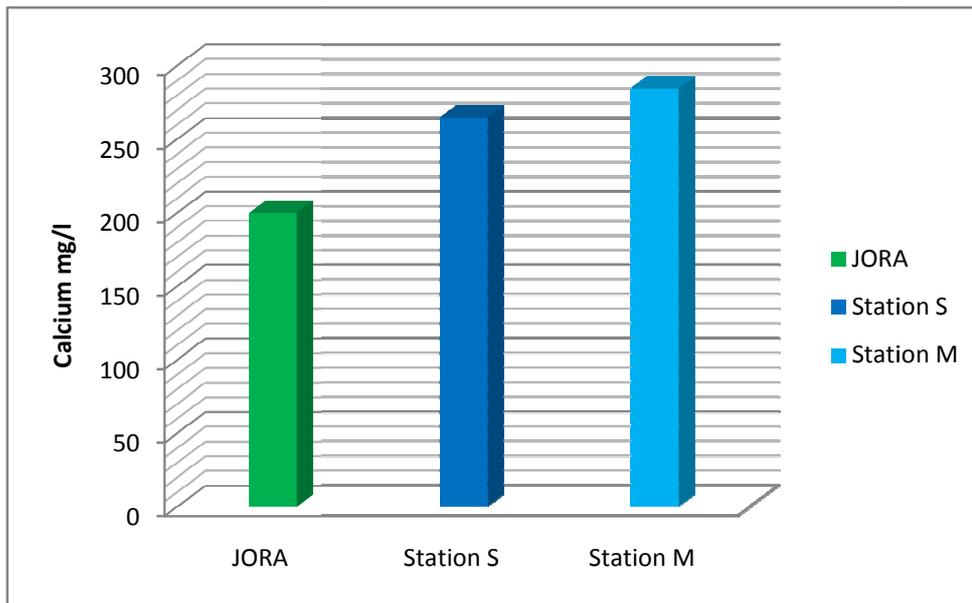


Figure n°19: Evaluation du Calcium dans l'eau par rapport à la norme.

Les eaux thermales de la station (S) et la station (M) sont très dures, Ce qui explique les concentrations élevées en ion Calcium.

Selon **Lechaari (1990)**, l'existence de cet élément dans les eaux à pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

III.1.2.6. Magnésium

Le Magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1 % de l'écorce terrestre dont la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. Sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (**Rodier et al., 2009**).

Pour nos échantillons, les valeurs moyennes des ions Magnésium varient entre 83,83 mg/l pour la station (S) et 60,09 mg/l pour la station (M) et dépassent la norme fixée par le **JORA (2011)**.

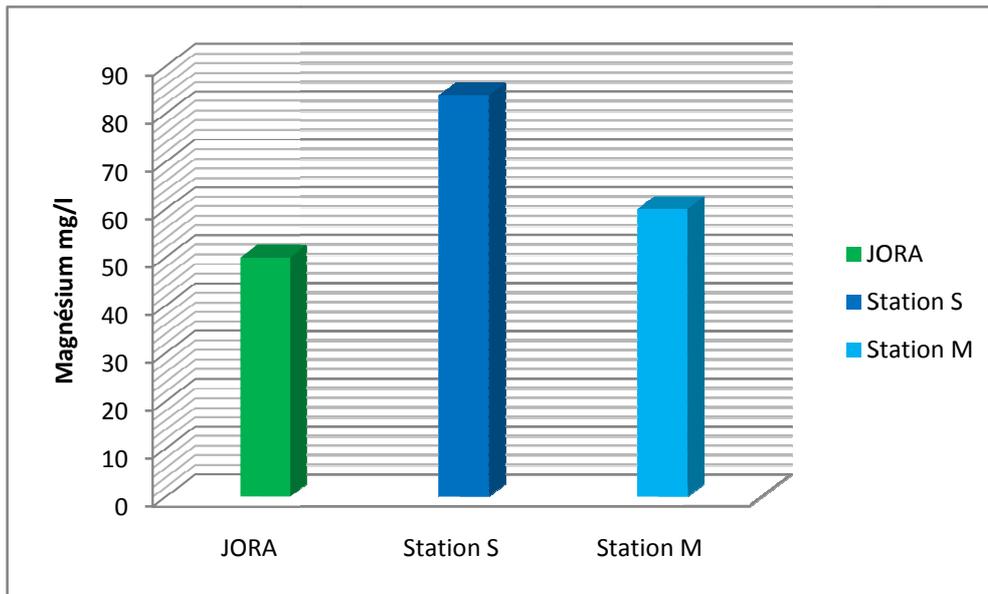


Figure n° 20: Evaluation du Magnésium dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Dib (2009)**, la variation du Magnésium dans ces eaux thermales est due à la dissolution des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une partie, et les formations salifères d'une autre partie comme les argiles et les marines qui sont riches en Mg^{+2} .

III.1.2.7. Sodium

Le Sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de Sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de Sodium et d'aluminium (**Rodier et al., 2009**).

Les teneurs en Sodium varient entre 360,08 mg/l pour la station (S) et de 456,26 mg/l pour la station (M). Ces teneurs dépassent la valeur admissible (200 mg/l) par le **JORA (2014)** (Figure n°21).

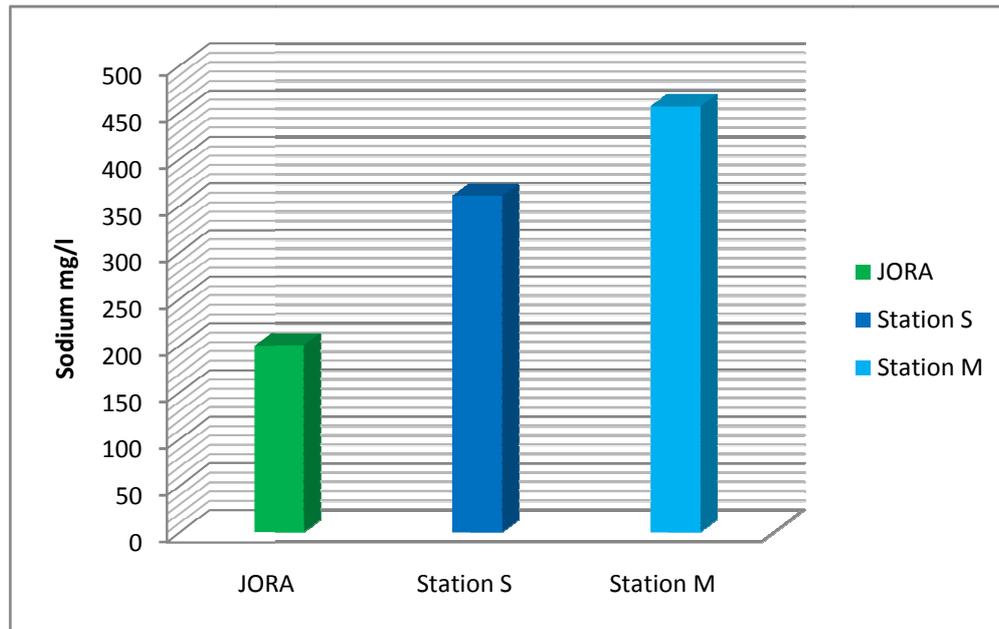


Figure n°21: Evaluation de Sodium dans l'eau par rapport à la norme

Selon **Ben Abbou et al. (2014)**, la concentration de Sodium des deux stations dépend de la concentration des Chlorures et de la Conductivité donc les fortes teneurs de Sodium peuvent suggérer la dissolution des sels de chlorures.

III.1.2.8. Potassium

Bien que dans les roches ignées, la teneur en Potassium soit presque aussi importante que celle du Sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L (**Rodier et al., 2009**).

Les teneurs en Potassium varient entre 6,94 mg/l pour la station (S) et de 4,37 mg/l pour la station (M).

Ces valeurs restent toujours conformes à la norme algérienne préconisée par le **JORA (2011)**.

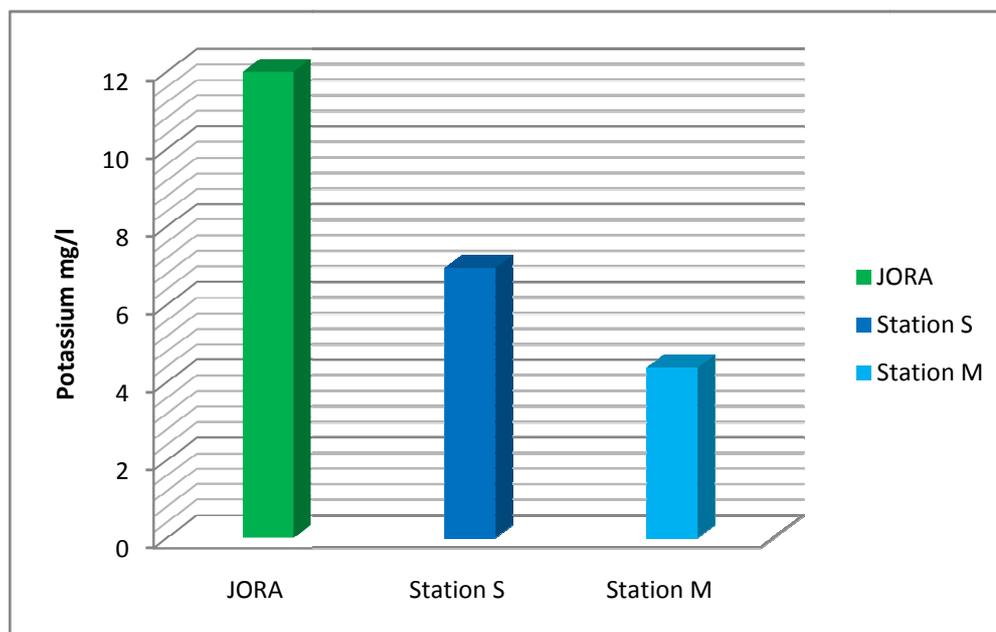


Figure n° 22 : Evaluation du Potassium dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, ces teneurs en potassium à faibles doses ne présentent pas de risque significatif.

III.1.3. Résultats des paramètres de pollution

III.1.3.1. Nitrate

Les Nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (**Belghiti et al., 2013**).

Les eaux thermales de Serguine présentent des teneurs nulles en Nitrates dans les deux stations, donc elles sont inférieures à la teneur préconisée (50 mg/l) par le **JORA (2014)** (Figure n°23).

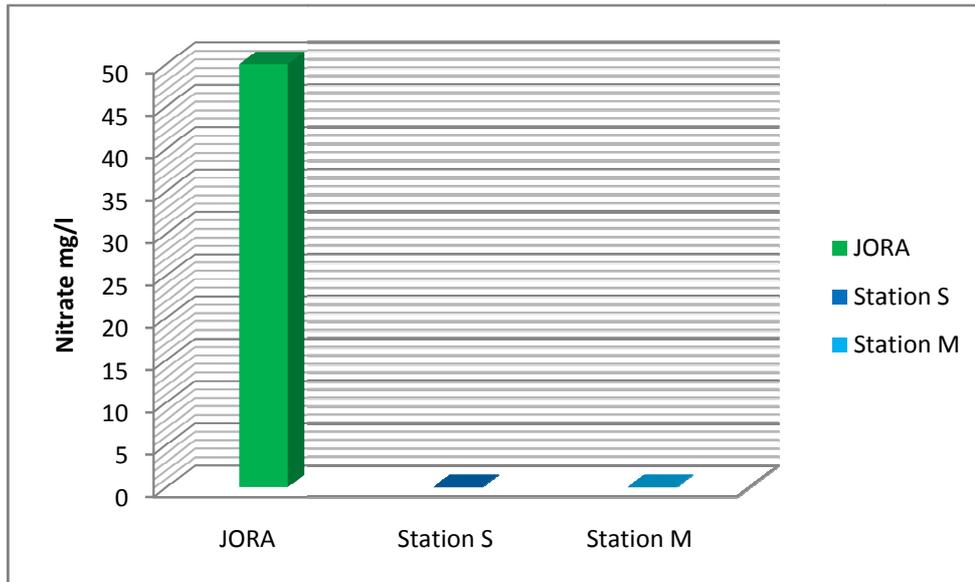


Figure n°23 : Evaluation du Nitrate dans l'eau par rapport à la norme.

A partir des résultats obtenus, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les Nitrates.

III.1.3.2. Nitrite

Les Nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des Nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (**Rodier et al., 2009**).

Le **JORA (2014)** indique une valeur maximale de 0.2 mg/L, les valeurs enregistrées des Nitrites pour les eaux étudiées des deux stations sont nulles ce qui répond aux normes (Figure n° 24).

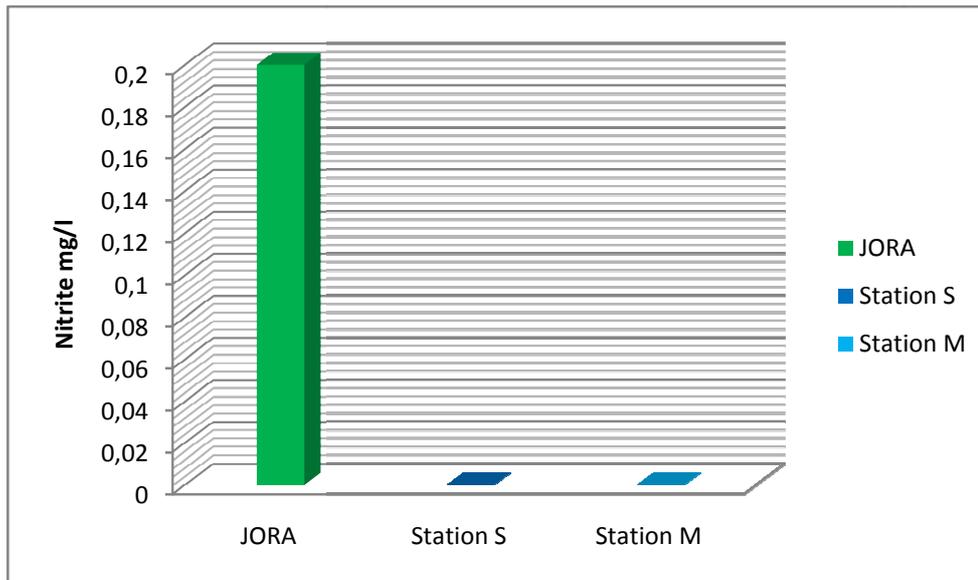


Figure n°24 : Evaluation du Nitrite dans l'eau par rapport à la norme.

La concentration des Nitrites est nulle ce qui prouve que nos sources est bien protégées des apports en Nitrites.

III.1.3.3. Sulfate

La concentration en ion Sulfate des eaux naturelles est très variable (**Rodier et al., 2009**). Ils proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse (**Belghiti et al., 2013**).

Les teneurs moyennes en Sulfates sont de l'ordre de 301 ,26 mg/l pour la station (S) et de 273,66 mg/l pour la station (M), donc elles répondent à la valeur préconisée par le **JORA (2014)** qui exige une concentration de 400 mg/L au maximum (Figure n°25).

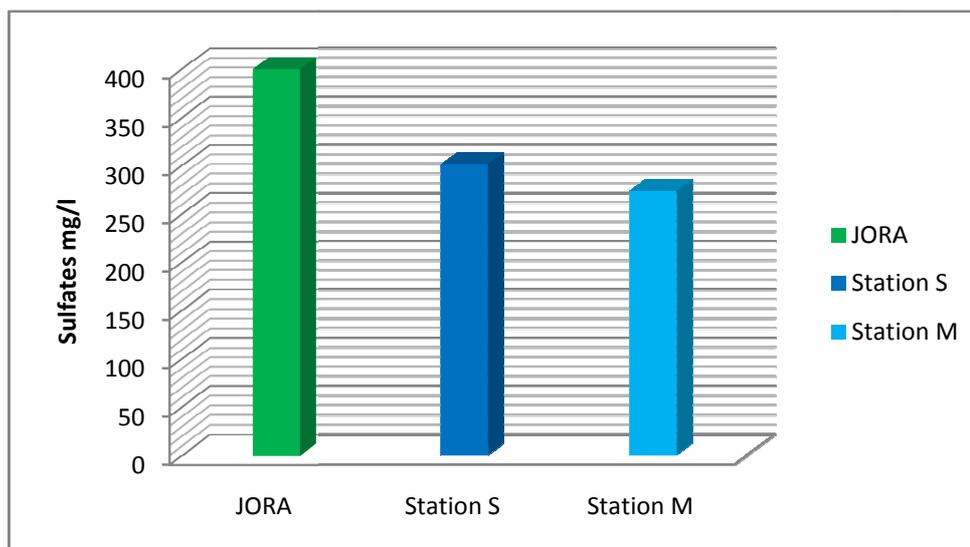


Figure n°25 : Evaluation du Sulfate dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, la concentration en ions Sulfates de ces eaux thermales, peut être largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse.

III.1.3.4. Phosphate

Les Phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (**Rodier et al., 2009**).

En ce qui concerne nos échantillons, la concentration des Phosphates est nulle. Ces valeurs restent inférieures à la norme fixée par le **JORA (2011)** qui est de 5 mg/l (Figure n°26).

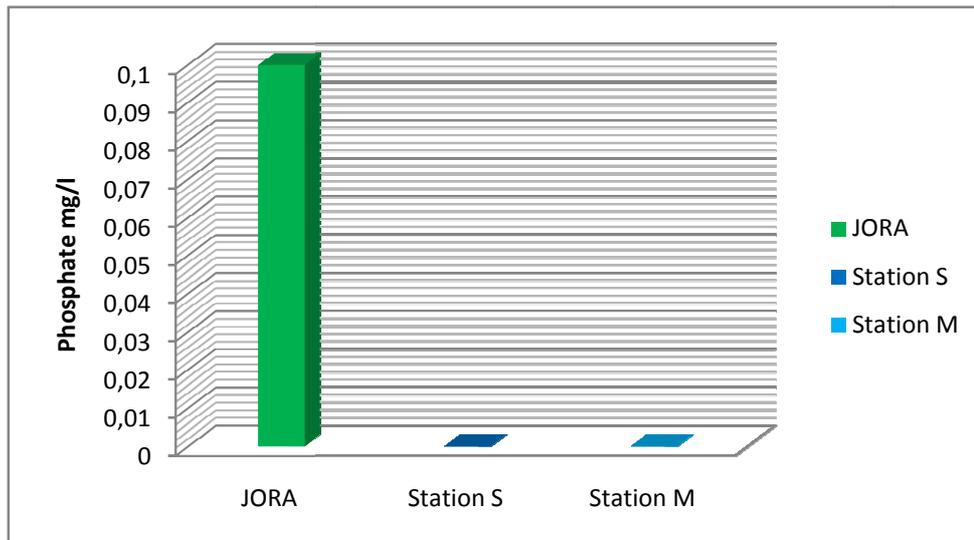


Figure n° 26: Evaluation du Phosphate dans l'eau par rapport à la norme.

Selon **Rodier et al. (2009)**, des teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution ce qui prouve que ces eaux ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les Phosphates.

III.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de Microbiologie, et consiste à la recherche des germes revivifiables, des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Clostridium sulfito-réducteurs et *Pseudomonas aeruginosa*. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant:

Tableau n°02: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau thermale de Serguine.

Paramètres	Station S	Station M	Normes Algériennes
Germes revivifiables à 37°C	15 UFC/ml	3 UFC/ml	10 UFC/ml
Germes revivifiables à 22°C	0 UFC/ml	0 UFC/ml	100 UFC/ml
Coliformes Totaux	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Coliformes fécaux	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Streptocoques fécaux	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Clostridium sulfito-Réducteurs	0 UFC/20 ml	0 UFC/20 ml	0 UFC/20 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0 UFC/ 250 ml	0 UFC/250 ml	0 UFC/ 250 ml

III.2.1. Germes revivifiables à 37°C

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de micro-organismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture (**Rodier et al., 2009**).

Les résultats obtenus varient entre 15 germes/ ml à 37 C° pour la station (S), et 3 germes /ml 37 C° pour la station (M).

La valeur des germes revivifiables est conforme aux normes algériennes (≤ 10 germes par ml à 37°C) au niveau de la station (M), par contre elle dépasse les normes au niveau de la station (S).

En ce qui concerne les germes totaux à 22 C°, ils sont absents totalement dans tous les prélèvements de l'eau analysée. Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 100 germes par ml à 22° C).

Selon **Rodier et al. (2009)**, les bactéries aérobies revivifiables à 22°C ou 36 °C ne sont pas d'origine fécale, donc ces résultats peuvent être en relation avec les composantes abiotiques tels que le sédiment, l'air, la matière organique totale.

III.2.2. Les coliformes totaux et fécaux

Chevalier. (2003), montre que les Coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux et sa présence signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (**Figarella et Leyral., 2002**).

Les coliformes totaux et fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés, ce qui conforme aux normes algériennes (0 UFC/100ml).

Ces résultats sont suffisants à confirmer qu'il y a une absence de pollution fécale dans nos échantillons.

III.2.3. Streptocoques Fécaux

Selon **Gaujous. (1995)**, ce sont des témoins de contamination fécale. Ils sont assez résistants même dans les milieux sales. Leur prolifération est due au déversement des matières organiques et des substances nutritives azotées (**Rodier et al ; 2009**).

Le test présomptif (Rothe) témoigne leur absence dans les deux stations. Ceci montre que l'eau de nos échantillons est conforme aux normes algériennes (0 UFC/100ml).

Selon **Rodier et al. (2009)**, la présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau, ceux qui s'explique l'absence totale des Streptocoques fécaux dans les eaux étudiées.

III.2.4. Clostridium sulfito- réducteurs

La recherche des Clostridium Sulfito-Réducteurs, laisse apparaître que les échantillons d'eau étudiée pour les 2 stations, ne présentent pas de micro-organismes anaérobies Sulfito-Réducteurs. Ils sont totalement absents.

Les normes algériennes prescrivent l'absence des spores d'anaérobie Sulfito-Réducteur dans 20 ml d'échantillon analysée (0 UFC/20 ml).

Selon **Mehounou et al. (2016)**, les spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les échantillons d'eau analysés indiquent leur fécalité, donc nos échantillons ne sont pas contaminés par cette flore.

III.2.5. *Pseudomonas aeruginosa*

On remarque l'absence totale de *Pseudomonas aeruginosa* dans les deux stations d'étudiées, ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

L'absence totale de *Pseudomonas aeruginosa* est due à non-contamination des sites étudiés par ces germes.



Conclusion

Les eaux thermales de la région d'étude sont fréquemment exploitées par la population. La qualité de ces eaux nécessite une attention particulière car elle peut être exposée à des contaminations de nature variées par des germes pathogènes dans les stations thermales mal entretenues.

L'étude menée au cours de ce modeste travail à pour but de caractériser les qualités physico-chimiques et microbiologiques de l'eau thermale de Serguine (wilaya de Tiaret Nord-est de la ville Ksar Chellala).

Les résultats de deux stations choisies montrent que pour certain des paramètres physico-chimiques des eaux thermales étudiées, la norme algérienne est souvent dépassée.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé que:

- Les eaux thermales de deux stations thermales sont considérées comme mésothermales ($50^{\circ}\text{C} > T > 35^{\circ}\text{C}$).
- Les valeurs du pH sont généralement proches de la neutralité, varient de 6,60 à 6,88, les variations de ce paramètre sont liées au phénomène d'effet saisonnier.
- Ces eaux chaudes possèdent une minéralisation importante (les résidus secs supérieurs à 1000 mg/l) et qui donne le faciès chloruré sodique ($\text{Cl}^- > 200\text{mg/l}$ / $\text{Na}^+ > 200\text{ mg/l}$) (**Bekkouche, 2016**).
- Les eaux thermale de la région Serguine sont minéralisées et appartient au troisième groupe des conductivités, la conductivité est moyenne variant autour de 800 $\mu\text{S/cm}$.
- Une dureté importante est varié entre 1073,33 mg/l et 1060 mg/l; donc les eaux des stations thermales étudiées sont très dures et que la composition minérale en certains éléments majeurs tels que le Calcium (264 mg/l à 285 mg/l de Ca^{+2}) peut offrir à ces dernières un bénéfice thérapeutique.

Du point de vu potabilité, l'eau thermale de la zone d'étude, présente des teneurs assez élevées en Chlorure, en Magnésium, en Sodium et en Sulfate qui dépassent largement les normes de potabilité Algériennes.

Les teneurs en Nitrate, en Nitrite et en Phosphate dans les deux stations sont nulles ; donc en l'absence de ces origines de pollution, ces eaux thermales sont pures.

Du point de vue microbiologique, les résultats obtenus montrent l'absence de tous les germes revivifiables à 22 C° et les germes témoins de contamination fécale dans les eaux thermales de deux stations telles que les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, ainsi que les germes pathogènes (*Clostridium* sulfito-réducteurs et *Pseudomonas aeruginosa*), et ce qui concerne les germes revivifiables à 37C° les deux stations présentant une charge bactérienne de 15 UFC/ml pour la station(s) et 3 UFC/ml pour la station (M).

La valeur des germes revivifiables est conforme aux normes algériennes (≤ 10 germes par ml à 37°C) au niveau de la station (M), par contre elle dépasse les normes au niveau de la station (S).

A la lumière des ces résultats, nous pouvons constater que les eaux thermales étudiées que ce soit de la station public (S) ou privé (M) sont de bonne qualité microbiologique et dépourvue de tous les germes pathogènes. L'analyse de ces eaux reste toujours nécessaire pour protéger l'utilisateur.

Nous concluons cette étude par quelques recommandations et perspectives pour la protection des eaux thermales algériennes, en général, et des stations thermales de la région en particulier.

Recommandations

- Elaborer des normes Algériennes qui permettent d'évaluer la qualité des eaux thermales.
- Assurer une bonne surveillance des stations par la réalisation des contrôles d'analyses, tout au long de l'année et par des gens spécialisés.
- Encourager des études en matière de la qualité et caractérisation des eaux thermales.
- Création d'un fichier national qui caractérise les eaux thermales algériennes.



Références bibliographiques

A

- **Abane I., (2011).** Le thermalisme en oto-rhino laryngologie (A propos de 64 cas). Thèse de Doctorat. Institut de Médecine et de Pharmacie. Université de Fès.
- **Abdoulay D., Khadijettou M., Mohamed O., (2013).** Larhyss J, n° 12, Janvier, pp. 71-83
- **AFNOR ., (2005).** Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais. Norme française **NF EN ISO/CEI 17025**. Septembre 2005 : indice de classement **X50-061**. 56p.
- **Aminot A. et Chaussepied. M., (1983).** Manuels d'analyses chimiques en milieu marin. CNEXO (COB). Brest, France. 395 p.
- **Tubs., (2018).** Map of Algeria highlighting Tiaret. (30 septembre 2011). [Carte] **In :** Wikipedia. Disponible sur : https://en.wikipedia.org/wiki/Tiaret_Province. (Consulté le 21/04/2018)
- **Kerbouche R., (2018).** Localisation de la commune Serghine dans la wilaya de Tiaret. (27/04/2012). [Carte] **In :** Wikipédia. Disponible sur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Communes_de_la_wilaya_de_Tiaret. (Consulté le 21/04/2018)
- **DB- City., (2018).** Carte et plan Serghuine. [en ligne]. (modifié le 08/07/2013). Disponible sur : [http://fr.db-city.com/--Serghine" title="Serghine">Serghine. \(Consulté le 21/04/2018\).](http://fr.db-city.com/--Serghine "Serghine")

B

- **Bekkouche M., (2009).** Caractéristiques des sources thermales de la région D'azzaba. Mémoire de Magister. Institut des Sciences de la terre. Université d'Annaba.
- **Belghiti M.L ., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., Larhyss J., (2013).**N° 12, Juin, pp.21- 36.
- **Benabbou A., Benhoussa A., Fekhaoui M., El blidi S., El Abidi A., Bounagua M., (2014).** J. Mater. Environ. Sci. 5 (1) 143-152.
- **Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour E.H., Chahboune M., Aboukacem A., (2012).** Larhyss J. 11 : 17-36.

C

- **Chapman D., (1996).** Rivers. Water quality assessments: a guide to the use of biota, Sediments and Water in Environment Monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, 609 p.
- **Chevalier P., (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.

D

- **Denis B., (2013).** Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Québec.
- **Dib I., (2009).** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de Magister. Faculté des Sciences de l'ingénieur. Université Hadj Lakhdar Batna.

E

- **El Haisoufi H., Berrada S., Merzouki M., Abbouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali Lalami A., (2011).** Rev. Microbiol. Ind. San. Environ. 5: 37-68.

F

- **Figarella J., Leyral G., (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

G

- **Gaujous D., (1995).** Pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire). Paris, 2^o éd, p: 46.
- **Gomella C., (2015).** Dureté de l'eau. Encyclopædia Universalis [en ligne]. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/durete-de-l-eau/> (Consulté le 05/05/2018).
- **Google Maps., (2018).** Situation de Serguine. [en ligne]. Disponible sur <https://maps.google.com/>. (Consulté le 21/04/2018).

H

- **Hassoune E., El Kettani S., Koulali Y., Bouzidi A., (2010).** Rev. Microbiol. Ind. San. Environn. 4: 1-21.
- **Hebert S., Legre S., (2000).** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- **Houti A., Fikri Benbrahim K., Rachiq S., Zbadi L., Belfqih R., El Ouali Lalami A., (2015).** J. Mater. Environ. Sci. 6 (12) : 3530-3538.

J

- **JORA, (2007).** Décret exécutif N° 07-69. Journal Officiel de la République Algérienne N°13, 19 Février 2007, Alger : 7.
- **JORA, (2011).** Décret exécutif N° 11-125. Journal Officiel de la République Algérienne N°18, 23 Mars 2011, Alger : 7-9.
- **JORA, (2013).** Décret exécutif N° 90- 39. Journal Officiel de la République Algérienne N°36, 13 Juin 2012, Alger : 22-24.
- **JORA, (2013).** Décret exécutif N° 90- 39. Journal Officiel de la République Algérienne N°21, 24 Juin 2012, Alger : 21-23.
- **JORA, (2013).** Décret exécutif N° 90- 39. Journal Officiel de la République Algérienne N°51, 5 Décembre 2012, Alger : 22-26.
- **JORA, (2013).** Décret exécutif N° 90- 39. Journal Officiel de la République Algérienne N°31, 31 Décembre 2012, Alger : 17-21.
- **JORA, (2014).** Décret exécutif N° 14-96. Journal Officiel de la République Algérienne N°13, 9 Mars 2014, Alger : 15-17.

K

- **Khalid A., (2005).** « Hammam Serghine- Tiaret ». El Watan. (29/06/2005). Sur le site Djazairiess. <https://www.djazairiess.com/fr/elwatan/22219>. (Consulté le 02/02/2018).

L

- **Lechaari M. B., (1990).** Contribution a l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la région d'El-Oued. Thèse d'ingénieur en hydrogéologie. Université de Constantine.

M

- **Mammeri M., (2015).** Le thermalisme de la région de Mila. Mémoire fin d'étude. Sciences Géologiques. Université de Constantine.
- **Mehounou J.P., Josse R.G., Dossou-Yovo P., Senou S.F., Toklo R.M., (2016).** J. Appl. Biosci. 103:9841 – 9853.

N

- **Nedjai R., (1987).** Etude hydrogéologie et hydrochimique des eaux thermales du centre algérien (Nord). Thèse de Doctorat. Sciences de la terre. Université scientifiques et médicale de Grenoble.

O

- **OMS, 2017.** Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. 564 p
- **Ouhmidou M., Chahlaoui A., Kharroubi A., Chahboune M., (2015).** J. Mater. Environ. Sci. 6 (6) 1663-1671.

P

- **PDAU., (2013).** Plan Directeur d'Aménagement et D'Urbanisme de la commune de Serguine.

R

- **Rodier J, Legube B, Merlet N et coll., (2009).** L'analyse de l'eau. Paris: Dunod, 9^oéd. 1579 p



Annexes

ANNEXE N°I : Matériel utilisé pour analyses physico-chimiques.

1. Verreries

- ❖ Pipettes
- ❖ Propipettes
- ❖ Fioles
- ❖ Béchers
- ❖ Capsules
- ❖ Eprouvette
- ❖ Burettes de 50ml et 100ml
- ❖ Verre de Montre
- ❖ Entonnoir
- ❖ Spatule et papier filtre

2. Appareils opératoires

- ❖ Agitateur magnétique chauffant de barreau magnétique
- ❖ Plaque chauffant
- ❖ Bain marie
- ❖ Etuve
- ❖ Dessiccateur

3. Appareils de mesure

- ❖ pH mètre
- ❖ Conductivité mètre
- ❖ Thermomètre
- ❖ Balance analytique
- ❖ Chronomètre
- ❖ Autoclave
- ❖ Spectrophotomètre
- ❖ spectrophotomètre à flamme



Figure n°01: pH mètre



Figure n°02: Conductivité mètre



Figure n°03: Thermomètre



Figure n°04: Balance analytique



Figure n°05: Etuve



Figure n°06: Spectrophotomètre



Figure n°07: Spectre à flamme

4. Produits utilisés

- ❖ Eau à analyser
- ❖ Solution de nitrate d'argent à 0,02N
- ❖ Solution chromate de potassium à 10%
- ❖ Carbonates de potassium
- ❖ Acide chlorhydrique à 0,1N
- ❖ Solution de phénophtaléine dans l'alcool à 0,50%
- ❖ Solution de méthylorange
- ❖ Solution de l'acide sulfurique à 50%
- ❖ Solution de permanganate de potassium à 0,01N
- ❖ Acide oxalique à 0,01N
- ❖ Ethylène diamine tétra acétique (EDTA) à 0,01N et à 0,02N
- ❖ Noir d'ériochrome
- ❖ Murexide
- ❖ Hydroxyde de sodium
- ❖ Acide nitrique pur
- ❖ Solution étalon de sodium /potassium à 1g/l
- ❖ Eau distillé
- ❖ Solution de salicylate de sodium 0,5%
- ❖ Tartrate double de sodium et potassium
- ❖ Solution d'hydroxyde de sodium 30%
- ❖ Acide sulfurique concentré
- ❖ Solution mère de sulfate à 1g/l
- ❖ Solution de stabilisante
- ❖ Solution de chlorure de baryum
- ❖ Acide ascorbique à 10%
- ❖ Solution de mélange

5. Préparation des solutions destinées aux analyses physico- chimiques

➤ Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.02N

- Nitrate d'argent (AgNO_3 séché)..... 0,34g
- Eau distillée.....100ml

Conserver à l'abri de la lumière

➤ Préparation de solution Chromate de potassium K_2CrO_4 10%

- Chromate de potassium K_2CrO_410g
- Eau distillée.....100ml

➤ Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 1N

- Acide chlorhydrique pure (HCL).....8,36 ml
- Eau distillé.....1000 ml

➤ Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

- Phénophtaléine.....0,5g
- Alcool éthylique.....60ml
- Eau distillée.....40ml

➤ Préparation de solution méthyle orange à 0,5%

- méthyle orange.....0.5g
- Eau distillée.....100 ml

➤ Préparation de la solution acide sulfurique 50%

- H_2SO_452,083ml
- Eau distillée.....100ml

➤ Préparation de solution permanganate de potassium 0,01N

- KMnO_4 0,32g
- Eau distillée.....1000ml

➤ Préparation de solution EDTA 0,01N

- EDTA2,9225g
- H_2O distillée 1000 ml

➤ Solution d'EDTA à 0.02 N

- EDTA5,845 g
- H_2O distillée 1000 ml

➤ Préparation de solution N.E.T

- Noir d'eriochrome T (N.E.T)0,4 g

-Alcool éthylique100ml

Conserver à l'abri de la lumière

➤ **La solution tampon est composée de**

-NH₄Cl..... 54g

-NH₄OH à 25 %.....350 ml

-Eau distillée..... 1000 ml

➤ **Préparation de solution de murexide**

-murexide0,01g

- NaCl.....5g

-Eau distillée.....50ml

➤ **Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH 0.1N**

-NaOH.....4g

-Eau distillée.....1000ml

➤ **Solution étalon de sodium ou de potassium à 1 g/L**

-Chlorure de sodium pur déshydraté2,542 g

-Eau distillée..... 1 000 ml

➤ **Solution étalon de potassium à 1 g/L**

-Chlorure de potassium déshydraté1,907 g

-Eau distillée..... 1 000 ml

➤ **Préparation solution salicylate de sodium 50%**

-salicylate de sodium.....0,5g

- Eau distillée.....100ml

➤ **Préparation de Réactif mixte**

-Sulfanilamide0,4g

-Acide phosphorique10 ml

-N-1- Naphtyl éthylène diamine0,02 g

-H₂O distillée100 ml

➤ **Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 1N**

- Acide chlorhydrique pure (Hcl)8ml
- Eau distillée.....1000ml

➤ **Tartrate double de sodium et de potassium**

- Hydroxyde de sodium NaOH40 g
- Tartrate de sodium et de potassium.....6g
- Eau distillée..... 100ml
- Laisser refroidir avant de compléter à 1000 ml

➤ **Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg /l**

- Nitrate de potassium anhydre0.722g
- Eau distillée.....1000 ml
- Chloroforme.....1ml

➤ **Solution mère de sulfate à 1 g/l à partir de Na₂SO₄**

- Peser 4.43g de Na₂SO₄..... 1000 ml d'eau distillée

➤ **Solution stabilisante**

- Acide chlorhydrique (Hcl) concentré..... 60 ml
- Ethanol 200 ml
- Chlorure de sodium (NaCl)..... ..150g
- Glycérol..... 100 ml
- Eau distillée.....600ml

➤ **Solution de chlorure de baryum BaCl₂**

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

Solution acide ascorbique a 10%

- Acide ascorbique10g
- Eau.....100ml

➤ **Préparation du mélange**

- Hepta molybdate d'ammonium tetrahydraté.....13g
- Tartrate d'antimoine de potassium hem hydraté.....0.35g
- Acide sulfurique (d=1.84 à15% environ en volume).....150 ml

ANNEXE N°II : Matériel utilisé pour analyses microbiologiques.

1. Verreries

- ❖ Pipette graduée de 10ml et 1 ml
- ❖ Pipette pasteurs
- ❖ Boîtes de pétri stériles
- ❖ Les cloches de durham
- ❖ Les flacons en verre stériles
- ❖ Flacons de 50 ml
- ❖ Les tubes à essais
- ❖ Micropipettes de 0.1 et 1 ml

2. Appareils opératoires

- ❖ Autoclave verticale standard
- ❖ Etuve
- ❖ Bain marie
- ❖ Bec bunsen
- ❖ Stérilisateur
- ❖ Réfrigérateur et glacière portative



Figure n°01 : Stérilisateur



Figure n°02 : Bain marie



Figure n°03 : Etuve de 37°C



Figure n°04 : Etuve de 28 °C



Figure n°05 : Balance



Figure n°06 : Agitateur



Figure n°07 : Autoclave

3. Les produits utilisés

- ❖ Eau de javel ou savon doux
- ❖ L'alcool Ethanol
- ❖ L'eau distillée

4. Milieux de cultures

- ❖ Gélose TGEA
- ❖ Milieu de BCPL double concentration (D/C) et simple concentration (S/C)
- ❖ Milieu Schubert
- ❖ Milieu Roth a double concentration (D/C) et simple concentration (S/C)
- ❖ Gélose Viande Foie (VF)
- ❖ Additif spécifique (la solution de sulfite de sodium et alun de fer)
- ❖ Milieu cétrimide

ANNEXE N°III: Composition des milieux de cultures

1. Milieux liquides

1.1. Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

➤ **Double Concentration (D/C)**

-L'extrait de viande de bœuf	2g
-Peptone	14g
-Lactose	10g
-Pourpre de bromocrésol 1%	0,06g
-Eau distillée	1000ml
-PH = 6.9+/-0.2	

➤ **Simple Concentration(S/C)**

-L'extrait de viande de bœuf	1g
-Peptone de caséine	7g
-Lactose	5g
-Pourpre de bromocrésol 1%	0,03g
-Eau distillée	1000ml
-PH = 6.9+/-0.2	

Autoclavage pendant 15 min à 120°C

1.2. Milieu de Schubert

-Tryptone	10g
-Peptone	10g
-Acide glutanique	0,2g
- Tryptophane	0,2g
-Sulfate de magnésium	0,7g
-Sulfate d'ammonium	0,4g
-Chlorure de sodium	2g
-Citrate de sodium	0,5g
-Mannitol	7,5g
-Eau distillée	1000ml
-PH = 7.6	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.3. Milieu de Rothe

➤ **Double Concentration (D/C)**

-Peptone de caséine	40g
-Extrait de viande	3g
-Glucose	8g
-Chlorure de sodium	8g
-Phosphate dipotassique	5,4g
-phosphate mono potassique	5,4g
-Azide de sodium	0,4g
-Eau distillée	1000ml
-PH = 6.9+/-0.1	

➤ **Simple Concentration(S /C)**

-Peptone de caséine	20g
-Extrait de viande	1,5g
-Glucose	4g
-Chlorure de sodium	4g
-Phosphate dipotassique	2,7g
-phosphate mono potassique	2,7g
-Azide de sodium	0,2g
-Eau distillée	1000ml
-PH = 6.9+/-0.1	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.4. Milieu d'Eva Litsky

-Tryptone	20 g
-Glucose	5 g
-Chlorure de sodium	5 g
-Phosphate mono potassique	2,7 g
-Phosphate di potassique	2,7 g
-Azide de sodium	0,3g
-Solution d'éthyle violet	5 g
-Eau distillée	1000ml

-PH =6,8 à 7

2. Milieux solides

2.1. Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)

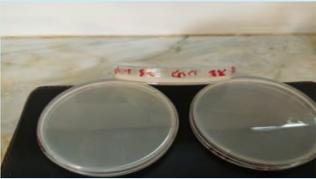
-Extrait de levure	1g
-Peptone de caséine	5g
-Glucose	1g
-Extrait de viande	3g
-Agar	18g
-Eau distillée Eau distillée	1000ml
-PH	7

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2.2. Gélose Viande Foie

-Base viande foie	20g	Dissoudre les constituants
-Glucose	0,75g	répartir en tubes ou en
-Amidon	0,75g	flacon, Autoclavage
-Sulfite de sodium	1,2g	(15min à 120 °C)
-Carbonate de sodium	0,67g	
-Agar-agar	11g	
-Eau distillée	1000ml	

ANNEXE IV: Résultats Microbiologiques

Les germes recherchés	Figures	Observations
<p>Les germes revivifiables à 22C° et à 37C°</p>		<p>Résultat négatif pour les germes revivifiables à 22C° et positif pour les germes à 37C°</p>
<p>Les coliformes totaux et fécaux</p>	 <p>Aucun trouble Aucun dégagement de gaz</p>	<p>Résultat négatif</p>
<p>Streptocoques fécaux</p>	 <p>Aucun trouble</p>	<p>Résultat négatif</p>
<p>Clostridium sulfito-Réducteurs</p>	 <p>Aucun noircissement des tubes</p>	<p>Résultat négatif</p>
<p><i>Pseudomonas aerogenosa</i></p>	 <p>Aucun développement sur les boîtes de Pétri</p>	<p>Résultat négatif</p>

ANNEXE N°V: Table MAC CREDY

Nombre le plus probable et intervalle de confiance 3-3-3

Nombre de tubes donnant une réaction positive			N.P.P. dans 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
3tubes de 10ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite Inférieure	Limite supérieure
0	0	1	03	< 0,5	9
0	1	0	03	< 0,5	13
1	0	0	04	< 0,5	20
1	0	1	07	1	21
1	1	0	07	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	09	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	361	300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800

ANNEXE N°VI : Normes de JORA (2014) de potabilité des eaux de consommation humaine.

Tableau 1 : Paramètres Physico- chimiques et microbiologiques avec valeurs limites.

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres physiques	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	$\geq 6,5$ et ≤ 9
	Température	°C	25
	Conductivité électrique à 20 °C	$\mu\text{S/cm}$	2800
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Matière en suspension	mg/l	25
	Résidu sec	mg/l	1500
Paramètres chimiques	Chlorure	mg/l	500
	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l	200
	Magnésium	mg/l	50
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfate	mg/l	400
	Phosphate	mg/l	5
	Nitrate	mg/l	50
	Nitrite	mg/l	0,2

Paramètres Microbiologiques	<i>Escherichia Coli</i>	n/100ml	0
	Bactéries sulfito- réductrices y compris les spores	n/20ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	n/ 250ml	0