



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Khemis-Miliana

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département : biologie

Filière: sciences Biologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité: Microbiologie Appliquée

Thème

**Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des
eaux thermales de Hammam Righa « Ain Defla »**

Présenté Par: M^{elle} AMRANE Manal

M^{elle} TIFOUR Hanane

Soutenance : Le 27-06-2018

Devant le Jury:

Président: Mr AOUN O.	MCA	UDB Khemis-Milana
Examinatrice : Mme TOUHARIF.	MCB	UDB Khemis-Milana
Examineur: Mr. ANSEL S.	MAB	UDB Khemis -Miliana
Promotrice: Mme AIZA A.	MAB	UDB Khemis- Miliana
Co-promotrice: Mme HALFAOUIZ.	MAB	UDB Khemis –Miliana

Année universitaire: 2017/2018.

Remerciement

*Nous tenons à remercier notre promotrice **Mme AIZA Asma**, et notre Co-promotrice **Mme HALFAOUI Zohor** qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour son encouragement, sa patience, son précieux conseil et son aide durant toute la Période du travail.*

Nos vifs remerciements à tous les membres de jurys :

***Mr AOUN.O** pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury, et de le remercier pour tout ce qu'il nous a apporté tout au long de nos études.*

***Mme TOUHARI. F** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

***Mr ANSEL.S** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions aussi l'ensemble du personnel de **L'ADE d'Ain defla**, **Mr TELMSSANI. B**, et tout le personnel de laboratoire d'analyse d'algériennes des eaux pour leur accueil, aide et gentillesse durant la période de notre stage.*

*Un grand merci pour le directeur **Mr HAJ YAHYA .N** de L'entreprise de la station thermale de Hammam Righa et tout le personnel de cet entreprise pour l'excellent accueil, les conseils et la bonne humeur.*

*Nous remercions également Madame **GUTERNI** chef département de biologie*

Nous remercions enfin tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail.



Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, mon père

Lakhedar

et ma mère

Kheira

pour leurs dévouements et leurs gentillesse qui ont été pour moi un soutien constant tout au long de ses années d'études qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde affection et reconnaissance.

A

A ma grande mère : Aicha

A

Ma très chère sœur : Chahramane

A

Mon très chers frère : Wail

A

Toute la famille AMRANE et AZOUZE

A

Ma binôme et ma chère Meilleure amie Hanane

A

Toute mes amies et la promo Microbiologie Applique

A la fin, je dédie ce mémoire à tous ceux et toutes celle qui m'ont accompagné et soutenu durant ces années d'études.

Manal



Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, mon père

Mohamed

et ma mère

kheira

pour leurs dévouements et leurs gentillesse qui ont été pour moi un soutien constant tout au long de ses années d'études qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde affection et reconnaissance.

A

A ma grande mère : Kadidja

A

Mes très chère sœurs : Naima, Fatiha , Nacira , hayet , Amina

A

Mes très chers frères : Fatah et sa femme Hamida et billal et sa femme bahia

A

Toute la famille TIFOUR et ZOUBA

A

Ma binôme et ma chère Meilleure amie Manal

A

Tous les enfants : Adem, Arwa, Assill, Anfal.,Abrar, Ghofran et Manar

A

Toute mes amies et la promo Microbiologie Applique

A la fin, je dédie ce mémoire à tous ceux et toutes celle qui m'ont accompagné et soutenu durant ces années d'études.

Hanane

Résumé :

La station thermale de hammam Righa est une station parmi les plus importantes de la région centre d'Algérie et la seule dans la wilaya de Ain Defla. Cette dernière peut être exposée à des risques de contamination par des germes pathogènes pouvant nuire à la santé des curistes. C'est dans ce cadre qu'une étude portant sur la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux a été menée.

Des prélèvements d'eau hebdomadaires ont été effectués entre 25-02-2018 et 25-04-2018, à partir de trois points (château d'eau, badge de stockage et bassin de femme) puis, ont été analysés confirment aux normes.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les paramètres recherchés répondent aux normes (**JORA 2014 et AFNOR**) sauf pour quelques paramètres dont les moyennes ont dépassés les normes tel que : la turbidité (12 NTU), la conductivité (3218,75 μ s/cm), calcium (396,66 mg/l), magnésium (64,77mg/l) et les sulfates (1024, 56 mg/l). Les nitrites pour quelques prélèvements au niveau de badge de stockage et bassin de femme avec une valeur maximale de 0,24 mg/l et le fer au niveau de château d'eau avec une moyenne de (1,18 mg/l).

Les analyses microbiologiques de l'eau thermale ont montré l'absence de germes pathogènes au niveau du château d'eau. Par contre, une contamination par la flore mésophile et des coliformes totaux a été observée au niveau du badge de stockage et du bassin des femmes, ceci pourrait être dû à un manque d'entretien de ces points d'eau. Ces derniers méritent une meilleure prise en charge et un contrôle régulier afin d'assurer le bien-être des curistes.

Mots clés : eau thermale, Hammam Righa, contrôle, physico-chimique, microbiologique.

Summary:

Hammam Righa spa is one of the most important resorts in the central region of Algeria and the only one in the wilaya of Ain Defla. The latter may be exposed to the risk of contamination by pathogenic germs that may be detrimental to the health of the patients. It is in this context that a study on the physicochemical and bacteriological quality of these waters was conducted.

Weekly water withdrawals were carried out between 25-02-2018 and 25-04-2018, from three points (water tower, storage badge and basin of the women) and then analyzed according to the standards.

The results of the physico-chemical analyzes showed that the required parameters meet the standards (JORA 2014 and AFNOR) except for some parameters whose averages exceeded the standards such as: turbidity (12 NTU), conductivity (3218.75 μ s / cm), calcium (396.66 mg / l), magnesium (64.77 mg / l) and sulphates (1024, 56 mg / l). Nitrites for some samples at the level of storage badge and women's basin with a maximum value of 0, 24 mg / l and iron at water tower level with an average of (1.18 mg / l).

Microbiological analyzes of the thermal water showed the absence of pathogenic germs in the water tower. On the other hand, a contamination by the mesophilic flora and total coliforms was observed at the level of the storage badge and the basin of the women, this could be due to a lack of maintenance of these water points. These deserve better care and regular control to ensure the well-being of guests.

Key words: thermal water, Hammam Righa, control, physicochemical., microbiological.

ملخص:

المحطة المعدنية لحمام ريغة هي واحدة من أهم المنتجعات في المنطقة الوسطى للجزائر والوحيدة في ولاية عين الدفلى. قد يتعرض هذا الأخير لخطر التلوث من الجراثيم المسببة للأمراض التي قد تكون ضارة لصحة المرضى. في هذا السياق أجريت دراسة حول الجودة الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لهذه المياه.

أجريت عمليات سحب المياه الأسبوعية بين 2018-02-25 و 2018-04-25م ثلاث نقاط (برج الماء, حوض التخزين ومسبح النساء) ثم تم تحليلها وفقاً للمعايير.

أظهرت النتائج أن المعايير الفيزيائية والكيميائية مطابقة للمعايير الجزائرية AFNOR, باستثناء بعض التحاليل حيث تجاوزت القيم المتوسطة المعايير في جميع مستويات أخذ العينات مثل: التعكر (12 NTU), التوصيل (3218.75 ميكروسيمنس/سم) الكالسيوم (396,66 ملغ/ لتر), المغنيزيوم (64,77 ملغ/ لتر) والكبريتات (1024.56 ملغ / لتر). النيتريت بالنسبة لبعض العينات على مستوى حوض التخزين ومسبح النساء بقيمة قصوى تبلغ 0,24 ملغ / لتر والحديد عند مستوى برج الماء بمتوسط قدره (1.18 ملغ / لتر).

أظهرت التحاليل الميكروبيولوجية للمياه الحرارية عدم وجود جراثيم مسببة للأمراض في برج الماء. علي عكس حوض التخزين و مسبح النساء فقد وجدت ملوثات من نوع النباتات المزيفة والقولونيات الكلية وهذا يمكن أن يكون نتيجة لعدم صيانة هذه النقاط المياه. هذه تستحق رعاية أفضل والتحك مالمنتظم لضمان رفاهية السياح .

الكلمات المفتاحية: المياه الحرارية,حمام ريغة,مراقبة ,الكيمياء الفيزيائية,الميكروبيولوجية.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
pH	Potentiel d'Hydrogène
M .org	Matière organique
HCO3-	Hydrogénocarbonates
µs/cm :	micro-siémens par centimètre
NTU	unité de turbidité de néphélogéométrie
EDTA	sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique
N.E.T	noir d'Eriochrome T
CF	coliformes fécaux
CT	coliformes totaux
ENT	Entérocoque
ASR	anaérobies Sulfite-réducteurs
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia Coli</i>
GMT	Germe mésophile totale
BEA	gélose a la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium
VF	viande foie
UFC	unité formant colonie
ABS	Absence
ADE	algérienne des eaux
OMS	organisation mondial de la santé
CH. Eau	Château d'eau
B. stockage	Badge de stockage
B. femme	Bassin de femme
JORA	Journal officiel de République algérienne
ISO	International Standard Organisation

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Carte géographique de Hammam Righa.....	15.
Figure 02 :Photo de forage.....	17.
Figure 03 : Principe stations d'échantillonnage.....	19.
Figure 04 : Multiparamètre.....	21.
Figure 05 : Turbidimètre et cuve de turbidimètre.....	22.
Figure 06 : Dosage de l'ammonium.....	23.
Figure 07 : Dosage de nitrite	24.
Figure 08 :Dosage de nitrate.....	25.
Figure 09 : Dosage de phosphate.....	26.
Figure 10 :Dosage de matière organique.....	27.
Figure 11 :Dosage du calcium.....	28.
Figure 12 : Dosage du magnésium.....	28.
Figure 13 : Dosage du Sodium/Potassium.....	30.
Figure 14 : Dosage du chlorure.....	31.
Figure 15 : Dosage de Sulfate.....	32.
Figure 16 : Dosage du Carbonate / Bicarbonate.....	32.
Figure 17 : Dosage du fer	33.
Figure 18 : Technique de membrane filtrée.....	34.
Figure 19 : Recherche des coliformes.....	35.
Figure 20 : Recherche des Entérocoques.....	37.
Figure 21 : Recherche des anaérobies Sulfite- réducteur.....	38.
Figure 22 :Recherche des germes révéifiable a 22C et 37C.....	38.
Figure 23 :Recherche de Pseudomonas.....	39.
Figure 24 : Variation de la température de l'eau thermale des différents points d'échantillons.....	40
Figure 25 : Variation de PH de l'eau thermale au niveau des différents points de prélèvements.....	41.
Figure 26 : Variation de turbidité de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	42.
Figure 27 : Variation de conductivité de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	43.
Figure 28 : Variation de l'ammonium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	44.

Figure 29: Variation de nitrite de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	45.
Figure 30: Variation de nitrate de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	46.
Figure 31: Variation de phosphate de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	47.
Figure 32: Variation de matière organique de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	48.
Figure 33: Variation de calcium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	49.
Figure 34: Variation de magnésium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	50.
Figure 35: Variation de sodium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	51.
Figure 36: Variation de potassium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	52.
Figure 37: Variation de chlorure de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	53.
Figure 38: Variation de sulfate de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	54.
Figure 39: Variation de carbonate de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	55.
Figure 40: Variation de bicarbonate de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	55.
Figure 41: Variation de fer de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.....	56.
Figure 42: Dénombrement des coliformes au niveau de badge de stockage.....	57.
Figure 43 : Dénombrement des coliformes au niveau de bassin de femme.....	58.

LISTE DES TABLEAU

Tableau 01 : Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation.....	04.
Tableau02 : Eaux minérales et orientations thérapeutiques essentielles.....	05.
Tableau 0 3 : Classes de turbidité usuelle (NTU, néphélobimétrie turbidité unit).....	09.
Tableau 04: classification des eaux d'après leur pH.....	10.
Tableau 05 : caractéristiques des forages.....	17.
Tableau 06: Les différentes dates de prélèvements de l'eau thermale.....	18.
Tableau 07 : Résultats des analyses microbiologique au niveau du château d'eau.....	57.
Tableau08 : Résultats des analyses microbiologiques au niveau de badge du stockage	58.
Tableau09 : Résultats des analyses microbiologique au niveau de bassin de femme	59.

TABLE DES MATIERES

- Remerciement
- Dédicace
- Résumé
- Liste de l'abréviation
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Table des matières
- Introduction générale.....01.

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur les eaux thermales	02.
I.1.Historique.....	02.
I.2.Définitions des eaux thermales	02.
I.3.Notion de thermalisme.....	02.
I.4.Différent stations thermales médicalisés.....	03.
I.5.Caractérisations des eaux thermales.....	03.
I.6.les bienfaits des cures thermales	05.
I.7.Géomorphologie.....	07.
I.8. Situation géographique des stations thermales.....	07.
II. Recherche des indicateurs de surveillance.....	08.
II.1.Paramètres organoleptiques.....	08.
III.1.1.couleur.....	08.
III.1.2.Odeur.....	08.
II.2.Paramètres physico-chimiques.....	09.
II.2.1.Les paramètres physiques.....	09.
II.2.1.1.Température.....	09.
II.2.1.2.Turbidité	09.
II.2.1.3.Conductivité électrique.....	09.
III.2.1.4. Résidu sec.....	09.
II.2.2.Les paramètres chimiques.....	10.
II.2.2.1.pH (potentiel Hydrogène).....	10.
II.2.2.2.l'oxygène dissous	10.

II.2.2.3.minéralisation globale.....	10.
II.2.2.4.Calcium Ca^{2+}	11.
II.2.2.5.Magnésium Mg^{2+}	11.
II.2.2.6.Sodium Na^{+}	11.
II.2.2.7.Potassium K^{+}	11.
II.2.2.8.Chlorure Cl	11.
II.2.2.9.Sulfate SO_4^{2-}	12.
II.2.2.10.Phosphate PO_4^{3-}	12.
II.2.2.11.L'ammonium NH_4^{+}	12.
II.2.2.12.Nitrite NO_2	12.
II.2.2.14.Nitrate NO_3	12.
II.2.2.15.Métier organique.....	12.
II.2.2.16.Le fer	13.
II.3.paramètre microbiologique.....	13.
II.3.1Les germes totaux à 22°C et 37°C	13.
II.3.2.Les coliformes totaux.....	13.
II.3.3.les coliformes thermo tolérants	14.
II.3.4Les entérocoques.....	14.
II.3.4.Les Clostridium Sulfito Réducteur.....	14.
II.3.5. Pseudomonas.....	14.

Partie expérimentale

III.Matériel et méthodes

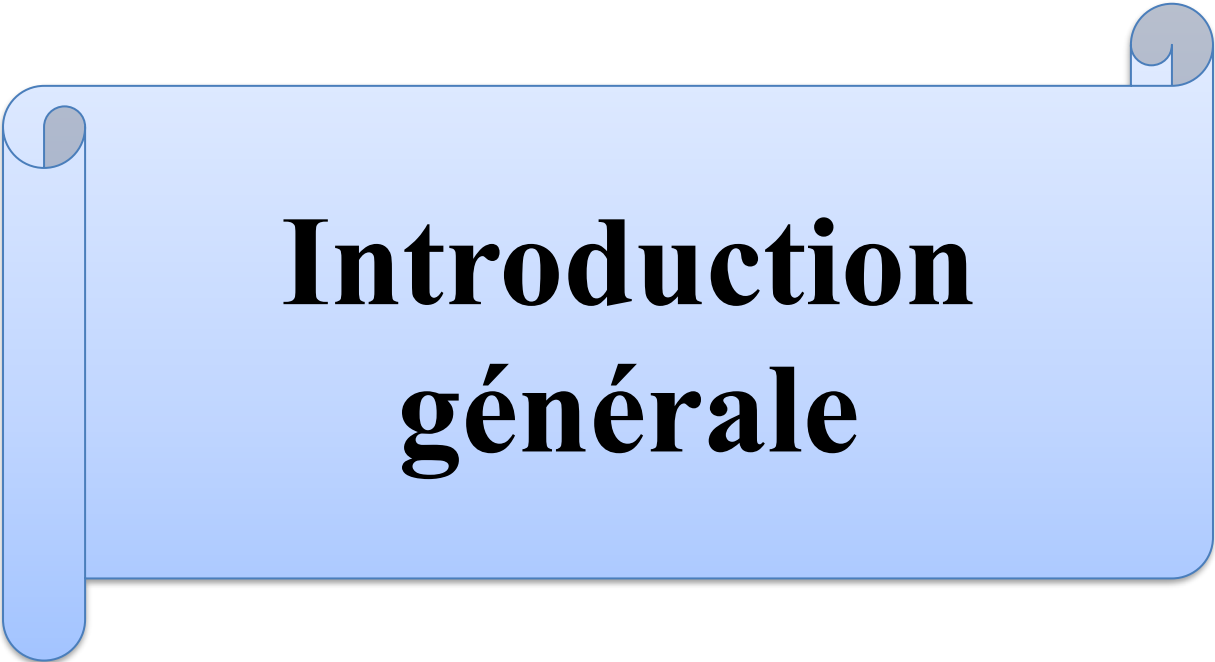
III.1. Description de la zone d'étude.....	15.
III.1.1.Situation géographique	15.
III.1.2.Climatologie	15.
III.1. 3.Géologie et hydrogéologie de site.....	16.
III.1.4 Capacités des réserves d'eaux est quantités consommés.....	16.
III.2.Refroidissement des eaux.....	17.
III.3.Installation du matériel et infrastructure existante.....	17.
III.4.Objectif de l'étude	18.
III.5.Lieu et période de l'étude	18.
III.6.Echantillonnage.....	18.
III.7..Technique de prélèvement	19.
III.8.Transport et conservation.....	20.

III.9. Mesure des paramètres physico-chimiques	20.
III.9.1. Paramètre physiques	20.
III. 9.1.1. Température.....	20.
III.9.1.2. Mesure de PH et de Conductivité.....	20.
III.9.1.3. Turbidité.....	21.
III.9.2. Paramètre chimique	22.
III.9.2.1. Détermination des paramètres des pollutions.....	22
III. 9.2.1.1. Dosage de l'ammonium NH_4^+	22.
III. 9.2.1.2. Dosage de nitrate NO_3^-	23.
III.9.2.1.3. Dosage de Nitrite NO_2^-	24.
III.9.2.1.4. Dosage de phosphate PO_4^{3-}	25.
III. 9.2.1.5. Dosage de matière organique	26.
III. 9.2.2. Minéralisation globale	27.
III. 9.2.2.1. Dosage du Calcium Ca^{2+} et du Magnésium Mg^{2+}	27.
III. 9.2.2.2. Dosage du sodium Na^+ /potassium K^+ par photomètre a flamme	29.
III. 9.2.2.3. Dosage du chlorure (Cl^-) par méthode de Mohr	30.
III.9.2.2.4. Dosage de sulfate SO_4^{2-}	31.
III. 9.2.2.5. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)	32.
III. 9.2.3. Détermination de l'élément indésirable	33.
III.9.2.3.1. Dosage du fer.....	33.
III.10. Analyses microbiologique	34.
III.10.1. principe de membrane filtré.....	34.
III.10.2.. Recherche et dénombrement des coliformes par filtration sur membrane	35.
III. 10.2.1.. Test confirmatif pour la recherche des coliformes totaux	36.
III.10.2.2.. Test confirmatif pour la recherche des coliformes fécaux	36.
III. 10.3. Recherche et dénombrement des entérocoques.....	36.
III.10.3.1. Teste confirmatif pour la des entérocoques.....	36.
III.10.4. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs.....	37.
III.10.5. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 22 et 37°C.....	38.
III.10.6. Recherche de Pseudomonas.....	39.

IV. Résultats et discussions :

IV.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques.....	40.
IV.2. Résultats et discussions des paramètres physiques.....	40.
IV.2.1. Température.....	4

IV.2.2.PH	41.
IV.2.3.Turbidité.....	42.
IV.2.4.Conductivité.....	42.
IV.3. Résultats et discussions des Paramètre chimique	43.
IV.3.1. Résultats et discussions des paramètres des pollutions	43.
IV.3.1.1.L'Ammonium NH_4^+	43.
IV.3.1.2.Nitrate NO_3^-	44.
IV.3.1.3.Nitrite NO_2^-	45.
IV.3.1.4.Phosphate PO_4^{3-}	46.
IV.3.1.5.Matière organique	47.
IV.3.2. Résultats et discussions de minéralisation globale	48.
IV.3.2.1.Calcium Ca^{2+}	48.
IV.3.2.2.Magnésium Mg^{2+}	49.
IV.3.2.3.Sodium Na^+	50.
IV.3.2.4.Potassium K^+	51.
IV.3.2.5.Chlorure Cl^-	52.
IV.3.2.6.Sulfate SO_4^{2-}	53.
IV.3.2.7. Carbonate / bicarbonate	54.
IV.3.3.Résultat et discussion de paramètre indésirable	55.
IV.3.3.1.Fer	55.
IV.4.Résultats et discussions des analyses des paramètres bactériologiques	56.
IV.4.1.Résultats et discussions des analyses bactériologiques au niveau du château d'eau.....	57.
IV.4.2.Résultats et discussions des analyses bactériologiques au niveau de badge de stockage.....	58.
IV.4.3.Résultats et discussions des analyses bactériologiques au niveau de bassin de femme.....	59.
• Conclusion.....	61.
• Recommandation.....	62.
• Références bibliographiques	
• Annexe	



Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

La richesse de l'Algérie en eaux thermales, minérales et thermo-minérales est connue depuis bien longtemps et l'efficacité de ces eaux est bien établie (Mekebret, 2017).

A l'heure actuelle, les risques sanitaires dans les établissements thermaux deviennent des enjeux majeurs, que ce soit d'un point de vue de la santé publique mais aussi d'un point de vue économique (Decker, 2006).

Les recherches scientifiques menées sur les eaux thermales sont d'un grand intérêt. En effet, ces recherches basées sur diverses disciplines scientifiques, ont permis d'apprécier le phénomène du thermalisme (qui a été jusqu'à un temps récent considéré comme phénomène surnaturel) comme phénomène naturel et de définir l'origine des eaux dites thermales ainsi que leurs zones d'alimentation et leurs processus d'acquisition de la température et de la minéralisation (Athamena, 2006).

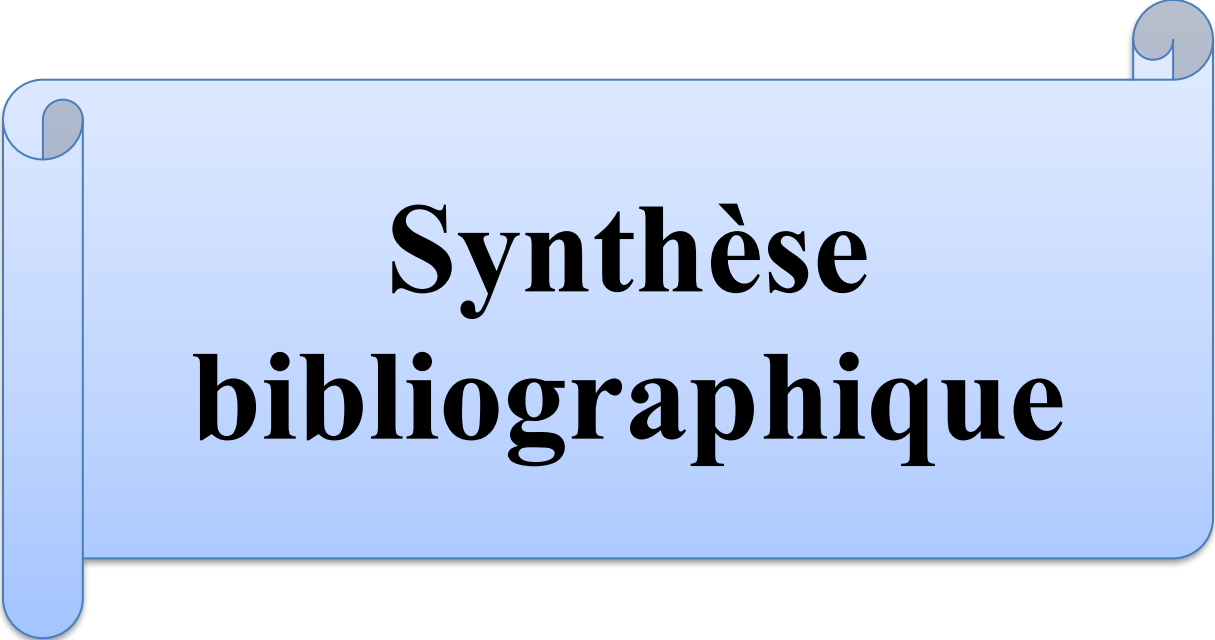
Les premiers travaux scientifiques sur le thermalisme en Algérie ne furent effectués qu'en 1823, et que fut, mise en place la première réglementation en vigueur portant sur des données médicales précises (Mammeri, 2015).

Certaines eaux minérales de sources thermales sont utilisées comme bains thérapeutiques pour guérir certaine maladie. La composition physico-chimique d'une eau minérale naturelle lui confère des propriétés favorables à la santé. En effet, elle est liée à son parcours souterrain, à sa profondeur, au temps de transit et à la variété des roches du sous-sol. Ainsi, la profondeur exerce un effet sur la température alors que le temps de transit affecte la minéralité (Houti et al., 2015).

Une eau minérale naturelle est caractérisée non seulement par la stabilité de sa composition physico-chimique mais également par sa pureté originelle jugée par la pureté microbiologique vis-à-vis de germes pathogènes

Notre étude porteur sur la station thermale de Hammam Righa, c'est une station très appréciée par les curistes pour ses qualités climatiques et son territoire verdoyant et boisé. C'est une étude préliminaire au niveau de la station thermale.

Afin de prévenir le risque sanitaire lié à l'utilisation de ces eaux auprès des curistes, nous avons entrepris ce travail qui a pour objectif de caractériser les facteurs physico-chimiques et microbiologiques des eaux thermales de la station thermale de Hammam Righa pour une meilleure prise en charge des curistes dans cette station.



Synthèse bibliographique

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur les eaux thermales :

I.1. Historique :

Les eaux thermales ont toujours intéressé les êtres humains pour leur bienfait thérapeutique. Les sculptures découvertes dans les régions des hammams indiquent que bien avant l'époqueromaine, des établissements balnéaires existaient à ces endroits. Mais ce sont surtout les romains qui ont le mieux développé les techniques de captation et de canalisation des eaux thermales (Mekebret, 2017).

En effet les romains accordaient une importance très particulière aux sources thermales, très souvent ils construisirent leurs sites autour de ces sources, comme c'est le cas pour les sites suivants : *Aquaecalidae* (Hammam Righa) ; *Aquaesirenses* (Hammam Bouhanifia) ; *Aquaechibilitanae* (Hammam Meskoutine).

Les sources thermales furent aussi bien exploitées par les arabes, en effet, très souvent des sources portent le nom d'un marabout qui a vécu dans la région comme hammam Bouhadjar qui doit son nom au marabout Sid Ahmed Bouhadjar.

Les Turcs aussi très amateurs des bains chauds construisirent dans les villes plusieurs bains avec des installations permettant le stockage de l'eau de source. Pendant l'époque coloniale les français construisirent des hôpitaux thermaux autour des sources pour y soigner les blessés et convalescents. Aujourd'hui, comme dans le passé, les stations thermales sont très sollicitées par les algériens pour divers traitements d'ordre rhumatologique, dermatologique et psychiatrique (Ouali, 2008).

I.2. Définition des eaux thermales :

Une eau thermale est tout d'abord une eau minérale naturelle, c'est-à-dire une eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter des propriétés favorables à la santé. Elle contient des minéraux, sels et gaz susceptibles d'agir efficacement sur la santé.

L'eau minérale naturelle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, et témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée.

Une eau thermale est, par définition, une eau minérale chaude. Dans le langage courant, on appelle « eau thermale » toute eau minérale dotée de propriétés thérapeutiques et utilisée au sein d'un établissement thermale (Geze, 2006).

I.3. Notion de thermalisme :

Le thermalisme est une thérapeutique médicale, mise en œuvre sur prescription médicale, qui utilise les eaux minérales et leurs dérivés selon de multiples modalités d'application. Pour guérir ou soulager des personnes souffrant d'affections diverses (Roque, 2007).

La médecine thermale est naturelle par définition, c'est une médecine douce, complémentaire et qui constitue une alternative aux autres soins médicaux (Roque, 2007).

I.4. Différentes stations thermales médicalisées :

Synthèse bibliographique

Parmi les nombreuses stations thermales qui existent en Algérie, huit seulement sont médicalisées, il s'agit des stations thermales : Hammam Bouhanifia (Mascara), Hammam Bouhadjar (Ain Temouchent), Hammam Boughrara (Tlemcen), Hammam Rabbi (Saida), Hammam Righa (Ain Defla), Hammam Guergour (Setif), Hammam Salhin (Biskra), Hammam Meskoutin (Guelma). Ces stations thermales sont gérées par la société algérienne de thermalisme et sont conventionnées avec les différentes caisses de sécurité social (CNAS, Casnos, Caisse militaire) .

Les établissements disposent de structures d'accueil et d'équipements adéquats ainsi que d'un encadrement médical et paramédical qualifié pour prodiguer les soins basés sur les méthodes scientifiques de la crénothérapie aux différents malades et curistes. Les autres stations thermales éparpillées à travers le territoire national enregistrent par contre un déficit dans les infrastructures d'accueil, elles sont surtout sollicitées par les curistes pour les bains thermaux traditionnels (**Ouali, 2008**).

I.5. Caractérisations des eaux thermales :

Il existe plusieurs manières de classer les eaux minérales, selon que l'élément considéré comme principal tell que la température de l'eau, la teneur en minéraux, on la composition en minéraux(**Schwenke, 2007**).

I.5.1. Selon le degré de la chaleur :

Bien que le mot "thermale" évoque l'idée de chaleur, toutes les eaux ne sont pas chaudes. Selon leur température, les eaux ne seront pas utilisées de la même manière, d'où l'utilité de cette classification :

- ✚ Les eaux froides ont une température comprise entre (7 et 15°C). Leur utilisation thérapeutique est réservée à l'usage interne (les cures de boisson, dont l'usage est principalement digestif, urinaire, et métabolique).
- ✚ Les eaux méso-thermales ont une température comprise entre (25 et 34°C). Généralement de minéralisation faible, elles sont utilisées pour les bains prolongés.
- ✚ Les eaux hyperthermales ont une température comprise entre (48 et 81°C). Elles sont le plus souvent radioactives, propriété qui peut être utilisé en crénothérapie (**Schwenke, 2007**).

I.5.2. Selon leur minéralisation :

Les eaux thermales ont une teneur en sels minéraux très variable, ce qui leur confère des propriétés différentes. Ces minéraux permettent une classification en fonction de leur teneur, obtenue après déshydratation à 180°C(Tableau01)(**Schwenke, 2007**).

Synthèse bibliographique

Tableau 01 : Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation.

Eau	Teneur en sels minéraux
Très faiblement minéralisé	< 50 mg/l
Faiblement minéralisée = oligo-minérale	50 mg/l < [c] < 500 mg/l
Moyennement minéralisée	500 mg/l < [c] < 1 000 mg/l
Minéralisée	1 000 mg/l < [c] < 1500 mg/l
Fortement minéralisée	> 1500 mg/l

Source :(Schwenke, 2007)

I.5.3. Selon leur concentration en ions :

Les anions et cations contenus dans les eaux thermales sont représentés en quantités variables. Il est néanmoins difficile d'établir une classification rigoureuse car les paramètres sont souvent associés, et une même eau peut appartenir à plusieurs familles: en effet, elle peut contenir plusieurs ions dominants (Schwenke, 2007).

Des profils d'eaux dites « mixtes » seront alors établis :

I.5.3.1. Les eaux sulfurées:

La présence des cations, calcium et sodium essentiellement, permet de les subdiviser en eaux sulfurées calciques, sodiques ou mixtes.

L'émission d'hydrogène sulfuré permet à ces eaux (ou au gaz séparément recueilli) d'être utilisées pour leurs propriétés antibactériennes notamment sur les muqueuses de l'appareil respiratoire et également pour leur action antirhumatismale (incorporation possible du soufre dans les cartilages lésés)(Burille, 2006).

I.5.3.2. Les eaux sulfatées :

Ce type d'eau se caractérise par sa température et minéralisation qui sont variables. Elles peuvent être classées comme : calciques, sodiques et magnésiques : elles ont une importante action laxative. Elles sont également indiquées pour lutter contre les affections dermatologiques. On distinguera les eaux.

- ✚ **Sulfatées calciques** : Elles sont indiquées dans des affections du rein et dans certaines maladies métaboliques.
- ✚ **Mixtes (calcique et magnésienne)** : Elles sont aussi indiquées pour le traitement des eczéma, des séquelles et cicatrices des brûlures comme elles sont indiquées pour les affections veineuses(Bekkouche, 2016).

I.5.3.3. les eaux chlorurées : Les ions chlorures sont dominants (supérieur à 250 mg/l) associés le plus souvent au sodium (au moins 200 mg/L).

Les eaux sodiques fortes sont dites aussi chaudes, la dissolution de sel dans d'anciens dépôts lagunaires peut faire atteindre le seuil de saturation de l'eau, soit 300 g/L. Les eaux sodiques faibles, dites aussi froides, sont minéralisées seulement à quelques grammes par litre d'eau. Ces

Synthèse bibliographique

eaux sont très corrosives pour les matériaux métalliques. Elles sont beaucoup utilisées en rhumatologie, du fait de leur température optimale pour le corps humain (Schwenke, 2007).

I.5.3.4. les eaux bicarbonate : peuvent être sodiques, calciques, mixtes, polymétalliques, elles sont généralement gazeuses, c'est à dire qu'elles comportent la présence de gaz carbonique (> 250 mg/l). Elles sont utilisées pour leur teneur en bicarbonate de sodium dans certaines affections de l'appareil digestif et pour l'action vasodilatatrice du gaz carbonique dans les maladies artérielles obstructives périphériques (Burille, 2006).

I.5.3.5. les eaux Ferrugineuses : eau qui contient une forte teneur en fer, bien qu'elles soient accompagnées généralement de bicarbonates ou de sulfates.

Elles sont indiquées dans des cas d'anémies sidéropénique et d'autres types d'anémies, puisque ce type d'eau est considéré comme reconstituant. Les eaux ferrugineuses sont indiquées en cas d'obésité, de rhumatismes, d'affections hépatiques, biliaires et pour certaines affections dermatologiques, ainsi que pour des bouleversements du développement infantile (Bekkouche, 2016).

I.6. les bienfaits des cures thermales :

Le thermalisme est organisé autour des orientations médicales : rhumatologie, voies respiratoires, phlébologie, dermatologie, neurologie etc.....

Ces orientations sont principalement liées à la nature des produits thermominéraux présents et exploités dans la station, mais aussi aux compétences et techniques de soins développées et mises en œuvre sur chaque site. Sur le tableau 02, on présente les éléments essentiels, mais non exhaustifs de cette classification (Rouque, 2007).

Tableau 02 : Eaux minérales et orientations thérapeutiques essentielles

Eaux	Orientations
Sulfurées	Rhumatologie ORL Respiratoire
Sulfatées	Neurologie Rhumatologie Dermatologie Stomatologie
Chlorurées sodiques	Rhumatologie Gynécologie Pédiatrie
Bicarbonatées	Digestif Diabète Phlébologie Rhumatologie
Bicarbonatées et chlorurées	Respiratoire Rhumatologie Dermatologie Stomatologie Pédiatrie
Oligo-minérales	Urinaire Phlébologie Rhumatologie

Source : (Rouque, 2007)

Les bienfaits des cures sont multiples, nous citerons :

✚ **En rhumatologie**, les cures thermales s'appliquent à toutes les affections rhumatologie chronique ainsi qu'aux séquelles de transmission ostéo-articulaire.

L'arthrose, tout particulièrement la gonarthrose, la coxarthrose, l'arthrose digitale mais également les lombalgies, peuvent être une indication à des cures thermales.

Les rhumatismes inflammatoire, qu'il s'agisse de la polyarthrite rhumatoïde, du rhumatisme psoriasique peuvent également être des indications (Roque, 2007).

Synthèse bibliographique

- ✚ **En photologie respiratoire**, asthme, bronchite chronique, rhino-sinusite chronique, otite chronique ou récidivante, pharyngite chronique sont les affections les plus emblématiques. Les patients bénéficient principalement de techniques de humage, inhalations, aérosols, lavage, exercice respiratoire(**Roque ,2007**).
- ✚ **En phlébologie** : les douches au jet améliorent la circulation veino-lymphatique, la régule (effet phlébodynamique) et à forte pression provoque une décontraction musculaire et un drainage tissulaire (élimination de l'œdème) (**Bekkouche, 2016**).
- ✚ **En dermatologie** : les bains, les douches, les pulvérisations, les applications de produits dermocosmétiques, massages permettent de lutter contre un bon nombre de dermatoses chroniques, au premier rang desquelles, se trouvent le psoriasis et dermatite atopique chronique. La cure thermique est également très profitable pour les brûlés dont elle contribue à favorise une cicatrisation harmonieuse(**Roque, 2007**).
- ✚ **En gynécologie** : les cures réduisent la douleur au premier stade du travail pendant l'accouchement. L'immersion dans l'eau est bien tolérée par les femmes qui en sont au premier stade de travail, et cette intervention engendre des réductions de la douleur et de la prise d'analgésique(**Asselin, 2006**).
- ✚ **En neurologie** : la cure est utilisée en cas de traumatisme crânien, maladie de Parkinson, sclérose en plaques, d'hémiplégie consécutive à un accident vasculaire cérébral ou lors de séquelles d'encéphalite, de névrite ou d'encéphalite chronique (**Bekkouche, 2016**).
- ✚ **Affections psychosomatique** : dans les maladies psychiatriques, la cure est indiquée en cas des dépressions, de troubles du sommeil et de sevrage médicamenteux. Les douches thérapeutiques sont pratiquées par un psychiatre (**Bekkouche, 2016**).
- ✚ **Maladie cardio – vasculaires** : les bains et les douches, associées à du gaz thermal augmentent le calibre des vaisseaux sanguins, améliorent et régulent la circulation sanguine (vaso-réflexe, vasodilatation). Le couloir de marche permet d'effectuer une rééducation active des membres inférieurs (**Bekkouche, 2016**).
- ✚ **Affection des muqueuses buccales**: (parodontopathies, stomatites chroniques, intolérances aux prothèses, aphoses...) sont améliorées par les bains buccaux, les douches et autres soins de bouche(**ROUQUE 2007**).
- ✚ **En pathologie digestive et urinaire**, longtemps l'essentiel du traitement fut la cure de boisson (cure interne), complétée pour le tube digestif par une mise en contact de l'eau thermique et de la muqueuse digestive (goutte à goutte rectal., entéroclyse notamment). On y associe des pratiques externes de massage du cadre colique, de bains généraux, de douches, de cataplasmes abdominaux ou lombaires. Les colopathies fonctionnelles, les

Synthèse bibliographique

séquelles d'amibiase sont les indications digestives essentielles ; les infections urinaires chroniques et la lithiase rénale, les indications urinaires, principales. Au plan métabolique, diabète non insulino-dépendant, obésité, surcharge pondérale, dyslipidémies constituent le champ d'intervention où les techniques thermales doivent être complétées par de l'exercice et de l'éducation du patient(**Rouque2007**).

✚ **Troubles du développement de l'enfant** : les différentes techniques thermales utilisées calment la douleur, stimulent et sont proposées dans le cadre d'une prise en charge globale de l'enfant (psychologique et éducation sanitaire) (**Bekkouche, 2016**).

I.7. Géomorphologie : l'Algérie est l'un des plus vastes de d'Afrique et le plus vaste du Nord du continent. (**Ouali, et al ; 2007**).ce pays est divisé par l'atlas des sud en deux unités structurales importantes, (**Fekraouiet Abouriche ,1999**), cette classification sera précisée une fois que la carte des perméabilités sera achevée. IL apparaît clairement que la répartition des sources thermales est en relation avec la perméabilité des terrains.

I.8. Situation géographique des stations thermales :

Les sources thermales sont réparties sur la presque totalité du nord algérien.

L'inventaire fait état de l'existence de plus de deux cents (200) sources dont la température varie de 22 °C à 96 °C. Ce sont surtout les régions du Nord - Est et celle du Nord - Ouest qui comptent le plus grand nombre de sources. Les débits et les caractéristiques géochimiques de ces sources sont très incomplets. (**Fekraoui et Abouriche, 1999**).

Synthèse bibliographique

II. Recherche des indicateurs de surveillance :

II.1. Paramètres organoleptiques :

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement. Certaines odeurs peuvent par exemple disparaître pendant le transport ou l'aspect de l'échantillon se modifiera au cours du stockage (apparition d'une coloration ; de précipités,.....etc.)(**Rodier et al., 2005**).

II.1.1. couleur :

La couleur est un paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface). Être une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages,... etc. Avoir une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures)(**Mokeddem et Ouddane, 2005**).

II.1.2. Odeur :

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. Une eau naturelle doit être inodore. En effet, tout est un signe de pollution ou de la présence de matières organique en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler(**Rodier et al., 2005**).

II.2. Paramètres physico-chimiques :

Ces Paramètres globaux et/ou spécifiques permettent de définir la destination de l'utilisation de l'eau à laquelle on la destine. On peut les différencier en deux groupes :

- ✓ **Les paramètres physiques** : ils concernent la turbidité et la conductivité.
- ✓ **Les paramètres chimiques** : il existe un grand nombre de déterminations possibles destinées :
 - ✚ Soit à donner des paramètres globaux tels que le titre alcalimétrique complet, la minéralisation totale et le taux de matières organiques.
 - ✚ Soit à connaître la nature des éléments minéraux dissous dans l'eau, tels que les phosphates, les silices, les carbonates, les sulfates, le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium, etc.....
 - ✚ Soit à mettre en évidence certains éléments rares : zinc, nickel, cobalt, etc.....
 - ✚ Soit à rechercher des éléments nuisibles : plomb, arsenic, sélénium, chrome, cyanures, nitrates, fluorures, etc. (**Rodier et al., 2005**).

II.2.1. Les paramètres physiques :

Synthèse bibliographique

II.2.1.1. Température :

C'est une caractéristique physique importante. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde (Abdesselem, 1999).

II.2.1.2. Turbidité :

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes). Etant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées ; l'unité céphalométrique de turbidité ou NTU (Joël, 2003).

Tableau 0 3 : Classes de turbidité usuelle (NTU, néphélogéométrie turbidité unit).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	EAU trouble

(Source Joël, 2003)

II.2.1 .3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm² et distantes l'une de l'autre de 1 cm. La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), le bicarbonate (HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Hamed et al., 2012).

II.2.1.4. Résidu sec :

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles, (le taux des éléments minéraux) suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Berne., Jean., 1991).

II.2.2. Les paramètres chimiques :

II.2.2.1. pH (potentiel Hydrogène) :

Synthèse bibliographique

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire, de la concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est, acide ou basique (tableau n°3). Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (**Deville et al., 2005**). Ce paramètre est d'une grande importance dans l'activité biologique. Sa mesure s'effectue sur place par évaluation exacte à l'aide d'un pH mètre. Un pH acide ou basique est un signe direct de pollution (**Rodier et al., 1986**).

Tableau 04 : classification des eaux d'après leur pH.

pH<5	Acidité forte
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
3,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH= 8	Alcalinité forte, évaporation intense

(**Rodier et al., 1986**)

II.2.2.2. l'oxygène dissous :

Parmi les gaz dissous, l'oxygène est celui qui joue le rôle le plus important dans la qualité biotique des eaux. Indispensable à la respiration des organismes, il facilite la dégradation des matières organiques détritiques et l'accomplissement des cycles biochimiques. L'oxygène présent dans les eaux est le résultat d'échanges entre l'atmosphère et la surface de l'eau ainsi que de l'activité photosynthétique (**Alizieu, 1989**).

II.2.2.3. Titre alcalimétrique :

La détermination de TA et du TAC permet d'évaluer la teneur en hydrogénocarbonate, en carbonate et en hydroxydes alcalins et alcalinoterreux. La décoloration de la phénolphtaléine se produit dès que le pH est inférieure à 8,3 ; c'est-à-dire lorsque l'anhydride carbonique à l'état libre commence à apparaître dans solution. (**Rodier et al., 2009**).

II.2.2.4. minéralisation globale :

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium. Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Il y a bien sûr des variations saisonnières et d'une année à l'autre (**Hamed et al., 2012**).

II.2.2.5. Calcium Ca^{2+} :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à

Synthèse bibliographique

l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure, etc. (Catherine, 2009).

II.2.2.6. Magnésium Mg^{2+} :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable pour la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau (Rodier, 1996).

II.2.2.7. Sodium Na^+ :

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il faut qu'il ne dépasse pas 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable (Tardat, 1992). Le sodium est dosé par spectrophotométrie (spectrophotomètre à flamme).

II.2.2.8. Potassium K^+ :

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas des inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium (Rodier, 1996).

II.2.2.9. Chlorure Cl^- :

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines :

- ✚ Percolation à travers des terrains salés.
- ✚ Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- ✚ Activités humaines et industrielles.

Une présence excessive de chlorure dans l'eau, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes.

Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent, en présence de chromate de potassium (Berne, 1972).

II.2.2.10. Sulfate SO_4^{2-} :

Synthèse bibliographique

Elles sont rencontrées sous forme de sulfates de magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. A fortes concentrations, ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable(**Paul, 1998**).

II.2.2.11. Phosphate PO_4^{3-} :

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.) (**Tardat, 1992**).

II.2.2.12. L'ammonium NH_4^+ :

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium(NH_4^+)et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) (**Gaujour, 1995**).

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la Forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température (**Rodier, 1996**).

II.2.2.13. Nitrite NO_2^- :

Les nitrites NO_2^- proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l) d'eau, constitue un risque de pollution qui peut nuire à la santé(**Boualem, 2009**).

Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et l'Algérie et des doses inférieures à 1 mg/l pour l'OMS(**Boualem, 2009**).

II.2.2.14. Nitrate NO_3^- :

Les nitrates NO_3^- présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultat de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formés est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote(**Schuddeboom, 1993**).

II.2.2.15. Matière organique :

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui peut augmenter après chloration. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique (**Berneet Jean, 1991**). Selon la classification de (**Rodier ,1996**) :

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2mg/l.

Synthèse bibliographique

- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4mg/l.

II.2.2.16. Fer :

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amenés. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air(**Rodier, 1996**).

Le fer de l'eau ne présente aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur)(**Rodier, 1996**).

II.3. Paramètres microbiologiques :

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau sont très variés, leur nature dépend de celle de l'eau analysée ; eau de captage ou distribution, eau de traitement ou de circuits industriels, eaux résiduaires, ces micro-organismes sont classés en trois types :

1. Les germes typiquement aquatique : ce sont des bactéries (*vibrions, Pseudomonas...*).
2. Les germes telluriques : ce sont des bactéries sporulées (*bacilles, Clostridium...*) ou appartenant aux germes streptomycetes et des spores fongiques.
3. Les germes de pollution humaine ou animale : ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale (*E-coli, salmonelles et streptocoques fécaux...*)(**Berne, 1972**).

On peut également rencontrer dans l'eau des parasites (kystes d'amibes) et des virus (poliomyélite, virus des hépatites virales)(**Berne, 1972**).

II.3.1 Les germes totaux à 22°C et 37°C :

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliment polluée par une eau contenant des micro-organismes pathogène. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles. Responsable de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra (**Rodier,1996**).

II.3.2. Les coliformes totaux :

Il s'agit des bacilles gram négatifs (BGN) non sporulé oxydase négative aérobies ou anaérobie facultatifs. Capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels(**Leyral, 2002**).

Cette catégorie correspond à des espèces se trouvant naturellement dans l'eau parce que faisant partie de la flore autochtone et provenant d'un apport tellurique ou végétal sans signification sanitaire. Il s'agit notamment des germes *Serratia fonticola*, *Enterobacter intermedium*, *Klebsiella terrigena*, *Buttiauxellaagrestis* et du groupe d'espèces *Enterobacter agglomerans*. En l'absence de traitement de désinfection et d'indicateurs de contamination fécale, il est nécessaire

Synthèse bibliographique

de confirmer la présence de ces coliformes et de suivre l'évolution de leur population dans le temps pour en tirer des informations sur le biotope naturel de ces souches ou sur l'origine superficielle de la ressource(Leyral, 2002).

II.3.3. les coliformes thermo-tolérants :

Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais peuvent se développer à 44°C. Ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de *E.coli* qui produit de l'indole à partir du tryptophane. Fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques. Leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente(Leyral, 2002).

II.3.4 .Les entérocoques :

Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase (Rodier 1996).

Ce groupe est aussi considéré comme un bon indicateur spécifique de la contamination fécale. Le fait que les entérocoques intestinaux survivent plus longtemps dans le milieu naturel par rapport aux *E. coli*, peut constituer un avantage de ce groupe si l'on cherche à identifier une contamination fécale ancienne (Elattiffi el Ouadrassi ,2011).

II.3.4. Les Clostridium Sulfito-Réducteur :

Les Clostridium Sulfito-réducteurs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne. Ils sont résistants aux conditions défavorables grâce a la sporulation ils sont des bactéries anaérobies strictes, sporulé, Gram positif réduisent les sulfites et dont la plupart des espèces sont mobiles(Gregorio, 2007).

II.3.5.Pseudomonas :

Pseudomonas est un bacille aérobie à Gram négatifs, oxydase positifs(Ghafir ,2007). C'est un germe ubiquitaire très répandu dans l'environnement qui vit habituellement à l'état de saprophyte dans l'eau, les sols humides ou à la surface des végétaux. Il se présente sous forme de bâtonnets droits, de 1 à 3 µm de long et de 0,5 à 1 µm de large, non sporulé et rendu mobile, par une ciliature polaire, de métabolisme strictement respiratoire(Lesne et al., 2004).L'espèce la plus importante est *Pseudomonas aeruginosa*, agent pathogène opportuniste, c'est le germe-type des infections hospitalières ou nosocomiales(Avril et al., 1992).

Son origine peut être humaine et éventuellement fécale. Sa mise en évidence dans les eaux souterraines peut traduire une contamination par des eaux superficielles(El attiffi el Ouadrassi ,2011).

De son caractère pathogène opportuniste qui se manifeste sous des formes variées et qui représente une menace, en particulier pour la santé d'une certaine catégorie de personnes (immunodéprimés, jeunes enfant, femmesenceintes, personne âgées ou atteintes d'affliction grave chronique au métaboliques, hématologiques ou cancéreuses ou encore présent des

Synthèse bibliographique

plaies des brûlures) notamment lors d'inhalation d'aérosols ou de contact avec les muqueuses oculaires ou des téguments lésés

- de sa résistance à certains antibiotiques ;
- de sa capacité à se multiplier en milieu humide sur des substrats très variés ;
- de la difficulté à éliminer cette bactérie lorsqu'elle colonise des réseaux ou d'autres installations. (Avril *et al.*, 1992 et El Attifi et Ouadrassi, A, 2011).



Partie expérimentale

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes :

III.1 Description de la zone d'étude :

III.1.1.Situation géographique :

- ❖ Hammam Righa se situe dans la wilaya de Ain defla à 100km au Sud-ouest d'Alger et à 30 km à l'est de Miliana, à 640 m d'altitude, elle est limitée par :
 - Les Monts de Tiberranine au Nord.
 - La ville d'Ain Bénien au Sud.
 - Les Monts du Zaccar à l'Ouest.
 - La ville de Boumedfaa à l'Est.

- ❖ LA zone de hammam righa est circonscrite entre.
 - Les parallèles : 36° 25' 00" Nord et 36° 19' 00" Nord.
 - Et entre les méridiens : 2° 08' 00 Est et 2° 26' 00 Est.

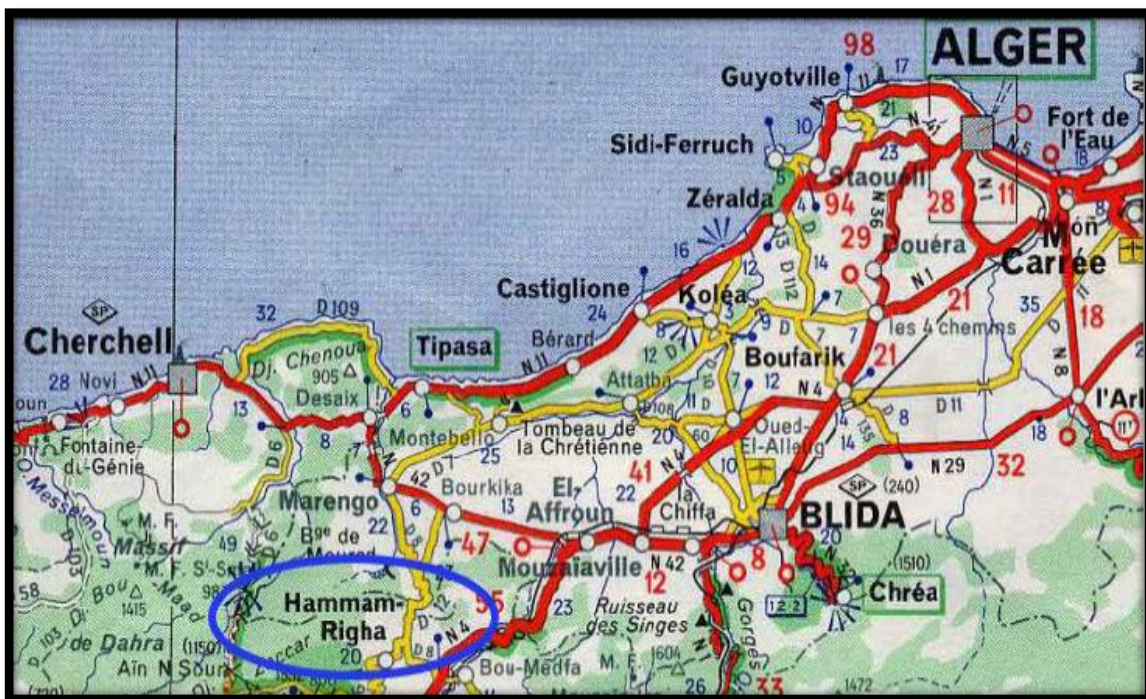


Figure 01: Carte géographique de Hammam Righa

III.1.2.Climatologie :

La région de Hammam Righa jouit d'un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux. Les précipitations, sous forme de pluie principalement, débutent en octobre et se continuent jusqu'en mai, avec un maximum en février. La zone de Hammam Righa reçoit une précipitation annuelle légèrement supérieure à 700 mm. La température moyenne annuelle est de 18°C; la valeur moyenne minimale correspond au mois

Matériel et méthodes

de janvier (13°C) alors que le mois de juillet atteint une valeur moyenne maximale de 26°C (Boucareb *et al.*, 2012).

III.1.3. Géologie et hydrogéologie du site :

La zone des sources thermales de Hammam Righa est localisée près de la bordure du bassin miocène appelé aussi bassin de Hammam Righa et de Boumedfaa. Elle est séparée du massif du Zaccar Chergui par la dépression de l'oued el **Hammam** (Bouchareb *et al.*, 2012).

L'étude géologique révèle l'existence des niveaux aquifères potentiels dont le plus important est représenté, dans le Zaccar Chergui, par les calcaires fissurés du Jurassique, fortement minéralisés et intensément karstifiés. Description et carte géologique au 200.000^e du massif de Miliana. Ces calcaires reposent sur les séries schisto-quartzitiques primaires imperméables et constituent un réservoir important dont le niveau statique est voisin de la côte 700 m. Cet aquifère alimenté par infiltration des précipitations à raison de 7 L s⁻¹ km⁻², a un débit de 200 L/s pour une surface d'affleurement des calcaires de 30 km². Contribution à l'estimation des potentialités hydriques du massif du Zaccar Chergui, Alger: Institut National des Ressources Hydriques, Note interne, rapport de mission. En direction de Hammam Righa, les calcaires jurassiques disparaissent en profondeur sous les terrains du Crétacé et du Miocène.

Pour l'alimentation en eau thermale de la station de Hammam Righa, quatre forages de reconnaissance de 35 et 65 m de profondeur ont été réalisés en 1968 par l'entreprise GEMP, au droit et place des anciennes sources. Ces forages ont traversé les travertins et les terrains du Miocène. Le premier et le troisième ont rencontré des venues d'eau chaude jaillissante à 68°C. Leur débit était respectivement de 3,69 et 3,66 L/s et la transmissivité, *T*, était estimée à 10⁻⁴ m²/s. Actuellement, après une longue période d'exploitation, seul le premier forage (S1) est artésien et son débit n'est plus que 2,5 L/s. Près de celui-ci, les autres forages (S2) et (S3) ont des débits de l'ordre de 1 L/s.

III.1.4. Capacités des réserves d'eaux et quantités consommés :

L'entreprise dispose actuellement deux forages, le premier a été réalisé en 1975, le second en 2004 à 80 mètres de profondeur chacun.

Le premier forage fonctionne à l'aide d'une pompe immergée avec un débit de 36m³ /heure, la température de l'émergence est de 68°C. Le seconde fonctionne avec une pompe verticale avec un débit de 40m³/heure avec une température à l'émergence de 69°C. (Tableau n°3).

L'entreprise possède deux réservoirs d'eau (château d'eau) avec une capacité de stockage évaluée à 200 m³ chacune et deux autres d'une capacité de stockage de 150m³ chacune.

Matériel et méthodes

Tableau 05 : caractéristiques des forages.

Caractéristiques forages	Forage n°1	Forage n°2
Profondeur du forage	80m	80m
Température	68°C	69°C



Figure 02:Photo des forages.

III.2.Refroidissement des eaux :

Le refroidissement des eaux fait recourt à un system simple consiste à stoker l'eau dans une piscine semi olympique (badge de stockage) pour un refroidissement avec une capacité de stockage évaluée de 1125m³, à une température estimée à 42°C.

III.3.Installation du matériel et infrastructure existante :

- ✚ Un bloc de hammam composé de 7 salles de bain équipées d'une baignoire individuelle et de douche.
- ✚ Une salle de jet.
- ✚ Deux salles d'attente séparées par un long couloir.
- ✚ Un hall.
- ✚ Une salle rééducation fonctionnelle équipée de matériels de phytothérapie
- ✚ Un sauna pour 03 personnes d'origine finlandaise.
- ✚ Un bureau de médecin expérimenté.
- ✚ Une salle de soins occupée par une infirmière.
- ✚ Un kinésithérapeute. Un agent technique de soins de message.



Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

III.4. Objectif de l'étude :

Les eaux thermales font l'objet de divers contrôles et analyses, afin de vérifier leur qualité physico-chimique et microbiologique et s'assurer qu'elles sont adaptées à un usage thérapeutique. C'est dans ce contexte, que nous avons réalisé cette étude qui a pour but de déterminer les paramètres physico-chimique et microbiologique de l'eau thermale de Hammam Righa.

III.5. Lieu et période de l'étude :

Cette étude a été réalisée au niveau de la station thermale de Hammam Righa, sur une période s'étalant de (25 février au 25 avril 2018).

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE) unité d'Ain defla.

III.6. Echantillonnage :

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matière en suspension, etc.....) (**Rodier et al., 2005**).

Un nombre de 8 prélèvements a été réalisé à une fréquence de 1prélèvement /semaine. Ils sont répartis sur trois points différents de la station. (Tableau 4).

❖ **Tableau 06:** Les différentes dates de prélèvements de l'eau thermale :

Nombre des prélèvements	Date de prélèvements
Prélèvement n°1	25-02-2018
Prélèvement n°2	04-03-2018
Prélèvement n°3	11-04-2018
Prélèvement n°4	18-04-2018
Prélèvement n°5	25-03-2018
Prélèvement n°6	01-04-2018
Prélèvement n°7	08-04-2018
Prélèvement n°8	15-04-2015

Les différents niveaux de prélèvements sont : le château d'eau n°1, badge de stockage et bassin de femmes. ils sont présentés dans la (figure n° 06).



Château d'eau Badge de stockage



Bassin de femme

Figure 03 : Principe stations d'échantillonnage

III.7. Technique de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donné.

Ainsi, les prélèvements ont été effectués en respectant les modalités décrites par (**Rodier et al., 2005**) dont la manipulation doit s'effectuer dans les meilleures conditions d'asepsie.

La quantité d'eau nécessaire à analyser est de 1 litre (flacons en verre) pour les analyses physico-chimiques et de 500 ml (flacons en verre) pour les analyses bactériologiques.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Au moment du prélèvement pour des analyses chimiques, les flacons seront rincés 2 à 3 fois avec l'eau à analyser, puis remplis jus qu'au bord.

Matériel et méthodes

Pour les analyses bactériologiques, des flacons en verre sont stérilisés par chaleur humide à l'autoclave à 120 C pendant 20 min (voir l'annexe I et II)(Rodier et al., 2005).

III.8. Transport et conservation :

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans les flacons après les prélèvements, c'est pourquoi toute analyse microbiologique n'a de chance d'être représentative que si elle est réalisée le plus tôt possible. Si la durée de transport dépasse une heure et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C.

Un délai maximum de 8 heures est généralement recommandé entre les opérations de prélèvements et d'analyse. La conservation au laboratoire se fait aussi à 4°C.

III.9. Mesure des paramètres physico-chimiques :

III.9.1. Paramètres physiques :

III.9.1.1. Température :

- ❖ **Principe :** La température est mesurée par un thermomètre et les valeurs obtenues sont estimées en °C.
- ❖ **Mode opératoire :** La température a été mesurée au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre électronique.

III.9.1.2. Mesure de PH et de Conductivité électrique :

- ❖ **Principe :** La mesure de pH et de conductivité d'une solution s'appuie sur la mesure de potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution. Le pH égale au cologarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ion H⁺.
- ❖ **Mode opératoire :**

Le Multi paramètre (HACH USA) est étalonnée avant d'effectuer des mesures, et puis l'électrode est rincée par l'eau distillée puis plongée dans l'échantillon ; en laissant l'appareil se stabiliser, on note la première valeur de Ph, on lit la 2^{ème} valeurs de la conductivité affichée sur le même écran.



Figure 04: Multi paramètretype (HACH USA)

❖ **Expression des résultats :**

Pour la conductivité les résultats exprimés en micro siemens par centimètre, ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

III.9.1.3. Turbidité :

❖ **Principe :**

Conformément à la norme (NF EN ISO 7027), la comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

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



Figure 05 : Turbidimètre et cuve de turbidimètre

❖ Mode opératoire :

La cuve de mesure doit être propre et essuyé à chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant la mesure.

La mesure de la turbidité s'effectue de la manière suivante :

- Remplir la cuve sans faire de bulles, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère.
- Fermer le capot de l'appareil.
- Attendre l'affichage automatique d'une valeur.
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

❖ Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en (NTU), unité de turbidité de néphélogéométrie.

III.9.2.Paramètre chimique :

III.9.2.1. Détermination des paramètres des pollutions :

III.9.2.1.1. Dosage de l'ammonium NH_4^+ :

❖ Principe :

Conformément à la norme (ISO 7150), mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

❖ Réactifs :

- Réactif I. (voir annexe II).
- Réactif II coloré.(voir annexe II).

❖ Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.

Matériel et méthodes

- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II, et attendre 1h.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+ .
- Effectuer la mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde $\lambda=655 \text{ nm}$.



Figure 06: Dosage de l'ammonium

- ❖ **Expression des résultats :** le résultat est donné directement en mg/l.

III.9.2.1.2. Dosage de nitrite NO_2^- :

- ❖ **Principe :**

Conformément à la norme (ISO 6777), les nitrites réagissent avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

- ❖ **Réactif :**

- Réactif mixte. (Voir annexe II).

- ❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Effectuer la lecturespectrophotométrique à une longueur d'onde $\lambda=543$.

Matériel et méthodes



Figure 07: Dosage de nitrite

❖ **Expression des résultats :** le résultat est donné directement en mg/l.

III.9.2.1.3. Dosage de nitrate NO_3^- :

❖ **Principe :**

Conformément à la norme (NF T90-012), en présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

❖ **Réactif :**

- Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.
- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).
- H_2SO_4 acide sulfurique.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

❖ **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 sodium.
- Evaporer à sec 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 laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à 420 nm.



Figure 08: Dosage de nitrate.

❖ **Expression des résultats :** le résultat est donné directement en mg/l.

III.9.2.1.4. Dosage de phosphate PO_4^{3-} :

❖ **Principe :**

Conformément à la norme (ISO 6878 /1), la réaction est basée sur la formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

❖ **Réactif :**

- Acide ascorbique à 10%.
- Réactif mixte. (Voir annexe II).

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml acide ascorbique
- Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture spectrophotométrique à une longueur d'onde $\lambda = 800$.

Matériel et méthodes



Figure 09 : Dosage de phosphate.

❖ **Expression de résultat :** le résultat est donné directement en mg/l.

III.9.2.1.5. Dosage de matière organique :

❖ **Principe :**

Conformément à la norme (ISO 8467 NA 2046), chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10min).

Réduction d'une partie du permanganate par les matières organiques dans l'échantillon. Détermination de l'excès de permanganate par addition d'une solution d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate.

❖ **Réactifs :**

- Acide sulfurique commercial.
- Permanganate de potassium $KMnO_4$.
- d'acide oxalique à 0.01 N.

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser, dans un bécher de 250 ml ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement.
- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- Ajouter 15 ml de $KMnO_4$ à 0.01N.
- Démarrer le chronomètre et maintenir l'ébullition pendant 10 minutes.
- Après 10 mn, ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0.01 N, et attendre que la solution se décolore.
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur un agitateur après avoir préalablement placé une feuille sur ce dernier.
- Titrer pendant que la solution est encore chaude avec la solution titrante de permanganate de potassium à 0,01N jusqu'à une coloration rose claire persistante environ 15 à 20 secondes.
- Effectuer le même mode opératoire sur 100ml d'eau distillée (essai à blanc).



Figure 10 :Dosage de matière organique.

❖ Expression du résultat :

L'indice de permanganate IMn exprimé milligramme d'oxygène par litre est calculé selon la formule : $IMn = ((V1 - V0) / V2) \times f$

Avec :

V0 : est le volume en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage à blanc.

V1 : est le volume en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'eau.

V2 : est le volume en millilitre de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant.

F : est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre : f est égal à 16.

III.9.2.2. Minéralisation globale :

III.9.2.2.1. Dosage du Calcium Ca^{2+} et du Magnésium Mg^{2+} :

❖ Principe :

Conformément à la norme (ISO 6059), le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence du Murexide, l'E.D.T.A réagit tout d'abord avec les ions calcium libres puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur coloré qui vire alors de la couleur rouge au violet.

❖ Réactifs :

- Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) : (0,02N ou 0,01M).
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N.
- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH = 10,1.
- Murexide.
- Noir Eriochrome T.

❖ Mode opératoire :

Matériel et méthodes

- (V1) Ca^{2+} :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
 - Ajouter du Murexide.
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage à la couleur violet.
- noter le volume d'EDTA versé.

- (V2) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$:
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NH_4OH (10,1).
 - Ajouter le noir Eriochrome.
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage à la couleur bleu.
- noter le volume d'EDTA versé.



Figure 11: Dosage du calcium.

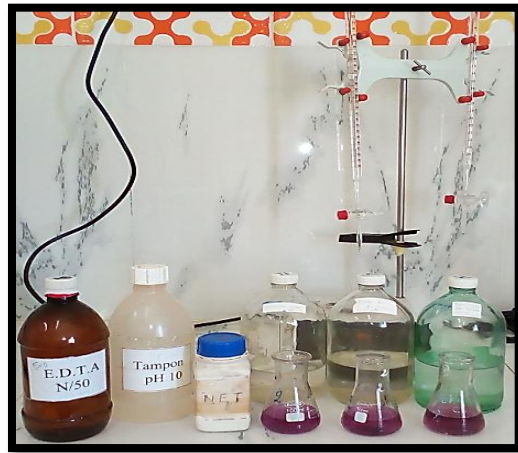


Figure 12 : Dosage du magnésium.

❖ Expression des résultats :

La détermination du Calcium en mg/l est donnée par la formule suivante:

$$V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times M_{\text{Ca}^{2+}} \times 1000$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ en mg/l} = \frac{\quad}{\quad}$$

P.E

D'où :

- ✓ V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.
- ✓ C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).
- ✓ $M_{\text{Ca}^{2+}}$: Masse molaire du calcium en g.
- ✓ P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

La détermination du Magnésium en mg/l est donnée par la (Mg^{2+}) formule suivante:

Matériel et méthodes

$$(V_2 - V_1) \times C_{\text{EDTA}} \times M (\text{Mg}^{2+})$$

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ en mg/l} = \underline{\hspace{15em}}$$

P.E

D'où :

- ✓ V₂: Volume total d'E.D.T.A
- ✓ V₁ : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.
- ✓ C: Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).
- ✓ M (Mg²⁺): Masse molaire du Magnésium en g.
- ✓ P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

IV.1.7.2.2.2. Dosage du sodium Na⁺ /potassium K⁺ par photomètre a flamme :

❖ Principe :

Confirment à la norme (ISO 9964), photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles connus, aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalino-terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium, etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.

❖ Mode opératoire :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na⁺ ou du K⁺ à 10 mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de "Na⁺" ou de "K⁺" à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon).

Matériel et méthodes

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.



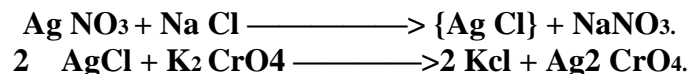
Figure 13 : Dosage dusodium/potassium.

❖ **Expression des résultats** :Le résultat est donné directement en mg/l.

III.9.2.2.3. Dosage du chlorure (Cl⁻) par méthode de Mohr :

❖ **Principe** :

Conformément à la norme (ISO 9297 – NA 6917), l'expérience consiste en une réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.



Réactifs :

- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent à 0.02 N.

❖ **Mode opératoire** :

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

Matériel et méthodes



Figure 14 : Dosage du chlorure.

❖ Expression des résultats :

$$[\text{Cl}^-] \text{ en mg/l} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}^-}}{\text{PE}} \times F \times 1000$$

- ✓ V_{AgNO_3} : Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- ✓ N_{AgNO_3} : Normalité d'AgNO₃
- ✓ M_{Cl^-} : Masse molaire des chlorures.
- ✓ F : facteur de correction du titre d'Ag NO₃.
- ✓ PE : prise d'essai.

III.9.2.2.4. Dosage de sulfate SO₄²⁻ :

❖ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl₂.

❖ Réactifs :

- Solution stabilisante (voir annexe II).
- Solution de chlorure de baryum.

❖ 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.
- Effectuer la lecture spectrophotométrique.



Figure 15: Dosage desulfate.

❖ **Expression des résultats :** Le résultat est donné en mg/l.

III.9.2.2.5. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

➤ L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

❖ **Principe :**

Conformément à la norme (NF EN ISO 9963-1), la réaction consiste en la détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser les niveaux de pH = 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

❖ **Réactifs :**

➤ Solution d'HCL à 0,1N.

❖ **Mode opératoire :**

➤ Prendre 100 ml d'eau à analyser.

➤ Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.



Figure 16: Dosage du Carbonate / Bicarbonate

Matériel et méthodes

❖ Expression de résultat :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{mg/l} = V_A \times M_{\text{HCO}_3^-}$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{mg/l} = V_{A1} \times 61.$$

- V_A : Volume d'acide versé.
- $M_{\text{HCO}_3^-}$: masse des bicarbonates (HCO_3^-).

III.9.2.3. Détermination de l'élément indésirable :

III.9.2.3.1. Dosage du fer :

❖ Principe :

Conformément à la norme (**ISO 6332**), addition d'une solution de phénanthroline, à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe rouge-orange.

❖ Réactifs :

- Chlorhydrate d'hydroxylamine a 10%.
- Tampon acétate.
- Solution de phénanthroline -1,10.

❖ Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmayer de 100 ml.
- Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine, mélanger soigneusement.
- Ajouter 2ml de tampon acétate.
- Ajouter 2 ml de la solution 1.10 de phénanthroline et conserver à l'obscurité pendant 15 min.
- Enfin Effectuer la lecture spectrophotométrique.



Figure 17 : Dosage du fer.

❖ Expression du résultat : Le résultat est donné en mg/l.

Matériel et méthodes

III.10. Analyses microbiologique :

L'analyse microbiologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes. Elle est basée sur la recherche et la numération de celles-ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative.

Il faut signaler qu'un examen microbiologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Une analyse de l'eau thermale a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- ✚ Recherche et dénombrement des revivifiables à 22 et 37°C.
- ✚ Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux.
- ✚ Recherche et dénombrement des entérocoques.
- ✚ Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.
- ✚ Recherche de Pseudomonas.

III.10.1. principe de membrane filtré :

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes (eaux traitées). Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45/ 0,2 μM , susceptible de retenir les bactéries. Un échantillon de 100 ml d'eau est filtré sur cette membrane, et est déposée à la surface d'un milieu gélosé. Après incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en UFC/100ml.



Figure 18: Technique de membrane filtrée

III.10.2. Recherche et dénombrement des coliformes par filtration sur membrane :

Matériel et méthodes

❖ Principe :

Conformément à la norme (NF EN ISO 9308-1), on utilise un milieu sélectif : Gélosé au tergitol pour le dénombrement des coliformes et le milieu TSA pour la confirmation des coliformes totaux et le milieu tryptophane pour la confirmation du coliforme fécal.

❖ Mode opératoire :

- Nous avons procédé selon les étapes suivantes :
- La surface supérieure de la rampe de filtration et la plaque poreuse, ont été stérilisées

Puis refroidies.

- Une membrane de porosité de $0.45\ \mu\text{m}$ est posée sur la plaque poreuse de la rampe de filtration à l'aide d'une pince stérile.
- Le flacon d'eau à analyser (100ml) est agité soigneusement puis versé stérilement.
- Le robinet de la rampe est ouvert pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, la membrane est prélevée et déposée sur le milieu Gélosé au tergitol, avec une pince stérile, en prêtant attention à ne pas piéger des bulles d'air

❖ L'incubation :

-A 37°C pendant 24 à 48 heures pour les boîtes de pétri qui serviront à la recherche des coliformes totaux.

-A 44°C pendant 24 à 48 heures pour la recherche des coliformes thermo-tolérants.

❖ Lecture des résultats :

-Après incubation, sont considérées comme positives, les boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune ou jaune orangé.



Figure 19 : Recherche des coliformes

III .10.2.1. Test confirmatif pour la recherche des coliformes totaux :

Matériel et méthodes

- Le test de confirmation se fait par repiquage des colonies jaunes ou jaunes orangées bien isolé sur milieu (TSA) à la caséine et incubé à 37°C pendant 24 heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :
- Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique.
- Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase, sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture.

L'absence de virage de couleur au bleu violet foncé indique que l'oxydase est négative ce qui confirme la présence des coliformes totaux.

IV.10.2.2. Test confirmatif pour la recherche des coliformes fécaux :

- Prélever une colonie bien isolée sur la gélose au tergitol et l'étaler en stries sur la boîte de gélose tryptone-caseine soja (TSA) et incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- A partir du milieu TSA, un repiquage vers le milieu Tryptophane se fait puis l'incubation s'effectue à 44°C pendant 24 heures.
Un trouble et un dégagement de gaz et l'apparition d'un anneau rouge après l'addition de quelques gouttes des réactifs Kovacs sur la surface du milieu indique la présence des coliformes fécaux et plus spécialement *Escherichia coli*.

III .10.3. Recherche et dénombrement des entérocoques :

❖ Principe :

Conformément à la norme (NF EN ISO 7899-2), on utilise un milieu sélectif : gélosé Slanetz et Bartley pour le dénombrement des entérocoques et le milieu BEA pour la confirmation des entérocoques.

❖ Mode opératoire :

- Il est identique à celui des coliformes, 100 ml d'eau est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45µm de porosité. la membrane est déposée sur le milieu gélosé Slanetz et Bartley.

❖ L'incubation :

-Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48h.

❖ Lecture des résultats :

-Toutes les colonies présentant une couleur rouge, rose à marron sont considérées positives.

III.10.3.1. Test confirmatif :

- Un repiquage des colonies est effectué sur milieu BEA et l'incubation est réalisée à 44°C pendant 24 heures.
- La présence des colonies noires indique la présence des entérocoques.



Figure 20 : Recherche des entérocoques

III.10.4. Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* :

❖ Principe :

Conformément à la norme (NF EN ISO 6461-2), on utilise un milieu sélectif : VF le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

❖ Mode opératoire :

❖ Première étape :

- Porter 100ml de l'eau à analyser, chauffer l'eau à une température de 75°C pendant 15 minutes, puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la forme sporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs).

❖ Seconde étape :

- On filtre sur une membrane stérile de 0,2 µm, de porosité, 100 ml d'échantillon d'eau traitée et on dépose la membrane sur la boîte de pétri, face retournée sur la gélose (VF+ alun de fer et sulfite de sodium), en évitant toute incorporation d'air. On place la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose.

❖ L'incubation : à 37°C pendant 48h.

❖ Lecture des résultats :

On fait la lecture après 48h, en considérant toute colonie noire comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.



Figure 21: Recherche des anaérobies sulfite-réducteurs

III.10.5. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 22 et 37°C :

❖ Principe :

Conformément à la norme (NF EN ISO 6222), on utilise un milieu sélectif : PCA pour le dénombrement des germes revivifiables.

❖ Mode opératoire :

La première étape consiste à liquéfier la gélose PCA à 45-50°C, puis à partir de l'eau à analyser, porter 2 fois 1 ml d'eau dans deux boîtes de Pétri vides stériles, puis on coule la gélose environ 15ml dans ces dernières et les laisse solidifier après une agitation lente.

❖ L'incubation :

- A 22°C pendant 72h.
- A 37°C pendant 24h.

❖ Lecture des résultats :

Après l'incubation, les boîtes ayant un nombre de colonies entre 30 et 300 sont seules prises en considération. Le dénombrement des colonies est effectué par un compteur des colonies à affichage numérique. Nos résultats sont exprimés en unité formant colonie UFC/ml.



Figure 22: Recherche des germes revivifiables à 22°C et 37°C

Matériel et méthodes

III.10.6. Recherche de Pseudomonas :

❖ Principe :

Conformément à la norme NF V ISO 7218, on utilise un milieu sélectif : King A spécifique pour *Pseudomonas aeruginosa* et le milieu King B pour *Pseudomonas fluorescens* et autres espèces.

❖ Mode opératoire:

On ensemence les milieux King A et King B en surface à l'aide d'une anse de platine, et on incube pendant 24 à 48 h à 30° C.

❖ Lecture des résultats :

Les colonies de *Pseudomonas aeruginosa* ont un diamètre de 1.5 à 2 mm avec une couleur blanc- crème, un aspect muqueux et parfois il y a production de pigment bleu-vert.


Dans le milieu King B, quelques espèces produisent la fluorescéine (pigment). Sur ce milieu on utilise directement la source de lumière de Wood, cette fluorescence n'est parfois pas immédiatement visible à la sortie de l'étuve.



King A.

King B.

Figure 23: Recherche de *Pseudomonas*



Résultats et discussions

Résultats et discussion

IV. Résultats et discussion :

IV.1. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les eaux thermales de Hammam Righa sont consignés dans annexe IV. Ces résultats sont comparés aux normes **Journal officiel de République algérienne N°13, 2014 et AFNOR.**

IV.2. Résultats et discussions des paramètres physiques:

IV.2.1. Température :

Les résultats de la température de l'eau thermale de hammam Righa mesurée sur le terrain durant la période de 25-02-2018 au 25-04-2018 dans les différent point de prélèvement à savoir : le château d'eau, badge de stockage et bassin de femme sont présenté dans la figure n° 24.

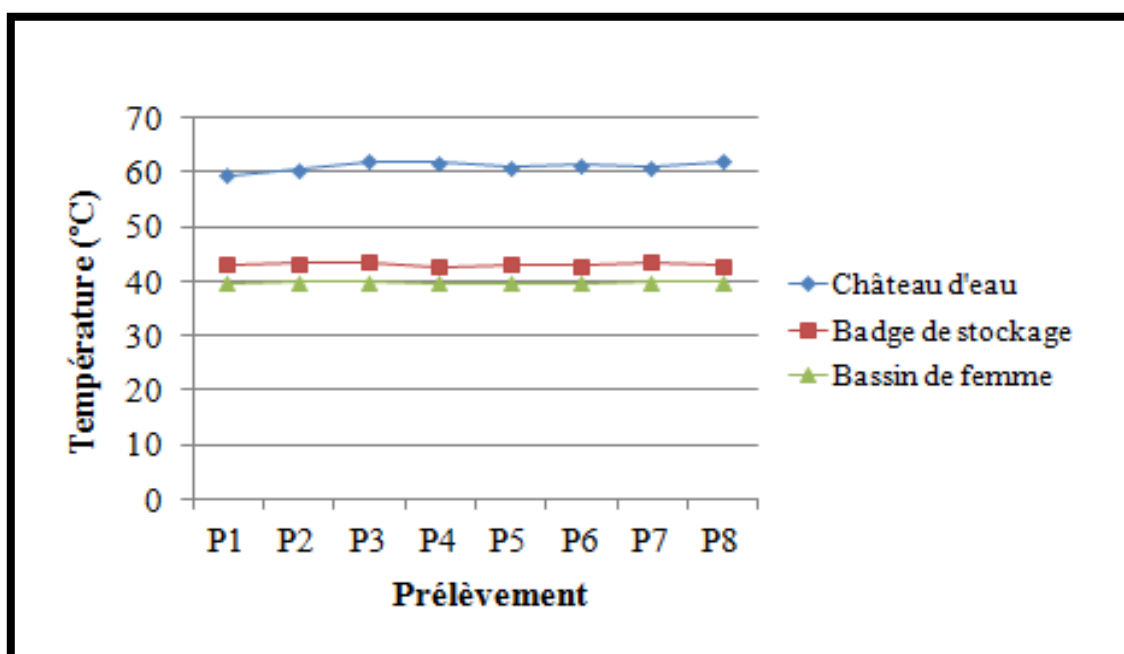


Figure 24 : Variation de la température de l'eau thermale des différents points d'échantillons.

Les résultats obtenus au niveau du château d'eau restent supérieure à 59°C, ce qui permet de la classer parmi les eaux **hyperthermales**, selon (**Kassou ,kacimi 2010 et Roque 2007**).

Nous avons noté une valeur maximale de 62°C (11-03-2018 et 15-04-2018), une valeur minimale de 59,4°C (25-02-2018) pour les différentes dates de prélèvement, et une moyenne de 61,67°C.

Les températures du badge de stockage sont comprises entre 42,7°C et 43,5°C et une moyenne de 43,08°C.

Pour le bassin des femmes, les températures varient entre 39,6°C et 39,9°C et une moyenne de 39,75°C.

Résultats et discussion

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 (développement et croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les micro-organismes)(Who, 1987).

IV.2.2.pH :

Les différentes valeurs du PH obtenu au cours des campagnes de prélèvements sont présentées dans la (figure 25).

Pour l'ensemble de nos prélèvements, les valeurs mesurées de pH des eaux thermales correspondent à la neutralité, nous avons observe une faible variation du pH au niveau des différents points de prélèvement, nous avons enregistré une valeur maximale de 7,7 à bassin de femme et une valeur minimale de 7,00 à château d'eau.

Ce paramètre détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, et est liée au terrain traversé. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. (Rodier et al., 2005).

Ces valeurs enregistrées au cours de cette étude restent conformes à la norme fixée par(JORA ,2014et AFNOR).

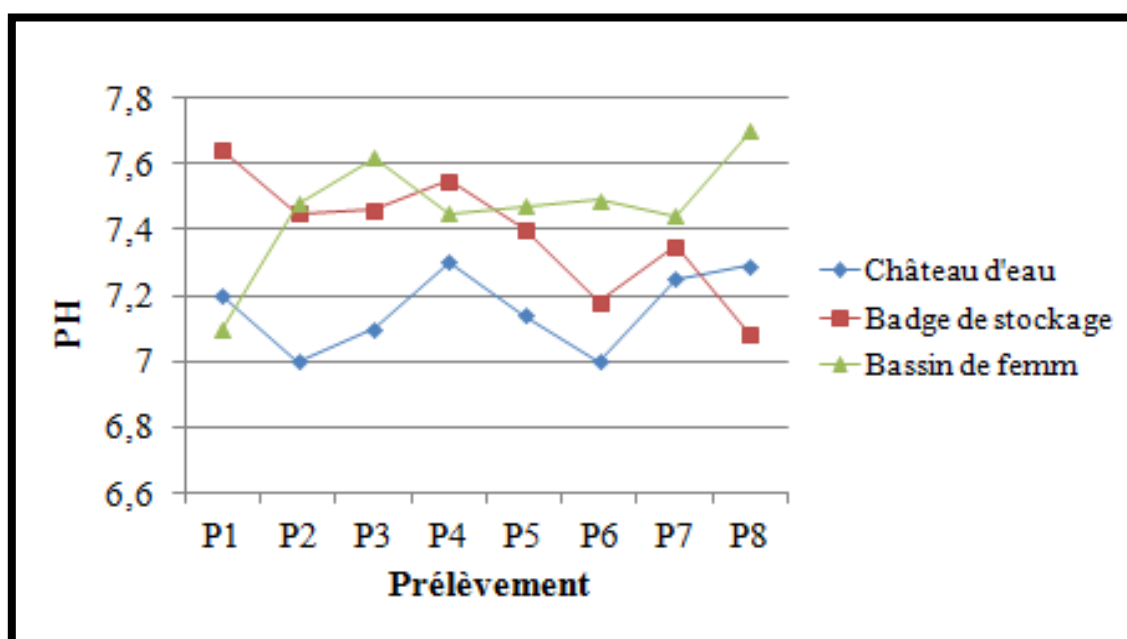


Figure 25 : Variation de PH de l'eau thermale au niveau des différents points de prélèvements.

Résultats et discussion

IV.2.3. Turbidité :

Concernant le château d'eau, les valeurs sont comprises entre 5,40 NTU et 6,64 NTU, avec une moyenne de 6,00 NTU.

Pour la badge de stockage, les valeurs sont comprises entre 13 NTU et 20 NTU, avec une moyenne de 15 NTU.

Pour les eaux de bassin de femme, les valeurs sont comprises entre 13,1 NTU et 20 NTU, avec une moyenne de 15 NTU (figure n° 26).

C'est au niveau du badge de stockage et du bassin de femme que les valeurs les plus élevées ont été observées. Ceci pourrait être dû à la tuyauterie.

Les valeurs obtenues sont élevées et dépassent les normes fixées par (JORA, 2014 et AFNOR).

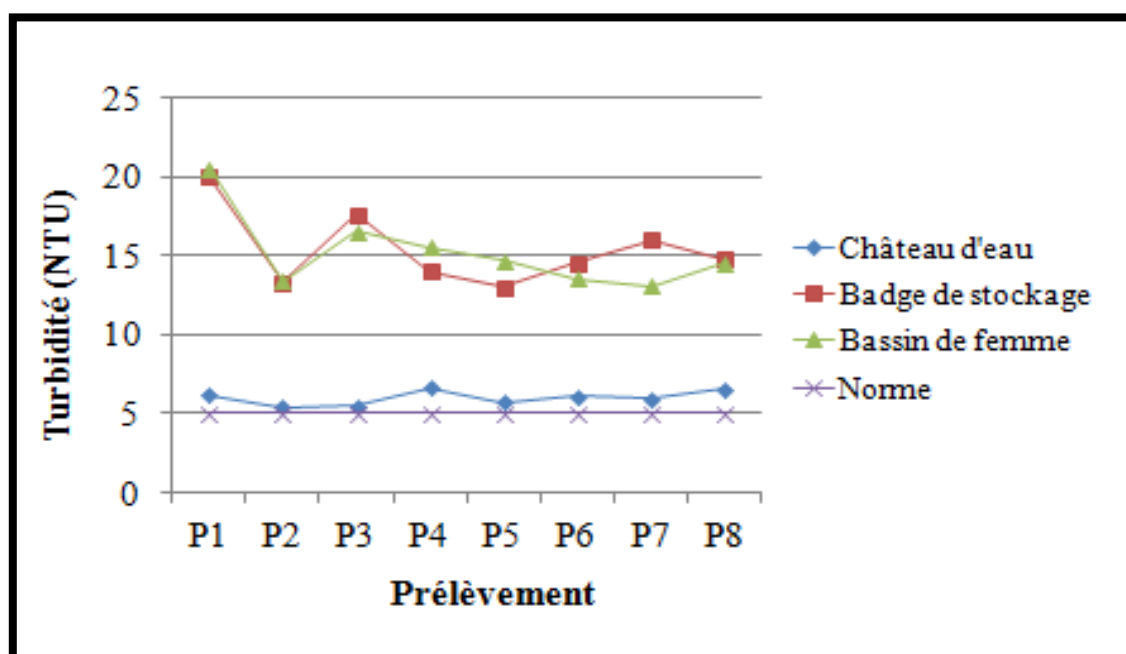


Figure 26: Variation de turbidité de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

La turbidité d'une eau traduit la présence de matières en suspension des substances en solution comme les substances minérales (sables et argiles). Ou des matières organiques (matière organique morte ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu). (Rodier et al., 2005).

IV.2.4. Conductivité électrique :

C'est un paramètre qui donne une idée sur la minéralisation d'une eau.

Au niveau du château d'eau les valeurs sont comprises entre 3160 ms/cm et 3330 ms/cm avec une moyenne de 3232,5 ms/cm.

Résultats et discussion

Concernant le badge de stockage, les valeurs sont comprises entre 3100 ms/cm et 3250 ms/cm avec une moyenne de 3181,25 ms/cm.

Pour les eaux de bassin de femme, les valeurs sont comprises entre 3150 et 3300 ms/cm, avec une moyenne de 3236,25ms/cm (figure°27).

Les résultats obtenu sont très élevé et dépasse les normes fixe par(JORA ,2014 et AFNOR).

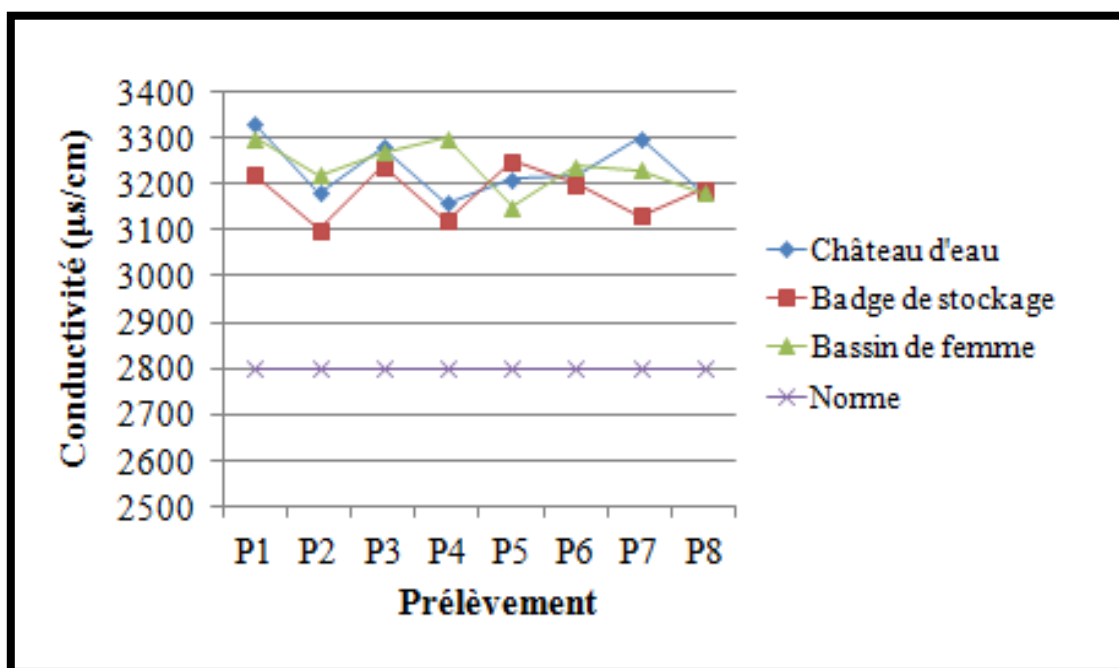


Figure 27: Variation de conductivité de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Les eaux présentant des valeurs de conductivité élevés, désigne la richesse de cette eau en sels minéraux qui peuvent s'expliquer par la nature gypso-calcaire des sols (Rodier et al., 2005 et Boucareb et al., 2012).

D'après Monique et Beaudry (1992), les eaux d'infiltration qui aliment les nappes souterraines en traversant les couches supérieure des sols (calcaire, gypses ou argile). S'enrichissent en sels minéraux provenant des terrains rencontrés sur leur parcours.

IV.3.Résultats et discussions des Paramètre chimique :

IV.3.1. Résultats et discussions des paramètres des pollutions :

IV.3.1.1. L'Ammonium NH_4^+ :

Au niveau du château d'eau, les valeurs enregistrées de l'ammonium sont comprises entre 0,311 mg/l et de 0,43mg/l avec une moyenne de 0,362 mg/l.

Pour le badge de stockage les valeurs varient entre 0,174mg/l et 0,25mg/l avec une moyenne de 0,214 mg/l.

Résultats et discussion

Concernant le bassin de femme, les valeurs sont comprises entre 0,17 mg/l et 0,38 mg/l avec une moyenne de 0,214 mg/l (figure°28).

Les valeurs enregistrées aux cours de cette étude restent en dessous à la norme fixe par(JORA ,2014 et AFNOR).

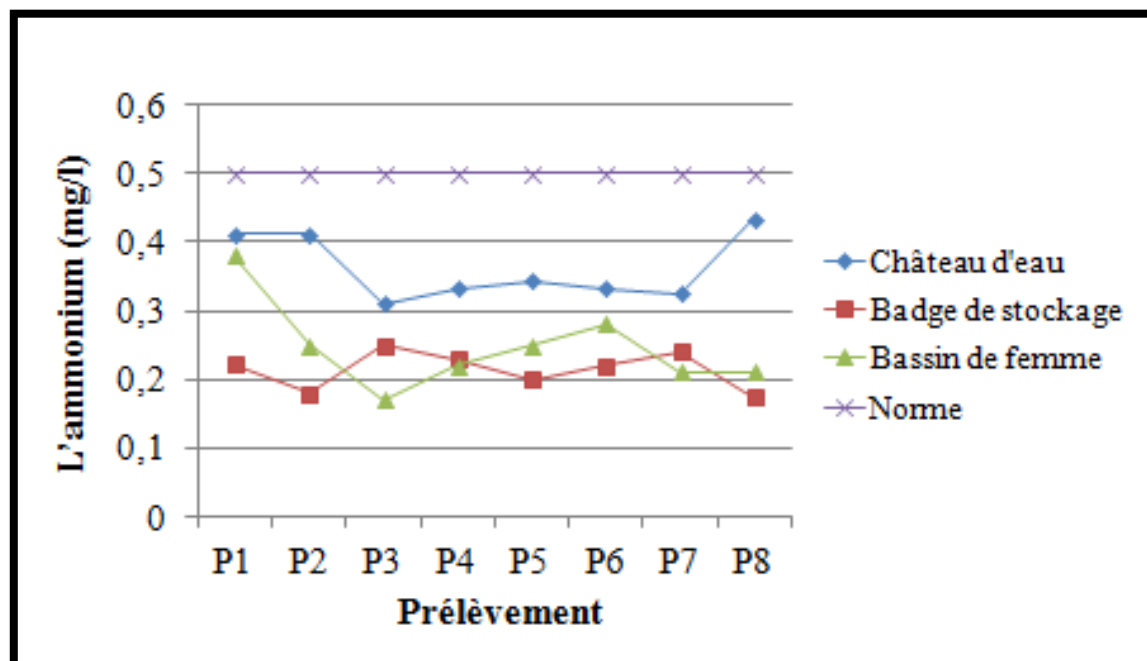


Figure 28: Variation de l'ammonium de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

En générale, l'ammonium sont transforme assez rapidement en nitrite et nitrate par oxydation. (HAMDI ,2011).

IV.3.1.2. Nitrite NO₂:

Les valeurs enregistrées pour les nitrites au niveau du château d'eau sont comprises entre 0,003mg/l et 0,012 mg/l avec une moyenne de 0,0085 mg/l.les valeurs retrouvées sont acceptable aux normes fixées par (JORA ,2014 et AFNOR).

Concernant le badge de stockage les valeurs varient entre 0,075 mg/l et 0,24 mg/l avec une moyenne de 0,148 mg/l.

Pour le bassin de femme nous avons enregistré des valeurs comprises entre 0,16 mg/l et 0,24 mg/l avec une moyenne de 0,19 mg/l. (Figure n° 29).

Des valeurs qui dépassent les normesfixées par(JORA ,2014 et AFNOR) ,ont été observées pour quelques prélèvements au niveau de badge de stockage et du bassin de femme avec une valeur maximale de 0,24 mg/l au niveau de cette dernière.

Résultats et discussion

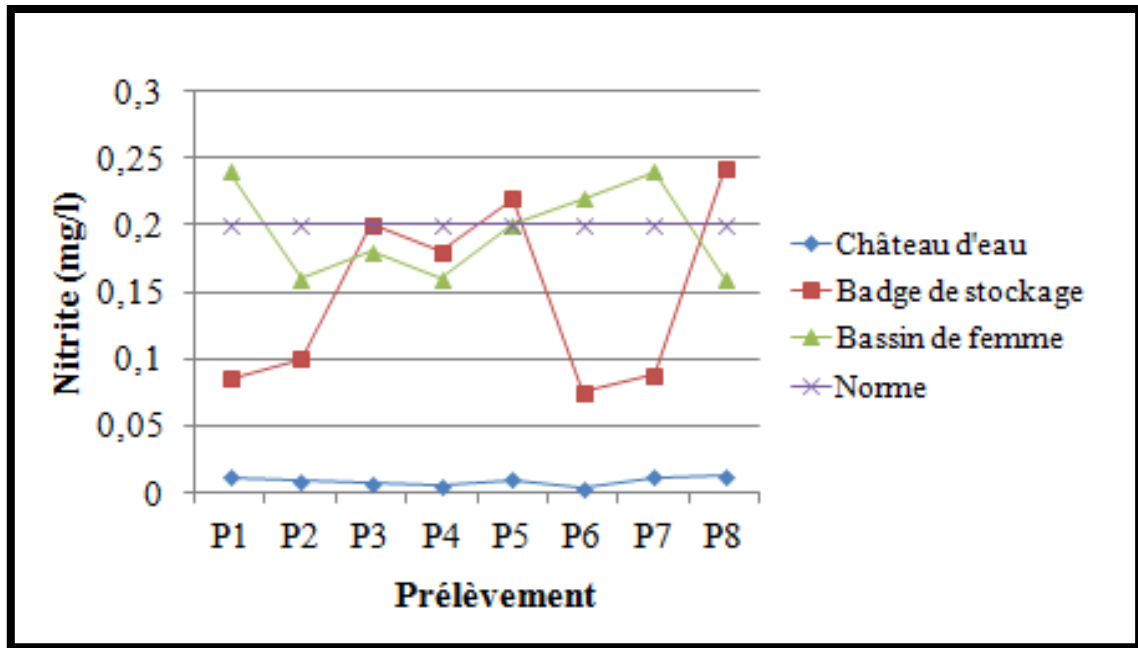


Figure 29 : Variation de nitrite de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

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 nitrate sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (phénomène de la dénitrification) (Rodier *et al.*, 2005 ; DIB, 2009).

Une eau qui renferme des nitrites, est considérée comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (Rodier *et al.*, 2005).

IV.3.1.3. Nitrate NO_3^- :

Dans nos échantillons, les valeurs enregistrées des eaux thermales présentent des teneurs faibles, en nitrate dans les 3 points des prélèvements, nous avons enregistré une valeur inférieure à 0,01mg/l au château d'eau avec une moyenne de 0,0037mg/l.

Dans le badge de stockage nous avons enregistré une valeur de 0,27 mg/l et 0,37mg/l avec une moyenne de 0,32mg/l.

Pour le bassin de femme nous avons enregistré une valeur comprise entre 0,06 mg/l et 0,09 mg/l avec une moyenne de 0,077 mg/l. (figure n° 30).

Les valeurs enregistrées aux cours de cette étude restent en dessous à la norme fixe par (JORA, 2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

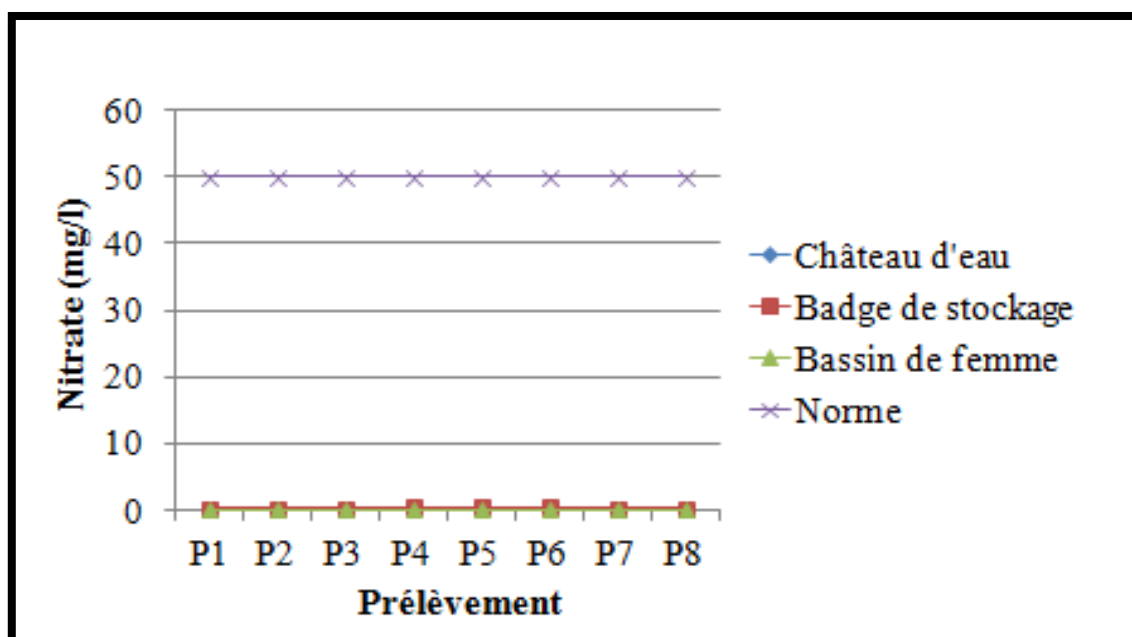


Figure 30 : Variation de nitrate de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Selon (Rodier et al ,2005), toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l' origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux (Rodier et al ,2005).

IV.3.1.4.Phosphate PO_4^{3-} :

Les valeurs enregistrées en phosphate dans nos échantillons sont inférieures à 1,045 mg/l avec une moyenne de 0,17mg/l au niveau du château d'eau.

Concernant le badge de stockage, les valeurs sont comprises entre 0,111 mg/l et 0,226 mg/l avec une moyennede 0,174 mg/l.

Pour les eaux de bassin de femme, présentent des valeurs comprises entre 0,072mg/l et 0,297mg/l, avec une moyenne de 0,145mg/l. (figure°31).

Cette concentration est acceptable et ne dépasse pas les normes fixées par(JORA ,2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

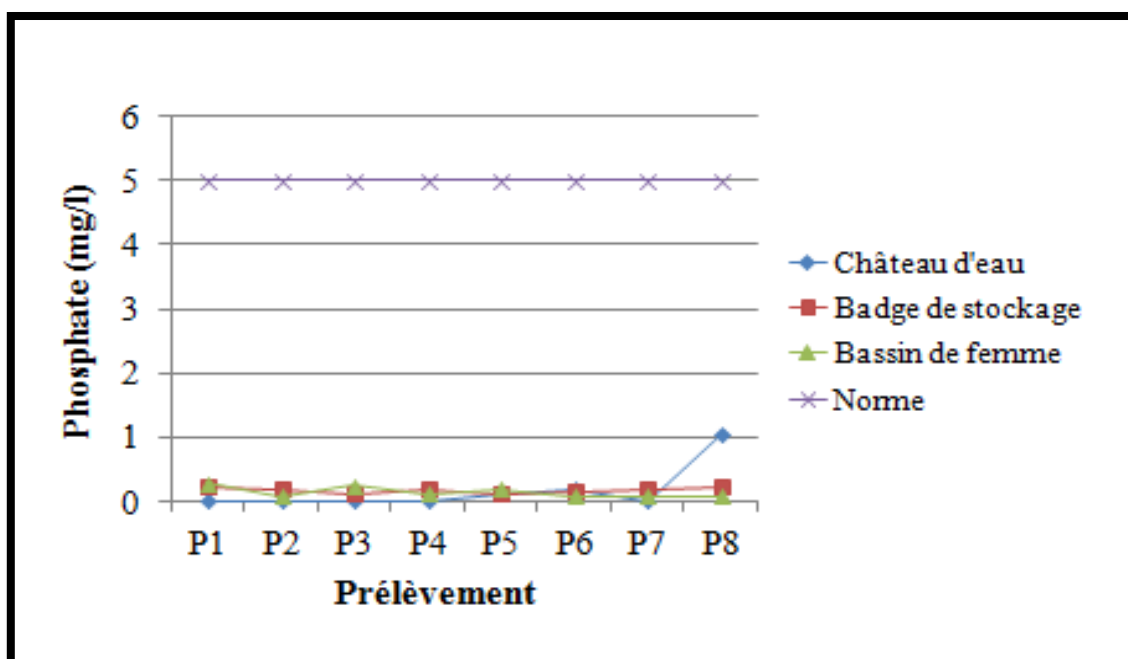


Figure 31 : Variation de phosphate de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Les phosphates font partie des anions facilement fixées par le sol. Leurs présences dans les eaux naturelles, sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. (Hakimi, 2011).

IV.3.1.5. Matière organique :

Les valeurs varient entre 0,614 mg/l et 0,700mg/l avec une moyenne de 0,673 mg/l au niveau du château d'eau.

Concernant le badge de stockage nous avons enregistré une valeur de 1,25 mg/l et 1,72 mg/l avec une moyenne de 1,49mg/l.

Pour le bassin de femme nous avons enregistré une valeur comprise entre 0,614 mg/l et 0,700 mg/l avec une moyenne de 0,658 mg/l. (Figure n° 32).

Les valeurs enregistrées au cours de cette étude restent en dessous à la norme fixée par (JORA, 2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

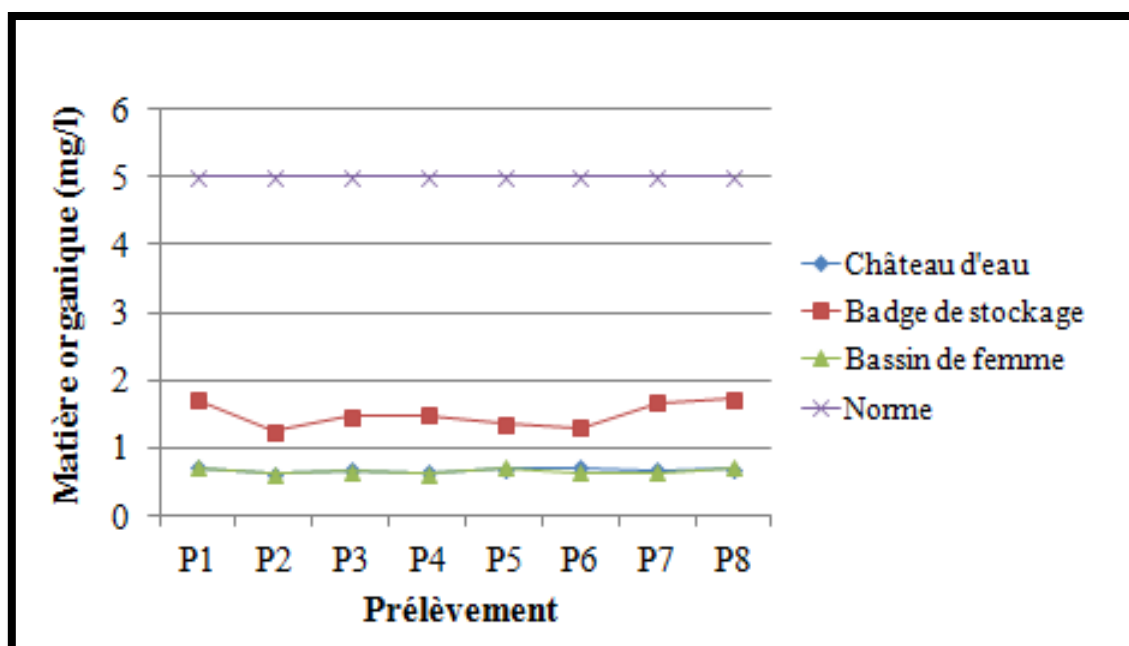


Figure 32 : Variation de matière organique de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Selon **Rodieret al., (2005)**, les matières organiques susceptible d'être rencontrées dans l'eau sont constitués par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des littérature.

D'une façon générale, une teneur élevée en matière organique devra toujours fait suspecter une contamination microbienne.(**Rodier et al., 2005**).

IV.3.2. Résultats et discussions de minéralisation globale :

IV.3.2.1. Calcium Ca^{2+} :

Les valeurs enregistrées de calcium dans nos échantillons sont très élevées.

Au niveau du château d'eau, nous avons enregistré des valeurs varient entre 376 mg/l et 425 mg/l avec un moyenne de 401mg/l.

Concernant le badge de stockage, nous avons enregistré une valeur comprise entre 376 mg/l et 390 mg/l avec une moyenne de 386,12 mg/l.

Pour le bassin de femme,nous avons enregistré une valeur comprise entre 393 mg/l et 412 mg/l avec une moyenne de 403 mg/l. (figure n° 33).

Ces valeurs enregistrées dépassent les normes fixées par(**JORA ,2014 et AFNOR**).

✚ Ces résultats confirment la nature **calciue** de l'eau thermale de hammam righa.(**Ouili,2008**).

Résultats et discussion

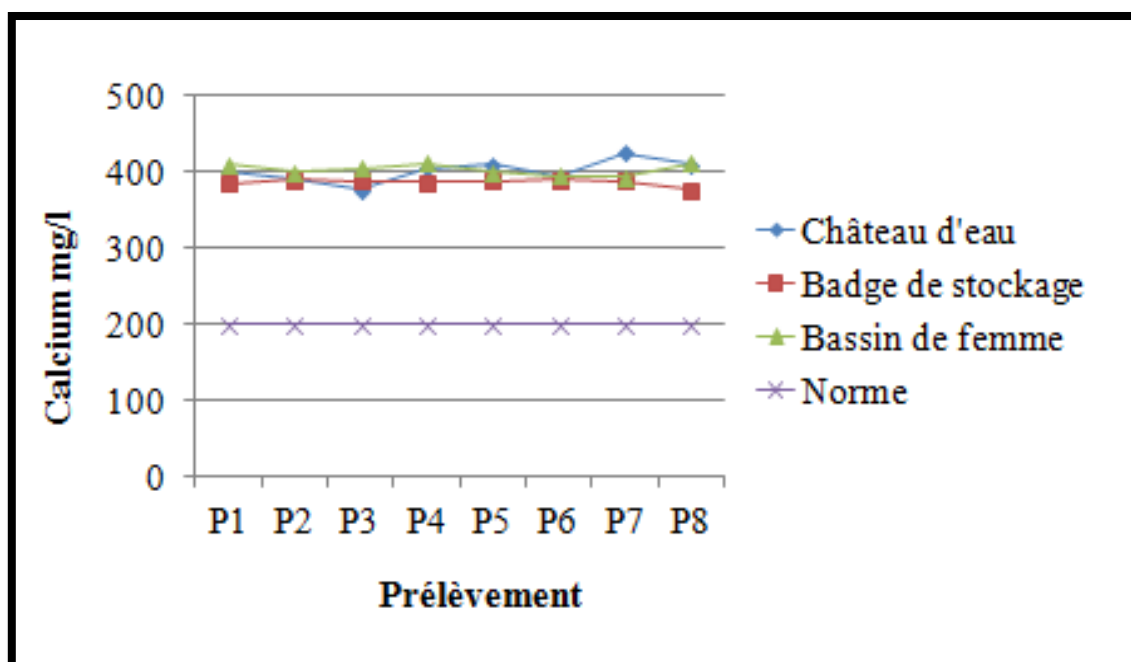


Figure 33: Variation de calcium de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

IV. 3.2.2. Magnésium Mg^{2+} :

Dans nos échantillons, les valeurs enregistrées du magnésium sont comprises entre 51 mg/l et de 65,61 mg/l avec une moyenne de 58,83 mg/l au niveau du château d'eau,

Pour le badge de stockage les valeurs varient entre 70,74 mg/l et 94,77 mg/l avec une moyenne de 81,40mg/l.

Concernant le bassin de femme, il présente des valeurs comprises entre 51,17 mg/l et 65,4mg/l avec une moyenne de 57,07 mg/l (figure°34).

Ces valeurs enregistrées aux cours de cette étude dépassent les normes fixées par(JORA ,2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

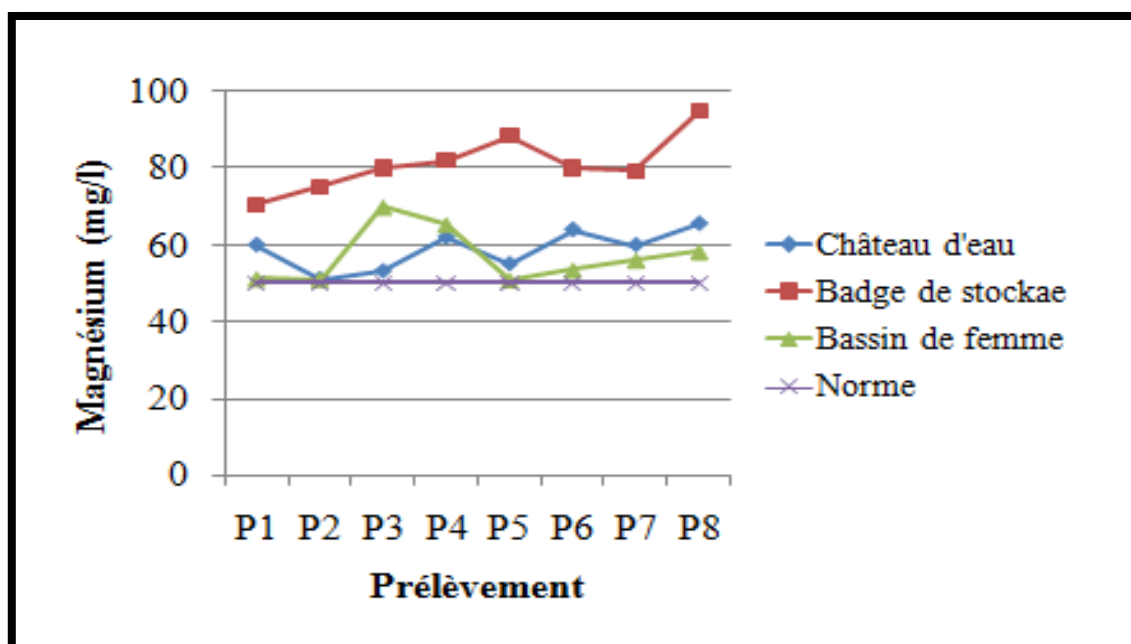


Figure 34 : Variation de magnésium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles. La variation de magnésium dans les eaux souterraines et due à l'influence de fonction carbonatée telle que les calcaires (Dib, 2009).

IV.3.2.3. Sodium Na^+ :

Dans notre étude, les valeurs de sodium enregistrées sont comprises entre 140 mg/l et 175 mg/l, avec une moyenne de 157,25 mg/l, au niveau du château d'eau.

Concernent le badge de stockage les valeurs sont comprise entre 135mg/l et 180 mg/l, avec un moyenne de 163,25mg/l.

Pour les eaux de bassine de femme, présentent des valeurs comprises entre 160 mg/l et 181 mg/l, avec une moyenne de 170,87. (Figure°35).

Ces valeurs enregistrées restent en dessous de la norme fixée par (JORA ,2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

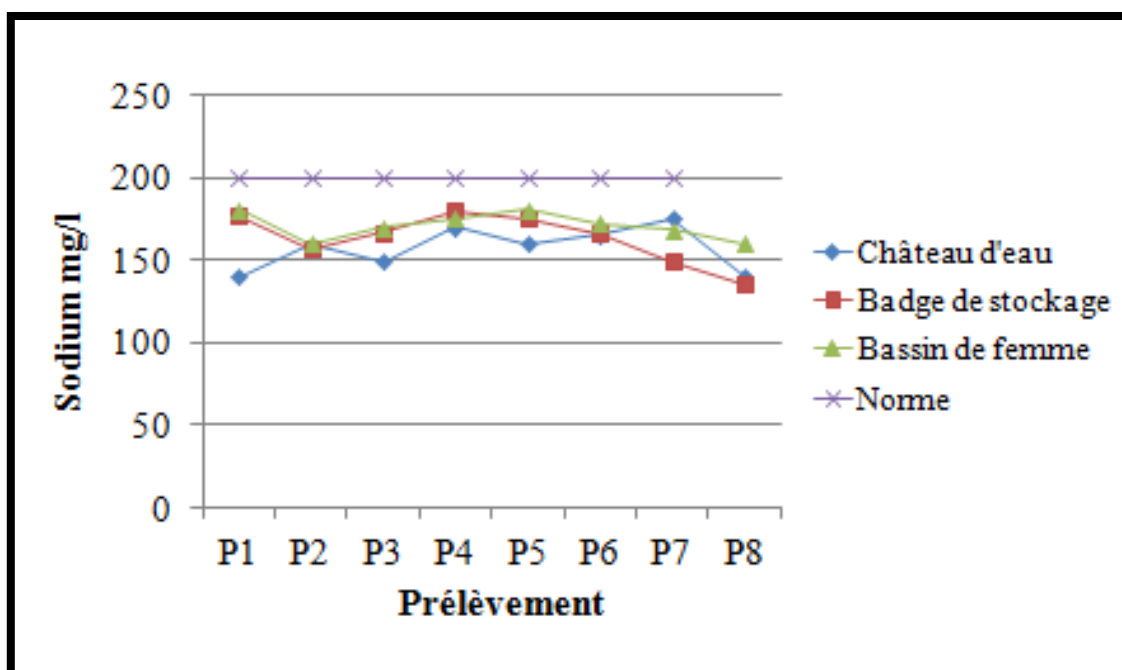


Figure 35: Variation de sodium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

IV.3.2.4. Potassium K^+ :

Au niveau du château d'eau les valeurs enregistrées de potassium sont comprises entre 10 et 11,8 mg/l, avec une moyenne de 10,72 mg/l.

Concernent le badge de stockage les valeurs sont comprise entre 10 et 11,6 mg/l, avec une moyenne de 10,82 mg/l.

Pour les eaux de bassin de femme, elles présentant des valeurs comprises entre 9,4 mg/l et 10,5 mg/l, avec une moyenne de 10 mg/l. (Figure°36).

Ces valeurs enregistrées restent en dessous de la norme fixéepar(**JORA ,2014 et AFNOR**).

Résultats et discussion

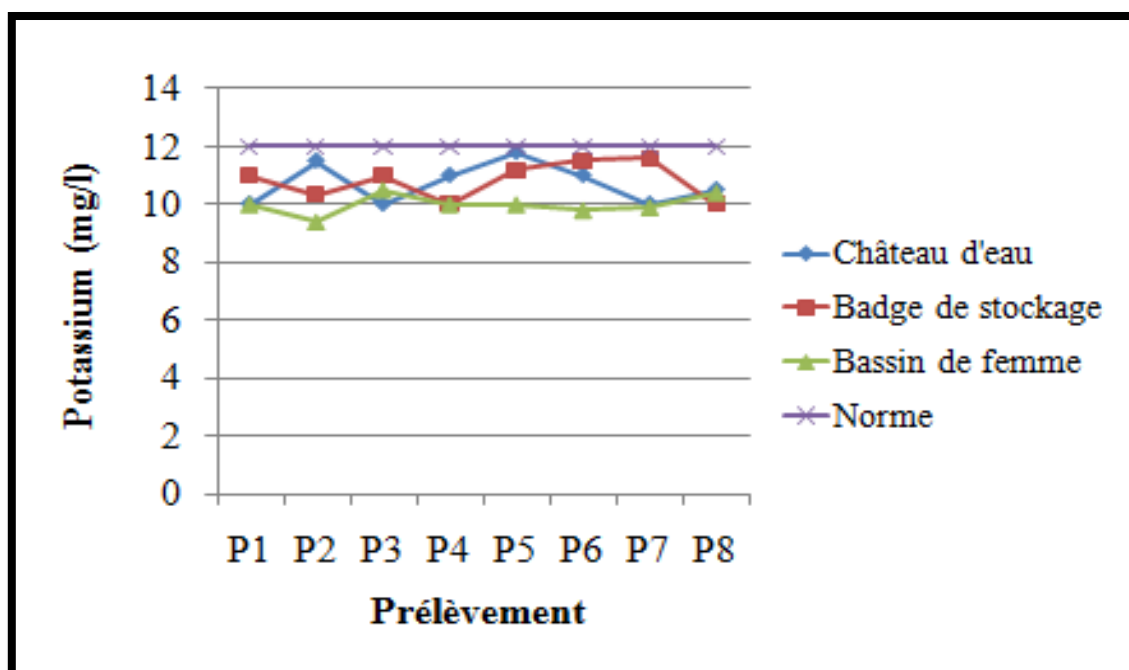


Figure 36 : Variation de potassium de l'eau thermale du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

IV.3.2.5. Chlorure Cl^- :

Les valeurs enregistrées de chlorure sont comprises entre 312 mg/l et de 385 mg/l avec une moyenne de 342,87 mg/l au niveau du château d'eau.

Pour le badge de stockage les valeurs sont variées entre 247 mg/l et 424 mg/l avec une moyenne de 334,68 mg/l.

Concernant le bassin de femme, elles présentent des valeurs comprises entre 312 mg/l et 377 mg/l avec une moyenne de 349,5 mg/l (figure°37).

Concernant les chlorures, nous observons une concentration acceptable pour tous les prélèvements et qui ne dépasse pas la norme fixée par (JORA ,2014 et AFNOR).

Résultats et discussion

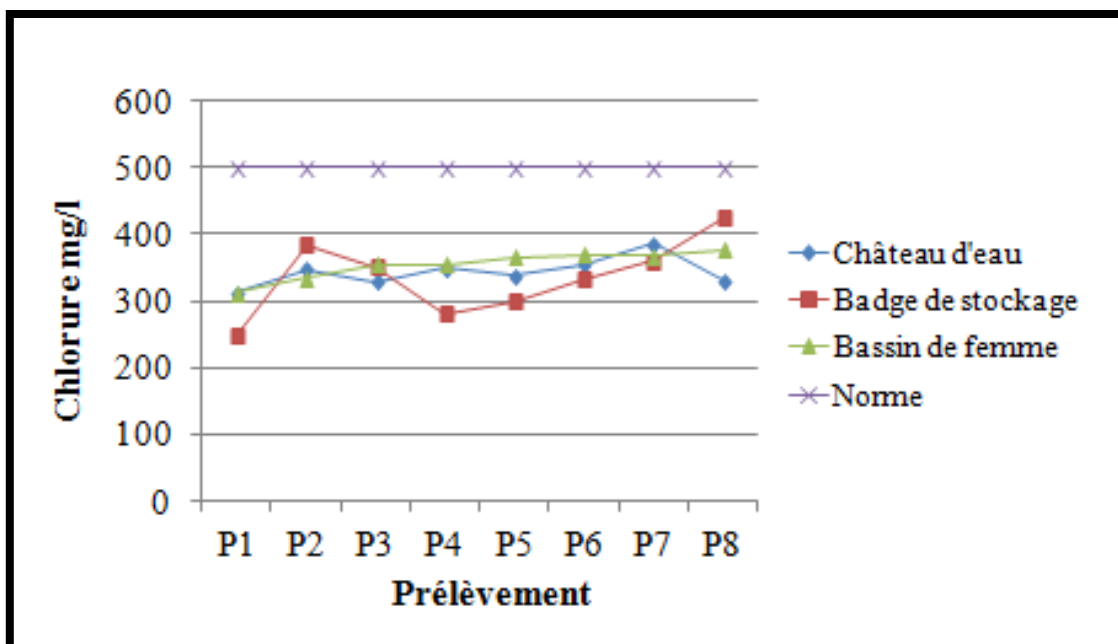


Figure 37: Variation de chlorure de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Les teneurs en chlorure des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. (Dib, 2009).

IV.3.2.6. Sulfate SO_4^{2-} :

Les valeurs enregistrées sont comprises entre 1000 mg/l et de 1075 mg/l avec une moyenne de 1034,75 mg/l au niveau du château d'eau.

Pour le badge de stockage les valeurs varient entre 1022 mg/l et 1070 mg/l avec une moyenne de 1024,31 mg/l.

Concernant le bassin de femme, présente des valeurs comprises entre 1005 mg/l et 1027 mg/l avec une moyenne de 1014,62 mg/l (figure 38).

Les résultats obtenus sont très élevés et dépassent les normes fixées par (JORA, 2014 et AFNOR).

✚ Ce qui confirme la nature **sulfatée calcique** de l'eau thermale de Hammam Righa. (Ouili, 2008).

Les eaux sulfatées calciques sont indiquées dans les affections gastro-intestinale, hépatique et biliaire en produisant une importante action diurétique, mais aussi en rhumatologie et dermatologie.

Résultats et discussion

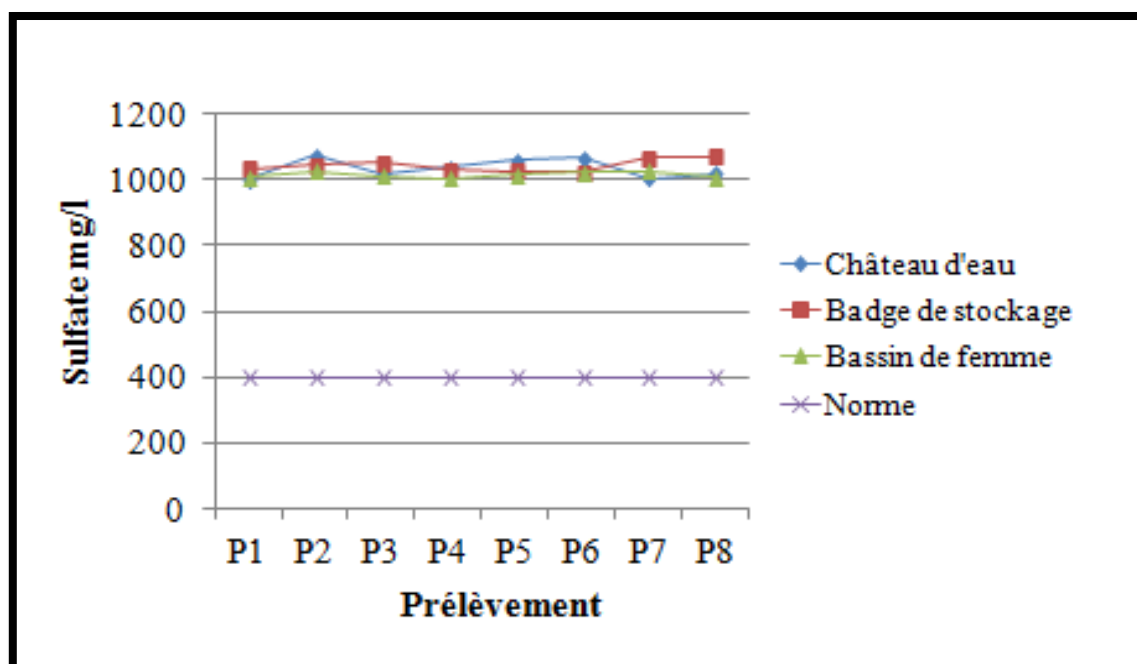


Figure 38 : Variation de sulfate de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

La concentration en ions sulfate des eaux naturelles est très variable, et peut être largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé permettant la dissolution des gypses. ((Boucareb et al., 2012, Rodier et al 2005, Dib 2009).

IV.3.2.7. Carbonate / bicarbonate :

Le dosage des carbonates dans les eaux thermales de Hammam Righa montre des valeurs nulles pour l'ensemble des prélèvements. (Figure N°39).

S'agissant des bicarbonates, les résultats obtenus se trouvent à une valeur maximale de 287mg /l au niveau du château d'eau et une valeur minimale de 207mg/l au niveau de (Badge de stockage et Bassin de femme). (Figure N°40).

La concentration des eaux en HCO_3^- est fonction de la lithologie des terrains traversés (calcaire), du PH et des températures de l'eau. (Rodier et al., 2005).

Résultats et discussion

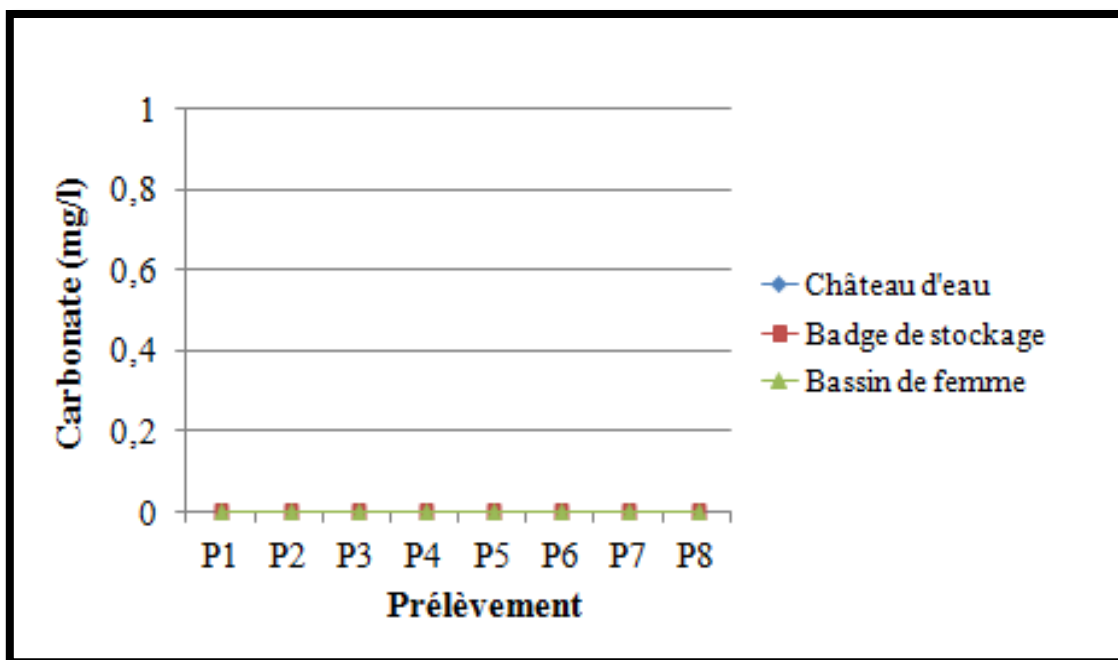


Figure 39 : Variation de carbonate de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

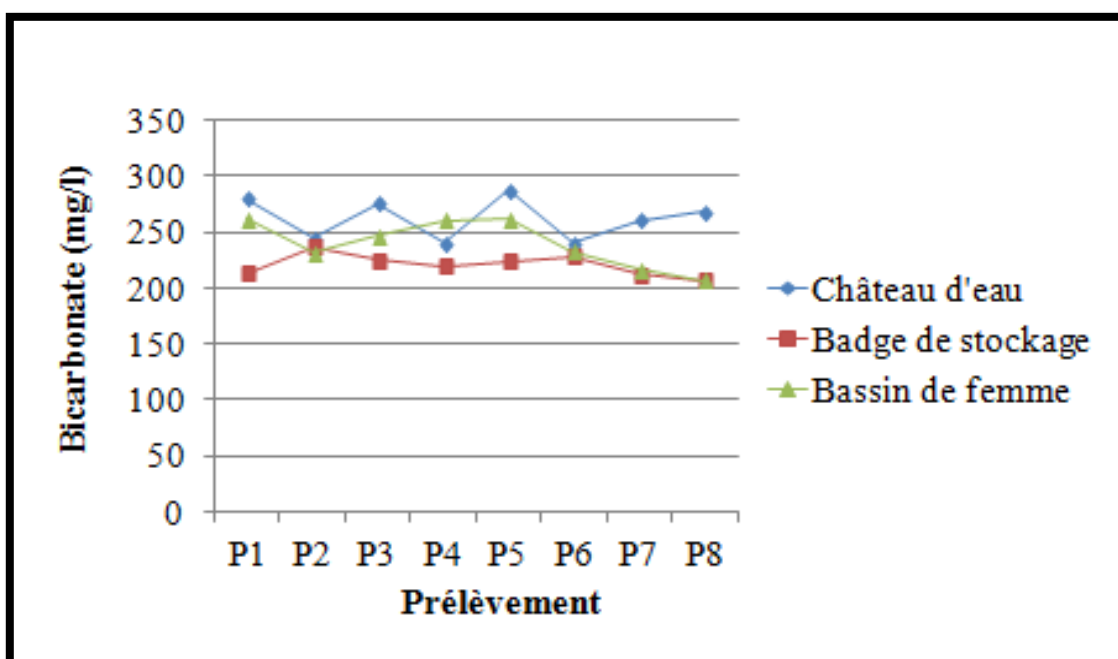


Figure 40 : Variation de bicarbonate de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

IV.3.3. Résultats et discussions des paramètres indésirables :

IV.3.3.1. Fer :

Au niveau du château d'eau, les valeurs sont comprises entre 1,01 mg/l et 1,85 mg/l, avec une moyenne de 1,18 mg/l.

Résultats et discussion

Concernant le badge de stockage, les valeurs sont comprises entre 0,06 mg/l et 0,08 mg/l avec une moyenne de 0,07 mg/l.

Pour les eaux de bassin de femme, les valeurs sont comprises entre 0,06 mg/l et 0,13 mg/l avec une moyenne de 0,26 mg/l.(Figure N°41).

Les valeurs les plus élevées sont observées au niveau du château d'eau avec une valeur maximale de 1,85mg/l, ces valeurs dépassent les normes fixées par(JORA ,2014 et AFNOR).

Au niveau de badge de stockage et bassin de femme les valeurs retrouvées sont acceptables et correspondent aux normes fixées par (JORA ,2014 et AFNOR).

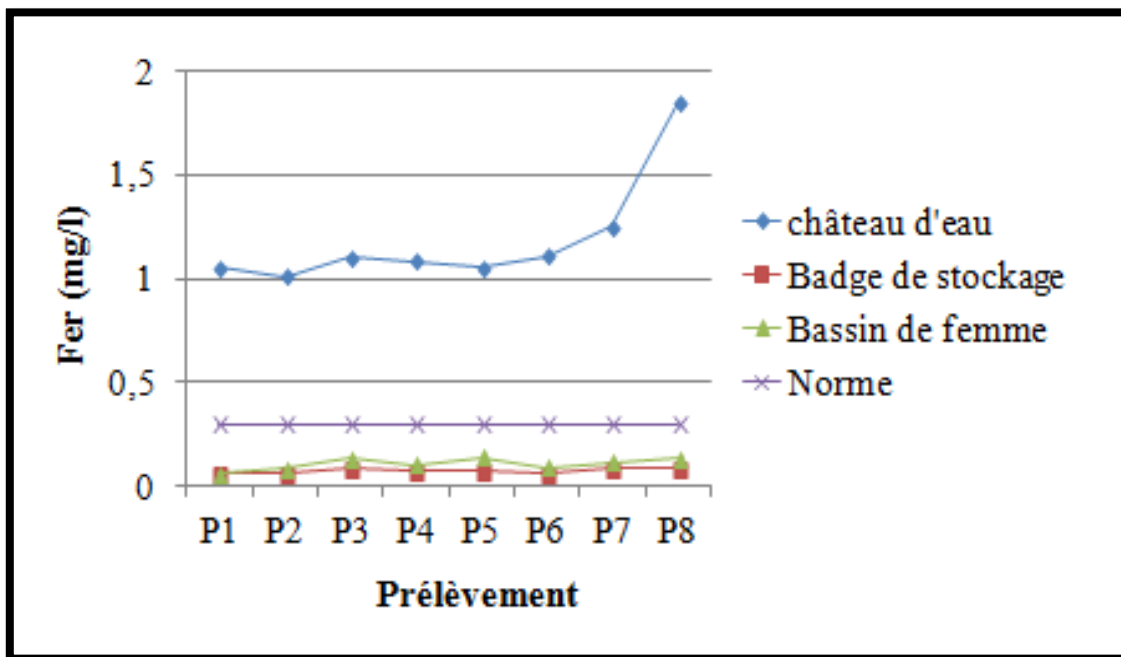


Figure 41: Variation de fer de l'eau thermique du château d'eau, badge de stockage et bassin de femme.

Les taux de fer élevés au niveau du château d'eau peuvent être dus à la nature des pompes utilisées ainsi qu'à leur ancienneté, ainsi qu'à la corrosion de la tuyauterie.

IV.4. Résultats et discussions des analyses des paramètres microbiologiques :

L'analyse microbiologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. Pour ces différentes raisons, il est préjudiciable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur qui sont : les Germes totaux, les *Coliformes totaux*, les *Coliformes fécaux* et *E.coli*, les *Streptocoques fécaux*, les *Clostridium sulfito-réducteurs* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Résultats et discussion

IV.4.1. Résultats et discussions des analyses microbiologiques au niveau du château d'eau :

Les résultats retrouvés sont présentés dans le tableau n°7.

Tableau 07: Résultats des analyses bactériologiques au niveau du château d'eau.

prélèvements	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Paramètres								
GMT a 22°C (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
GMT à 37°C (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
C.T(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
C .F(UFC) et E. coli (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ENT(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ASR(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Pseudomonas(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les germes totaux revivifiables à 22°C et 37°C au niveau du château d'eau sont absents ce qui est conforme à la norme fixé par **(OMS ,1998)**.

Concernent les bactéries d'indicateurs de contamination fécale : Coliformes totaux, Coliforme fécaux, E. coli, les entérocoques et Clostridium sulfito-réducteurs, ils n'ont pas été détectés dans l'ensemble des prélèvements **(JORA ,2014 et AFNOR)**.

Aussi, nous avons enregistré l'absence de *Pseudomonas* dans l'ensemble de nos prélèvements.

Ceci, permet de conclure que l'eau au niveau du château d'eau est d'une bonne qualité microbiologique, ceci pourrait être du d'une part, du fait que le château d'eau est bien protégé vis-à-vis de toute contamination fécale et d'autre part, la température élevée de l'eau du château d'eau ne permet pas le développement de ces germes.

IV.4.2. Résultats et discussions des analyses microbiologiques au niveau de badge de stockage..

Résultats et discussion

Les résultats retrouvés sont présentés dans le tableau n°8.

Tableau 08:Résultats des analyses bactériologiques au niveau de badge de stockage.

Prélèvements Paramètres	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
GMT à 22°C (UFC)	03	77	01	50	65	47	18	62
GMT à 37°C(UFC)	Abs	23	Abs	Abs	10	08	05	51
C. T (UFC)	06	20	04	07	33	28	09	67
C .F(UFC)et E. coli (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ENT(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ASR(UFC)	Abs	01	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Pseudomonas(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les résultats d'analyse des eaux de badge de stockage montrent des teneurs variables des germes mésophiles à 22°C et 37°C, avec des valeurs comprises entre 1UFC et 77UFC pour les germes mésophiles à 22°C, et de 5UFC et 51UFC pour les germes mésophiles à 37°C.

Globalement ces valeurs ne dépassent pas la norme fixée par (OMS, 1998). Sauf pour le 2^{ème} et 8^{ème} prélèvement pour les germes mésophiles totaux à 37°C avec des valeurs de 23UFC et 51UFC respectivement.

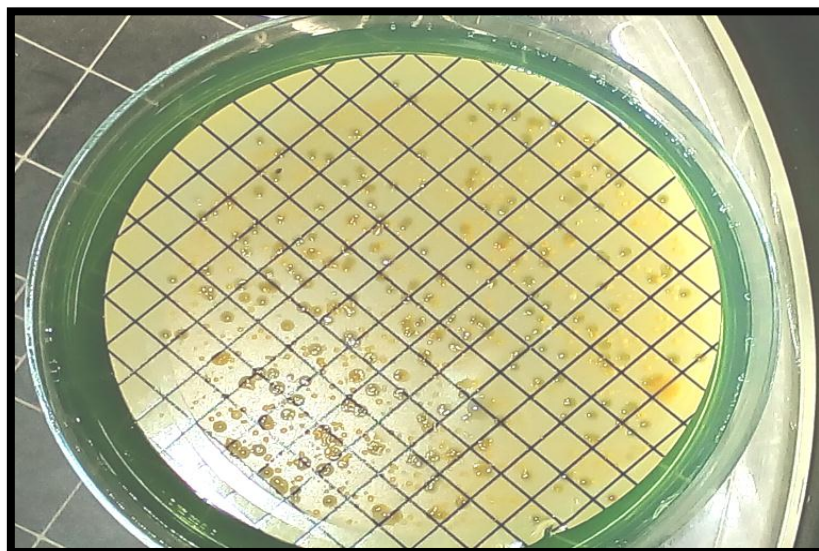


Figure 42:Dénombrement des coliformes au niveau de badge de stockage

Les coliformes totaux ont aussi été isolés dans les 8 prélèvements au niveau du badge de stockage avec une valeur maximale de 67 UFC pour le 8^{ème} prélèvement

Résultats et discussion

Les résultats des analyses microbiologiques retrouvés pour le le 8^{ème} prélèvement (77UFC pour les germes totaux à 22°C et 51 UFC pour les germes mésophiles à 37°C et 67UFC pour les coliformes totaux) concordent avec les résultats des paramètres physico-chimiques où la teneur de nitrite a été retrouvée élevée avec des valeurs de 0.24mg/l. ceci confirme

S'agissant des Coliforme fécaux et desentérocoques, ils n'ont pas été détectés dans l'ensemble des prélèvements.

Concernent les Clostridium sulfito-réducteurs, ils ne sont pas retrouvés, sauf pour le 2^{ème} prélèvement. Les Clostridium sulfito-réducteurs sont des témoins d'une pollution fécale due probablement aux déjections des oiseaux provenant des fenêtres présentes au niveau du château d'eau.

Aussi nous avons noté l'absence de Pseudomonas dans l'ensemble de nos prélèvements.

La présence de coliformes totaux et de GMT dans le badge de stockage pourrait être du à une infiltration d'eau, sachant que la construction du badge de stockage est ancienne et qu'aucun travaux d'étanchéité n'a été effectué. Ceci dit, les coliformes totaux et les GMT sont des indicateurs peu sensibles de la qualité de l'eau.

IV.4.3.Résultats et discussions des analyses microbiologiques au niveau de bassin de femme.

Les résultats trouvés sont présentés dans le tableau n°9.

Tableau 09 :Résultats des analyses bactériologiques au niveau de bassin de femme :

Prélèvements Paramètres	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
GMT à 22°C (UFC)	35	50	48	60	31	20	04	52
GMT à 37°C (UFC)	20	30	35	54	59	40	09	44
C.T (UFC)	11	24	20	35	43	37	18	53
C .FUFC) et E. coli (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ENT(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
ARS (UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Pseudomonas(UFC)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les résultats d'analyse des eaux de bassin de femme montrent des tenures variables des germes totaux à 22°C, avec des valeurs comprises entre 4 UFC et 52 UFC. Ces résultats ne dépassent pas la norme fixée par (**OMS ,1998**). Aussi, pour les germes totaux à 37°C, où nous avons enregistré des valeurs comprises entre de 11 UFC et 59 UFC.

Globalement ces valeurs dépassent la norme fixe par (**OMS ,1998**).

Résultats et discussion

Concernent les Coliformes totaux, nous avons obtenue des valeurs qui varient entre 11UFC et 53UFC .Ces valeurs dépassent la norme fixéepar (**JORA ,2014 et AFNOR**) , ceci concorde avec les résultats de turbidité élevés au niveau du bassin de femmes mais aussi des nitrites, car une turbidité élevée contribue à fournir aux coliformes plus de particules pour se protéger de l'action du chlore, et réduit aussi la disponibilité du chlore.

S'agissant des Coliforme fécaux et desentérocoques les Clostridium sulfito-réducteurs, ils n'ont pas été détectés dans l'ensemble des prélèvements.

Aussi, nous avons enregistré l'absence de Pseudomonas dans l'ensemble de nos prélèvements.

De façon générale, la présence de coliformes totaux dans l'eau est plutôt un indicateur de risque peu spécifique de sa qualité. Habituellement, ces bactéries peuvent croître dans un réseau de distribution d'eau dont la station de production est parfaitement fonctionnelle, cela se produit à partir du biofilm microbien qui se forme sur la paroi des canalisations.

Plus que jamais, nous pouvons dire que les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont complémentaires, considérés comme des facteurs clés pour évaluer la qualité des eaux thermales

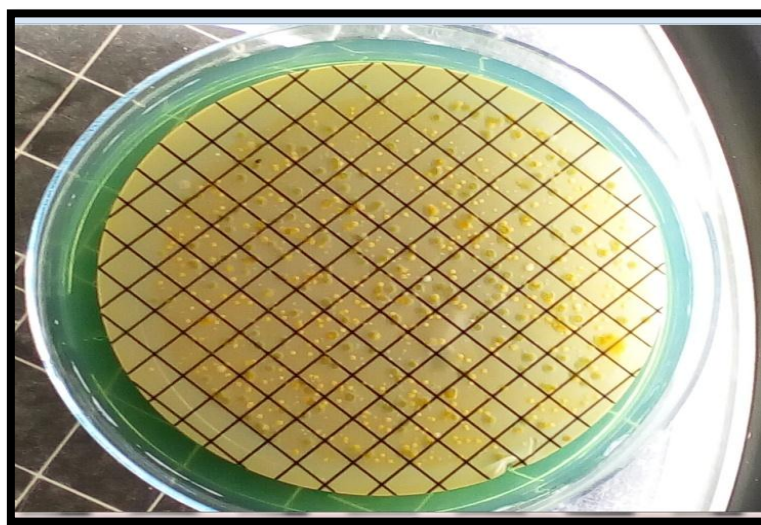
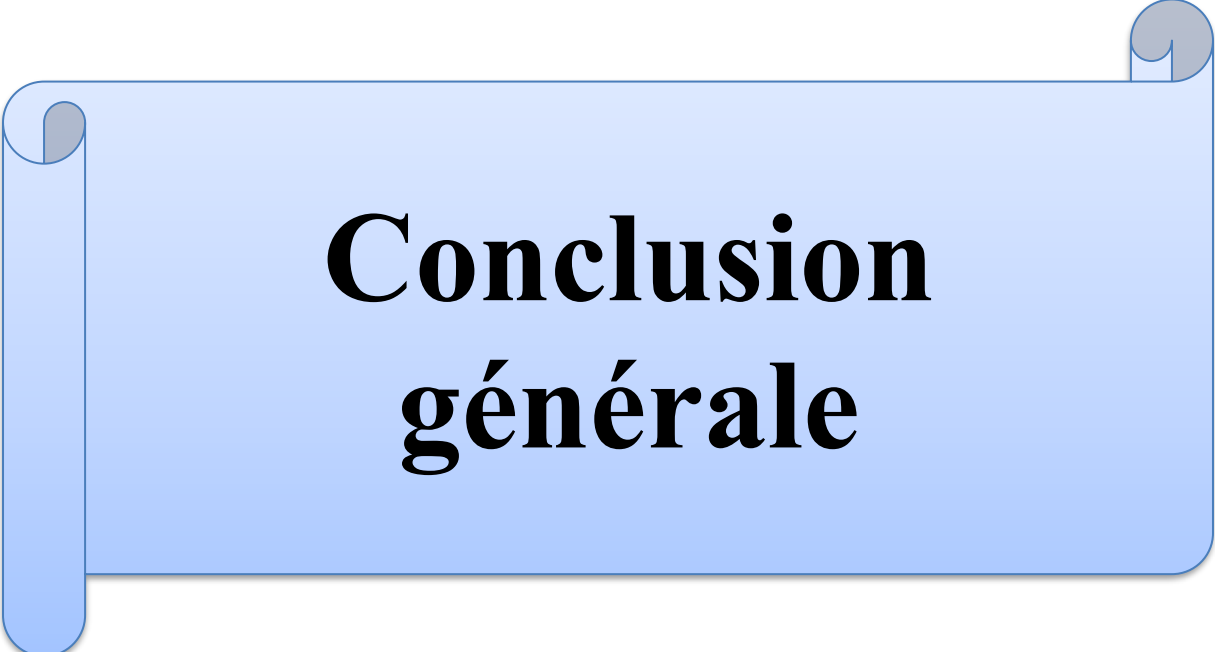


Figure 43 :Dénombrement des coliformes au niveau de bassin de femme



Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'eau thermale de Hammam Righa est considérée comme une eau **hyperthermale** dont la température est comprise entre 59,4°C et 62°C.

Les paramètres physico-chimiques obtenus correspondent aux normes JORA (2014), par contre, cet eau présente des taux élevés de conductivité (entre 3100 et 3300ms/cm), des ions calcium (entre 370 et 425 mg/l), de magnésium (entre 36 et 94 mg/l) et de sulfate (entre 1000 et 1075mg/l) , renforçant ainsi le degré de minéralisation et confirmant la nature sulfatée-calcique de l'eau thermale de Hammam Righa, lui conférant ces propriétés dans les affections dermatologiques et métaboliques.

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus au niveau du château d'eau montrent l'absence des germes pathogènes. Par contre, dans le bassin des femmes et le badge de stockage, nous avons noté contamination par la flore mésophile à 37°C, les coliformes totaux sont présents mais à des concentrations faibles, ceci n'élimine pas le risque d'atteinte à la santé humaine.

A l'issue de ce travail, on peut déduire que l'eau thermale de Hammam Righa est une eau de bonne qualité sur le plan physico-chimique. Par contre sur le plan microbiologique, des mesures doivent être prises pour la surveillance et le contrôle des eaux utilisés dans cette station thermale.

Recommandation générale

Recommandations

Les recommandations suivantes concernant l'hygiène, la gestion du produit annexe tel les déchets et le linge, la conception des locaux et l'entretien sont des règles de base mais néanmoins nécessaires à rappeler et à mettre en oeuvre pour une bonne gestion des risques sanitaires.

❖ **Hygiène :**

Les curistes étant à l'origine de contamination dans l'établissement thermal, certaines dispositions doivent être prises. La fréquentation doit être adaptée à la capacité de l'établissement, notamment des locaux de soins, des salles d'attente et surtout du volume d'eau disponible.

Le personnel approprié des tenues propre (porte des gants pour le personnel manipulant les boues, blouse, surchaussures...).

❖ **Gestion des produits annexes :**

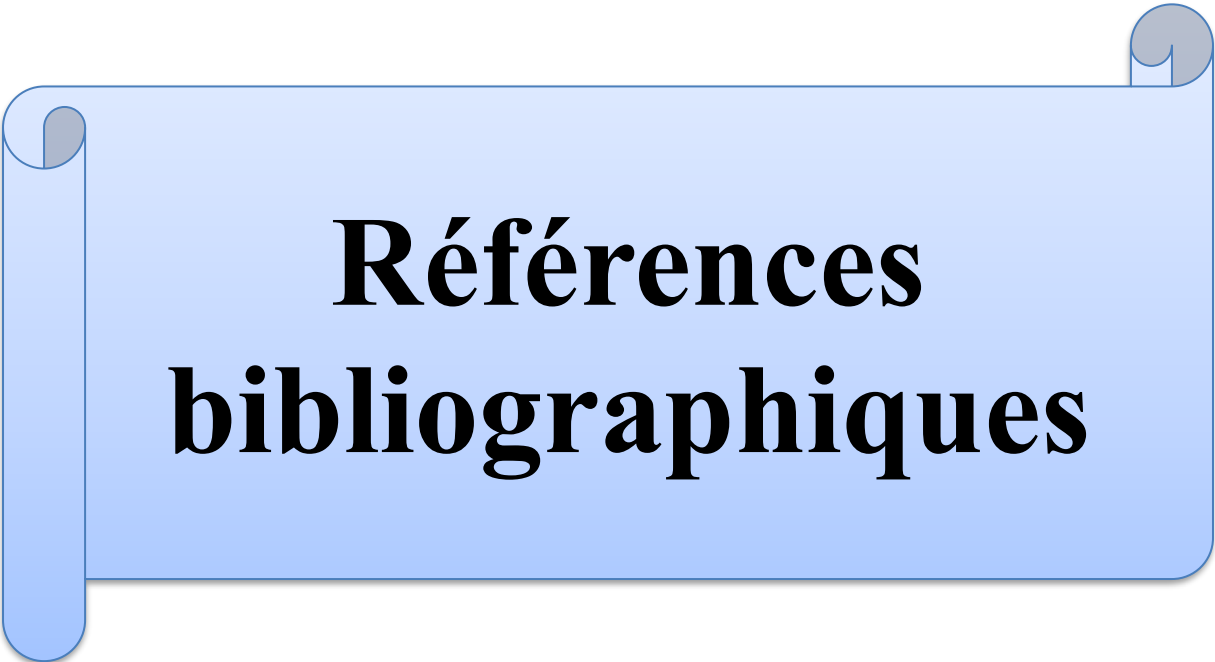
Les déchets sont une source de prolifération et de dissémination de microorganismes et doivent être collectés de manière régulière et éliminés par les établissements.

❖ **Entretien :**

La maintenance sur l'ensemble des installations doit être régulière et enregistrée dans un cahier d'exploitation.

Le nettoyage, le détartrage et la désinfection des locaux, des surfaces et des matériels doivent se faire selon des procédures formalisées Détaillant la fréquence de l'entretien.

Des limites critiques de prélèvement et des fréquences d'analyses concernant les ressources et les points d'usage doivent être réalisées.



**Références
bibliographiques**

Référence bibliographie

- ABDESSELEM.A, (1999).** Suive la qualité microbiologique et physico-chimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen, mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen. p2-18.
- ALIZIEU C, (1989) :** L'eau milieu de culture. In aquaculture.2ème Ed Tec et Doc, Tome 1, édition C.N.E.X.O Franc, p : 395.
- ASSELIN.G, (2006).** Application thérapeutique. Approche intégrée en prévention, 10p.
- ATHAMENA.M, (2006).**Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud sétifien.Mémoire de magister mobilisation des ressources hydriques. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université Batna.131P.
- AVRIL .J.L, DABERNAT.H. DENIS.F, MONTEIL.H, (1992).** BACTERIOLOGIE CLINIQUE.2eme édition .Ellipses 552P.
- BEKKOUCHE. M F, (2016).** Caractéristique hydrochimique des sources thermales de l'extrême Nord-est Algérien. Thèse de doctorat en science, université Badji Mokhtar- Annaba, 175P.
- BENAMAR. N, MOUADIH .N, BENAMAR. A, 2011.** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services. Université de Provence, Marseille.6 p.
- BERNE. F, (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolières, Édition TECHNIP, p 207.
- BERNE. F, JEAN. C, (1991).** Traitement des eaux, Édition TECHNIP, p 306.
- BOUALEM. R, (2009).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, p : 20-33.
- BOUCHAREB .F.Z, BOUDOUKHA.A, HAOUCHINE.A , (2012).**Hydrogéochimie et géothermomètre :apports à l'identification du réservoir thermal des sources de Hammam Righa, Algérie .V57 .
- BURILLE.J, 2006.** Influence de la formation sur l'identité professionnelle et sur les pratiques des hydrothérapeutes dans les stations thermales françaises. Spécialité formation et encadrement dans le secteur sanitaire et le travail social. Université de Provence Aix-Marseille I.99P.
- CATHERINE.G, (2009).** La qualité chimique de l'eau, 3eme Édition, paris, p10.
- DECKER.M,(2006).**Prévention des risques sanitaires en secteur thermal developpement de sécuriser la gestion des produits thermaux. Ingénieur du génie sanitaire .Ecole nationale de sante publique. P53.

Référence bibliographique

- DEVILLERS J, SQUILBIN M, YOURASSOWSKY C, (2005):** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, p4.
- 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 en hydraulique, construction hydrotechnique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.
- EL ATTIFFI EL OUADRASSI. A, (2011).** La qualité microbiologique des eaux de baignade. Thèse de doctorat en pharmacie, université Mohammed, V.71P.
- FEKRAOUIA, ABOURICHE.A, (1999).** Ressources Géothermiques du Nord de l'Algérie. Eléments de l'Atlas Géothermique, Revu.Énergie : 159-162.
- GAUJOUS.D, (1995):** Pollution des milieux aquatiques (aide-mémoire) 2ème édition, p 46.
- GEZE.A, (2006).** Les eaux thermales en traitement adjuvant dermatologique et dermo-cosmétologique : exemple de l'eau thermale d'Avène. Thèse de doctorat en pharmacie, université Joseph Fourier .p 177.
- GHAFIR .Y, DAUBE. G ,2007.** Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. Formation continue - Articles de synthèse. Vêt, **151**, p79-100.
- GREGORIO. C, PIERRE-MARIE. B, (2007).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 356 p.
- GUERGAZI .S, ACHOUR. S, (2005).** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface. Lahryss Journal n°4 :119-127.
- HAMDI.W, (2011).** Qualité hygiénique et caractéristiques physicochimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla. Mémoire de Magister en Biologie. Université Kasdimerbah-ouargla .P 77.
- HAMED. M, GUETTACHE A, BOUAMER L, (2012) :** Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar, 65p.
- HOUTI .A, FIKRI BENBRAHIM .K, RACHIQ .S, ZBADI. L, BELFQIH.R, EI OUAIL LALAMI.A, (2015).** Contrôle de qualité des eaux minérales de deux stations thermales de la région de Fès (Maroc): Ain Allah et Moulay Yaâcoub. J. Mater. Environ. SCI. 6 N°12 :3530-3538.
- ISO 6059, (1984).** Dosage de la somme du Calcium et du magnésium. Méthode titrimétrique à la l'EDTA.

Référence bibliographie

- ISO 6777**,(1984). Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.
- ISO 7150**,(1984). Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode spectrométrique manuelle.
- ISO 9964**, (1993).Qualité de l'eau. Dosage du sodium et du potassium. Méthode par spectromètre d'émission à flamme.
- ISO 9297 – NA 6917**, (2000) .Qualité de l'eau. Dosage de chlorure –titrage au nitrate d'argent avec chromate comme indicateur (Méthodes de Mohr).
- ISO 6878 /1 :1998(F)** .Qualité de l'eau. Dosage du phosphore. Dosage par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium.
- **ISO 63332**, Qualité de l'eau -Dosage du fer.Méthode spectrométrique à la phénantroline-1,10.
- ISO 8467 NA 2064**- Qualité de l'eau. Détermination de l'oxydabilité au KMnO_4 (Indice de permanganate)- Méthodes à chaud en milieu acide.
- JORA, (2014)** . Journal officiel de République Algérienne Démocratique et populaire N°13. Correspondant au 9 mars 2014, 53ème année.
- Joël .G**, (2003).La qualité de l'eau potable, technique et responsabilité, paris.
- KASSOUS.N, KASIMLI, (2010)**. Plan du cours géodynamique externe S2 partie II, les eaux souterraine filaire science de la vie et de la terre .p31.
- LEYRAL. G, RONNEFOY. C, GUILLET. F, (2002)** : Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, p 245.
- MAMMERI.M, (2015)**.Le thermalisme la région de Mila. Mémoire de magister en géologie. Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire. Université mentouri Constantine 1.178P.
- **MEKEBRET.I, (2017)**. Synthèse hydrogéologique et origine de la salinité des eaux thermo-minérales du littoral oranais par les méthodes géochimiques et isotopiques. Mémoire de magister en Sciences de la Terre. Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers. Université d'Oran 2.156P.
- MOKEDDEM. K, OUDDANE. S,(2005)**. Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaâcoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, pp 18-22.
- **NF EN ISO 9963-1**, (1996) .Qualité de l'eau. Détermination de l'alcalinité – Partie 1 : détermination de l'alcalinité totale et composite (Indice de classement : T90-036).
- **NF EN ISO 6222**. (1999) Qualité de l'eau – Dénombrement des micro-organismes revivifiables – Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

Référence bibliographie

- **NF EN ISO 7027**, (2000). Qualité de l'eau – Détermination de la turbidité (Indice de classement : T90- 033.
- **NF EN ISO 7899-2**, (2000). Qualité de l'eau – Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux – Partie 2 : méthode par filtration sur membrane.
- **NF EN ISO 9308-1**, (2000) .Recherche et dénombrement des E. Coli et des bactéries coliformes – Partie 1: méthode par filtration sur membrane.
- **NF EN ISO 6461-2** .Qualité de l'eau – Recherche et dénombrement des spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs (Clostridia) méthode par filtration sur membrane.
- NF T 90-012**, (1987).Essaie de l'eau -Dosage des nitrates. Méthode automatique par spectrométrie d'absorptionmoléculaire.
- Norme de l'agence de normalisation française (Afnor) NF ISO 7218**. Règles générales pour les examens microbiologie.
- **OUALI .S, KHELLAF.A, BADDARI K, (2007)**. Etude des ressources géothermiques du sud algérien. Revue des énergies renouvelables. 10 N°3 : 407 – 414.
- **OUALI .S, (2008)**. Les sources Thermales en Algérie. Division Energie Solaire Thermique et géothermie. Recherche et développement ,3p.
- PAUL. R, (1998)**: Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Epuration, utilisation,Société d'Éditions techniques, p : 192.
- **RODIER J, (1986)** : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.8ème édition, Edit. Dunod, Paris, p : 1365.
- **RODIER.J, (1996)**. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, Eaux Résiduaires, 8eme Edition Dunod, paris, p 1335.
- RODIER.J, BAZIN.C, BROUTIN.J P, CHAMBON.P, CHAMPSAUR.H, RODLL, (2005)**. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mère, chimie physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétations des résultats. 8eme Edition. Dunod, paris, p 1383.
- **RODIER J, LEGUBE B, MERLET N, COLL, (2009)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.9ème édition, Dunod, Paris, p 1526.
- **ROQUE. C F, (2007)**. Le thermalisme la médecine que nous a donnée. Géoscience numéro 5, p74-79.
- **SCHUDEBOOM. J, (1993)** : Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, p 11.

Référence bibliographie

-**SCHWENKE .A, (2007).**De l'usage de l'eau thermique en nébuliseur. Thèse de doctoraten pharmacie, université Henri Poincaré- Nancy 1.P 81.

-**TARDAT HENRY.M, (1992).**chimie des eaux, 2eme Edition, les éditions du Griffon d'argile, p 213-215.

-**TRADATE.M H, BEAUDRY.C P, (1992).**Chimie des eaux. 2eme édition. Les éditions du Griffon d'argile, p 536.

- **(WHO,1987).** Global pollution and health results of related environmental monitoring Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.



Annexes

Annexes I

Annexes I :

I. Matériels pour les analyses physico-chimiques :

I.1. Matériels pour échantillonnage :

- Bouteille en verre de 1 litre.
- Glacière

I.2. Appareillage :

- spectrophotomètre UV -VISIBLE.
- Multi-paramètre (HQ 40d).
- Balance analytique.
- Autoclave.
- Turbidimètre HACH 2100N.
- Plaque chauffante.
- Thermomètre numérique.
- Photomètre à flamme Dr. LANGE (JENWAY).
- L'hôte

I.3. Appareillage :

- fiole 100ml -50ml.
- Erlenmeyer.
- Bécher.
- Pipette graduée.
- Eprouvette.
- Burette
- Flacons en verre.
- Spatule.

I.4. Les réactifs :

❖ l'ammonium :

• Réactif I :

- Acide dichloroisocyanurique 2 g.
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

• Réactif II coloré :

- Tri citrate de sodium 130 g.
- Salicylate de sodium 130 g.
- Nitropruciate de sodium 0.97 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml

Annexes I

❖ Nitrite :

• Réactif mixte :

- Sulfanilamide 40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyle éthylène diamine 2 g.
- H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.

❖ Nitrate :

• Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

- 0.5 Gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

• Solution d'hydroxyde de sodium à 30 %.

- 30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

• H₂SO₄ concentré.

• Tartrate double de sodium et de potassium.

- Hydroxyde de sodium Na OH⁻ 400g
- Tartrate de sodium et de potassium 60g.
- Eau distillée Qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène

- H₂SO₄.

❖ Phosphate :

• Réactif mixte :

- Heptamolybdate d'ammonium 13 g.
- Eau distillée 100 ml.
- Tartrate d'antimoine 0.35 g.
- Eau distillée 100 ml.
- Acide sulfurique pur 150 ml
- Eau distillée 150 ml.

• Acide ascorbique :

- Acide ascorbique.....10 g.
- Eau distillée100ml.

❖ Matière organique :

• Solution de permanganate de potassium à 0.01 N :

- Solution de KMnO₄ à 0.1 N..... 100 ml.
- H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.

Annexes I

- **Solution d'acide oxalique à 0.01 N :**

- $C_2H_2O_4$ à 0.1N 100 ml.
- H_2SO_4 concentré50 ml.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

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

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

- ❖ **Calcium /magnésium :**

- **Solution d'E.D.T.A N/50 ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) : (0,02N ou 0,01M :**

- EDTA 3,725 g. après déshydratation à 80°C pendant 2 h.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

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

- NaOH (pastilles) 80 g.
- H_2O distillée q.s.p 1000 ml.

- **Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH_4OH) pH = 10,1:**

- Chlorure d'ammonium 67,5 g.
- NH_4OH (25%) 570 ml.
- HCl concentréjusqu'à..... pH = 10,1.
- H_2O distillée q.s.p 1000.

- ❖ **Chlorure :**

- **Solution de nitrate d'argent à 0,01 N:**

- 1,6987 d' $AgNO_3$ → 1000 ml d'eau distillée.

- **Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10 %:**

- 10 g de K_2CrO_4 → Q.S.P 100 ml d' H_2O distillée.

- ❖ **Sulfate :**

- **Solution stabilisant :**

- Acide chlorhydrique (c) 60 ml.
- Ethanol..... 200 ml.
- Chlorure de sodium 150 g.
- Glycérol 100 ml.
- Eau distilléeQ.S.P. 1000 ml.

Annexes I

- **Solution de chlorure de baryum :**

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

- ❖ **L'alcalinité (HCO_3^-) :**

- Solution d'HCl à 0,1 N :

- d'HCl à 1 N 100 ml.
- H₂O distillée q.s.p 1000ml.

- ❖ **Fer :**

- **Tampon acétate.**

- Acétate d'ammonium40g.
- Acide acétique cristallisable.....50ml.
- Q.S.P 100 ml d'eau distillée.

- **Chlorhydrate d'hydroxylamine a 10%.**

- Chlorhydrate d'hydroxylamine10g
- Q.S.P100 ml d'eau distillée.
- Cette solution est stable pendant une semaine.

- **Solution de phénanthroline -1,10.**

- Dissoudre 0,42 g de Phénantrolin-1.10 monohydraté ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dans 100ml d'eau distillée contenant 2gouttes d'Acide chlorhydrique.
- Cette solution est stable pendant une semaine. Conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

Annexes II

Annexe II:

II. Matériels pour les analyses microbiologiques :

II.1. matériels pour échantillonnage :

- Bouteille en verre de 500ml.
- Glacière.

II.2. Appareillage :

- Rampe de filtration.
- Bec-benzène.
- Bain marie.
- Etuve à 37°C et 44°C.
- Compteur de colonies
- Réfrigérateur.
- Autoclave.

II.3. Matériel :

- Les biotes de pétrie.
- Pipettes pasteur stérile.
- Les filtres de (0,2 et 0,45).
- Pince.
- Tube à essai stérile.
- Portoir.

II.4. les milieux de culture utilisés:

II.4.1. Formules des milieux de culture :

❖ Gélose lactose outergitol 7:(milieu complète).

➤ Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pancréatique de viande10,0 g.
- Extrait de viande5,0 g.
- Extrait autolytique de levure.....6,0 g.
- Lactose20,0 g.
- Tergitol 70,1 g.
- Bleu de bromothymol50,0 mg.
- Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium25,0 mg.
- Agar-agar bactériologique.....10,0 g.

➤ Stérilisation à 121°C pendant 15minute, réparation du milieu à raison de 225 ml par flacon.

➤ PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.

❖ Gélose trypto-caseine soja (TSA) :

Annexes II

- Pour 1 litre de milieu :
 - Tryptone15,0 g.
 - Peptone papa inique de soja5,0 g.
 - Chlorure de sodium 5,0 g.
 - Agar- agar bactériologique 15,0 g.
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25 °C : $7,3 \pm 0,2$.

❖ Bouillon au tryptophane :

- Pour 1 litre de milieu :
 - Tryptone.....10,0 g.
 - L-Tryptophane.....1,0 g.
 - Chlorure de sodium.....5,0 g.
- PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,5 \pm 0,2$.

❖ Gélose de SLANETZ et BARTLEY :(milieu complète).

- Pour 1 litre de milieu :
 - Tryptose20,0 g.
 - Extrait autolytique de levure.....5,0 g.
 - Glucose.....2,0 g.
 - Phosphate dipotassique.....4,0 g.
 - Azide de sodium0,4 g.
 - Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium0,1 g.
 - Agar-agar bactériologique.....10,0 g.
- PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,2 \pm 0,2$.

❖ Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide :(BEA) :

- Pour 1 litre de milieu :
 - Tryptone.....17,00 g.
 - Peptone pepsique de viande3,00 g.
 - Extrait autolytique de levure.....5,00 g.
 - Bile de bœuf bactériologique10,00 g.
 - Chlorure de sodium.....5,00 g.
 - Esculine1,00 g.
 - Citrate ferrique ammoniacal0,50 g.
 - Azide de sodium0,15 g.
 - Agar-agar bactériologique.....13,00 g.
- PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,1 \pm 0,2$.

❖ Gélose Viande Foie (VF) :

- Pour 1 litre de milieu :
 - Base viande foie..... 30 g.
 - Glucose 2 g.

Annexes II

- Agar-agar6 g.
 - PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,4.

 - ❖ **Gélose KING A :**
 - Pour 1 litre de milieu :
 - Peptone dite "A"20,0 g.
 - Glycérol10,0 g.
 - Sulfate de potassium10,0 g.
 - Chlorure de magnésium1,4 g.
 - Agar-agar12,0 g.
 - PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.

 - ❖ **Gélose KING B :**
 - Pour 1 litre de milieu :
 - Peptone20,0 g.
 - Glycérol.....10,0 ml.
 - Phosphate di potassique1,5 g.
 - Sulfate de magnésium, 7 H₂O1,5 g.
 - Agar -agar bactériologique.....15,0 g.
 - PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.
- III.5. Les réactifs et les additifs utilise :**
- ❖ **Réactif de kovacs.**
 - P-diméthylamino-benzaldéhyde..... 5,00 g.
 - Alcool iso-amylque75 ml.
 - Acide chlorhydrique pur25 ml.

 - ❖ **Alun de fer.**
 - ❖ **Sulfate de sodium.**

Annexes III

❖ **Tableau 01: Résultats physico-chimique:**

Prélèvement		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Normes
Paramètre										
Température (°C)	Ch. d'eau	59,4	60,5	62	61,7	60,9	61,4	61	62	<50°C, (eau hyperthermales) (ROUQUE, 2007).
	B.stockage	43,1	43,3	43,5	42,7	43	42,8	43,4	42,9	
	B.femme	39,6	39,9	39,8	39,7	39,6	39,7	39,8	39,9	
PH	Ch. d'eau	7,2	7	7,1	7,3	7,14	7	7,25	7,29	≥ 6,5 et ≤ 9 JORA(2014) ≥2 et ≤12 AFNOR
	B.stockage	7,64	7,45	7,46	7,55	7,40	7,18	7,35	7,08	
	B.femme	7,1	7,48	7,62	7,45	7,47	7,49	7,44	7,7	
Turbidité (NTU)	Ch. d'eau	6,18	5,40	5,50	6,64	5,70	6,10	5,95	6,55	5 NTU JORA(2014) /
	B.stockage	20	13,3	17,6	14	13	14,5	16	14,8	
	B.femme	20,5	13,4	16,5	15,5	14,7	13,5	13,1	14,3	
Conductivité (ms/cm)	Ch. d'eau	3330	3180	3280	3160	3210	3220	3300	3180	2800 ms/cm JORA(2014) 2000 ms/cm AFNOR
	B.stockage	3220	3100	3240	3120	3250	3200	3130	3190	
	B.femme	3300	3220	3270	3300	3150	3240	3230	3180	
Ammonium (mg/l)	Ch. d'eau	0,411	0,412	0,311	0,333	0,344	0,332	0,324	0,433	0,5 mg/l JORA(2014) 0,5 mg/l AFNOR
	B.stockage	0,222	0,18	0,25	0,23	0,20	0,22	0,24	0,174	
	B.femme	0,38	0,25	0,17	0,22	0,25	0,28	0,21	0,21	
Nitrite (mg/l)	Ch. d'eau	0,011	0,009	0,007	0,005	0,010	0,003	0,011	0,012	0,2 mg/l JORA(2014) 0,1 mg/l AFNOR
	B.stockage	0,085	0,1	0,20	0,18	0,22	0,075	0,088	0,242	
	B.femme	0,24	0,16	0,18	0,16	0,20	0,22	0,24	0,16	
Nitrate (mg/l)	Ch. d'eau	0,01	0,0	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0	0,01	50 mg/l JORA(2014) 50 mg/l AFNOR
	B.stockage	0,33	0,30	0,27	0,35	0,37	0,35	0,31	0,33	
	B.femme	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,06	0,09	0,09	
Phosphate (mg/l)	Ch. d'eau	0,012	0,011	0,000	0,013	0,125	0,193	0,011	1,045	5 mg/l JORA(2014) 5 mg/l AFNOR
	B.stockage	0,222	0,192	0,111	0,183	0,112	0,154	0,196	0,226	
	B.femme	0,29	0,081	0,252	0,123	0,187	0,076	0,072	0,074	
M. orge (mg/l)	Ch. d'eau	0,700	0,614	0,675	0,635	0,695	0,711	0,665	0,690	5mg/l JORA(2014)
	B.stockage	1,70	1,25	1,46	1,48	1,35	1,30	1,66	1,72	
	B.femme	0,70	0,61	0,65	0,62	0,70	0,64	0,63	0,70	
Calcium (mg/l)	Ch. d'eau	400	390	376	405	409	393	425	410	200 mg/l JORA(2014) 100 mg/l AFNOR
	B.stockage	384	390	388	386	387	390	388	376	
	B.femme	410	399	405	412	400	395	393	412	

Annexes III

Magnésium (mg/l)	Ch. d'eau	60	36	49	62	55	64	60	65,61	50 mg/l JORA(2014) 50 mg/l AFNOR
	B.stockage	70,74	75,33	80,22	82,11	88,55	80,14	79,41	94,77	
	B .femme	51,3	46,17	70	65,4	50,9	53,6	56,1	58,32	
Sodium (mg/l)	Ch. d'eau	140	159	149	170	160	165	175	140	200 mg/l JORA(2014) 150mg AFNOR
	B.stockage	177	157	167	180	175	166	149	135	
	B .femme	181	160	170	175	181	172	168	160	
Potassium (mg/l)	Ch. d'eau	10	12	10	11	13	16	10	11	12 mg/l JORA(2014) 12 mg/l AFNOR
	B.stockage	12,5	12	11	10	12,5	11,5	12	10	
	B .femme	10	9,4	10,5	10	10	9,8	9,9	10,4	
Chlorure (mg/l)	Ch. d'eau	312	347	329	348	337	355	385	330	500 mg/l JORA(2014) 200mg/l AFNOR
	B.stockage	247,5	383	350	280	300	333	360	424	
	B .femme	312	335	315	354	365	370	368	377	
Sulfate (mg/l)	Ch. d'eau	1000	1075	1020	1035	1060	1065	1005	1018	400 mg/l JORA(2014) 250mg/l AFNOR
	B.stockage	1031,5	1045	1051	1030	1024	1022	1065	1070	
	B .femme	1008	1027	1011	1005	1015	1021	1024	1006	
Carbonate (mg/l)	Ch. d'eau	0	0	0	0	0	0	0	0	/
	B.stockage	0	0	0	0	0	0	0	0	
	B .femme	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bicarbonate (mg/l)	Ch. d'eau	280	244	275	240	287	240	260	268	/
	B.stockage	213	237	225	220	224	228	212	207	
	B .femme	262	231	246	260	262	233	216	207	
Fer (mg/l)	Ch. d'eau	1,05	1,01	1,10	1,08	1,05	1,11	1,25	1,85	0,3 mg/l JORA(2014) 0,1mg/l AFNOR
	B.stockage	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	
	B .femme	0,06	0,08	0,13	0,10	0,7	0,8	0,11	0,13	

