

Département de Génie Civil et d'Hydraulique



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **Diplôme de MASTER en Hydraulique**

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Par : BESSAFI Houria

Thème

Etude des eaux des baignades (hammams) de la région de Saida.
Evaluation physico-chimiques et bactériologiques.

Soutenu, le 25/ 09 / 2020, devant le jury composé de :

M/M^{me}/M^{elle} **HADJEM Mohamed**

Président

M/M^{me}/M^{elle} **HAZZAB Abdelkrim**

Encadreur

M/M^{me}/M^{elle} **ZAIRI Souad**

Examineur

2019/2020

Avant propose :

Tout d'abord, je remercie Dieu, Tout-Puissant de m'avoir aidé et de m'avoir donné la foi et courage pour la réalisation de ce travail.

Ce travail n'aurait pu être menée à terme sans le soutien continu de mon encadrent Pr. HAZZAB Abdelkrim. Je désire lui adresser un remerciement tout particulier pour ses précieux commentaires et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidé tout au long des différentes étapes menant à l'élaboration de ce thème.

Dédicace :

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents.

Mes frères : Mohamed et Youcef.

Ma sœur : Rania.

Ma copine Fouzia.

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de la partie expérimentale de mon travail, je cite en particulier Ahmed et Saïdani Ali et Benmoussa AbdIkrim.

Résumé:

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle à de multiples utilisations. Son utilisation d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique.

Pour apprécier la qualité des eaux des hammams (bains maures) dans la région Saïda qui est situé à l'Ouest de l'Algérie, un contrôle physico-chimique et bactériologique a été réalisé et a porté sur plusieurs échantillons d'eau prélevés au niveau de cinq (5) hammams appartenant à cette région.

Les analyses ont été effectuées sur ces échantillons en mesurant les paramètres physicochimiques suivants : La température, le pH, la conductivité électrique (CE), la turbidité, le résidu sec (RS), la Salinité, la dureté totale, le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), les sodiums (Na^+), les potassiums (K^+), les chlore (Cl^-), les phosphores (P^-), les phosphates (PO_4^{-3}), les sulfates (SO_4^{-2}), les nitrites (NO^{2-}), les nitrates (NO^{3-}), les ammoniums (NH_4^+) et en recherchant éventuellement les germes indésirables : Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs, Pseudomonas. Aéroginosa, Escherichia coli et les Entérocoques.

Les résultats des analyses effectuées ont fait ressortir que les eaux des hammams explorés sont de mauvaise qualité physico-chimique et bactériologique par rapport aux normes préconisées. Ces normes représentent la synthèse d'une analyse de textes de la législation nationale et internationale. Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus ont montré que les eaux analysées sont très dures avec une augmentation des teneurs de calcium, magnésium, chlore, nitrates. Sur le plan bactériologique, l'analyse montre que la présence de contamination dans les hammams qui utilisent les eaux des puits. Cette pollution constitue sans doute un danger non négligeable à la santé des usagers de ces eaux des hammams.

Outre, l'analyse physicochimique et bactériologique, l'étude traite la question de l'encadrement technique et réglementaire des eaux des hammams en Algérie. A travers une analyse développée, la problématique de la réglementation de ce type des eaux est posée.

Au passage, l'aspect historique, qui relève l'importance de la pratique et de l'institution du hammam dans les sociétés du bassin méditerranéen en général et en Algérie en particulier, est développé.

Mots clés : Eaux, hammams, Bains maures, Qualité, Physico-chimique, Bactériologique, Saïda.

Abstract:

Water is a valuable natural resource and essential from multiple uses. Its use for cleanliness requires excellent physical-chemical and microbiological quality.

To evaluate the water quality of the hammams in the Saida region which is located in the west of Algeria, a physical-chemical and bacteriological control was done comprising a water tests taken from the level of 5 hammams having a place with this region.

The investigations were completed on these samples by measuring the following physical parameters: temperature, pH, electrical conductivity (CE), turbidity, dry residue (RS), Salinity, total hardness, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodiums (Na^+), potassiums (K^+), chlorine (Cl^-), phosphorus (P^-), Phosphatess (PO_4^{3-}), sulphates (SO_4^{2-}), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammoniums (NH_4^+) and looking for unwanted germs: Total Germs, Total Coliforms, Fecal Coliforms, Fecal Streptococcus, Clostridium sulfito-reducing, Pseudomonas, Aeroginosa, Escherichia coli and Enterococci.

The results of the analyses carried out showed that the waters of the hammams examined are of poor physico-chemical and bacteriological quality compared to the recommended standards. These standards represent the synthesis of an analysis of national and international legislation. The results of the physico-chemical parameters obtained showed that the waters analyzed are very hard with an increase in the contents of calcium, magnesium, chlorine, nitrates. From a bacteriological point of view, the analysis showed that the presence of contamination in the hammams that use well water. This pollution undoubtedly constitutes a non-negligible danger to the health of the users of these hammam waters.

In addition to the physicochemical and bacteriological investigation, the study deals the issue of the technical and regulatory framework of hammam water in Algeria. Through a developed analysis, the problematic of the regulation of this type of water was posed.

In passing, we presented the historical aspect, which highlights the importance of the practice and institution of the hammam in the Mediterranean basin societies in general and in Algeria specifically.

Key words: Water, hammam, Moor Baths, Quality, Physico-chemical, Bacteriological, Saïda.

ملخص

الماء هو مورد طبيعي قيم وأساسي لاستخدامات متعددة، استخدامه في فضاءات النظافة يشكل عام وفي الحمامات بشكل خاص تتطلب نوعية فيزيو-كيميائية و ميكروبيولوجية ممتازة. لتقييم نوعية مياه الحمامات في منطقة سعيدة التي تقع في الغرب الجزائري ، أجريت تحاليل فيزيو- كيميائية وبكتريولوجية على مجموعة من عينات من مياه خمس حمامات تم اختيارهم من المنطقة.

أجريت التحاليل على هذه العينات عن طريق قياس المعايير الفيزيو-كيميائية التالية: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، العكارة، الكالسيوم والمغنيزيوم، كلور، النترت، المواد الصلبة العالقة، وكذلك تم بالتوازي مع التحاليل الفيزيو- كيميائية البحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها : مجموع البكتيريا، بما فيها مجموع القولونيات، بكتيريا القولون البرازية، العقديات البرازية، كلوستريديوم.

ولقد أظهرت نتائج التحاليل التي أجريت، أن مياه بعض الحمامات ذات نوعية فيزيو- كيميائية وبكتريولوجية نوعا ما رديئة مقارنة مع مقاييس الجودة التي تم اعتمادها وفق سلم خاص بعد قراءة نقدية للنصوص التشريعية ذات الصلة المعتمدة محليا كانت أو عالميا. في هذا الباب نشير بان نتائج المعاملات الفيزيو-كيميائية التي تم الحصول عليها، تبين بأن المياه التي تم تحليلها ليست دائما في مستوى المقاييس المطلوبة. إذ يت النتائج أن المياه المختبرة هي مياه عسيرة تتميز بزيادة في مستويات الكالسيوم و الكلور والنترات. أما من وجهة نظر التقييم البكتريولوجي، فقد أظهرت التحاليل وجود تلوث ملحوظ في الحمامات التي تستخدم مياه الآبار. و لا شك في أن هذا التلوث يشكل خطرا كبيرا على صحة مستخدمي مياه هذه الحمامات.

بالإضافة إلى التحاليل الفيزيو- كيميائية والبكتريولوجية ، تتناول الدراسة مسألة الإطار الفني والتنظيمي لمياه الحمامات في الجزائر. من خلال تحليل معمق للمنظومة التشريعية المعمول بها حاليا، يتم طرح إشكالية تنظيم وتأطير استعمالات هذا النوع من المياه.

بشكل عابر ، تم التعرض إلى الجانب التاريخي، الذي يسلط الضوء على أهمية الحمام كممارسة ومؤسسة عبر التاريخ في مجتمعات حوض البحر الأبيض المتوسط بشكل عام وفي الجزائر على وجه الخصوص.

كلمات البحث: الماء، الحمامات، الجودة التقنية، الفيزيو-كيميائية، البكتريولوجية، المعايير التقنية، سعيدة.

Liste des figures :

Figure 1 : Hammam romain en Algérie.	6
Figure 2: la piscine rectangulaire et la piscine circulaire de Hammam Esseline.	8
Figure 3 : Le cortège pétrifié de Hammam Meskhoutine.	8
Figure 4: La salle principale de Hammam Elsabaghin.	10
Figure 5 : bain maure en Algérie.	10
Figure 6 : La salle chaude du bain, au cours des fouilles archéologiques.	11
Figure 7 : Le dôme de hammam Ksar Al Bayât.	12
Figure 8 : Limites administratives de la Wilaya de Saida..	14
Figure 9 : Localisation géographique du bassin versant d'Oued Saida	15
Figure 10: variation mensuelle de la température.	16
Figure 11 : variation annuelle de la température de 1979 à 2014.	17
Figure 12 : Variation mensuelles des précipitations de 1979 à 2014.	18
Figure 13: Variation interannuelle des précipitations de 1979 à 2014.....	19
Figure 14 : Variation mensuelle d'humidité relative.....	19
Figure 15 : Variation annuelle des humidités relatives de 1979 à 2014.....	20
Figure 16: Variation annuelle des vitesses du vent de 1979 à 2014.	20
Figure 17 : Variation annuelle des vitesses du vent de 1979 à 2014.	21
Figure 18 : infection des yeux par les coliformes fécaux.	24
Figure 19 : Micrographie électronique à balayage de la bactérie Escherichia coli.	25
Figure 20 : Infection cutanée.....	26
Figure 21: l'infection des yeux.....	28
Figure 22 : Localisation des points de prélèvement dans la commune Saida	30
Figure 23 : Localisation des points de prélèvement dans la commune d'Ain El Hadjar	30
Figure 24 : Flacons des prélèvements bactériologiques.	31
Figure 25 : Appareil Multi-paramètres.....	32
Figure 26 : Turbidité-mètre.	33
Figure 27 : L'étuve du séchage.	33
Figure 28 : Mesure de la dureté.	34
Figure 29: Mesure de Calcium.....	34
Figure 30 : Photomètre à flamme de marque JENWEY-PEP7.	35
Figure 31 : Mesure de l'Ammonium.....	36
Figure 32 : Mesure du Phosphate.	37
Figure 33 : Lecture du Sulfate.	37
Figure 34 : Mesure du Nitrite.	38
Figure 35 : Mesure du Nitrate.	38
Figure 36 : Recherche des germes totaux à 22°C et 37°C.	39
Figure 37 : Représente la mesure de coliforme totaux.....	40
Figure 38 : Représente la mesure d'entérocoque des entérocoques.....	41
Figure 39 : Représentation des analyses des eaux des sur un diagramme de Piper.	47
Figure 40 : Représentation des eaux sur un diagramme de Schöeller-Berkaloff.....	47
Figure 41 : Température des eaux des hammams explorés.	48
Figure 42 : pH des eaux des hammams explorés.	49
Figure 43 : Conductivité des eaux des hammams explorés.	49

Figure 44 : Turbidité des eaux des hammams explorés.....	51
Figure 45 : Salinité des eaux des hammams explorés.....	52
Figure 46 : Dureté des eaux des hammams explorés.	52
Figure 47 : Variation des valeurs du résidu sec des eaux des hammams explorés.	53
Figure 48 : Calcium des eaux des hammams explorés.....	54
Figure 49 : Magnésium des eaux des hammams explorés.	54
Figure 50 : Le Sodium des eaux des hammams explorés.....	55
Figure 51 : Le Potassium des eaux des hammams explorés.	56
Figure 52 : Le Chlore des eaux des hammams explorés.	57
Figure 53 : Le Phosphore des eaux des hammams explorés.	57
Figure 54 : Les Phosphates des eaux des hammams explorés.....	58
Figure 55 : Les sulfates des eaux des hammams explorés.....	58
Figure 56 : Les Nitrates des eaux des hammams explorés.	59
Figure 57 : Les Nitrites des eaux des hammams explorés.	60

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques des sous bassins du bassin versant de l'Oued Saïda.	15
Tableau 2 : Caractéristique morphométriques du bassin versant de l'Oued Saïda.	16
Tableau 3 : Température moyenne mensuelle enregistrée (1979-2014).....	16
Tableau 4 : Température moyenne annuelle enregistrée (1979-2014).	17
Tableau 5 : Les précipitations moyennes mensuelles (1979-2014).....	18
Tableau 6 : Les précipitations moyennes annuelles (1979-2014).....	19
Tableau 7 : Répartition mensuelle de l'humidité relative bassin versant de Saïda.....	19
Tableau 8 : Les humidités relatives moyennes annuelles (1979-2014).	20
Tableau 9 : Les vents moyens mensuels enregistrés (1979-2014).	20
Tableau 10 : Le vent moyen annuel enregistré (1979-2014).	23
Tableau 11 : représente les l'origine de la pollution bactériologiques.....	23
Tableau 12 : Présentation des sites de prélèvement.....	31
Tableau 13 : Comparaison de la qualité physico-chimiques des eaux de baignades.	43
Tableau 14 : Comparaison de la qualité bactériologiques des eaux de baignades.	44
Tableau 15 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux des hammams	45
Tableau 16 : Comparaison des valeurs de la température	48
Tableau 17 : Comparaison des valeurs du pH.....	49
Tableau 18 : Comparaison des valeurs de la conductivité.....	50
Tableau 19 : Relation entre la conductivité et la minéralisation.	50
Tableau 20 : Classes de turbidité	51
Tableau 21 : Comparaison des valeurs des turbidités	51
Tableau 22 : Comparaison des valeurs de la salinité	52
Tableau 23 : Comparaison des valeurs de la dureté	52
Tableau 24 : Relation du résidu sec avec la minéralisation des eaux.	53
Tableau 25 : Comparaison des valeurs du résidu sec	53
Tableau 26 : Comparaison des valeurs Magnésium.....	54
Tableau 27 : Comparaison des valeurs du Sodium	55
Tableau 28 : Comparaison des valeurs du Potassium.....	55
Tableau 29 : Comparaison des valeurs du Chlore	56
Tableau 30 : Comparaison des valeurs du Phosphates.....	57
Tableau 31 : Comparaison des valeurs du Sulfate	58
Tableau 32 : Comparaison des valeurs du Nitrate	59
Tableau 33 : Comparaison des valeurs du Nitrite.	60
Tableau 34 : Résultats des Indicateurs de qualité bactériologique	60
Tableau 35 : Comparaison des résultats d'analyses des germes totaux à 22°	61
Tableau 36 : Comparaison des résultats d'analyses des germes totaux à 37°	62
Tableau 37 : Comparaison des résultats d'analyses des coliformes totaux	62
Tableau 38 : Comparaison des résultats d'analyses relatives coliformes fécaux	63
Tableau 39 : Comparaison des résultats d'analyses des streptocoques fécaux	63
Tableau 40 : Comparaison des résultats d'analyses des Clostridium sulfitoréducteur	64
Tableau 41 : Comparaison des résultats d'analyses des Pseudomonas aeruginosa	64
Tableau 42 : Guide de classification des eaux de baignade selon la directive 2006/7/CE.....	66
Tableau 43 : Guide de classification des eaux de baignade selon le plan méditerranée.	66

Tableau 44 : Guide de classification des eaux à usages récréatifs (Québécois).	66
Tableau 45 : Classification, en référence de la directive du Conseil européen	67
Tableau 46 : Classification, des eaux à usages récréatifs selon le plan méditerranée	67
Tableau 47 : Classification, en référence du Guide de qualification des eaux (Québécois).....	68

Liste d'abréviations :

AgNO₃	Les Nitrates d'argent.
A.D.E	L'Algérienne des Eaux.
Al	l'Aluminium.
As	l'Arsenic.
A.N.R.H	Agence Nationale de Recherche Hydraulique
A.S.R	Anaérobie Sulfito-Réductrice.
B.E.A	La gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium.
°C	Degré Celsius.
Cd	Le cadmium.
CE	La Conductivité électrique.
D/C	Double Concentration.
E .coli	Escherichia coli.
E.D.T.A	L'acide éthylène diamine tétracétique.
H₂SO₄	Acide sulfurique.
K₂CrO₄	Le chromate de potassium.
K₂S₂O₇	Pyrosulfate de potassium.
mg/l	Milligramme par litre.
ml	Millilitre.
Mm	Millimètre.
Mn	Manganèse.
n°	Numéro.
NaOH	Hydroxyde de sodium.
N.E.T	Noir d'Eriochrome T.
NH₄	Ammonium.
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique.
O.M.S	L'Organisation Mondiale de la Santé.
Pb	Le plomb.
P.C.A	La gélose Plate count agar.
Ph	Potentiel d'hydrogène.
S/C	Simple Concentration.
T	Température.
T.S.R	La gélose tryptone caséine soja.
UFC	Unité Formant Colonie.
µs/cm	Micro-siémens par centimètre.
V.F	Viande de foie.

Table des matières:

Résumé.

Introduction générale : 4

Chapitre I: Historique des hammams en Algérie.

I.1. Introduction : 6

I.2. Historique des hammams en Algérie : 6

I.2.1. Les hammams algériens pendant l'ère Romaine: 6

I.2.2. Les hammams de la ville Timgad : 6

I.2.3. Les hammams de la ville Cherchell : 7

I.2.4. Les hammams de la ville Tipaza : 7

I.2.5. D'autres hammams Romains dans les villes Algériennes : 7

I.3. Les stations thermales : 8

I.3.1. Hammam Essalihine : 8

I.3.2. Hammam Meskhoutine : 8

I.3.3. Hammam-Bou-Hanifia : 9

I.4. Les hammams algériens à l'époque de la conquête islamique : 9

I.4.1. Hammam Kalâa des Béni Hammad : 9

I.4.2. Hammam Sidi Boumediene : 9

I.4.3. Hammam Elssabaghine : 9

I.5. Les hammams Algériens de l'époque des ottomans (XVIe-XIXe siècle): 10

I.5.1. Hammam Sidna (Hammam Elday) : 10

I.5.2. Hammam Sidi Boukadour : 11

I.5.3. Hammam Dar Aziza : 11

I.6. Les hammams algériens du XIXe siècle : 12

I.6.1. Hammam Dar Al Hamra : 12

I.6.2. Hammam Ksar Al Day : 12

I.6.3. Hammam Ksar Al Bayât : 12

I.7. Conclusion : 13

Chapitre II: Présentation de la région étudiée.

II.1. Présentation du site : 14

II.1.1. Situation géographique de la Wilaya de Saida : 14

II.2. La morphologie du bassin versant de l'Oued Saida : 14

II.2.1. Informations géographiques : 14

II.2.2. Géologie, végétation et topographie : 15

II.2.3. Climat et Hydrologie : 16

II.2.3.1. La température : 16

II.2.3.2. Les précipitations : 17

II.2.3.3. Humidité : 19

II.2.3.4. Le vent : 20

II.3. Conclusion : 21

Chapitre III: Etude bibliographique et évaluation de l'impact sanitaire.

Etude bibliographique et évaluation de l'impact sanitaire 23

III.1. Introduction : 23

III.2. Impact de pollutions bactériologiques :	23
III.2.1. Les bactéries :	24
III.2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux :	24
III.2.2.1. Définition :	24
III.2.2.2. Mode de transmission :	24
III.2.2.3. Impact sanitaire :	24
III.2.3. Escherichia coli :	25
III.2.3.1. Définition :	25
III.2.3.2. Mode de transmission :	25
III.2.3.3. Impact sanitaire :	25
III.2.4. Entérocoque et streptocoque fécaux :	25
III.2.4.1. Définition :	25
III.2.4.2. Mode de transmission :	26
III.2.4.3. Impact sanitaire :	26
III.2.5. Pseudomonas aeruginosa :	26
III.2.5.1. Définition :	26
III.2.5.2. Mode de transmission :	26
III.2.5.3. Impact sanitaire :	26
III.3. Impact de pollutions physicochimiques :	27
III.3.1. Impact de la pollution physique :	27
III.3.1.1. La Température :	27
III.3.1.2. La Turbidité :	27
III.3.1.3. La Conductivité :	27
III.3.1.4. Le Résidu sec :	27
III.3.2. Impact de la pollution chimique :	28
III.3.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH) :	28
III.3.2.2. La Dureté :	28
III.3.2.3. Les Nitrates NO_3^- :	29
III.3.2.4. Le Sodium :	29
III.3.2.5. Les Sulfates :	29
III.3.2.6. Le Calcium et le Magnésium :	29
III.4. Conclusion :	29
Chapitre IV: Matériels et méthodes.	
IV.1. Introduction :	30
IV.2. Choix des sites de prélèvement :	30
IV.3. Présentation des sites de prélèvement :	31
IV.4. Méthode de prélèvement :	31
IV.5. Méthodes d'analyse physico-chimiques :	32
IV.5.1. La température :	32
IV.5.2. La conductivité, le pH et la salinité :	32
IV.5.3. La turbidité :	32
IV.5.4. Le Résidu sec ; RS :	33
IV.5.5. La dureté :	33
IV.5.6. Le Calcium Ca^{+2} :	34
IV.5.7. Le Magnésium Mg^{+2} :	35
IV.5.8. Le Sodium Na^+ et le Potassium K^+ :	35
IV.5.9. L'Ammonium NH_4^+ :	35

IV.5.10. Le Chlore Cl^- :	36
IV.5.11. Le Phosphore P^- :	36
IV.5.12. Les Phosphates PO_4^- :	37
IV.5.13. Les Sulfates SO_4^{-2} :	37
IV.5.14. Les Nitrites NO_2^- :	37
IV.5.15. Les Nitrates NO_3^- :	38
IV.6. Méthodes d'analyses bactériologiques :	38
IV.6.1. Les Germes totaux à 22°C et 37°C :	38
IV.6.2. Les Coliformes totaux, coliformes fécaux et Escherichia coli :	39
IV.6.2.1. Recherche présomptive des coliformes :	39
IV.6.2.2. Recherche confirmatif des coliformes totaux :	39
IV.6.2.3. Recherche confirmatif des coliformes fécaux et Escherichia coli :	40
IV.6.3. Streptocoques fécaux :	40
IV.6.4. Clostridium sulfito-réductrice :	40
IV.6.5. Pseudomonas. Aéroginosa :	41
IV.6.6. Les Entérocoques :	41
Chapitre V: Résultats et Discussions.	
V.1. Introduction :	42
V.2. Cadre réglementaire général:	42
V.2.1. Cadre règlementaire de la qualification physico-chimique :	42
V.3. Cadre règlementaire de la qualification bactériologique :	44
V.4. Hydrochimie de l'eau des hammams :	45
V.4.1. Résultats d'analyses physico-chimiques :	45
V.4.2. Présentation des analyses hydro-chimiques :	46
V.5. Analyse et discussion des résultats d'analyse physico-chimique :	48
V.5.1. La température :	48
V.5.2. Le potentiel hydrogène (pH) :	48
V.5.3. La conductivité :	49
V.5.4. La turbidité :	50
V.5.5. La Salinité :	51
V.5.6. La dureté :	52
V.5.7. Le Résidu sec RS :	53
V.5.8. Le Calcium Ca^{+2} :	54
V.5.9. Le Magnésium Mg^{+2} :	54
V.5.10. Le Sodium Na^+ :	55
V.5.11. Le Potassium K^+ :	56
V.5.12. Le Chlore Cl^- :	56
V.5.13. Le Phosphore P^- :	57
V.5.14. Les Phosphates PO_4^{-3} :	58
V.5.15. Les Sulfates SO_4^{-2} :	58
V.5.16. Les Nitrates NO_3^- :	59
V.5.17. Les Nitrites NO_2^- :	60
V.6. Résultats bactériologiques :	61
V.7. Analyse et discussion des résultats d'analyses bactériologiques :	61
V.7.1. Germes totaux à 22°C :	61
V.7.2. Germes totaux à 37°C :	62
V.7.3. Coliformes totaux :	62

V.7.4. Coliformes fécaux :	63
V.7.5. Clostridium sulfitoréducteurs :	63
V.7.6. Pseudomonas aeruginosa :	64
V.7.7. Escherichia Coli :	64
V.7.8. Les Entérocoques :	65
V.8. Classement des eaux des hammams :	65
V.8.1. Principes et approches de classification des eaux des hammams :	65
V.8.2. Classifications des eaux des hammams et les eaux à usages récréatifs :	67
V.9. Conclusion :	69
Conclusion générale :	70
Bibliographiques :	72

Introduction générale :

L'eau a toujours accompagné la vie humaine et est devenue un élément essentiel de l'hygiène. Sa pollution présente naturellement un risque sanitaire certain. C'est dans ce cadre que la présente étude pose une de ses premières problématiques, à savoir la qualification physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées dans les hammams (bains maures). Une deuxième problématique qui a son importance qui en découle de la première est la question de réglementation technique de ces eaux par la mise en place des critères sous forme de normes réglementaires à respectées.

En Algérie, les hammams (bains maures) sont fréquentés régulièrement par un nombre important d'utilisateurs. Pour ces derniers, le hammam fait partie non seulement de leur tradition et leur culture sociale, mais aussi et surtout les rituels religieux (الغسل والوضوء). En plus, le hammam assure aussi une sensation de bien-être. En effet, le hammam qui est une habitude, transmise à travers les générations, est considéré comme étant l'une des plus anciennes pratiques de l'homme. Avec l'islam, elle est devenue principalement un rituel hygiénique. Pour les femmes c'est une pratique d'embellissement.

Les établissements des hammams sont actuellement alimentées soit par pompage à partir des puits privés soit, par mélange des eaux de réseau de distribution urbain et des eaux de puits. Les puits qui alimentant les bains en eau sont souvent mal protégés, et l'eau est mal traitée. Par comparaison aux eaux des réseaux de distribution urbaine, les eaux des puits sont rarement soumises à une surveillance systématique.

Le contrôle sanitaire exige une évaluation quantitative des risques et évalue la vulnérabilité et la contamination des ressources des eaux. Il permet aussi de définir les objectifs de traitement à atteindre en identifiant les points critiques,[1].

La présente étude a comme principal objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des hammams (bains maures). Cette évaluation est réalisée à travers l'analyse à la fois des paramètres physico-chimique et microbiologique des eaux utilisées dans des hammams choisis comme échantillonnage représentatif. Ces eaux sont souvent soit des eaux potables utilisées à partir des réseaux urbains, ou des eaux destinées à la consommation humaine pompées à partir des forages privés. L'eau explorée est prélevée à même des robinets des hammams puis analysée. Les hammams choisis se trouvent au niveau de commune de Saida et la commune d'Aïn El Hadjar qui se présente comme étant une des plus grandes agglomérations de la Wilaya de Saïda.

Ce travail est divisé en deux parties :

La première partie est consacrée pour l'étude bibliographique. Elle est composée de trois chapitres. Le premier chapitre comporte un rappel sur l'histoire du hammam (bain maure) en Algérie. Le deuxième chapitre est une présentation de la zone d'étude. Le troisième chapitre présente les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques liées à la qualification de l'eau, les diverses pollutions et les différents risques sanitaires liés à ces pollutions.

La deuxième partie est consacrée exclusivement au volet expérimental. Cette partie est composée de deux chapitres. Le premier chapitre est intitulé matériel et méthodes. Il est essentiellement consacré à la présentation de la démarche suivie pour l'analyse de la qualité des différents échantillons d'eau. La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet du dernier

chapitre de ce travail. Il s'agit du chapitre le plus volumineux puisque à lui seul est réservé presque le 1/3 du document

Enfin, nous clôturons le travail par une conclusion générale avec recommandation et des perspectives.

Chapitre I:
Historique des hammams en Algérie.

Introduction :

La pratique du hammam est une tradition datant des thermes Grecs et Romains. Le mot "al-hammam" est actuellement utilisé dans la majorité des langues. Il signifie littéralement en arabe "eau chaude". Actuellement, on le trouve dans plusieurs langues. Le hammam trouve son origine dans l'histoire antique. Il est lié au Palisera qui est une place pour les baignades dans la civilisation romaine [2]. Les Turcs s'en sont ensuite inspirés en créant ce qui est nommé actuellement le bain Turc. Parfois, on utilise la terminologie (bain maure) qui est liée aux migrants andalous. Les pays musulmans l'ont progressivement adopté, car il répondait aux exigences de purification et d'ablutions imposées aux pratiquants avant la prière [3].

Dans ce chapitre, on présente les étapes historiques de l'évolution du concept du hammam. On s'intéresse plus particulièrement en Algérie. La présentation comporte les étapes ou périodes historiques.

I.1. Historique des hammams en Algérie :

I.1.1. Les hammams algériens pendant l'ère Romaine:

Au cours de leur invasion à l'Algérie, les Romains ont pris soin de construire des bains avec de grandes surfaces et des formes énormes. Leur construction remonte à la fin du premier siècle après J-C. La plupart des villes romaines contient au moins un hammam. On estime que leur nombre à l'époque a atteint un millier dont les ruines de certains existent toujours. Les hammams de l'époque n'étaient pas seulement destinés à la baignade, mais aussi considérés comme endroits pour la lecture et le sport. Les hammams Romains contiennent une grande salle pour l'échange des vêtements, une piscine froide, une grande salle chaude qui contient une baignoire u d'eau chaude. La construction est associée à une cour extérieure avec jardin. Le tout est entouré d'un mur qui abrite le hammam. Les matériaux de construction du hammam Romaine en Algérie sont les Briques [4].



Figure 1 : Les hammams Romains en Algérie.

I.1.2. Les hammams de la ville Timgad :

La ville de Timgad dispose de six très grands bains en Algérie. Il s'agit du hammam Elchémali elkbir. Ce dernier est située entre Cirta et Timgad dans le nord, avec une superficie de $(5,5 \times 105) \text{ m}^2$. Il fut construit au 3^{ème} siècle après J-C. Il avait une salle froide, une salle chaude et une salle très chaude appelée Calderium.

L'utilisation des salles est comme ceci: d'abord les baigneurs utilisent la salle très chaude pendant quelques minutes, puis la salle chauffée modérée pendant une demi-heure, et enfin à une chambre

froide., Par la suite, ils se dirigent vers la grande salle pour s'écher le corps et s'asseoir avec des amis [5].

Hammam Elchémali est le deuxième hammam après hammam Elchémali Elkbir. Il est construit en premier carré après la porte du Cirta. Il se caractérise par de petite superficie et de petites salles par rapport hammam Elchémali elkbir. Il contient un bain privé, c'est lui qui lui a donné cette importance [6].

Hammam Elcharki Elkbir est construit en 167 après J-C en l'ère du empereur Marcoril. Il situé côté du porte de Khenchla, dans une route qui s'appelle Docmanos. Ce hammam est le plus vandalisé que d'autres bâtiments archéologiques [7].

Hammam Elchémali Elcharki est plus petit que hammam Elcharki Elkbir. Il situé en nord du l'est de la ville qui s'appelle terjanos. Il contient une porte dans son mur nord que les gens utilisent pour sortir de la ville. Hammam Elsaghir est situé à l'Est de la ville qui s'appelle cardo. Hammam Eljanoubi est construit en 2^{ème} siècle après J-C. Il contient une salle d'une forme demi-cercle pour les toilettes, une salle rectangulaire pour s'asseoir, une salle carrée contenant deux Baignoires froids, quatre chambres chaudes pour les baignades. Ce qui distingue ces salles de bains, c'est qu'elles sont meublées de mosaïques [5].

I.1.3.Les hammams de la ville Cherchell :

La ville de Cherchell contient trois grands anciens hammams Romains. Hammam Elgharbi qui contient 25 salles. Chacune dispose d'une longueur de 24 m et une largeur 14 m. Le hammam Elcharki qui contient deux salles de longueur de 20 m et une largeur de 12 m, deux grands jardins et d'autres salles chaudes. Ensuite, il y'a le hammam Elawsat situé en centre de la ville., il construit en 3^{em} siècle après J-C [8].

I.1.4.Les hammams de la ville Tipaza :

La ville Tipaza contient deux hammams de l'ère romaine : hammam Elkbir qui est situé à centre de Tipaza et hammam Elsaghir situé à l'Est du théâtre Pazifika. Ce dernier contient des salles meublées avec la mosaïque. L'eau de deux hammams est chauffée par le gaz chaud [9].

I.1.5.D'autres hammams Romains dans les villes Algériennes :

Parmi les autres hammams de l'ère Romaine en Algérie, on cite les trois grands hammams Romains de la ville Djemila. Il s'agit de hammam Elchaki, hammam Eljanoubi et hammam Capitole.

Outre ces hammams, il y'a hammam Kanassin qui est situé dans la ville deLambez, à 20 km au nord de Timgad. Le hammam de Kanassin est construit par des soldats, où des sceaux militaires se trouvent sur les murs de la salle chaude [8].

Aussi, il y'a le hammam Icosium qui est situé au la ville d'Alger à côté de la cour de la mosquée Ketchaoua. La ville Azeffoun contient aussi des hammams Romains qui sont conçus avec la même base typologie où les murs de ces hammams de 10 m de hauteur sont en brique. Parmi ces derniers, il y'a des hammams souterrains [2].

I.2.Les stations thermales :

Le recours à l'action curative des eaux thermo-minérales est une tradition plus que millénaire en Algérie. La présence de hammam Meskhoutine et hammam Essalihine et hammam-Bou-Hanifia remonte à la période punique. Avec leur sens d'organisation et hiérarchisation de la société, les Romains s'en souciaient des hammams privés, des thermes publics et privés dans les résidences des dignitaires. Dès la chute de l'Empire romain, les thermes furent abandonnés et détruits [10].

I.2.1.Hammam Essalihine :

Hammam Essalihine est situé dans la région Aurès (Actuellement, il dépend administrativement de la commune d'El Hamma la Wilaya de Khenchela). D'après les inscriptions, le hammam fut reconstruit durant la dynastie des Flaviens dans le temps de Vespasien en 69 après J-C. Une autre inscription indique que le lieu a subi une réparation par Septime Sévère en 208 après J-C. Il existe plusieurs constructions principales réservées indépendamment aux hommes et aux femmes comme la piscine rectangulaire et la piscine circulaire (Fig.2). La piscine circulaire est de 8 m de diamètre et une profondeur de 1,45 m. En revanche, la piscine rectangulaire est plus large avec un périmètre d'environ 13,80 m × 10,05 m et une profondeur de 1,45 m. La source du hammam Essalihine est très riche en minéraux. L'eau est si pure, qu'elle n'a besoin d'aucun filtrage. Elle se refroidit naturellement avant d'arriver dans les bassins où elle est continuellement brassée [11].



Figure 2: La piscine rectangulaire et la piscine circulaire de hammam Essalihine.

I.2.2.Hammam Meskhoutine :

Hammam Meskhoutine est situé au l'Est algérien, à 20 km à l'ouest de Guelma, en bordure de l'oued Bou Hamdane, dans un paysage de splendides olivaias. Le hammam est une source thermale dont les eaux, provenant de la grande profondeur, sourdent à 95°C de température (elles sont avec celles d'Islande parmi les plus chaudes au monde). Les Romains l'ont construit sur le site appelé Meskhoutine. Le site est sous forme étonnante, de multiples époutements coniques de toute taille le caractérisent. Elles correspondent aux anciennes sorties de sources présentées en cascades pétrifiées de 8 mètres de hauteur sur un front de 400 mètres [12].



Figure 3 : Le cortège pétrifié de hammam Meskhoutine.

I.2.3.Hammam-Bou-Hanifia :

Hammam-Bou-Hanifia est une station thermale située dans la Wilaya de Mascara. Ce nom est en réalité une déformation de Sidi-Ben-En-Nifia, marabout vivant sur la rive de l'oued-el-hammam, la Sirta des Romains [13].

I.3.Les hammams algériens à l'époque de la conquête islamique :

La prospérité du hammam en Algérie au moment de la conquête islamique est due au fait que l'Islam a exhorté la propreté et la pureté. Autre facteur qui a contribué à cette prospérité c'est le fait qu'à l'époque, la plupart des maisons algérienne ne disposèrent pas de hammam à l'intérieur. Le hammam fut ainsi devenu une institution nécessaire et a joué un rôle important dans la vie sociale. On présente comme exemple, trois principaux hammams relevant de cette période ; hammam Kalâa des Béni Hammad, hammam Sidi Boumediene, hammam Elssabaghine [14].

I.3.1.Hammam Kalâa des Béni Hammad :

L'un des plus anciens hammams d'Algérie est celui de la Kalâa des Béni Hammad. Il diffère dans sa conception et sa construction par rapport aux hammams Romains. Du point de vue de la typologie, il contient quatre salles qui se chevauchent entre elles et il ne dispose pas de piscines de baignade. La première salle est une salle de repos (avec 2.25 m de longueur et 1.9 m de largeur). La deuxième salle est la salle froide (avec 4.95 m de longueur et 4.9 m de largeur), La troisième salle tiède (avec 4m de longueur et 2.8 m de largeur), et la quatrième salle est la salle chaude. Elle est la plus grande salle du hammam (avec 5.6 m de longueur et 5.4 m de largeur). L'épaisseur des murs est de 0.95 m., Ce hammam a été malheureusement fissuré par des facteurs naturels [15].

I.3.2.Hammam Sidi Boumediene :

Hammam Sidi Boumediene fut construit près d'une mosquée et d'une Zawia. Il nommé d'après Shoaib Ben Houssin, de surnom de sidi Boumediene qui était l'un des célèbres soufis Andalous connu avec un nombre important de disciples. Le hammam qui existe toujours est situé dans le quartier nord-ouest de la vieille ville de Tlemcen, sur le bord d'une route étroite et sinueuse reliant rue Mascara et rue khaldoun. Hammam Sidi Boumediene contient six salles ; salle froide, salle pour changer de vêtements, salle tiède, salle chaude. La cinquième salle est appelée Bit Elarayess et une sixième salle qui s'appelle Elfourssan. Elle est utilisée pour conserver le bois et les fours des chauffages de l'eau. Le hammam conserve toujours ses caractéristiques malgré les distorsions et les ajouts qui n'ont pas affecté sa forme architecturale. Les habitants de la région y vont encore [2].

I.3.3.Hammam Elssabaghine :

Hammam Elssabaghine est situé dans le quartier nord de Tlemcen. Ce hammam dispose d'un mélange architectural islamique et quelques détails des hammams Romains. L'intérieur du hammam est accessible par une porte menant à une passerelle avec des sièges latéraux intégrés dans le bâtiment. La salle principale du hammam a une forme carré et dispose d'arcades basées sur 12 colonnes, au-dessus desquelles, un dôme de 16 côtes radioactives est monté sur une base octogonale [16].



Figure 4: La salle principale de hammam Elssabaghine.

Les colonnes assemblées en trois unités portent des arcs semi-voûtés croisés qui permettent le passage de la place à l'octogonale. Au milieu de cette pièce, qui est parallèle à la chambre froide dans la salle de bains romaine, se distingue une mosaïque et un réservoir qui sert d'un refroidisseur en temps chaud. La salle chaude est une longue pièce latérale couverte d'une voûte semi-cylindrique. Elle est divisée en trois endroits séparés par des rangées de colonnes. En dessous du niveau de sa terre à l'est, il y'a le chauffage. La salle est prolongée par trois autres petites chambres qui servent comme salles de repos [17].

I.4. Les hammams Algériens de l'époque des ottomans (XVIe-XIXe siècle):

Les hammams de l'époque ottomane sont distincts des autres hammams, de sorte qu'ils sont appelés les bains turcs. La plupart de ces distinctions relèvent de la typologie de la méthode de construction, de ventilation, d'éclairage et de matériaux de construction. Où elles étaient plus sophistiquées, et ce qui a mené à leur survie à ce jour. Les bains turcs sont principalement composés de deux sections. La première est la section des femmes et la deuxième est celle des hommes. Une des caractéristiques les plus importantes de ces salles de bains est que les portes des sections des hommes et des femmes ne s'ouvrent pas au même endroit. Ceci permet aux femmes de ne pas être dérangées [2]. Les plus connus de ces hammams est celui qui est appelé hammam Sidna et Boukadour.



Figure 5 : Type du hammam en Algérie.

I.4.1. Hammam Sidna (Hammam Elday) :

Il a été construit au 16^{ème} siècle, dans la zone du marché du vendredi Alger. Il avait une petite piscine qui est dit être utile pour les filles qui veulent se marier. Il est l'un des plus grands bains de la période ottomane dans la Casbah et occupe une zone égale à la zone occupée par une maison algérienne.

Hammam Sidna se compose de deux sections différentes et adjacentes. Le dressing au-dessus de laquelle est construite une habitation, qui ressemble au sous-sol de la maison où l'intérieur de la cour du milieu peut être accessible par un foyer rectangulaire couvert par une cave semi-cylindrique et des flancs muraux décorés de zelij. Ce foyer est utilisé pour monter à l'étage où il y a une petite habitation pour le propriétaire ou les utilisateurs. L'intérieur de hammam se distingue par une salle froide dont le design est rectangulaire. Il s'agit d'un espace simple pour se déplacer entre les côtés du bâtiment. Il y'a aussi une salle chaude qui correspond à un espace organisée autour d'un enceinte centrale en forme d'une carré couvert par un dôme [18].

I.4.2.Hammam Sidi Boukadour :

Hammam Sidi Boukadour est situé dans une rue de la Casbah. Il est mitoyen à la mosquée Sidi Mohamed Elcharif. Hammam Sidi Boukadour est unique dans son genre. Il a été construit sous forme d'un palais. Il contient une salle de 24 m² pour le repos après le bain et une salle pour conserver les vêtements et les serviettes, une salle de 16 m² pour dormir. La salle chaude est d'une superficie de 46 m² et contient 11 baignoires de 0.5 m de diamètre et 0.35 m de profondeur pour chaque baignoire [3].

I.4.3.Hammam Dar Aziza :

L'accès au bain se faisait par le biais d'un espace intermédiaire (la skiffa) accessible directement à partir de la galerie du patio. La porte est rehaussée d'un cadre en marbre richement sculpté en demi-relief dessinant un arc en plein centre.



Figure 6 : La salle chaude du bain (Bit al-skhuna).

La skiffa donne accès également à des latrines contigües au bain. Ce dernier est constitué de deux espaces importants séparés par une arcade : la chambre tiède (Bit al-wasta) et la chambre chaude (Bit al-skhuna) représentant l'étuve. La pièce principale du hammam. La salle chaude (Bit al-skhuna) est d'une forme carrée de 2.43m de côté, recouverte par une coupole octogonale à huit pans. Cette kuba est posée sur quatre pendentifs (Fig.7) dont un seul est resté intact. Les trois autres, affectés par les transformations, ont perdu leurs structures d'origine.

Cette coupole est noyée dans le plancher comme celles qui marquent les angles de la galerie supérieure. Le second espace de ce bain est représenté par (Bit al-wasta) matérialise en plan une forme rectangulaire (4,60 m x 2,83 m). Cette pièce est un espace intermédiaire sans dispositif de chauffage. Cependant il est souvent tiédie par sa mitoyenneté à la salle chaude [19].

I.5.Les hammams algériens du XIXe siècle :

I.5.1.Hammam Dar Al Hamra :

Hammam Dar Al Hamra est situé au Est de Dar Al Hamra construit par Day Hossein, qui situé en rue qui s'appelle Mohamed Bouras. Hammam Dar Al Hamra contient une salle froide pour conserver le bois et les chauffages, une salle tiède de 4 m² pour repos, et une salle chaude qui est une grande salle dans ce hammam. Cette dernière est recouverte d'un dôme de 3.16 m de profondeur avec des murs de 0.35 m de l'épaisseur. Ce hammam garde encore quelques détails comme la dôme et la salle chaude (Bit al-skhuna) [20].

I.5.2.Hammam Ksar Al Day :

Hammam Ksar Al Day est divisé en deux hammam ; hammam Eljdid et hammam Elkdim. Hammam Elkdim est situé au sud de palais. Il contient une salle chaude de 8.67 m² disposant d'une baignoire décoré par marbre pour l'eau chaud et l'eau froid. La salle froide est petite par rapport à celle des autres hammams. Ce qui indique que hammam Elkdim était un hammam privé.

Hammam Eljdid contient deux salles chaudes (Bit al-skhuna). La première salle de 11.8 m² et 4.33 m profondeurs de sa dôme. Elle contient des petites baignoires réservés à l'eau chaude et l'eau froide. La deuxième salle d'une superficie de 3.05 m² contient une seule baignoire de 0.5 m de diamètre et 0.6 m de profondeur. C'était probablement une salle privé [20].

I.5.3.Hammam Ksar Al Bayât :

Le dernier hammam présenté est celui de Dar Al Bayât. Il est situé dans le palais Al Bayât à l'Est du Casbah. Il contient une salle froide d'une superficie de 10.8 m² et une salle tiède de 12.8 m² pour conserver les vêtements. La porte entre ces deux salles est en marbre. La troisième salle de 19.8 m² est pour le repos. Elle est couverte d'un dôme avec des ouvertures sous diverses formes (Fig.8). Pour l'éclairage, elle est décorée de vitraux. La salle chaude (Bit al-skhuna) est située entre la salle tiède et la salle de repos. Elle mesure 16,3 m² et un plafond de 3,05 m et recouvert d'un dôme. Le sol de ce hammam est couvert de morceaux de Schiste [21].



Figure 7 : Le dôme du hammam Ksar Al Bayât.

I.6.Conclusion :

Les hammams présentés dans ce chapitre remontent à plusieurs siècles. Leur conception, typologie et décors découlent d'un mélange de civilisations et cultures arabe, grecque et Romaine. Les hammams Algériens ont traversé de multiples étapes historiques. Ses débuts sont probablement ceux de l'époque des Romains. Les hammams du l'ère Romaine ont joué un grand rôle comme une remarquable base architecturale dans l'histoire du hammam. Les hammams Algériens de l'époque de la conquête islamique sont à noter les hammams les plus importants en raison de leur association aux mosquées. Enfin, les hammams de l'époque des ottomans sont les plus développés et les plus présents jusqu'à nos jours.

Chapitre II:

Présentation de la région étudiée.

II.1. Présentation du site :

II.1.1. Situation géographique de la Wilaya de Saida :

Les hammams qui constituent les sources de prélèvement font partie administrativement de la wilaya de Saida. Le territoire de la Wilaya de Saida couvre une superficie de 6.765,40 km. Localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée au Nord, par la Wilaya de Mascara, à l'est par la Wilaya de Tiaret, au Sud par la Wilaya d'El –bayadh et à l'Ouest, par la Wilaya de Sidi Bel Abbés (Fig. 9).

La Wilaya de Saida compte six daïras (Saida, Ain El-Hadjar, Sidi Boubkeur, Hassasna, Ouled Brahim et Youb) et seize Communes (Saida, Doui Thabet, Ain El Hadjar, Ouled Khaled, Moulay Larbi, Youb, Hounet, Sidi Amar, Sidi Boubkeur, Hassasna, Maâmoura, Sidi Ahmed, Ain Skhouna, Ouled Brahim, Tircine et Ain Soltane).



Figure 8: Limites administratives de la Wilaya de Saida.

II.2. La morphologie du bassin versant de l'Oued Saida :

II.2.1. Informations géographiques :

Le bassin versant de l'Oued Saïda est situé au nord-ouest de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin de la Macta, l'un des dix-sept grands bassins versants de l'Algérie, dont la superficie est de 14410 Km². Occupant la partie Sud-est de la Macta, la structure du bassin versant d'Oued Saida est celle d'une vallée entaillée du Sud au Nord. Il s'étend dans les Monts de Daïa et les Mont de Saïda, au Sud comme à l'Est. L'altitude des crêtes du bassin varie entre 520 m et 1238 m, culminant à plus de 1238 m dans Djebel d'El- Hassa au Sud-Ouest de Saïda [22].

Le secteur qui abrite les sources de prélèvement fait partie du bassin versant. Ce bassin versant est limité au Sud par le plateau calcaire d'Ain-El-Hadjar au Nord par la vallée de l'Oued Saida, à l'Est par la dépression des Hassasnas et à l'Ouest par le Djebel Abdelkrim et son prolongement (Fig. 10).



Tableau 1 : Caractéristiques des sous bassins du bassin versant de l'Oued Saïda.

Sous bassin	Aire (Km ²)	Oued	Longueur cumulée des Talwegs (Km)
Oued Tebouda	94.16	Tebouda	12,60
Oued Saida	176.35	Saida	43,5
Oued Nezreg	67.34	Nezreg	10,82
Oued Massif	35.84	Massil	21,92

Le bassin d'Oued de Saida est principalement constitué, dans sa partie méridionale, par des dolomies et calcaires d'âge Bajocien–Bathonien. Cette formation dont l'épaisseur peut atteindre 150 m, est fortement fissurée et karstique. Elle est perméable et renferme une nappe aquifère importante. Des sédiments et dépôts du Quaternaire, constitués d'éléments grossiers et de limons se retrouvent le long de la vallée de Saida. Cette formation renferme par endroits une nappe phréatique. Dans le reste de la vallée on retrouve des argiles de Saida du Callovo-Oxfordien. Des couches argileuses alternées de couches gréseuses constituent principalement cette formation. Les couches de grès peuvent, par endroits, contenir de petites nappes aquifères [23].

Le bassin étudié est occupé, majoritairement, par des espaces à vocation agricole, prolongés par un couvert forestier où dominent notamment des peuplements de pin d'Alep et de chêne vert [24].

La topographie du bassin est marquée par une dénivelée assez importante, tout en ayant une altitude minimale relativement élevée par rapport aux zones limitrophes du bassin. Ce qui induit un ruissellement relativement important. Les différents hydrographiques, témoignent d'un chevelu hydrographique bien hiérarchisé moins dense, mais assez ramifié. Les paramètres morpho métriques du bassin sont donnés dans le (Tab.2).

Tableau 2: Caractéristique des principaux paramètres morpho-métriques du bassin versant de l'Oued Saïda.

Paramètres	Symboles	Unités	Résultats
Surface	A	Km ²	517,8
Périmètre équivalent	P	Km	130,8
Coefficient de Gravelius	KC	-	1,61
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	56,2
Largeur du rectangle équivalent	L	Km	09, 2
Altitude moyenne	H _{moy}	M	847,07
Indice de pente globale	I _g	%	0,92
Indice de pente de ROCHE	I _p	%	0,35
Pente moyenne	I _{moy}	%	1,12
Dénivelée totale	D	M	630
Densité de drainage	D _d	Km/Km ²	2,29
Temps de concentration	TC	Heure	12 heures et 11 mn

II.2.3.Climat et Hydrologie :

II.2.3.1.La température :

Le bassin du l'Oued Saïda se caractérise par un climat semi-aride avec un hiver froid et humide et un été sec et chaud. Les températures moyennes mensuelles varient de 8.2°C à 28,4°C (Fig.11).

Tableau 3 : Variation de la température moyenne mensuelle durant la période (1979-2014).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
T max	14	15.2	19	22	26.5	33	36.5	38	30.5	25.5	17	15
T moy	8.2	9.1	12.2	14.3	18.7	24.2	27.8	28.4	23	19.1	12	9
T min	2.5	3.1	5.5	6.6	11	15.5	19	19.5	15	13	6.5	4

Le bassin de l'Oued Saïda subit donc durant l'année deux grandes saisons caractéristiques, qui semblent partager le cycle climatique en deux périodes nettement égales mais irrégulières. Un semestre continental, très froid, s'étend de Novembre à Avril dont la température (moyenne) avoisine les 10.8 °C, et un semestre sec et chaud avec une température maximale estimée à 36,5°C, sous l'influence du régime Saharien.

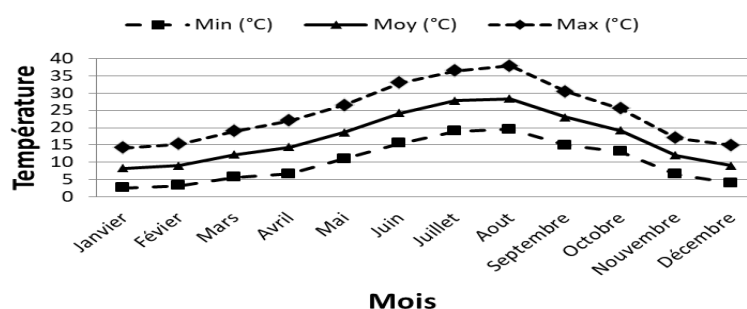


Figure 10 : Variation mensuelle de la température.

Toutefois, d'après l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) en période estivale, les maxima absolus peuvent atteindre les 42°C à 47°C en temps de sirocco [25]. Durant la période

hivernale et sous l'influence continentale, les températures saisonnières, s'abaissent parfois en dessous de 0°C, d'où l'apparition de phénomène de gelée et de verglas.

Tableau 4 : Variation de la température moyenne annuelle durant la période (1979-2014).

Années	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
T max	21.7	21.7	23.1	21.8	23.5	21.6	23	22.4	23.8	23.3	23.2	23.1
T moy	15.3	15.1	16.1	15.5	16.3	15.1	16.2	16	17	16.4	16.6	16.5
T min	8.8	8.4	9.2	9.3	9.2	8.7	9.4	9.6	10.2	9.6	10	10.1
Années	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T max	21.2	21.4	22.2	23.7	23.1	21.9	23.6	23.6	23.4	24.2	24.8	24.1
T moy	14.9	14.8	15.6	16.7	16.3	15.5	16.2	16.4	17	16.6	17.2	16.8
T min	8.6	8.1	8.9	9.8	9.5	9.1	9.6	9.2	9.7	9.1	9.5	9.5
Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
T max	23.6	23.2	23.4	23.4	23.3	22.8	22.9	22.9	22.9	21.8	21.8	22.3
T moy	16.5	16.4	16.4	16.5	16.4	15.9	16.2	16.2	15.9	15.3	15	14.9
T min	9.5	9.7	9.4	9.6	9.6	9	9.5	9.5	8.8	8.9	8.1	7.5

Toutefois, d'après l'Agence Nationale des Ressources Hydriques en période estivale, les maxima absolus peuvent atteindre les 42°C à 47°C en temps de sirocco [25],. Durant la période hivernale et sous l'influence continentale, les températures saisonnières, s'abaissent parfois en dessous de 0°C, d'où l'apparition de phénomène de gelée et de verglas.

La caractérisation du climat du point de vue température en deux grandes périodes a été mise en évidence par plusieurs auteurs [5], [6].

Le (Tab.4) indique que les températures moyennes maximales annuelles enregistrées (1979-2014) varient entre 21.2°C à 24.8°C, où l'année la plus chaude est enregistrée en 2001 avec 24.8°C. Les températures minimales annuelles varient entre 7.5°C à 10.2°C. (Fig.12).

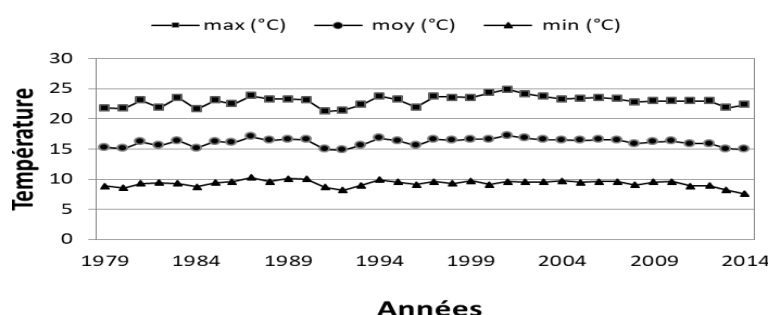


Figure 11 : Variation annuelle de la température durant la période (1979-2014).

II.2.3.2. Les précipitations :

Les précipitations moyennes annuelles semblent assez irrégulières avec une moyenne cumulée de 365 mm (Fig.13), soit un déficit de 107 mm par rapport la moyenne des précipitations annuelles déterminée par Seltzer [26] et qui concerne la période allant de 1913 à 1938. Pour cette période, la valeur de précipitations est de l'ordre de 436 mm. Ce déficit, a été soulevé par d'autres auteurs qui ont relevés l'aspect de fluctuations climatiques et la tendance de l'aridité du climat de la région [24], [27], [28].

Pour l'Ouest Algérien dont la région de Saida fait partie, Khaldi [22], indique l'aspect de la variabilité interannuelle des précipitations durant la période qui s'étale de 1930 à 1999. Cette période se caractérise par un grand nombre d'années déficitaires. Les déficiences sont observées durant la décennie quarante, la décennie quatre-vingt et la décennie quatre-vingt-dix. L'auteur indique notamment la persistance des totaux déficitaires hydriques qui sont prolongés sur plusieurs années successives. Cependant, il faut signaler que le type de climat n'est pas toujours stationnaire et peut subir des variations cycliques mouvementées par le phénomène des changements climatiques engendrées dernièrement ces années, [29], [30],[24].

Le cours d'eau d'Oued Saida prend naissance à une quinzaine de kilomètre au sud de la ville de Saida dans les hauteurs de la région d'Ain El Hadjar et s'étend vers le nord sur une longueur totale de plus de quarante km. Il est alimenté par plusieurs sources dont les plus importantes sont Ain Tebouda (37 l/s), Ain El Baida (32 l/s), Sidi Maamar (23 l/s) et Vieux Saida (12 l/s).

Le débit moyen annuel du cours d'eau à l'exutoire est estimé à 1,76 m³/s [25].

Le régime d'écoulement est caractérisé par une forte irrégularité inter-mensuelle et interannuelle. Durant les périodes humides, le débit augmente avec les précipitations, pour atteindre dans les périodes de crues une valeur de 4,8 m³/s. Toutefois, durant les périodes sèches qui s'étalent généralement du mois de mai jusqu'à octobre, le débit d'étiage est faible et peut être nul dans la partie amont de l'oued. Ainsi le débit diffère selon qu'il est mesuré dans la partie amont ou aval. Dans la partie aval, l'apport du liquide dû aux rejets de l'ensemble des agglomérations influence le régime d'écoulement.

Au sens, de la définition donnée par Matthews [31], le régime d'Oued Saida notamment dans sa partie aval est intermittent. L'auteur considère que les oueds qui coulent moins de 20% de l'année peuvent être considérés comme temporaire, et ceux dont les flux est entre 20% et 80% au intermittent.

Tableau 5 : Les précipitations moyennes mensuelles durant la période (1979-2014).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Précipitation	44.5	35.5	37	32.2	24.7	7.2	2.5	8.5	20.3	30.5	35	37.5

Les précipitations moyennes mensuelles durant la période d'observation (1979-2014), sont présentées dans le (Tab.5). Le tableau montre que la valeur maximale est observée en mois de Janvier et correspond à 44,5 mm. La valeur minimale correspond à celle du mois juillet avec la valeur de 2,5 mm.

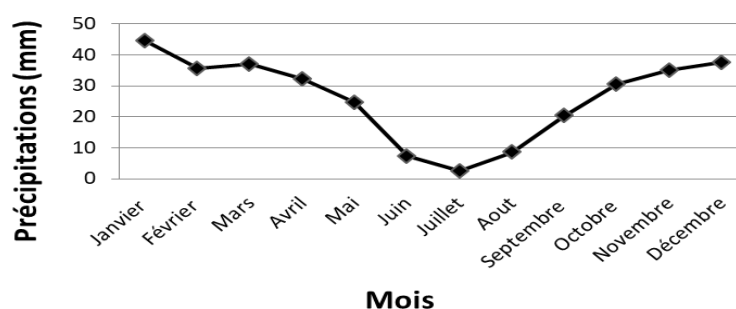


Figure 12: Variation mensuelles des précipitations durant la période (1979-2014).

Tableau 6 : Les précipitations moyennes annuelles durant la période (1979-2014).

Années	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Précipitation (mm)	222.5	314.5	260	290	303	290	310	198.5	170	160	330.6	280.5
Années	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Précipitation (mm)	269	160	180	310	280	230	200	280	290	330	270	350
Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Précipitation (mm)	310	365	340	314	290	362	287	190	220	214	330	230

Le tableau 6 indique que les précipitations annuelles enregistrées en 1979 à 2014 varient entre 160 mm à 365 mm. L'année la plus pluvieuse est 2004, et l'année la plus sèche est 1992 avec pluviomètre de 160 mm.

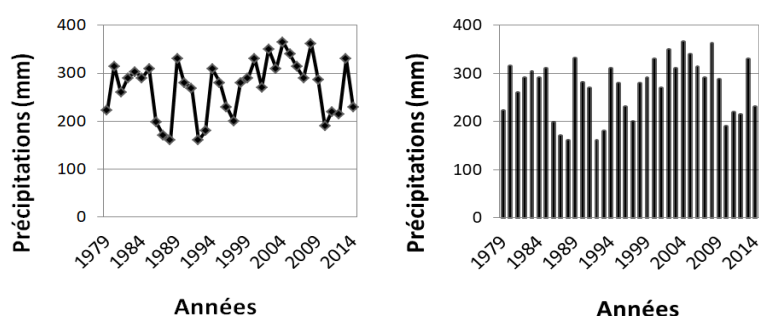


Figure 13: Variation interannuelle des précipitations durant la période (1979-2014).

II.2.3.3. Humidité :

Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. L'humidité relative est à l'origine de toutes précipitations en outre, elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol et les nappes d'eau [32].

Tableau 7 : Répartition mensuelle de l'humidité relative durant la période (1979-2014).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Humidité (%)	70	67	64	59	55	52	39	41	52	58	65	71

D'après le tableau 7. Le total de l'humidité maximale enregistré est de 71% en mois décembre, et le totale d'humidité minimale enregistré est de 39% en mois juillet.

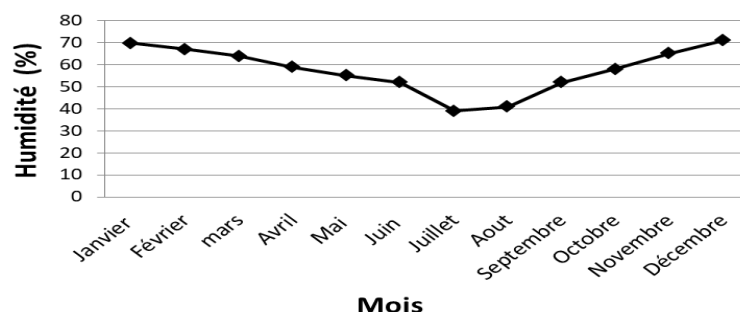


Figure 14 : Variation mensuelle d'humidité relative.

Tableau 8 : Les humidités relatives moyennes annuelles durant la période (1979-2014).

Années	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Humidité (%)	70.2	62.9	70.5	60.2	59.6	52.6	70	66.4	70.2	71.7	69.7	71.2
Années	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Humidité (%)	69.8	66.9	71.2	70.2	65.8	67.2	70.2	68.9	70.3	70.9	71.4	71.3
Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Humidité (%)	70	68.9	71.3	70.2	68.6	72.6	65.2	69.5	70.2	66.7	69.7	70.8

Les humidités moyennes annuelles de la période d'observation (1979-2014), sont présentées dans le (Tab.8). Du tableau, on relève que la valeur maximale est observée en 2008, et correspond à 72%. La valeur minimale est observée en 1984 avec 52% d'humidité.

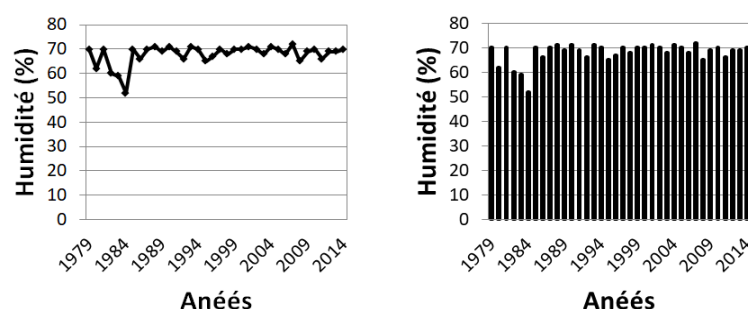


Figure 15 : Variation annuelle des humidités relatives durant la période (1979-2014).

II.2.3.4. Le vent :

Le vent est un élément important dans la détermination du régime pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat [12]. La variation de la vitesse moyenne du vent durant la période d'observation est assez constante, Elle fluctue dans un intervalle de 1,61 m/s à 2,23 m/s. Cependant, la valeur maximale a été enregistrée en 1996 avec 2,03m/s (Fig.17).

Tableau 9 : Les vents moyens mensuels durant la période (1979-2014).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Le vent (m/s)	2.8	2.8	2.8	3	2.8	2.8	2.6	2.6	2.3	2.3	2.6	2.6

Les vents moyens mensuels durant la période d'observation (1979-2014), sont présentés dans le (Tab.9). On note que la valeur maximale est observée dans les mois de Janvier, février et mars correspond à 2.8 m/s. La valeur minimale est observée dans les mois septembre et octobre avec 2,3 m/s.

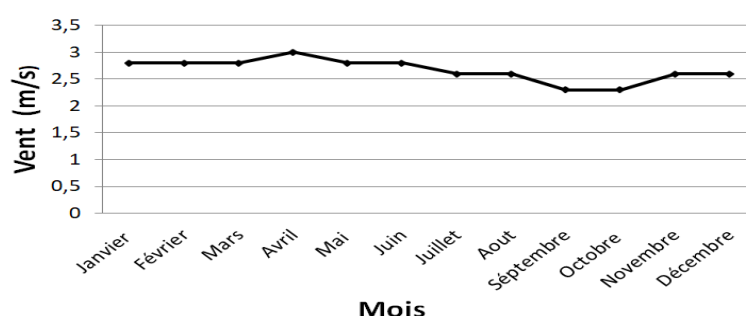


Figure 16: Variation annuelle des vitesses du vent durant la période (1979-2014).

Tableau 10 : Variation de la vitesse moyenne annuelle du vent durant la période (1979-2014).

Années	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Le vent (m/s)	2.2	2	2	2	2.6	2.6	2.8	2.8	2.1	2	2.1	2
Années	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Le vent (m/s)	2.5	2.5	2	2	2.1	2.2	2	2	2.1	2.5	2	2
Années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Le vent (m/s)	2.2	2	2.6	2.5	2	2.5	2	2.5	2	2.7	2	2.2

L'analyse du (Tab.10), montre que la vitesse de vent la plus importante enregistrée est en 2012 avec 2.7 m/s, La valeur minimale est observée est 2 m/s.

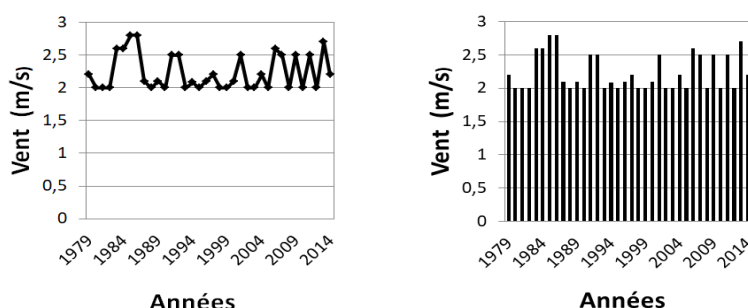


Figure 17 : Variation annuelle des vitesses du vent durant la période (1979-2014).

II.3.Conclusion :

La première partie du chapitre contient des informations géographiques d'usage de l'appartenance administrative des hammams. Cette appartenance trouve son intérêt du point de vue notamment du nombre de population qui est lié directement aux nombres de fréquentations des hammams et de la fiscalité qui représente un paramètre important aussi bien pour les communes que pour les propriétaires.

En revanche, avec l'analyse des données climatiques, relatives au bassin qui abrite les hammams dont les eaux sont examinées, nous avons voulu présenter, dans la deuxième partie de ce chapitre, à titre indicatif l'environnement dans lequel vivent les usagers des hammams. Cet environnement a une influence directe sur les habitudes des usages dans leur utilisation ou non des hammams. Une étude statistique réalisée à titre sommaire auprès des usagers nous a indiqué que la fréquentation augmente en hivers où la sensation du bien-être des hammams est semble-t-il plus appréciée. Dans ce cadre, l'analyse climatique de la région d'étude révèle que les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids avec des températures de (2.5°C) et (3.1°C). En revanche, les mois les plus chauds (38°C) sont le mois de Juillet et Août.

D'un autre côté, notre enquête du terrain nous a indiqué que beaucoup de hammams de la région utilisent pour leur approvisionnement en eaux des puits privés. D'où l'intérêt de la connaissance des précipitations et de l'écoulement dans le bassin. Ces données nous renseignent sur la capacité de recharge de la nappe d'eau dont les forages des hammams puisent de leur stock. Les données recueillies auprès des stations météorologiques, nous informent que la précipitation annuelle

moyenne durant la période considérée (1979-2014) est de 315.5mm. Quant à l'écoulement, L'analyse indique que le régime d'écoulement caractérisé par une forte irrégularité inter-mensuelle et interannuelle. Durant les périodes humides, le débit augmente avec les précipitations, pour atteindre dans les périodes de crues une valeur de 4,8 m³/s. Le débit moyen annuel du cours d'eau à l'exutoire est estimé à 1,76 m³/s [25].

Chapitre III:
Etude bibliographique et évaluation de l'impact sanitaire.

III.1.Introduction :

La notion de l'impact sanitaire des eaux des bains maures (hammams) a son importance dans l'espace de la santé publique. On distingue deux types, à savoir l'impact bactériologique et l'impact physico-chimique. L'impact bactériologique comme son l'indique est dû aux germes pathogènes.

La présence des germes au-delà d'un seul peut être la cause de pathologie gastrique ou des yeux. En revanche l'impact physico-chimique peut être manifesté par des altérations physico-chimiques des paramètres qui caractéristique des milieux.

Les modifications qui y engendrent peuvent générer des toxicités nocives pour l'être humain. Dans ce chapitre on présente les paramètres responsables aux pollutions du l'eau avec leur impact sanitaire humaine. Cet impact est examiné surtout en cas de consommation de ce type d'eau et aussi et surtout en cas de contact avec les eaux utilisées dans les hammams.

III.2.Impact de pollutions bactériologiques :

Les maladies provoquées par l'exposition de l'eau durant les pratiques du hammam sont courantes. L'analyse bibliographique nous a fourni des études sur le terrain concernant les maladies des baignades. Toutefois, peut d'études existent concernant les eaux des hammams. Les études concernant les eaux de baignades indiquent dans leurs synthèses que des taux de diarrhée de 3% à 8% sont observés dans les sondages de suivi et de contrôle de la baignade. Ces altérations sanitaires sont dues aux organismes qui sont associés aux maladies causées par l'eau que l'on boit. Ces organismes sont du type microbiologique. Ils se retrouvent dans l'eau de baignade souvent avec des concentrations beaucoup plus importantes. Le danger est essentiellement d'ordre (fécal). Le contact est aussi la cause de risque cutané muqueux. Les eaux concernées sont celles des baignades, les eaux et boues thermales, les eaux hospitalières, les eaux superficielles et aussi les eaux des hammams. Le contact avec la muqueuse oculaire peut être en cause des amibes libres (lentilles cornéennes contaminées par lavage) [1].

Tableau 11 : Origine et l'impact sanitaire de la pollution bactériologique.

Bactéries	Origines	Pathologies	Références
Staphylocoques	Peau	Pharyngite	[33]
	Lésions cutanées		
Streptocoques	Muqueuses	Angine	
Escherichia coli	-	Otite	[34]
		Diarrhée	
		Infections urinaires	
		Septicémie	
Pseudomonas aeruginosa	Muqueuse	Otite	
		Infections urinaires	
		Infections pulmonaires	

Le (Tab.11) relève à titre indicatif les dangers que causent la pollution bactériologique sur la santé humaine. En effet, cette pollution provoque des boucaux pathologies, des lésions cutanées dont l'origine des staphylocoques. Il y'a aussi des muqueuses qui sont les principales origines de

streptocoques [33]. En parallèle, La même analyse indique que la pharyngite, les angines, otite, diarrhées, infections urinaires. et septicémie sont des pathologies provoquées par la pollution bactériologique de ce type d'eau en cas de consommation ou en cas de leur utilisation pour les baignades [34].

III.2.1.Les bactéries :

L'analyse bibliographique indique que les bactéries qui représentent les principales sources de pollution microbiologique sont les : coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux, *Pseudomonas aeruginosa*.

III.2.2.Coliformes totaux et coliformes fécaux :

III.2.2.1.Définition :

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement (le sol ou la végétation). Ces microorganismes se transmettent à l'entre vivant et prennent comme lieu de prolifération les intestins des mammifères dont les êtres humains. Ils n'entraînent en général aucune maladie mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau est contaminée par des micro-organismes plus nuisibles [35].

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo- tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter, à une température de 44,5°C, le lactose. L'espèce la plus importante de ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*). Dans une moindre mesure il y'a certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* [36].

III.2.2.2.Mode de transmission :

Les coliformes fécaux sont parfois présents dans les fèces des humains et des animaux à sang chaud et se produisent en plus grand nombre que les agents pathogènes [37].

III.2.2.3.Impact sanitaire :

Les conséquences d'une exposition à des coliformes totaux et coliformes fécaux présents dans l'eau sont diverses et variées. Les symptômes les plus courants sont les suivants : nausée, vomissements et diarrhée. Les enfants en bas âge, les personnes âgées, ainsi que les personnes dont le système immunitaire sont affaibli, peuvent avoir des symptômes plus graves. Dans les cas extrêmes, certains pathogènes peuvent infecter les poumons, la peau, les yeux, le système nerveux, les reins, ou encore le foie. Les effets peuvent être plus graves, chroniques, voire mortels [38].



Figure 18 : Infection des yeux par les coliformes fécaux.

III.2.3.Escherichia coli :

III.2.3.1.Définition :

L'*Escherichia coli* (E-coli) est une espèce bactérienne qui est un constituant majeur de la flore intestinale normale des humains et des animaux à sang chaud. L'E-coli. est l'espèce prédominante comprenant le groupe de bactéries coliformes fécales. L'organisme est une bactérie gram-négative, anaérobie facultative, en forme de tige d'environ 0.5 à 2.0 μm (Fig. 19) [39].

Ces bactéries représentent 80% à 90% du côlon Coliforme tolérant à la chaleur ou fécal (capable de fermenter le lactose à 44,5°C). Il forme un sous-ensemble des coliformes totaux. L'E. coli est une bactérie polyvalente [40].

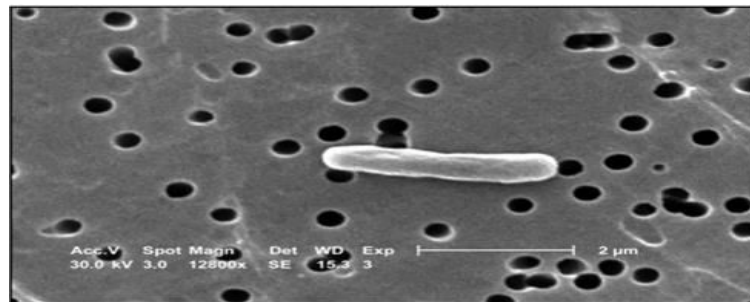


Figure 19 : Les bactéries *Escherichia coli* à travers Micrographie électronique à balayage.

III.2.3.2.Mode de transmission :

Le principal mode de transmission est la consommation d'aliments contaminés ou produits en contact direct ou indirect avec des fèces d'animaux. Ainsi, l'homme se contamine en consommation de la viande insuffisamment cuits, du lait ou des produits laitiers non pasteurisés, de l'eau (eau de puits, baignade dans lac, mare, une piscine d'eau non chlorée) [41].

III.2.3.3.Impact sanitaire :

L'*Escherichia coli* sont se trouvent dans le gros intestin humain. Les souches virulentes sont responsables des infections diarrhéiques dans le monde. Elles sont aussi responsables des infections des voies urinaires, septicémie, et la méningite [42].

III.2.4.Entérocoque et streptocoque fécaux :

III.2.4.1.Définition :

Les streptocoques sont des cocci à gram positif. Il existe différents classifications, mais ils sont schématiquement répartis en streptocoques pyogène comprenant les streptocoques hémolytiques de groupe A, B, G responsable d'angine, d'infection de la peau et des hémolytiques de groupe B. Les streptocoque oraux au non groupales comprenant les streptocoques viridans et non hémolytiques et streptocoques D [43].

L'origine du terme entérocoque remonte à la fin du XIXe siècle, lorsque Thiercelin décrivait un saprophyte Gram positif d'origine intestinale capable de pathogenèse. Les entérocoques sont considérés comme des commensaux du tractus gastro-digestif d'une variété d'organismes, y compris les humains [44].

III.2.4.2.Mode de transmission :

La transmission la plus fréquente est celle de la voie aérienne. Il y' aussi la voie cutanée par contact direct ou indirect avec l'eau, vêtements et insectes. En plus, il y'a la transmission se fait aussi par voie digestive par ingestion d'aliments contaminés. Cette dernière est à l'origine d'épidémies d'angine à streptocoques dans les collectivités [45].

III.2.4.3.Impact sanitaire :

Les entérocoques colonisent normalement le tractus gastro-intestinal d'humain. Il produisent des modifications pathologiques de l'hôte par une activité toxique directe, ou indirect en induisant une réponse inflammatoire [45].

Les maladies invasives à streptocoque sont des infections sévères et parfois fatales. Elles sont caractérisées par l'invasion de diverses parties du corps par des bactéries. Ces infections peuvent se manifester sous forme de pneumonie, bactériémie conjuguée à une infection cutanée et infection profonde des tissus mous comme myosite, méningite, péritonite, ostéomyélite, arthrite septique [46].



Figure 20 : Infection cutanée.

III.2.5.Pseudomonas aeruginosa :

III.2.5.1.Définition :

Les *Pseudomonas aeruginosa* sont des bactéries ubiquitaires très fréquentes dans les sols, les végétaux et l'eau. Elles se distinguent par sa grande adaptabilité, par son aptitude à survivre plusieurs mois dans l'eau voire à s'y multiplier et par sa capacité à coloniser l'homme [47]. Elles sont des bactéries à gram négatif. C'est une pathogène opportuniste qui présente une résistance à la plupart des antibiotiques disponibles [48].

III.2.5.2.Mode de transmission :

Son réservoir est en étroite relation avec les environnements hydriques riches en matières organique comme les piscines, jacuzzi et les lacs ...etc. L'hôpital constitue en particulier une niche écologique favorable à son développements (siphons, douches, toilettes...). La contamination des malades peut être, soit directe à partir des réservoirs environnementaux ou indirect par le matériel médical ou les mains du personnel soignant [48].

III.2.5.3.Impact sanitaire :

Les bactéries du type *Pseudomonas aeruginosa* sont des bactéries fréquemment mises en cause dans les infections opportunistes et responsables de nombreuses infections nosocomiales. Les

folliculites à *Pseudomonas aeruginosa* surviennent préférentiellement après la fréquentation d'une piscine chauffée, les bains à remous, ou sous pression, sauna [49].

III.3.Impact de pollutions physicochimiques :

Il existe deux types des pollutions physicochimiques de l'eau : pollution physique, représentée par les paramètres physiques comme la température, turbidité, conductivité électrique et résidu sec. D'un autre côté, on distingue la pollution chimique qui est engendrée par les paramètres comme le pH, la dureté de l'eau, le Chlore, les Nitrates, le Sodium, les Sulfates, le Calcium et le Magnésium.

III.3.1.Impact de la pollution physique :

III.3.1.1.La Température :

La température est un facteur déterminant pour les réactions chimiques. Pour une augmentation de température de 10°C, elle accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3. L'activité métabolique des organismes aquatiques se trouve donc également accélérée par l'accroissement de la température de l'eau.

Les agents physiques au chimiques peuvent avoir pour origine une contamination humaine ou naturelle. Au-delà des produits chimiques ça peut être des matières flottants telles que du bois, des plastiques, du verre du caoutchouc ou tout autre déchet, ou bien encore des résidus goudronneux ou des huiles minérales [50].

III.3.1.2.La Turbidité :

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes ...) [51].

Une turbidité élevée dans l'eau favorise la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique mauvaise [51].

III.3.1.3.La Conductivité :

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle représente donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau et dépend de sa température [52].

Les changements importants de la conductivité de l'eau pourraient indiquer la présence d'un polluant dans l'eau. Il est également possible que ce soit le signe d'une fuite d'égouts [53].

III.3.1.4.Le 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 [54].

La teneur en résidu sec est un paramètre qui influence aussi les concentrations des germes et des microorganismes dans les eaux. Si la teneur en résidu sec est élevée, la probabilité de sédimentation sera plus grande et une partie des germes se retrouve plus facilement piégée dans les sédiments [55].

III.3.2.Impact de la pollution chimique :

Le risque hydrique d'origine chimique a été principalement étudié pour les eaux destinées à la consommation humaine. À moyen terme des pathologies ont été identifiées, induites par le fluor ou les nitrates. À long terme, le rôle néfaste de micro-constituants des eaux (Sodium, dureté, etc.) n'a pas été confirmé. En revanche, certains micro-constituants sont réellement impliqués dans les risques hydriques tels que les métaux lourds (Plomb, Cadmium) et des molécules organiques. Les risques d'origines chimiques sont très mal connus pour les autres voies d'exposition comme l'inhalation et le contact [1].

III.3.2.1.Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline. Il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles, cette activité est due à des différentes causes, en particulier, l'ionisation de l'acide carbonique et de sels [56].

Un taux fort du pH dans l'eau de baignade engendre des sillons à la surface de l'épiderme lui conférant un aspect de mosaïque lorsqu'il est observé au microscope et favorise l'étirement épidermique [57].

III.3.2.2.La Dureté :

L'eau dure est rapportée comme étant irritante pour la peau, notamment pour les peaux sensibles. Certaines personnes seraient intolérantes au calcaire, et présenteraient des rougeurs, des démangeaisons ou des tiraillements de la peau après un contact direct avec de l'eau dure. Ces affirmations sont, cependant, peu documentées par des études scientifiques. Elles relèvent souvent d'allégations issues des professionnels du traitement de l'eau. Les effets cutanés d'une eau calcaire seraient indirects [56].

Le Chlore dégrade progressivement des protéines pour donner naissance à des composés aussi divers que des (Chloroforme, Dichlorométhane) et des Chloramines (trichlorure d'azote, NCl_3).

Le trichlorure d'Azote, NCl_3 est responsable des problèmes d'irritation (irritation chronique oculaire (Fig.21). Il est aussi l'origine de sécrétions nasales, gorges sèche) En effet, la présence de ces éléments sous forme la plus halogénée, est la plus volatile et dégaze plus facilement [58].



Figure 21: Infection des yeux.

III.3.2.3. Les Nitrates NO_3^- :

Les Nitrates (NO_3^-) présents dans les eaux superficielles et souterraines sont les résultats de la décomposition naturelle, par des microorganismes des matières organiques azotées, telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion Ammonium formés est oxydé en nitrates. La présence des Nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'Azote [59].

Les Nitrates sont des contaminants les plus courants des eaux souterraines dans les zones rurales. Leurs teneurs sont principalement réglementées pour le cas des eaux potables. Un niveau excessif peut provoquer une méthémoglobinémie [60].

III.3.2.4. Le Sodium :

Le Sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Sauf pour les cas des malades hypertendus, on décèle aucun danger en cas d'absorption des quantités relativement importantes de Sodium [61].

III.3.2.5. Les Sulfates :

Elles sont rencontrées sous forme de Sulfates de Magnésium et sous forme calcique dans les eaux dures. Les Sulfates favoriseraient à long terme un processus d'irritation gastro-intestinale [62].

III.3.2.6. Le Calcium et le Magnésium :

Le Calcium est un métal extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Le Calcium représente le composant majeur de la dureté de l'eau.

Le Magnésium constitue lui aussi l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions Calciums. C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature [56].

Le Calcium et le magnésium facteurs de la dureté de l'eau ont des inconvénients sur l'eau puisqu'ils donnent un goût désagréable et engendrent l'entartrage rapide [62].

III.4. Conclusion :

La pollution des eaux des hammams représente un danger certain pour la santé humaine. La pollution bactériologique est la source de plusieurs des maladies. La présence des coliformes totaux et les coliformes fécaux dans l'eau des baignades représentent un indicateur irréfutable de la pollution fécale. En parallèle, la présence des streptocoques et les entérocoques dans l'eau provoque les diarrhées et les otites. En revanche, les microorganismes du type *Pseudomonas Aeruginosa* provoque l'eczéma. Par contre, L'analyse bibliographique a révélé que l'impact de la pollution physico-chimique est moins dangereux sur la santé que l'impact bactériologique. La pollution par les Nitrates et celle du chlore peut provoquer des infections des yeux (les seuils sont respectivement : 50g/l et 3g/ml).

Chapitre IV:

Matériels et méthodes.

IV.1.Introduction :

Les eaux des bains maures (hammams) sont destinées pour les utilisations humaines, ce qui leur impose contrôle et sécurité sanitaire. Ceci ne peut se faire qu'à travers une surveillance accrue et des contrôles rigoureux. Les contrôles comportent des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des bains. Ils se font en référence des normes d'exploitation et d'utilisation des eaux. Le protocole d'analyse impose des méthodes et du matériel approuvé internationalement.

Le présent chapitre donne un bref aperçu des méthodes d'analyses et du matériel utilisé. Pour chaque élément physico-chimique et bactériologique, le protocole d'expérimentation ainsi que les appareils utilisés sont décrits.

Le chapitre représente aussi les normes et les références de ces analyses. Les méthodes d'analyses font référence à celles décrites dans le livre d'analyse de l'eau [56].

IV.2.Choix des sites de prélèvement :

Pour évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des bains maures (hammams) de la région de Saïda, nous avons choisi cinq bains de prélèvement (B1, B2, B3, B4, B5). Deux bains dans la commune de Saïda (latitude: 34°50'00"N, longitude : 0°09'00"E et Altitude de 840 m) et trois bains dans la commune d'Ain El Hadjar (latitude : 34°35'31"N, longitude : 0°08'40"E et Altitude de 1023 m).

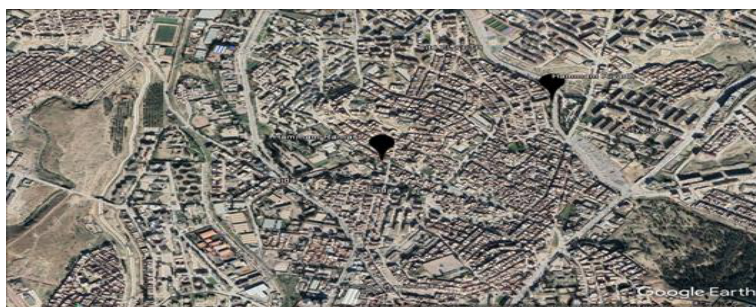


Figure 22 : Localisation des points de prélèvement dans la commune de Saida (Google Earth 2020).



Figure 23 : Localisation des points de prélèvements dans la commune d'Ain El Hadjar (Google Earth 2020).

Le choix des sites est motivé par le souci de la représentativité. La commune de Saida est la plus peuplée dans la Wilaya étant donné qu'elle représente la commune du chef-lieu. En revanche, la commune d'Ain El-Hadjar est une des plus importantes agglomérations de la Wilaya.

La nature de l'approvisionnement est aussi prise en compte. Nous avons considéré des bains qui utilisent l'eau du réseau public (A.D.E), comme nous avons considéré d'autres qui utilisent les eaux des puits privés.

IV.3.Présentation des sites de prélèvement :

Tableau 12 : Les sites de prélèvement.

Sites de prélèvements	Date et heure de Prélèvements	Nature d'approvisionnement en eau	Débit de l'eau (l/s)	Fréquentations du hammam (Persanes /jour)		Localisation GPS	
				Femmes	Hommes		
B1	23/02/2020	8 :45	Réseau de distribution	2.10 ⁻²	140	80	Latitude : 34°50'45,41"N, Longitude : 0°09'18,78"E, Altitude : 805 m
B2	23/02/2020	9 :30	Puits	0.2	120	55	Latitude : 34°50'33,67"N, Longitude : 0°08'56,53"E, Altitude : 810 m
B3	24/02/2020	10 :35	Réseau de distribution	10 ⁻²	90	100	Latitude : 34°45'52,63"N, Longitude : 0°08'44,88"E, Altitude : 1025 m
B4	24/02/2020	10 :53	Puits	0.2	110	50	Latitude : 34°45'46,99"N, Longitude : 0°08'42,82"E, Altitude : 1038 m
B5	24/02/2020	11 :02	Puits	0.2	100	45	Latitude : 34°45'35,11"N, Longitude : 0°08'37,18"E, Altitude : 1016 m

IV.4.Méthode de prélèvement :

Pour les analyses physico-chimiques, les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de capacité 1.5 l.

En revanche, nous utilisons, pour les prélèvements des échantillons destinés à l'analyse bactériologique des flacons en verre de 250 ml.

Avant l'usage, l'ensemble des flacons sont soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée. Ils sont ensuite séchés puis bouchés et stérilisés à l'autoclave à une température de 120°C pendant une heure. Pour assurer une conservation satisfaisante, le transport des échantillons est effectué dans un emballage isotherme dans l'obscurité et à une température de 4°C. Toutes les précautions ont été prises afin d'éviter d'éventuelles ou d'interférence de contaminations.

Avant le prélèvement et afin de s'assurer de prendre l'eau de la source, le robinet est laissé ouvert pendant deux minutes [63].

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'hygiène de Saïda. En revanche, les analyses physico-chimiques sont réalisées au laboratoire de la source Ain Zarga (Saïda) [63].



Figure 24: Flacons des prélèvements bactériologiques.

IV.5.Méthodes d'analyse physico-chimiques :

IV.5.1.La température :

Le seul paramètre qui a été mesuré directement sur site est la température (°C). La mesure a été effectuée à l'aide d'un thermomètre à mercure dont la plage de mesure est de 0°C à 60°C et la précision est de 0.1°C.

Le procédé de mesure consiste à plonger le thermomètre dans l'eau et attendre jusqu'à ce que le mercure se stabilise. La lecture s'effectue avec le bulbe du thermomètre encore dans l'eau [64].

IV.5.2.La conductivité, le pH et la salinité :

Le pH est fonction de la conductivité et de la salinité. Les trois paramètres sont mesurés en référence des normes ISO. Ces normes sont respectivement (NF EN ISO 10523), (ISO 10051) (ISO NP 18191), pour le pH, la conductivité et la salinité.

La mesure de ces trois paramètres est réalisée à l'aide d'un appareil multi-paramètres de marque (HACH USA) (Fig. 25). Les caractéristiques de cet appareil sont : Pour le pH, la précision est 2.10^{-3} avec une plage de mesure de 2 à 20. Pour la conductivité, la précision est de 5.10^{-2} , avec une plage de mesure de 0.001 à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La mesure du pH, de la conductivité et de la salinité d'une solution s'appuie sur la mesure du potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution. Avant de commencer à utiliser l'appareil, le processus d'étalonnage est effectué en utilisant des échantillons avec un pH connu. La précision sera ainsi vérifiée. Ensuite, nous rinçons l'électrode avec de l'eau distillée, puis on le plonge dans l'échantillon. Après avoir laissé l'appareil se stabiliser, on note la première valeur de pH. On lit ensuite la 2^{ème} valeur qui est celle de la conductivité. La 3^{ème} valeur correspond à la mesure de la salinité. Les trois valeurs sont affichées sur le même écran. Pour la conductivité, les résultats sont exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Par contre, les résultats de la salinité sont exprimés en (‰).



Figure 25 : Appareil Multi-paramètres.

IV.5.3.La turbidité :

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidité-mètre de la marque PCE-TUM 50 dont la plage de mesure est de 0 à 2000 NTU. La précision est de 0.5 NTU. La mesure s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 7027) ; (Fig.26). L'instrument envoie un rayon de lumière à travers l'échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière réfléchiée par les particules dans l'eau.

Avant la manipulation, on s'assure que la cuve de mesure est propre. À la fin de chaque utilisation, l'instrument est de nouveau rincé. La mesure de la turbidité s'effectue après avoir rempli la cuve sans faire de bulles. Ensuite, il faut insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère. Après avoir fermé le capot de l'appareil, on attend l'affichage automatique de la valeur de mesure qui est exprimée en (NTU) unité de turbidité de néphélométrie.



Figure 26 : Turbidité-mètre.

IV.5.4.Le Résidu sec ; RS :

La mesure du résidu sec s'effectue en référence à la norme (NF T90-029). Pour mesurer le résidu sec, on prend un échantillon d'eau de 40 ml. Après avoir filtré l'échantillon, on met le contenu solide filtré pour séchage dans l'étuve pendant 1 heure. La pesée du solide séché correspond au résidu sec en mg/l.



Figure 27 : L'étuve du séchage.

IV.5.5.La dureté :

La mesure de la dureté s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 6507-1). La dureté ou le titre hydrotimétrique est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est due uniquement aux ions du Calcium et du Magnésium.

Elle est obtenue par la méthode complexométrique par titrage à l'E.D.T.A en présence d'un indicateur coloré (noir d'ériochrome T à 0,5%) et dans un milieu tamponné pH = 10.

Le procédé de mesure consiste à introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de volume de 250 ml. On ajoute 4 ml de solution tampon de chlorure d'Ammonium et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou en violet. Le pH doit être de 10. En maintenant une agitation continue, on verse la solution d'E.D.T.A rapidement au début. Une fois, on remarque que la solution commence à virer au bleu, on verse la solution par goutte-à-goutte. La

vérification de la coloration se fait en observant le changement de couleur avec l'addition de gouttes supplémentaires d'E.D.T.A. La concentration totale de la dureté, exprimée en (mg/l) est donnée par l'expression suivante :

$$\text{Dureté (mg/l)} = 1000 \cdot V_1 / V_2 \cdot C \cdot 1000 \cdot \frac{v1 \cdot c}{v2}$$

Où :

C : Concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'E.D.T.A.

V_1 : Volume en ml de la solution d'E.D.T.A.

V_2 : Volume d'échantillon.



Figure 28 : Mesure de la dureté.

IV.5.6. Le Calcium Ca^{+2} :

La mesure de la concentration du Calcium s'effectue en référence à la norme (ISO 6059). Le Calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A à pH entre 12 et 13. Le dosage se fait en présence du Murexide, l'E.D.T. réagit tout d'abord avec les ions du Calcium libres puis avec les ions du Calcium combinés et l'indicateur coloré. La couleur vire alors du rouge vers le violet.

Pour mesurer le Calcium, On prend 50 ml de l'échantillon à analyser et on ajoute 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium 2N NaOH et de 0,2 g indicateur (Murexide).



Figure 29 : Mesure de Calcium.

La quantité de solution d'E.D.T.A, nécessaire pour avoir un virage au bleu, est notée avec le volume d'E.D.T.A versé. La teneur en Calcium est donnée par la relation suivante :

$$\text{Ca}^{+2} = V_{\text{E.D.T.A}} * 4.008 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Ca}^{+2} \text{ (mg/l)} = V_{\text{E.D.T.A}} * 4.008 * 10$$

Où :

$V_{\text{E.D.T.A}}$: Volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée.

IV.5.7. Le Magnésium Mg^{+2} :

La mesure de la concentration du Magnésium s'effectue en référence à la norme (NF T 90-003). La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée. La teneur en Magnésium est donnée par la relation suivante :

$$\text{TH} = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$$

$$\text{Mg}^{+2} \text{ (mg/l)} = \text{TH} - \text{Ca}^{+2}$$

IV.5.8. Le Sodium Na^{+} et le Potassium K^{+} :

La mesure de la concentration de ces paramètres s'effectue en référence à la norme (NF T 90-019). L'appareil utilisé est un photomètre à flamme de marque JENWEY-PEP7. L'appareil donne la mesure du sodium, du potassium et du lithium dans différents milieux biologiques. La méthode consiste à exciter l'atome à l'aide de la flamme (source d'énergie), afin que l'électron de valence atteigne un niveau d'énergie supérieur. Une fois la longueur d'onde sélectionnée est atteinte, l'élément peut être analysé. Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 30: Photomètre à flamme de marque JENWEY-PEP7.

IV.5.9. L'Ammonium NH_4^{+} :

La mesure de la concentration de l'Ammonium s'effectue en référence à la norme (ISO 7150). L'appareil utilisé est spectrophotométrique. Il est de marque (Hach Lange) et mesure le composé bleu formé par réaction de l'Ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Pour la mesure l'Ammonium, on prend 40 ml de l'échantillon de l'eau à analyser et on ajout 4 ml de réactif coloré et 4 ml de réactif Dichloroisocyanurate de sodium. On attend 1h, L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^{+} . La mesure s'effectue à une longueur d'onde $\lambda=655$ nm. La valeur de la concentration d'Ammonium est affichée directement sur l'écran en mg/l.



Figure 31 : Mesure de l'Ammonium.

IV.5.10.Le Chlore Cl^- :

La mesure de la concentration du Chlore s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 7393-3). L'expérience consiste en une réaction des ions Chlorure avec des ions d'Argent pour former du Chlorure d'argent. Ce dernier est insoluble et précipité quantitativement.

Pour la mesure, on prend 5 ml de l'échantillon d'eau à analyser et on ajoute 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre), puis on titre avec AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à coloration. La teneur en chlore est donnée par la relation suivante :

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = \frac{V \cdot N \cdot M}{PE} * F * 1000$$

Où :

V : Volume d' AgNO_3 nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N : Normalité d' AgNO_3 .

M : masse molaire des chlores.

M : Masse molaire des chlor **F** : Facteur de correction du titre d'Ag NO_3 .

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

IV.5.11.Le Phosphore P^- :

La mesure de la concentration du phosphore s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 6878). Pour la mesure, on prend 40 ml de l'échantillon de l'eau à analyser et on ajoute 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélangé (molybdate de sodium ($\text{Na}_2 \text{MoO}_4$)) et du pyrosulfate de potassium $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$). On effectue la lecture à spectrophotométrique. La valeur indiquée de la concentration du phosphore est en mg/l.

IV.5.12. Les Phosphates PO_4^- :

La mesure de la concentration du Phosphates s'effectue en référence à la norme (ISO 6878 /1). Pour mesurer le Phosphates, on prend 40 ml de l'échantillon de l'eau à analyser et on ajoute 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte (13 g de Heptamolybdate d'Ammonium avec 100 ml d'eau distillée + 0.35 g Tartrate d'antimoine avec 100 ml d'eau distillée + 150 ml d'acide sulfurique pur avec 150 ml d'eau distillée). Après une attente de 10 minutes du développement de la couleur bleue, on lit sur le spectrophotométrie à une longueur d'onde $\lambda = 800$. Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure 32 : Mesure du Phosphates.

IV.5.13. Les Sulfates SO_4^{-2}

La mesure de la concentration des sulfates s'effectue en référence à la norme (NF T 90-009). Pour la mesure du sulfate, on prend 20 ml d'eau à analyser et on les complète par 100 ml d'eau distillée et 5 ml de la solution. On agite énergiquement pendant 1 mn et on effectue la lecture sur spectrophotométrie. La valeur du sulfate est donnée en mg/l.

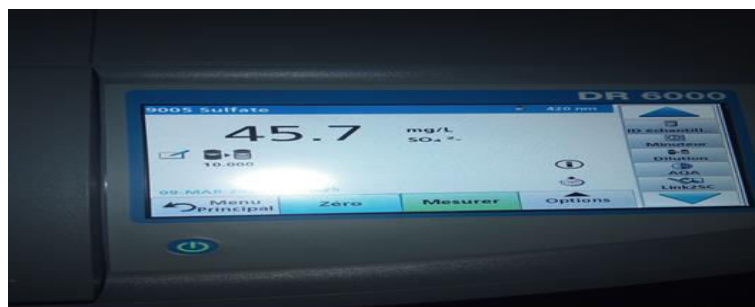


Figure 33 : Lecture du Sulfate.

IV.5.14. Les Nitrites NO_2^- :

La mesure de la concentration du Nitrites s'effectue en référence à la norme (ISO 6777). Les Nitrites originaux réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui se combine en milieu acide avec le dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-éthylènediamine. Le composé formé est rosé à violet, dont l'absorbance à 520 nm. Pour mesurer les Nitrites, on prend 50 ml d'échantillon de l'eau à analyser et on ajoute 1 ml du réactif mixte (Acide sulfanilique + d'a-naphtylamine). On attend dix (10) minutes jusqu'à apparition de la coloration rose qui indique la présence des NO_2^- . On effectue la lecture sur le spectrophotométrie à une longueur d'onde $\lambda = 543$. La valeur de la concentration des Nitrites est affichée en mg/l.



Figure 34 : Mesure des Nitrites.

IV.5.15. Les Nitrates NO_3^- :

La mesure de la concentration des Nitrates s'effectue en référence à la norme (NF T90-012). En présence de salicylate de sodium, les Nitrates donnent du paranitrososylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Pour mesurer les Nitrates, on prend 10 ml de l'échantillon de l'eau à analyser et on ajoute trois gouttes de NaOH à 30% et 1 ml de salicylate de sodium à 0.5%. Après une heure et demie de séchage à température de 95°C et après avoir laissé refroidir, on ajoute 2 ml de sulfate sulfurique. On laisse reposer 10 mn et on ajoute 15 ml de l'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium, puis on règle le spectrophotomètre à 420 nm. Le résultat de la concentration des Nitrates est donné directement en mg/l.



Figure 35 : Mesure des Nitrates.

IV.6. Méthodes d'analyses bactériologiques :

IV.6.1. Les Germes totaux à 22°C et 37°C :

Le dénombrement des germes totaux s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 6222). Pour les germes totaux à 22°C et 37°C , on liquéfie la gélose (P.C.A) à 45°C - 50°C , et on prend deux boîtes de Pétri vides stériles et on met 1 ml d'eau à analyser dans les deux boîtes. Après avoir ajouté 15 ml de la gélose dans ces dernières et laisser solidifier et après une agitation lente, on met les boîtes à l'incubation dans l'étuve. La première boîte doit rester à 22°C pendant 72h, et la deuxième boîte à 37°C pendant 24h. Après incubation, on fait le dénombrement des colonies (UFC). Les résultats sont donnés en UFC/100ml.

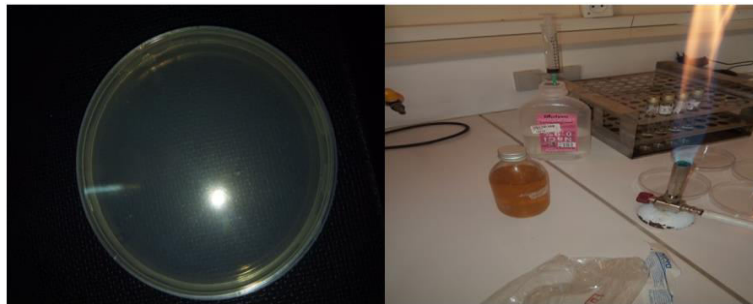


Figure 36 : Recherche des germes totaux à 22°C et 37°C.

IV.6.2.Les Coliformes totaux, coliformes fécaux et Escherichia coli :

Conformément à la norme (NF T 90-413), la méthode du dénombrement comporte deux étapes. La première est la recherche présomptive des coliformes. La deuxième est la recherche confirmative des *E. coli* et éventuellement des autres Coliformes fécaux. Pour cela, on utilise un milieu sélectif (Gélosé au tergitol) pour le dénombrement des coliformes. Le milieu T.S.A pour la confirmation des coliformes totaux. Le milieu tryptophane pour la confirmation des coliformes fécaux. On fait le dénombrement des coliformes par les étapes suivantes :

IV.6.2.1.Recherche présomptive des coliformes :

- On stérilise la surface supérieure de la rampe de filtration et la plaque poreuse suivie d'un refroidissement.
- On pose sur la plaque poreuse de la rampe de filtration une membrane de porosité de 0.45 µm.
- On agite soigneusement les flacons d'aux à analyser.
- On ouvre le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- On filtre la quantité d'eau, ensuite on prélève la membrane et on dépose l'eau sur le milieu Gélosé ou tergitol, avec une pince stérile. Ces opérations se font en prêtant attention à ne pas piéger les bulles d'air.
- On incube les boîtes de pétri qui serviront à la recherche des coliformes totaux à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- On incube les boîtes de pétri qui serviront à la recherche des coliformes fécaux à 44°C pendant 24 à 48 heures.
- Ensuite on procède à la lecture des résultats après l'incubation après sélection des boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune ou jaune orangé.

IV.6.2.2.Recherche confirmatif des coliformes totaux :

Le test de confirmation se fait par repiquage des colonies jaunes ou jaunes orangées bien isolé sur milieu (T.S.A) à la caséine et incubé à 37°C pendant 24 heures. Le test de confirmation s'effectue suivant l'une des façons suivantes :

- On imbibe un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis on dépose une colonie caractéristique.
- On Verse 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase, sur un papier filtre puis on étale 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.6.2.3. Recherche confirmatif des coliformes fécaux et *Escherichia coli* :

On prélève une colonie bien isolée sur la gélose au tergitol. Après l'avoir étalé en stries sur la boîte de la gélose tryptone caséine soja (T.S.A) on l'incube à 37°C pendant 18 à 24 heures. A partir du milieu T.S.A, 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 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*.



Figure 37 : Procédé de mesure de coliforme totaux.

IV.6.3. Streptocoques fécaux :

Pour le dénombrement des Streptocoques fécaux par le test présomptif, on utilise un milieu d'incubation (Bouillon glucosé à l'aide de sodium Rothe) et un milieu de confirmation (Litsky E.V.A).

On ensemence :

- 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10 ml de l'échantillon.
- 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1ml de l'échantillon
- 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 0,1 ml de l'échantillon

Puis on incube les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal. Ils sont soumis au test confirmatif. Les tubes ne présentant pas des troubles microbiennes seront considérés comme négatifs et donc éliminés.

IV.6.4. Clostridium sulfito-réductrice :

Conformément à la norme (NF T 90-415), on utilise la gélose viande foie, solution de sulfite de sodium et solution d'alun de fer.

Pour dénombrer les spores de bactéries aérobies sulfito-réductric, on introduit 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile et on le place dans un bain d'eau à 80°C pendant 10 minutes.

L'incubation sert à détruire toutes les formes végétatives des A.S.R éventuellement présentes. Ensuite, on refroidit le flacon du test rapidement sous l'eau de robinet. Une fois refroidit, on repartit le contenu de ce tube, dans 4 tubes stériles, à raison de 5 ml par tube. On ajoute dans chacun d'eux 20 ml de gélose V.F et 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. Après, on mélange doucement sans incorporer de bulles d'air. Après avoir laissé solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes, on les Incube à 37°C pendant 24 à 48 h. Après l'incubation, on fait le dénombrement des colonies de colleurs noir. Le résultat est exprimé en UFC/20 ml.

IV.6.5.Pseudomonas. Aéroginosa :

Le dénombrement des Pseudomonas. Aéroginosa s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 16266). Pour l'expérience, on utilise deux milieux sélectifs. Le premier milieu King A, pour Pseudomonas aeruginosa et un deuxième milieu King B pour Pseudomonas fluorescens et autres espèces.

On ensemence l'eau à analyser sur les milieux et on les Incube pendant 48 à 72 heures à 30°C. Après incubation, on fait le dénombrement des colonies. Généralement les colonies du Pseudomonas aeruginosa sont de couleur bleu (milieu King A). Par contre, pour Pseudomonas fluorescens, il n'y a pas de pigmentation des colonies (milieu King B).

IV.6.6.Les Entérocoques :

Le dénombrement des Entérocoques fécaux s'effectue en référence à la norme (NF EN ISO 7899-2). Pour l'expérience, on prend 100 ml de l'eau à analyser et on les filtre sur une membrane de nitrocellulose de 0,45 µm. La membrane est ensuite déposée sur le milieu gélosé Slanetz et Bartley. Ensuite, on les Incube à 37°C pendant 48h. Après incubation, on fait le dénombrement des colonies. Généralement, les colonies des entérocoques sont rouges ou marron. Pour faire les tests de confirmation, on ensemence les colonies sur le milieu B.E.A et on les l'incube à 44°C pendant 24 heures. La présence des colonies noires indique la présence des entérocoques. Le dénombrement les colonies de couleur noires correspond au résultat exprimé UFC/100 ml.



Figure 38 : Procédé de comptage des entérocoques.

Chapitre V:

Résultats et Discussions.

V.1.Introduction :

L'étude physico-chimique et bactériologique des eaux des bains maures (hammams), joue un rôle très important dans leur qualification et donc évalue la possibilité de son utilisation pour la baignade sans effets néfastes sur la santé.

Pour atteindre cet objectif, nous avons pris comme exemples d'étude des eaux de cinq hammams de la région de Saida. Comme indiqué plus haut, trois de ces hammams se trouvent dans la commune d'Aïn El Hadjar et les deux autres dans la commune Saïda.

Dans ce chapitre, nous examinons l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologique des eaux des hammams sus identifiés. Les valeurs de mesures correspondent aux prélèvements réalisés durant la période d'hiver où la fréquentation des hammams est la plus importante durant l'année.

Le chapitre contient la présentation les discussions relatives aux principaux résultats ainsi qu'une analyse relative à la problématique de l'encadrement juridique et sanitaire de ce type d'eau.

V.2.Cadre réglementaire général:

V.2.1.Cadre règlementaire de la qualification physico-chimique :

En Algérie, on ne dispose pas de législations spécifiques pour l'encadrement des eaux des hammams. Toutefois, la Loi relative à la protection et à la promotion de la santé, prévoit dans ses articles 29 à 33, des dispositions réglementaires relatives à l'usage de l'eau notamment l'eau utilisée pour l'hygiène corporelle.

En la matière, l'article 32 indique que l'eau destinée à la boisson, à l'usage ménagé et à l'usage d'hygiène corporelle, doit satisfaire aux normes définies par la réglementation tant en qualité qu'en quantité.

D'un autre côté, les eaux utilisées pour l'hygiène corporelle et en particulier celles des hammams proviennent soit des puits (généralement forage privé), soit d'un mélange d'eau d'adduction (eau potable) et des eaux de puits [65]. Ces deux types d'eau (eaux de puits ou les eaux d'adduction) sont encadrés par des réglementations particulières.

En effet, le décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011, fixe les critères de qualités des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations [66]. Dans son article 4, ledit décret exige qu'un contrôle de la conformité aux valeurs guides soit effectué, par l'administration chargée des ressources en eau, au niveau des ouvrages et installations de mobilisation d'eau à savoir :

- Puits, forages et autres ouvrages de captage d'eaux souterraines ;
- Ouvrages de dérivation des écoulements de surface ;
- Retenues d'eaux superficielles.

Dans notre étude, l'évaluation de la qualité des eaux des hammams s'est faite en référence d'indicateurs de qualité comportant des normes de qualification des deux types d'eau. Ces normes sont établies au sens du décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011 et les textes semblables ; à savoir la

législation relative à l'eau de consommation humaine [67] et celle donnée par les textes relatifs aux eaux de baignades Algériens [68] ou internationaux (Québec) [69].

Si l'utilisation des critères des eaux de baignade comme repère de qualification des eaux des hammams est triviale, étant donné que le hammam est un lieu d'hygiène, de détente et de baignade, qui permet la submersion du corps dans l'eau, le choix des normes de l'eau à usage de consommation humaine est justifié par le fait que, d'une part les eaux des hammams proviennent justement comme eaux du réseau public d'alimentation en eau et d'autre part, elle sont généralement utilisées par les usagers, sous l'emprise de la soif engendrée par l'ambiance thermique chaude, comme eaux de boisson [65].

Tableau 13 : Comparaison des indicateurs de qualité relevant des paramètres physico-chimiques des eaux de baignades.

Paramètres	Symboles	Unités	Algériennes [66]	Algériennes [67]	Algériennes [68]	Québec [69]	
Eaux							
			Superficielles	Souterraines			
Paramètres organoleptiques							
Couleur	-	mg/l Platine	200	20	15	0	-
Turbidité	-	NTU	-	-	5	-	1
Odeur à 12°C	-	% dilution	20	3	4	-	-
Saveur à 25°C	-	% dilution	-	-	4	-	-
Caractéristiques physico-chimiques							
Température	T	°C	25	25	25	-	-
Alcalinité	TAC	mg/l	-	-	500	-	60-150
Dureté	TH	mg/l	-	-	200	-	400
Résidu sec	RS	mg/l	-	-	1500	-	-
pH	-	-	6.5-9	6.5-9	6.5-9	6-8	7.2-7.8
Conductivité à 20 °C	-	µS/cm	2800	2800	2800	-	-
Chlore	Cl	mg/l	-	-	5	-	3
Sulfates	SO ₄	mg/l	400	400	400	-	-
Magnésium	Mg	mg/l	-	-	-	-	-
Sodium	Na	mg/l	-	-	200	-	-
Phosphore	P	mg/l	10	5	5	-	-
Potassium	K	mg/l	-	-	12	-	-
Aluminium	Al	mg/l	-	-	0.2	-	-
Calcium	Ca	mg/l	-	-	200	-	-
Substances indésirables							
Nitrate	NO ₃	mg/l	50	50	50	-	-
Nitrite	NO ₂	mg/l	-	-	0.2	-	-
Ammonium	NH ₄	mg/l	4	0.5	0.5	-	-
Fer	Fe	mg/l	1	0.3	0.3	-	-
Manganèse	Mn	µg/l	1	0.05	50	-	-
Cuivre	Cu	mg/l	2	0.05	2	-	-
Zinc	Zn	mg/l	5	5	5	-	-
Argent	Ag	µg/l	0.5	0.2	100	0	-
Fluorures	F	mg/l	2	1.5	1.5	0	-
Substances toxiques							
Arsenic	As	µg/l	100	10	10	-	-
Cadmium	Cd	µg/l	5	5	3	-	-
Cyanure	Cn	µg/l	100	50	70	-	-
Chrome	Cr	µg/l	100	50	50	-	-
Mercure	Hg	µg/l	10	6	6	-	-
Plomb	Pb	µg/l	50	10	10	-	-
Sélénium	Se	µg/l	50	10	10	-	-
Benzo (1, 2,3-cd) pyrène.	-	µg/l	-	-	-	-	-

Dans le (Tab.13), on présente des indicateurs de qualités relevant des paramètres physico-chimiques pour les eaux utilisées ou assimilées pour l'utilisation dans les hammams.

Pour l'évaluation et la qualification Les textes considérés sont les suivants :

1. Décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

2. Décret exécutif n°11-125 du 22 mars 2011, relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

3. Décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993, définissant la qualité requise des eaux de baignade.

4. Normes inspirées du règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels." Québec, 2016.

Ce dernier donne les indications qualitatives relatives aux eaux des piscines et autres des bassins artificiels.

V.3.Cadre réglementaire de la qualification bactériologique :

Par analogie et d'une manière similaire, nous avons également traité la question de la qualification bactériologique.

Ainsi et en référence aux normes de qualification bactériologiques établies au sens des textes sus cités [66], [67], [68] et [69], nous avons dressé le (Tab.14).

Tableau 14 : Comparaison des indicateurs de qualités relevant des paramètres bactériologiques des eaux de baignades.

Paramètres	Unités	Algériennes [66] Algériennes [67] Algériennes [68] Québec [69]				
		Eaux				
		Superficielle	Souterraines			
Coliformes totaux	UFC/100ml	-	-	-	100	-
Coliformes fécaux	UFC/100ml	-	-	-	100	1
Escherichia Coli	UFC/100ml	20000	20	0	-	1
Entérocoques	UFC/100ml	10000	20	0	-	-
Salmonelles	UFC/100ml	0	0	-	-	-
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	-	-	-	100	-
Staphylococcus aureus	UFC/100ml	-	-	-	-	30
Pseudomonas. Aéroginsosa	UFC/100ml	-	-	-	-	1
Clostridium sulfitoréducteurs	UFC/100ml	-	-	0	-	-

Il est a noté qu'en référence aux textes réglementaires relatifs aux normes , notamment ceux de l'organisation mondiale de la santé, aucune indication n'est portée au sujet les germes totaux à (22°C et 37°C) [70].

V.4. Hydrochimie de l'eau des hammams :

V.4.1. Résultats d'analyses physico-chimiques :

L'opération de qualification des eaux de bains (Hammams) revêt une importance de premières préoccupations aussi bien pour les responsables sanitaires de la région de Saida, des utilisateurs des hammams et des propriétaires qui sont tenues responsables devant la loi à respecter des règles réglementaires et contraignantes d'hygiène.

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons des eaux des différents hammams explorés sont présentés dans le (Tab.15).

Ces résultats concernent des éléments organoleptiques, des paramètres physico-chimiques et des substances indésirables. Le tableau des résultats comporte aussi des indicateurs de qualités établies selon les textes réglementaires relatifs à l'encadrement des eaux des bains (hammams).

Ces indicateurs, qui représentent les normes de référence pour l'actuelle étude, représentent les valeurs, des seuils minimas, extraites des textes sus indiqués.

L'analyse des résultats physico-chimiques des eaux des hammams explorés, indique que la majorité des valeurs, des différents paramètres et éléments d'analyse, sont conformes aux normes retenues. Toutefois, on a enregistré 30% parmi les éléments dont leurs valeurs dépassent les seuils recommandés. Il s'agit de la température, la dureté, le résidu sec, le magnésium, le chlore et les nitrates pour presque la totalité des hammams. Nous avons également enregistré un excès de la valeur de la turbidité pour l'échantillon des eaux du hammam dont la référence est B3.

Tableau 15 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux des hammams de la région de Saida.

Paramètres	Symboles	Unités	Echantillons					Normes retenues	Réf
			B1	B2	B3	B4	B5		
Paramètres organoleptiques									
Turbidité	-	NTU	2.12	3.20	6.80	1.37	1.65	5	[67]
Caractéristiques physico-chimiques									
Température	T	°C	52	44	40	53	51	25	[66]
Dureté	TH	mg/l	277.7	220.4	208.2	212	214.1	200	[67]
Salinité	-	‰	0.6	0.4	0.4	0.3	0.4	12	[71]
Résidu sec	RS	mg/l	904.5	1227	410	370	376	1500	[67]
Ph	-	-	7.8	7.94	7.31	7.55	7.57	6-8	[68]
Conductivité	-	µS/cm	1510	2050	839	736	771	2800	[67]
Calcium	Ca ⁺²	mg/l	111.2	88.25	83.36	84.85	85.77	200	[67]
Magnésium	Mg ⁺²	mg/l	67.43	53.5	50.55	51.45	52	50	[72]
Sodium	Na ⁺	mg/l	51	52	50	47	48	200	[67]
Potassium	K ⁺	mg/l	5	6	4	3	3	12	[67]
Chlore	Cl ⁻	mg/l	111.1	1.75	39	8.75	10.5	3	[69]
Phosphore	P ⁻	mg/l	0.025	0.026	0.023	0.022	0.022	5	[67]
Phosphates	PO ₄ ⁻³	mg/l	0.076	0.079	0.0703	0.067	0.067	1.5	[73]
Sulfate	SO ₄ ⁻²	mg/l	70.25	76.38	83.36	50.75	45.70	400	[67]
Substances indésirables									
Nitrate	NO ₃ ⁻	mg/l	55.2	73.98	57.66	66.82	65.12	50	[67]
Nitrite	NO ₂ ⁻	mg/l	00	00	0.008	00	00	0.2	[67]
Ammonium	NH ₄ ⁺	mg/l	0.08	0.08	0.078	0.068	0.066	0.5	[67]

En revanche les valeurs du pH, la salinité, la conductivité, le Calcium, le Sodium, le Potassium, le Phosphore, le Phosphates, les Sulfates, les Nitrites et l'Ammonium ne dépassent pas les valeurs seuils arrêtées. Ils sont considérés comme admissibles et ne présentent aucune incidence sur la qualité de l'eau des bains (hammams).

Pour la turbidité, les résultats des essais physico-chimiques ont révélé un excès au niveau des eaux du hammam B3 (6.80 NTU).

Les mêmes résultats révèlent également l'existence d'une dureté élevée au niveau des tous les hammams explorés. Les valeurs maximales sont enregistrées au niveau des hammams de la commune de Saida.

Pour les bains (hammams), une eau qui se caractérise par une dureté élevée est moins recommandée, car son pouvoir de réaction avec le savon se trouve très réduit. L'eau dure a besoin d'une quantité abondante de savon pour produire de la mousse. Dans le but de l'économie de l'eau, cette indication peut être utile pour les propriétaires des hammams concernés afin qu'ils prévoient des filtres dans la partie post approvisionnement.

Quant aux valeurs de la concentration du Magnésium, les résultats de l'analyse physico-chimique montrent que les eaux des cinq hammams étudiés affichent une concentration élevée avec une valeur maximale de 67.43 mg/l, enregistrée au niveau du hammam B1,.

Les mêmes résultats indiquent que la teneur en chlore est très élevée au niveau du hammam B1, plutôt élevée pour B3 et sensiblement élevée pour B4 et B5. La valeur maximale de 111.1 mg/l, est enregistrée au niveau du hammam B1. Cet excès est dû à la chloration des eaux. Le processus qui a pour objet la désinfection des eaux, consiste à ajouter du chlore sous forme de l'eau de javel dans les installations post -distribution ou dans les puits d'approvisionnement [74].

Par ailleurs, les résultats de l'analyse physico-chimique, montrent aussi que les eaux des cinq hammams explorés, affichent une concentration élevée en nitrates avec une valeur maximale de 73.98 mg/l au niveau du hammam B2. L'excès des valeurs des nitrates enregistré est dû à l'utilisation massive des fertilisants azotés dans les champs entourant les régions de la localisation des hammams. Il peut être dû aussi à l'élevage et au mode d'irrigation gravitaire où les sources des hammams B2, B4 et B5 sont des puits [75].

V.4.2.Présentation des analyses hydro-chimiques :

La présentation, des données d'analyse des eaux des hammams étudiés sur le diagramme de Piper, indique qu'il n'y a pas une grande diversité (Fig.39). Les eaux des hammams étudiées sont de type chloruré calcique et sulfaté et magnésienne.

Sur le triangle des anions, les eaux du hammam B1 sont sur le pôle chloruré et les eaux du hammam B2 paraissent comme des eaux hyper sulfatées. En revanche, les eaux des hammams B3, B4 et B5 sont sur le pôle sulfatés.

Sur le triangle des cations, les eaux sont sur le pôle d'aucun cation n'est dominant.

Sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff, on constate que les eaux des hammams étudiées sont chlorurées et sulfatées calciques. Plus ou moins magnésien. Les mêmes résultats ont été relevés par la présentation sur le diagramme de Piper.

À travers l'analyse de ce diagramme, il ressort que les cinq lignes des cinq hammams étudiées brisées tendent à s'aligner dans les colonnes de calcium et magnésium. Cela signifie qu'il y a une similitude compositionnelle de calcium et du magnésium entre les différentes eaux analysées.

Le diagramme relève une grande différence de la concentration du chlore entre les eaux analysées. Les eaux du hammam B1 ont une concentration très importante du chlore par rapport des hammams B2, B3, B4 et B5.

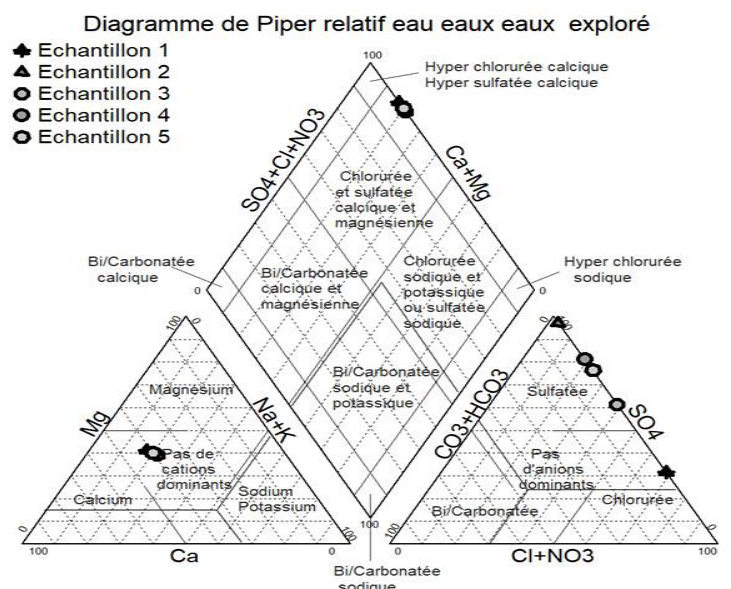


Figure 39 : Représentation des analyses des eaux des hammams de la région de Saida sur un diagramme de Piper.

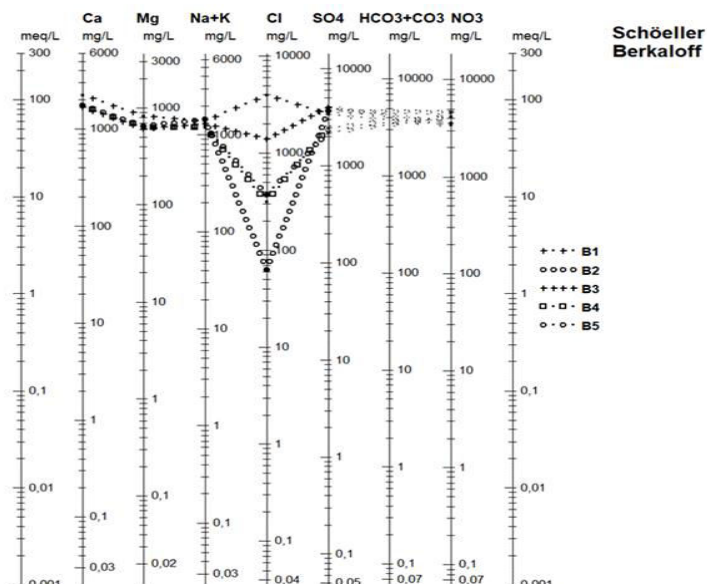


Figure 40 : Représentation des analyses des eaux des hammams de la région de Saida sur un diagramme de Schöeller-Berkaloff.

V.5. Analyse et discussion des résultats d'analyse physico-chimique :

V.5.1. La température :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.41) donne la représentation graphique des températures des résultats d'analyses.

La figure indique que les températures des eaux varient de 40°C à 53°C. La température inférieure est enregistrée pour l'échantillon B3. En revanche, la température supérieure correspond aux eaux du hammam B4.

L'ensemble des valeurs de la température des échantillons est supérieure à la norme retenue [NR]. Il s'avère que les résultats des différents échantillons ne correspondent pas à la norme requise.

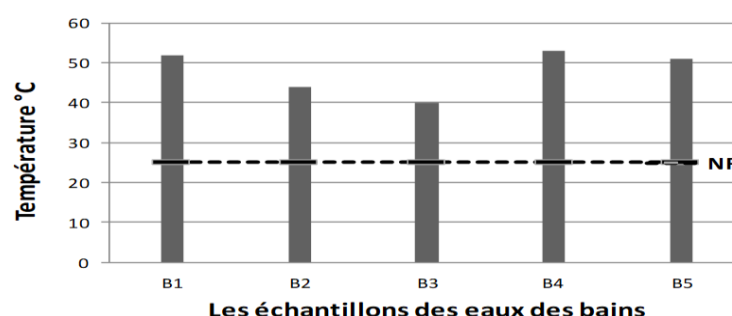


Figure 41 : Température des eaux des hammams explorés.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que la température des échantillons étudiés est supérieure à la température des eaux des bains de la ville Sidi-Bel-Abbès [65], des eaux des hammams thermales de la région de Saida [76] et les eaux du hammam Righa d'Ain Defla [77]. Toutefois, elles sont inférieures aux températures des eaux des hammams de Guelma [78].

Tableau 16 : Comparaison des valeurs de la température avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	40	48	53	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	17.2	22.2	25	[65]
Hammams thermal de Saida	35	43	47	[76]
Hammam Righa Ain Defla	39,6	39,75	39,9	[77]
Emergences thermales de Guelma	50	64.6	88.8	[78]

V.5.2. Le potentiel hydrogène (pH) :

La (Fig.42) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du potentiel hydrogène (pH). Les valeurs du pH des échantillons des eaux des hammams explorés varient entre 7.31 à 7.94. La valeur minimale du pH est celle de l'échantillon du hammam B3. En revanche, le pH maximal correspond aux eaux du hammam B2.

Dans une étude sur l'effet de la santé du pH, un rapport canadien indique que les valeurs du pH supérieures à 11 et inférieures à 4, peuvent donner lieu à des irritations de la peau. Ce type d'eau cause des ambiguïtés cornéennes et peut causer la conjonctivite [57].

D'un autre côté, la figure indique que les résultats du pH des différents échantillons se trouvent conformes aux normes retenue [NR].

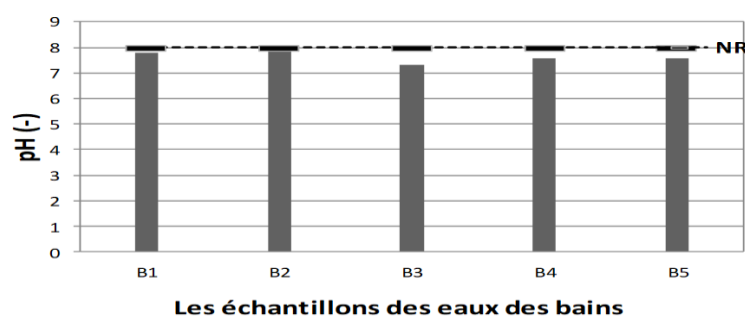


Figure 42 : Le pH des eaux des hammams explorés.

Par comparaison aux résultats des travaux similaires, on relève que les résultats d'analyses du pH des eaux explorés sont globalement supérieurs aux résultats d'analyse des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65], de celles des bains de Kénitra au Maroc [79], des eaux thermales des hammams de Saida [76], des eaux des émergences thermales de Guelma [78] et des eaux de hammam Righa Ain Defla [77].

Tableau 17 : Comparaison des valeurs du pH des eaux des hammams de Saida avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	7.31	7.63	7.94	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	6.3	6.98	7,7	[65]
Bains de Kénitra	6.5	6.95	7.4	[79]
Hammams thermal de Saida	7,01	7.15	7,35	[76]
Emergences thermales de Guelma	6,51	7.08	7,87	[78]
Hammam Righa Ain Defla	7	7,39	7,7	[77]

V.5.3.La conductivité :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.43) donne la représentation graphique des valeurs de la conductivité d'analyses des eaux des hammams de la région de Saida. La figure, indique que les valeurs de la conductivité des eaux varient de 736 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 2050 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur de la conductivité minimale correspond aux eaux du hammam B4. En revanche, la valeur maximale est celle des eaux de B2.

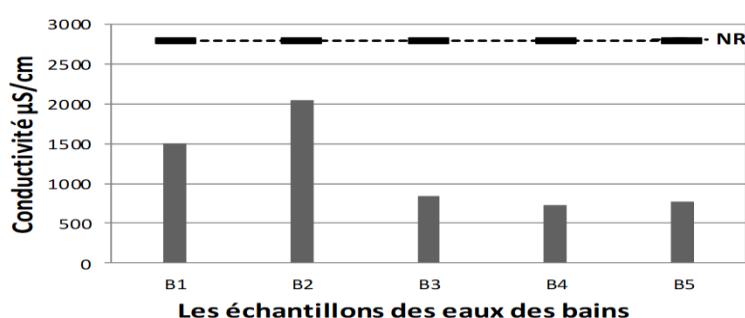


Figure 43 : Conductivité des eaux des hammams explorés.

Par comparaison à la norme retenue [NR], la figure (43) indique que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme.

En considérant des travaux similaires, on relève que les valeurs de la conductivité des échantillons des eaux explorées sont globalement inférieures aux valeurs de la conductivité des eaux des hammams de la ville Sidi-Bel-Abbès [65], de celles des hammams thermale de la région Saida [76], des eaux de hammam Righa à Ain Defla [77] et des eaux des émergences thermale de la ville de Guelma [78].

Seule une seule valeur des hammams de la ville Sidi-Bel-Abbès [65] et une autre des eaux des émergences thermale de Guelma [78] se trouvent inférieurs aux résultats obtenus pour les hammams explorés.

Tableau 18 : Comparaison des valeurs de la conductivité des eaux des hammams explorés avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	736	1181.2	2050	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	400	2409	3600	[65]
Hammams thermal de Saida	2300	2726	3530	[76]
Emergences thermale de Guelma	1250	2010	1640	[78]
Hammam Righa Ain Defla	3150	3236,25	3300	[77]

Par ailleurs, on rappelle que la conductivité est un paramètre d'évaluation de la minéralisation globale de l'eau. Le (Tab.19) donne les indications relatives à la relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.

Tableau 19 : Relation entre la conductivité et la minéralisation[80].

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/l)
Conductivité <100	Très faible
100 < Conductivité < 200	Faible
200 < Conductivité < 333	Moyenne
333 < Conductivité < 666	Moyenne accentuée
666 < Conductivité < 1000	Importante
1000 < Conductivité	Elevée

En référence des données du (Tab.18) et en tenant compte des valeurs de la conductivité électrique des eaux des hammams explorés (Tab.15), on déduit que les eaux des B1 et B2 se caractérisent par une minéralisation élevée. Toutefois, les valeurs de la conductivité du reste des hammams indiquent que leur minéralisation est importante.

V.5.4.La turbidité :

Les résultats, d'analyse relative à la turbidité, des échantillons des eaux des hammams explorés sont présentés sur la (Fig.44). La figure indique que la turbidité des eaux varie de 1.37 NUT à 6.80 NUT. La valeur minimale de la turbidité correspond aux eaux de l'échantillon B4. En revanche, la turbidité maximale est celle des eaux du hammam B3.

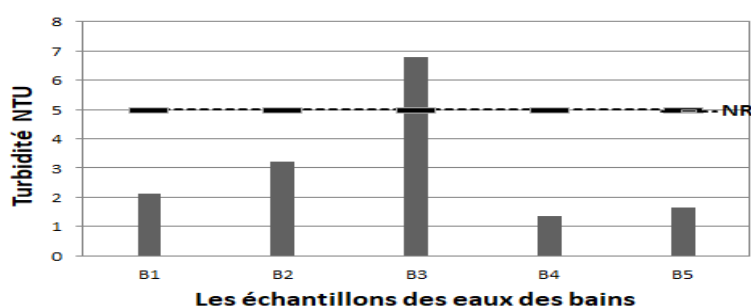


Figure 44 : Turbidité des eaux des hammams explorés.

Une turbidité élevée est due à diverses matières particulières ou colloïdales composées de limon, d'argile. Des composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes peuvent aussi être la cause de la turbidité. Les sources de ces matières sont diverses et variées (rejets industriels, agricoles et urbains). La turbidité influence l'aspect de la clarté des eaux.

Tableau 20 : Classes de turbidité [81].

Turbidité (NUT)	Classement
NTU< 5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

En référence aux données du (Tab.20), on déduit que les eaux des hammams B1, B2, B4 et B5 sont des eaux claires. En revanche et en considérant la valeur de la turbidité des eaux du hammam B3, on peut constater que ses eaux sont légèrement troubles.

La comparaison à la norme [NR], présentée sur la (Fig.45) indique que les valeurs de la conductivité des différents échantillons se trouvent conformes à la norme à l'exception des eaux de l'échantillon B3 dont la valeur de la conductivité est supérieure à la norme retenue.

En considérant des travaux d'analyses similaires relatifs à l'analyse des eaux d'autres hammams, on relève que les valeurs de la turbidité des échantillons des hammams étudiées sont inférieures à celles des eaux de hammam Righa de la région de d'Ain Defla [77] (Tab.21).

Tableau 21 : Comparaison des valeurs de turbidité avec celles des eaux d'autres hammams..

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	1.37	3.03	6.80	Etude actuelle
Hammam Righa Ain Defla	13,1	15	20	[77]

V.5.5.La Salinité :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.45) donne la représentation graphique des résultats d'analyse de la salinité. La figure indique que les valeurs de la salinité des eaux varient de 0.3‰ à 0.6‰. La valeur minimale de la salinité est celle de l'échantillon du hammam B4. En revanche, la valeur maximale correspond aux eaux du hammam B1.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme.

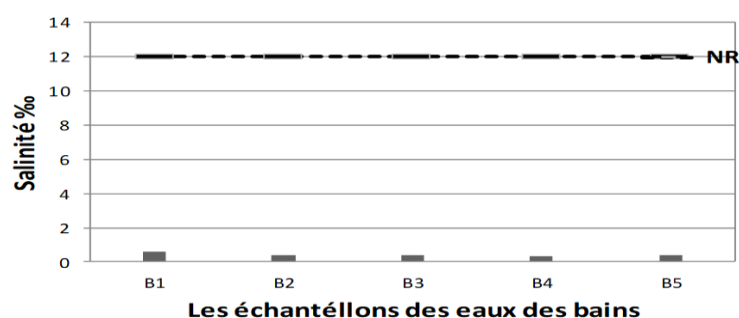


Figure 45 : Salinité des eaux des hammams explorés.

En considérant les résultats des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les valeurs de la salinité des eaux des hammams explorés, sont supérieures à celles des eaux thermales des hammams de la région de Saida (Tab.22).

Tableau 22 : Comparaison des valeurs de la salinité avec les résultats des eaux des hammams de Saida :

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	0.3	0.42	0.6	Etude actuelle
Les hammams de Saida	0.17	0.2	0.26	[76]

V.5.6.La dureté :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.47) donne la représentation graphique des valeurs de la dureté des résultats d'analyses.

La figure indique que la dureté des eaux analysées varie de 208.2 mg/l à 277.7 mg/l. La valeur minimale de la dureté est celle de l'échantillon B3. En revanche, la dureté maximale est celle des eaux du B1.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les valeurs de la dureté des différents échantillons se trouvent supérieures à la norme.

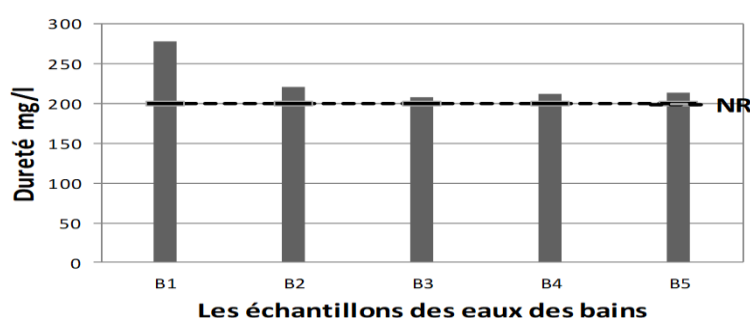


Figure 46 : Dureté des eaux des hammams explorés.

Tableau 23: Comparaison des valeurs de la dureté avec celle des eaux des bains de Sidi Bel Abbès

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	208.2	226.5	277.7	Etude actuelle
Les bains de Sidi-Bel-Abbès	242	613	835	[65]

En référence aux travaux d'analyses similaires relatifs aux eaux d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyse de la dureté des eaux étudiées sont inférieurs à ceux des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65].

V.5.7. Le Résidu sec RS :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.47) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du Résidu sec. La figure indique que la valeur des résidus secs des eaux des hammams varie de 370 mg/l à 1227.54 mg/l. La valeur minimale correspond aux eaux de l'échantillon B4. En revanche, la valeur maximale est associée aux eaux du hammam B2.

Pour évaluer la minéralisation des eaux en fonction du paramètre Résidu sec, nous avons dressé l'approche de classification donnée dans le (Tab.24).

Tableau 24: Relation du résidu sec avec la minéralisation des eaux [82].

Résidu sec RS	Minéralisation
500 mg/l	au faiblement minéralisée.
1000 mg/l < RS < 1500 mg/l	au moyennement minéralisée.
1500 mg/l	au riche en minéraux.

En référence aux données du (Tab.24), on observe que, d'après les résultats des différentes eaux des hammams, les eaux examinées sont riches en minéralisations. Une concentration assez remarquée caractérise particulièrement les eaux des hammams B1 et B2.

Ce constat a été observé auparavant dans l'évaluation de la minéralisation en fonction de la conductivité.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons se trouvent supérieurs à la norme (Fig.47).

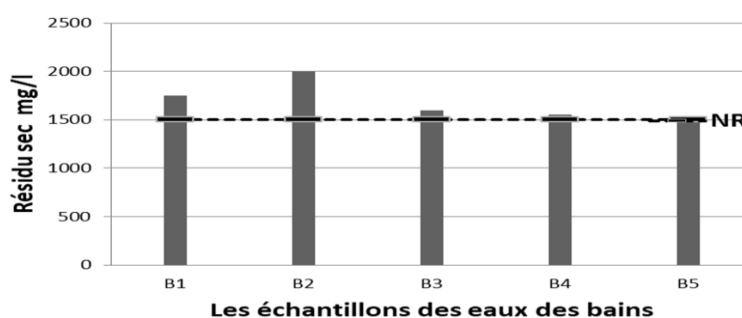


Figure 47 : Variation des valeurs du résidu sec des eaux des hammams explorés.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant les eaux d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyse du résidu sec des eaux étudiées, sont dans le domaine de l'ordre de grandeurs de ceux des eaux thermales des hammams de la région de Saida.

Tableau 25 : Comparaison des valeurs du résidu sec des eaux des hammams explorés avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	1515	1683	2000	Etude actuelle
Les hammams de Saida	1495	1772.3	2294.5	[76]

V.5.8.Le Calcium Ca^{+2} :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, La (Fig.48) donne la représentation graphique des valeurs des résultats d'analyses relatives au calcium Ca^{+2} . La figure indique que la teneur en Calcium des eaux varie de 83.36 mg/l à 111.2 mg/l. La valeur minimale du Calcium est celle de l'échantillon des eaux du hammam B3. En revanche, la valeur maximale correspond à celle des eaux du B1.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que toutes les valeurs des résultats d'analyse du Calcium se trouvent inférieures à la norme.

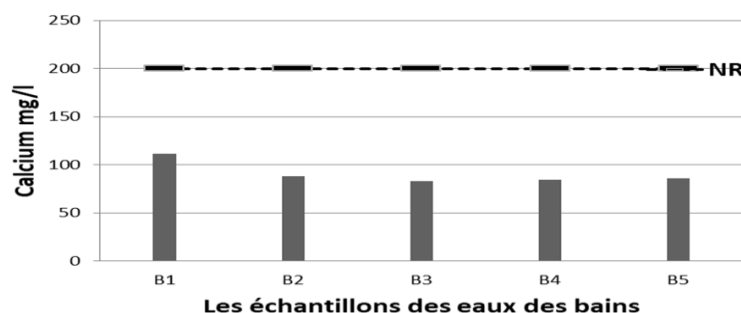


Figure 48 : Teneur de Calcium des eaux des hammams explorés.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant des eaux d'autres hammams, on relève que les valeurs du Calcium des échantillons des eaux étudiées sont inférieures à celles des eaux des bains de la ville Sidi-Bel-Abbès [65]. Ces mêmes valeurs sont également inférieures aux teneurs en Calcium des eaux thermales des hammams de Saida [76], des eaux de hammam Righa d'Ain Defla [77] et les eaux des émergences thermales de Guelma [78].

Tableau 26 : Comparaison des valeurs du Calcium Ca^{+2} avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Les hammams étudiés	83.36	90.19	111.2	Etude actuelle
Les bains de Sidi-Bel-Abbès	89.5	405.9	550	[65]
Les hammams de Saida	165	231	320	[76]
Emergences thermales de Guelma	136	182	212	[78]
Hammam Righa Ain Defla	393	403	412	[77]

V.5.9.Le Magnésium Mg^{+2} :

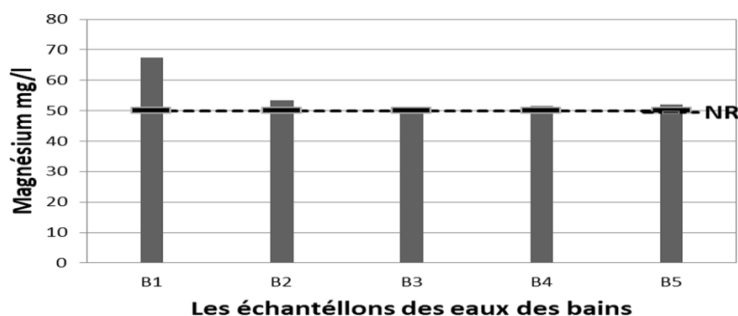


Figure 49 : Magnésium des eaux des hammams explorés.

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.49) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du Magnésium Mg^{+2} . La figure indique que la

teneur en magnésium des eaux varie entre 50.55 mg/l et 67.43 mg/l. La teneur en magnésium minimale correspond aux eaux du hammam B3. En revanche, la valeur maximale est celle du hammam B1.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les valeurs des résultats des différents Echantillons dépassent toutes la valeur de norme retenue.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les teneurs en magnésium des échantillons étudiées sont inférieures aux teneurs en magnésium des eaux bains de la ville Sidi-Bel-Abbès [65]. Les mêmes valeurs sont globalement inférieures à certaines valeurs caractéristiques de la teneur en magnésium des hammams thermales de Saida [76], des eaux de hammam Righa Ain Defla [77] et celle des émergences thermales de Guelma [78] (Tab.27).

Tableau 27 : Comparaison des valeurs Magnésium avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Les hammams étudiés	50.55	54.98	67.43	Etude actuelle
Les bains de Sidi-Bel-Abbès	109	203.3	299	[65]
Les hammams de Saida	40	61.93	105	[76]
Emergences thermales de Guelma	45	70	851	[78]
Hammam Righa Ain Defla	51,17	57,07	65 ,4	[77]

V.5.10.Le Sodium Na^+ :

Les valeurs d'analyses relatives au Sodium Na^+ des eaux des hammams explorés sont représentées sur la (Fig.50). La figure indique que la teneur en sodium des eaux varie de 47mg/l à 52 mg/l. La valeur minimale du sodium est celle de l'échantillon B4. En revanche, la valeur maximale du sodium est celle des eaux du hammam B2.

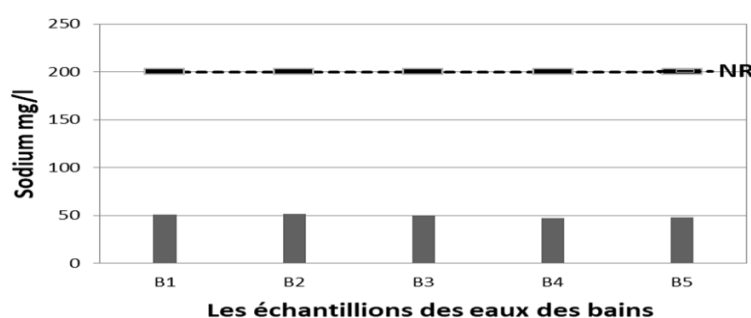


Figure 50 : Le Sodium des eaux des hammams explorés.

Par comparaison à la norme retenue NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous aux normes considérées.

Tableau 28 : Comparaison des valeurs du Sodium avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Les hammams étudiés	47	39.99	52	Etude actuelle
Les bains de Sidi-Bel-Abbès	9,6	83	180,2	[65]
Emergences thermales de Guelma	118	136.5	163	[78]
Hammam Righa Ain Defla	160	170,87	181	[77]

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que la teneur en sodium des échantillons étudiés est inférieure à celle des eaux bains de la ville Sidi-Bel-Abbès [65]. Elle est également inférieure à celle des eaux de hammam Righa Ain Defla [77] et les eaux d'émergences thermales de Guelma [78].

V.5.11. Le Potassium K^+ :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.51) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du Potassium K^+ . La figure indique que la teneur en Potassium des eaux explorées varie de 3 mg/l à 6 mg/l. La teneur minimale en Potassium correspond aux eaux du hammam B4 et B5. En revanche, la valeur maximale du Potassium est celle du hammam B2.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme considérée.

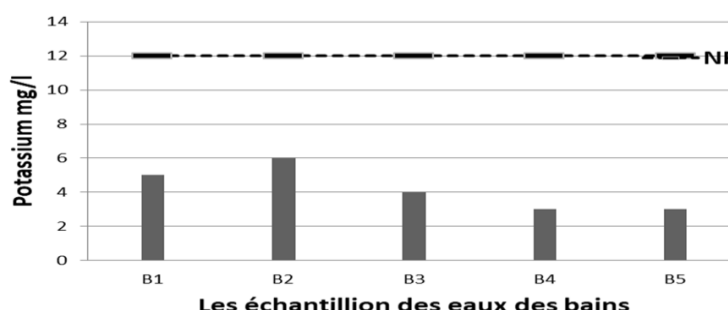


Figure 51 : Le Potassium des eaux des hammams explorés.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les teneurs de Potassium des eaux étudiées sont inférieures à celles des teneurs en Potassium des eaux des bains de la ville Sidi-Bel-Abbès [65]. Elles sont également inférieures aux teneurs des eaux du hammam Righa Ain Defla [77] et celles des eaux des émergences thermales de Guelma [78].

Tableau 29 : Comparaison des valeurs du Potassium avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	3	4.6	6	Etude actuelle
Les bains de Sidi-Bel-Abbès	0.5	5.6	18.6	[65]
Emergences thermales de Guelma	10	22.25	35	[78]
Hammam Righa Ain Defla	9,4	10	10,5	[77]

V.5.12. Le Chlore Cl^- :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.52) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du Chlore Cl^- . La figure indique que la teneur en chlore des eaux varie de 1.75 mg/l à 111.1 mg/l. La valeur minimale du chlore correspond aux eaux du hammam B2. En revanche, la teneur maximale du chlore est celle du hammam B1.

Par comparaison à la norme retenue NR], il s'avère que les résultats des échantillons ne répondent pas aux normes considéré, sauf l'échantillon B2.

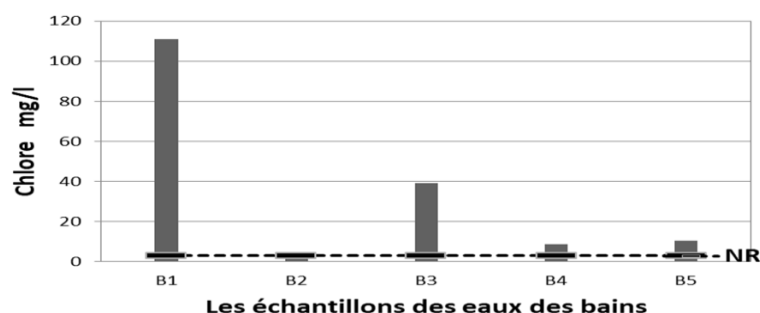


Figure 52 : Le Chlore des eaux des hammams explorés.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses du chlore des eaux explorées sont globalement inférieurs aux résultats d'analyse des bains de Sidi-Bel-Abbès [65]. Le même constat est observé par comparaison aux eaux des bains de Kénitra Maroc [79], des hammams thermaux de Saida [76], des émergences thermales de Guelma [78] et celles du hammam Righa Ain Defla [77].

Tableau 30 : Comparaison des valeurs du Chlore avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	1.75	34.17	111.1	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	104	241.9	425	[65]
Bains de Kénitra	28	44.5	65	[79]
Les hammams de Saida	410	463.2	560.9	[76]
Emergences thermales de Guelma	115	299.38	390,52	[78]
Hammam Righa Ain Defla	312	349.5	377	[77]

V.5.13.Le Phosphore P⁻ :

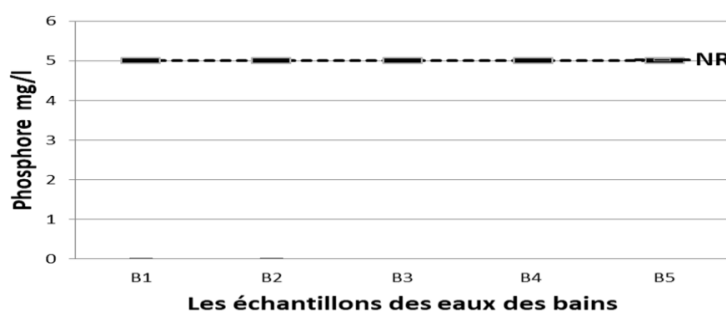


Figure 53 : Le Phosphore des eaux des hammams explorés.

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la (Fig.53) donne la représentation graphique des résultats d'analyses du phosphore. La figure indique que les valeurs du Phosphore pour les eaux examinées varient de 0.022 mg/l à 0.026 mg/l. La valeur minimale est celle de l'échantillon B4 et B5. En revanche, la valeur maximale correspond aux eaux du hammam B2.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous aux normes considérées.

V.5.14. Les Phosphates PO_4^{-3} :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, la teneur des Phosphates des eaux varie de 0.0673 mg/l à 0.0795 mg/l. La valeur minimale est celle de l'échantillon B4 et B5. En revanche, la valeur maximale est celle des eaux du hammam B2.

Par comparaison à la norme retenue [NR]. Il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme considérée.

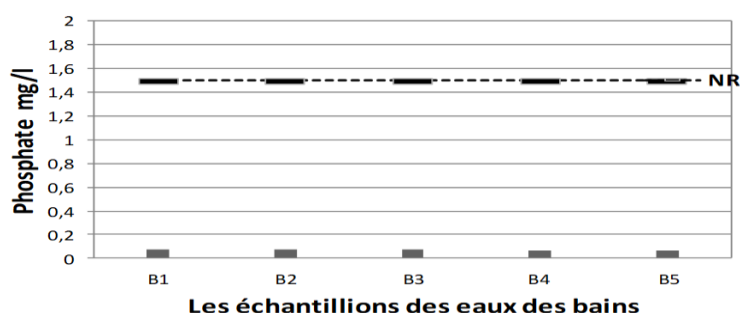


Figure 54 : Les Phosphates des eaux des hammams explorés.

En considérant les travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses du Phosphates des eaux explorées sont inférieurs aux résultats d'analyse des bains de Sidi-Bel-Abbès [65] et du hammam Righa d'Ain Defla [77].

Tableau 31 : Comparaison des valeurs des Phosphates avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	0.0673	0.072	0.0795	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	0,2	0.6	1,72	[65]
Hammam Righa Ain Defla	0,072	0,145	0,297	[77]

V.5.15. Les Sulfates SO_4^{-2} :

La (Fig.55) donne la représentation graphique des résultats d'analyses des sulfates des eaux des hammams explorés. La figure indique que les valeurs du sulfate des eaux examinées varient entre 45.70 mg/l et 83.36 mg/l. La valeur minimale correspond à la teneur en sulfates des eaux du hammam B5. En revanche, la valeur maximale est celle des eaux du hammam B3.

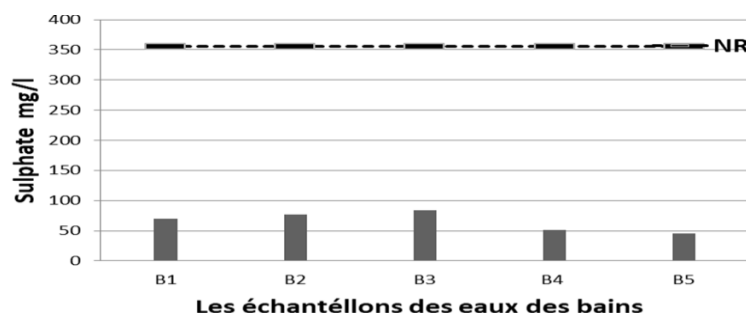


Figure 55 : Les sulfates des eaux des hammams explorés.

Par comparaison à la norme retenue [NR]. Il s'avère que les résultats relatifs aux teneurs des sulfates des différentes eaux répondent toutes aux normes considérées.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses du sulfate des eaux explorées sont inférieurs aux résultats d'analyse des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65], de celles des hammams thermales de Saida [76] des émergences thermales de Guelma [78] et de celles de hammam Righa d'Ain Defla [77].

Tableau 32 : Comparaison des valeurs des Sulfates avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	45.7	68.25	83.36	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	130	241.9	240.4	[65]
Les hammams de Saida	418.9	602.92	870	[76]
Emergences thermales de Guelma	363	422,91	532	[78]
Hammam Righa Ain Defla	1005	1014.62	1027	[77]

V.5.16. Les Nitrates NO_3^- :

La (Fig.56) donne la représentation graphique des résultats d'analyses relatifs au nitrates des eaux des hammams explorés. De la figure, on relève que les valeurs des teneurs en nitrates dans les eaux examinées varient entre 55.2 mg/l et 73.98 mg/l. La valeur minimale correspond à la teneur en nitrates des eaux du hammam B1. En revanche, la valeur maximale est celle des eaux du hammam B2.

Par comparaison à la norme indicatrice de la qualité des eaux [NR], ils s'avèrent que les résultats des différents échantillons ne pas répondent à la norme considérée.

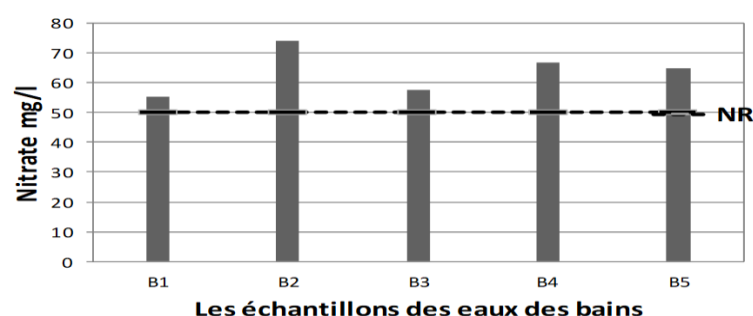


Figure 56 : Les Nitrates des eaux des hammams explorés.

Les Nitrates sont présents dans le sol et à l'état naturel, comme résidus de la vie des végétaux, des animaux et des hommes. Cependant, la pollution des eaux par les nitrates est principalement due à son apport en forte concentration sous forme d'engrais (lisiers, engrais minéraux).

Les Nitrates peuvent se transformer en nitrites, qui sont la cause de réduction des capacités d'oxygénation des tissus.

Les Nitrates peuvent également être à l'origine de la formation de nitrosamines (par réaction entre les dérivés de nitrites et certains acides aminés). Les nitrosamines se sont révélées cancérigènes chez certaines espèces animales. Le risque cancérigène chez l'homme reste à discuter. Les résultats des différentes études épidémiologiques ne sont pas concordants à ce sujet [83]. Certaines études relèvent que les Nitrates peuvent entraîner divers trouble de la santé comme le cancer gastrique [59].

En considérant les travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses des Nitrates des eaux explorées sont supérieurs aux résultats d'analyse des bains de Sidi-Bel-Abbès [65].

Tableau 33 : Comparaison des valeurs du Nitrate avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	55.2	63.5	73.98	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	17.5	38.98	68	[65]

V.5.17. Les Nitrites NO_2^- :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les valeurs des Nitrites des eaux varient de 0 mg/l à 0.008 mg/l. La valeur minimale est celle des eaux des hammams B1, B2, B4 et B5. En revanche, la valeur maximale correspond aux eaux du hammam B3.

Par comparaison à la norme indicatrice de la qualité des eaux [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme considérée.

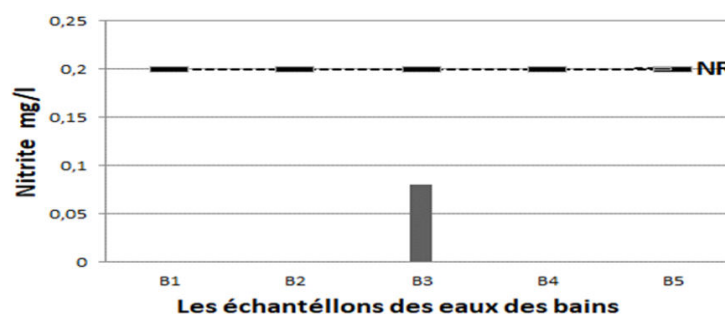


Figure 57 : Les Nitrites des eaux des hammams explorés.

En considérant les travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses des nitrites des eaux explorés sont inférieurs aux résultats d'analyse des bains de Sidi-Bel-Abbès [65].

Tableau 34 : Comparaison des valeurs des Nitrites avec celles des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Valeur min.	Moyenne	Valeur max.	Références
Hammams étudiés	0	0.0016	0.008	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	0	0.035	0.07	[65]

V.6.Résultats bactériologiques :

Tableau 35 : Indicateurs de qualité bactériologique des eaux des hammams explorés.

Paramètres	Unités	Bains maures					Norme retenu	Réf.
		B1	B2	B3	B4	B5		
Germes totaux à 22°C	UFC/100ml	00	32000	00	00	00	-	-
Germes totaux à 37°C	UFC/100ml	00	53000	00	00	00	-	-
Coliformes totaux	UFC/100ml	Abs	34000	Abs	Abs	Abs	500	[4]
Coliformes fécaux	UFC/100ml	Abs	15000	Abs	Abs	Abs	100	[4]
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	Abs	2500	Abs	Abs	Abs	<30	[5]
Clostridium sulfitoréducteurs	UFC/20ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0	[3]
Pseudomonas. Aérogénosa	UFC/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	<1	[5]
Escherichia coli	UFC/100ml	Abs	30000	Abs	Abs	Abs	0	[3]
Entérocoques	UFC/100ml	Abs	1000	Abs	Abs	Abs	0	[3]

Les résultats de l'analyse bactériologiques de ce travail sont présentés dans le (Tab.35). On relève de ces résultats, que les eaux des hammams B1, B3, B4 et B5 ne présentent aucune pollution bactériologique. Du point de vue sanitaire, ils peuvent être considérés comme étant propres. Pour les eaux de ces hammams, aucune incidence bactériologique sur leur qualité n'est donc observée.

En revanche, les mêmes résultats du tableau, révèlent que les eaux du hammam B2 présentent des germes du types coliformes totaux (34000/100ml) et les coliformes fécaux (15000/100ml). Aussi, on note l'identification d'Escherichia coli, des entérocoques et des traces de streptocoques fécaux (2500/100ml).

Le Hammam B2 dispose d'un approvisionnement mixte des eaux. Il est alimenté du réseau public dont la source n'est que le (château d'eau de Dar El Baida) et d'un forage privé réalisé au sein même de la bâtisse du hammam. Au vu des résultats de l'analyse bactériologique du hammam B1 et qui est alimenté du même réseau public, nous excluons la contamination du réseau urbain étant donné que les eaux du Hammam B1 ne présentent aucune pollution. Ce constat exclut à fortiori la supposition de la pollution de la source (château d'eau de Dar El Baida).

La recherche des raisons de la pollution bactériologique du hammam B2, nous a conduits à cerner le problème dans l'environnement immédiat du Hammam B2. La bâtisse de ce dernier se trouve dans la partie base au nord de la ville de Saida. Sa localisation, dans un point culminant qui abrite la principale conduite des rejets d'une grande partie de la ville, laisse penser que le système d'isolation entre cette conduite et le puits du hammam qui se trouve dans l'immédiat est défaillant (perméabilité entre les deux systèmes). Il pourrait y avoir donc des échanges entre le flux de la conduite du rejet et les eaux du puits.

V.7.Analyse et discussion des résultats d'analyses bactériologiques :

V.7.1.Germes totaux à 22°C :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses relatifs aux germes totaux à 22°, sont nuls (0/100 ml) dans les hammams B1, B3, B4 et B5. Toutefois, on a

enregistré pour le hammam B2 la valeur de 32000/100 ml. La valeur guide pour ce type de germes dans les normes indicatrices de qualité de l'eau est absente.

Tableau 36 : Comparaison des résultats d'analyses des germes totaux à 22° des eaux explorées avec les eaux d'autres hammams :

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/100ml	0	32000	-	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	UFC/100ml	0	Incompt.	-	[65]
Emergences thermales de Guelma	UFC/100ml	1	9	-	[78]
Hammam Righa Ain Defla	UFC/100ml	1	65	-	[77]

Note : Incompt : incompatibles.

En considérant les travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses des germes totaux à 22°C des eaux du hammam B2 sont très supérieurs aux résultats des eaux des émergences thermales de Guelma [78] et celles de hammam Righa d'Ain Defla [77]. Toutefois ces mêmes résultats se trouvent relativement inférieurs à ceux de l'analyse des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65]. En revanche, les mêmes résultats indiquent que la qualité des eaux des hammams B1, B3, B4 et B5 ; est incontestablement la meilleure; (Tab.36).

V.7.2.Germes totaux à 37°C :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses relatifs aux germes totaux à 37°C, sont nuls (0/100 ml) dans les hammams B1, B3, B4 et B5. Toutefois, on a enregistré pour le hammam B2 la valeur de 53000/100 ml. La valeur de guide des germes totaux à 37°C dans les normes indicatrices de qualité de l'eau est absente.

En considérant les travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses des germes totaux à 37°C des eaux du hammam B2 sont très supérieurs aux résultats des eaux des émergences thermales de Guelma [78] et celles du hammam Righa d'Ain Defla [77]. Toutefois ces mêmes résultats se trouvent relativement inférieurs à ceux de l'analyse des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65]. En revanche, les mêmes résultats indiquent que la qualité des eaux des hammams B1, B3, B4 et B5 ; est incontestablement la meilleure (Tab.37).

Tableau 37 : Comparaison des résultats d'analyses des germes totaux à 37° des eaux explorées avec des eaux d'autres hammams :

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/100ml	0	53000	-	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	UFC/100ml	0	Incompt.	-	[65]
Emergences thermales de Guelma	UFC/100ml	1	14	-	[78]
Hammam Righa Ain Defla	UFC/100ml	0	51	-	[77]

Note : Incompt. : Incompatible.

V.7.3.Coliformes totaux :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses relatifs aux coliformes totaux sont nuls (0/100 ml) dans les hammams B1, B3, B4 et B5. Toutefois, on a enregistré pour le hammam B2 la valeur de 34000/ 100 ml.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats relatifs aux coliformes totaux des différents échantillons à l'exception de ceux des eaux du hammam B2, répondent tous à la norme considérée.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autre hammams, on relève que les résultats d'analyses des coliformes totaux des eaux des hammams B1, B3, B4 et B5 sont de meilleurs qualité et leur teneur en coliformes totaux qui est nulle, se trouve largement inférieur aux teneurs en coliformes totaux des eaux des bains de Kénitra [79] de celles des émergences thermales de Guelma [78] et de celles de hammam Righa d'Ain Defla [77]. Toutefois, le résultat enregistré pour le hammam B2 est largement supérieur aux résultats des eaux des hammams précités (Tab.38).

Tableau 38 : Comparaison des résultats d'analyses des coliformes totaux des eaux explorées avec des eaux d'autres hammams.

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/100ml	0	34000	500	Etude actuelle
Bains de Kénitra	UFC/100ml	3.43	528,85	500	[79]
Emergences thermales de Guelma	UFC/100ml	1	43	500	[78]
Hammam Righa Ain Defla	UFC/100ml	4	33	500	[77]

Note : Incompt. : Incompatible.

V.7.4.Coliformes fécaux :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses des coliformes fécaux sont nuls (0/100) dans les hammams B1, B3, B4 et B5. Toutefois, on a enregistré pour les eaux du hammam B2 la valeur de 15000/ 100 ml.

Par comparaison à la norme retenue [NR], il s'avère que les résultats relatifs aux coliformes fécaux des différents échantillons des eaux examinées à l'exception de celles du hammam B2, répondent tous à la norme considérée.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autre hammams, on relève que les résultats d'analyses des coliformes fécaux des eaux des hammams B1, B3, B4 et B5 sont inférieurs aux résultats des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [65], des résultats d'analyse des bains de Kénitra [79]et ceux des eaux des émergences thermales de Guelma [78]. Par contre, les mêmes résultats indiquent que les hammams B1, B3, B4 et B5 ont la même qualité que celle des eaux du hammam Righa d'Ain Defla [77]. En revanche, les mêmes résultats indiquent que la qualité des eaux des hammams B2 est incontestablement très médiocre, (Tab.39).

Tableau 39 : Comparaison des résultats d'analyses relatives aux coliformes fécaux des eaux explorées avec celles d'autres hammams:

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/100ml	0	15000	100	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	UFC/100ml	0	10	100	[65]
Bains de Kénitra	UFC/100ml	1	385,42	100	[79]
Emergences thermales de Guelma	UFC/100ml	1	17	100	[78]
Hammam Righa Ain Defla	UFC/100ml	0	0	100	[77]

V.7.5.Clostridium sulfitoréducteurs :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses des Clostridium sulfitoréducteurs sont nuls (0/100 ml).

Par comparaison à la norme retenue [NR], dont la valeur est nulle en unité (UFC/100ml), il s'avère que les résultats des différents échantillons répondent tous à la norme considérée.

En référence aux travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses relatifs aux Clostridium sulfitoréducteurs des eaux explorés sont inférieurs aux résultats des bains de Sidi-Bel-Abbès [65] et ceux des émergences thermales de Guelma [78]. En revanche, les résultats des eaux explorées indiquent la même qualité en matière de Clostridium sulfitoréducteurs que celle des eaux de hammam Righa d'Ain Defla [77]; (Tab.40).

Tableau 40 : Comparaison des résultats d'analyses relatives aux Clostridium sulfitoréducteurs des eaux explorées avec celles d'autres hammams.

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/20 ml	0	0	0	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	UFC/20 ml	0	2	0	[65]
Emergences thermales de Guelma	UFC/20 ml	0	32	0	[78]
Hammam Righa Ain Defla	UFC/20 ml	0	0	0	[77]

V.7.6.Pseudomonas aeruginosa :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses des Pseudomonas aeruginosa sont nuls (0/100 ml).

Par comparaison à la norme tenue [NR], il s'avère que les résultats des différents échantillons examinés répondent tous à la norme considérée.

En considérant des travaux d'analyses similaires concernant d'autres hammams, on relève que les résultats d'analyses relatifs à la Pseudomonas aeruginosa, des eaux explorées sont inférieurs à ceux des eaux des bains de Sidi-Bel-Abbès [1] et ceux des bains de Kénitra [13]. En revanche ; les eaux des hammams de la région de Saida ont la même qualité en matière de germes de Pseudomonas aeruginosa que celle du hammam Righa Ain Defla [10] ; (tableau 41).

Tableau 41 : Comparaison des résultats d'analyses des Pseudomonas aeruginosa des eaux explorées avec celles d'autres hammams.

Echantillons	Unités	Valeur min.	Valeur max.	Valeur guide	Références
Hammams étudiés	UFC/100ml	0	0	< 1	Etude actuelle
Bains de Sidi-Bel-Abbès	UFC/100ml	0	2	< 1	[65]
Bains de Kénitra	UFC/100ml	0	1955	< 1	[79]
Hammam Righa d'Ain Defla	UFC/100ml	0	0	< 1	[77]

V.7.7.Escherichia Coli :

Pour l'ensemble des échantillons des eaux des hammams explorés, les résultats d'analyses relatives à l'Escherichia Coli sont nuls (0/100 ml) dans les hammams B1, B3, B4 et B5. Toutefois, le comptage de l'Escherichia Coli enregistre pour le hammam B2, la valeur de 30000/100 ml. Cette valeur confirme la contamination des eaux du hammam B2 et la médiocrité de ses eaux.

Par comparaison à la norme retenue [NR] dont la valeur est nulle en unité (UFC/100ml), il s'avère que les résultats des différents échantillons explorés répondent tous à la norme considérée, sauf

l'échantillon des eaux du hammam B2 dont les résultats confirment leur contamination par l'Escherichia Coli.

V.7.8.Les Entérocoques :

Comme pour les autres germes, l'analyse bactériologique réalisée dans le cadre du présent travail a révélé que les résultats d'analyses relatives aux entérocoques pour les hammams B1, B3, B4 et B5 sont nuls (0/100 ml). Les eaux de ces hammams sont de meilleures qualités. Toutefois, on a enregistré pour le hammam B2 une teneur en entérocoques de 1000/100 ml.

Par comparaison à la norme retenue [NR] dont la valeur est nulle en unité (UFC/100ml), il s'avère que les résultats des différentes eaux des hammams explorés répondent tous à la norme considérée, à l'exception des eaux du hammam B2 qui se caractérisent par une pollution bactériologique avérée.

V.8.Classement des eaux des hammams :

V.8.1.Principes et approches de classification des eaux des hammams :

Pour la classification des eaux des hammams, nous nous sommes inspirés de celles qui sont établis pour les eaux de baignades. L'approche ainsi proposée se justifie par la similarité qui existe entre les eaux de baignades et les eaux des hammams.

Dans ce cadre, notre attention s'est fixée sur trois approches de classification :

1. L'approche européenne. Cette approche a fait l'objet d'une directive du Conseil européen. La directive a comme l'intitulé "Eaux de baignade" porte les références : Directive 2006/7/CE [84].

2. L'approche du programme des nations unies pour l'environnement / plan d'action pour la Méditerranée. Cette approche intitulée : Critères et normes de qualité des eaux de baignade en méditerranée forme les lignes directrices méditerranéennes pour les eaux de baignade. Elle a été établie sur la base des directives OMS "pour la sécurité des eaux récréatives" (2003) et celle du Conseil européen "Eaux de baignade" (2006). La proposition a été faite dans le but de fournir des critères et des normes actualisées qui peuvent être utilisés dans les pays méditerranéens [85].

3. La troisième approche est la plus récente. Elle est associée à un protocole de contrôle de la qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé. L'approche québécoise est intitulée [la qualité de l'eau et les usages récréatifs]. Cette approche comporte un système de classification qui semble plus sécuritaire.

Ce système de classification est décrit sur le site Web du Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques du gouvernement québécois. Repéré à :

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/recreative/qualite.htm>

Les trois approches se basent sur le comptage des germes microbiologiques.

Ainsi, l'approche européenne propose en fonction du comptage des germes des Entérocoques et de l'Escherichia quatre catégories de classification (excellente, bonne qualité et qualité suffisante) (tableau 42).

Tableau 42 : Guide de classification des eaux de baignade selon la directive 2006/7/CE [84]

Eaux intérieures				
Paramètres	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Méthodes de référence pour l'analyse
Entérocoques intestinaux (UFC/100 ml)	200	400	330	ISO 7899-1 ou ISO 7899-2
Escherichia coli (UFC/100 ml)	500	1 000	900	ISO 9308-3 ou ISO 9308-1
Eaux côtières et les eaux de transition				
Paramètres	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Méthodes de référence pour l'analyse
Entérocoques intestinaux (UFC/100 ml)	100	200	185	ISO 7899-1 ou ISO 7899-2
Escherichia coli (UFC/100 ml)	250	500	500	ISO 9308-3 ou ISO 9308-1

L'approche du plan d'action méditerranéenne propose comme système de classification une évaluation basée sur uniquement la teneur en germes Entérocoques. Le système propose quatre catégories de classification (excellente, bonne qualité, qualité suffisante et qualité insuffisante) (tableau 43).

Tableau 43 : Guide de classification des eaux de baignade selon le plan d'action méditerranéenne [85].

Catégories / unités	A / (UFC/100 ml)	B / (UFC/100 ml)	C / (UFC/100 ml)	D / (UFC/100 ml)
Teneurs en Entérocoques	< 100	101-200	200	> 200
Qualité des eaux	Excellente Qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Qualité insuffisante

L'approche Québécoise semble plus préventive. Elle mise sur l'évaluation la plus sensible, puisqu'elle considère comme critère d'évaluation la présence ou non des germes les plus répandus : à savoir coliformes fécaux.

En effet, d'après les informations portées sur le site, Le Ministère Québécois propose un système de classification de cinq catégories (excellente, bonne qualité, médiocre, mauvais et très mauvais). La teneur en coliformes fécaux est le seul paramètre retenu comme indicateur de qualité pour la classification des eaux à usages récréatifs (Tab.44).

Tableau 44 : Guide de classification des eaux à usages récréatifs selon le gouvernement Québécois [86]

Qualité de l'eau	Coliformes fécaux /100 millilitres	Explications
Excellente	0-20	Tous les usages récréatifs permis
Bonne	21-100	Tous les usages récréatifs permis
Médiocre	101-200	Tous les usages récréatifs permis
Mauvaise	Plus de 200	Baignade avec l'eau compromis
Très mauvaise	Plus de 1000	Tous les usages récréatifs compromis

L'utilisation du critère de la présence des germes de coliformes fécaux, comme paramètre de classification des eaux à usages récréatifs, est jugée par les experts Québécois comme indicateur préventif pour une meilleure sécurité sanitaire. Les coliformes fécaux sont des bactéries qui vivent naturellement dans l'intestin des animaux à sang chaud, soit les oiseaux et les mammifères. Leur présence dans un environnement d'eau indique donc nécessairement une contamination par les matières fécales et les microbes qui y sont associés.

V.8.2. Classifications des eaux des hammams et les eaux à usages récréatifs :

Les approches de classification sus citées sont utilisées pour la valorisation des résultats d'analyses des eaux des hammams explorés. Les différentes approches de classifications présentent également à titre de comparaison et indicatif et selon la disponibilité des paramètres demandés dans les systèmes de classification, les résultats des eaux d'autres hammams et les eaux de quelques sources notamment celles qui sont à usages réactifs.

Dans le (Tab.45), est présentée la classification établie en référence de la directive du Conseil européen [84]. Cette classification met en valeur la qualité des eaux des hammams et des sources notamment celles qui se caractérisent par l'absence des germes des Entérocoques intestinaux et de l'Escherichia coli ou à défaut de faibles valeurs de leur comptage.

En revanche, le caractère de pollution est clairement posé à la fois pour les eaux du hammam B2 et une des sources de la région de Souk Ahras H4.

Tableau 45 : Classification, en référence de la directive du Conseil européen, de la qualité des eaux des hammams explorés et celles de similaires aspects [84].

Références	Régions	Hammam / Source	Teneur en (UFC/100 ml)			
			200/500	400/1000	330/900	> 1000
			Qualité			
			Excellente	Bonne	suffisante	Hors classement
Etude actuelle	Saida	B1, B3, B4, B5	0			
		B2				1000
[87]	Souk Ahras	H1, H2	9			
		H3	11			
		H4				1100

Le même constat peut être décrit à travers l'examen de la classification de l'approche de plan d'action méditerranée [85]. Les résultats relatifs à cette classification sont présentés dans le (Tab.46).

Tableau 46 : Classification, en référence du Guide de qualification des eaux à usages récréatifs selon le plan d'action méditerranée, de la qualité des eaux des hammams explorés et celles de similaires aspects [85].

Références	Régions	Hammam / Source	Teneur en Entérocoques (UFC/100 ml)			
			< 100	101-200	200	> 200
			Qualité			
			Excellente	Bonne	suffisante	Insuffisante
Etude actuelle	Saida	B1, B3, B4, B5	0			
		B2				1000
[87]	Souk Ahras	H1, H2	9			
		H3	11			
		H4				1100

Contrairement au cas des deux approches précédemment examinées, la disponibilité des résultats relatifs au comptage des germes Coliformes fécaux qui sont utilisés comme paramètre de base de l'approche de classification utilisée au Québec a permis d'avoir plus de visibilité en matière de

comparaison avec un large éventail des eaux d'autres hammams et également des eaux à usages réactifs.

Dans le (Tab.47), est présentée la classification de l'approche Québécoise. Rappelons que cette classification se base sur la teneur des coliformes fécaux. Ces derniers sont des bactéries qui vivent naturellement dans l'intestin des animaux à sang chaud, soit les oiseaux et les mammifères. Leur présence dans un environnement d'eau indique donc nécessairement une contamination par les matières fécales et les microbes qui y sont associés. Ils sont jugés comme indicateur sensible de la pollution donnant ainsi une assurance aux usagers pour les éventuelles utilisations des eaux examinées.

Tableau 47 : Classification, en référence du Guide de qualification des eaux à usages récréatifs selon le gouvernement Québécois, de la qualité des eaux des hammams explorés et celles de similaire [88] aspects [86]:

Références	Régions	Hammams Sources	Teneurs Coliforme fécaux (UFC/100 ml)				
			0-20	21-100	101-200	> 200	>1000
			Excellente	Bonne	Médiocre	Mauvaise	Très mauvaise
Etude actuelle	Saïda, Algérie	B1, B3, B4, B5	00				15000
[65]	Sidi-Bel-Abbès, Algérie	C1	00				
		C2	08				
		C3	02				
		C4	01				
		C5	10				
[79]	Kénitra, Maroc	D1				900	
		D2					21 740
		D3					15 430
		D4					385 420
		D5					1 620
		D6				890	
		D7					14 550
		D8					12 510
		D9					2 470
[78]	Guelma, Algérie	E	00				
[77]	Ain Defla, Algérie	F	00				
[88]	Sources Saïda	G1, G2		54			
		G3		35			
		G4	05				
[87]	Sources Souk Ahras	H1	01				
		H2, H3	04				
		H4		43			
		H5	15				

Le volume et la diversité des données utilisées dans cette dernière classification ont permis d'observer les possibilités existantes en matière de qualité et de qualifications des eaux.

La présentation de cette classification indique que les eaux comparées sont de qualité diversifiée. Elles varient de l'excellente qualité à la très mauvaise en passant par la bonne et la moins mauvaise.

Au-delà de leur sensibilité envers la sécurité sanitaire, les différentes classifications présentées représentent des systèmes de sécurité importants aussi bien pour les gestionnaires des installations

de ce type d'eau et pour les usagers. Ils donnent aussi une synthèse d'information aux usagers sur la qualité des eaux.

V.9.Conclusion :

L'analyse présentée dans ce chapitre concerne deux aspects inter-indépendants et de grandes importances dans la qualification physico-chimique et bactériologique des eaux des hammams et aussi dans l'encadrement juridique de ces eaux.

Le premier aspect est du ressort de la réglementation. Il concerne aussi bien l'Algérie que l'autre pays du Maghreb. La problématique du manque d'une réglementation sanitaire spécifique et adaptée aux eaux du hammam dans nos pays a été soigneusement posée, discutée et analysée. Une approche provisoire de substitution est proposée. Elle est utilisée comme support de comparaison pour les résultats d'analyse physico-chimique et bactériologiques de la présente étude. Toutefois, la question du traitement de l'encadrement juridique de l'utilisation des eaux des hammams reste éminemment posée et mérite débats et analyse.

Le deuxième aspect évoqué dans ce chapitre, concerne la qualification matérielle des eaux des hammams d'une manière générale et son examen à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des hammams de la région de Saida.

Dans le cadre du traitement de la deuxième question, les analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées ont permis de mettre au-devant la nécessité, l'importance et l'urgence du traitement de la question de l'encadrement sanitaire et juridique des eaux des hammams.

En effet sur le plan de l'évaluation physico-chimique et en tenant compte de l'approche de l'évaluation retenue comme guide provisoire, des imperfections relatives à certains paramètres physico-chimiques ont été relevées. Il s'agit du paramètre de la température, la dureté, le magnésium, le chlore et les nitrates dont les valeurs et teneurs ont enregistré des excès parfois inquiétants. En référence aux normes nationales et internationales des eaux de baignade considérées pour leur similarité d'utilisation, les eaux de certains hammams ne peuvent pas être recommandées.

Sur le plan bactériologique, les analyses ont relevé que les eaux des hammams explorés sont globalement de bonne qualité. L'absence de tous les germes fécaux et autres est observée au niveau des quatre parmi les cinq hammams explorés.

Toutefois, une pollution associée à des contaminations diversifiées caractérise les résultats d'analyse des eaux du hammam B2. L'aspect pollution bactériologique engendré par une contamination extérieure pose les eaux de ce hammam dans les catégories médiocres. Cette pollution est liée à la présence des germes totaux, des coliformes totaux et fécaux, l'*Escherichia coli* et *Entérocoques* dans les eaux examinées.

Le danger de cette pollution bactériologique constitue sans aucun doute une menace sanitaire pour les utilisateurs de ce hammam dont des mesures de surveillance et de traitement sont vivement recommandées.

Conclusion générale :

La présente étude a été menée dans le but de répondre à trois axes de la problématique principale du sujet qui pose la question sanitaire dans le centre des préoccupations des utilisateurs des eaux des hammams. Ces axes d'aspects différents de l'un par rapport à l'autre sont interdépendants du point de vue le sujet traité.

Le premier axe aborde le hammam comme institution et pratique sociale, culturelle qui engendre en elles de l'histoire et de la mémoire. Mémoire qui impose son poids et sa pesanteur dans les pratiques sociales du pays.

Le deuxième axe est développé sous l'angle de la question des risques sanitaires. Question qui a été abordée à travers le contrôle des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux des hammams. Dans le cadre de ce deuxième axe de l'étude, la question du risque sanitaire a été examinée à travers la qualification bactériologique et physico-chimique de l'eau de certains hammams de la région de Saida (ouest de l'Algérie).

En ce qui concerne la qualification physico-chimique, la plupart des eaux analysées ont des teneurs élevés notamment pour les paramètres suivants : la température, la turbidité, la dureté totale, les ions calcium et magnésium, le chlore et les nitrates. Cette pollution chimique est d'origine industrielle, domestique et agricole, et font des eaux examinées qu'elles sont moins recommandées pour le hammam de certains sujets (sujets de maladie chronique, sujets de peau sensible aux produits chimiques, enfants et femmes enceintes).

Quant aux analyses microbiologiques, les résultats ont mis en évidence les soupçons, les doutes et les craintes de la pollution des eaux utilisées pour les hammams. En effet, les résultats d'analyses de certaines eaux prélevées des hammams (bains maures) indiquent pour le cas d'un des hammams explorés, une pollution bactériologique avérée. Malgré que nous n'ayons pas pu identifier avec certitude l'origine de la contamination bactériologique détectée, la pollution est manifestée à travers des valeurs de certains germes qui dépassent largement les normes locales et internationales.

Le hammam concerné est souillé de germes de contamination fécale. Les eaux s'avèrent entachées par un très grand nombre de coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli*, entérocoques et les streptocoques.

Le danger de la pollution chimique et bactériologique constitue sans aucun doute une menace pour les usagers des hammams. Des contrôles microbiologiques réguliers sont nécessaires au niveau de tout le réseau d'alimentation du bain. Aussi, il est important de sensibiliser la population sur le danger d'utiliser les eaux des bains dont les sources sont des puits individuels (privés).

De cette question, découle le troisième volet développé dans le cadre de cette étude. Un volet qui nous semble présenter une priorité première aussi bien pour les pouvoirs publics, les usages des hammams et leurs propriétaires.

Il s'agit de l'encadrement technique et réglementaire des eaux des hammams. Cet encadrement qui assure aux utilisateurs une garantie sanitaire, fait actuellement défaut dans la législation algérienne.

La problématique du manque d'une réglementation sanitaire spécifique et adaptée aux eaux du hammam dans notre pays a été soigneusement posée, discutée et analysée. Une approche provisoire de substitution est préconisée. Elle a été la base de qualification des résultats d'analyse physico-chimique et bactériologiques de la présente étude. Toutefois, la question du traitement de

l'encadrement juridique de l'utilisation des eaux des hammams reste éminemment posée et mérite débats et analyse.

Cette question de grande importance mérite au niveau des responsables débats et résolutions.

Bibliographiques :

- [1] P. Hartemann, "Contamination des eaux en milieu professionnel.," EMC - Toxicol., vol. 1, n°. 2, pp. 63–78, 2004, doi: 10.1016/j.emctp.2003.12.002.
- [2] A. Moussawi, "Les bains Algériens. Du début de l'ère islamique jusqu'à la fin de l'époque des Ottomans.," Université Constantine1. Algérie, Mémoire de Magistère, 1991.
- [3] M. H. Benkheira, "La maison de Satan . Le hammâm en débat dans l'islam médiéval.," Rev. Hist. Relig., vol. 4, no. 4, pp. 391–443, 2003, doi: 10.3406/rhr.2003.922.
- [4] J. Leclercq, Nous autres civilisations., Paperback. Paris: Librairie Arthème Fayard, 1963.
- [5] M. Teghilissia, Le guide des effets du musée de Timgad. Timgad, Algérie: Direction des musées de l'archéologie et sites historique, 1982.
- [6] A. Ballu, Les ruines de Timgad, antique thamugadi : sept années de découvertes ., Neurdein. Paris: Imprimure Edition: Neurdein, 1911.
- [7] C. Courtois, Timgad. Antique Thamugadi. Alger: Imprimerie officielle., 1951.
- [8] S. Gsell, Promenades archeologiques aux environs d'Alger. Paris: Société d'édition: Les Belles lettres, 1926.
- [9] J. Baradez, Tipasa ville antique de mauritanie. Alger: Abraxas-Libris., 1957.
- [10] M. Boughlali, "Thermalisme et thalassothérapie en Algérie.," Alger: Centre de Thalassothérapie Sidi-Fredj., 2003.
- [11] M. Benmenia and A. Marakchi, "Hammam essalihine.," Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, 2016.
- [12] M. Cote, "Encyclopédie berbère hammam Meskoutine.," J. Openedition, n°. 22, pp. 3352–3354, 2000.
- [13] A. Sirenses and K. Mansouri, "Encyclopédie berbère hammam-bou-Hannifa.," J. Openedition, vol. 3, n°. 22, pp. 3345–3349, 2000.
- [14] J. Goff and N. Truong, Une histoire du corps au Moyen Age . Paris: Editions lianalvi, 2003.
- [15] S. Henri, "La kalaa des Beni-Hammad.," J. des Savants, vol. 7, n°. 6, pp. 255–260, 1909.
- [16] D. Girault, Monuments arabes, Séville et Grenade : dessinés et mesurés en 1832 et 1833. Paris: Veith et Hauser, 1939.
- [17] E. Lambert, "L'architecture musulmane: Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne et Sicile.," J. des Savants, vol. 1, n°. 1, pp. 19–34, 1956.
- [18] A. Thomson, "Voyage dans la régence d'Alger.," Dix. Huit. Siecle, vol. 15, n°. 1, pp. 474–475, 1983.
- [19] D. Drioueche, "Un bain à coupes dans une demeure algéroise de l'époque ottomane.," J. Openedition, n°. 63, pp. 83–92, 2014, doi: 10.4000/INSANIYAT.14561.
- [20] E. Hatin, Histoire pittoresque de l'Algérie. Paris: Hatin, 1840.
- [21] S. Boufassa, "Diacronie studi di storia contemporanea architecture des établissements thermaux en Algérie durant le XIX e siècle reflet ethno-centrique du système colonial.," J. openedition, n°. 33, 2018, doi: 10.4000/diacronie.7283.
- [22] A. Khaldi, "Impacte de la sécheresse sur le régime des écoulements souterrains dans les massifs calcaires de l'ouest algérien monts de Tlemcen- Saïda.," Thèse de doctorat, Université Mohamed Boudiaf d'Oran-Algérie, 2005.

- [23] K. Djidi, M. Bakalowicz, and A. M. Benali, "Hydrothermal karstification in a carbonate aquifer: Hydrogeological consequences, The Case Saïda Aquifer System Algeria.," *Comptes Rendus - Geosci.*, vol. 7, n°. 7, pp. 462–473, 2008, doi: 10.1016/j.crte.2008.04.002.
- [24] A. Labani, K. Bemabdeli, and A. Kefifa, "Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune de Ain El Hadjar (Saïda, Algérie),," *Sécheresse montrouge*, vol. 17, n°. 3, pp. 391–398, 2006, doi: 10.1684/sec.2006.0008.
- [25] An°nyme 1, "Rapport de Ministère d'hydraulique.," Alger, Gouvernement Algérien., 2007.
- [26] P. Seltzer, *Le climat de l'Algérie*. Alger: Université d'Alger, imprimerie la Typo-Litho, 1946.
- [27] An°nyme 2, "Rapport de I.T.G.C. Synthèse des données climatiques de la station expérimentale d'Ain-El- Hadjar.," l'institut technique des grandes cultures., Staouali, Alger, Algérie, 1998.
- [28] K. Mederbal, "Compréhension des mécanismes de transformation du tapis végétal : approches phytoécologique par télédétection aérospatiale et dendroécologique de *Pinus halepensis* Mill dans l'ouest Algérie," University Aix-Marseille 3, 1992.
- [29] A. Kettab, "Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision.," *Desalination*, vol. 3, n°. 1–3, pp. 25–33, 2001, doi: 10.1016/S0011-9164(01)00161-8.
- [30] A. Kadi, "La gestion de l'eau en algérie," *J. des Sci. Hydrol.*, vol. 42, n°. 2, pp. 191–197, 1997, doi: 10.1080/02626669709492019.
- [31] W. J. Matthews, "N°rth american prairie streams as systems for ecological study," *J. n°rth Am. Benthol. Soc.*, vol. 7, n°. 4, pp. 387–409, 1988, doi: 10.2307/1467298.
- [32] A. Anthony, S. Elia, B. Judith, and T. Sterling, "Indirect health effects of relative humidity in indoor environments," *Environ. Health Perspect.*, vol. 65, p. 351, 1986, doi: 10.2307/3430203.
- [33] S. Donald, "Experiences with bacteriological monitoring of pool water.," *Infect. Control*, vol. 6, n°. 10, pp. 413–417, 1985, doi: 10.1017/S0195941700063505.
- [34] Y. Jonathan et al., "Surveillance for waterborne-disease outbreaks associated with recreational water.," *MMWR. Morb. Mortal. Wkly. report.*, vol. 53, n°. 8, pp. 1–22, 2004.
- [35] An°nyme 3, *Les faits en eau potable bactéries coliformes-coliformes totaux et E.Coli. Canada: renseignements de la n°ouvelle-écosse intitulées the drop on water.*, 2017, p. 4.
- [36] Y. Salama, M. Chennaoui, M. Mountadar, M. Rihani, and A. Omar, "Evaluation of faecal coliform levels in the discharges.," *African J. Microbiol. Res.*, vol. 8, n°. 2, pp. 178–183, 2014, doi: 10.5897/ajmr2013.6070.
- [37] E. Keith, A. Martin, and R. Eugene, "Comparison of *Escherichia coli*, total coliform, and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency.," *water Environ. Res.*, vol. 71, n°. 3, pp. 332–339, 1999, doi: 10.2175/106143098x121752.
- [38] C. Haas, J. Rose, and G. Charles, *Quantitative microbial risk assessment*. Wiley Blackwell, 2014.
- [39] D. Jones, "Potential health risks associated with the persistence of *Escherichia coli*.,," *soil use Manag.*, vol. 15, n°. 2, pp. 76–83, 1999, doi: 10.1111/j.1475-2743.1999.tb00069.x.
- [40] T. Olivier, D. Skurnik, P. Bertrand, and E. Denamur, "The population genetics of commensal *Escherichia coli*," *Nat. Rev. Microbiol.*, vol. 8, n°. 3, pp. 207–217, 2010, doi: 10.1038/nrmicro2298.
- [41] P. Mariani-Kurkdjian and E. Bingen, "Physiopathologie et virulence des *Escherichia coli* producteurs de shiga-toxines," *Reanimation*, vol. 21, n°. 3, pp. 268–279, 2012, doi: 10.1007/s13546-012-0481-x.

- [42] S. Makvana and L. Krilov, "Escherichia coli infections," *Pediatr. Rev.*, vol. 36, n°. 4, pp. 167–171, 2015, doi: 10.1542/pir.36-4-167.
- [43] K. Ruoff, "Recent taxonomic changes in the genus *Enterococcus*," *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, vol. 9, n°. 2. Springer-Verlag, pp. 75–79, 1990, doi: 10.1007/BF01963630.
- [44] H. Lynn and G. Michael, "Pathogenicity of enterococci," *gram-positive Pathog.*, n°. 48, pp. 299–311, 2014, doi: 10.1128/9781555816513.ch25.
- [45] A. Rutkowski and R. Sjogren, "Streptococcal population profiles as indicators of water quality," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 34, n°. 3, pp. 273–284, 1987, doi: 10.1007/BF00193775.
- [46] A. Pourcher, L. Devriese, J. Hernandez, and J. Delattre, "Enumeration by a miniaturized method of *Escherichia coli*, *Streptococcus bovis* and enterococci as indicators of the origin of faecal pollution of waters," *J. Appl. Bacteriol.*, vol. 70, n°. 6, pp. 525–530, 1991, doi: 10.1111/j.1365-2672.1991.tb02752.x.
- [47] J. Michael and S. Abbott, "Evolving concepts regarding the genus *Aeromonas*: an expanding panorama of species, disease presentations, and unanswered questions," *Clin. Infect. Dis.*, vol. 27, n°. 2, pp. 332–344, 1998, doi: 10.1086/514652.
- [48] E. Caron et al., "Impact of fish oils on the outcomes of a mouse model of acute *Pseudomonas aeruginosa* pulmonary infection," *Br. J. Nutr.*, vol. 113, n°. 2, pp. 191–199, 2015, doi: 10.1017/S0007114514003705.
- [49] A. Morand and J. J. Morand, "*Pseudomonas aeruginosa* en dermatologie," *Ann. Dermatol. Venereol.*, vol. 144, n°. 11, pp. 666–675, 2017, doi: 10.1016/j.annder.2017.06.015.
- [50] L. Rambaud, "Lutte contre la pollution des sites de baignade en eaux douces," *Ecole nationale de la santé publique, Agence de l'eau Loire, Bretagne., Bretagne*, 2004.
- [51] J. Graindorge and E. Landot, *La qualité de l'eau potable, Techniques et Responsabilités*. Territorial Editions, 2007.
- [52] C. Brémaud, J. Thibault, and E. Ulrich, *Environnement, alimentation, santé*., Educagri. Educagri, 2012.
- [53] J. Rodger, "The electric conductivity of pure water," *Nature*, vol. 51, n°. 2, pp. 42–43, 1894, doi: 10.1038/051042a0.
- [54] C. Jean and F. Berné, *Industrial water treatment*. Editions Technips, 1995.
- [55] J. Crowther, D. Kay, and M. Wye, "Relationships between microbial water quality and environmental conditions in coastal recreational waters," *Water Res.*, vol. 35, n°. 17, pp. 4029–4038, 2001, doi: 10.1016/S0043-1354(01)00123-3.
- [56] J. Rodier, *L'analyse de l'eau : eaux naturelles - eaux résiduaires - eau de mer*. Paris, France: Dunod, 2005.
- [57] Anonymous, *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique*. Ottawa (Canada): Bureau de la qualité de l'eau et de l'air : Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs Santé Canada., 2015, p. 48.
- [58] R. SEUX, "Evolution de la pollution apportée par les baigneurs dans les eaux de piscines sous l'action du chlore," *J. Fr. d'hydrologie.*, vol. 19, pp. 151–168, 1997.

- [59] M. Giammarin° and P. Quatto, "Nitrates in drinking water: relation with intensive livestock production.," J. Prev. Med. Hyg., vol. 56, n°. 4, 2015.
- [60] M. Super, H. Heese, D. MacKenzie, W. Dempster, J. Plessis, and J. Ferreira, "An epidemiological study of well water nitrates in a group of south west african, namibian infants.," water Res., vol. 15, n°. 11, pp. 1265–1270, 1981, doi: 10.1016/0043-1354(81)90103-2.
- [61] R. Paul, Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles, épuration, utilisation. Société d'éditions techniques., 1998.
- [62] C. Yang, "Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease.," Stroke, vol. 29, n°. 2, pp. 411–414, 1998, doi: 10.1161/01.STR.29.2.411.
- [63] An°nyme 5, Mode de prélèvement et de conservation des échantillons relatifs à l'application du règlement sur la qualité de l'eau potable. Cnada: Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec., 2004, p. 14.
- [64] E. W. Rice, Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition (W. E. F. : American public health association, American water works association, ed.). Retrieved from <https://www.awwa.org/Store/Product-details/productId/652>. 2017.
- [65] K. Ben°uis, M. Benabderrahmane, D. Harrache-Chettouh, and K. Benabdeli, "Is Turkish bath water potable: The baths of Sidi-Bel-Abbes," Cah. Sante, vol. 18, n°. 2, pp. 63–66, 2008, doi: 10.1684/san.2008.0112.
- [66] An°nyme 6, Décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011, fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations., vol. 34. Algeria: Journal officiel de la republique algérienne n° 34, 2011, pp. 4–6.
- [67] An°nyme 7, Décret exécutif n°11-125 du 22 mars 2011, relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Algeria: Journal officiel de la republique algérienne n°18, 2011, pp. 6–9.
- [68] An°nyme 8, Décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993, définissant la qualité requise des eaux de baignade. Algérie: Journal officiel de la republique algérienne n°46, 1993, pp. 11–12.
- [69] An°nyme 9, Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels. Québec, Canada: Direction de l'eau potable et des eaux souterraines / ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques., 2016, p. 32.
- [70] An°nyme 10, La qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé. Québec, Canada: institut national de santé publique du Québec: Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, 2019, p. 168.
- [71] An°nyme 11, "Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France.," Verneuil-en-Halatte (France), 2018.
- [72] C. Prevedello, "La qualité de l'eau de distribution," Région wallon (Belgique), 2007.
- [73] D. Banas, "Les Phosphatess," p. 7, 2006, doi: 10.1006/jssc.1996.0057.
- [74] C. Galey, M. Corso, and A. Guillet, "Relation entre l'incidence des cancers de la vessie et l'exposition aux sous-produits de la chloration présents dans l'eau du robinet en France," Santé publique France, 2017.
- [75] B. Maticic, "Nitrate pollution prevention.," in water encyclopedia, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [76] M. Chibani and A. Kaddouri, "Actualisation d'étude hydrogéologique et hydrochimique des eaux thermals Saida.," Université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen, 2014.

- [77] M. Amrane and H. Tifour, "Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique es eaux thermales de hammam Righa «Ain Defla»," Université Djilali Bounaama- Ain Defla., 2018.
- [78] C. Derabla and A. Zamouche, "Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique de quelques émergences thermales dans la région de Guelma.," Université 8 mai 1945- Guelma., 2016.
- [79] A. Esmalil et al., "Qualité des eaux de bains maures de kénitra.," Bull. la société Pharm. Bordeaux., vol. 152, n°. 4, pp. 31–40, 2013.
- [80] S. Ahuja, Chemistry and water - 1st edition, the science behind sustaining the world's most crucial resource. Elsevier, 2016.
- [81] V. Gauthier, B. Barbeau, G. Tremblay, R. Millette, and A.-M. Bernier, "Impact of raw water turbidity fluctuations on drinking water quality in a distribution system," J. Environ. Eng. Sci., vol. 2, n°. 4, pp. 281–291, 2003, doi: 10.1139/s03-026.
- [82] C. Ferreira, N. Babio, M. Eyzaguirre, V. Miñana, and S. Salvadó, "Water mineralization and its importance for health," ANS. Aliment. Nutr. y salud, vol. 23, n°. 1, pp. 4–18, 2016.
- [83] M. Almasri and J. Kaluarachchi, "Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds.," J. Hydrol., vol. 295, n°. 1–4, pp. 225–245, 2004, doi: 10.1016/j.jhydrol.2004.03.013.
- [84] An°nyme 12, "Directive 2006/7/CE gestion de la qualité des eaux de baignade," J. Off. l'union Eur., pp. 1–15, 2006.
- [85] An°nyme 13, Critères et n°rmes de qualité des eaux de baignade en méditerranée. Grèce: Action plan for the mediterranean, 2011, pp. 1–6.
- [86] An°nyme 14, La qualité de l'eau et les usages récréatifs. Québec, Canada: Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du gouvernement Québécois, 2020.
- [87] F. Khaldi et al., "Mesure et contrôle des propriétés de l'agglomération d'Ouled Driss, Algérie de quelques eaux souterraines," Environnement, risques et sante, vol. 17, n°. 3, pp. 253–261, 2018, doi: 10.1684/ers.2018.1157 Mesure.
- [88] A. Saidi, A. Kefifa, and M. Kadari, "Évaluation des caractéristiques physicochimique et bactériologiques des eaux de sources de la région de Saïda," in Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE 2013 Ouargla, 2013, n°. February, pp. 284–287.