REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ETPOPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Écologie et Environnement

Spécialité : Protection Des Écosystèmes

Thème

Analyses physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau au niveau de deux communes de la wilaya de Tizi Ouzou « Tigzirt et Ouadias ».

Réalisé par **:** **AKLI Nadia** **STITI Meriem**

Jury composé de :

Président du jury : Lardjane N.	Professeure	UMMTO
Promotrice : Mme Sadoudi-Ali ahmed.	Professeure	UMMTO
Examinateur : Mr Mezani S.	Maître de conférences A	UMMTO

Promotion 2021-2022

Remerciements

Nous tenons à remercier, en premier lieu, le bon Dieu de nous avoir donné la force, la patience et la volonté afin d'accomplir ce travail qui présente le fruit de plusieurs années de sacrifices.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice Mme Sadoudi-Ali Ahmed pour sa précieuse aide, ses orientations et le temps qu'elle nous a accordé pour notre encadrement.

Nous remercions, par ailleurs, vivement les membres du jury : Mme Lardjane N et Mr Mezani S de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à Madame Ladjel chef de laboratoire, de nous avoir bien accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'elle nous a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux. Nous n'aurions pas pu réaliser les expérimentations sans leurs collaborations.

Nous remercions, égalemnt, tous les fonctionnaires de la bibliothèque du département de la faculté. Nos sincères remerciements à tous nos anciens professeurs.

Arrivés au terme de la rédaction de ce mémoire, nous exprimons notre gratitude pour toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à notre réussite.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes parents qui ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui

A mes chers frères : Mohamed et Abdellah, je leurs dis merci pour votre soutien

A mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines

A ma binôme : Nadia

A tous ceux qui ont contribués à la réalisation de ce mémoire de loin ou de près.

Ainsi que toute la promotion « Protection des écosystèmes »

Meriem S.

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail a :

A Ma mère, qui est la lumière de notre maison ;

A Mon père, qui est le guide de réussite dans ma vie.

A Mes chers frères : Salem ; Lounes, Ilys.

A Ma grande mère : Sadia.

A Mon cher homme de ma vie : Amine J.

A Mes chères amies : Melissa H ; Amel ; Kenza.

A Ma binôme : Meriem.

A tous ceux qui ont contribués à la réalisation de ce mémoire, de loin ou de près, ainsi que toute la promotion « Protection des écosystèmes »

NADIA.A

SOMMAIRE

Introduction générale......01

Première partie : Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau.....03

2. Répartition de l'eau sur la planète.....03

3. Cycle de l'eau.....04

4. Eau de source.....05

5. Traitement de l'eau de source.....05

6. Eau brute.....05

II /Paramètres et qualité d'une eau potable 05

1. Définition de l'eau potable.....05

2. Paramètres descripteurs de la qualité de l'eau.....05

2.1. Paramètres organoleptiques.....05

2.2. Paramètres physico-chimiques.....06

2.3. Minéralisation globale.....07

2.4. Paramètres indésirables.....08

2.5. Paramètres de pollution.....09

2.6. Paramètres bactériologiques.....09

III/ Pollution de l'eau.....10

1. Définition de la pollution de l'eau.....10

2. Différents types de pollution.....10

2.1 Pollution physique.....10

2.2 Pollution chimique.....11

2.3 Pollution organique.....11

2.4 Pollution microbiologique.....11

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

I.1 Présentation des régions d'études.....12

I .1.1 Première sources Thala Thebout (Ouadia).....12

I.1.2 Deuxième source Thala Boukhira (Tigzirt).....15

I.2 Échantillonnage.....16

I.2.1 Échantillons destinés aux analyses physico-chimiques.....16

I.2.2 Échantillons destinés aux analyses bactériologiques.....16

I.2.3 La conservation et transport des échantillons.....17

I.3 Matériel.....19

I.4 Méthode analytiques.....19

I.4.1. Analyses physico-chimiques.....19

I.4.2. Analyses de la minéralisation globale.....21

I.4.3. Analyses des paramètres indésirables et de pollution.....26

I.4.4. Analyses bactériologiques.....31

Chapitre II : Résultat et discussion

II.1 Résultats des analyses organoleptiques.....35

II.2 Résultats des analyses physico-chimiques.....35

II.3 Paramètres de la minéralisation globale.....40

II.4 Paramètres indésirables.....46

II.5 Paramètres de pollution.....46

Conclusion.....50

II.6 Résultats des analyses bactériologiques.....50

Conclusion.....52

Conclusion générale.....54

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de boromocresol.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétraacétique.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies

T.G.E.A : Gélose Tryptophane Glucose Extrait de levure

E V A : Ethyle violet azide bouillon

P C A : Plate count Agar

S/m : Siemens par mètre.

CMA : Concentration maximale admissible.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma d'une molécule d'eau.....03
Figure 2 : Cycle de l'eau.....04
Figure 3 : Source Thebout.....12
Figure 4 : Localisation géographique de la source Thebout.....13
Figure 5 : Source Boukhira.....15
Figure 6 : Localisation géographique de la source Boukhira.....15
Figure 7 : pH-métre.....19
Figure 8 : Conductivimètre.....20
Figure 9: Turbidimètre.....21
Figure 10 : Photomètre à flamme.....25
Figure 11 : Photo de la méthode par filtration sur membrane.....32
Figure 12 : Valeurs de la température pour les deux sources d'eau durant les deux périodes.....36
Figure 13 : Valeurs du pH de l'eau des deux sources d'eau durant les deux périodes.....37
Figure 14 : Valeurs de la conductivité des eaux des deux sources d'eau durant les deux périodes.....38
Figure 15 : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau durant deux périodes.....39
Figure 16 : Valeurs des résidus secs en mg/l pour les deux sources d'eau sur deux périodes.....40
Figure 17 : Teneurs en calcium des deux sources d'eau sur deux périodes.....40
Figure 18 : Teneurs en magnésium des deux sources d'eau sur deux périodes.....41
Figure 19 : Teneur en sodium des deux sources d'eau sur deux périodes.....42
Figure 20 : Teneur en potassium pour les deux sources d'eau durant des deux périodes d'etude.....42
Figure 21 : Teneur en chlorures pour les deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....43
Figure 22 : Teneurs en carbonates des deux sources d'eau durant deux périodes d'etude.....44
Figure 23 : Dureté totale des deux sources d'eau durant les deux périodes.....45

Figure 24 : Valeurs de l'alcalinité des deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....45
Figure 25 : Teneurs en fer des deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....46
Figure 26 : Teneurs en ammonium des deux sources d'eau durant les deux périodes.....47
Figure 27 : Teneurs en nitrites des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.....48
Figure 28 : Teneurs en nitrates des deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....48
Figure 29 : Teneurs en phosphore des deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....49
Figure 30 : Valeurs de matière organique pour les deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.....49
Figure 31 : Résultats d'analyses en composantes principales des paramètres physico-chimiques Bactériologiques de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'étude.....53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition de l'eau sur la biosphère.....03

Tableau 2 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.....17

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les deux sources Thebout (S1) et Boukhira (S2) et la norme fixée par l'Algérie (NA) et l'OMS durant la période hivernale.....35

Tableau 4: Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les deux sources Thebout (S1) et Boukhira (S2) et la norme fixée par l'Algérie (NA) et l'OMS durant la période estivale.....36

Tableau5 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau durant le mois de mars.....51

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau durant le mois de juin.....51

Introduction générale

L'eau est la première ressource naturelle, autour de laquelle se maintient et se développe la vie. L'eau potable ordinaire est une eau possédant des qualités physiques, chimiques, microbiologiques et organoleptiques qui la rendent acceptable à la consommation humaine **(GUIRAUD, 1980).**

La valeur de l'eau est inestimable mais elle n'est pas inépuisable car, dans certaines régions du monde, la pénurie en eau commence à devenir une menace inquiétante pour la biodiversité en général et pour l'homme en particulier, tandis qu'elle est considérée comme un droit élémentaire (ANONYME, 2006). Malgré sa valeur précieuse, elle peut être également responsable de la mort de millions d'êtres humains dans le tiers-monde en raison de sa pollution par des produits chimiques et microbiologiques dangereux, essentiellement issus des activités humaines, qui la rendent impropre à la consommation.

La situation actuelle est telle que la communauté scientifique a tiré la sonnette d'alarme pour mobiliser la conscience humaine sur l'avenir flou de notre planète. En effet, la protection et la gestion de cet élément naturel sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal **(ROUX, 1995).**

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles, l'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface ; elle ne renferme généralement pas de polluants microbiologiques (**ROUX, 1995).**

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques à cause de sa situation géographique. Les ressources en eau sont inégalement réparties et limitées et la principale source de satisfaction de la demande en eau, au sud, est l'eau souterraine tandis qu'au nord elle est mixte (eau souterraine et de surface) (**HAMADOUCHE et al, 2018).**

En reparlant de potentialités hydriques, la wilaya de Tizi-Ouzou en a d'importantes. Mais dans certaines de ses localités, les eaux souterraines constituent la seule ressource en eau potable. Cette ressource est sous l'influence d'un ensemble de facteurs naturels ou anthropiques. Ces eaux subissent des perturbations quotidiennes qui entrainent une détérioration de leur qualité hygiénique (**HAMADOUCHE et al, 2018).**

Pour développer l'idée d'avoir une eau saine, nous avons effectué un stage pratique dans l'établissement public de distribution d'eau (ADE) unité de Tizi Ouzou, et précisément au niveau du laboratoire de Boukhalfa.

L'objectif de notre travail est l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de deux sources Thebout (Ouadhias) et Boukhira (Tigzirt) de la wilaya de Tizi-Ouzou durant deux saison différentes (été, hiver) de l'année 2022.

Afin de mener à bien notre étude, nous avons structuré notre document comme suit :

- Dans la 1er partie bibliographique qui comporte des généralités sur les eaux naturelles, les différents types de pollution de ces eaux, ainsi que les paramètres d'une eau potable;
- Dans la 2éme partie expérimentale qui est consacrée au matériel utilisé, aux méthodes adoptées ainsi que les résultats obtenus et leur discussion ;
- Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant les différents résultats obtenus et quelques recommandations et perspectives.

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

L'eau est un élément vital. C'est la boisson naturelle par excellence constituée de deux atomes d'hydrogène rattachés à un atome d'oxygène (H_2O) selon un angle de 105°. **(Roux, 1995)** (Fig1).

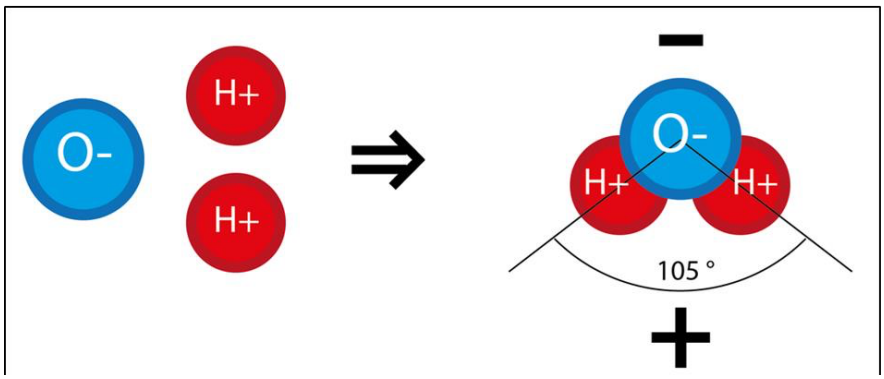


Figure 1 : La molécule d'eau (GRANGER, 2019)

L'eau recouvre 72% de la surface de la terre dont 97.2% sont salées. L'eau douce ne représente que 2,8% du total **(Louise,2012**).

Les océans et les mers sont à l'origine de la couleur bleue de la terre vue du ciel.

2. Répartition de l'eau sur la planète

La répartition des ressources totales en eau se fait sous ses trois états physiques ; liquide, solide et gazeux de la façon suivante (Tableau 1)

Tableau1 : Répartition de l'eau sur la biosphère (Nace et Léopold, 1964).

	Volume en km cube	% du totale
Eau liquide		
Océans	1300000000	97,2
Lacs et mers internes	123000	0,009
Cours d'eau	100000	0,008
Eau du sol	1230	0,0001
Nappes aquifères	65000	0,005
Eau profonde	400000	0,31
Eau solide		
Glaciers polaires	32000000	2,5
Autres glaciers	1000	0,0001

Eau vapeur Eau dans l'atmosphère	12700	0,001
L'eau contenue dans les organismes vivants	400	/

3. Cycle de l'eau

L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement qui peut être synthétisé de la façon suivante, à l'échelle terrestre :

-La source principale d'eau douce provient de l'évaporation des océans (sous l'effet du soleil), à laquelle s'ajoutent l'évaporation des rivières et lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux ;

-cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère et retombe sous forme de précipitations (pluvieuses ou neigeuses) dont une partie parvient aux cours d'eau :

*soit directement par ruissellement,

*soit indirectement par infiltration, stockage dans les nappes puis restitution aux cours d'eau à la faveur des exsurgences **(Genin et al, 2003).**

Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs : l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère (fig2).

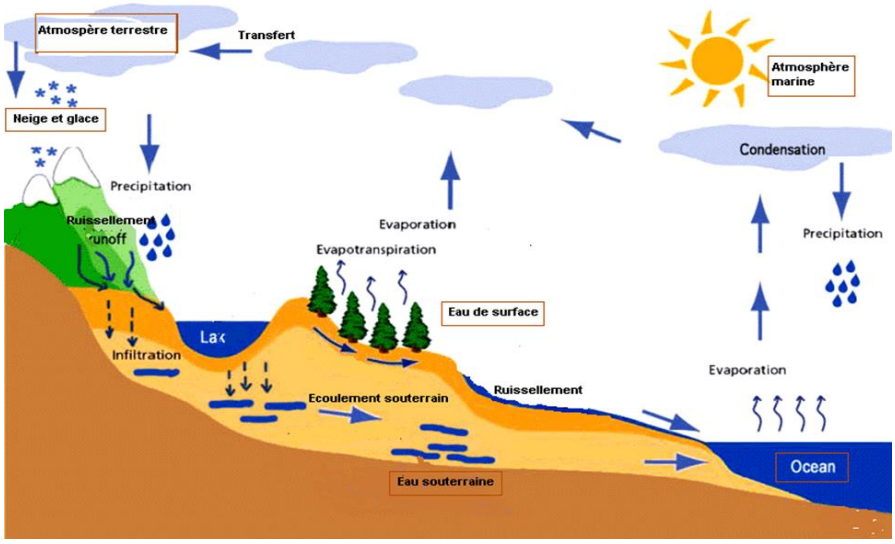


Figure 2 : Cycle de l'eau (ANONYME, 2017)

4. Eau de sources

Les eaux de sources sont des eaux qui, contrairement aux eaux minérales, doivent répondre à l'émergence, aux critères de potabilité et ne peuvent subir aucun traitement (DEGREMONT, 1989). Selon le décret exécutif N° 04-195 du 15 Juillet 2004 article 2 chapitre 1 de la législation algérienne : « une eau de source est une eau d'origine souterraine, propre à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution ».

5. Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments Instables (gaz, fer et manganèse) sont l'aération, la décantation et la filtration (LUNC et LAGRADETTE, 2004).

6. Eau brute

L'eau brute est l'eau qui alimente un dispositif ou une station de production d'eau potable. En termes d'environnement et de service public de l'eau, il s'agit de l'eau captée, puisée ou recueillie qui est acheminée vers une station de traitement, afin de recevoir les traitements la rendant propre à la consommation humaine avant d'être distribuée dans le réseau d'adduction. Pour le particulier, l'éleveur ou l'agriculteur, l'eau brute est l'eau d'un forage, captage ou puisage qui est employée telle qu'elle pour arroser, irriguer ou abreuver les animaux (**VILAGINES, 2003)**

II. Paramètres de qualité d'eau potable

1. Définitions de l'eau potable

L'eau potable et une eau traitée destinée à la consommation. Elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé. Elle ne doit pas contenir d'agents pathogène ou toxique ni d'éléments chimiques indésirables. Elle ne présente pas un danger microbien (virus, bactéries...).

(Potelon, 1998).

2. Paramètres descripteurs de la qualité de l'eau

2.1 Paramètres d'Organoleptiques

2.1.1 Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules les substances dissoutes, c'est à dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45um. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(Rodier, 2009).**

2.1.2 Odeur et saveur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont, en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par la méthode d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler **(Rodier, 2009).**

2.2 Paramètres physico-chimiques

2.2.1. Température

La température est un facteur écologique important pour la vie aquatique. Elle est également importante pour certains usages industriels (refroidissement) et pour l'eau potable (VALIRON, 1989). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissouts, donc sur la conductivité électrique dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leurs origines est moins profonde **(RODIER, 1996)**.

2.2.2. Potentiel l'hydrotimétrie pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons contenu dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établit entre les différentes formes de l'acide carbonique et est lié au système Tampon développé par les carbonates et les bicarbonates **(Himimi et al, 2003)**

- pH des eaux naturelles peu polluées peut varier de 6,3 à 8,3 selon l'origine des eaux et la nature géologique des terrains traversés.
- Des eaux acides (pH < 6) favorisent la solubilisation des métaux lourds et l'augmentation de la concentration en gaz carbonique formé à partir de bicarbonate
- Des eaux basiques (pH >8) favorisent la formation d'ammoniaque (NH_3), qui est létal pour les poissons entre 0,2 et 2 mg/l (**Louise, 2012).**

2.2.3. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de particules en suspension notamment colloïdales : de l'argile, les limons, les grains de silice, les matières organiques, etc....)

-L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité.

-La turbidité peut-être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire **(Rodier, 2009).**

2.2.4. Conductivité électrique

La conductivité des eaux et leur capacité à conduire l'électricité, en µs/cm. permet d'évaluer la quantité des substances minérales dissoutes sous forme ionique. Elle s'exprime généralement en résistivité (inverse de la conductivité), dont l'unité est µs/cm (**Louise, 2012).**

2.2.5. Oxygènes dissous

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes soit pour une réaction purement chimique, soit par des phénomènes de corrosion. La teneur en oxygène des eaux de surface est quasiment saturée, sous une température de 20°C et sous une pression normale, contient 9,1 mg/L d'oxygène (**Rodier, 2005).**

2.2.6. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension sont constituées de particules minérales ou organiques visibles à l'œil nu de 1 mm à 1 Um d'origine naturelle (sable, terre, limon, plancton ...) ou anthropique (rejets urbains ou industriels).

Elle réduit la pénétration de la lumière et par conséquent la Croissance des plantes. Elles sont obtenues par filtration ou par centrifugation.

La mesure indirecte des matières en suspension (MES) peut, également, se faire par la détermination de la turbidité de l'eau ou de la « limpidité de l'eau » basée sur l'effet des particules de 0,1 mm à 10 nm de diamètre sur la diffusion de la lumière **(Louise, 2012).**

2.3 Minéralisation globale

2.3.1. Dureté totale

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux et alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas, il s'agit du magnésium auquel s'ajoutent, quelques fois, les ions de fer, d'aluminium, de manganèse et de strontium (**Rodier, 2009).**

2.3.2. Chlorures

Les chlorures des eaux ont généralement des teneurs variées. Elles sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Elles peuvent également provenir d'une pollution organique par les pesticides organochlorés et les détergents. Habituellement, la teneur en ions chlorures des eaux naturelles est inferieurs à 5mg/l, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles jusqu'à 1000 mg/l **(RODIER, 1996)**.

Selon l'OMS, les teneurs en chlorures des eaux potables devraient être compris entre 25 et 200 mg/l. Les valeurs relevées dans les barrages varient de 0 à 45mg/l, ainsi elles obéissent aux normes de potabilité.

2.3.3. Alcalinités TA et TAC

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte, le plus généralement, de la présence d'hydrogène carbonates, carbonates (CO_3^{2-}), et hydroxydes (OH^-) **(Rodier, 2009).**

2.3.4. Sodium

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus **(Tardat, 1991).**

2.3.5. Potassium

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

2.4 Paramètres indésirables

2.4.1. Fer (Fe^{2+})

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est à dire pour le pH variant entre 4,5 et 9, le Fer soluble présent est généralement à l'état ferreux. Si le milieu est réducteur, comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le Fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées **(Rodier, 2009).**

2.4.2. Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux, et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique **(Potelon et Zysman, 1998).**

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe **(Maiga, 2005).**

2.4.3. Magnésium

Le magnésium est un élément prédominant dans les eaux drainant des aquifères contenant des carbonates magnésiens comme la dolomie **(Chery, 2006).**

2.5 Paramètres de pollution :

2.5.1. Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral (**Rodier, 2009).**

2.5.2. Nitrites (NO_2^-)

La teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire d'en tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes les précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie **(Rodier, 2009).**

2.5.3. Phosphate (PO_4^{3-})

Le phosphate peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphate total dissous comprend le phosphore organique (A-9-7-2) et le phosphore inorganique qui, lui-même, inclut les ortho phosphates et les poly phosphates (A-9-7-1) (**Rodier,2009).**

2.6 Paramètres bactériologiques

Dans le domaine de l'hygiène, les analyses bactériologiques concernent souvent, non pas des micro-organismes pathogènes, mais des germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque en soi pour la santé publique (**Rodier, 2005).**

2.6.1. Bactéries indicatrices de contamination

2.6.1.1. Coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae.

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en forme de bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs et facultativement anaérobies (**Rodier, 2005).**

2.6.1.2. Coliformes fécaux ou thermo-tolérants

Ils Correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes). Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : Citrobacter freundi, Citrobacter diversus, Citrobacter amalonaticus, Escherichia coli, etc. (**Rodier, 2005).**

2.6.2 Bactéries spécifiques

2.6.2.1. *Legionella et de Legionella pneumophila*

Les legionella sont des germes de l'eau et de l'environnement pouvant contaminer l'homme par ingestion et surtout par inhalation (« bactéries des climatiseurs ») et provoquer, chez certains individus, une pneumopathie parfois grave ou une fièvre (« fièvre de Pontiac ») (**Rodier, 2005).**

2.6.2.2. Staphylocoques pathogènes

Ce sont des bactéries qui appartiennent a la famille des Bacillaceae, les infections engendrées par cette espèce sont dues, principalement, a des souches de S. aureus, mais aussi a des autres espèces de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes opportunistes (*S.epidermidi, S.saprophyticus...*) : infection cutanées, infection septicémique redoutable, infections liés à la consommation d'eau et d'aliment contaminés **(Delarrras, 2003).**

III. Pollution de l'eau

1. Définition de la pollution de l'eau

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport, en quantités très importantes, de substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution (**Kenneth et François, 1976).**

2. Différents types de pollution

Tout facteur susceptible de provoquer un déséquilibre dans l'eau et qui altère sa qualité est appelé polluant.

2.1. Pollution physique

- **Pollution thermique**

  Cette pollution est principalement due à l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement dans les centrales thermiques et nucléaires pour les besoins industriels. L'augmentation de la température de 4° à 5°C en moyenne, et parfois de 9 à 10°C

modifie les propriétés de l'eau et créent de grave perturbation sur les biocénoses (**Louise, 2012).**

- **Pollution radioactive**

Du fait des dispositions draconiennes qui ont été imposées pour les rejets les effluents des centrales nucléaires, l'extraction, le traitement et le transport des matières radioactives, le conditionnement des déchets radioactifs, l'eau de surface ont un radioactif faible (**Louise, 2012).**

2.2. Pollution chimique

La pollution minérale des eaux résulte de la libération dans ces dernières de divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles que les nitrates, les phosphates et autres sels minéraux nutritifs utilisés en agriculture comme fertilisants et, enfin, de divers résidus rejetés par la métallurgie et d'autres activités **(Ramade, 2005).**

2.3. Pollution organique

La pollution organique désigne la pollution engendrée par les rejets de déchets organiques provenant des ordures ménagères, des lisières et des industries (tanneries, papeteries, laiteries…). Ces déchets sont souvent biodégradables et quand ils ne sont pas trop importants, ils sont dégradés et éliminés par autoépuration grâce à des processus physiques, chimiques et aux organismes présents dans le milieu aquatique. Dans le cas où l'apport de matière organique est en excès, leur dégradation va consommer beaucoup d'oxygène et occasionner une forte perturbation de l'écosystème avec la disparition de nombreuses espèces animales en particulier les poissons **(Louise, 2012).**

2.4. Pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agent pathogènes, bactéries et virus. Elle soulève, dans bien des cas, de redoutables problèmes d'hygiènes publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (**Ramade , 2005).**

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

I.1. Présentation des régions d'étude

I.1.1. Première source Thala Thebout (Ouadhias)

❖ **Situation géographique**

La daïra de Ouadhias est située à 35 Km au Sud de Tizi Ouzou et s'étend sur une superficie de 139 Km^2 avec une population de 55377 habitants (hab). Elle est composée de quatre communes:

• Agouni Gueghrane ;

• Ait Bouadou ;

• Tizi N'Tleta ;

• Ouadhias.

Elle est limitée comme suit :

• A l'est par la commune d'Ouacif et Ait Toudert ;

• A l'ouest par les communes de Tizi N'Tleta et Ait Bouadou ;

• Au Sud par la commune d'Agouni Gueghrane et le massif du Djurdjura ;

• Au Nord par la daïra de Beni Douala dont la commune d'Ait Mahmoud.

Les figures 3 et 4 présentent la source de Thala Thebout :

Figure 3 : Source Thebout (photo originale, 2022).

Figure 4 : Localisation géographique de la source Thala Thebout (www.Google maps.com 2022).

Ait Bouaddou, aussi appelé "At Buwaddu", est située dans la partie Sud de la wilaya de Tizi-Ouzou et relève à la daïra de Ouadhias. Elle s'étend sur une superficie de 39,30 Km^2 et abrite une population de 14 435 habitants, soit une densité de 3,7 hab/ha selon les données de RGPH 2008. La commune s'organise autour d'un chef-lieu, deux agglomérations secondaires et une zone éparse.

Elle est délimitée comme suit :

- Au Nord, par la commune de Tizi Ntleta ;
- A l'Est, par les communes Agouni Gueghrane ;
- À l'Ouest, par la commune d'Assi Youcef ;
- Au Sud, par la wilaya de Bouira.

La source Thala Thabout est située dans la commune d'Aït Bouaddou avec un débit de 1L/s.

- Elle est limitée comme suit :
- Au Nord, par Aït Khalfa ;
- Au Sud, par Aït Ouel Hadj ;
- A l'Est, par Aït Irane ;
- À l'Ouest, par Aït Djemaa.

❖ **Situation topographique**

La commune d'Aït Bouaddou est une région montagneuse dont sa moitié méridionale fait partie du massif rocheux du Djurdjura. Des plaines au Nord sous forme de vallée, sont caractérisées par une topographie plus ou moins plane, dont les altitudes varient de 400 à 700 mètres, avec

des pentes plus ou moins faibles, moins de 8% sur les rives et les lits des oueds et de 8 à 25% sur l'ensemble des terrains agricoles.

Des replats, au centre du territoire communal, forment les sommets sur lesquels sont implantés la majorité des villages, dont les altitudes varient de 700 à 1000 m. Ils sont caractérisés par une topographie accidentée avec de fortes pentes de plus de 25% sur les versants et des surfaces planes de 8 à 25% sur les sommets. Des escarpements rocheux dont les hauteurs varient entre 1000 et 2100 m au Sud de la commune, sont caractérisés par un relief très accidenté avec de très fortes pentes.

❖ **Situation hydrographique**

La commune d'Aït Bouaddou est traversée par un réseau hydrographique très important constitué par de denses ruissèlements qui prennent naissance sur les hauteurs du Djurdjura ; au sud de la commune, se déversant dans tous les sens Est, Ouest et Nord, dans d'importants oueds (Assif Tamdha, Tassif Guiguer…), ainsi que des oueds temporaires tel que Ighzer Bouhammud et Ighzer Oumalou. Ces oueds constituent principalement les limites communales Est et Ouest et, affluent dans des oueds plus importants qui se jettent dans le Sébaou.

❖ **Situation climatique**

La commune d'Aït Bouaddou est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen, qui est de type humide, pluvieux et froid en hiver ainsi qu'une fréquente chute de neige à partir de 800 mètres d'altitude. Il est sec et chaud en été, les vents dominants sont de régime Ouest et Nord-Ouest. Ce climat est conditionné par sa situation géographique et la nature du relief dominant ; qui est un escarpement rocheux très accidenté sur les hauteurs du massif du Djurdjura.

- **Température**

  Les températures moyennes de la région d'Aït Bouaddou varient entre 5 et 40 °C, leurs fluctuations dépendent de la morphologie des terrains. Les températures minimales varient entre 3 et 8 °C au mois de janvier, tandis que les températures maximales dépassent 35°C au mois d'Août.

- **Précipitations**

  Les précipitations dans cette région sont très abondantes durant la saison hivernale. En effet, la commune se classe dans la séquence bioclimatique humide dont la pluviométrie moyenne est de plus de 900 mm/an.

I.1.2. Deuxième source Thala Boukhira (Tigzirt)

❖ **Situation géographique**

Tigzirt est une ville côtière de la Kabylie, elle se situe à 30 Km au nord du chef lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, et à 125 Km à l'Est d'Alger. Ses coordonnées géographiques sont 36.53° de latitude Nord et 4.08° de longitude Est. Cette ville est limitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est par la région d'Iflissen, au Sud par la première colline de l'Atlas tellien et à l'Ouest par la forêt de Mizrana.

Les figures 5et 6 présentent la source de Boukhira(Tigzirt).

Figure 5 : Source Boukhira (photo originale, 2022).

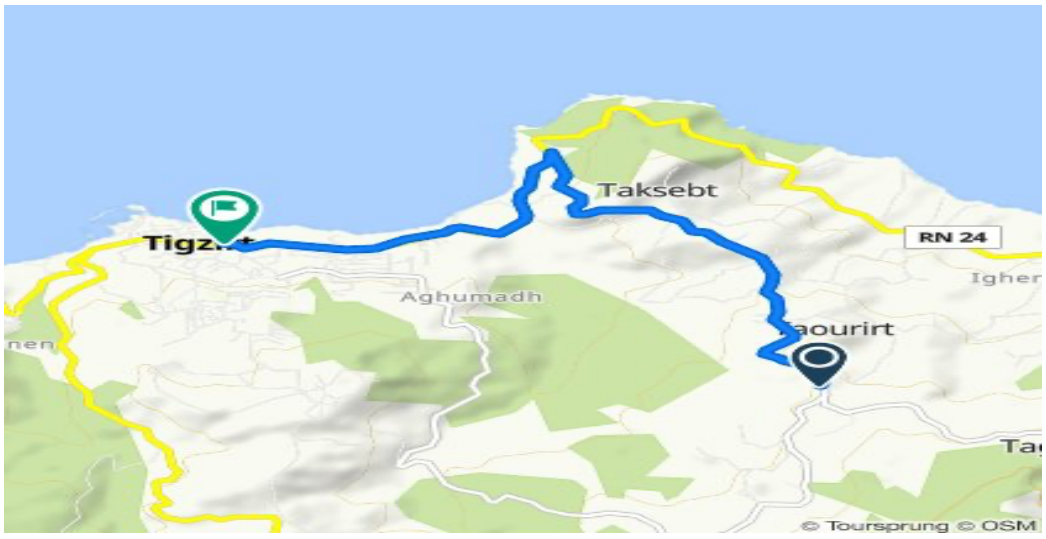


Figure 6 : Localisation géographique de la source Boukhira (www.Google maps.com 2022).

❖ **Caractéristiques climatiques**

La région de Tigzirt est caractérisée par un climat méditerranéen. Il constitue un élément de transition entre le climat tempéré et les climats tropicaux secs.

❖ **Présentation du laboratoire de l'ADE**

Le laboratoire central de l'ADE est localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou. Sa mission est l'autocontrôle, c'est-à-dire contrôler la qualité des eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant aux méthodes normalisées et il couvre toute la wilaya de Tizi-Ouzou.

I.2 Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté. Celui-ci conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico – chimiques de l'eau. En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaitre le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire.

Nous avons récupéré des échantillons de l'eau à partir des sources qui sont Thala Thabout et Boukhira selon les dates indiquées ci-dessous :

- Le 31/03/2022 : source Boukhira à 10h.
- Le 01/02/2022 : source Thebout à 9h.
- Le 13/06/2022 : source Boukhira 10h45mn.
- Le 14/06/2022 : source Thebout 8h30mn.

I.2.1. Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre de 250 ml, rincés préalablement avec l'eau distillée et qui sont, de nouveau, rincés trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement. Ces flacons sont remplis jusqu'au bord afin d'éviter toute réactions d'oxydation lors de la pénétration de l'air. Les flacons ont été scellés, munis d'une étiquette portant un code pour faciliter leur identification puis acheminés au laboratoire.

I.2.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Des flacons de 250 ml ont été utilisés, soumis à un lavage et une stérilisation préalable. Au moment du prélèvement, nous avons laissé l'eau couler pendant environ 5 minutes. Les flacons sont remplis au 5/6 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies et pouvoir agiter et mélanger l'échantillon avant analyse.

I.2.3. Conservation et transport des échantillons

Le transport des échantillons s'est fait dans une glacière à une température d'environ 4°C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon, et empêcher la multiplication des germes. L'analyse bactériologique est réalisée dans un délai de 8 heures après le recueil de l'échantillon car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

I.3 Matériel

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau suivant :

❖ **Tableau 2 :** Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthode	Appareillage
pH	Potentiomètrique	pH mètre WTW pH 450GLP Multical
Turbidité	/	Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité	/	Conductimètre
Alcanité	Volumétrique	/
Dureté	Titrimétrie	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Sulfate	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphate	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)

Potassium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrate	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrite	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matière organique	Méthode à chaud en milieu acide	Spectrophotomètre (HACH)

❖ **Milieu de culture**

Les milieux de culture ayant sont servi pour l'isolement des germes sont :

- ✓ Gélose, Tryptophane, Glucose, Extrait de levure (T.G.E.A) pour la numération des germes totaux ;
- ✓ Bouillon lactose au Pourpre de Bromo Crésols (B.C.P.L) à simple et double concentration, pour les coliformes ;
- ✓ Milieu indole manitol (milieu de SEHUBERT) pour *Escherichia coli* ;

- ✓ Bouillon lactosè à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- ✓ Bouillon lactosè à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA), pour confirmer la présence de streptocoques fécaux.

I.4 Méthodes analytiques

I.4.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces. La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

1. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analysé et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égal à 7 et à 4 puis introduite dans l'eau à analyser. (Fig.7)

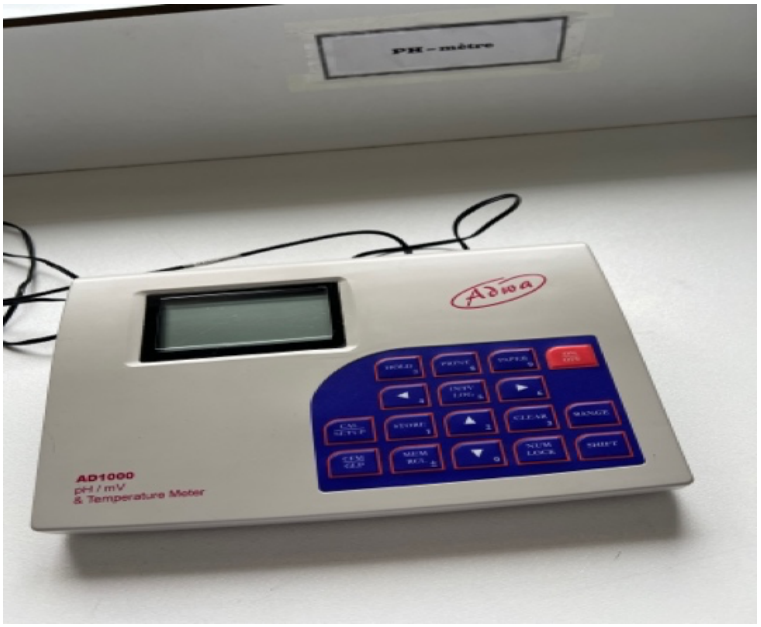


Figure 7 pH-métre (photo originale , 2022).

2. Mesure de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration et la nature des ions, de la température et la viscosité de la solution. La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) et elle est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm). (Fig.8)

Figure 8 : Conductivimètre (photo originale, 2022).

3. Mesure de la turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice, micro-flocs ...).

L'appareil employé, le turbidimètre appelé aussi néphélométre, fonctionne sur le principe de la mesure diffusée, en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en NTU. (Fig.9)

Figure 9 : Turbidimètre (photo originale, 2022).

I.4.2 Analyses de la minéralisation globale

1. Détermination de l'alcalinité

❖ **Principe**

La détermination du TA et du TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

❖ **Mode opératoire**

- Détermination de TA : Nous prélevons 100 ml d'eau à analyser, ajouter une à deux gouttes de solution de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors se développe. Dans le cas contraire, le TA est nul, ce qui se produit, en général, pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3. Verser ensuite l'acide dans l'erlenmeyer. À l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution. Soit V_1, le volume (ml) d'acide utilisé pour obtenir le virage.

- Détermination de TAC : Nous utilisons l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu coloration. Ajouter deux gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé. Soit V_2, le volume (ml) d'acide utilisé pour obtenir le virage.

2. Détermination de la dureté totale (TH)

❖ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate avec le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA). La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium. La méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

❖ Mode opératoire

Introduire 50 ml de l'échantillon dans une fiole, ajouter 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes de l'indicateur mordant noir 11. La solution doit se colorer en violet et son pH doit être de 10.

Titrer immédiatement à l'aide de la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Verser lentement, puis par goutte dès que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

La teneur globale en calcium et en magnésium ($Ca+ Mg$) est donnée par l'équation :

$$C_{ca+Mg} = C_1V_1 / V_0$$

C_{Ca+Mg}: teneur globale en calcium et en magnésium (mg/l).

C_1: concentration de la solution de l'EDTA (mM/l).

V_0: volume de l'échantillon (ml).

V_1 : volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le titrage (ml) (ISO 6059-1984 (F)).

3. Dosage du calcium

❖ Principe

Titrer les ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. L'acide hydroxy-2-(hydroxy-2-sulfito-4-naphtylazo-1) -1-naphtalènecarboxylique ($CH_{14}N_2O_7S\ 3H_2O$) Qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur. Le

magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde de sodium et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair.

❖ **Mode opératoire**

Introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole, ajouter 2 ml de la solution de NaOH (2M) et environ 0,2 g de l'indicateur HSN. Ajouter la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur. La teneur en calcium, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par l'équation suivante :

$$C_{Ca} = C_1 \times V_1 \times A / V_0$$

C_{Ca}: teneur en calcium (mg/l).

C_1 : la concentration en EDTA (mM).

V_0 : le volume de la prise d'essai (ml).

V_1 : le volume de la solution de l'EDTA utilisé pour le dosage (ml).

A : masse atomique relative du calcium (ISO 6058 : 1984).

4. Détermination du magnésium

La détermination du magnésium, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg} = C_{Ca+Mg} - C_{Ca}$$ (ISO 6058: 1984)

C_{Mg} : teneur en magnésium (mg/l).

C_{Ca+Mg}: teneur globale en calcium et en magnésium. C_{Ca}: teneur en calcium.

5. Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

❖ Principe

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

❖ Mode opératoire

Introduire 100 ml de l'échantillon, ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre), et titrer la solution par addition, goutte à goutte, de solution de nitrate d'Argent $AgNO_3$ jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre.

6. Dosage du potassium et du sodium par spectrophotométrie d'émission à flamme

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore ; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme. Leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité est fonction de sa concentration.

6.1 Dosage du potassium

Pour doser le potassium, il faut dissoudre 1,907 g de KCl dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. A partir de cette solution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer, au photomètre à flamme, la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 ». Ensuite, faire passer les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon

6.2 Dosage du sodium

Il s'agit de peser 2,54g de NaCl, les dissoudre dans l'eau distillée et compléter à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium, elle sera conservée. Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer, au photomètre à flamme la solution de

10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 ». Ensuite, faire passer l'échantillon. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon (Fig. 10).

Figure 10 : Photomètre à flamme (photo originale, 2022).

7. Détermination des sulfates

❖ Principe

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le baryum du sulfate pour former un précipité de sulfate de baryum.

❖ Mode opératoire

La méthode consiste à prendre 100 ml d'eau à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante. Ajouter 2 ml de chlorure de baryum. Laisser le temps de contact, passer au spectrophotomètre à λ=420 nm.

Remarque : Si la conductivité dépasse les 500 µs/cm, nous procédons à la dilution de l'échantillon.

I.4.3 Méthodes d'analyse des paramètres indésirables et de pollution

I.4.3.1 Paramètres de pollution

1. Dosage de l'ammonium

- **Principe**

C'est un dosage spectrométrique du composé bleu formé suite à la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopenta cyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium).

- **Mode opératoire**

Filtrer, selon la teneur en ammonium attendue, jusqu'à 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50ml, ajouter 4ml de la solution de salicylate et mélanger. Le pH de la solution doit être de 12,6 ; ce qui est le cas pour les eaux neutres puis ajouter, comme pour les solutions – standards, 4ml de la solution de réactifs et compléter la fiole jusqu'au trait de la jauge. Garder la fiole dans un bain-marie à 25°C pendant 1 heure et mesurer ensuite à une longueur d'onde de 655nm avec le spectrophotomètre.

2. Dosage des ions nitrites

- **Principe**

Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à 540 nm.

- **Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte et laisser reposer 15 à 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-et dans le cas contraire, on ne note aucun changement de couleur. Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).

3. Dosage des ions nitrates

❖ **Principe**

Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromo tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune. Le dosage se base sur la réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques, avec production du nitro-4 dimèthyl -2,6 phénol.

❖ **Mode opératoire**

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole puis ajouter 5ml de l'échantillon et 5ml de dimèthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 min. L'apparition de la coloration jaune indique la présence des $NO3^-$, la concentration en nitrates est la valeur donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde λ=324nm.

4. Dosage de la matière organique

❖ **Principe**

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommé quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans des conditions définies.

L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate.

❖ **Mode opératoire**

- Transférer, à l'aide d'une pipette, 100 ml d'échantillon dans un bécher de 250 ml. Ajouter20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant doucement ;
- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition ;

- Ajouter 20 ml de la solution étalon 2 milli moles/l de permanganate de potassium (apparition d'une couleur violet) démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes ;
- Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette, 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium à 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore ;
- Retirer alors le bêcher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir) ;
- Titrer, pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrante de permanganate de potassium à 2 milli moles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante environ 30 s. Noter le volume V1 de permanganate consommé ;
- Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée (de préférence sortant du purificateur). Noter le volume V0 de solution de permanganate consommé ;
- Conserver le blanc titré pour la vérification du permanganate de potassium :

- Au blanc titré, ajouter 20 ml de la solution d'oxalate de sodium à 5 millimoles/l.

-Réchauffer la solution 1 à 2 minutes (à environ 90°C) et retirer avec le permanganate 2 milli moles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s.

- Noter le volume V2 de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml.

L'Indice de permanganate, I Mn, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule suivante :

$$\mathbf{I\ Mn} = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * \mathbf{f}$$

V0 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

V1: volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.

V2 : volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

F : facteur correctif utilisé, compte tenu des unîtes, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.

5. Dosage des phosphates

- **Principe**

C'est une réaction des ions ortho phosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

- **Mode opératoire**

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif. Mélanger dans une fiole, puis incuber pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance à 880 nm.

I.4.3.2 Analyses des éléments indésirables

1. Dosage du fer

- **Principe**

Le principe consiste en l'addition d'une solution de phénantroline, une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge - orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Le complexe fer (II) - phénantroline -1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

- **Mode opératoire**

- Prendre comme prise d'essai, 50 ml, Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement

- Ajouter 2,0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5.

- Ajouter 2,0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.

- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV/ visible à 510 nm.

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

2. Dosage de manganèse

❖ Principe

C'est une réaction des ions manganèse avec une solution de formaldoxime susceptible de former un complexe rouge orangé mesurable à la longueur d'onde de 450 nm dans un intervalle de pH situé entre 9.5 et 10.5.

❖ Mode opératoire

Introduire 40 ml d'échantillon, 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif dans une fiole jaugée de 50 ml. Compléter le volume. Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire et en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai. Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de Manganèse.

3. Dosage de l'aluminium par spectrométrie

❖ Principe

Il consiste en la réaction de l'aluminium avec l'ériochrome cyanine à un pH de 5,9 en présence de l'acétate d'ammonium.

❖ Dosage

Dans une fiole de 50ml, verser 25ml de l'eau à analyser puis injecter successivement les réactifs suivants :

- 0.5 ml de thiosulfate de sodium 0.028 N avec agitation ;
- 1 ml d'acide ascorbique à 1% avec agitation ;
- 1 ml d'acide sulfurique à 0.04 N ;
- 10 ml de la solution tampon pH 6.2 ;
- 5 ml de la solution fille d'eriochrome cyanine préparée à partir de 1ml de la solution eriochrome cyanine dans 100 ml d'H_2O.

•Le temps de contacte est de 20 minutes. Mesurer enfin, l'absorbance à la longueur d'onde (d'environ 540 nm). Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'aluminium.

I.4.4 Méthodes d'analyses bactériologiques

I.4.4.1 Principaux germes recherchés

1.Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22 et à 37°C

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des micro- organismes (bactéries, levures et moisissures) par comptage des colonies après incubation à 22 et à 37°C. A partir de l'eau à analyser (SM =1), porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boites de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA (ou PCA) fondue à 45 ± 2°C puis refroidie. Laisser solidifier les boites sur la paillasse. Ces dernières, seront, ensuite partagées en deux séries distinctes :

- la première série est incubée à 22°C pendant 72h ;
- la seconde série est incubée à 37°C pendant 48h.

2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

❖ **Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP**

La recherche et le dénombrement des coliformes, coliformes thermos tolérants et d'*Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

➢ **1ère étape, le test de présomption** Qui est réservé à la recherche des bactéries coliformes. A partir de l'eau à analysé, porter aseptiquement :

- 3 fois 10ml d'eau dans 3 tubes contenant 10ml du milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
- une fois 1ml dans un tube contenant 10ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham;
- une fois 0,1ml dans un tube contenant 10 ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
Après incubation, les tubes considérés positifs sont ceux présentant à la fois :
- un dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

Ces deux caractères sont témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en Annexe.

- **2ème étape, le test de confirmation** Qui est réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 44°C pendant 24h.

Les tubes positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.

- **Méthode par filtration sur membrane**

Cette méthode consiste en la recherche et au dénombrement des coliformes et *d'Escherichia coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 à 48h d'incubation à 37°C puis à 44°C (Fig.11).

Figure 11 : Photo de la méthode par filtration sur membrane (photo originale, 2022).

La recherche des coliformes par cette méthode nécessite une préparation au préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

-Stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec Bunsen ;
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ;

-Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;

- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;

- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser ;

-Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;

- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stériles, sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée. Cette dernière sera incubée, couvercle en bas, à 36 ± 2°C pendant 21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivi de l'identification biochimique d'*Escherichia coli*.

Après incubation, les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des coliformes et portent une coloration rouge et celles ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont d'*Escherichia coli* et portent ainsi une coloration bleue.

3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrits précédemment pour la coli-métrie en milieux liquides. Cependant, alors que le tube primaire contient déjà une certaine quantité d'azide de sodium, le repiquage des tubes « positifs » sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en azide de sodium et présence d'éthyle violet), ne laisse se développer que les streptocoques fécaux (RODIER et al, 2009). La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux se fait en deux étapes consécutives :

- **1ère étape (le test de présomption) : A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :**

- Cinq fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu ROTHE D/C.
- Une fois 1 ml dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE S/C.
- Une fois 0,1 ml dans un tube contenant 10 ml du milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum puis incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.

Après incubation, les tubes positifs sont ceux présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers ne doivent, en aucun, cas faire l'objet de dénombrement et doivent, par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être justement confirmés.

- **2ème étape (le test de confirmation) :** Ce test est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait, cette fois-ci à 37°C pendant 24h. Les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette (blanchâtre) au fond sont considérés comme positifs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexes.

Chapitre II : Résultats et discussion

Afin de pouvoir classer l'eau des deux sources (Thebout et Boukhira) par apport à leur potabilité en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologique, nous avons exploité les résultats des analyses réalisées durant deux saisons hivernale et estivale de l'année 2022.

Les analyses permettent aussi de déterminer la concentration de certaines substances qui rendent ces eaux suspectes ou impropres à la contamination.

II.1 Résultats des analyses organoleptiques

- **Odeur**

  L'eau étudiée est inodore, ce qui indique l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

- **Couleur**

  L'eau d'une source est toujours limpide, ce qui est le cas de l'eau des sources étudiées et ceci indique l'absence des ions métalliques à savoir le fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique ((Fe^{3+}), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'une eau ainsi que la présence de divers colloïdes.

II.2 Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques réalisés une seule fois au laboratoire à savoir la température, le pH, la conductivité et la turbidité de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'etude sont représentés dans les tableaux 3 et 4. Ce tableau rapporte également la norme relative à la qualité des eaux potables fixée par l'Algérie et l'organisation mondiale de la santé **(OMS).**

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les deux sources Thebout (S1) et Boukhira (S2) et la norme fixée par l'Algérie (NA) et l'OMS durant la période hivernale :

Sources	Tc°	pH	Conductivité	Turbidité (NTU)
S1	11,5	7,99	368	0,84
S2	17,5	7,54	1136	0,70
Norme (NA)	25	6,5 -9,00	2800	5
Norme (OMS)	25	6,5- 9,5	CMA : 2100	/

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques de l'eau des deux sources Thebout (S1) et Boukhira (S2) et la norme fixée par l'Algérie (NA) et l'OMS durant la période estivale :

Sources	T°C	pH	Conductivité	Turbidité(NTU)
S1	23,20	7,54	395	0,38
S2	22,10	7,25	1130	0,72
Norme (NA)	25	6,5- 9,00	2800	5
Norme (OMS)	25	6,5-9,5	CMA : 2100	/

II.2.1 Température

La figure 12 représente les valeurs de la température pour les deux sources durant les deux périodes d'étude.

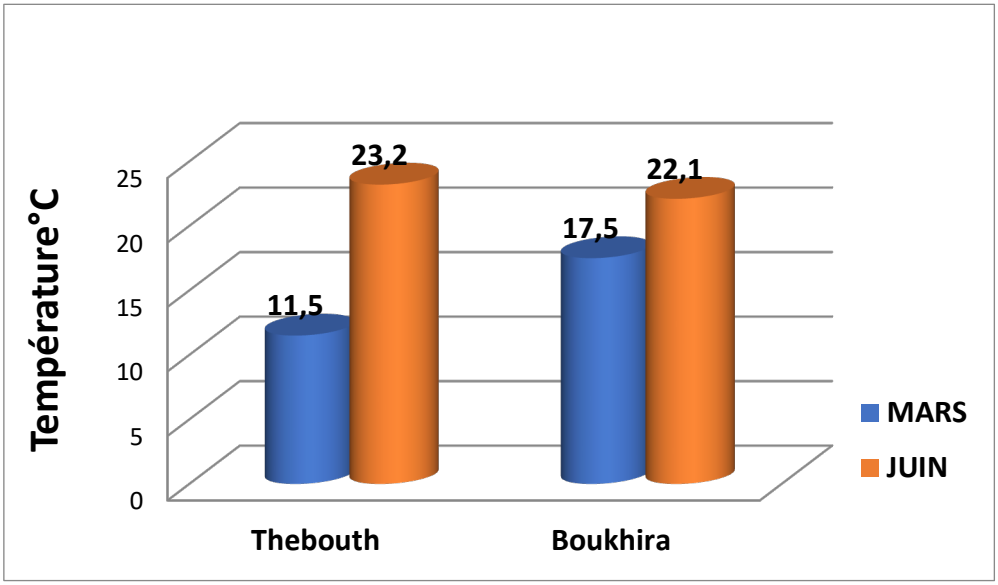


Figure 12 : Valeurs de la température pour les deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Nous constatons une variation de la température de l'eau selon la saison ; basse au mois de mars et plus élevée au mois de juin, donc la température de l'eau suit celle de l'air. La figure 12 montre que la température des deux sources varie entre les saisons d'échantillonnage dans un intervalle assez important allant de 11,5 à 23,2 °C pour la source Thebout et de 17,5 à 22,1°C

pour la source Boukhira. De telles valeurs sont conformes aux normes fixées par l'O.M.S 1986 (25° C) et à la norme algérienne (25C°).

La diminution ou l'augmentation de la température de l'eau par rapport aux normes considérées n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Par contre, elle peut avoir un effet direct sur la qualité de l'eau. Cependant, une diminution de la température de l'eau peut mener à une diminution de l'efficacité des traitements (désinfection) ainsi qu'une diminution des vitesses de sédimentation et de filtration. Par ailleurs, une augmentation de la température de l'eau favorise la croissance bactérienne, induisant l'altération des paramètres organoleptiques (couleur, saveur et odeur) **(BORDET, 2007).**

II.2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure13 représente les valeurs du pH pour les deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

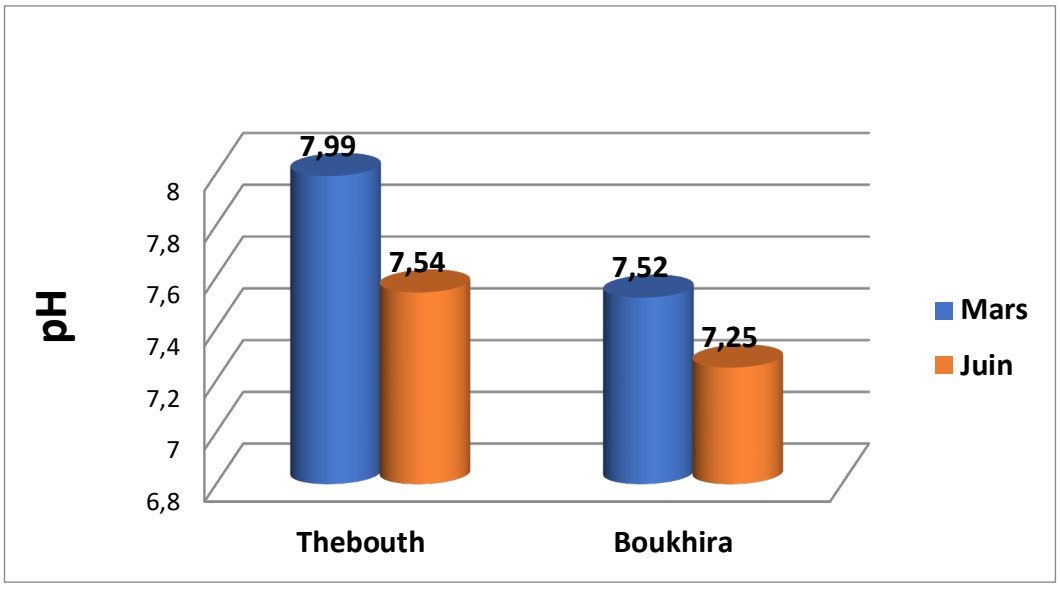


Figure 13 : Valeurs du pH de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'etude.

L'eau des deux sources Thebout et Boukhira répond à la norme puisque les valeurs de leur pH respectifs sont de 7,54 et 7,99 durant les deux périodes pour la source Thebout et 7,25 et 7,52 pour la source Boukhira respectivement en mai et en juin. Ces valeurs se situent dans les limites requises pour les eaux de consommation selon les normes algériennes et de l'O.M.S

Le pH de l'eau de la source Boukhira est neutre et stable durant les deux périodes, il se situe dans la limite requise pour l'eau de consommation [6,5– 9]. Les valeurs du pH de l'eau de cette source sont relativement élevées, durant les deux périodes, par rapport à la source Thebout ; ce qui s'expliquerait par la nature calcaire de la région **(RODIER, 2009).** Les valeurs du pH

enregistrées au mois de juin sont relativement élevées par rapport à celles du mois de mars. Selon **Rodier (1996)**, toute augmentation de température entraine une augmentation du pH.

II.2.3 Conductivité à 25 °C

La figure 14 représente les valeurs de la conductivité en (µs/cm) à 25° C, pour les deux sources d'eau durant les deux périodes.

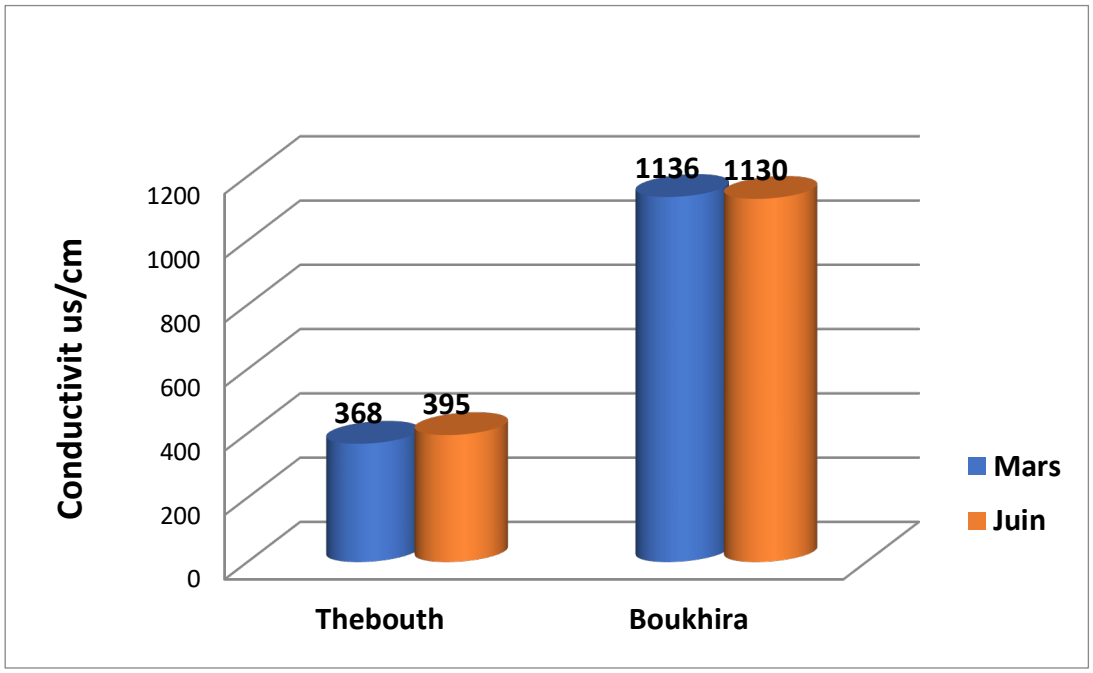


Figure 14 : Valeurs de la conductivité des eaux deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux des deux sources sont relativement élevées au mois de juin par rapport à celles du mois de mars. Les eaux étudiées présentent des valeurs de conductivité comprises entre 368 et 395 µs/cm pour la source Thebout et entre 1136 et 1130 µs/cm pour la source Boukhira. Ces valeurs restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limite de 2800 µs/cm à 25°C et à celle de l'OMS de l'ordre de 2100 µs/cm.

Pour les deux sources étudiées (Fig.14), nous remarquons que la conductivité de l'eau de la source Boukhira est plus élevée que la conductivité de Thebout. Il y'a une grande différence, qui passe du simple au double entre les deux sources. Selon les critères d'appréciation globale de la qualité de l'eau, ces eaux de sources sont qualifiées comme des eaux à minéralisation moyenne, malgré la grande différence observée, La conductivité élevée de l'eau de la source Boukhira peut être due à sa richesse en sels minéraux ; Cette dernière modifie la viscosité de l'eau.

La conductivité de l'eau fournie une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau **(DUGUET et al., 2006).**

II.2.4 Turbidité

La figure 15 représente les valeurs de la turbidité en NTU enregistrées pour l'eau des deux sources étudiées durant les deux périodes.

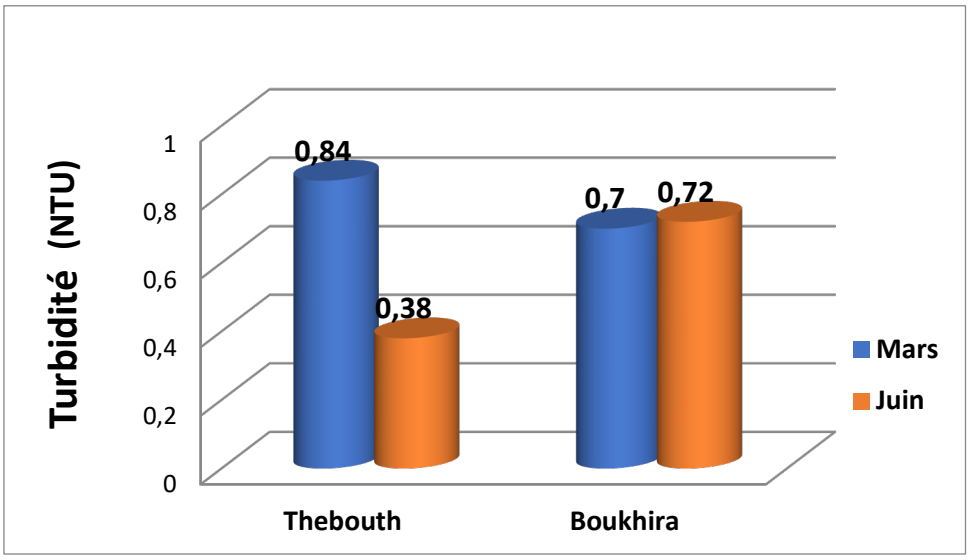


Figure 15 : Valeurs de la turbidité pour les deux sources d'eau durant deux périodes d'étude.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit donc la présence des particules en suspension dans l'eau (débris d'organismes microscopiques etc.). Selon la norme algérienne qui fixe la turbidité a 5 NTU, l'eau de la source Thebout a une faible turbidité puisque les valeurs varient entre 0,38 et -0,84 NTU. Il en est de même pour la source Boukhira dont les valeurs varient entre 0,7 et 0,72 NTU. Cela serait dû à la filtration de l'eau dans le sol, donc ce sont des eaux claires **(REJSEK, 2002).**

II.2.5 Résidus sec à 105°

La figure 16 représente les résultats enregistrés des résidus secs de deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.

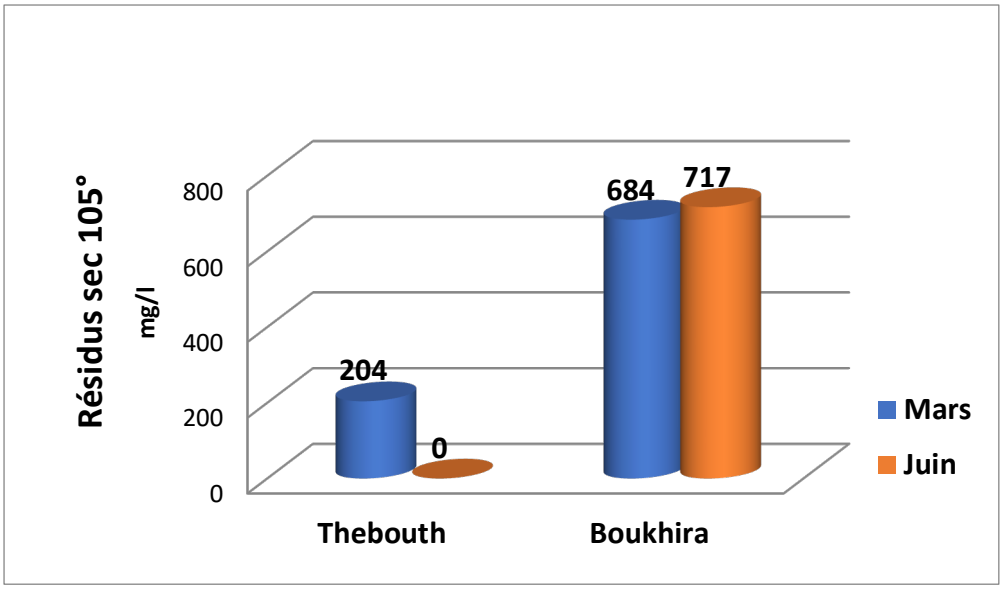


Figure 16 : Valeurs des résidus secs en mg/l des de deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les teneurs en résidus secs obtenues sont relativement plus élevées au niveau de la source Boukhira par rapport à la source Thebout. Cependant, ces valeurs restent inférieures à 500 mg/l ; aux concentrations admissibles recommandées par l'Algérie et L'OMS ce qui rend ces eaux brutes d'une meilleure potabilité par rapport à la source Thebout.

II.3 Paramètres de la minéralisation globale

II.3.1 Calcium (Ca2+)

La figure17 représente les valeurs de la dureté Calcique en mg/l pour les deux sources d'eau durant deux périodes d'étude.

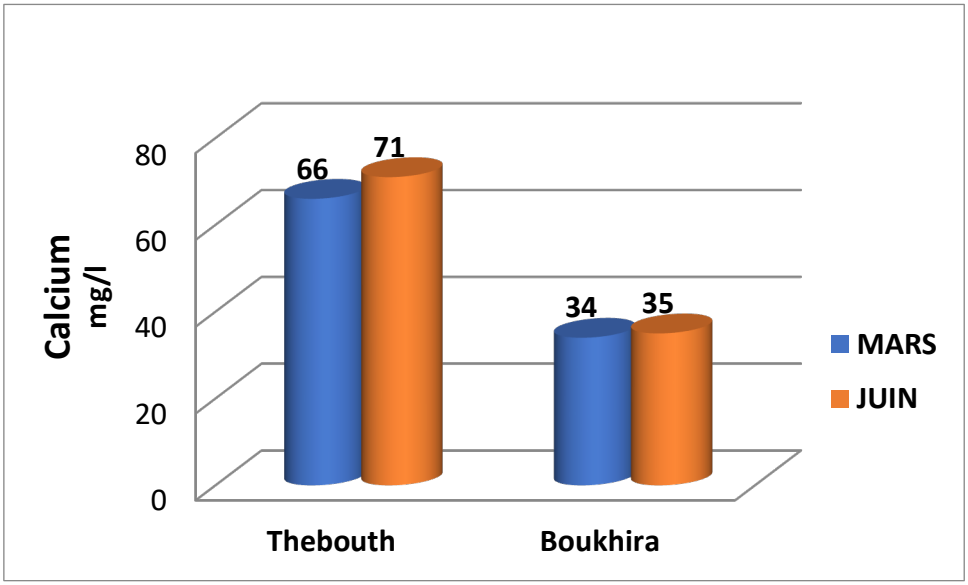


Figure 17 : Teneur en calcium des deux sources durant deux périodes d'étude.

Les teneurs en Ca_2+ en montrent que les eaux des deux sources présentent une grande stabilité de la concentration en calcium durant les deux périodes. Les résultats de la détermination du calcium ont montré que les deux sources présentent une dureté calcique inferieure au niveau guide pour les deux périodes d'analyse [200 mg/l]. La dureté calcique de la source Thebout est plus élevée que celle de la source Boukhira.

II.3.2 Magnésium (Mg^{2+})

La figure 18 représente les teneurs en magnésium pour les deux sources d'eau durant les deux périodes d'etude.

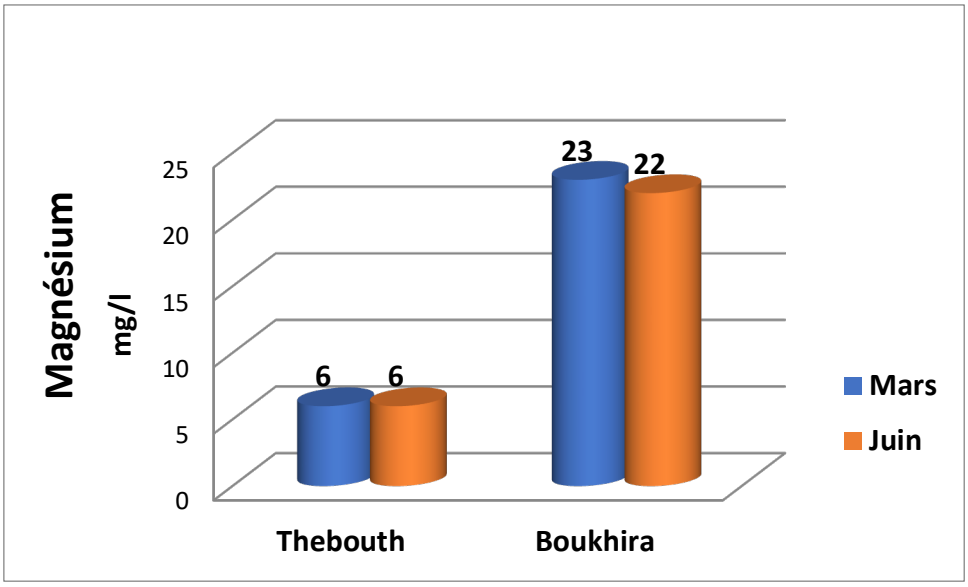


Figure 18 : Teneurs en magnésium des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Les teneurs en magnésium enregistrées pour la source Thebout durant les deux périodes sont de l'ordre de 6 mg/l. Pour la source Boukhira, les teneurs enregistrés durant les deux périodes sont comprises entre 22 et 23 mg/l Ces valeurs sont inférieures aux concentrations admissibles recommandées par l'Algérie et l'OMS [30- 150 mg/l] en raison probablement de l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire du terrain traversé (**RODIER, 2005).**

II.3.3 Sodium (Na^+)

La figure 19 représente les teneurs en sodium enregistrées pour les deux sources d'eau. Nous avons enregistré durant les deux périodes des teneurs comprises entre 6 et 210 mg/l pour la source de Boukhira. L'eau de cette source présente des concentrations elles sont pas conformes aux normes algérienne et de l'O.M.S [20-200 mg/l]. Quant à l'eau de la source Thebout, nous avons enregistré des valeurs très faibles en sodium, qui sont au-dessous des normes algériennes

et de l'O.M.S. Ces valeurs sont de l'ordre de 6 et 6,78 mg/l. Cette eau brute est recommandée plus pour les sujets hypertendus qui suivent un régime hypo sodique.

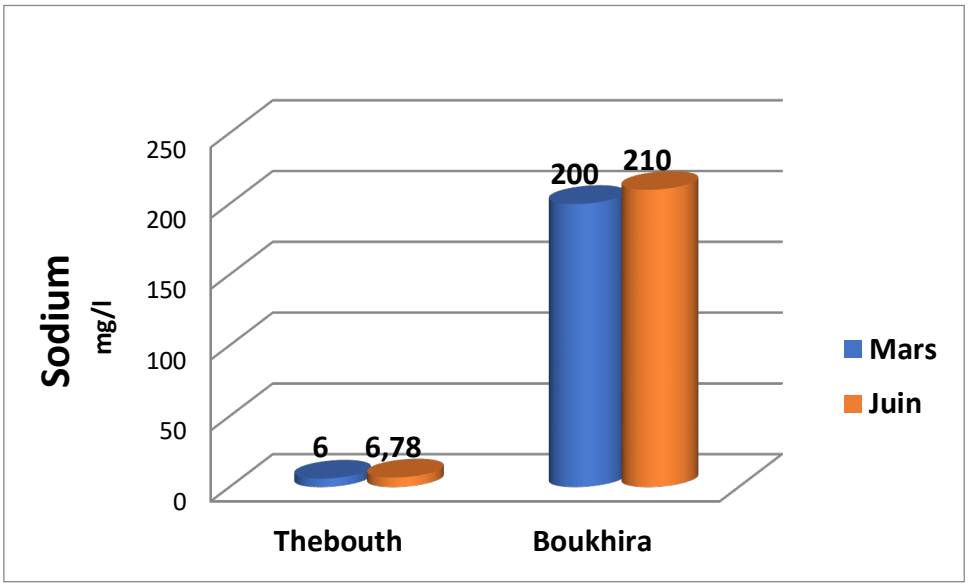


Figure 19 : Teneurs en sodium des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

II.3.4 Potassium (K^+)

La figure 20 représente les teneurs en potassium (en mg/l) des eaux de source durant les deux périodes d'étude.

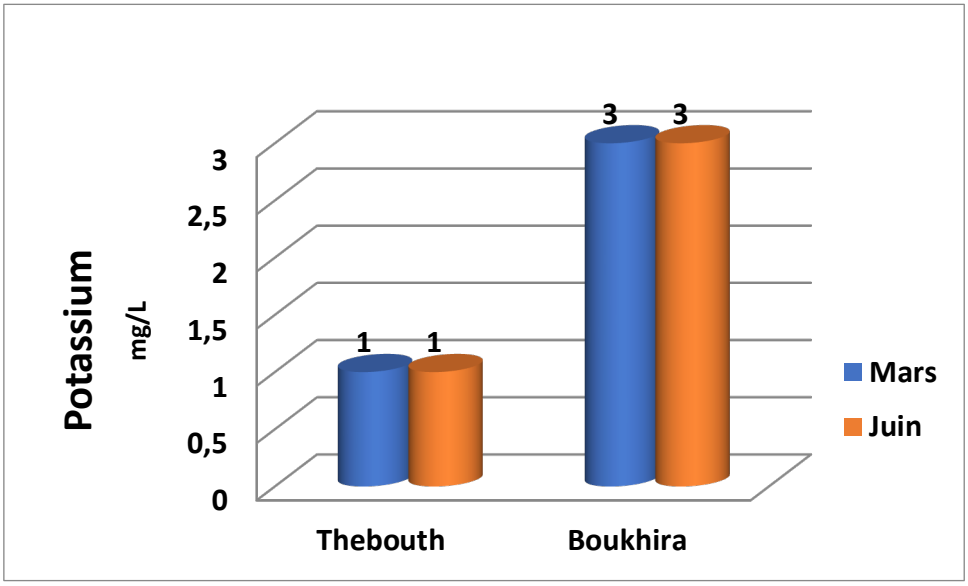


Figure 20 : Teneur en potassium des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

La concentration en potassium est assez faible dans la plupart des eaux naturelles non polluées. Les teneurs en potassium enregistrées pour les deux sources Thebout et Boukhira varient entre 1 et 3 mg/l durant les deux périodes. Ces concentrations sont au-dessous des concentrations

minérales admissibles recommandées par les normes algériennes et de l'O.M.S (10 mg/l). (Fig.20).

L'OMS affirme que le potassium à faible dose ne présente pas de risque significatif sur la santé publique et que les besoins de l'organisme sont facilement fournis par l'apport alimentaire. Ces faibles concentrations en potassium montrent aussi que les deux sources ne sont pas polluées par les engrais phosphatés qui pourraient provenir du lessivage des sols agricoles.

II.3.5 Chlorures (Cl^-)

La figure 21 représente les teneurs en chlorures des eaux des sources durant deux périodes d'étude.

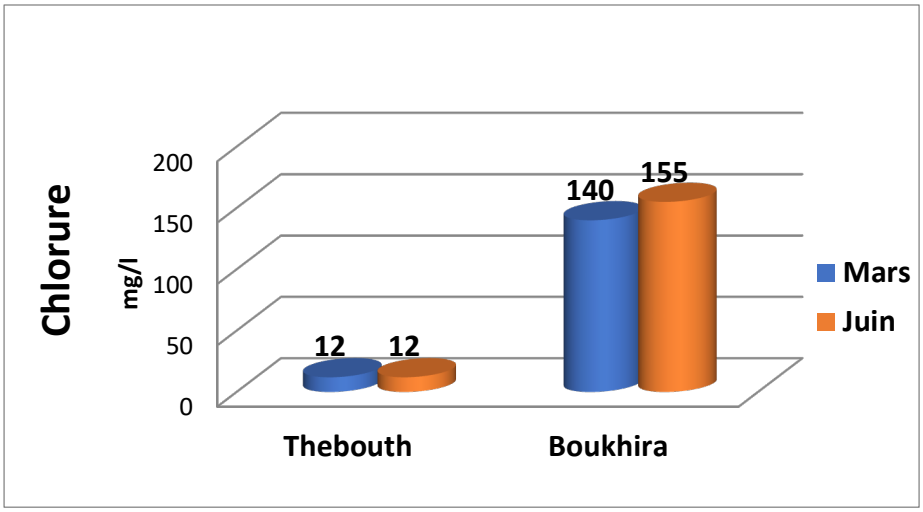


Figure 21 : Teneurs en chlorures des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les eaux des sources échantillonnées présentent des teneurs faibles en chlorure par rapport à la valeur guide algérienne à savoir 12 mg/l à la source de Thebout durant les deux périodes. Au niveau de la source Boukhira, ces teneurs varient entre 140 et 155mg/l (Fig.21).

Les teneurs en chlorures au niveau de la source Boukhira restent conformes aux normes fixées par l'O.M.S [25 – 200 mg/l]. Par contre, l'eau de la source Thebout est très pauvre en chlorures; ce qui pourrait la rendre vulnérable au développement des micro-organismes.

Ces teneurs en chlorures sont en relation avec la nature du terrain traversé de l'eau infiltré et le court temps de contact avec les roches (**REJESK, 2002).** Ainsi, la richesse en chlorures de la source Boukhira serait due à la nature de la roche.

II.3.6 Les bicarbonates (HCO_3 -)

La figure 22 représente les teneurs en bicarbonates (en mg/l) enregistrées pour les deux sources durant les deux périodes.

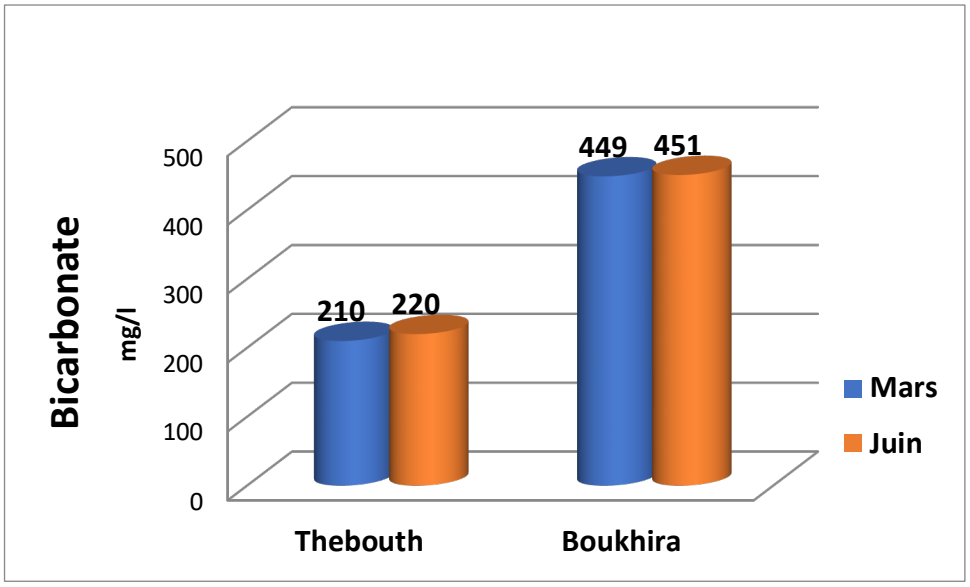


Figure 22 : Teneurs en bicarbonates des deux sources d'eau durant deux les deux périodes d'étude .

Nous remarquons que les teneurs en bicarbonates sont les plus élevées par rapport aux autres minéraux dans les deux sources étudiées (Fig.22). La concentration élevée de bicarbonates pour la source Boukhira, qui dépasse 450 mg/l durant les deux périodes peut s'expliquer par la nature des terrains traversés qui sont riches en carbonates de calcium. Par contre, la source Thebout a une faible minéralisation, présentant ainsi des teneurs faibles en bicarbonates comparée à l'eau de source de Boukhira.

La présence de bicarbonate dans l'eau dépend de plusieurs paramètres tel que le pH, la température, la présence de CO_2 dans l'eau et la nature des terrains traversés par l'eau.

Les mesures algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonates dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

II.3.7 Dureté totale

La figure 23 représente des valeurs de la dureté totale en mg/l $CaCO_3$ des eaux des deux sources étudiées.

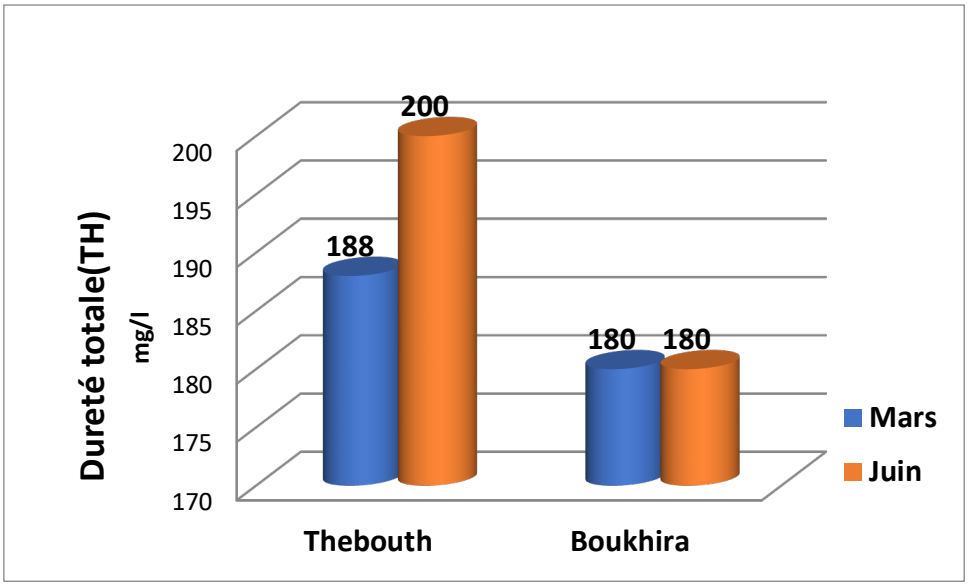


Figure 23 : Dureté totale des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les valeurs enregistrées pour la source Thebout comprise entre (188-200mg/l CaCO3) et la source Boukhira (180 mg/l $CaCO_3$) qualifient l'eau brute de bonne et moyennement douce, selon les normes indiquées par la réglementation algérienne dont les limites sont comprises entre 200 et 550mg /l.

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium **(RODIER, 2009).**

II.3.8 Alcalinité (TAC)

La figure 24 représente les valeurs en alcalinité de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'étude.

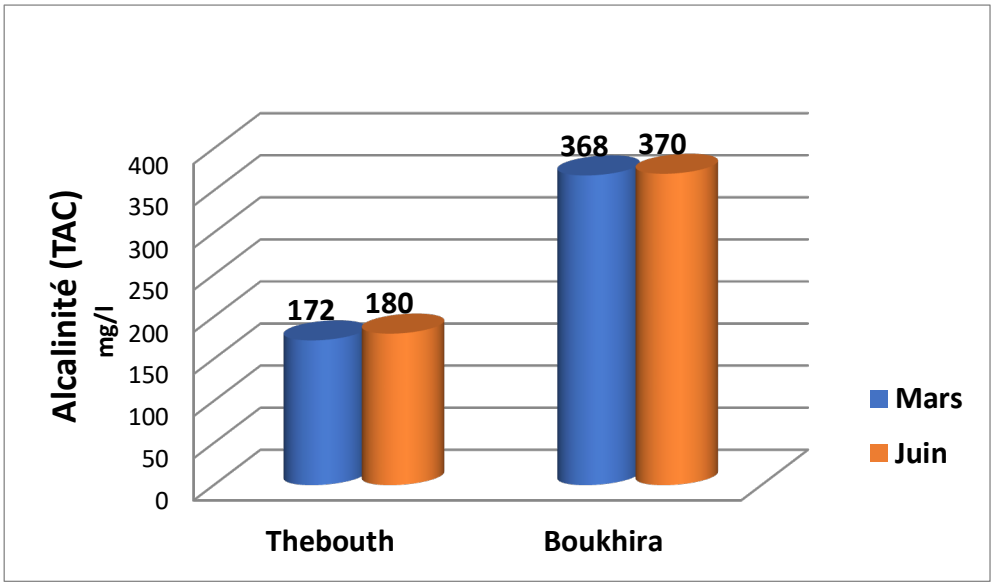


Figure 24 : Teneur en alcalinité des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

II.4 Paramètres indésirables

II.4 .1 Fer (Fe_2^+)

La figure 25 représente teneurs en fer (en mg/l) pour les deux sources durant les deux périodes d'étude.

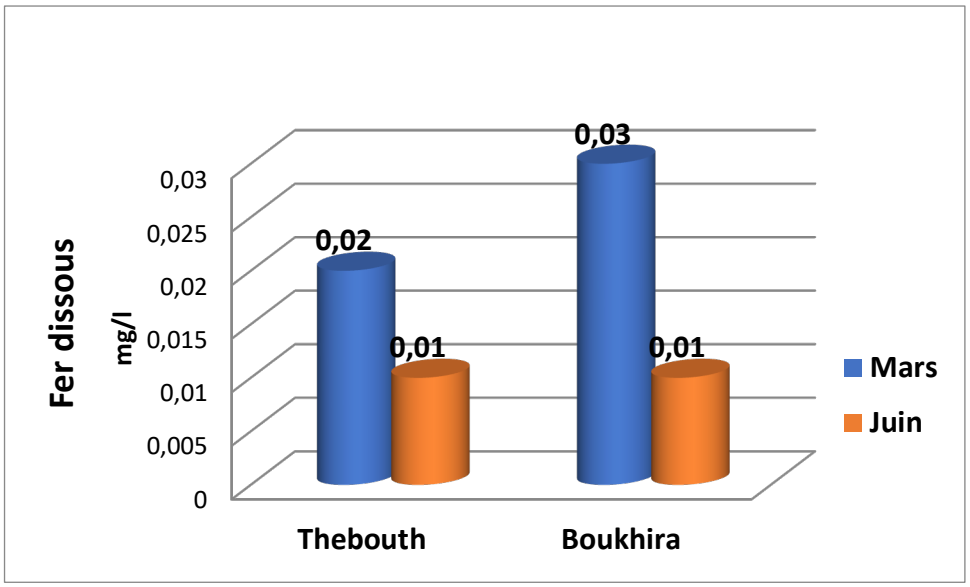


Figure 25 : Teneurs en Fer des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les résultats obtenus (Fig.25) pour les deux sources étudiées montrent des teneurs en fer comprises entre 0,01 et 0,03 mg/l. Ce sont donc des teneurs très faibles ce qui prescrit largement les eaux de ces deux sources dans la norme de potabilité algérienne qui est de l'ordre de 0,03 mg/l.

Le fer est un élément de la croûte terrestre et sa présence dépend des conditions physiques et hydrologiques. L'excès de fer ne présente pas une toxicité particulière pour l'organisme, il ne peut provoquer bien de problèmes de coloration de l'eau (**RODIER. 2005**).

II.5 Paramètres de pollutions

II.5.1 Ammonium (NH_4^+)

La figure 26 représente les teneurs en ammonium (en mg/l) pour les deux sources durant les deux périodes :

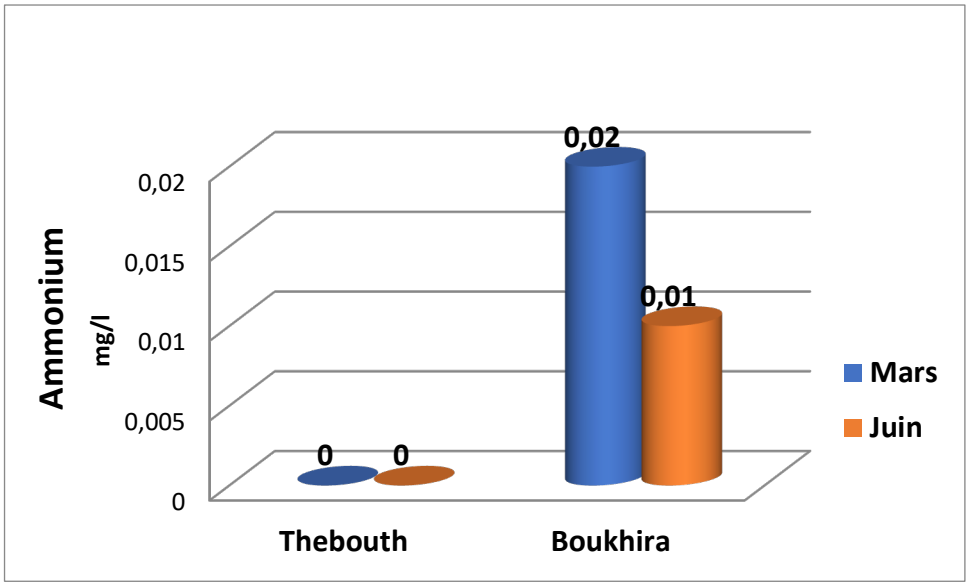


Figure 26 : Teneurs en ammonium des deux sources d'eau les deux périodes d'étude.

Les eaux de la source Boukhira contiennent quelques traces (0.01-0,02 mg/l) d'ammonium ; ce qui exclut la présence de pollution ammoniacale. Nous notons également l'absence de pollution ammoniacale dans la source Thebout sur les deux périodes.

L'ammonium provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut provenir aussi de l'apport défluents urbains et des rejets agricoles (**RODIER, 2005**). La réglementation algérienne fixe la valeur de 0.5 mg/l comme teneur limite en ammonium dans les eaux potables.

II.5.2 Nitrites (NO_2^-)

La figure 26 représente les teneurs en nitrites en (mg/l) pour les deux sources durant les deux périodes d'étude. Il en ressort que la source de Thebout ne présente aucune trace de nitrites. Ce qui est conforme aux eaux non polluées. Par contre, Boukhira présente des traces de nitrites estimées à 0,01 et 0,02 mg/l durant les deux périodes d'étude.

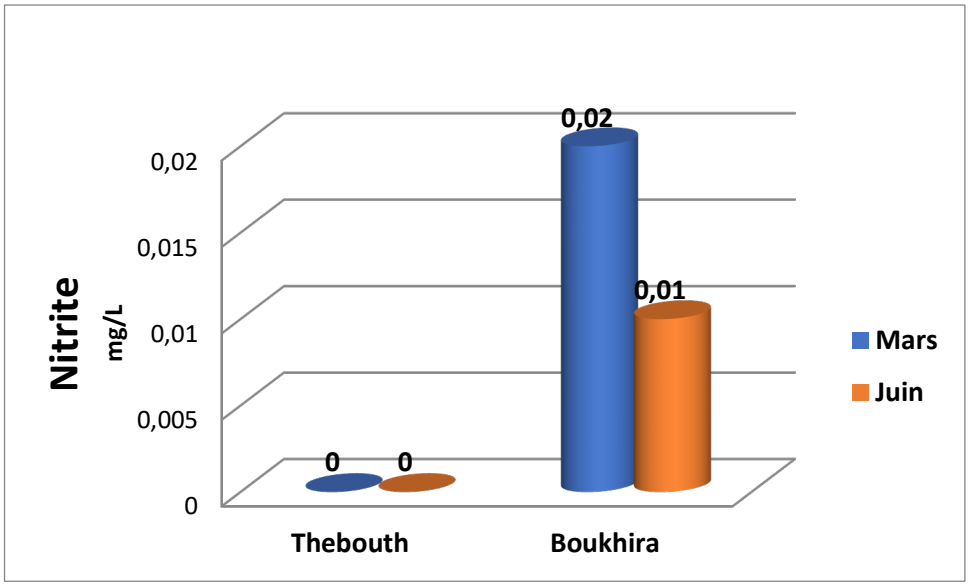


Figure 27 : Teneurs en nitrites des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

II.5. 3 Nitrates (NO_3^-)

La figure 28 représente les concentrations en nitrates des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

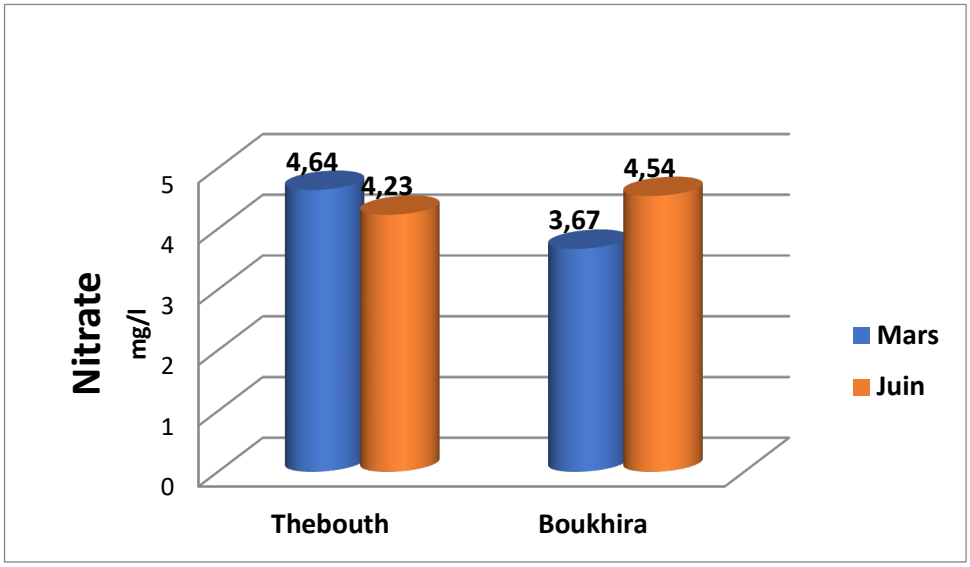


Figure 28 : Teneurs en nitrates des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Les teneurs en nitrates enregistrées pour les deux sources sont de loin inférieures aux valeurs minimales admissibles des eaux potables recommandées par l'Algérie [25-50 mg/l], ce qui signifie que ces deux sources sont bien entretenues et protégées.

II.5.4 Phosphates (PO_4^{3-})

La figure 29 représente les teneurs en phosphates des deux sources durant les deux périodes.

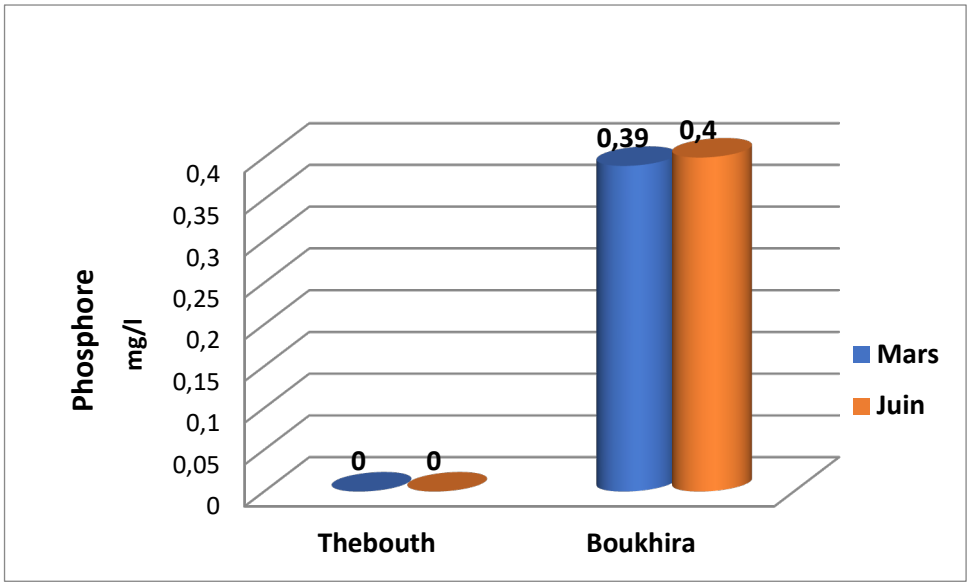


Figure 29 : Teneurs en phosphore des deux sources d'eau durant les deux périodes d'étude.

Des teneurs supérieures à 0.5 mg doivent constituer un indice de pollution. Cependant, ce n'est pas le cas pour nos eaux brutes analysées. En effet, nous avons constaté des teneurs en phosphore comprises entre [0.5 et -0.15mg/l] ; elles restent largement inférieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de 0,5 mg/l.

II.5.5 Matières organiques

La figure 30 représente les teneurs en matière organique des deux sources durant les deux périodes d'étude.

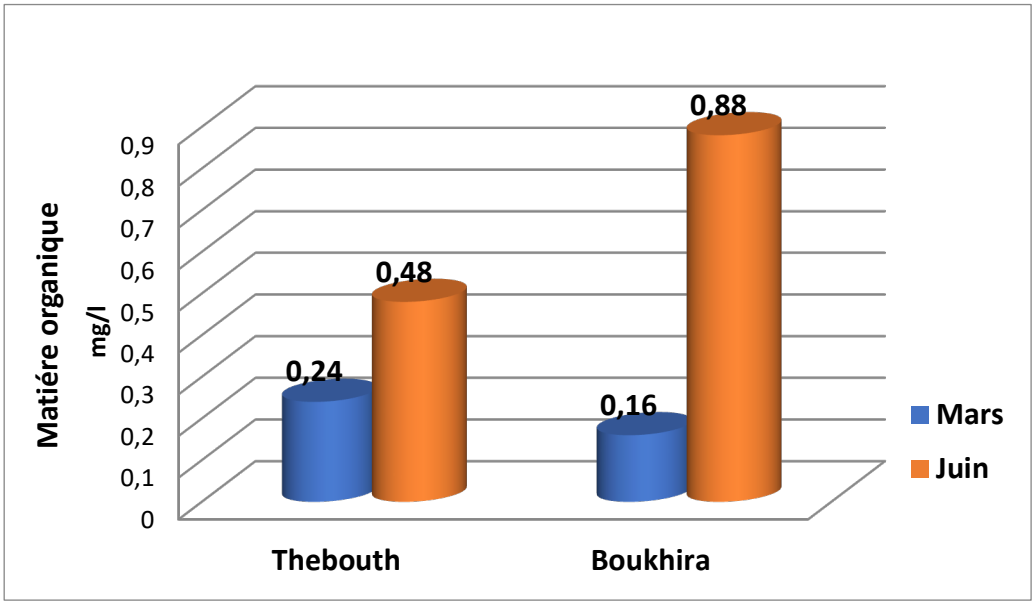


Figure 30 : Teneurs en matière organique des deux sources d'eau durant deux périodes.

Les teneurs en matière organique enregistrées sont inférieures à 10 mg/l pour les deux sources comprises entre (0,16 et 0,88 mg/l), caractérisent par l'absence de la matière organique.

Conclusion

- Les résultats des analyses organoleptiques montrent que les eaux des deux sources sont :
- Inodores, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.
- Limpides, ceci indique probablement l'absence des ions métalliques, fer ferreux (Fe_2+) et fer ferrique (Fe_3+) qui sont les principaux facteurs du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.
- Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux des deux sources, nous ont permis de déduire que la situation géomorphologique et surtout géologique de ces dernières peut avoir une influence sur les teneurs en éléments constitutifs de l'eau. La nature géologique des terrains traversés par les eaux des deux sources est à dominance calcaire ce qui a permis de les classer comme des eaux bicarbonatées.
- Les résultats des analyses de la minéralisation globale montrent que l'eau de Thebout est une eau qui présente une minéralisation élevée comparée à l'eau de la source de Boukhira. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus secs.
- Les résultats des analyses de la pollution montrent que les eaux des deux sources ne présentent ni une pollution ammoniacale ni une pollution nitrique.

II.6 Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE, et consistent en la recherche des germes. Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 5.

Tableau5 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau durant le mois de mars.

Germes	Source Thebout	Source Boukhira	Normes Algériennes
Coliformes Totaux (C/100ml) C=colonies	1100	416	<50
E-coli (C/100ml) C=colonies	9	2	<20
Streptocoques Fécaux (C/100ml) C=colonies	8	2	<20

Tableau 6 : Résultats des analyses bactériologiques des deux sources d'eau durant le mois de juin.

Germes	Source Thebout	Source Boukhira	Normes Algériennes
Coliformes Totaux (C/100ml) C=colonies	237	88	<50
E-coli (C/100ml) C=colonies	44	0	<20
Streptocoques Fécaux (C/100ml) C=colonies	43	0	<20

II.6.1 Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont retrouvés au niveau de la source Thebout et varient entre (237 et 1100 C/100ml). Pour la source Boukhira, les valeurs obtenues sont comprises entre 88 et 416 C/100ml.

II.6.2 *Escherichia coli*

E.coli retrouvés aux niveaux de la source Thebout varient entre 9 et 44 C/100ml. Pour la source Boukhira, leurs teneurs varie entre 0 et 2 C/100ml.

II.6.3 Streptocoques fécaux

Les streptocoques retrouvés au niveau de la source Thebout varient entre 8 et 43 C/100ml. Pour la source Boukhira, nous avons enregistré entre 0 et 2 C/100ml.

- Les résultats des différentes analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de la source Thebout durant les deux périodes d'analyses indiquent les présences simultanées de tous les germes et les bactéries recherchés et présentent une flore totale très abondante qui s'accroit en période chaude (mois de juin).
- La présence de ce nombre important de germes et de bactéries pathogènes (*E. coli* ; streptocoques) est un indicateur de contamination fécale qui pourrait être causée par la pollution urbaine voire domestique.
- Il en ressort que l'eau de la source Thebout est impropre à la consommation et présente un danger sur la santé publique. Cette eau est donc polluée et non potable.

Conclusion

Les Coliformes totaux parmi lesquels, *E.coli* représentent approximativement 10 % des micro-organismes intestinaux humaines et animaux. Ils sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution.

La forte charge en bactéries et germes pathogènes pour l'eau de source de Thebout peut s'expliquer par :

- L'absence du périmètre de protection ;
- Les matières végétales ou une pollution biologique d'origine urbaine ou domestique (les eaux usées) ;
- L'élévation de température qui favorise la croissance des microorganismes.

La qualité bactériologique de cette eau est impure, avec une présence d'une contamination fécale importante, ce qui fait que l'eau de cette source est impropre à la consommation, et représente un danger sur la santé des habitants.

Les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de la source Boukhira répondent aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants. Ceci serait dû essentiellement à la situation géographique de cette source. Ces résultats nous laisse déduire que l'eau de cette source est de qualité bactériologique saine et est donc potable.

❖ Analyses statistiques

La figure 31 représente les résultats d'analyses composantes principales des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'étude

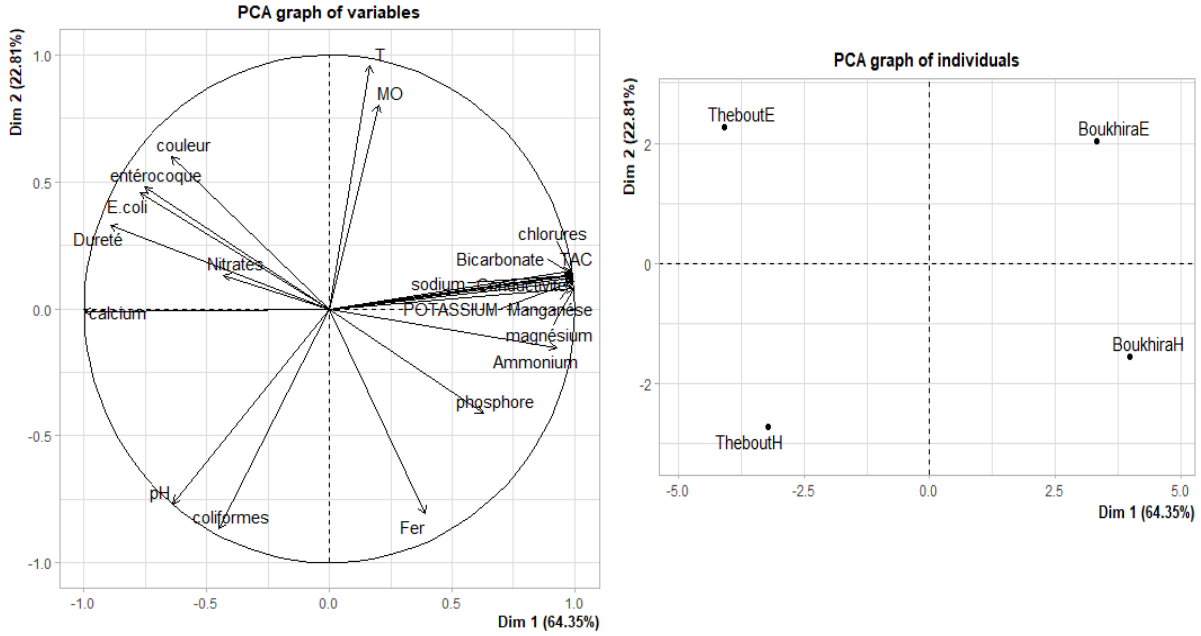


Figure 31 : Résultats d'analyses en composantes principales des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau des deux sources durant les deux périodes d'étude.

- Une forte corrélation positive entre le phosphate, ammonium, magnésium, potassium, sodium, bicarbonate, chlorure, TAC, conductivité.

Aussi, la couleur, dureté, nitrate, calcium, E. coli, entérocoque, corrélées positivement.

- Le pH, fer, phosphate, coliforme, à une corrélation négative avec la couleur, la matière organique, chlorure. (Fig, 31).

- Les entérocoques sont corrélés positivement avec les paramètres de pollutions ceci s'explique qu'elles sont des indicateurs de pollution qui peut être d'origine fécales.

Conclusion générale

Notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique des eaux de deux sources dans des régions différentes : Boukhira (Tigzirt) et Thebout (ouadias) situées dans la wilaya de Tizi-Ouzou et destinées à la consommation humaine.

Les différents résultats nous ont permis de conclure que :

- Sur le plan physico-chimique l'eau de la source Boukhira est une eau qui présente une minéralisation élevée comparée à l'eau de la source Thebout. Ce qui se traduit, d'ailleurs, par une plus forte présence de résidus secs ;
- L'eau de la source Boukhira est plus dure que l'eau de la source Thebout mais toutes les deux sont pures quant à leur teneur en magnésium et qui se situe au-dessous des normes fixées par l'O.M.S ;
- Sur le plan pollution organique, les deux sources ne présentent ni pollution ammoniacale ni pollution nitrique ;
- L'analyse bactériologique a permis, par contre, de démontrer que la source Boukhira est de bonne qualité, en revanche l'eau de la source Thebout est une eau de mauvaise qualité en raison de la présence des coliformes, streptocoques et *E. coli.*

La forte prolifération des microorganismes dans l'eau de la source Thebout indique la vulnérabilité de cette dernière et le manque de protection, du fait qu'elle soit proche des habitations et des rejets domestiques. Cette dégradation affecte la qualité de l'eau, par conséquent, la santé des consommateurs.

Pour préserver les eaux des sources nous recommandons :

- La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité ;
- De sensibiliser les populations quant à la consommation des eaux non-contrôlées et leur expliquer les risques éventuels ;
- D'organiser des unités de contrôle pour la totalité des eaux consommées par les populations ;
- D'améliorer les réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- De mettre en place des canalisations en PVC.

Pour conclure, nous proposons de procéder à une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau des sources et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Références Bibliographiques

« A »

AMICHI Z. AMIRI K ; (2020). Contribution à l'étude des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thebout. Mém ing option biodiversité et environnement de l'université Mouloud Mammeri Tizi ouzou. **90p**

ANONYME., (2015). Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec.ω Détermination de la conductivité : méthode électro métrique, MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1,Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, **9p.**

AIT ABDELAZIZ F. BEN HAMLAT F., (2016) . Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes « Abi Youcef-Yakouren Bouzguene » Mémoire de master protection de l'environnement Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques UMMTO. **68p**

« B »

BESSALEM Z. HASSANI S ., (2017). Contribution à l'étude des paramètres physico chimiques et bactériologique sur deux périodes. Mém. Ing. Bio option : protection de l'environnement de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou**. 62p**

« C »

CHERY L. ; (2006). La qualité des eaux souterrain ; méthode de caractérisation des états de référence des aquifères. Français Edition brgn. Paris ; **238p**

CHOUGAR L. ; (2015). Traitement phyico chimique et bactériologiques de l'eau. Mém ing bio option : protection de l'environnement de l'université Mouloud Mammeri Tizi ouzou ; **60p**

« D »

DEGREMONT.,(1989). Mémento technique de l'eau Tome I et II : Edition, Cinquantenaire, Paris. **137p**.

DELARRAS C. ,(2003). Surveillance Sanitaire et Microbiologique des Eaux : Réglementation. Prélèvement., Analyse 2éme édition Lavoisier. **225p**

« G »

GENIN B., (2003). Cours d'eau et indices biologiques 2éme édition,**221p**

« k »

KENNETH M et FRANÇOIS V., (1976). Biologie de la pollution. Librairie Vuibert. Paris, **71p.**

« L»

LOUISE S., (2012). La gestion durable de l'eau.Edition : DUNOD, **256p.**

LUNC J. et LAGRADETTE M. (2004). L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris, **48 p**

« M »

MAIGA A ., (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM. SA dans la ville de Bamako ; évaluation saisonnière. Thèse de doctorat, université de Bamako, MALI ,**71P**

« P »

POTELON J et ZYMAN K., (1998). Le guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre de cadre territoriale. **220p**

« R »

RAMADE F., (2005). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau**.** Ed. Ediscience-international. Paris,**528p.**

REJESK F., (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Edition MASSON.

RODIER J., (1996). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mers. Edition Dunod. Paris, **1383p**

RODIER J ., (2005) . L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux Résiduaires. Eaux de mers. 8éme édition. Edition Dunod. **1381p**

RODIER J., (2009). L'analyse de l'eau 9éme edition. DUNOD. Paris, **1526p**

ROUX J. C., (1995). Les secrets de la terre. BRGM. Paris, **63p**

« T »

TARDAT M., (1991). Chimie des eaux 2ème édition, les éditions de griffon d'argile, **213p**

« V »

VILAGINES R., (2003). Eau, environnement et santé publique : introduction à l'hydrogéologie. 2ème édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. **P 3-187**.

SITE INTERNET (2022) :
-www.google maps

Annexes

Annexe 1 : Bulletin d'analyses des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau de source Boukhira (Tigzirt) dans la période hivernale avec valeurs indicatives..

Groupe de paramètres	paramètre	Unité	Indicative	Min	Max	Méthode	Valeur mesurée	Conforme
Paramètre physico chimique	PH	Unité de pH	Oui	6.50	9.00	Potentiométtrique	7.52	Oui
	Température	°C	Oui	0.00	25.00	Mesure de la température	17.5	Oui
	Conductivité à 20c°	µS/cm	Oui	0.00	2800.00	Détermination par méthode électrochimique à la sonde	1136.00	Oui
Paramètre organoleptique	Turbidité	NTU	Oui	0.00	5.00	/	0.70	Oui
	Couleur	mg/l echelle ept	Oui	0.00	200.00	Colorimètre en platine-cobalt	0.00	Oui
Paramètre indésirable	Fer dissous	mg/l	Non	0.00	1.00	Spectrométrique d'absorption moléculaire	0.03	Oui
La minéralisation globale	Manganèse	mg/l	Non	0.00	1.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.05	Oui
	Calcium	mg/l en Ca	Oui	0.00	200.00	Titrimétrique a l'EDTA	34.00	Oui
	Dureté totale (TH)	mg/l en CaCo3	Oui	0.00	500.00	Par complexométrie	180.00	Oui
	Alcalinité (TAC)	mg/l en CaCo3	Oui	65.00	350.00	Titrimétrique	368.00	Oui
	Chlorures	mg/l Ci	Non	0.00	600.00	Titrimétrique	140.00	Oui
	Potassium	mg/l	Oui	0,00	12.00	Par Spectrométrie d'emission de flamme	3.00	Oui
	Sodium	mg/l	Non	0,00	200.00	Spectrophotométre à flamme	200.00	Oui
	Bicarbonates	mg/l	oui	0,00	0,00	Titrimétrique	449.00	Oui

	Magnésium	mg/l	Non	0,00	50.00	Titrimétrique a l'EDTA	23.00	Oui
	Sulfates	mg/l SO4	Oui	0.00	400.00	Néphélométrie	55.00	Oui
Paramètre de la pollution	Ammonium	mg/l	Non	0,00	4,00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0,02	Oui
	Nitrates	mg/l NO3	Non	0.00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	3,67	Oui
	Nitrites	mg/l					0.02	
	phosphore	mg/l	Non	0.00	10.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0,39	Oui
	Matière organique (MO)	mg/l O2	Non	0.00	15.00	Oxydation en KMnO4 à chaud au milieu acide	0,16	Oui
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	Non	0.00		Par filtration sur membrane	2.00	Oui
	Entérocoque	n/100 ml	Non	0.00		Par filtration sur membrane	2.00	Oui
	Bactéries coliformes	n/100 ml	Non	0.00		Liquide	416.00	Non

Annexe 2 : Bulletin d'analyses des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau de source Thebout (ouadhias) dans la période hivernale avec valeurs indicatives.

Groupe de paramètres	Paramètre	Unité	Indicative	Min	Max	Méthode	Valeur mesurée	Conforme
Paramètre physico chimique	PH	Unité de pH	Oui	6.50	9.00	Potentiométtrique	7,99	Oui
	Température	°C	Oui	0.00	25	Mesure de la température	11,50	Oui
	Conductivité à 20c°	µS/cm	Oui	0.00	2800.00	Détermination par méthode électrochimique à la sonde	368.00	Oui
Paramètre organoleptique	Turbidité	NTU	OUI	0.00	5	/	0,84	Oui

	Couleur	ml/g echelle pt	Oui	0.00	20.00	Colorimètre en platine-cobalt	0.00	Oui
Paramètre indésirable	Fer dissous	mg/l	Non	0.00	0.30	Spectrométrique d'absorption moléculaire	0,02	Oui
La minéralisation globale								
	Calcium	mg/l en Ca	Oui	0.00	200.00	Titrimétrique a l'EDTA	66.00	Oui
	Dureté totale (TH)	mg/l en CaCo3	Oui	0,00	500.00	Par complexométrie	188.00	Oui
	Alcalinité (TAC)	mg/l en CaCo3	Oui	65.00	350.00	Titrimétrique	172.00	Oui
	Chlorure	mg/l Ci	Non	0.00	500.00	Titrimétrique	12.00	Oui
	Potassium	mg/l	Oui	0.00	12.00	Spectrométrie d'emission de flamme	1,00	Oui
	Sodium	mg/l	Non	0,00	200.00	Spectrophotométre à flamme	6.00	Oui
	Bicarbonates	mg/l	Oui	0.00	0,00	Titrimétrique	210.00	Oui
	Magnésium	mg/L	Non	0,00	50.00	Titrimétrique a l'EDTA	6.00	Oui
	Sulfates	mg/l SO4	Oui	0.00	400.00	Néphélométrie	4.00	Oui
Paramètre de pollution	Ammonium	mg/l	Non	0.00	0.50	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00	Oui
	Nitrate	mg/l NO3	Non	0.00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.02	Oui
	Nitrite						0.00	
	phosphore	mg/l	Oui	0.00	5.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00	Oui
	Matière organique (MO)	mg/l O2	Non	0.00	10.00	Oxydation en KMnO4 a chaud au milieu acide	0,24	Oui
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	9.00	Oui
	Entérocoque	n/100 ml	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	8.00	Oui
	Bactéries coliformes	n/100 ml	Non	0.00	50.00	Par filtration sur membrane	1100.00	Non

Annexe 3 : Bulletin d'analyses des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau de source Boukhira (Tigzirt) dans la période estivale avec valeurs indicatives.

Groupe de paramètres	Paramètre	Unité	Indicative	Min	Max	Méthode	Valeur mesurée	Conforme
Paramètre physico chimique	PH	Unité de pH	OUI	6.5	9.00	Potentiométtrique	7,25	Oui
	Température	°C	OUI	0.00	25.00	Mesure de la température	22.10	Oui
	Conductivité a 20°C	µS/cm	OUI	0.00	2800.00	Détermination par méthode électrochimique à la sonde	1130.00	Oui
Paramètre organoleptique	Couleur	mg/l Echelle pt	Oui	0.00	20.00	Colorimètre au platine-cobalt	0.00	Oui
Paramètre indésirable	Fer dissous	mg/l	Non	0.00	0.30	Spectrométrique d'absorption moléculaire	0 .01	Oui
La minéralisation globale	Manganèse	µg/l	Non	0.00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.05	Oui
	Calcium	mg/l en Ca	Oui	0.00	200.00	Titrimétrique a l'EDTA	35.00	Oui
	Dureté totale (TH)	mg/l en CaCo3	Oui	0.00	500.00	Par complexométrie	180.00	Oui
	Alcalinité (TAC)	mg/l en CaCo3	Oui	65.00	350.00	Titrimétrique	370.00	Oui
	Chlorure	mg/l Ci	Non	0.00	500.00	Titrimétrique	155.00	Oui
	Potassium	mg/l	oui	0.00	12.00	Spectrométrie d'émission à flamme	3.00	Oui
	Sodium	mg/l	Non	0.00	200.00	Spectrométrie à la flamme	210.00	Non
	Bicarbonate(HCO3-)	mg/l	Oui	0.00	0,00	Titrimétrique	451.00	Oui
	Magnésium	mg/l	Non	0.00	50.00	Titrimétrique a l'EDTA	22.00	Oui

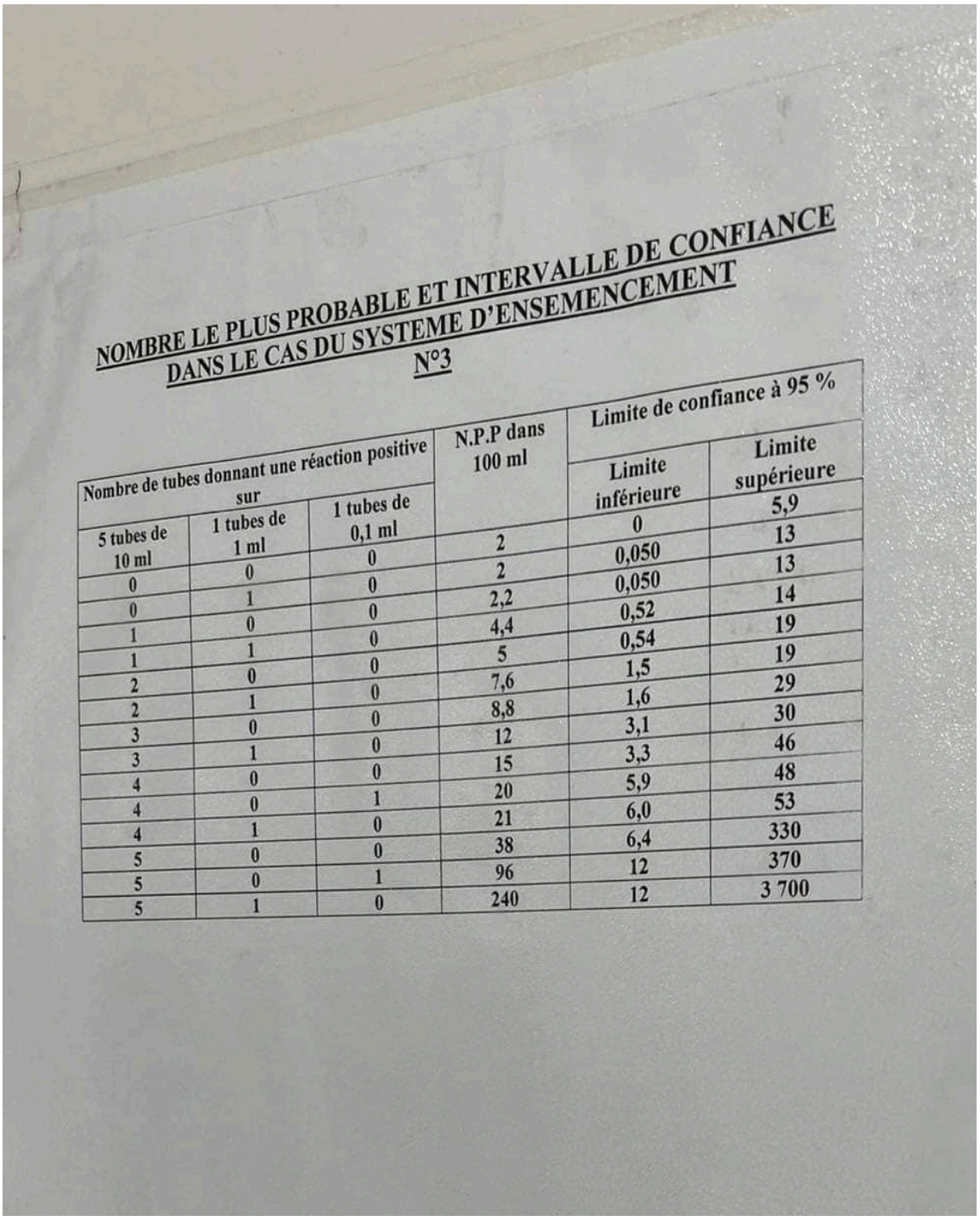
	Sulfate	mg/l SO4	Oui	0.00	400.00	Néphélométrie	62.00	Oui
Paramètre de la pollution	Ammoniu m	mg/l	Non	0.00	0.50	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.01	Oui
	Nitrates	mg/l NO3	Non	0,00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	4.54	Oui
	Nitrites	/	/	/	/	/	/	/
	Phosphore	/						
	Matière organique (MO)	mg/l O2	Non	0.00	10,00	Oxydation en KMnO4 à chaud au milieu acide	0.88	Oui
Paramètres microbiolo-giques	Escherichia coli	n/100	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	0.00	Oui
	Entérocoque	n/100	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	0.00	Oui
	Bactéries coliformes	n/100	Non	0.00	50.00	Par filtration sur membrane	88.00	Non

Annexe 4 : Bulletin d'analyses des paramètres physico chimiques et bactériologiques de l'eau de source Thebout (ouadhias) dans la période estivale avec valeurs indicatives .

Groupe de paramètres	Paramètre	Unité	Indicative	Min	Max	Méthode	Valeur mesurée	Conforme
Paramètre physico chimique	PH	Unité de pH	OUI	6.50	9.00	Potentiométtrique	7,54	Oui
	Température	°C	Oui	0.00	25.00	Mesure de la température	23.20	Oui
	Conductivité a 20°C	µS/cm	Oui	0.00	2800. 00	Détermination par méthode électrochimique à la sonde	395.00	Oui
Paramètre organoleptique	Couleur	mg/l Echelle pt	Oui	0.00	20.00	Colorimètre au platine-cobalt	3.00	Oui

Paramètre indésirable	Fer dissous	mg/l	Non	0.00	0.30	Spectrométrique d'absorption moléculaire	0 .01	Oui
La minéralisation globale	Manganèse	/	/	/	/	/	/	/
	Calcium	mg/l en Ca	Oui	0.00	200.00	Titrimétrique a l'EDTA	71.00	Oui
	Dureté totale (TH)	mg/l en CaCo3	Oui	0.00	500.00	Par complexométrie	200.00	Oui
	Alcalinité (TAC)	mg/l en CaCo3	Oui	65.00	350.00	Titrimétrique	180.00	Oui
	Chlorures	mg/l Ci	Non	0.00	500.00	Titrimétrique	12.00	Oui
	Potassium	mg/l	Oui	0.00	12.00	Spectrométrie d'émission de flamme	1.00	Oui
	Sodium	mg/l	Non	0.00	200.00	Spectrophotométre à flamme	6.78	Non
	Bicarbonate (HCO3-)	mg/l	Oui	0.00	0,00	Titrimétrique	220.00	Oui
	Magnésium	mg/l	Non	0.00	50.00	Titrimétrique a l'EDTA	6.00	Oui
	Sulfate	/	/	/	/	/	/	/
Paramètre de la pollution	Ammonium	mg/l	Non	0.00	0.50	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00	Oui
	Nitrates	mg/l NO3	Non	0,00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	4.23	Oui
	Nitrites	/	/	/	/	/	/	/
	Phosphore	mg/l	oui	0.00	5.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00	Oui
	Matière organique (MO)	mg/l O2	Non	0.00	10,00	Oxydation en KMnO4 à chaud au milieu acide	0.48	Oui
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	43.00	Non
	Entérocoque	n/100 ml	Non	0.00	20.00	Par filtration sur membrane	44.00	Non
	Bactéries coliformes	n/100 ml	Non	0.00	50.00	Par filtration sur membrane	237.00	Non

Annexe 4 : Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement.



NOMBRE LE PLUS PROBABLE ET INTERVALLE DE CONFIANCE DANS LE CAS DU SYSTEME D'ENSEMENCEMENT N°3

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
5 tubes de 10 ml	1 tubes de 1 ml	1 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	0	1	2	0,050	13
0	1	0	2,2	0,050	13
1	0	0	4,4	0,52	14
1	1	0	5	0,54	19
2	0	0	7,6	1,5	19
2	1	0	8,8	1,6	29
3	0	0	12	3,1	30
3	1	0	15	3,3	46
4	0	0	20	5,9	48
4	0	1	21	6,0	53
4	1	0	38	6,4	330
5	0	0	96	12	370
5	0	1	240	12	3 700
5	1	0			

Résumé

L'eau des sources de la Wilaya de Tizi-Ouzou ; **« Thebout , Boukhira »** représentent une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la wilaya de Tizi-Ouzou. A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une étude qualitative du point de vue physicochimique et bactériologique de l'eau des sources en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur. Cette étude consiste la comparaison entre deux sources d'eau de tranches altitudinales différentes, en évaluant les paramètres physicochimiques et bactériologiques de ces eaux.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que l'eau de ces deux sources sont des eaux à dominance calcaire, ce qui a permis de les classer comme des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonate de calcium. En effet, l'eau de la source de Thebout est plus dure que l'eau de Boukhira. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau.

Concernant l'analyse bactériologique, pour la source Boukhira, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination. On conclue que ces eaux sont de bonne qualité. Elles sont propres à la consommation humaine. Par contre, l'eau de la source Thebout s'est révélée impropre et déconseillée pour la potabilité.

Mots clés : eaux de source, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

Abstract

The water of the sources of wilaya of Tizi-Ouzou ; Thebout, BoukhiraResprent an important resource of the water of drinking to the inhabitants of tizi ouzou area , for this purpose this present work is to carry out a qualitative study by a physiochemical and bacteriological point of view of this sources of water based on the drinking water of Algerian consomation to assure the healthy and the wellness of the customer, this study is to make a comparaison between three sources of altitudinal slices of different water with evaluation ther physiochemical and bacteriological settings of this water .

The water from these two sources is predominantly limestone waters which allowed them to be classified as bicarbonated waters with a predominance of calcium carbonate. Indeed, the water from the source of Thebout is harder than the water of Boukhuira. However, the results obtained obey the standards of drinkability of the water.

Regarding the bacteriological analysis, for the source Boukhira the results revealed the total absence of indicators of fecal contamination. We conclude that these waters are of good quality. They are fit for human consumption. On the other hand, the water of Thebout spring has proven to be unsuitable and not recommended for drinkability