

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BLIDA 1**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et de la Physiologie Cellulaire
Laboratoire de Recherche : Biotechnologies, Environnement et Sante
Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de
Master en Hydrobiologie marine et continentale
Option : Ecosystèmes Aquatiques**

Thème

**Etude préliminaire de la caractérisation physico-chimique
et bactériologique des eaux de sources du Parc National de
Chrèa**

**Présenté par :
ZAOUI Soumaia
KAID ALI Khadidja**

Devant le Jury :

Mme SAIDI F.	Présidente	Professeur	USDB
Mme RADJ N.	Examinatrice	M.A.A	USDB
Mme HAMAJDI F.	Promotrice	Professeur	USDB
Mme OUAHCHIA C.	Co- Promotrice	Enseignante Vacataire	USDB

2019/2020

Remerciements

Nous remercions Allah dans sa grandeur et miséricorde de nous avoir donné la santé, le courage et la ténacité afin de réaliser et concrétiser ce projet.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté conseils encouragement et assistance et en particulier :

*A notre Promotrice **M^{me} HAMIDI F**, d'avoir accepté de diriger ce travail et pour sa patience, aide, ses conseils et encouragements durant le déroulement de ce travail.*

*A notre Co-promotrice **M^{me} OUAHCHIA C**, pour ces précieuses conseils, sa gentillesse et sa disponibilité de tous les instants.*

*A **M^{me} SAIDI F**, pour avoir accepté de présider notre honorable jury.*

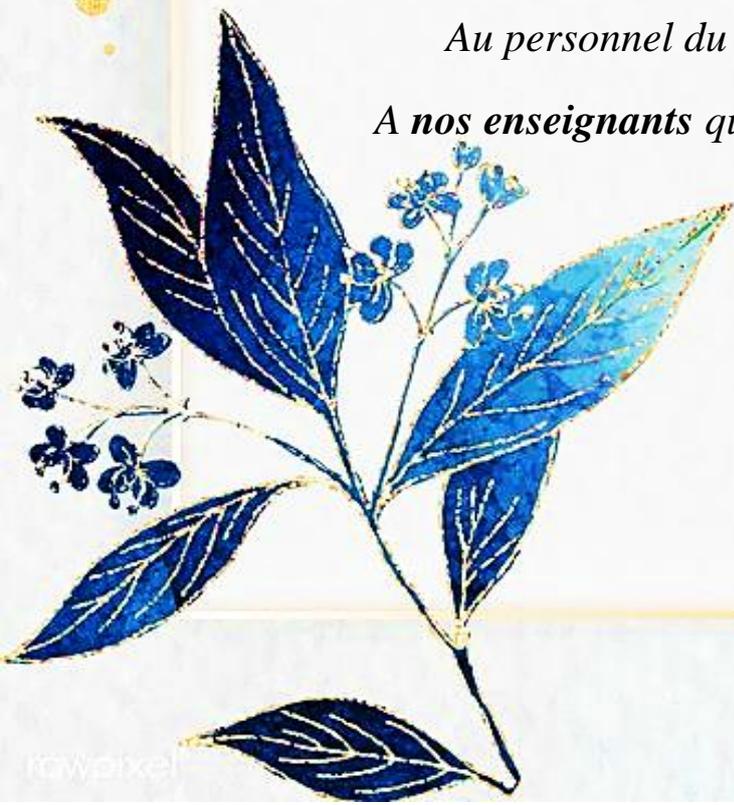
*A **M^{me} RADI N**, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Au personnel de laboratoires **L'ADE** de Chiffa de la wilaya de Blida,*

*Au personnel du **Parc National de Chréa**,*

A nos enseignants qui ont assuré notre formation.

Merci



Dédicace

Je remercie en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce mémoire, il a été et sera toujours à côté de moi pour réussir à terminer n'importe quel travail.

A ma mère symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A mon père pour son affection, son soutien, ses sacrifices et ses encouragements. Merci pour tous ce que tu nous apportes quotidiennement. Que dieu te garde pour nous.

A mes chères sœurs pour leur soutien et leur présence de tous les instants, je vous aime tellement.

A mes chers frères Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussit.

A mes grands-parents que Dieu les bénisse.

A mes copines avec qui j'ai partagé des bons moments tout au long de mon parcours.

A ma binôme Khadidja ainsi que toute sa famille, Je vous souhaite plus de succès.

A tous mes enseignants qui ont contribué à mon succès et ma formation.

Et enfin à toute personne qu'elle a priée pour moi.

Soumaia

Dédicace

*A Celle qui m'a enseigné la patience, la fierté et la réussite. A la lumière qui éclaire mon chemin : **ma chère maman** (Samira Khelladi).*

*A celui qui m'a comblé d'amour et de courage à **papa chéri** (Fethi).*

*A **mon très cher** grand-père que dieu lui accorde une longue vie et une bonne santé inchaalah.*

*A **mes complices** : Amina, IHCEN ainsi que Abd el aziz, Abd el rahman et Yazid.*

*A **ma chère tante** Khelladi Hassina : ma reconnaissance ne se limite pas à une page, je salue grandement vos efforts à la patience de savoir écouter, transmettre et encourager Ainsi que **tonton** khechna Mohamed.*

*A tous **mes amis***

*A **ma binôme** « Soumaia » et toute sa famille*

*A tous **mes professeurs** de primaire jusqu'à l'université*

Et a Tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Khadija

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

ARS : Agence Régionale de Santé.

B.E.A : Gélose Bile Esculine Azide.

B.N.E.F : Bureau National des Etudes Forestières.

BCPL : Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocresole.

C.I.E : Centre d'information sur l'eau.

D/C : Double Concentration.

EDTA : Éthylène Diamine Tétra –Acétique.

FUNASA : Fondation Nationale de la Santé.

ISO : International Organisation for Standardisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matière en suspension (mg/L).

mmole.L⁻¹ : millimole par Litre.

N : Normalité.

NA : Norme Algérienne.

Net : Noir d'ériochrome T.

NF : Norme Française.

NPP : Nombre le plus probable.

NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

PNC : Parc National de Chréa.

RS : Résidu sec (mg/L).

S/C : Simple Concentration.

S1 : 1^{ère} source (Ain Titayeur).

S2 : 2^{ème} source (Marmoucha 2).

S3 : 3^{ème} source (Marmoucha 1).

S4 : 4^{ème} source (Ain Kechout).

S5 : 5^{ème} source (Oued El Bellat 2).

S6 : 6^{ème} source (Oued El Bellat 1).

TA : Titre alcalimétrique (mg/L).

TAC : Titre alcalimétrique complet (mg/L).

TDS : Solides Dissous Totaux.

TH : Titre hydrotimétrique (mg/L).

TTC : Tergitol Tétrazolium Chlorure.

UFC : Unité fondamentale des colonies.

UV : Ultraviolet.

HCEFLCD : Haut-Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification.

Liste des tableaux

N° Tableau	Titre	page
I.	Normes légales de la qualité des eaux de sources pour l'Algérie et l'Europe	5
II.	Limites de qualité bactériologique des eaux destinées à la consommation humaine	6
III.	Caractéristiques des points de prélèvement	17
IV.	Fiche de prélèvement	19
V.	Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique	42
VI.	Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique	42
VII.	Conductivité électrique et taux de minéralisation des six sources dans cette étude	43
VIII.	Classifications des eaux de sources en fonction de la minéralisation	44
IX.	Caractéristiques hydrochimiques des eaux en fonction de la minéralisation	45
X.	Valeurs du la dureté (TH) des sources étudiées	45
XI.	Valeurs du titre alcalimétrique simple (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) des sources étudiées	47
XII.	Valeurs du chlorure (Cl ⁻) des différentes sources	47
XIII.	Valeurs du Sulfates des différentes sources	48
XIV.	Valeurs d'Ammonium des différentes sources	48
XV.	Valeurs des Nitrites des différentes sources	48
XVI.	Valeurs des Nitrates des différentes sources	49
XVII.	Valeurs des orthophosphates des différentes sources	49
XVIII.	Valeurs du fer des différentes sources	50
XIX.	Résultats des analyses bactériologiques des eaux de sources et la norme du JORA	50
XX.	Résultats des analyses physico-chimiques	Annexe II
XXI.	Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement (NPP)	Annexe III

Liste des figures

N° Figure	Titre	page
Figure 1.	Carte de localisation géographique des sources d'eaux étudiées.....	17
Figure 2.	Photos des différentes sources d'eaux échantillonnées.....	18
Figure 3.	Colimétrie en milieu liquide : test de présomption	31
Figure 4.	Colimétrie en milieu liquide : test de confirmation.....	33
Figure 5.	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par la méthode de filtration sur membrane	35
Figure 6.	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide : test de présomption	36
Figure 7.	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide : test de confirmation	38
Figure 8.	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux par la méthode de filtration sur membrane	39
Figure 9.	Valeurs de la température des différentes sources au niveau des sites de prélèvement (In situ)	40
Figure 10.	Valeurs du pH des différentes sources	40
Figure 11.	Valeurs de la turbidité des différentes sources.....	40
Figure 12.	Valeurs du résidu sec des différentes sources	43
Figure 13.	Variation des concentrations en calcium et en magnésium des sources étudiées	46
Figure 14.	Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les coliformes totaux.	53
Figure 15.	Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les coliformes fécaux.	53
Figure 16.	Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les streptocoques fécaux.	54

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTES DES FIGURES

RESUME

INTRODUCTION.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I. GENERALITES SUR LES EAUX SOUTERRAINES.....2

I.1. Eaux souterraines.....2

I.1.1. Origine des eaux souterraines2

I.1.2. Caractéristiques générales des eaux souterraines2

I.1.3. Potabilité.....3

I.1.4. Usages des eaux souterraines3

I.2. Sources3

I.2.1. Définition.....3

I.2.2. Nature et localisation des sources.....4

I.2.3. Types des sources4

I.3. Normes de qualité des eaux de sources5

II. PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES EAUX.....7

II.1. Paramètres organoleptiques7

II.2. Paramètres physico-chimiques.....8

II.3. Paramètres bactériologiques12

III. EAUX DE SOURCE EN ALGERIE.....14

III.1. Sources d'eau de la région de Blida14

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES.....	15
I.1. Présentation de la région d'étude	15
I.1.1. Parc National Chréa et ses limitations	15
I.1.2. Climat et bioclimat	16
I.1.3. Géologie du Parc National de Chréa	16
I.2. Présentation des sites de prélèvement	16
I.3. Echantillonnage et mode de prélèvement	19
I.3.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique.....	19
I.3.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique.....	19
I.3.3. Identification, transport et conservation des échantillons	20
I.4. Analyses physico-chimiques	20
I.5. Analyses bactériologiques.....	30
II. RESULTATS ET DISCUSSION.....	40
II.1. Résultats des analyses physico-chimiques	40
II. 2. Résultats des analyses bactériologiques.....	50
CONCLUSION.....	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	



RESUME



RÉSUMÉ

Cette étude vise à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources (Ain Tirayeur, Marmoucha 1, Marmoucha 2, Ain Kechout, Oued El Bellat 1, Oued El Bellat 2) situées dans la région centrale du Parc National Chréa (PNC).

Les prélèvements ont été effectués au niveau de chacune des sources au cours d'une seule campagne d'échantillonnage. Des analyses physico-chimiques ainsi que bactériologiques ont été réalisés au niveau du laboratoire Algérienne Des Eaux (ADE), en se référant aux normes du journal officiel algérien.

Les résultats physico-chimiques montrent que les sources sont d'excellente qualité et d'une minéralisation moyenne. À l'exception de la source S6 qui présente une mauvaise qualité résultant d'une turbidité de 9,60 NTU dépassant la valeur préconisée et d'une minéralisation moyenne accentuée influencée par les facteurs anthropiques.

La représentation des données d'analyse pour la classification des eaux de source échantillonnées indique que toutes les eaux sont de type Oligo –minérales.

Les résultats bactériologiques indiquent la présence de germes indicateurs de contamination fécale dans la majorité des sources dépassant la norme tolérée à l'exception des sources S1 et S5 qui sont d'excellente qualité bactériologiques et sont exemptes de germes pathogènes.

Mots clés : Eaux de sources, Parc National de Chréa, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, minéralisation.

ABSTRACT

This study aims to assess the physicochemical and bacteriological quality of spring water (Ain Tirayeur, Marmoucha 1, Marmoucha 2, Ain Kechout, Oued El Bellat 1, Oued El Bellat 2) located in the central region of Chrea National Park (PNC).

Samples were taken from each of the sources in a single sampling campaign. Physicochemical and bacteriological analysis were carried out at the Algerian Des Eaux laboratory (ADE), referring to the standards of the Algerian official journal.

The physicochemical results show that the sources are of excellent quality and average mineralization. Except for source S6, which presents poor quality resulting from turbidity of 9.60 NTU exceeding the recommended value and from accentuated average mineralization influenced by anthropogenic factors.

The representation of the analysis data for the classification of the sampled spring waters indicates that all the waters are of the Oligo-mineral type.

Bacteriological results indicate the presence of indicator bacteria of fecal contamination in the majority of sources exceeding the tolerated standard except for sources S1 and S5, which are of excellent bacteriological quality and are free of pathogenic germs.

Keywords: Spring waters, Chrea National Park, physical and chemical analysis, bacteriological analysis, mineralization.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجودة الفيزيائية، الكيميائية والبكتريولوجية لمياه الينابيع (عين تيرايبور، مرموشة 1، مرموشة 2، عين كشوط، واد البلاط 1، واد البلاط 2) الواقعة في المنطقة الوسطى من الحظيرة الوطنية للشريعة.

تم أخذ عينات من كل مصدر في حملة عينات واحدة. وأجريت التحاليل الفيزيائية، الكيميائية والبكتريولوجية في مختبر الجزائرية للمياه في إشارة إلى معايير الجريدة الرسمية الجزائرية.

أظهرت النتائج الفيزيائية والكيميائية أن مياه الينابيع ذات جودة ممتازة وتمعدن متوسط. باستثناء مياه الينبوع 6، الذي يقدم جودة رديئة ناتجة عن تعكر الماء بمقدار 9.60 عكورة الكدر (نفلومترك) والتي تتجاوز القيمة الموصى بها ومن متوسط التمعدن المشدد المتأثر بالعوامل البشرية.

يشير تمثيل بيانات التحليل لتصنيف مياه الينابيع التي تم أخذ عينات منها إلى أن جميع المياه من نوع قليلة التمعدن

تشير النتائج البكتريولوجية إلى وجود بكتيريا مؤشر على تلوث البراز في غالبية المصادر التي تتجاوز المعيار المسموح به باستثناء مياه الينابيع 1 و5 ذات الجودة البكتريولوجية الممتازة وخالية من الجراثيم المسببة للأمراض.

الكلمات المفتاحية: مياه الينابيع، الحظيرة الوطنية للشريعة، التحاليل الفيزيائية-الكيميائية، التحاليل البكتريولوجية، التمعدن.



INTRODUCTION



Introduction

L'eau est une ressource naturelle de plus en plus rare, l'homme vient de réaliser que ses ressources sans fin seront bientôt insuffisantes. En effet, l'évolution de la vie sur terre a montré que l'eau existe à tous les niveaux de la société humaine, en passant par l'agriculture que nous ne pouvons pas remplacer. Tous ces secteurs consomment non seulement de l'eau pour répondre à leurs besoins, mais entraînent également la pollution de grandes quantités d'eau (**Kettab, 2020 ; El Battiui, 2008**).

La consommation d'eau polluée par les populations a pour conséquence le développement des maladies hydriques dues entre autres : aux germes pathogènes, aux produits cancérigènes et aux composés azotés. Si des actions immédiates ne sont pas entreprises, la contamination des eaux souterraines sera à l'origine d'une pénurie d'eau potable dans les années à venir (**Hassane, 2010**).

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées, parallèlement à leurs surexploitations en débit. La pollution des nappes d'eaux souterraines du nord du pays atteint un seuil critique au point de présenter un véritable danger de santé publique (**Boudjadja et al., 2003**).

Les eaux de sources constituent des exutoires naturels des eaux souterraines. Pendant longtemps, elles ont été considérées comme une "eau propre" qui répond naturellement aux normes de qualité d'eau potable, mais sont toujours limitées et subissent par diverses pressions anthropiques tels que la surexploitation, diverses sources de pollution les rendant vulnérables. Il est ainsi nécessaire de surveiller leur qualité en les protégeant (**Kettab, 2020 ; Degremont, 2005**).

C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude préliminaire. Nous nous sommes intéressées à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux provenant de six sources situées au niveau du parc national de Chréa.

Les objectifs étaient:

- ❖ D'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources en référant aux normes du Journal Officiel Algérien.
- ❖ De tenter de classer ces sources étudiées selon leur minéralisation et leur composition chimique.



PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE



I. GENERALITES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

I.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent une ressource naturelle importante. Elles représentent un réservoir où l'on peut extraire une eau de bonne qualité du point de vu physico-chimique et bactériologique pour l'approvisionnement en eau potable (**Delarras et al., 2010**).

I.1.1. Origine des eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des eaux d'infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique (**Stanley, 2005**).

I.1.2. Caractéristiques générales des eaux souterraines

Selon **Iguetoulene (2009)** et **Degrement (2005)**, la nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. À tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule : il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau.

- Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées.
- Les eaux circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques et présentent souvent une dureté élevée.

Selon **Athman (2006)**, Elles se caractérisent par une température et une composition chimique constants, une turbidité faible où leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante et par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée.

Ces eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent généralement une concentration élevée (**Rodier et al., 2009**).

I.1.3. Potabilité

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles (**Degremont, 2005**).

I.1.4. Usages des eaux souterraines

Elles sont exploitées essentiellement comme eau potable (eau du robinet, eau de source et eau minérale), thermales, industrielles ou d'irrigation.

Selon **Degremont (2005)**, La législation française définit trois types d'eaux embouteillables :

- ✚ Les **eaux minérales** sont des eaux profondes qui peuvent contenir certains éléments en concentration supérieure à la concentration autorisée pour les eaux potables et qui sont douées de propriétés thérapeutiques reconnues. Elles sont distribuées en bouteille, avec parfois certains traitements bien définis comme : décantation naturelle, déferrisation par simple aération et filtration sur sable, élimination et/ou réincorporation du CO₂ originel.
- ✚ Les **eaux de source** objet de cette étude sont des eaux qui, contrairement aux eaux minérales, doivent en principe répondre, à l'émergence, aux critères de potabilité et ne subir aucun traitement. Certaines tolérances existent toutefois pour ôter certains éléments instables, comme le fer dissous, par les mêmes moyens naturels que pour les eaux minérales.
- ✚ À ces deux types d'eaux, on peut opposer le terme « **eaux rendues potables par traitement** » (anciennement « **eaux de table** ») qui correspond à des eaux embouteillées dont le seul critère est de répondre aux normes de potabilité, tout traitement préalable étant autorisé.

I.2. Sources

I.2.1. Définition

Une source est un lieu où les eaux souterraines apparaissent et s'écoulent sur le sol, elle est toujours liée à l'existence d'une nappe et peut être située au mur ou au toit du réservoir aquifère (**Ramade, 1998**).

Selon le **JORA (2004)**, l'eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine et qui ne peut faire l'objet d'aucun traitement ou adjonction autre que :

- la séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration.
- l'incorporation de gaz carbonique ou la dégazéification.

I.2.2. Nature et localisation des sources

La position des exutoires d'une nappe est conditionnée par la géométrie relative entre le réservoir aquifère, les imperméables bordiers et la surface topographique (**Eric et al., 2008**).

I.2.3. Types des sources

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses (**Hazzab, 2011**). On distingue trois types de sources :

➤ **Sources d'affleurement**

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie (**Vilagines, 2000**).

➤ **Sources d'émergence ou artésienne**

Elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont plus susceptibles de tarissement). Leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe et des précipitations saisonnières (**Bouziyani, 2006**).

➤ **Sources de déversement**

Ce type des sources naissent sur les pentes au-dessus du fond des vallées et se rencontrent dans les terrains calcaire ou granites qui sont fissurés en surface, (le réseau des fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir (**Bouziyani, 2006 ; Bonnin, 1982**).

I.3. Normes de qualité des eaux de sources

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes responsables des maladies à transmission hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau destinée à la consommation doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable (Coulibaly, 2005).

Le décret administratif du 22 mars 2011 stipule la qualité de l'eau potable humaine, qui détermine la proportion d'éléments contenus dans l'eau potable. Selon la réglementation européenne (Directive, 1998), les seuils fixés par la réglementation algérienne sur ces eaux sont comparés aux normes de l'eau potable (Tableau I). Nous notons que cette dernière est conforme aux directives de l'Organisation mondiale de la santé (JORA, 2011 ; OMS, 1998).

Tableau I. Normes légales de la qualité des eaux de sources pour l'Algérie et l'Europe

Caractéristiques	Symboles	Unités	Algériennes (Décret Exécutif n°11-125 du 22 mars 2011)	Européennes (Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998)
Caractéristiques physicochimiques				
pH	-	-	6.5-9	6.5-9.5
Conductivité à 20°C	-	µs/cm	2800	2500
Chlorures	Cl	mg/l	500	250
Sulfates	SO ₄	mg/l	400	250
Calcium	Ca	mg/l	200	-
Magnésium	Mg	mg/l	150	50
Sodium	Na	mg/l	200	200
Potassium	K	mg/l	12	12
Aluminium total	Al	mg/l	0.2	0.2
Substances indésirables				
Nitrate	NO ₃	mg/l	50	50
Nitrite	NO ₂	mg/l	0.2	0.5
Ammonium	NH ₄	mg/l	0.5	0.5
Fer	Fe	mg/l	0.3	0.2
Manganèse	Mn	mg/l	0.05	0.05
Cuivre	Cu	mg/l	2	2
Zinc	Zn	mg/l	5	3
Argent	Ag	mg/l	0.1	0.01
Fluorure	F	mg/l	1.5	1.5
Azote	N	mg/l	1	1
Substances toxiques				
Arsenic	As	mg/l	0.01	0.01
Cadmium	Cd	mg/l	0.003	0.005
Cyanure	Cn	mg/l	0.07	0.05
Chrome	Cr	mg/l	0.05	0.05
Mercure	Hg	mg/l	0.006	0.001
Plomb	Pb	mg/l	0.01	0.01
Sélénium	Se	mg/l	0.01	0.01
Benzo (1, 2, 3-cd) pyrène	-	µg/l	0.01	0.01

(JORA, 2011 ; Hazzab, 2011 ; OMS, 1998)

Cependant, lorsque la concentration où le nombre de bactéries contenues dans une eau dépasse les limites admises (Tableau II), l'eau devient impropre à la consommation (JORA, 2014 ; 2011).

Tableau II. Limites de qualité bactériologique des eaux destinées à la consommation humaine

Détermination	Normes
Coliformes totaux	Absence
Coliformes fécaux	Absence
Streptocoques fécaux	Absence
Spores d'anaérobies-sulfito-réducteurs	Absence
<i>Salmonella</i>	Absence
<i>Vibrion cholerae</i>	Absence

(JORA, 2014 ; 2011)

II. PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES EAUX

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques répondre à certains critères organoleptiques essentiels (incolore, insipide, inodore) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle (**Khadraoui et Taleb, 2012**).

II.1. Paramètres organoleptiques

❖ Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration comme les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. La couleur est esthétiquement indésirable (**FUNASA, 2013 ; Rodier et al., 2009**).

❖ Odeur

Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation et celle-ci a donc un caractère personnel.

L'eau potable doit être sans odeur, non-seulement au moment du prélèvement, mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 26°C. Les odeurs proviennent soit des produits chimiques, des matières organiques en décomposition, des protozoaires ou des organismes aquatiques (**Rodier et al., 2009**).

❖ Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier et al., 2009**).

Chaque eau possède un goût qui est en partie liée à sa composition minérale (**Teillet et al., 2008**).

II.2. Paramètres physico-chimiques

✚ Paramètres physiques

❖ Température

Il est important de connaître avec précision la température de l'eau. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. D'une façon générale : la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (**Ghazali et al., 2013**).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes et peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur de l'eau (**OMS, 1994**).

❖ Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H⁺ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles, cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (**Rodier et al., 2009**). Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 9 (**JORA, 2011**). Au-dessous de ce seuil l'eau est dite « agressive » et peut avoir un effet corrosif sur les canalisations mener à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb des conduites (**Savary, 2010 ; Bouziani, 2000**).

❖ Turbidité

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules fines en suspension qui rendent l'eau « trouble » à l'exemple des limons, des argiles, des micro-organismes (**Hecini et Achour, 2014 ; Rodier et al., 2009**).

Cependant une forte turbidité peut permettre aux micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension, de ce fait la qualité bactériologique d'une eau turbide est donc suspecte (**Ghazali et Zaid, 2013**).

❖ Conductivité électrique

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physico-chimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélange ou d'infiltration. La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et est donc corrélable à la minéralisation de celle-ci. La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Ghazali et Zaid, 2013).

❖ Minéralisation

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous. La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant (Sari, 2014).

✚ Minéralisation globale

❖ Résidu sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes d'une eau. le résidu sec déterminé à 180 °C est celui qui se rapprocherait le plus de la somme des différents résultats d'analyses, il est pratiquement exempt d'eau de cristallisation (Rodier et al., 2009).

❖ Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. les eaux souterraines, généralement plus riche en acide carbonique et en oxygène dissous, on une dureté moins élevée que ces dernières (Rodier et al., 2009).

❖ Calcium (Ca^{2+})

Parmi les alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature, sa teneur varie essentiellement suivant la nature géologique des terrains traversés, il peut varier de 1 à 150 mg/L (**Rodier et al., 2009**). Les eaux riches en calcium sont dites eaux dures, elles se rencontrent dans les régions où le sol organique est épais et les formations calcaires sont présentes (**Nechad et al., 2014**).

❖ Magnésium (Mg^{2+})

C'est un élément dominant dans l'eau qui représente le 7^{èm} élément le plus abondant à l'état naturel. Il constitue un élément significatif de la dureté. Sa teneur dépend du terrain traversé. Il dépasse rarement 15 mg/L dans les eaux naturelles. Par contre, dans les eaux minérales il peut largement dépasser cette valeur. Au même titre que le calcium, le magnésium est dosé par la méthode complexométrique. Le magnésium est un élément essentiel pour la photosynthèse des plantes (**Belkhiri et al., 2011**).

❖ Alcalinité TA et TAC

L'alcalinité ou le titre alcalimétrique complet (TAC) d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions d'hydrogènes (H^+). Ces ions sont dus à la présence des ions d'hydrogénocarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et Hydroxydes (OH^-). Par contre, l'alcalinité entraînée que par les ions OH^- et la moitié des ions CO_3^{2-} présents dans l'échantillon est appelé le titre alcalimétrique simple (TA). Ce dernier est nul pour un pH d'une eau inférieure à 8,3 (**Rejsek, 2002**).

❖ Sulfates (SO_4^{2-})

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse (CaSO_4), mais également de la pyrite (FeS_2) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende) (**Delmas et al., 2010**).

Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies), et l'utilisation d'engrais chimique et de lessive (**Ghazali et Zaid, 2013**).

❖ Chlorures (Cl⁻)

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. Ainsi, les eaux provenant de régions granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage. D'ailleurs la teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (**Rodier et al., 2009**).

Les chlorures peuvent être localement impliqués dans les pluies acides et les phénomènes d'acidification des eaux souterraines (**Bouziane et Labadi, 2009**).

✚ Paramètres de pollution

❖ Azote ammoniacal (NH₄⁺)

C'est la forme inorganique la plus réduite de l'azote dans l'eau. Il constitue une forme très soluble qui résulte de la décomposition de la matière organique azotée (d'origine végétal ou animal) ou de la réduction microbienne des nitrates ou des nitrites dans des conditions anaérobie (**Berche et al., 1998**). Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution (**Bentouati et Bouzidi, 2011**).

❖ Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantités relativement faibles. Ils résultent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Ils peuvent aussi provenir de l'étape de traitement des eaux. Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée en nitrites est considérée comme suspecte car elle est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (**Savary, 2010 ; Bouziani, 2000**).

❖ Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates dans l'eau proviennent généralement des engrais azotés, de la décomposition de matière végétale et animale, des effluents industriels, le taux de nitrates est très variable, suivant la saison et l'origine des eaux. L'ion nitrate est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme un support principal de la croissance du phytoplancton (**Rodier et al., 2009**).

❖ Orthophosphates (PO_4^{3-})

L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par des contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphates inférieures à 0,01 mg/L (C.I.E, 2005).

✚ Paramètres indésirables

❖ Fer (Fe^{2+})

C'est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air (Bouziari, 2000). Ce métal se classe en 4^{em} rang des éléments de la croûte terrestre. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/jour mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée et métabolisée (Rodier et al., 2009). Un excès de fer dans l'eau se précipite au contact de l'air en formant des zones rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (Bouziari, 2000).

II.3. Paramètres bactériologiques

❖ Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Verhille, 2013).

Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35 °C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Benajiba et al., 2013).

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia*. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (Rapport scientifique sur l'eau santé public, 2003).

❖ Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C en 48 heures (**Lebres et al., 2002**).

Il est mentionner qu'*Escherichia coli* est l'espèce le plus spécifique de ce groupe bactérien car en plus de ces caractéristiques, elle produise de l'indole à partir de tryptophane (**Ghaderpour et al., 2015**).

❖ Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des cocci à Gram positif, en chainettes, catalase négative, anaérobies et fermentent le glucose (**Grosjean et al., 2009**). Ils Possèdent l'antigène du groupe D définie par LANCEFIELD, parmi les espèces on retrouve : *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans*, *Streptococcus bovis* et *Streptococcus equinus*. Dans les eaux ils sont témoins de contamination fécale car ils ont tous un habitat fécal (**Brousseau et al., 2009 ; Bonnefoy et al., 2002**).

III. EAUX DE SOURCE EN ALGERIE

La répartition des sources en Algérie est naturellement non homogène, répondant ainsi aux disponibilités qu'offre la nature hydrogéologique des différentes régions de l'Algérie. Cette répartition indique que le bassin hydrographique de Chelif-Zahrez est dépourvu de sites d'eaux contrairement aux deux bassins Algérois-Hodna-Soummam et Constantinois-Seybousse-Mellegue, qui sont caractérisés par un maximum des sites.

Le maximum des sources est observé au niveau du bassin Algérois-Hodna-Soummam (53 %) mais c'est entre le nord et le sud que la répartition des sites des eaux minérales et des eaux de sources semble être plus contrastée (**Hazzab, 2011 ; Rapport de presse, 2007**).

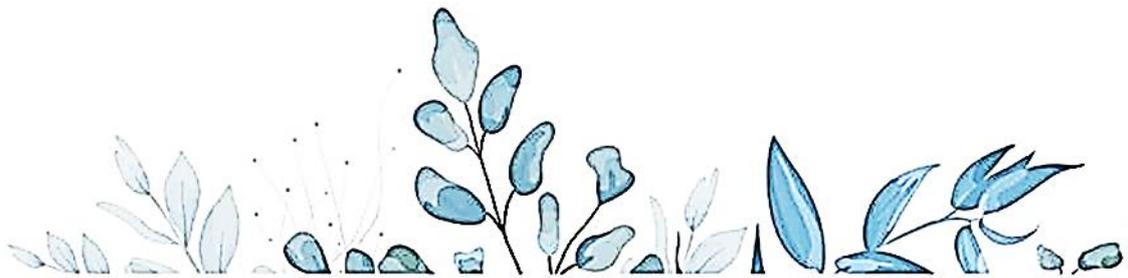
III.1. Sources d'eau de la région de Blida

Les sources sont localisées précisément dans la région de Chréa. Le partage des eaux est naturellement fait ; d'une part par la ligne de crêtes (d'orientation nord-est, sud-ouest) reliant les massifs de djebel Mermoucha, Djebel Ferroukha, et Djebel Guerroumène, et d'autre part par la ligne de crête orientée du nord vers le sud à partir de Djebel Guerroumène (Koudiat Sidi Abdelkader) jusqu'au point côté 1297 à Takitount, en croisant Djebel Sidi Mohamed. Ces deux lignes de crêtes scindent le territoire du parc national de Chréa en deux zones distinctes d'orientation sud-est et nord-ouest. Les eaux collectées au nord du parc se déversent dans l'oued Mazafran et la partie sud-est afflue vers l'oued El-Harrach (**BNEF, 1984**).

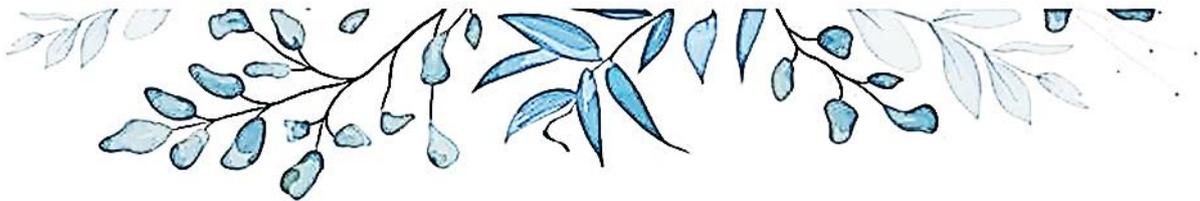


PARTIE
EXPERIMENTALE





I. MATERIEL ET METHODES



I. MATERIEL ET METHODES

Notre étude s'est étalée sur une période allant du 1 mars au 19 mars de l'année 2020. Elle s'est déroulée dans le laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Chiffa.

Des échantillons d'eau ont été prélevés à partir de six sources situées dans la partie centrale du Parc National de Chréa. Ces sources sont : source d'Ain Tirayeur, Marmoucha 1, Marmoucha 2, Ain Kechout, Oued El Bellat 1, Oued El Bellat 2.

Par la suite, nous avons procédé à une seule analyse physico-chimique et bactériologique des différents échantillons d'eau des six sources.

I.1. Présentation de la région d'étude

Le Parc National de Chréa, établissement public à caractère administratif, chargé de la protection et de la promotion des ressources naturelles a été créé en 1983 par le décret n° 83 - 461 du 23 juillet 1983. Il chevauche les wilayas de Blida, de Médéa et d'Ain Defla avec respectivement 67.1%, 32.6% et 0.30% de la superficie totale de son territoire, il s'étend sur une superficie de 26.587 ha (PNC, 2005).

I.1.1. Parc National Chréa et ses limitations

Le massif de l'Atlas Blidéen fait partie en Algérie des zones externes de la chaîne Alpine, situé à 50 km au sud-ouest d'Alger, le Parc National de Chréa, qui est la partie centrale de l'Atlas Tellien, d'orientation générale sud-ouest / nord-est, s'étend entre les parallèles 36°36' et 36°00' et les méridiens 3°20' et 2°40', la plaine de la Mitidja constitue sa limite nord et l'Oued Mellah sa limite sud (PNC, 2000 ; BNEF, 1984).

I.1.2. Climat et bioclimat

Le Parc National de Chr a est compris entre les isothermes 8  et 11 C de températures moyennes annuelles. Les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Les températures les plus basses sont de 3 C, alors que les températures maximales varient entre 26,3 et 33,6 C (Messaoud, 2011).

Du point de vue des précipitations, elles sont comprises entre les isohyètes 700-1400 mm/an. Celles-ci sont plus importantes dans les stations situées sur le versant nord-ouest (Meddour, 2002).

Selon Meddour (2002), Trois étages bioclimatiques ont été identifiées dans le Parc de Chr a, à savoir l'étage :

- ✚ Thermo méditerranéen   bioclimats humides doux couvrant la zone entre 200 et 600 m d'altitude.
- ✚ Méso méditerranéen   bioclimats humides tempérés et humides frais couvrant toutes les zones entre 600 et 1000 m d'altitude.
- ✚ Supra méditerranéen   bioclimats per humides frais couvrant les zones supérieures à 1000 m d'altitude.

I.1.3. Géologie du Parc National de Chr a

Du point de vue géologique, le massif de Chr a est très homogène et composé essentiellement de schistes plus ou moins argileux par endroits et rarement fossilifères. La concordance de toute la série schisteuse correspond au Crétacé inférieur (Sbabdji et al., 2009 ; Sbabdji, 1997).

I.2. Présentation des sites de prélèvement

Dans cette étude, en fonction de leur accessibilité, nous avons sélectionné six (06) sources situées dans la partie centrale du Parc National de Chr a. Ce type des sources sont des sources de déversement et sont utilisées pour plusieurs usages. La localisation géographique de ces sources est indiquée dans la figure 1.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des sites de prélèvement.

Tableau III. Caractéristiques des points de prélèvement

Point de prélèvement	Source	Type Du Nappe	Utilisation	Altitude
S1	Ain Tirayeur (Figure 2)	Nappe Phréatique (≤30 mètres)	Irrigation / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	1343 m
S2	Marmoucha 2 (Figure 2)		Alimentation en eau potable (Alger Et Blida) / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	1022 m
S3	Marmoucha 1 (Figure 2)		Irrigation / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	788 m
S4	Ain kechout (Figure 2)		Irrigation / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	1411 m
S5	Oued el Bellat 2 (Figure 2)		Irrigation / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	941 m
S6	Oued el Bellat 1 (Figure 2)		Irrigation / Eteindre le feu Alimentation en eau potable local	953 m

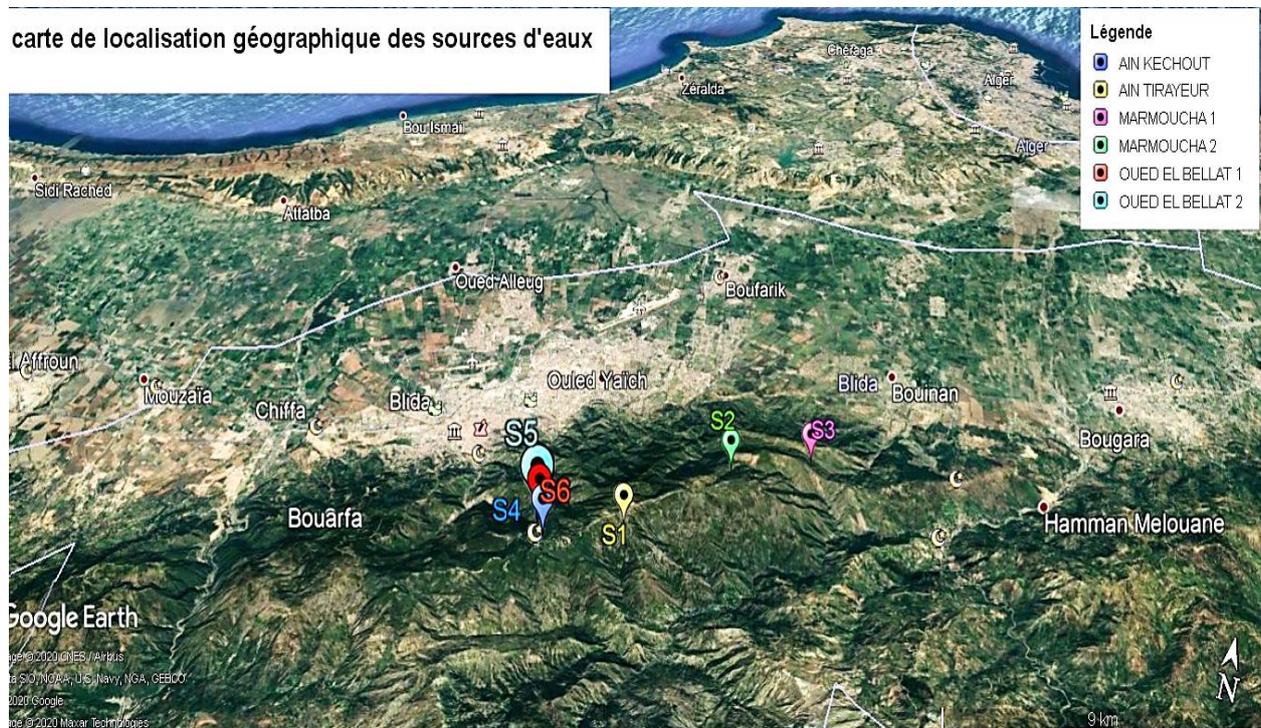


Figure 1. Carte de localisation géographique des sources d'eaux étudiées (Google Earth, 2020)



Marmoucha 2

Marmoucha 1

Ain Tirayeur



Oued El Bellat 1

Oued El Bellat 2

Ain Kechout

Figure 2. Photos des différentes sources d'eaux échantillonnées

I.3. Echantillonnage et mode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**Bligny et Hartemann, 2005**).

Un prélèvement a été effectué pour chaque source afin de réaliser les analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les prélèvements ont été effectués aux niveaux des différentes sources comme suit (Tableau IV) :

Tableau IV. Fiche de prélèvement

N° Source	Nom de la source	Prélèvement n°1		
		Date	Heure	T°C. air
S1	Ain Tirayeur	01/03/2020	08:45	11
S2	Marmoucha 2	01/03/2020	09:20	8.5
S3	Marmoucha 1	01/03/2020	09:35	9.7
S4	Ain kechout	01/03/2020	10:25	7.9
S5	Oued El Bellat 2	01/03/2020	10:55	12
S6	Oued El Bellat 1	01/03/2020	11:20	9.7

I.3.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique

Des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (P.E.T) de volume 1,5 L ont été rincées 3 fois avec l'eau de source à prélever puis remplies totalement tout en évitant la présence de bulles d'air.

I.3.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique

Selon **Rodier et al., (2009)** et **Ladel (2007)**, l'échantillon doit être prélevé dans des conditions de stérilisation optimales. Les étapes suivantes doivent être suivies avant de procéder à l'échantillonnage :

- ✚ Utiliser des flacons en verre préalablement nettoyés et stériles.
- ✚ Se laver soigneusement les mains et avant-bras avec un produit désinfectant, les rincer à l'alcool et les laisser sécher.
- ✚ Créer une zone stérile créée en flambant les pourtours de flacon avec une flamme.
- ✚ Remplir les flacons au $\frac{3}{4}$ du volume afin de maintenir en vie les bactéries aérobies.
- ✚ Inscrire sur les flacons les indications nécessaires à leur identification.
- ✚ Effectuer les analyses le plus rapidement possible.

I.3.3. Identification, transport et conservation des échantillons

Les échantillons prélevés ont été identifiés. Chaque flacon doit porter une étiquette indiquant son origine, lieu, date, et heure du prélèvement.

Le transport des échantillons doit être réalisé dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 et 6°C, à l'obscurité et dans des emballages isothermes ce qui permettra d'assurer une conservation satisfaisante de l'échantillon.

I.4. Analyses physico-chimiques

Le matériel utilisé pour les analyses physico-chimique sont présentés dans l'annexe I.

✚ Paramètres physiques

❖ Température (NF T90-008)

La température de l'eau est mesurée sur place à l'aide d'un thermomètre numérique. Les résultats sont donnés directement en degré Celsius (°C).

❖ Potentiel d'hydrogène (pH) (NF T90-008)

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (OHAUS starter ST3100). Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Rincer plusieurs fois l'électrode du pH mètre avec de l'eau distillée.
- Effectuer l'étalonnage du pH mètre avec des solutions tampons à pH=7, pH=4 et pH=9.
- Prendre environ 100 mL d'eau à analyser dans un bécher.
- Plonger ensuite l'électrode dans le bécher et agiter doucement avec un barreau magnétique.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur finale du pH.

➤ Expression des résultats

L'appareil donne la valeur du pH correspondant.

❖ Turbidité (NF T 90-033)

La turbidité reflète les propriétés optiques d'une eau relatives à l'absorption ou à la diffusion de la lumière. Sa mesure permet de préciser des informations visuelles sur l'eau car elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau qui pourraient être du sol, de matières ou débris organiques ou organismes microscopiques. La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre (HACH TL2300). Pour cela, nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer par du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure, dont il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

➤ Expression des résultats

La mesure obtenue est exprimée en Nephelometric Turbidity Unit (NTU).

❖ Conductivité électrique (NF T90-031)

La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau. Sa détermination se fait directement à l'aide d'un conductimètre (HACH sensION 156), nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Rincer plusieurs fois la sonde du conductimètre avec de l'eau distillée.
- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions. Par la suite remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode de la conductivité.
- Mettre l'électrode dans le bécher, la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil après stabilisation.

➤ Expression des résultats

La conductivité électrique est exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou en milli-siemens par centimètre (mS/cm).

✚ Paramètres chimiques (NA 6945/ ISO 5667)

❖ Résidu sec

Le résidu sec est obtenu par pesée après évaporation à sec dans une étuve à 105°C , de 100 mL d'échantillons d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule d'aluminium tarée. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 mL d'eau à analyser dans une fiole jaugée, puis la verser dans la capsule.
- Porter la capsule à l'étuve à 105°C pendant 4 heures.
- Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en mg/L est donné par l'expression :

$$RS = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V}$$

M_0 : La masse de la capsule à vide (mg)

M_1 : La masse de la capsule avec résidus secs (mg)

V : Volume de l'échantillon versé (mL)

✚ Minéralisation globale

❖ Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) (ISO 6059)

La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH est la somme des concentrations calcique et magnésienne. Le dosage de la dureté totale est effectué par la méthode titrimétrique à l'EDTA. Cette méthode n'est pas applicable aux effluents et aux eaux de mer et aux eaux ayant une forte teneur en sels. La plus faible teneur qui peut être déterminée est de $0,05 \text{ mmole.L}^{-1}$ de ce fait elle est applicable pour les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux destinées à la consommation humaine.

➤ Mode opératoire

- Introduire 50 mL d'échantillon à analyser dans une fiole conique de 250 mL.
- Ajouter 4 mL de la solution tampon pH=10 et 3 gouttes de l'indicateur Net, la solution se colore en rose.
- Titrer immédiatement avec l'EDTA tout agitant constamment.
- Ajouter l'EDTA goutte à goutte des que la couleur de la solution commence à virer du rose au bleu.
- Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

➤ Expression des résultats

$$\text{TH} = V_2 \times 2 \times F \times Fc$$

TH: dureté exprimée en °F

V₂: Est le volume, en mL, d'échantillon dosé

Fc: Facteur de correction

F: Facteur de dilution

▪ Détermination de la dureté calcique (ISO 6058 -1984)

Il consiste au titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le Murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium et l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet. Pour cela nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Introduire 50 mL de l'échantillon préparé dans une fiole de 25 mL à l'aide d'une pipette.
- Ajouter 2 mL de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide), puis Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement, le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

➤ Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en mg/L, est donnée par l'équation :

$$TH Ca^{2+} = \frac{C_1 \times V_1 \times A}{V_0} \times Fc \times 1000 \times F$$

- C_1 : Concentration, exprimée en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, de la solution EDTA.
- V_0 : volume, en mL,
- V_1 : volume, en mL, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.
- A : la masse atomique du calcium (40,08 g)
- Fc : Facteur de correction du titre
- F : Facteur de dilution.

▪ Détermination de la dureté magnésienne (NF T90-003)

La détermination du mg/l de magnésium est donnée par la formule suivante :

$$TH Mg^{2+} = \left(TH - \frac{TH Ca^{2+}}{4} \right) \times 2,4$$

TH : dureté exprimée en °F

TH Ca^{2+} : dureté calcique exprimée en °F

❖ Alcalinité TA et TAC (NF T90-036)

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC). Le mode opératoire est comme suit :

▪ Pour la détermination de TA

- Amener 100 mL d'eau à analyser au pH 4.3 ; Soit V₂ le volume total d'acide employé.
- Si le pH est supérieur à 8.3, verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur.
- Noter le volume V₁ lu au dosimat (un distributeur automatique).
- Suivre les instructions de l'utilisation du PH mètre.

➤ Expression des résultats

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/L sont donnés respectivement par les expressions :

$$TA = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$TAC = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

Masse molaire des bicarbonates = 61mg

Masse molaire des carbonates = 60mg

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$TA = 0 \text{ Et}$$

$$TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/L} = V_1 \times 61$$

- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$$TA = (CO_3^{2-}) \text{ mg/L} / 2 \text{ Et } TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/L} + 2TA$$

Où

V: volume en mL, de la prise d'essai (100) mL.

V₁: volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.

V₂: volume d'acide chlorhydrique en mL.

N: normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

❖ Sulfates (SO₄²⁻) (ISO 9280)

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



La détermination de la teneur en SO_4^{2-} se fait de la manière suivante :

- Prendre 20 mL d'échantillon à analyser et ajouter 5 mL de la solution stabilisante, agiter quelques secondes (agitation mécanique lente).
- Ajouter 2 mL de chlorure de baryum.
- Compléter avec 100mL d'eau distillée.
- Laisser pendant 1 minute sous agitation mécanique rapide.
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon a analysé.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre UV/Visible (HACH DR6000) à la longueur d'onde 420nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont donnés en en mg/L.

❖ Chlorures (Cl⁻) (NF T90-014)

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. Nous avons suivi le protocole suivant :

- Introduire 100 mL de l'échantillon dans une capsule en porcelaine blanche ou dans une fiole ou dans un bêcher conique, placé sur un fond blanc.
- Ajouter 1 mL d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre.
- Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître.
- Noter le volume V_s de nitrate d'argent versé.

➤ Expression des résultats

La concentration en chlorure exprimée en mg/L, est donnée par formule

$$P_{Cl} = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} \times C \times F$$

- P_{Cl} : concentration en milligramme par litre de chlorure.
- V_a : volume, en mL de l'échantillon pour essai.
- V_b : volume, en mL de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage du blanc.
- V_s : volume, en mL de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.
- C : concentration réelle exprimée en moles d'AgNO₃ par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.
- f : facteur de conversion $f=35453$ mg/mol.

Paramètres de pollution

❖ Azote ammoniacal (NH₄⁺) (ISO 7150/1)

Mesure spectrométrique (spectrophotomètre UV/Visible HACH DR6000) à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Prélever 40 mL pour chaque échantillon dans des fioles de 50 mL.
- Ajouter 4 mL de réactif coloré et 4 mL du réactif de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser.
- Après au moins 60 mn, attendre l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH₄⁺.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/ Visible (HACH DR6000) à une longueur d'onde de 655 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/L.

❖ Nitrites (NO₂⁻) (ISO 5667)

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1-Naphtyl éthylène diamine donne naissance à une coloration rose mesurée au spectrophotomètre UV/Visible à 543 nm. Nous avons suivi le protocole suivant :

- Prendre 50 mL d'eau à analyser.
- Ajouter 1 mL du réactif mixte (Sulfanilamide + N-1-Naphtyl éthylène diamine).
- Attendre une minute : l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visible (HACH DR6000) à une longueur d'onde de 543 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont indiqués en mg/L.

❖ Nitrates (NO_3^-) (NF T90-012)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium coloré en jaune et qui est susceptible d'un dosage colorimétrique. Pour cela, nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Introduire 10 mL de l'échantillon à analyser dans une capsule de 100 mL.
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium NaOH et 1 mL de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec à l'étuve (75 – 88 °C), puis laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 mL d' H_2SO_4 et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 mL d'eau distillé et 15 mL de solution de tartrate double sodium et potassium.
- l'apparition de la coloration jaune indique la présence des nitrates.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visible (HACH DR6000) à une longueur d'onde de 415 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont indiqués en mg/L.

❖ Orthophosphates (PO_4^{3-}) (ISO 6878)

Il consiste en la réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un nouveau complexe de molybdène (fortement coloré en bleu). La Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en orthophosphates présents se fait par méthode spectrophotométrique. Le mode opératoire est :

- Prélever 40 mL d'eau à analyser.
- Ajouter 1 mL d'acide Ascorbique à 100 g/L et 2 mL d'heptamolybdate d'ammonium. Et agiter quelques secondes.
- Attendre 10 min le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Visible (HACH DR6000) à une longueur d'onde de 880 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/L.



Paramètres indésirables

❖ Fer (ISO 6332)

Il consiste en l'addition d'une solution de phénanthroline-1,10 à une prise d'essai puis à la mesure photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe (fer-phénanthroline-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 présent. Nous avons suivi le protocole suivant :

- Verser 50 mL de l'échantillon à analyser dans un Erlen Meyer de 100 mL.
- Ajouter 1 mL d'acide chlorhydrique et 5 mL de Peroxodisulfate de potassium.
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à douce ébullition durant environ 40 min en s'assurant que le volume ne descende pas en dessous de 20 mL.
- Ajouter 2 mL de la solution tampon acétate pour obtenir un pH entre 3,5 et 5,5 (de préférence 4,5).
- Ajouter 2 mL de la solution phénanthroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Effectuer la lecture spectrométrique à la longueur d'onde de 510 nm.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/L.

I.5. Analyses bactériologiques

Une eau est dite conforme, quand les indicateurs de contamination (les coliformes et les streptocoques) sont absents dans 100 mL d'eau et qui sert de référence de qualité (ARS, 2011).

Le matériel utilisé pour les analyses bactériologiques sont présentés dans l'annexe I.

Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux ont été réalisées selon deux méthodes à savoir :

- En milieu liquide sur BCPL par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).
- Sur milieu solide par la méthode de Filtration sur membrane à 0,45 μ .

Les sources analysées par la méthode de filtration sur membrane sont : Ain Tirayeur, Marmoucha 1, Marmoucha 2, Oued El Bellat 2.

Les sources analysées par la technique du NPP sont : Ain Kechout, Oued El Bellat 1.

❖ Technique en milieu liquide sur BCPL (NF EN ISO 9308-1)

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs (Fig. 3-4) à savoir :

- Test de présomption : réservé à la recherche et au dénombrement des coliformes totaux.
- Test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche et au dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants) à partir des tubes positifs du test de présomption.

a) Test de présomption

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

- 50 mL dans un flacon contenant 50 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

➤ **Incubation**

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

➤ **lecture**

Après incubation, sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune
- Un dégagement gazeux (supérieur 1/10 de la hauteur de la cloche)

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et la lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP (Tableau XXI en annexe III) pour obtenir le nombre de coliformes présents dans 100 mL d'eau. Cette phase de la colimétrie est basée sur la propriété commune aux coliformes de fermenter le lactose en produisant du gaz.

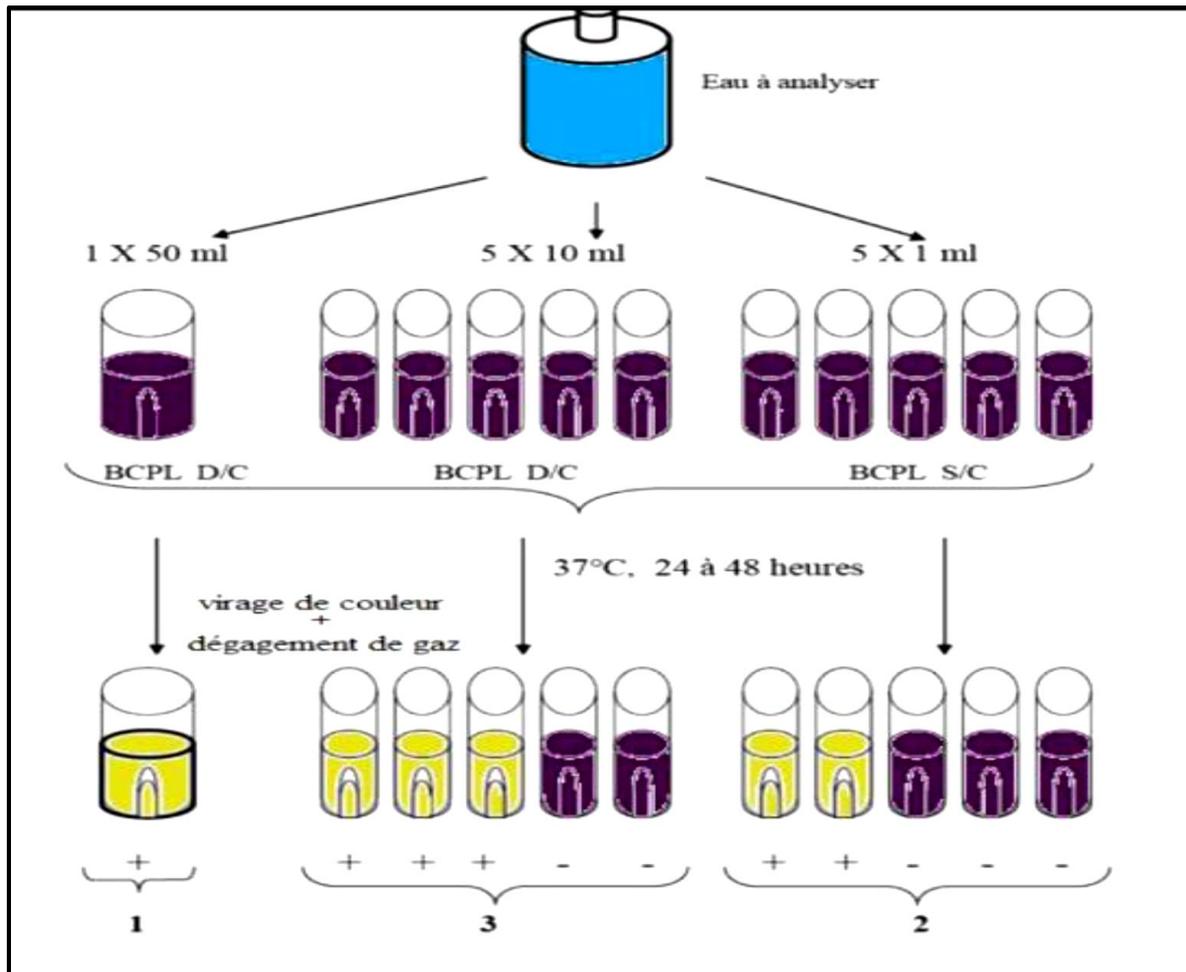


Figure 3. Colimétrie en milieu liquide : test de présomption (Lebres *et al.*, 2002 ; Azizi, 2009)

b) Test de confirmation

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure n° 4

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger les tubes.

➤ Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

➤ Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux,

- 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 en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44°C.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombres de coliformes dans 100 mL d'eau analysée

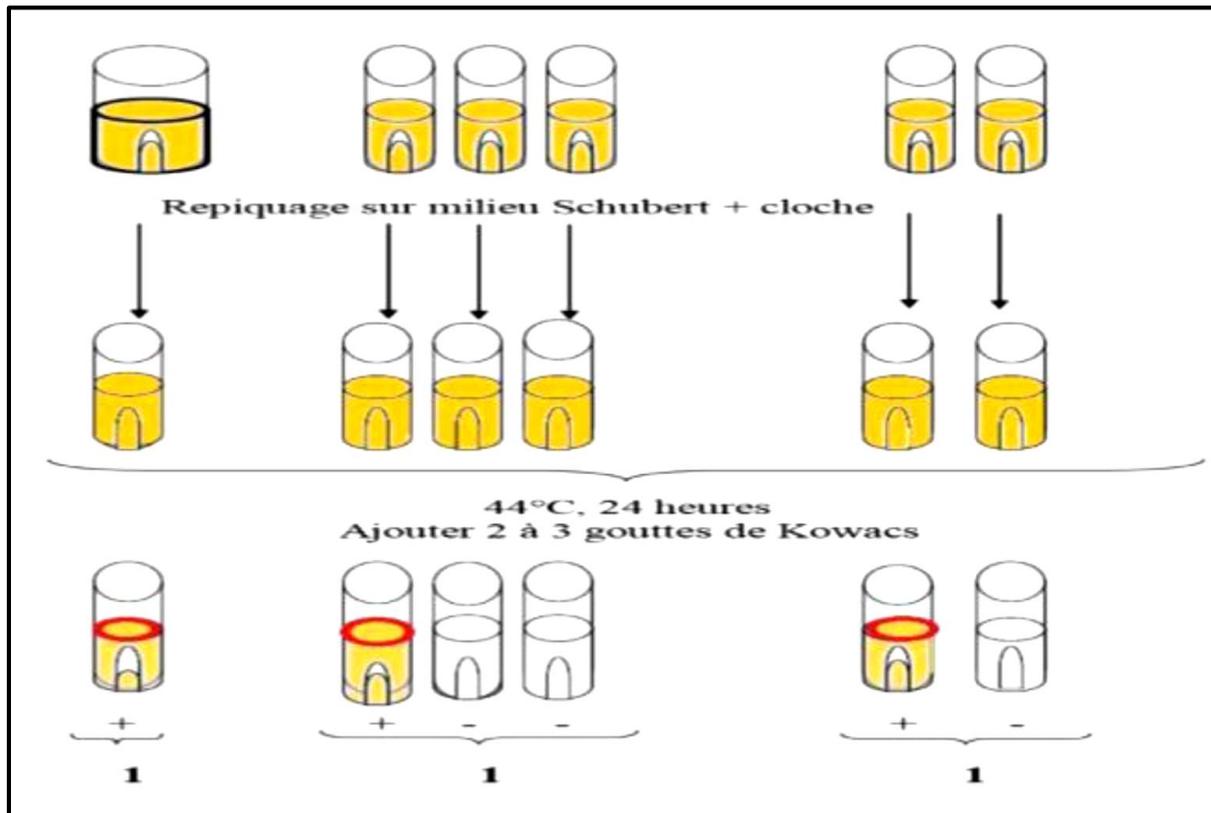


Figure 4. Colimétrie en milieu liquide : test de confirmation (Lebres et al., 2002 ; Azizi, 2009)

❖ Technique de filtration sur membrane

➤ Principe

C'est la plus utilisable au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes. Généralement, on procède à une filtration de l'eau par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0.45/0.22µm, susceptible de retenir les bactéries. Un échantillon de 100 mL d'eau est filtré sur cette membrane et est déposé

à la surface d'un milieu gélosé. Après incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en UFC /100 mL.

➤ **Mode opératoire (NF T 90-413)**

- Verser 100 mL de l'échantillon est filtré aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45 µm de porosité (Figure 5).
- Après filtration déposer la membrane sur le milieu gélosé Tergitol 7 TTC

➤ **Incubation**

- Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux
- Les boîtes sont incubées à 44°C pendant 24 heures pour la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux.

➤ **Lecture**

Après incubation, sont considérées comme positives, les boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune orangée avec un halo jaune correspondant à une fermentation du lactose par les coliformes. Ces colonies sont dénombrées.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en UFC/100 mL d'eau analysée

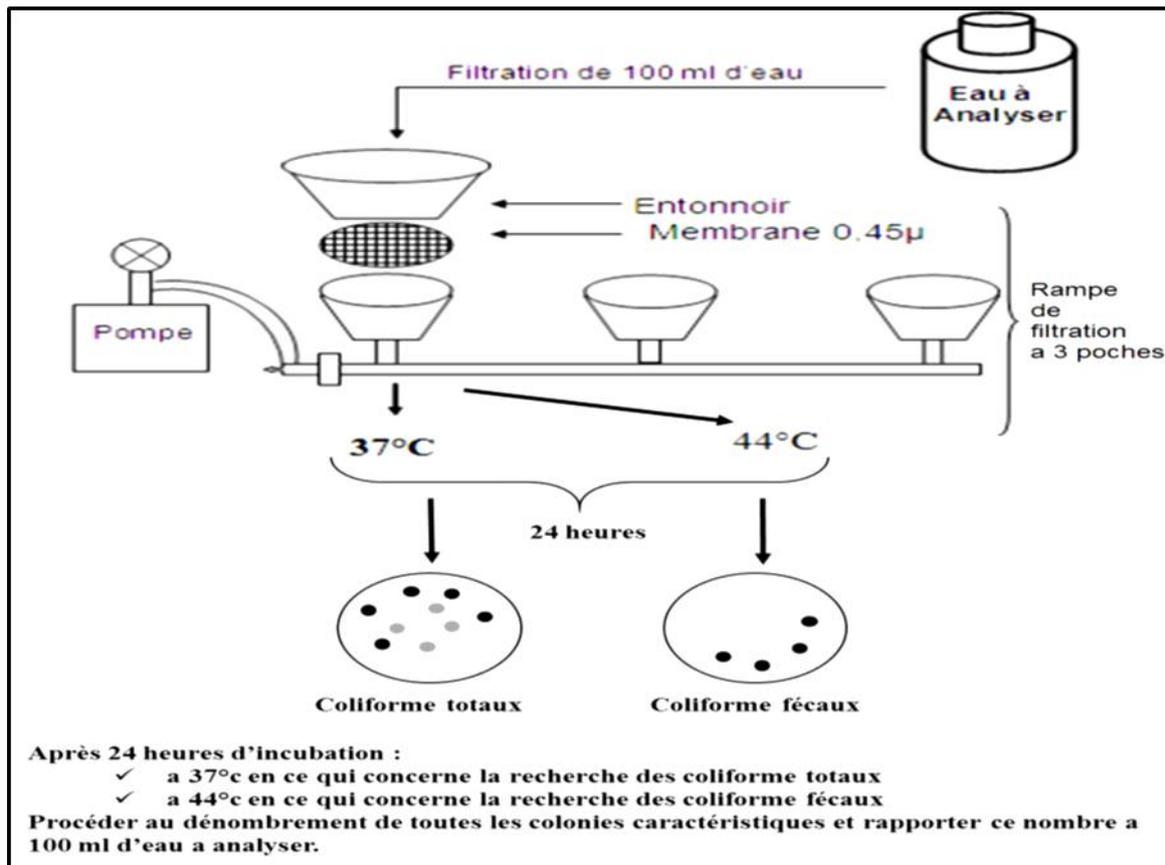


Figure 5. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par la méthode de filtration sur membrane (Lebres et *al.*, 2002 ; Azizi, 2009)

✚ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

Leur recherche et leur dénombrement peut se faire de la même manière que pour les coliformes, (Guiraud, 2003).

❖ Technique en milieu liquide

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir (Fig. 6-7) :

- Test de présomption
- Test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

a) Test de présomption

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

- 50 mL dans un flacon contenant 50 mL de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 mL dans 5 tubes contenant 10 mL de milieu ROTHE S/C, comme l'indique la figure n° 6.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

➤ Incubation

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

➤ Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes 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 confirmés.

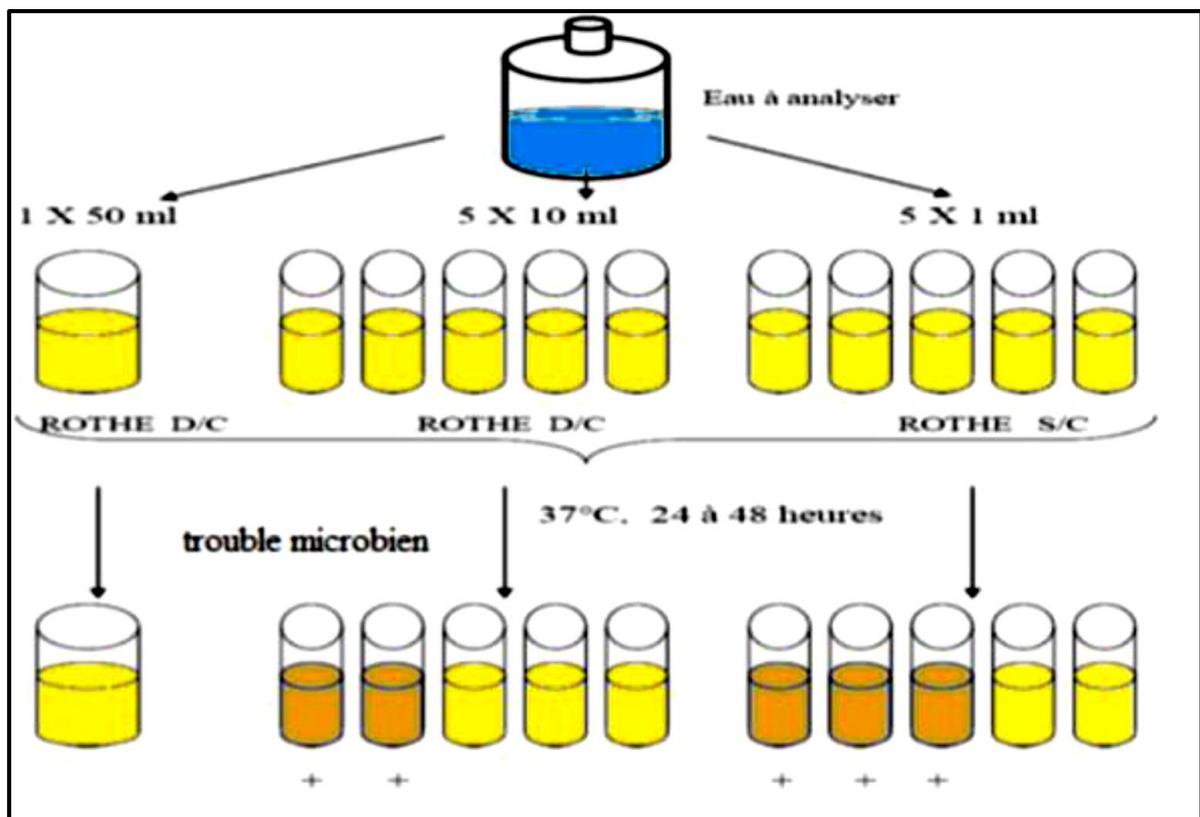


Figure 6. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide : test de présomption (Lebres et al., 2002 ; Azizi, 2009)

b) Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu EVA LITSKY, comme l'indique la figure 7.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

➤ Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

➤ Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien,
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (**Lebres, 2002**).

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombres de streptocoques fécaux dans 100 mL d'eau analysée.

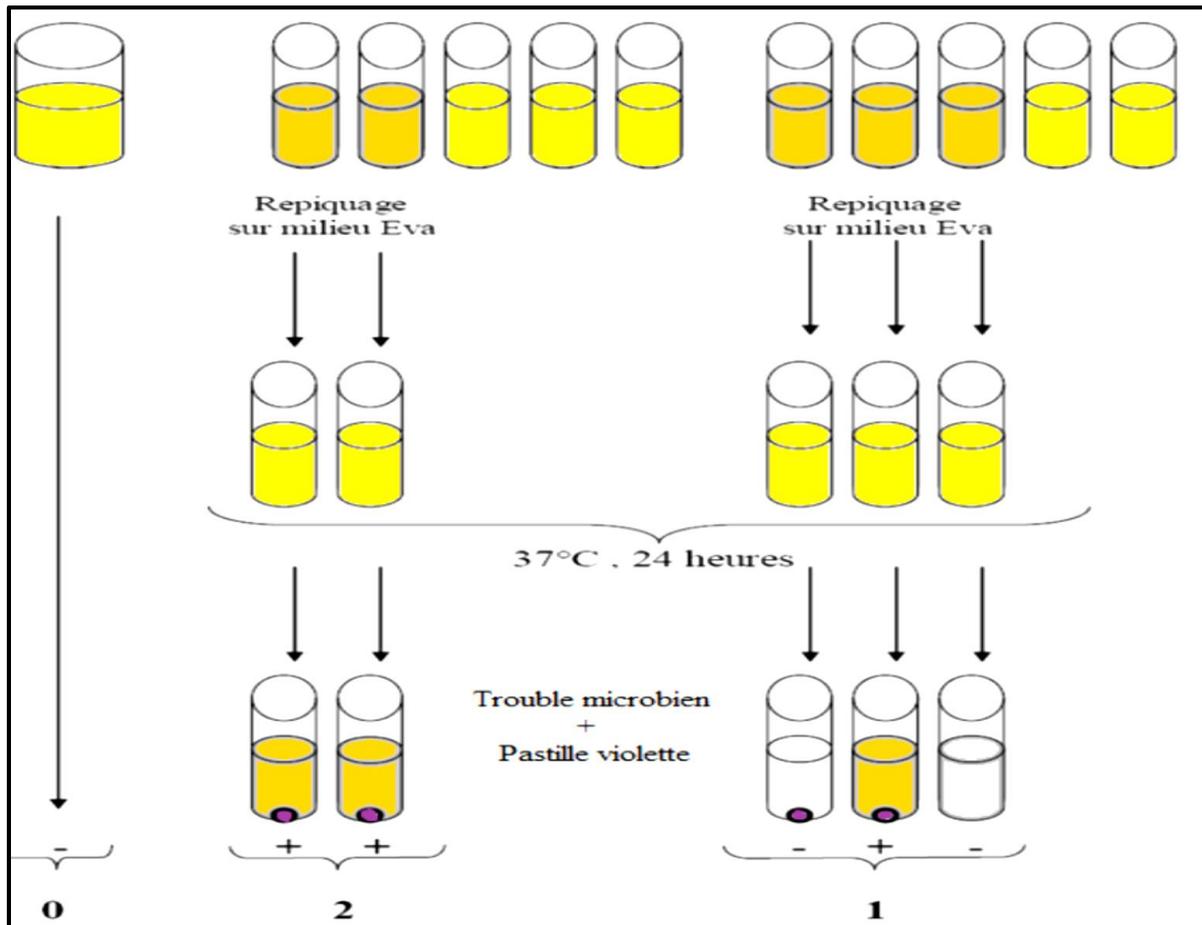


Figure 7. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide : test de confirmation (Lebres et *al.*, 2002 ; Azizi, 2009)

❖ Technique de la membrane filtrante

➤ Principe (NA 766 en ISO 7899-2)

Après filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de streptocoques fécaux.

➤ Mode opératoire

- Filtrer aseptiquement 100 mL d'eau sur une membrane de nitrocellulose de 0,45µm de porosité (Figure 8).
- Déposer la membrane sur le milieu gélosé Slanetz.
- Incuber les boîtes à 37°C pendant 48h.

- S'il y a des colonies typiques présentant une couleur rouge, à marron, il faut confirmer la présence des streptocoques fécaux en transférant les membranes sur des boîtes contenant le milieu gélosé BEA
- Incuber les boîtes à 44°C pendant 2h.

➤ Lecture

Sont considérées comme positives les colonies entourées d'un halo noir résultant de la dégradation de l'esculine du milieu par les streptocoques fécaux. Les colonies font l'objet d'un dénombrement.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en UFC/100mL d'eau analysée

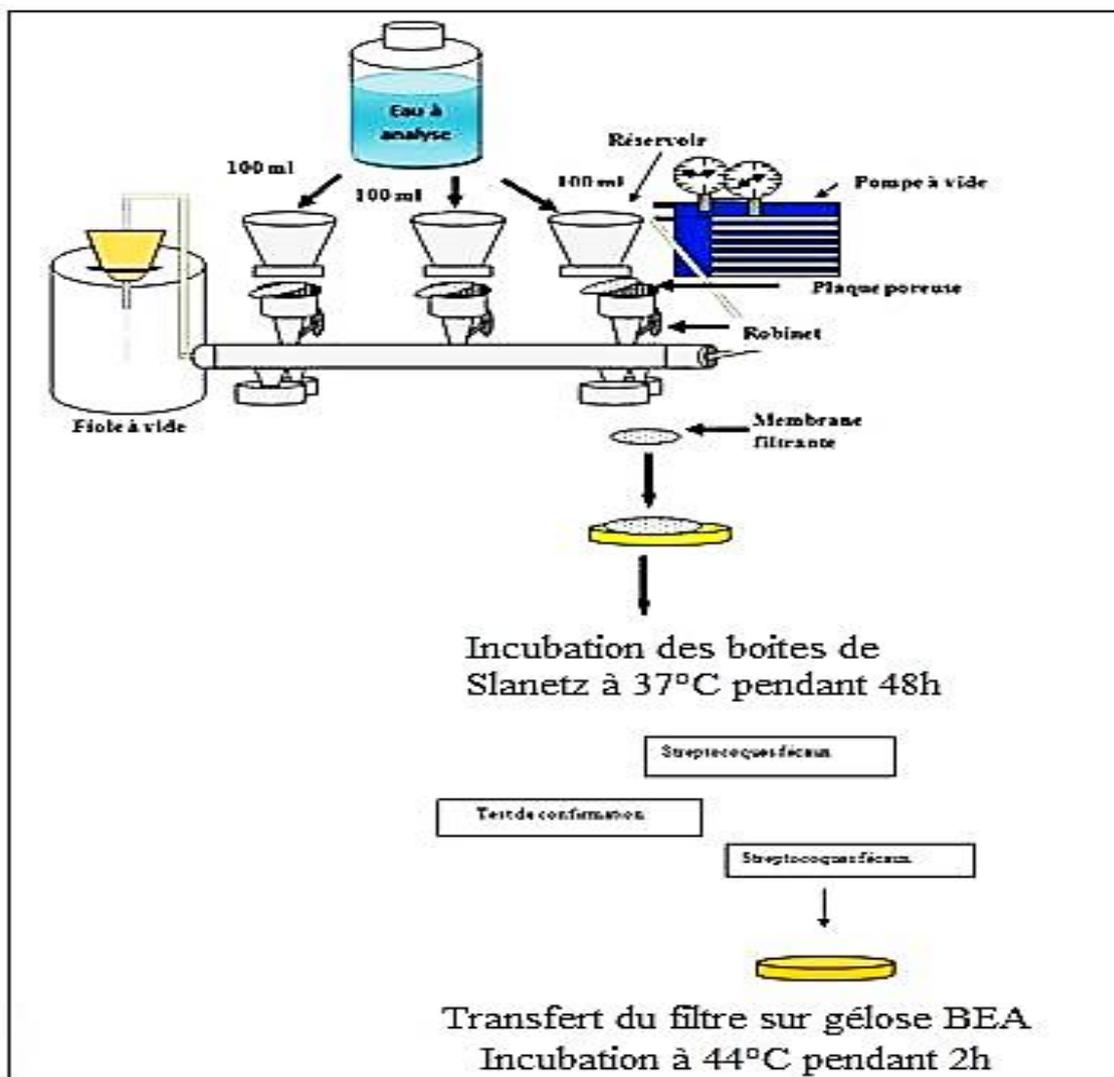
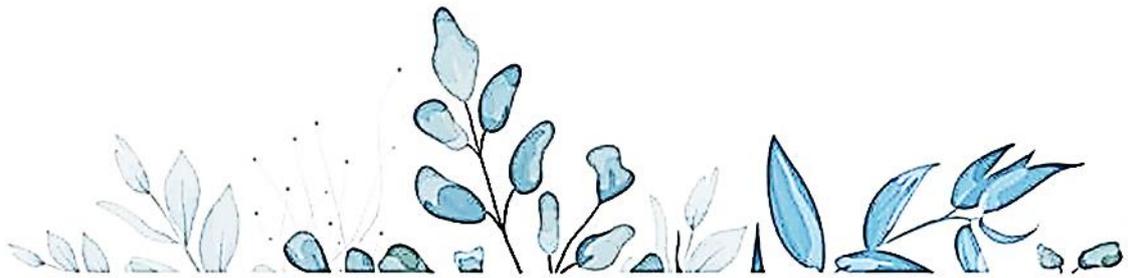


Figure 8. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux par la méthode de filtration sur membrane (Lebres *et al.*, 2002 ; Azizi, 2009)



II. RESULTATS ET DISCUSSION



II. RESULTATS ET DISCUSSION

Notre étude s'est basée principalement sur des résultats enregistrés après une seule campagne de prélèvement réalisée au niveau de six sources d'eau situées dans la partie centrale du Parc National de Chr a. Les données obtenues nous ont toutefois permis d'avoir quelques informations sur la qualité physico-chimique et bactériologique de ces sources.

L'interprétation des résultats de chaque paramètre est effectuée selon les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n  11-125 JO N 18 du 23 mars 2011 et du 9 mars 2014) (*cf. Normes de qualité des eaux de sources*).

II.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le Tableau XX en Annexe II.

Toutes les eaux de sources étudiées sont issues de nappes phréatiques, dont la profondeur est ≥ 30 mètres. La composition chimique de l'eau dépend de la nature géologique du terrain.

Paramètres physiques

❖ Température

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la température mesurées *in situ* sont comprises entre 8 et 12 C  (Figure 9). Ces valeurs ne dépassent pas la norme indiquée par le journal officiel Algérien pour les eaux souterraines (25C ).



Figure 9. Valeurs de la température des différentes sources au niveau des sites de prélèvement (In situ)

❖ **Potentiel d'hydrogène (pH)**

Les résultats de la mesure du pH sont illustrés par la figure 10. Les valeurs obtenues varient légèrement d'une source à une autre et sont comprises entre 7,57 et 7,86. Ces valeurs sont proches de la neutralité avec une légère tendance alcaline et restent conformes aux normes du journal officiel (JORA, 2011).

La propriété des eaux naturelles dépend du pH, ce dernier dépend des concentrations des ions d'hydrogène présent dans l'eau (Rodier et al., 2009).

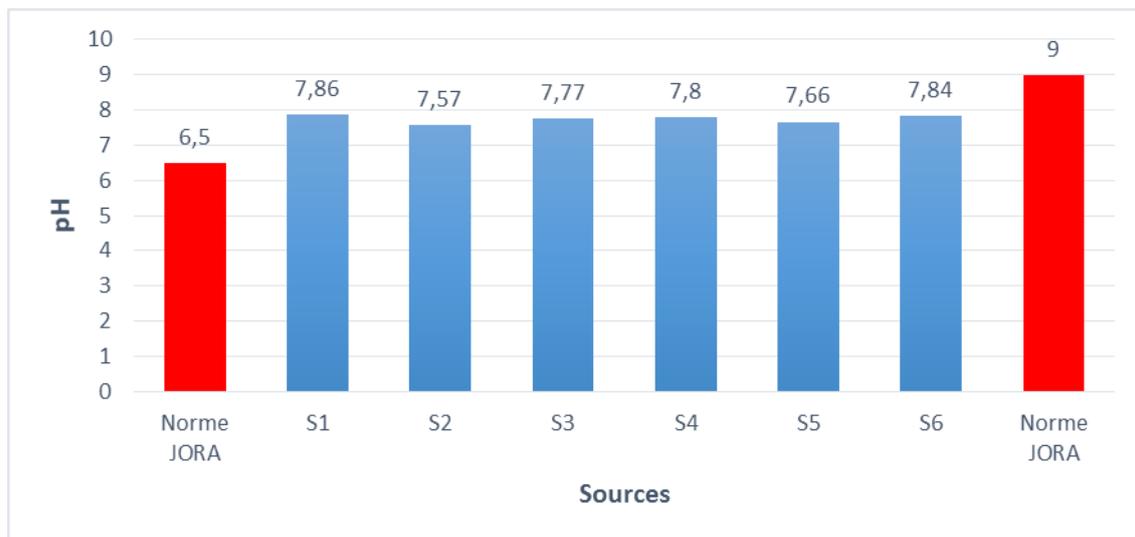


Figure 10. Valeurs du pH des différentes sources

❖ **Turbidité**

Dans cette étude, nous avons observé une valeur minimale de 0,75 NTU pour la source S4 (Ain kechout) et une valeur maximale de 9,6 NTU pour la source 6 (Oued El Bellat 1). Cette dernière dépasse la norme préconisée par le JORA (5NTU) (Figure 11).

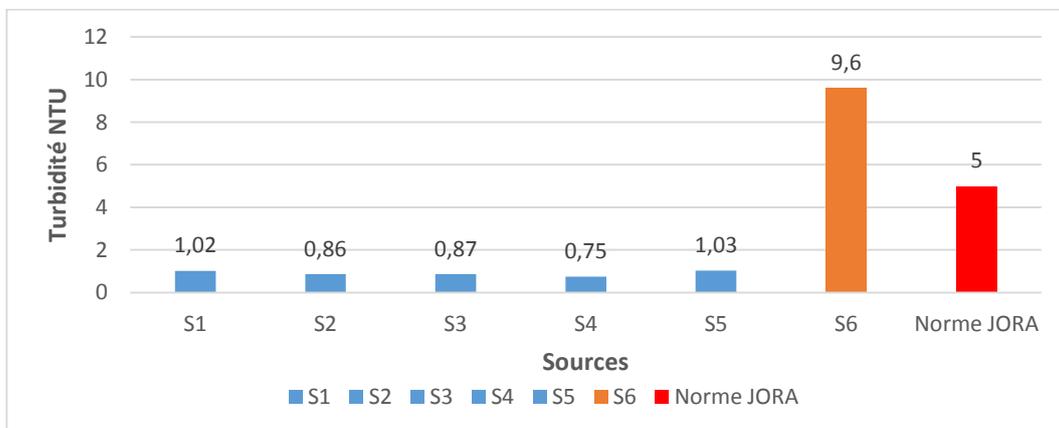


Figure 11. Valeurs de la turbidité des différentes sources

La turbidité est due à la présence des matières en suspension fine ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons) des matières organiques ou d'autres matières microscopiques. Cependant, une turbidité forte peut permettre aux micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension (Hade, 2002 ; Mizier, 2005).

❖ Conductivité électrique et minéralisation globale

Concernant la conductivité, les valeurs enregistrées ne dépassent pas les 512 μ S/cm (Tableau VII) avec un maximum de 512 μ S/cm notée au niveau de la source S6 (Oued El Bellat 1) et un minimum de 205 μ S/cm au niveau de la source S1 (Ain Tirayeur). Ces résultats sont conformes aux normes du JORA (2800 μ S/cm).

En se référant aux Tableaux V et VI, il apparaît que les eaux échantillonnées dans cette étude sont d'une excellente qualité pour l'ensemble des sources analysées à l'exception de la source : S6 (Oued El Bellat 1) qui est toutefois de bonne qualité et présentent une minéralisation moyenne accentuée (Tableau VII). D'autres études sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ces résultats.

Selon Butt et Ghaffar (2012), la conductivité varie selon des origines naturelles (interaction eau roche) ou origine anthropique (pollution).

Tableau V. Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique

Conductivité électrique (exprimée en μ S/cm)	Qualité de l'eau
50 à 400	Excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	Médiocre mais eau utilisable
> à 1500	Minéralisation excessive

(Touhari, 2018)

Tableau VI. Relation entre la minéralisation et de la conductivité électrique

Conductivité	Taux de minéralisation
<100	Minéralisation très faible
100<c<200	Minéralisation faible
200<c<400	Minéralisation moyenne
400<c<600	Minéralisation moyenne accentuée
600<c<1000	Minéralisation importante
c>1000	Minéralisation élevée

(Hade, 2002)

Tableau VII. Conductivité électrique et taux de minéralisation des six sources dans cette étude

Source	Conductivité (µS/cm)	Taux de minéralisation	Qualité d'eau
S1	205	Minéralisation moyenne	Excellente
S2	395	Minéralisation moyenne	Excellente
S3	240	Minéralisation moyenne	Excellente
S4	211	Minéralisation moyenne	Excellente
S5	330	Minéralisation moyenne	Excellente
S6	512	Minéralisation moyenne accentuée	Bonne Qualité

✚ Minéralisation globale

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique (Makhoukh et al., 2011).

❖ Résidu sec

Selon Degremont (2005), le taux de résidu sec est la teneur en matière en suspension présente dans l'eau donc c'est la quantité de matière solide dans l'eau

D'après la figure 12, le taux le plus élevé de résidu sec est de 353 mg/L (S6) (Oued El Bellat 1) et le plus faible est de 133 mg/L (S1) (Ain Tirayeur). Les valeurs obtenues sont conformes aux normes du Journal Officiel Algérien 1500 mg/L.

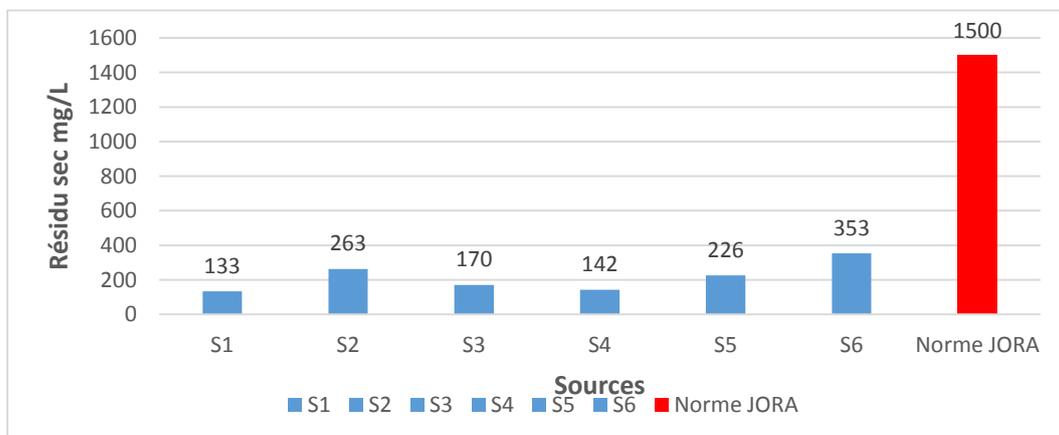


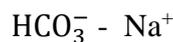
Figure 12. Valeurs du résidu sec des différentes sources

Selon la teneur en Résidu sec et en se référant à la classification de Hazzab (2011), nous avons constaté que les six sources peuvent probablement être classées comme des sources d'eau Oligo-minérales (Tableau VIII). D'autres études sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ces résultats.

Tableau VIII. Classifications des eaux de sources en fonction de la minéralisation

Classification des eaux de sources (Hazzab, 2011)		Cette étude
Classe d'eau	Eaux de sources	Eaux de sources
Eau faiblement minéralisées Résidu sec ≤ 50 mg/L	-	-
Eau Oligo-minérales 50mg/L < Résidu sec ≤ 500mg/L	Saida, Djamila, Batna, Sidi Okba, Ifri, Daouia, Sidi Elkebir, Fendjel, Toudja, Hammamat, Youkous, Sidi driss, Lala Khadija, Milok, El Golia	S1, S2, S3, S4, S5, S6
Eau modérément minéralisées 500mg/L < Résidu sec ≤ 1500mg/L	Guedila, Mansoura, Chifaa, Messreghine, Sidi Yakoub	-
Eau riches en sels minéraux Résidu sec > 1500 mg/L	Benharoun, Mouzaia	-

En se référant à la classification de **Lourenço et al., (2010)** sur la minéralisation de l'eau (Tableau IX) et compte tenu de nos résultats, nous pouvons déduire que les eaux de source échantillonnées se caractérisent par une prédominance des ions suivants :



A partir des deux derniers Tableaux VIII et IX, nous pouvons conclure que probablement les eaux des sources étudiées sont Oligo –minérales.

Tableau IX. Caractéristiques hydrochimiques des eaux en fonction de la minéralisation

Type hydrochimique	Principale caractéristique (Lourenço et al, 2010)		Source
Eau de minéralisation faible	Minéralisation total entre 100 et 1000 mg/L.	Présence d'une paire ionique dominante : HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ - Ca ₂ ⁺ HCO ₃ ⁻ - Ca ₂ ⁺ - Mg ₂ ⁺	S1 S2 S3 S4 S5 S6
Eau de minéralisation moyenne	Minéralisation total entre 1000 et 1500 mg/L.	Présence d'une paire ionique dominante : Cl ⁻ - HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ - Ca ₂ ⁺	/
Eau de minéralisation élevée	Minéralisation total >1500 mg/L.	Présence d'une paire ionique dominante : HCO ₃ ⁻ - Na ⁺ HCO ₃ ⁻ - Ca ₂ ⁺	/

❖ **Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)**

Le titre hydrotimétrique correspond à la somme des concentrations de calcium et en magnésium dans la plupart des eaux naturelles (Rodier et al., 2009)

Les valeurs de la dureté obtenues dans les eaux prélevées à partir de six sources sont comprises entre 106,27 et 297,26 mg/L et ont des valeurs de TH inférieures à 500 mg/L conformes aux normes du Journal officiel (Tableau X). Ceci montre une bonne minéralisation des eaux échantillonnées.

Tableau X. Valeurs du la dureté (TH) des sources étudiées

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
TH (mg/L)	106,27	204,67	122,01	106,07	149,57	297,26	500

❖ **Calcium (Ca²⁺) et Magnésium (Mg²⁺)**

Les teneurs en calcium mesurées dans les six sources sont peu variables (Figure 13) et sont comprises entre 26 mg/L et 66 mg/L. Les concentrations en magnésium mesurées se situent entre 6 mg/L et 30 mg/L. Ces valeurs répondent aux normes indiquées par le JORA (200mg/L) et (150mg/L) respectivement.

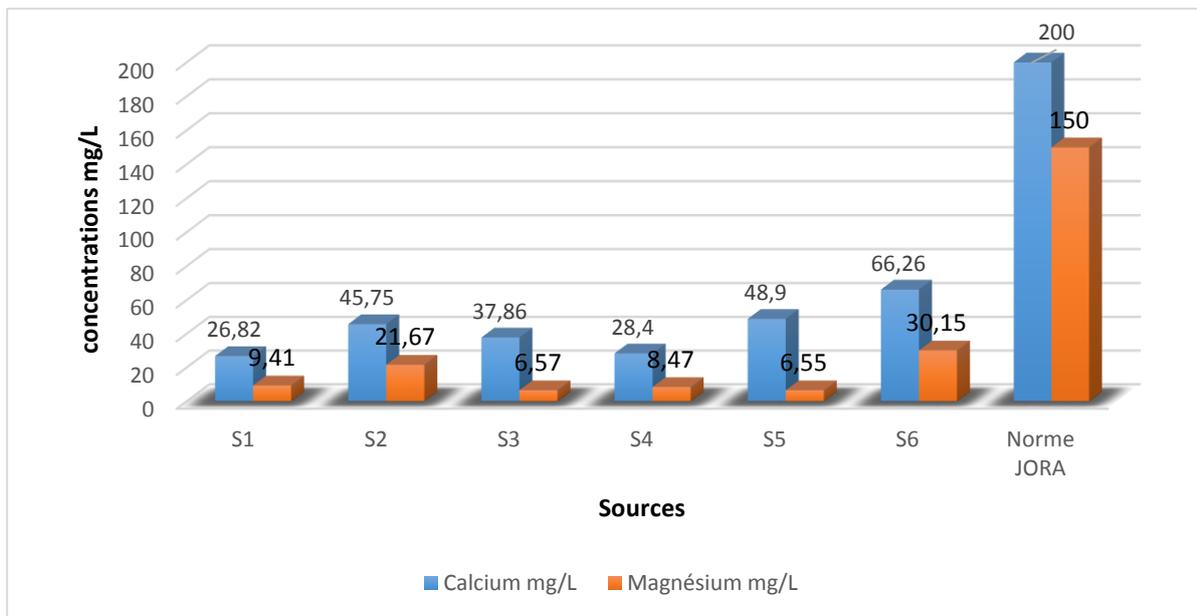


Figure 13. Variation des concentrations en calcium et en magnésium des sources étudiées

❖ Alcalinité TA et TAC

Dans cette étude, les valeurs du pH sont inférieures à 8,3 pour les six sources de se fait le TA est nul. Ainsi selon **NF T90-036**, les eaux des six sources contiennent des bicarbonates uniquement et par conséquent ne contiennent pas de carbonates.

Les valeurs du TAC obtenues sont comprises entre 58.56 mg/L et 195.2 mg/L (Tableau XI) avec un minimum de 84.18 mg/L pour la source S4 (Ain kechout) et un maximum de 195,2 mg/L pour la source S6 (Oued El Bellat 1). Les teneurs en TAC des six sources sont conformes aux normes Algérienne d'eau potable ≤ 500 mg/L.

Tableau XI. Valeurs du titre alcalimétrique simple (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) des sources étudiées

Source	TA (mg/L)	TAC (mg/L)	Norme JORA
S1	0	58.56	≤ 500 mg/L
S2	0	141.52	
S3	0	85.4	
S4	0	84.18	
S5	0	87.84	
S6	0	195.2	

❖ Chlorures (Cl⁻)

La réglementation Algérienne autorise une teneur maximale de 500 mg/L pour les eaux potables. Les valeurs obtenues pour les six sources sont très faibles et ne dépassent pas les normes (Tableau XII).

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, souvent utilisés comme un indicateur de pollution (Lapegue et Ribstein, 2006).

Tableau XII. Valeurs du chlorure (Cl⁻) des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Chlorures (mg/L)	9.97	15,59	12,76	9,92	28,64	19,85	500

❖ Sulfates (SO₄²⁻)

D'après le Tableau XIII, nous notons que les concentrations en sulfates des six sources ne dépassent pas les normes Algériennes (400 mg/L).

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc) qui peuvent oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2007).

Tableau XIII. Valeurs du Sulfates des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Sulfates (mg/L)	32,69	11,46	18,78	16,62	25,11	51,33	400

Paramètres de pollution

❖ **Azote ammoniacal (NH₄⁺)**

Les valeurs enregistrées sont de 0,04 mg/L pour la S4 (Ain kechout) et de 0,02mg/L pour la S1 (Ain Tirayeur). Elles sont inférieures ou égales à 0,01mg/L pour la S2, S3, S5 et S6 (Tableau XIV).

Une faible concentration en Ammonium peut être liée à aux matière organiques végétales, animales ou humaines présentes dans l'eau (Rodier et al., 2009). Les résultats obtenus sont conformes aux normes du Journal Officiel Algérien (0,5 mg/L).

Tableau XIV. Valeurs d'Ammonium des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Ammonium (mg/L)	0.02	< 0.01	0.01	0.04	< 0.01	< 0.01	0.5

❖ **Nitrites (NO₂⁻)**

Ce sont des indicateurs de pollution qui proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammonium ou bien d'une réduction des nitrates. Les valeurs enregistrées des six sources sont inférieures à 0,01mg/L et répondent aux normes Algériennes (0.2mg/L) (Tableau XV).

Tableau XV. Valeurs des Nitrites des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Nitrites (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.2

❖ **Nitrates (NO₃⁻)**

Selon le rapport scientifique sur l'eau santé public (2003), la principale cause de la présence de nitrates dans l'eau de consommation serait due aux activités humaines (l'épandage de doses massives d'engrais azotés). Pour l'ensemble des sources, nous avons enregistré des concentrations inférieures à 15 mg/L, ce qui répond aux normes Algériennes (50mg/L) (Tableau XVI).

Tableau XVI. Valeurs des Nitrates des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Nitrates (mg/L)	1,54	0,95	1,92	0,36	14,42	0,09	50

❖ **Orthophosphates (PO₄³⁻)**

Les valeurs obtenues ne dépassent pas les 0,051 mg/L pour l'ensemble des eaux de sources analysées (Tableau XVII). Ces résultats sont conformes aux normes algériennes (< 0.5 mg/L).

C'est un constituant essentiel de la matière organique et un nutriment indispensable pour les organismes vivants. Cependant il doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent par des fortes concentrations (**Rodier et al., 2009**).

Tableau XVII. Valeurs des orthophosphates des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Orthophosphates (mg/L)	0,051	0,049	0,043	0,046	0,043	0,045	< 0.5

✚ **Paramètres indésirables**

❖ **Fer**

Les valeurs en fer enregistrées dans les six sources sont inférieures à 0,01 mg/L (Tableau XVIII) ce qui est conformes aux normes du Journal Officiel Algérien (0.3mg/L).

C'est un métal assez soluble que l'on peut trouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air Un excès de fer dans l'eau se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (**Bouziyani, 2000**).

Tableau XVIII. Valeurs du fer des différentes sources

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Norme JORA
Fer (mg/L)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.3

II. 2. Résultats des analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la présence d'une éventuelle pollution de l'eau par les matières fécales. Les organismes pathogènes sont si divers qu'ils ne peuvent faire l'objet de recherches spécifiques.

Pour diverses raisons, la plupart des micro-organismes à l'origine des grandes épidémies d'origine hydrique, ont pour habitat normal les intestins de l'homme ou de certains animaux à sang chaud. Parmi les bactéries qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur on retrouve: les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux (GOITA, 2014).

Les résultats des analyses bactériologiques des différents échantillons prélevés au niveau des eaux de sources sont présentés dans le Tableau XIX.

Tableau XIX. Résultats des analyses bactériologiques des eaux de sources et la norme du JORA

❖ Coliformes totaux

	S1	S2	S3	S5	Normes JORA	S4	S6	Normes JORA
Méthode & Unité	Filtration sur membrane (UFC/100mL)					NPP (n/100mL)		
Coliformes totaux	0	17	108	0	0	0	240	0
Coliformes fécaux	0	17	0	0	0	0	240	0
Streptocoques fécaux	0	02	02	0	0	06	240	0

Les résultats obtenus montrent que les eaux des sources (S1, S4, S5) (Ain Tirayeur, Ain kechout, Oued El Bellat 2) sont de bonne qualité microbiologique. Toutefois, on note la présence de concentrations élevées en coliformes totaux dans les sources (S2, S3, S6) (Marmoucha 2, Marmoucha 1, Oued El Bellat 1) Leur charge dépasse la norme algérienne, celle-ci pourrait être dû essentiellement aux activités humaines présentes dans ces régions. (Tableau XIX)

En effet le **JORA (2014 ; 2011)**, recommande une absence totale de coliformes dans 100 mL d'eau pour qu'une eau soit considérée comme étant potable.

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine leur présence dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécales (**Chevalier, 2003**).

❖ Coliformes fécaux

La présence des coliformes thermotolérants est un signe de l'existence quasi certaine d'une contamination d'origine fécale d'une eau (**EL Haissoufi et al., 2011 ; Rodier et al., 2009**).

Les résultats des analyses (tableaux XIX) montrent une présence des coliformes fécaux en nombre élevé dans 2 sources : au niveau de la source S2 (Marmoucha 2), le taux des coliformes fécaux est de 17 UFC/ 100mL et pour la source S6 (Oued El Bellat 1) de 240 coliformes fécaux/100 mL. Ces valeurs pourraient indiquer une détérioration de la qualité de l'eau de ces sources.

Concernant les autres sources (S1, S3, S4, S5), nous avons remarqué une absence totale en coliformes fécaux ce qui pourrait être expliqué par le fait que ces bactéries n'ont pas trouvé de conditions favorables pour se multiplier (richesse en matières organiques facilement biodégradables, température) (**Zamiche, 2013**).

❖ Streptocoques fécaux

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et à la présence de micro-organismes entéropathogènes (**Ladjel, 2009 ; Simmons et al., 2001**).

Les échantillons d'eau des sources S2 et S3 présentent des valeurs égales à 02 UFC/100mL, les S4 et S6 ont présenté des valeurs de 06 et de 240 nombre de germes /100 mL respectivement, ce qui pourrait indiquer une pollution fécale d'origine anthropique.

Les valeurs obtenues (Tableaux XIX) dans les sources S1 et S5 (Ain Tirayeur et Oued El Bellat 1) ces sources sont conformes aux normes du journal officiel algérien. Cependant, les autres sources ont dépassé la limite recommandée par le **JORA (2014 ; 2011)**. La source S6 (Oued El Bellat 1) est celle qui a présenté le plus de germes (coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux). Nous pouvons dire ainsi que cette eau présente une qualité bactériologique non satisfaisante et serait donc impropre à la consommation. En effet cette source se situe au-dessous d'une zone militaire ce qui peut être la première cause de contamination par leurs effluents, aussi cette pollution peut être liée à la nature géologique des sols traversés et les déchets jetés par les touristes.

Il en ressort de cette étude bactériologique que les sources situées à des altitudes moins élevées (*cf. Tableau III. Matériel et méthodes*) et donc plus accessibles aux riverains ont une plus grande exposition à la pollution en contenant un plus grand nombre de germes (coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux).

A travers les résultats obtenus par les différentes méthodes d'analyse bactériologique (Fig. 14-16), nous constatons que 33% de sources sont de mauvaise qualité du point de vue coliformes fécaux et 67% pour les streptocoques fécaux. Ces résultats supposent que plus ou moins à long terme ou à court terme, les sources contaminées peuvent nuire à la santé des consommateurs.

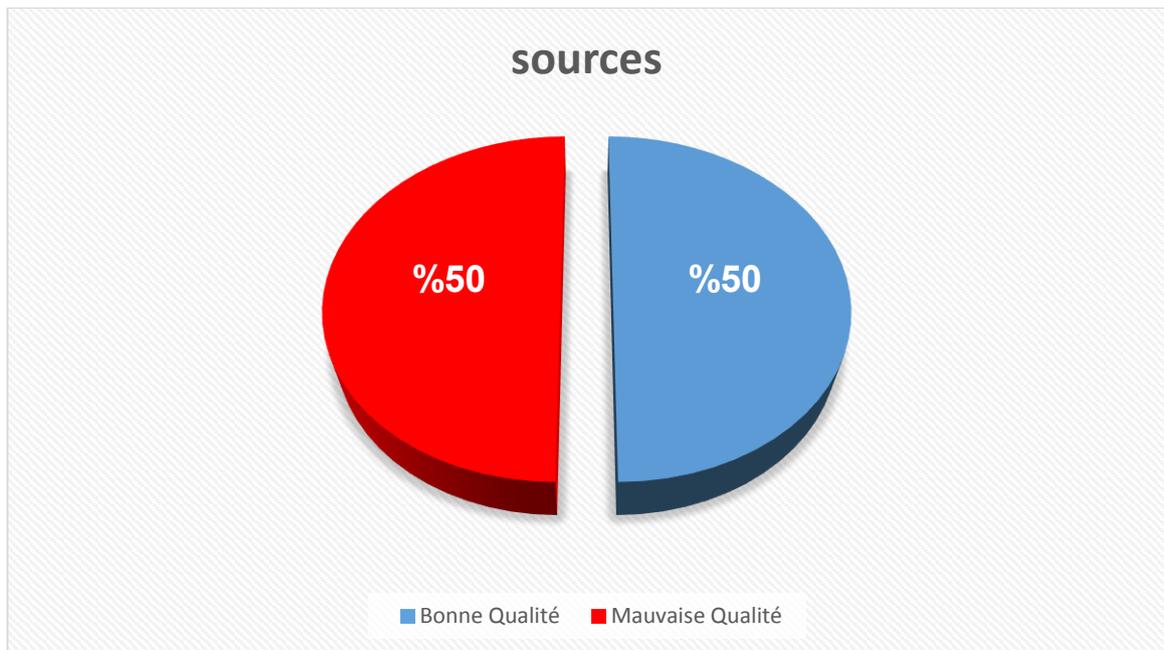


Figure 14. Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les coliformes totaux.

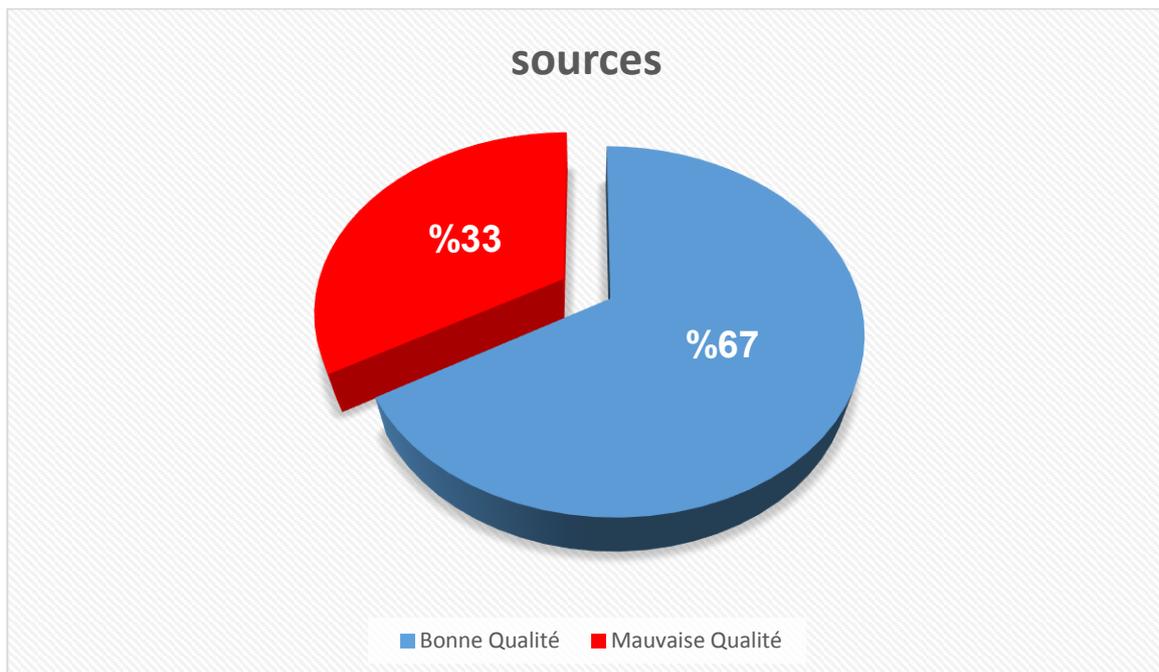


Figure 15. Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les coliformes fécaux.

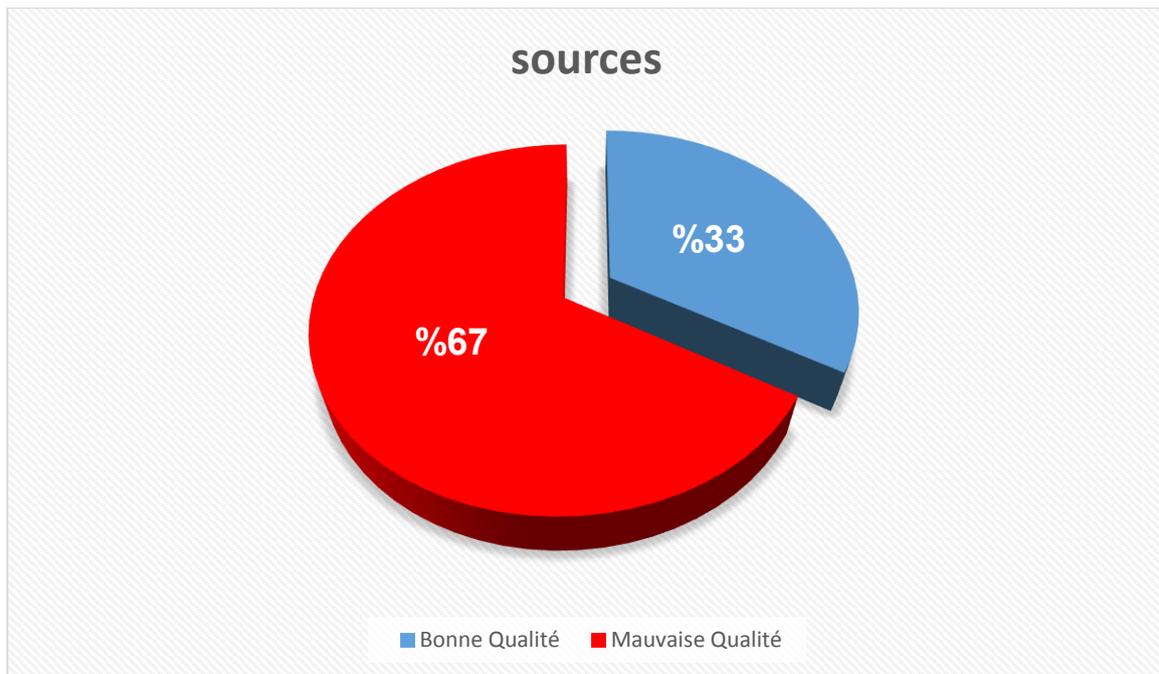


Figure 16. Pourcentage des sources de bonne qualité et de mauvaise qualité selon les streptocoques fécaux.



CONCLUSION
ET
PERSPECTIVES



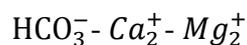
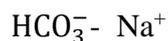
Conclusion et Perspectives

Cette étude avait pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux provenant de six sources au niveau de la partie centrale du Parc National de Chréa.

Les valeurs obtenues pour les différentes analyses physico-chimiques : les eaux des sources étudiées dans la région de Chréa sont conformes aux normes du journal officiel algérien à l'exception de la source 6 (Oued El Bellat 1) dont la turbidité était de 9,6 NTU résultant de la présence des matières en suspension et des matières organiques.

Du point de vue, conductivité électrique et taux de minéralisation, il apparaît que les eaux échantillonnées sont d'une excellente qualité pour l'ensemble des sources analysées à l'exception de la source S6 (Oued El Bellat 1) qui est toutefois de bonne qualité et présentent une minéralisation moyenne accentuée.

Les eaux des sources étudiées sont Oligo-minérales. Elles se caractérisent par une prédominance d'une paire ionique dominante :



Les analyses bactériologiques ont montré que l'eau de la source 1 (Ain Tirayeur), de la source 4 (Ain kechout) et celle de la source 5 (Oued El Bellat 2) sont de bonne qualité bactériologique. Cependant, les eaux de la source 2 (Marmoucha 2), de la source 3, (Marmoucha 1) et de la source 6 (Oued El Bellat 1) ont présenté une mauvaise qualité bactériologique du fait de la présence des germes indicateurs de contamination fécale.

Dans cette étude nous avons enregistré une absence totale de coliformes totaux dans 50% des sources analysées et une présence de coliformes fécaux dans 33% de ces sources.

Par ailleurs 67% des sources analysées contenaient des streptocoques fécaux.

Conclusion et Perspectives

Au cours de ces dernières années, le Parc National de Chréa a pris des mesures spéciales pour protéger ces ressources naturelles tels que :

- L'interdiction d'utiliser des produits phytosanitaires sur le territoire du parc national (pesticides, herbicides, fongicides, etc.) pour le traitement de la flore.
- Surveillance et extinction des incendies de forêt en été.
- Sensibilisation des touristes sur le lavage des voitures aux niveaux des sources d'eau naturelles, ce qui affecte grandement la qualité de l'eau.
- Sensibilisation à la pollution des réserves naturelles par des déchets domestiques grâce aux plaques signalétiques, ce qui affecte inévitablement la qualité de l'eau.

A l'issue de cette étude, nous proposons comme perspectives :

- La confirmation des résultats obtenus par la réalisation d'autres échantillonnages des mêmes sources analysées à des périodes différentes.
- Une étude complète de la région : les eaux de surface et l'eau souterraine qui pourrait aider à l'amélioration de la qualité d'eau dans le Parc National de Chréa.
- Coopération entre les différents domaines (agriculture, tourisme, hydrologie, etc.) afin de protéger ce patrimoine naturel.

L'eau constitue un élément essentiel à la vie et au bien-être .la problématique de l'eau est une question de quantité et de qualité c'est -à-dire de ressource et de pollution (**Lounnas, 2009**).



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



- ARS. 2011.** Agence Régionale de la Santé : Bactériologie nature et origine, France. 4p.
- Athman, M. 2006.** Mémoire présente en vue d'obtention du diplôme de magister. Université de Batna. 67p.
- Azizi, D. 2009.** Cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux, Tipaza. Institut Pasteur d'Algérie, Algérie. 100p.
- Belkhir, L. Boudoukha, A. Mouni, L. Baouz, T. 2011.** Statistical categorization geochemical modeling of groundwater in Ain Azel plain (Algeria). *Journal of African Earth Sciences* (59). 140-148p.
- Benajiba, M. Saoud, Y. Lamribah, A. Ahrikat, M. Amajoud, N. Ouled-Zian, O. 2013.** Évaluation de la qualité microbienne des eaux de la nappe phréatique de Martil au Maroc *Revue des sciences de l'eau*, volume 26, numéro 3. 173-261p.
- Bentouati, L. Bouzidi, A. 2011.** Etude de la qualité des eaux souterraines de la wilaya de Sétif. Science Lib Editions Mersenne: Volume 3. 10p.
- Berche, P. Gaillard, J-L. Simonet, M. 1988.** Bactériologie, les bactéries des infections humaines. 1^{ere} Édition Lavoisier. 650 p.
- Bligny, J. Hartemann, P. 2005.** Les eaux minérales naturelles et les eaux de source : cadre réglementaire et technique, Département « Environnement et Santé publique », SERES, faculté de médecine, France. Volume 337. 279-284p.
- BNEF. 1984.** Etude du milieu du parc national de Chréa. Bureau national des études forestières. Blida. 150p.
- Bonnefoy, C. Guillet, F. Leyral, G. Verne-Bourdais, E. 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire, science des aliments. Edition Doin, Paris, France. 105 p.
- Bonnin, J. 1982.** Aide-mémoire d'hydraulique urbaine, Edition Eyrolles, France. 128p.
- Boudjadja, A. Messahel, M. Pauc, H. 2003.** Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau*, 16 (3) : 285-304.
- Bouziane, M. Labadi, A. 2009.** Les eaux profondes de la région de Biskra (Algérie), *European Journal of Scientific Research*, Volume 25, N°4. 526-537p.

- Bouziani, M. 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies, édition Ibn Khaldoun, volume 1. 247p.
- Bouziani, M. 2006.** L'eau dans tous ses états : sources de vie, ressource épuisable, maladies hydriques, pollutions chimiques. 260p.
- Brousseau, N. Lévesque, B. Guillemet, T. Dauvin, D. Giroux, J-P. Cantin, P. Gingras, S. Laverdière, D. 2009.** Etude de la contamination microbiologique des spas publics au Québec .Direction des risques biologiques environnementaux et occupationnels, p107.
- Butt, I. Ghaffar, A. 2012.** Groundwater quality assess-ment near Mahmood Boti landfill, Lahore, Pakistan. Asian, Journal of Social Sciences & Humanities. 13-24p.
- C.I.E. 2005.** Centre d'information sur l'eau. www.Cieau.com.
- Chevalier, P. 2003.** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4p.
- Coulibaly, K. 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat, Université de Bamako. 68p.
- Degremont, S. 2005.** Mémento technique de l'eau, Tome I, deuxième édition. 2503p.
- Delarras, C. Trébaoui, B. Durand, J. 2010.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation- Microorganismes-Prélèvement-Analyse, 2ème édition Lavoisier, Paris. 542p.
- Delmas, R. Baudet, J. Servant, J. 2010.** Mise en évidence des sources naturelles de sulfate en milieu tropical humide, Inter Science. 158-168p.
- Dridi, B. Zemmouri, S. 2012.** Fonctions de pédotransfert pour les vertisols de la plaine de la Mitidja (Algérie) : recherche des paramétrés les plus pertinents pour la rétention en eau, volume 16 (2). 193-201p.
- El Battiui, M. 2008.** L'eau au Moyen-Orient : entre gestion et instrumentation. Thèse de doctorat en sciences économiques et de gestion. Université libre de Bruxelles, faculté des sciences sociales, politiques et économiques. 269p.
- El Haissofi, H. Berrada, S. Merzouki, M. Aabouch , M. Bennani, L. Benlemlih, M. Idir, M. Zanibou, A. Bennis, Y. El Ouali Lalami, A. 2011.** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 5, N°1 : 37-68.

Eric, G. Christian, M. Jacques, M. 2008. Hydrogéologie objets, Méthodes, Applications, 2ème édition, Dunod, Paris, 352p.

Fondation Nationale de la Santé, FUNASA. 2013. Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4ème édition Brasilia, Brésil. 150p.

Ghaderpour, A. Sze Ho¹, W. Chew, L. Wei Bong, C. Ching Chong, V. Thong, K. Ching Chai¹, L. 2015. Diverse and abundant multi-drug resistant *E.coli* in Matang mangrove estuaries, Malaysia. 13p.

Ghazali, D. Zaid, A. 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc), Larhyss Journal, n° 12. 25-36p.

Goita, A. 2014. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Mohamed V –Souissi Faculté de médecine et de pharmacie-Rabat. 171p.

Grosjean, J. Clavé, D. Archambaud, M. Pasquier, C. 2009. Bactériologie et virologie pratique. 1ère édition De Boeck, Bruxelles, Belgique. 228p.

Guiraud, J-P. 2003. Microbiologie alimentaire, Dunod, Paris, RIA (Le mensuel de l'innovation alimentaire), 651p.

Hade, A. 2002. Nos Lacs : Les connaître pour mieux les protéger », Edition FIDES, Bibliothèque national du Québec, Canada. 359p.

Hassane, A-B. 2010. Aquifères superficiels et profonds et pollutions urbain en Afrique. Cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger). Thèse de doctorat en science de la terre. Option hydrogéologie. Université Abdou Moumouni de Niamey. 250p.

Hazzab, A. 2011. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie, Université Dr Moulay, C.R. géoscience. 20-31p.

HCEFLCD. 2007. Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'ELBrouj et Cercle de Settat (Maroc). 242p.

Hecini, L. Achour, S. 2014. Coagulation-flocculation by aluminum sulfate of organic phenolic compounds and effect of calcium and magnesium salts, Journal of Water Science. 272-280p.

Iguetoulene, H. 2009. Contribution à l'étude de la qualité des eaux souterraines et son évolution dans le périmètre irrigué de la Mitidja Ouest (Mouzaia. w.Blida). Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique. Spécialité Conception des systèmes d'irrigation et de drainage. ENSH. 11p.

Imache, A. Chabaca, M. Djebbara, M. Merabet, B. Hartani, T. Bouarfa, S. Palagos, B. Kuper, M. Le Goulven, P. Le Grusse, P. 2006. Demandes en eau des exploitations agricoles du périmètre irrigué de la Mitidja ouest (Algérie). Economies d'eau en Systèmes Irrigués au Maghreb. Deuxième atelier régional du projet Sirma, Maroc. 14p.

JORA, 2011. Journal officiel de la République algérienne. Décret exécutif n°11-125 du 22 mars 2011. Relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. 4-6p.

JORA, 2014. Journal officiel de la République algérienne. Décret exécutif N°13 du 9 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011. Relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. 14-17p.

JORA. 2004. Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif N°04-196 du 15 juillet 2004. Relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et les eaux de sources. 8-16p.

Kettab, A. 2020. De l'eau pour tous c'est l'affaire de tous. Papier de conférence. 19p.

Khadraoui, A. Taleb, S. 2012. Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité pollution et impact sur le milieu), Editions Khyam. 350p.

Ladel, M. 2007. Contrôle des paramètres physicochimiques et bactériologique d'une eau de consommation. Centre de formation aux métiers de l'eau de Tizi Ouazou. Stage VII. Algérienne des eaux, Algérie. 102p.

Ladjel, S. 2009. Contrôle des paramètres physico- chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, les cahiers techniques de stage T7, centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou. 101p.

Lapegue, P. & Ribstein, P. 2006. La qualité et les analyses d'eaux : Action contre la faim Espagne en Mali. Master 2 en Sciences de l'Univers, Environnement, écologie, université Pierre et Marie Curie, École des Mines de paris & École Nationale du génie rural des eaux et des forêts, pp 22-23.

Lebres, E. 2002. Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer, cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments, Institut Pasteur D'Algérie. 34p.

Lebres, E. Azizi, D. Hamza, A. Taleb, F. Taouchichet, B. 2002. Manuel des travaux pratiques, manuel des travaux pratiques, unité des eaux de boissons et produits de la mer. Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments. Institut Pasteur d'Algérie, Algérie. 35p.

Lounnas, A. 2009. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-kroma de Skikda, Mémoire de Magister, Université du 20 Août 1955, Skikda. 120p.

Lourenço, C. Ribeiro, L. Cruz, J. 2010. Classification of natural mineral and spring bottled waters of Portugal using Principal Component Analysis. Journal of Geochemical Exploration. 362-372p.

Makhoukh, M. Sbaa, M. Berrahou, A. Clooster, A-V. 2011. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental), Larhyss Journal, 9. 149-169p.

Meddour, R. 2002. Bioclimats, étages et séries de végétation de l'Atlas Blidéen (Algérie), Phytocoenologia, 32, Berlin-Stuttgart. 101-128p.

MESSAOUD, N. 2011. Contribution à l'étude de la répartition des chauvessouris au Parc National de Chréa, Mémoire de magistère, Université SAAD DAHLAB BLIDA, 145p.

Mizier, O. 2005. La mesure de turbidité : un paramètre essentiel pour les eaux potables comme pour les eaux usées, L'eau industriel les nuisances, 284p.

Nechad, K. Fadil, F. Fadil. 2014. Qualité physicochimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain Sidi Bouali dans la région de Sefrou (Moyen Atlas, Maroc), Larhyss Journal. 127-146p.

OMS, 1994. Organisation mondiale de la santé. Directive de qualité pour l'eau de boisson, volume 1, recommandations, 2^{ème} édition. 202p.

OMS, 1998. Organisation mondiale de la santé. Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998. Relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Publication des communautés Européennes, Luxembourg. 30p.

PNC. 2000. Plan de gestion I du Parc national de Chréa. Période quinquennale 2000– 2005. 62p.

PNC. 2005. Plan de gestion II du Parc National de Chr a. Ed, du Parc de Chr a, période quinquennale 2005-2009. 212p.

Ramade, F. 1998. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau, Ediscience. 786p.

Rapport de presse. 2007. Commission permanente des eaux minérales naturelles et des eaux de source. Ministère des ressources en eau du gouvernement Algérien.

Rapport scientifique sur l'eau santé public. 2003. Coliformes totaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 4p.

Rejsek, F. 2002. Analyse des eaux - Aspects r glementaires et techniques, éditeur centre régional de documentation pédagogique de Bordeaux. 360p.

Rodier, J. Legube, B. Merlet, N. 2009. L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer : physico-chimie, bactériologie et biologie, 9 me édition, Dunod, Paris. 1526p.

Sari, H. 2014. Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar (Tlemcen). Mémoire de Master en sciences des aliments. Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen. 59p.

Savary, P. 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron. 274p.

Sbabdji, M. 1997. Contribution à l'étude de la perte de croissance de *Cedrus Atlantica Manetti* suite aux attaques de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityacampa schiff*. Mémoire de magister. INA. Alger. 577-591p.

Sbabdji, M. Oldache, E. Haddad, A. Kadik, B. Lambs, L. 2009. Cedar tree growth (*Cedrus Atlantica Manetti*) in chrea national park, Algeria, and the influence of defoliation by the pin processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa schiff*). *Rev.  col. (Terre vie)*, vol. 64p.

Simmons, G. Hope, V. G, Lewis. J, Whitmore. Gao, W. 2001. Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. Volume 35, Issue 6. 1518-1524p.

Stanley, M. 2005. Environmental Chemistry, Eight edition CRC Press. 816p.

Teillet, E. Cordelle, S. Urbano, C. Schlich, P. 2008. Déterminer le gout de l'eau ne coule pas de source. Conférence AgroStat, Session Sensometrie II. Centre européen des Sciences du gout, CNRS-UB-INRA en partenariat avec la lyonnaise des eaux, France. 9p.

Références Bibliographiques

Touhari, F. 2018. Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff (Algérie), Editeur université Européenne. 212p.

Verhille, S. 2013. Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. 13p.

Vilagines, R. 2000. Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, édition Tec et Doc, Lavoisier. 218p.

Zamiche, S. 2013. Etude de l'évolution spatio-temporelle des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux souterraines de la plaine de la Mitidja Ouest et détermination des principaux faciès chimiques et certains paramètres influençant leur qualité, Thèse de Doctorat, Université SAAD DAHLAB Blida, 147p.



ANNEXES



Annexe I

Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

❖ Appareillage

- Balance analytique (AND GR 200).
- Distributeur automatique.
- Plaque chauffante (Falc).
- Agitateur magnétique (Falc)
- Etuve (Binder Gmbh Bergstr)
- Turbidimètre (Hach TL2300)
- Spectrophotomètre UV-Visible (HACH DR6000)
- Conductimètre (HACH sensION 156)
- pH mètre (OHAUS starter ST3100)

❖ Verrerie et Matériels consommables

- Bêchers stériles
- Burettes
- Erlen Meyer
- Fioles jaugées (50mL, 100mL, 250mL).
- Pipettes
- Flacons en verre
- Capsules en porcelaine de 100 mL
- Pissette
- Spatule en inox
- Tube à essai stérile

❖ Réactifs, colorants et produits chimiques

- **Calcium et magnésium**
 - Hydroxyde de sodium, solution 2 N
 - Calcium, solution de référence à 100 mg/L
 - EDTA, solution titrée 0,01 mol/L
 - Murexide (indicateur)

Annexes

➤ **Alcalinité TA et TAC**

- Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 %.
- Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.01 N

➤ **Sulfates**

- Solution stabilisante
- Solution de chlorure de baryum (BaCl₂) à 0.01N
- Solution mère de sulfates à 1 g/L à partir de sulfate de sodium (Na₂SO₄)

➤ **Chlorures**

- Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/L
- Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂ CrO₄) à 100 g/L
- Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/L

➤ **Azote ammoniacal**

- Réactif coloré
- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium
- Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/L
- Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/L
- Solution de lavage

➤ **Nitrites**

- Réactif mixte (Sulfanilamide + N-1-Naphtyl éthylène diamine)
- Solution étalon mère de nitrites 100 mg/L
- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/L

➤ **Nitrates**

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 %
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 30 %
- Acide Sulfurique (H₂SO₄) concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium
- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/L
- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/L

Annexes

➤ Orthophosphates

- Réactif Mixte (heptamolybdate d'ammonium + tartrate d'antimoine et de potassium + d'acide sulfurique pur)
- Acide ascorbique à 10 %

➤ Fer

- Solution d'acide chlorhydrique à 10%
- Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/L
- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/L
- Solution de phénantroline-1,10
- Solution tampon acétate
- Solution mère de fer correspondant à 1 g/L
- Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/L

🚦 Matériel utilisé pour les analyses bactériologiques

❖ Appareillage

- Autoclave (Binder)
- Etuve (memmert)
- Bec bunsen
- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisable à la flamme (millipore)
- Bain marie
- Glacière

❖ Verrerie et Matériels consommables

- Boîtes de Pétrie stériles
- Membranes de filtration stériles 0,45 µm
- Flacons en verre de 100 et 250 mL stériles
- Pipettes stériles à usage unique
- Pompe sous vide
- Portoir
- Tube à essai stériles
- Pincés
- Öse bouclée

Annexes

❖ Milieux de cultures

- Milieu de culture BCPL avec cloche
- Milieu Schubert avec cloche
- Gélose Slanetz et Bartley
- Gélose Bile Esculine Azoture (B. E. A)
- Gélose lactosée au chlorures de 2, 3, 5 triphényltétrazolium et Tergitol (TTC et Tergitol).
- Milieu EVA LITSKY
- Milieu ROTHE

❖ Réactifs, additifs et solutions

- Eau de javel
- Eau physiologique stérile
- Réactifs de Kovacs

🚦 Milieu de culture lactose au pourpre de bromocrésol (B.C.P.L)

• Bouillon Double Concentration (D/C)

- Extrait de viande de boeuf 6g
- Peptone 10
- Lactose 10g
- Pourpre de bromocrésol 0.06g
- Eau distillée 1000 mL

• Bouillon Simple concentration (S/C)

- Extrait de viande de boeuf 3g
- Peptone 5g
- Lactose 5g
- Pourpre de bromocrésol 0.03g
- Eau distillée 1000m1

pH=7 autoclaver pendant 20 mn à 120°C

Annexes

Milieu Schubert

- Tryptone 10,00g
- Tryptophane 0,20g
- Chlorure de sodium 2,00g
- Mannitol 7,50g
- Phosphate disodique 4,12g
- Phosphate monopotassique 0,58g
- Acide glutamique 0,20 g
- Sulfate de magnésium 0,70 g
- Sulfate d'ammonium 0,40 g
- Citrate de sodium 0,50 g
- Eau distillée 1000 mL
- pH à 25°C : $7,6 \pm 0,2$

Réactifs de Kovacs

- Para-dimethyl-aminobenzaldehyde 5 g
- Alcool iso-amylique 75 mL
- Acide chlorhydrique 25 mL

Gélose Slanetz et Bartley

- Tryptose 20,0 g
- Extrait autolytique de levure 5,0 g
- Glucose 2,0 g.
- Phosphate dipotassique 4, 0 g
- Azide de sodium 0,4 g
- Chlorure de 2, 3, 5- triphenyltetrazolium 0,1 g
- Agar 10,0 g
- Eau distillée 1000 mL
- pH = $7,2 \pm 0,2$

Gélose Bile Esculine Agar (BEA)

- Peptone 17,0 g
- Peptone pepsique de viande 3,0 g

Annexes

- Extrait de levure 5,0 g
- Esculine 1,0 g
- Citrate de sodium 1,0 g
- Citrate de fer ammoniacal 0,5 g
- Bile de boeuf deshydratée 10,0 g
- Azide de sodium 0,25 g
- Chlorure de sodium 5,0 g
- Agar 13,0 g
- Eau distillée 1000 mL
- pH = $7,1 \pm 0,1$

Gélose lactosée au Chlorure de 2, 3, 5-triphényltétrazolium et Tergitol (TTC et Tergitol)

- Peptone 10,0 g
- Extrait de viande 5,0 g
- Extrait de levure 6,0 g
- Lactose 20,0 g
- Bleu de bromothymol 0,05 g
- Agar 13,0 g
- Eau distillée 1000 mL
- pH = $7,2 \pm 0,2$

- **Solution de Chlorure de 2, 3, 5-triphényltétrazolium (TTC)**

- Chlorure de 2, 3,5-triphenyltetrazolium (TTC) 0,05 g
- Eau distillée 100 mL

- **Solution de Tergitol**

- Tergitol 0,2 g
- Eau distillée 100 mL

Annexes

Milieux de Rothe

- **Double concentration (D/C)**

- Tryptone 40g
- Glucose 10g
- Phosphate bipotassique 5.4g
- Chlorure de sodium 10g
- Phosphate monopotassique 5.4g
- Azide de sodium 0.4g
- Eau concentration distillée 1000 mL

- **Simple concentration (S/C)**

- Tryptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Phosphate mono potassique 207g
- Azide de sodium 0.2g
- Eau distillée 1 000 mL

pH =6.8-7. Autoclaver pendant 15 mn à 121°C

Bouillons glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA)

- Tryptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Phosphate bi potassique 2.7g
- Azide de sodium 0.3g
- Ethyle violet 0.0005g
- Eau distillée 1000 mL

Ph7, Autoclaver 20 min à 115°C

Annexes

Milieu Litsky:

-Tryptone 20 mg

-Glucose 5 mg

-Chlorure de sodium 2.7 mg

-Phosphate mono potassique 2.7 mg

-Phosphate di potassique 2.7 mg

-Azide se sodium 0.3 mg

-Solution d'éthyle violet 5 ml

-Eau distillée 1 000 ml

pH=6.7 Autoclaver pendant 20 min à 115 °C

Annexes

Annexe II

Tableau XX. Résultats des analyses physico-chimiques

Les Paramètres	Unité	AIN TIRAYEUR	MERMOUCHA 2	X	AIN KECHOUT	OUED EL BELLAT 2	OUED EL BELLAT 1
T° (terrain)	°C	11	8.5	9.7	7.9	12	9,7
Température	°C	16,8	15,9	15.2	14.9	15	15.7
pH	/	7,86	7,57	7,77	7,80	7,66	7,84
Conductivité	µS/cm	205	395	240	211	330	512
Turbidité	NTU	1,02	0,86	0,87	0,75	1,03	9,60
Residue sec	mg/L	133	263	170	142	226	353
TAC	mg/L	58,56	141,52	85,4	84,18	87,84	195,2
TA	mg/L	0	0	0	0	0	0
TH	mg/L	106,27	204,67	122,01	106,07	149,57	297,26
TH ca	mg/L	26,82	45,75	37,86	28,40	48,90	66,26
TH mg	mg/L	9,41	21,67	6,57	8,47	6,55	30,15
Chlorure(Cl ⁻)	mg/L	9,97	15,59	12,76	9,92	28,64	19,85
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	mg/L	32,69	11,46	18,78	16,62	25,11	51,33
Phosphate(PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,051	0,049	0,043	0,046	0,043	0,045
Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ammonium NH ₄ ⁺	mg/L	0,02	<0,01	0,01	0,04	<0,01	<0,01
Fer (Fe ²⁺)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/L	1,54	0,95	1,92	0,36	14,42	0,09

Annexes

Annexe III

Tableau XXI. Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement (NPP)

1 X 50 mL	5 X 10 mL	5 X 1 mL	Nombre caractéristiques	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		