

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT CHIMIE



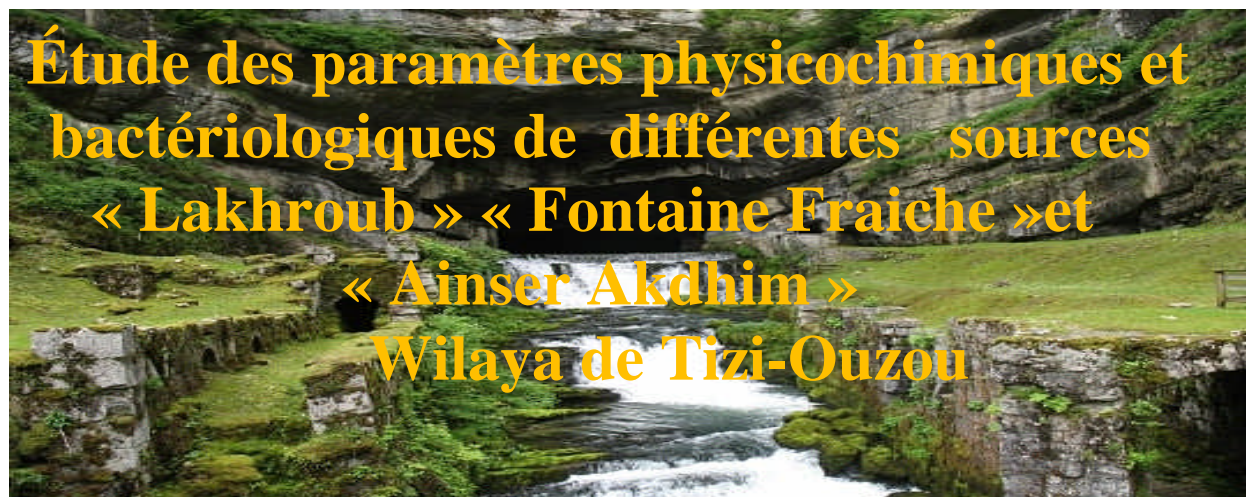
MEMOIRE

Pour l'obtention du grade de Master II

Filière : Chimie

SPECIALITE : Chimie de l'environnement

Présenté par : *ACHOUI Ranida et SOUCI Nabila*



Soutenu le 22 septembre 2015, devant le jury composé de:

M^r KADOUCHE. S

Présidente du Jury

MCB-UMMTO

M^{me} FERRAG-SIAGH. F

Encadreur

MCB-UMMTO

M^{elle} CHEIKH. A

Examinatrice

MCB-UMMTO

M^{elle} ALI. O

Examinatrice

MAA- UMMTO

Promotion 2014-2015

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de m'avoir donné santé, sérénité afin de réaliser ce modeste travail...

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier nôtres familles et ami(e)s respectifs, qui ont toujours soutenues, épaulées et qui ont cru en nous .

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promotrice : Mm Ferrag. F d'avoir accepté de nous encadrer. Nous saluons sa patience, sa rigueur, son implication exemplaire et surtout sa disponibilité pour mon travail ;

A Mm Kadouche, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance ;

NOUS adressons également nôtres sincères remerciements à Melle Cheikh. A et Melle Ali.O, pour avoir acceptés d'examiner ce travail.

notre vifs remerciements s'adressent aussi à : Mr FERRAT S., chef de laboratoire central de l'ADE de Tizi-Ouzou, de nous avoir accordé l'accès au laboratoire dont la direction lui est confiée ; mais aussi à Mme KHETTAB O., Mme METAHRI Z., Mme MOULA S., Mme FETTAH F., Mme LADJEL , Mme BEN SAID C. et Mme SABER L.

A l'ensemble des enseignants que nous avons eus durant tout nôtres parcours universitaire ; et l'ensemble du personnel travaillant à la bibliothèque et Mme Malika secrétaire du département de chimie.

Enfin, il m'y est fort agréable d'exprimer nôtres remerciements les plus sincères aux nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la bonne réalisation de ce travail

Je dédie ce travail à :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de mes études. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A :

- ma chère sœur Nassima, son époux Kamel et leurs enfants Lydia et Belaid*
- mon cher frère Rachid, son épouse Sonia et leur petite fille Annah*
- ma chère sœur Sabrina*
- Et mes chers frères Mohand, Madjid, Krimo*

Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A mon cousin Mourad et son épouse Nora et a mon oncle Lounes son épouse Zahra et leur enfants Massi, Yanis, Lina et Willem

A mon oncle Amar son épouse Sonia et leurs enfants Ania, Noam, Elyes

A ma binôme Ranida, et mes amis Célia , Lynda, Nassima, Mériem et Hakim

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration

de ce travail, je vous dis merci.

Nabila

Dédicace

*Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie source de mon courage et mon inspiration, mes très chers **parents** pour tous les sacrifices qu'ils ont fournis pour moi et pour mes études.*

À ma promotrice, M^{me} FERRAG. Fatima

À mes chères frères : Mhand, Yacine,

À mon petit ange : Yanis, et sa maman Lamia.

À mon mari : Mohamed Saïd, ma belle mère, et mon beau père, et Lila, Karima, Imane,

À mes adorables copines: Nabila, Lynda (Rinade)

En fin, à tous les étudiants de la promotion protection de l'environnement 2014-2015, que Dieu les bénisse et les mette sur la voie de la réussite...

Ranida

Sommaire

Introduction Générale

Partie théorique

Chapitre I : Présentation de la région d'étude et propriété de l'eau naturelle

I.1 Cadre géographique	Erreur ! Signet non défini.
I.2 Cadre climatique	1
I.2.1 Pluviométrie	Erreur ! Signet non défini.
I.2.2 humidité	Erreur ! Signet non défini.
I.3 Ressources hydriques dans la région	Erreur ! Signet non défini.
I.3.1 Eaux superficielles (barrages)	Erreur ! Signet non défini.
I.3.2 Eaux souterraines	2
I.4 Propriété de l'eau	Erreur ! Signet non défini.
I.5 L'eau sur terre	3
I.6 Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	4
I.7 Caractéristiques générales des eaux souterraines	5
I.8 Potabilité des eaux souterraines	Erreur ! Signet non défini.
I.9 Choix des sources d'eaux à étudier	Erreur ! Signet non défini.
I.10 Présentation de l'ADE	Erreur ! Signet non défini.
I.10.1 Mission et objectif de l'ADE	Erreur ! Signet non défini.
I.10.2 Organigramme Fonctionnel du laboratoire	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II : Pollution des eaux et Impact sur la santé

II.1 Principales sources de pollution	Erreur ! Signet non défini.
II.2 Modes de contamination des eaux souterraines	Erreur ! Signet non défini.
II.3 Maladies à transmission hydrique	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1 Maladies d'origine bactérienne :	Erreur ! Signet non défini.

II.3.2 Maladie d'origine parasitaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3 Maladie d'origines virales :	Erreur ! Signet non défini.
II.4 La virologie des milieux hydriques	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Impact de la pollution hydrique sur l'environnement	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III: Paramètre de qualité d'une eau potable

III.1 Paramètre globaux de la qualité d'eau	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1 Paramètre physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.1 Température	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.2 pH.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.3 Alcalinité	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.4 Dureté.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.5 Conductivité électrique	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.5 Turbidité.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.6 Résidu sec à 105 °C.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.7 Minéralisation globale.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.9 Paramètres indésirables	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1.10 Paramètres de pollution	Erreur ! Signet non défini.
III.2 Les paramètres bactériologiques	Erreur ! Signet non défini.
III.2.1 Les bactéries revivifiables	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2 Germes indicateur de la contamination fécale	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3 Les streptocoques fécaux (ENTEROCOQUES)	Erreur ! Signet non défini.
III.2.4 Les méthodes utilisées pour le dénombrement des différents germes sont	Erreur ! Signet non défini.

Partie Experimentale

Chapitre IV: Echantillonnage et méthodes analytiques

IV.1 Échantillonnage :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.1 Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.2 Echantillons destinés aux analyses bactériologies :	Erreur ! Signet non défini.
IV.1.3 Transport des échantillons.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2 Méthodes analytiques :.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1 Analyses physico-chimiques :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1.1 Mesure du potentiel d'hydrogène.....	Erreur ! Signet non défini.

IV.2.1.2 Mesure de la turbidité.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.1.3 Mesure de la conductivité.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.3 Analyse de minéralisation globale	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.1 Mesure de l'alcalinité	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2 Détermination de la dureté (Titre Hydrotimétrique)	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2.1 Dosage du Calcium	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.2.2 Détermination magnésium	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.3 Dosage des chlorures (méthode de mohr)	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.4 Dosage du potassium et du sodium par spectrophotométrie d'émission à flamme	Erreur ! Signet non défini.
IV.3.5 Dosage des sulfates	Erreur ! Signet non défini.
IV.4 Analyse des paramètres de pollution.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.1 Dosage d'Ammonium	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.2 Dosage des ions nitrites	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.3 Dosage des ions nitrate.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.4.4 Détermination des phosphates.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.5 Analyse des éléments indésirables	Erreur ! Signet non défini.
IV.5.1 Dosage du fer.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.5.2 Dosage d'aluminium	Erreur ! Signet non défini.
IV.5.3 Dosage de la matière organique	Erreur ! Signet non défini.
IV.6 Analyses bactériologiques	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.1 Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à températures 22 et 37 C°	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.1 Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.1.1 Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.1.2 Méthode par filtration sur membrane	Erreur ! Signet non défini.
IV.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre V: Résultats et Discussion

V Analyses physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
V.1 Paramètres physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
V.1.1 Température.....	Erreur ! Signet non défini.
V.1.2 Turbidité	Erreur ! Signet non défini.

V.1.3 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	Erreur ! Signet non défini.
V.1.4 Conductivité à 25 °C	50
V.1.5 Résidu sec à 105 °C.....	Erreur ! Signet non défini.
V.2 Paramètres de minéralisation globale	Erreur ! Signet non défini.
V.2.1 Dureté totale.....	Erreur ! Signet non défini.
V.2.2 Dureté calcique et dureté magnésienne	Erreur ! Signet non défini.
V.2.3 Sodium.....	Erreur ! Signet non défini.
V.2.4 L'ion potassium	Erreur ! Signet non défini.
V.2.5 L'ion chlorure	Erreur ! Signet non défini.
V.2.6 L'ion sulfate	Erreur ! Signet non défini.
V.2.7 Bicarbonates	58
V.2.8 Titre Alcalimétrique Complet	58
V.3 Paramètres de pollution.....	59
V.3.1 Ion d'ammonium.....	60
V.3.2 Ion nitrites	60
V.3.3 Ion nitrates	61
V.3.4 Ion phosphate	61
V.3.5 Matière organique	61
V.4 Elément indésirables.....	62
V.4.1 Aluminium.....	63
V.4.2 Fer	63
V.5 Classifications des trois sources d'eau	64
V.6 Résultats et interprétation d'analyses bactériologiques	65
Conclusion générale.....	69
Références bibliographiques.....	71
Annexes.	

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

BCPL : Bouillon Lactosé Au Pourpre De Bromocresol.

CSR : Slostridium Sulfito-Réducteurs

°C : Degré Celsius

CMA: Concentration Maximal Admissible

D/C : Double Concentration

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

EPIC : Entreprise Publique A Caractère Industriel Et Commercial

E. Coli : Escherichia Coli

°F : Degré Français.

Km : Kilomètre

H: Heure

LM : Limite Maximal.

MES : Matières En Suspension.

MTH : Maladies à Transmission Hydrique.

MO : Masse Molaire D'oxygène

mL : Millilitre

mg/L : Milligramme Par Litre

m : Mètre

min : Minute

mEq/L: Milliéquivalent Par Litre

M : Molarité Mol /L

N.A : Norme Algérienne.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Nephelometric Turbidity Unite .

NG : Niveau Guide

N : Normalité

N.E.T: Noir d'Eriochrom T

nm : Nanomètre

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PCA: Plate Count Agar.

pH : Potentiel D'hydrogène

RC: Rapide Coli.

RS: Résidu Sec

S/C: Simple Concentration

S : Sources

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS: Solides Totaux Dissous.

TGEA : Tryptophane Glucose Extrait d'Agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

T : Température

UFC : Unité Formant Colonies.

VF : Viande-Foie

V : Volume

μS: Micro Siemens

Liste des tableaux

Tableau N° 1 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraine**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°2 : principales maladies d'origine bactérienne :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°3 : principales maladies d'origine parasitaire**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°4 : principales maladies d'origine virales**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°5: plage de valeurs du Titre Hydrométrique**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°6 : Relation entre la résistivité de l'eau et la conductivité mesurée**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°7 : Classes de turbidité usuelles NTU :**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°8 : la potabilité en fonction des résidus secs**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N° 9: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°10 : Les éléments indésirables des eaux potables.**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°11: Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les trois sources ciblées et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°12 : Paramètres de minéralisation de l'eau pour les trois sources considérées et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°13 : Paramètres de pollution de l'eau pour les différentes sources étudiées..... 60

Tableau N°14 : Elément indésirable de l'eau pour les différentes sources étudiées**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°15 : résultats des analyses des Microorganismes Revivifiables..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°16: Les résultats des analyses bactériologiques**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau N°17: Classement d'eau des trois sources selon Institut Pasteur d'Algérie,
(1977).....66

Liste des figures

- Figure N°1 : La carte géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°2 : Répartition de l'eau sur la terre **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°3: Situation géographique de la source « fontaine fraîche (Yakourène) **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°4 : Situation géographique de la source « ainsar akdhim » (thala-Athmane)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°5: Situation géographique de la source « Lakhroub » (Yakourène) **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°6 : Logo de l'entreprise **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°7: Organigramme fonctionnel du laboratoire ADE **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°8 : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C e37°C **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°9 : Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°10 : Méthode par filtration sur membrane **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°11 : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°12 : Les valeurs de température de l'eau pour les différentes Sources considérées **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°13 : Histogramme des valeurs de turbidité pour les différentes sources ciblées **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°14: Histogramme des valeurs de potentiel d'hydrogène pour les différentes sources étudiées.....50
- Figure N°15 : Les valeurs de la conductivité pour les différentes sources ciblées ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°16: Histogramme des valeurs des résidus secs pour les différentes sources étudiées ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°17 : Les valeurs de dureté totale de l'eau pour les différentes sources ciblées....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°18: Concentration calcique et magnésienne de l'eau pour les trois sources étudiées.... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°19 : Teneur en sodium dans l'eau pour les différentes sources considérées**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°20 : Concentration en potassium dans l'eau pour les trois sources étudiées**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure N°21 : Teneur en chlore dans l'eau pour les trois sources considérées**Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°22 : Concentration en sulfate dans l'eau pour les trois sources considérées **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°23 : Teneur en bicarbonates dans l'eau pour Les trois sources étudiées **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°24 : Teneur en TAC dans l'eau pour Les trois sources étudiées **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°25 : Concentration des paramètres de pollution de l'eau pour les différentes sources étudiées..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°26 : Teneur en matière organique de l'eau pour les différentes sources considérées **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°27 : Teneur en aluminium de l'eau pour les différentes sources considérées..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°28 : Teneur en Fer de l'eau pour les différentes sources considérées **Erreur ! Signet non défini.**

Figure N°29 : Classification des eaux selon Stabler.....64

Introduction

L'accès à une eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (OMS, 2004).

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît, et l'on constate de plus en plus de déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme (ROUGIER et WACKERMANN, 2009).

En effet dès le XIX^e siècle, le souci de protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (REJSEK, 2002). Toutefois, l'eau est devenue le vecteur de transmission privilégiée de nombreuses maladies. Pour cela, la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux à chaque étape de l'approvisionnement, que ce soit au niveau des réseaux de la distribution qu'au niveau des sources et des puits, revêt un intérêt primordial pour la prévention contre les intoxications et la préservation de la santé des consommateurs (DJELLOULI et TALEB, 2005).

La problématique se place dans le contexte où la population consomme l'eau des sources sans s'assurer de sa potabilité et l'objectif de cette étude est l'analyse physicochimique et bactériologique de l'eau des sources qui se situe au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou afin d'évaluer sa potabilité. Pour cela, trois sources ont été considérées à savoir :

- La source « Lakhroub » et « fonatine fraîche » qui sont situées à Yakourene,
- La source « ainser akdhim » qui se situe à thala Athman.

Le présent travail compte deux parties. La première partie comporte l'étude bibliographique dont, le premier chapitre est consacré à la présentation de la région d'étude (Tizi-Ouzou), et propriété de l'eau naturelle, le deuxième chapitre : pollution des eaux et l'impact sur la santé, le troisième chapitre est consacré à la qualité d'une eau potable. La deuxième partie comporte l'ensemble des méthodes expérimentales c'est le chapitre quatre ainsi que le matériel utilisé dans cette étude et enfin discussion des résultats obtenus sur l'étude pour le chapitre Cinq. Ce travail est clôturé par une conclusion générale et quelques recommandations à suivre pour l'avenir.

***Généralité sur
Eaux Naturelles***

I.1 Cadre géographique

La wilaya tizi ouzou est située au centre de l'Algérie, elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne et au sud par la wilaya de Bouira, à l'est par la wilaya de Bejaia, et à l'ouest par la wilaya de Boumerdés. Le littoral s'étend sur 80 km, c'est une région côtière et montagneuse. Elle se situe à 100 km de la capitale. Tizi Ouzou s'étend sur une superficie de 2957, 93 km², et elle est divisée administrativement en 21 dairas et 67 communes. Avec une population environ de 1 200 000 habitants, soit une densité de 400 habitants par Km².

La figure ci-dessous représente la carte géographique de la wilaya

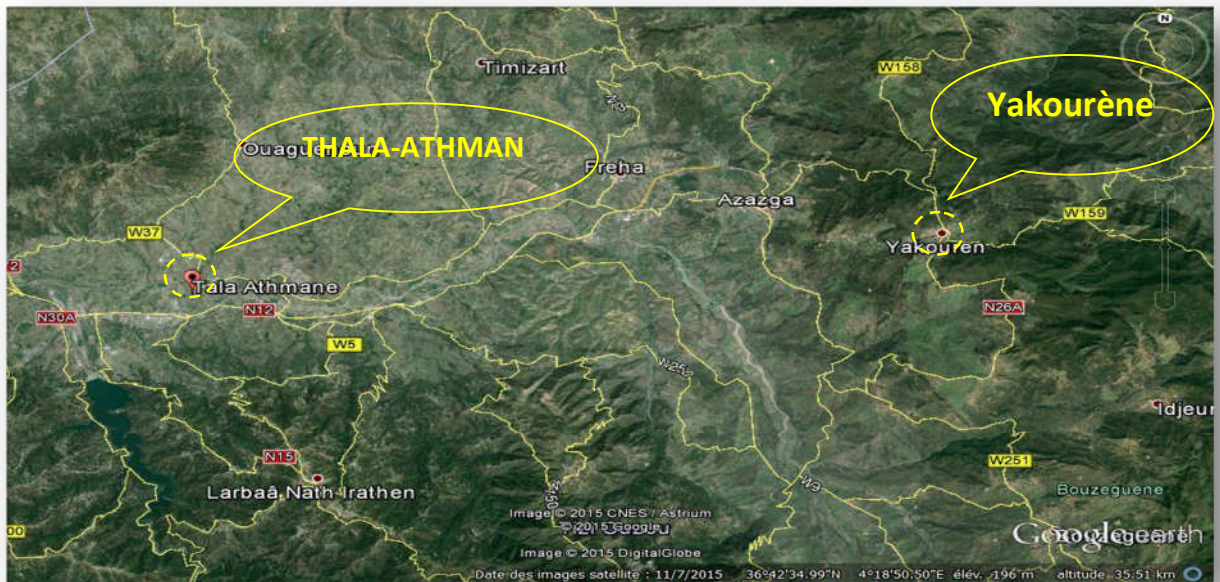


Figure.1 : La carte géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou

I.2 Cadre climatique

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe dans la zone du climat méditerranéen. Le climat est froid et humide entre octobre et avril, en raison de vents de nord. Le reste de l'année, le climat est chaud et humide. Sur les hauteurs le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négative et une neige abondante en hiver et des étés très chauds et très humide.

Du fait de l'enclavement et de l'exposition aux vents du sud les températures sont particulièrement élevées en été, à partir de novembre les températures sont de 5 °C au minimum.

I.2.1 Pluviométrie

En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver entre décembre pour les hautes altitudes (600 m et plus), et février pour les basses altitudes. La pluviométrie 600 ml à 1000 ml par an. (MEDJEBER BELLEHMER., 2010)

I.2.2 humidité

La wilaya de Tizi-Ouzou se situe sur la zone de contact et de lutte entre les masses d'air polaire et tropical. Du mois d'Octobre-Novembre à mois de Mars-Avril, les masses d'air arctique (continent au pôle nord) l'emportent généralement et déterminent une saison froide et humide. Les autres mois de l'année, les masses d'air tropical remontent et créent chaleur et sécheresse. Le temps variable fréquent, sur la wilaya est créé par des fronts discontinus, dus à la circulation zonale (d'Ouest en Est) de l'air. L'humidité dans la wilaya est due à des dépressions de front polaire qui balaient les montagnes et provoquent pluie et neige. (ANDI., 2015)

I.3 Ressources hydriques dans la région

I.3.1 Eaux superficielles (barrages)

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, les eaux des ruisseaux, de rivière, fleuves, barrages, lacs. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau ; elles sont exposées à tout sort de pollution que nous pouvons imaginer (industrielles, urbaine, agricoles, bactériologique). Ce sont donc des eaux polluées, elles contiennent des matières en suspension, des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels.

Elles nécessitent un traitement physicochimique parfois complexe dans des infrastructures importantes (DEGREMONT, 2005).

I.3.2 Eaux souterraines

On entend par « eau souterraine », l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du sol rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas

canalisée comme un ruisseau, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterraine. L'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique).

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Elles restent jusqu'à présent les meilleures ressources en eau potable (MYRAND et al, 2003).

I.4 Propriété de l'eau

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, elle est quelque fois désignée sous le nom « solvant universel ». La formule chimique de l'eau pure est H_2O . L'eau « courante » est une solution d'eau et de différents sels minéraux.

C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre ; l'eau est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants.

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes des métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes.

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau est le seul élément qui existe sous trois formes que l'on rencontre à la surface de la terre

- **État solide** : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières.
- **État gazeux** : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres.
- **État liquide** : caractérisé par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires. (BORDET, 2007)

I.5 L'eau sur terre

L'eau, qui est la même depuis son apparition il y a quatre milliards d'années est recyclée en permanence. Le changement d'état de l'eau solide, liquide, et gazeux, permet sa

circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents (SCHRIVER-MAZZUOLI, 2012).

L'eau est le liquide le plus abondant sur la terre dont le volume total sur terre est d'environ 1.386 milliards de km³ dont environ (97 %) contenue dans les océans ; est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme. L'eau douce est à plus de 68,3 % dans la glace et les glaciers. Environ 31,4% de ces eaux douces se trouve dans le sol. Les sources d'eau douce de surface, comme les rivières et les lacs, totalisent 93100 km³, ce qui représente 0.0067 % de la quantité totale de l'eau sur Terre. Cependant, les rivières et les lacs sont les sources de la plupart de l'eau qui est utilisée par les hommes tous les jours ; donc il est indispensable à la survie de l'espèce vivante terrestre. Figure (2) (ASSOULINE S. et ASSOULINE J., 2007).

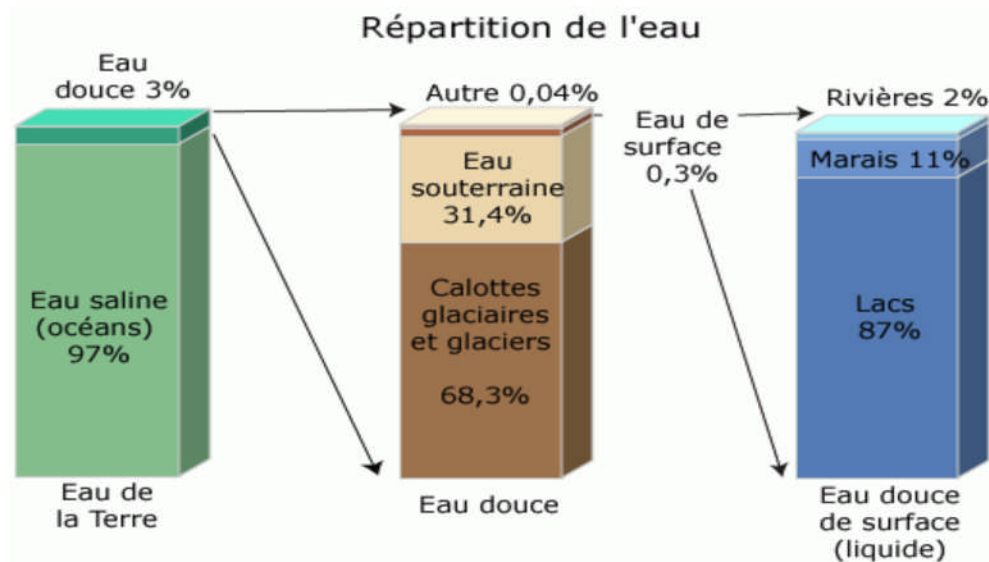


Figure 2 : Répartition de l'eau sur la terre (Observation Régional de l'environnement ,2014)

I.6 Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines

Chacun de ces deux types d'eau présente des caractéristiques spécifiques qui le différencient de l'autre type, et c'est ce que l'on veut mettre en évidence à travers le tableau qui récapitule l'ensemble de ces différences.

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraine(CHAUSSADE et al. 2005).

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraines
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité MES	variable parfois élevé	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée aux MES en suspension (argile, algue,..) sauf pour les eaux acides et très douces	Du aux solides dissous ou due à une précipitation (Fe Mn)
Minéralisation globale (salinité, TDS)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets	Sensiblement constante, plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Mn en Solution	Généralement absent, sauf à la profondeur des lacs et des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Présent
CO₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande Quantité
O₂ dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées.	Absent la plupart du temps
H₂S	Généralement absent	Souvent présent
NH₄	Présent Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Généralement faible	Teneur parfois important
Silice	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans l'eau des pays industrialisés, mais susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Généralement absents mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme
Organismes Vivants	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent présent (pollution des nappes)

I.7 Caractéristiques générales des eaux souterraines

La nature géologique du terrain à une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel soit elle stagne soit elle circule : il s'établit donc 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, celles circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques.

Parmi les caractéristiques de ces eaux, il faut retenir une faible turbidité, une température et une composition chimique constantes, absence d'oxygène. En outre, ces eaux sont souvent d'une grande pureté bactériologique.

I.8 Potabilité des eaux souterraines

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » et répondant naturellement aux normes de potabilité. Lorsqu'une nappe souterraine est polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également fixés et adsorbés sur les roches et minéraux du sous sol (CHAUSSADE et al, 2005).

I.9 Choix des sources d'eaux à étudier

La wilaya de Tizi-ouzou, dispose d'un nombre important de sources, situées en majeure partie sur le flanc Nord de Djurdjura, généralement utilisés pour l'alimentation en eau potable des zones montagneuse isolées. On dénombre pour l'ensemble de la wilaya 203 sources dont 121 sources importantes d'un débit total estimé à 701.7 L/s, soit plus de 22 millions de m³ par an. (AMIRI.,D ,2010).

Pour notre étude, nous avons choisi trois sources, deux sont situées à Yakourène (fontaine fraîche et Lakhroub) et la troisième à thala Atmane (ainser akdhim). En effet, les figures 3, 4 et 5 représentent les situations géographiques des trois sources : fontaine fraîche, ainser akdhim et Lakhroub, respectivement. Cependant l'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources est effectuée au sein du laboratoire l'Algérienne des eaux (ADE).



Figure 3: Situation géographique de la source « fontaine fraiche (Yakourène)



Figure 4 : Situation géographique de la source « ainser akdhim » (thala-Athmane)



Figure 5: Situation géographique de la source « Lakhroub » (Yakourène)

I.10 Présentation de l'ADE

L'algérienne des eaux, nommée ADE est une EPIC (entreprise publique à caractère industriel et commercial), elle a été créée par décret exécutif n°01-101 du 21 avril 2001, l'algérienne des eaux (ADE) s'est appliquée à la mise en place de ses structures, l'impulsion de la gestion est la levée préalable à un transfert organisé en sa faveur des établissements en charge de la production l'exploitation et la gestion de la distribution de l'eau.

Les unités de production et de la distribution doivent chacune avoir un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau.

Le laboratoire est créé par décision du directeur régionale, la décision de création déterminera le champ d'intervention du laboratoire, les installations hydriques à contrôler et sa responsabilité en matière de la qualité de l'eau.

Le laboratoire est placé sous la responsabilité directe du directeur d'unité et dirigé par un chef de laboratoire avec une organisation de deux services :

- ✓ service analyses physico-chimique.
- ✓ service bactériologique.

Des sorties et des déplacements sur le terrain sont régulièrement programmés en leur accordant tout le nécessaire.



Algérienne Des Eaux

Figure.6 : Logo de l'entreprise

I.10.1 Mission et objectif de l'ADE

L'ADE a pour objectifs :

- Le service public de l'eau potable visant à la disponibilité de l'eau aux citoyens.
- L'exploitation (gestion et maintenance) des systèmes et installation permettant la production, le traitement, le transfert, le stockage et la distribution de l'eau potable et industrielle.
- La normalisation et la surveillance de la qualité de l'eau distribuée.
- La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre pour son propre compte et ou celui des collectivités locales.
- La maîtrise d'ouvrage déléguée est réalisée rémunération par le maitre d'ouvrage.
- La police des eaux
- L'initiation de toute action visant l'économie de l'eau (lutte contre le gaspillage).

I.10.2 Organigramme Fonctionnel du laboratoire

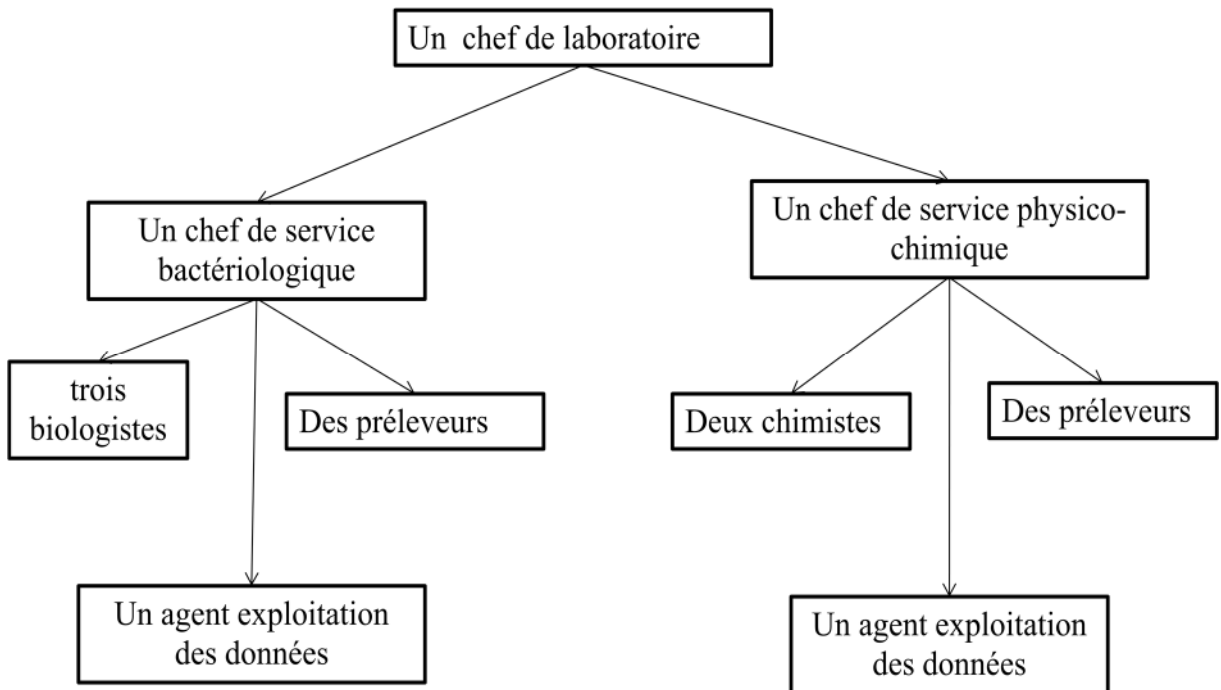


Figure 7: Organigramme fonctionnel du laboratoire ADE

Pollution d'Eau et

Impact sur Santé

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes ; donc dangereux pour la santé.

La pollution de l'eau est toute modification physique ou chimique sur sa qualité, qui a une influence négative sur les organismes vivants ou qui rend l'eau inadéquate aux usages souhaités. On dit que l'eau est polluée, lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradée

L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution.

II.1 Principales sources de pollution

La pollution des eaux souterraine provient essentiellement des activités domestiques urbaine et industrielles, agricole, ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, et l'équilibre du milieu aquatique.

✓ D'origine domestique et urbaine :

Ce sont des eaux usées urbaines, essentiellement constituées par des eaux domestiques provenant de l'activité humaine : ménagères : eau de cuisine, toilette, lavage...etc. La pollution domestique se caractérise par des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux et des détergents. (VILLAGINES, 2003).

✓ D'origine agricole :

Elle est causée essentiellement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, mais ce sont surtout les pratiques culturales modernes qui sont en causes. la pollution agricole se caractérise par la présence de forte teneurs en sels minéraux (azote, phosphore potassium) provenant des engrais, des élevages et de produits chimiques (pesticides, herbicides)

L'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs "eutrophisation" notamment par les engrais azotés et phosphatés conduit à la prolifération d'algues et de végétaux et à la dégradation des caractéristiques de l'eau (acidité, goût, odeur) (CASTANY, 1982).

✓ **D'origine industrielle :**

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans cette dernière, citons :

- Matières organiques et graisses
- Hydrocarbure (raffineries)
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) (CASTANY, 1982).

II.2 Modes de contamination des eaux souterraines

Les eaux souterraines, longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les divers activités humaines, elles sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risques dont les plus répandus sont : les nitrates et les pesticides

La pollution des eaux souterraines issue des sources domestiques, agricoles, et industrielles est en augmentation, il s'agit de rejets directs (effluents) ou indirects (à partir des engrais et des pesticides) ainsi que lixiviation provenant des déchets, les sources diffuses ont une incidence croissante. (BOUZIANI, 2000).

II.3 Maladies à transmission hydrique

L'eau, ressource naturelles indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou induite la première cause de mortalité et de maladie au monde.

Les maladies d'origine hydrique sont des infections, qui sont dues à un agent infectieux, bactérie, virus ou protozoaire. Dans le cas des infections d'origine hydrique, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains ou des animaux (HASLAY et LECLERC, 1993)

II.3.1 Maladies d'origine bactérienne :

Le Tableau 2 : principales maladies d'origine bactérienne :

Maladies	Agents	Manifestations	Contamination	Références
	Responsables			
Fièvres Typhoïde et paratyphoïdes	Salmonella Typhi et salmonella paratyphi A	-fièvre -céphalées ; -diarrhées ; -douleurs abdominales ; -hémorragies intestinales -collapsus cardiovasculaire ; -atteintes hépatiques, respiratoire et neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	(VILLAGINES , 2003).
Choléra	Vibrio cholera	- diarrhées ; -vomissement ; -douleurs épigastriques - crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	(VILLAGINES , 2003).
Gastro-entérites	Escherichia coli	- diarrhées ; -douleurs abdominales ; fièvre ; -nausées et vomissement ; -selles sanguinolentes	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales	(VILLAGINES , 2003).

II.3.2 Maladie d'origine parasitaire

L'eau constitue le réceptacle de certains parasites qui peuvent provoquer un ensemble de maladies comme il est indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 3 : principales maladies d'origine parasitaire

Maladies	Agents Responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro- enterite	Cryptosporidium parvum	-diarrhée sévère ; - crampes abdominales ; -baisse de poids ;	Voie digestive	OMS, 2008.
Dysenterie amibienne	Entamoeba histolytica	- crampes ; -diarrhée muco sanglante;	Voie digestive	VILAGINES, 2003.
Giardiase	Giardia lamblia	-diarrhée ; -crampes d'estomac ; -perte de poids - fatigues.	Voie digestive	VILAGINES, 2003.

II.3.3 Maladie d'origines virales :

Le tableau 4 ci-dessous résume les principales maladies d'origine virale rencontrées dans les eaux de consommation.

Tableau 4 : principales maladies d'origine virales

Maladies	Agents Responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Poliomyélite	Poliovirus	-fièvre ; fatigue ; - douleur au niveau des jambes ; - de tête ; - Maux	Le virus pénètre dans la bouche et se multiplie dans l'intestin.	GEURSEN et al, 2004
Hépatite Infectieuse	Virus de L'hépatite A	-Perte d'appétit ; urines foncées ; -diarrhées ; -nausées ; -fièvres ;	Voie digestive	OMS ,2008
	Virus de l'hépatite E	-trouble digestifs importants - urines foncées ; - diarrhées ;	Voie digestive	OMS ,2008

Selon OMS (2008), dans les pays en développement, quatre cinquièmes de toutes les maladies sont causés par les maladies hydriques, où la diarrhée est la principale cause de la mort des enfants. En Algérie l'étude montre que les hépatites virales occupent la première place parmi MTH (Maladie à Transmission Hydrique), elles sont suivies par la fièvre typhoïde, dysenterie, cependant, aucun cas de choléra n'a été enregistré ici dans notre pays.

II.4 La virologie des milieux hydriques

Il est essentiel de bien différencier la notion de danger et la notion de risque. Le danger concerne les effets toxiques susceptibles d'être induits par un agent éventuellement toxique.

Le risque est la probabilité d'apparition de ces effets en fonction des conditions d'exposition au danger. L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladies à virus est, en pratique, relativement difficile à cerner du fait, d'une part, de la sous-estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus, d'autre part, des limites

des méthodes épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci pour être efficace, devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale (SCHWARTZBORD L., 2000).

II.5 Impact de la pollution hydrique sur l'environnement :

L'eau, symbole de pureté et de vie, est actuellement signe d'une civilisation qui s'intoxique, la pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol, et elle subit donc la dégradation de ces deux milieux. L'eau est exposée dans la nature à des pollutions de toute sorte, et les phénomènes de pollution de l'eau peuvent être observés à différents niveaux

- ✓ Dans les nappes ou dans les sources d'eau par suite d'infiltration d'eau usée particulièrement dans les sols perméables et au court des averses.
- ✓ Dans les eaux de surface, les fleuves, les rivières, et les oueds qui sont souillées par le déversement d'eau usée non drainée.

Les eaux du littoral qui font l'objet d'une pollution permanente par suite des déversements systématiques des bateaux et les rejets industriels (BOUZIANI, M. 2000)

Paramètres d'Eau

Potables

L'OMS définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres physico-chimiques, microbiologiques et à des substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempt d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

III.1 Paramètre globaux de la qualité d'eau

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

III.1.1 Paramètre physico-chimiques

III.1.1 Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique ainsi la détermination du pH. Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur. Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (RODIER et al, 2009).

Selon l'OMS, la température de l'eau souterraine des formations aquifères est identique à celle du terrain qui la contient et est plus ou moins constante tout au long de l'année

III.1.1.2 pH

Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau. Il constitue un paramètre important car non seulement il contrôle la corrosion mais aussi montre la stabilité de l'eau.

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés et varie habituellement entre 7,2 et 7,6. Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celle provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH de l'ordre de 7 et parfois un inférieur.

Ce paramètre est également important dans la détermination de l'équilibre calco-carbonique. Une baisse de pH est due à la chloration par du chlore, ce qui rend l'eau agressive. Cette agressivité peut conduire notamment à la mise en solution de certains éléments absorbés sur les matières en suspension. De plus, l'eau agressive est à l'origine de la dégradation de sa qualité durant son transfert dans les canalisations, corrosion. (VILAGINES, 2003)

III.1.1.3 Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). On distingue deux types d'alcalinité :

- Titre Alcalimétrique Complet (TAC) : correspondant à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} OH^- .
- Titre Alcalimétrique simple (TA) (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3 (REJSEK, 2002)

III.1.1.4 Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau est une grandeur reliée à la somme des cations alcalino-terreux présent dans une eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

Une eau est dite « dure » lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) et, par opposition, « douce » lorsqu'elle contient peu de ces ions.

L'ensemble de ces paramètres s'exprime en degré français ($^{\circ}F$), en milliéquivalent par litre ou mg $CaCO_3/L$, avec les correspondances suivantes :(REJSEK (2002))

$$1^{\circ}F = 10 \text{ mg } CaCO_3/L = 0,2 \text{ mEq } /L$$

Les sels de calcium se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. La teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par l'eau et peut varier de 1 à 150

mg/L. Dans les régions à substrat acide, on trouve des valeurs faibles, de l'ordre de 2 à 8 mg/L. En pays calcaires, les concentrations se situent entre 70 et 120mg/L

Tableau 5: plage de valeurs du Titre Hydrométrique

Dureté mg/LCaCO ₃	Spécificité de l'eau
<60	Eau douce
60 à 120	Eau légèrement dure
120-180	Eau dure
180 plus	Eau très dure

III.1.1.5 Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes ; La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement comme le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), le bicarbonate (HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée

Elle est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente et proportionnelle à la minéralisation

La conductivité s'exprime en Siemens par mètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en Ohm par mètre. (REJSEK (2002))

$$\text{Résistivité } (\Omega\text{cm}) = 1000\ 000 / \text{Conductivité}$$

Tableau 6 : Relation entre la résistivité de l'eau et la conductivité mesurée (REJSEK, 2002).

Types d'eau	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Résistivité
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisé	100 à 200	5000 à 1000
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisé	1000 à 2500	400 à 1000

La conductivité est une mesure simple permettant de vérifier l'efficacité et la stabilité d'un traitement de déminéralisation ou de minéralisation. Une conductivité élevée traduit, soit un pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, celle-ci pouvant être naturellement ou due à des rejets salins (RODIER et al, 2009)

III.1.1.5 Turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension notamment colloïdales : argiles, limons grains de silice, matières organiques ...; La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau.

Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. (RODIER et al, 2009).

Remarque : Selon l'OMS, une turbidité importante peut mettre les microorganismes à l'abri des effets de la désinfection, stimuler la croissance bactérienne et entraîner une demande élevée. Une turbidité dépassant 5 UNT peut être visible à l'œil nu.

Tableau 7 : Classes de turbidité usuelles NTU :

Turbidité NTU	Spécificité d'eau
< 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 30	Eau trouble

III.1.1.6 Résidu sec à 105 °C

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût

Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :

$$(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) - 1/2 [\text{HCO}_3^-]$$

Tableau 8 : la potabilité en fonction des résidus secs (RODIER et al, 2009)

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Moyenne
3000 < RS < 4000	Mauvaise

III.1.1.7 Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous .(DEGREMONT G., 2005).

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous est élevée , donne un goût salé, cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODIER et al, 2009)

Tableau 9: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité

Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation d'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

✓ **Calcium Ca^{2+}**

Le calcium est un élément très fréquent. Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kilogramme de calcium essentiellement dans le squelette.

Le manque de calcium est l'une des principales causes de l'ostéoporose. Cependant, la consommation abusive de calcium (plus de 2,5g /jours) sans avis médical peut conduire au développement des cailloux rénaux, et à des problèmes au niveau des vaisseaux sanguins. (MAIGA, 2005)

✓ Magnésium Mg^{2+}

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (MAIGA, 2005)

✓ Sodium Na^+

Dans les eaux naturelles, le sodium est essentiellement présent sous forme ionique. Sa concentration est très variable selon une région à l'autre.

Le sodium est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme et il est également important pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Cependant, trop de sodium peut endommager les reins et augmenter les risques d'hypertension. (ANONYME 1, 2004)

✓ Potassium k^+

Dans les eaux souterraines, sa concentration ne dépasse généralement pas 10mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le potassium joue un rôle important dans le système hydrique de l'homme et il intervient dans les fonctions nerveuses .toutefois, quand les reins fonctionnent mal ; il ya une accumulation de potassium, ce qui peut entrainer une perturbation des battements du cœur. (CHERY, 2006).

✓ Sulfate SO_4^{2-}

L'ion SO_4^{2-} est la forme prédominante dans les eaux naturelles. Il est lié à l'oxydation des minéraux riche en soufre, ces minéraux sont présent dans tous les types de roche comme le calcaire, sables ...est également liée à l'oxydation de sulfures dans les précipitations atmosphériques (pluie acides).

La teneur en sulfate des eaux sont variables mais ne dépassent pas le gramme par litres. Bien que des teneurs élevées en sulfate ne soient dangereuses, elles peuvent entrainer des troubles diarrhéiques chez les enfants. (CHERY, 2004)

✓ **Chlorures Cl⁻**

Les Cl⁻ sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de NaCl, KCl. Les teneurs rencontrées dans les eaux naturelles sont généralement de 10 à 20 mg /L, mais peuvent atteindre des valeurs plus importantes en contact de certaines formations géologiques. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/L et de la corrosion des métaux.

III.1.1.9 Paramètres indésirables

L'eau présente certains éléments dits indésirable (Tableau 10), qui devraient être prises en considération.

Tableau 10 : Les éléments indésirables des eaux potables.

Eléments Indésirables	Origines	Effets	LM (µg/L)	Références
Aluminium (Al)	-roches ; sols ; -industrielles : Métallurgie, alumine et pétrochimique	Affection du cerveau de nature non inflammatoire	200µg /L	VILAGINES, 2003
Fer (Fe)	-naturelle : eaux souterraines et roches sédimentaires ; -lessivage des dépôts d'ordures	-coloration rouge et gout métallique, -odeur de poisson -obstruction des canalisations	200µg /L	VILAGINES, 2003

✓ **L'Aluminium**

Il est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, de colloïdes ou de composés insolubles. Les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux et des sols, la contamination par les poussières atmosphériques et les précipitations constituent pour

l'aluminium les principales voies d'accès au milieu aquatique. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

✓ **Le Fer**

Le fer est un élément indispensable au fonctionnement du corps humain (synthèse de l'hémoglobine) il est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par ordre d'abondance, sa présence dans l'eau peut avoir divers origines :

- Lessivage des terrains.
- Rejets industriels.
- Corrosion des canalisations métalliques.

Le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène, suivant les cas, le fer pourra exister à l'état colloïdal, sous forme de complexes organiques ou minéraux ; au contact de l'air on assiste à une précipitation due à l'oxydation de ce métal. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

III.1.1.10 Paramètres de pollution

✓ **Nitrites (NO_2^-)**

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux, et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

✓ **Nitrates (NO_3^-)**

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Ils sont solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les effluents industriels, agricoles, urbains, et les produits des activités humaines élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surface et souterraines. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

✓ Azote Ammoniacal

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

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut provenir de la décomposition des déchets végétaux et animaux, sa teneur dans ces eaux est normalement faible. Sa présence en quantité importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

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

✓ Phosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou des nappes peuvent être d'origines naturelles, mais à l'heure actuelle leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets industriels, domestiques ou agricoles. (POTELON et ZYSMAN, 1998)

III.2 Les paramètres bactériologiques

L'eau est le milieu favorable pour la prolifération, d'un certain nombre de bactéries et de microorganismes qui proviennent de différentes origines, les principaux types de microorganismes rencontrés dans l'eau sont :

Les micro-organismes revivifiables à 22 et 37°C

Les coliformes totaux et fécaux et les streptocoques fécaux

III.2.1 Les bactéries revivifiables

Toutes les bactéries aérobies, les levures et les moisissures, capable de former des colonies sur le milieu nutritifs gélosé. On distingue deux catégories différentes :

- Les microorganismes se développant à 20°C qui sont des saprophytes, présent naturellement dans l'eau.
- Les microorganismes qui proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud (ROUSSEL, 1999)

❖ Intérêt de la recherche et du dénombrement des bactéries revivifiables

Le principal intérêt de dénombrement de ces microorganismes réside dans la possibilité de détecter les variations par rapport aux nombres attendus grâce à une surveillance fréquente et à long terme. Toute augmentation soudaine de ces germes peut prévenir d'une pollution sérieuse et appeler à des investigations immédiates (REJSEK, 2002)

III.2.2 Germes indicateur de la contamination fécale

Les microorganismes de contamination fécale appelés aussi germes test, ne sont pas pathogènes, leur habitat naturel est l'intestin de l'homme et l'animal (GUIRAUD, 1998). Les plus recherchés sont :

✓ Les coliformes

Le terme de "coliformes" ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille de Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques.

Les coliformes fécaux présentent en plus une caractéristique liée à leur habitat c'est l'aptitude à se multiplier à 44° (E.colli), ce germe est capable de produire de l'indole à partir du tryptophane à 44°C après 24h d'incubation (BOUREOIS et LEVEAU, 2003).

❖ Intérêt de la recherche et du dénombrement des coliformes

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud où ils représentent moins de 10% des microorganismes. Dans l'eau, ils perdent leur viabilité plus lentement que la majorité des bactéries pathogènes intestinales et constituent donc un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance. De plus, leur résistance aux agents désinfectants, notamment au chlore, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes ; ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (REJSEK, 2002).

III.2.3 Les streptocoques fécaux (ENTEROCOQUES)

Correspond à l'ensemble des streptocoques possédant la substance : acide teichoïque qui est un antigénique caractéristique du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ; ont un habitat fécal. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux (RODIER *et al*, 2009).

Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo-tolérants présumés. Les méthodes sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent.

III.2.4 Les méthodes utilisées pour le dénombrement des différents germes sont :

- Méthode par incorporation en milieu gélosé ;
- Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)
- Méthode par filtration sur membrane.

❖ Méthode par incorporation en milieu gélosé

L'eau inoculée par incorporation dans un milieu strictement défini et non sélectif. La lecture est faite après 48heures d'incubation à 37°C ou après 72heures d'incubation à 22°C. Cette méthode fait cependant subir un choc thermique aux micro-organismes au moment de l'incorporation de la gélose en surfusion (à 45°C) (RODIER *et al*, 2009)

❖ Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable(NPP)

Cette méthode est une estimation statistique du nombre de micro-organisme supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de l'indicateur) (RODIER *et al*, 2009)

A Systèmes d'ensemencement

Les quatre systèmes retenus sont les suivants :

1. Trois tubes sont ensemencés avec chacun 10mL d'eau ; trois autres avec chacun 1mL d'eau ; trois autres avec chacun 0,1mL
2. Système analogue au précédent, mais l'ensemencement porte sur cinq tubes par série au lieu de trois.
3. Cinq tubes sont ensemencés avec chacun 10mL d'eau, un tube avec 1mL, un tube avec 0,1mL.
4. Un tube est ensemencés avec 50mL d'eau, cinq autres avec chacun 10mL, cinq autres avec chacun 1mL.

Le premier et le deuxième système sont recommandés pour les eaux polluées ou de qualité médiocre. Le troisième et le quatrième système sont recommandés pour les eaux moins polluées. Pour nos analyses, nous avons utilisé le troisième système.

B Lecture des résultats

Après l'incubation, dénombrer dans chaque série le nombre de tubes positifs. Les éventualités plus courantes sont indiquées dans la table du NPP (annexe 3)

❖ Méthode par filtration sur membrane

Cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau à la surface d'une membrane filtrante stérile de porosité de 0,45µm. incubé ensuite cette membrane pendant 24 ± 2 h à $44,5 \pm 0,2$ °C sur une gélose.les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre de bactéries présentes dans l'échantillon . (RODIER et al, 2009)

Partie

Expérimentale

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux des trois sources considérées : source Lakhroub , Fontaine Fraiche et source Ainsér Akhdim. Ces analyses ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE de Tizi Ouzou.

IV.1 Échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate pour laquelle le plus grand soin doit être apporté. Celui-ci conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène et représentatif afin de ne pas modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En outre, il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable pour avoir des résultats analytiques significatifs. Cependant, deux prélèvements ont été effectués pour chaque source.

IV.1.1 Echantillons destinés aux analyses physico-chimiques :

Les échantillons sont pris dans des bouteilles en P.E.T (Polyéthylène) de 1,5 litre après avoir laissé couler l'eau pendant au moins 3 minutes. Les bouteilles sont rincées plusieurs fois avec de l'eau à analyser puis remplies totalement pour éviter la pénétration de l'air.

IV.1.2 Echantillons destinés aux analyses bactériologies :

Pour l'analyse bactériologie, des flacons de 250 mL sont recommandés pour l'utilisation. En effet, ces flacons doivent être lavés (avec un détergent et eau de javel), rincés (à l'eau et l'eau distillée), séchés et enfin stérilisés.

Avant d'effectuer le prélèvement, il est nécessaire de laisser couler l'eau pendant environ 5 minutes. Puis désinfecter le milieu et la tuyauterie en faisant passer une tige de coton imbibé d'éthanol à 90% ; ou une flamme d'un chalumeau, durant au moins 2 minutes. Ensuite procède au flambage du goulot du flacon avant et après remplissage. Seulement $\frac{3}{4}$ des flacons sont remplis afin de maintenir en vie les bactéries aérobies et d'assurer leur agitation avant analyse.

Les bouteilles et les flacons sont étiquetés pour faciliter leur identification. Chaque étiquette doit porter le nom de la source désigné par un code, la date, l'heure de prélèvement et la température de l'eau ainsi que celle de l'environnement. (NA 753 (1998))

N° Sources	Appellations	Dates Heurs
S1	Lakhroub	08/06/2015 à 10h23mn
S2	fontaine fraiche	12/05/2015 à 07h10mn
S3	ainser akdhim	11/05/2015 à 11h30mn

IV.1.3 Transport des échantillons

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire pour des analyses physico-chimiques et bactériologiques dans des glacières. La température de cette dernière est comprise entre 4 et 6°C afin de maintenir la même composition de l'eau lors du transport.

L'analyse bactériologie doit être effectuée au plus tard 8 heures après le prélèvement, pour éviter la variation de la population bactérienne.

IV.2 Méthodes analytiques :

IV.2.1 Analyses physico-chimiques :

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces.

La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

IV.2.1.1 Mesure du potentiel d'hydrogène

La mesure du pH est effectuée sur les prélèvements d'eau, à l'aide d'un pH-mètre, étalonné avec deux solutions étalons de pH 7 et 4. Le pH mètre utilisé est de type WTW pH 450 GLP multical, relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique (quand l'affichage est stabilisé).

IV.2.1.2 Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité est réalisée sur les eaux de sources, à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie (HACH 2100N). L'analyse de l'eau est effectuée dans des cuves en verre bien nettoyées et séchées. Les résultats affichés par le turbidimètre sont exprimés en NTU.

IV.2.1.3 Mesure de la conductivité

La conductivité de l'eau à analyser est mesurée par un conductimètre de marque ORION3 STAR, (conductivity benchtop). Le conductimètre est relié à une électrode en platine. Cette dernière est complètement immergée dans l'eau à analyser. Une bonne agitation est nécessaire afin d'assurer une concentration ionique uniforme et d'éliminer les bulles d'air sur l'électrode. Les résultats donnés par le conductimètre sont généralement exprimés en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.3 Analyse de minéralisation globale

IV.3.1 Mesure de l'alcalinité

L'alcalinité de l'eau à analyser est déterminée par la mesure du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC). En effet, un volume (V) de 100 mL est considéré pour analyse.

A Détermination du titre alcalimétrique (TA)

1 à 2 gouttes de solution de phénophtaléine ont été ajoutées au volume (V) d'eau à analyser. En absence d'une coloration rose, le TA est nul. Généralement, ce résultat est observé lors de l'analyse des eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8.3. En présence d'une coloration rose, il est nécessaire d'effectuer un dosage à l'acide chlorhydrique HCl jusqu'au point équivalent (neutralisation). A la neutralisation, il est important de noter le volume (V_1) de l'acide chlorhydrique versé pour la décoloration. Ensuite calculer le TA à partir de l'équation II.1 :

$$\text{TA}(\text{mg}/\text{L}) = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates}/V \quad (\text{II.1})$$

B Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

En absence de coloration rose, 2 gouttes de solution de méthylorange ont été ajoutées au volume (V) d'eau à analyser. Un titrage de nouveau avec de l'acide chlorhydrique est réalisé jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4.3). Il est nécessaire de s'assurer qu'une goutte d'acide en excès provoque le passage de la coloration du jaune orangé au rose orangé (pH 4). Au point équivalent, le volume (V_2) d'acide chlorhydrique versé est noté, le TAC est calculé par la relation II.2.

$$\text{TAC(mg/L)} = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V \quad (\text{II.2})$$

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

V_1 : volume d'acide chlorhydrique versé (HCl à 0,01 N).

V_2 : volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

Masse molaire des bicarbonates = 61mg

Masse molaire des carbonates = 60mg

C Détermination des bicarbonates

Les bicarbonates (HCO_3^-) ont été estimés à partir du TA et TAC.

$$\text{Si TA}=0 ; \text{HCO}_3 = \text{TAC} * 12,2 \quad (\text{II.3})$$

$$\text{Si TA} < \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3 = (\text{TAC} - 2 \text{TA}) * 12,2 \quad (\text{II.4})$$

$$\text{Si TA} = \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3 = 0 \quad (\text{II.5})$$

$$\text{Si TA} > \text{TAC}/2 ; \text{HCO}_3 = 0 \quad (\text{II.6})$$

$$\text{Si TA} = \text{TAC} ; \text{HCO}_3 = 0 \quad (\text{II.7})$$

IV.3.2 Détermination de la dureté (Titre Hydrotimétrique)

La dureté de l'eau à analyser est effectuée par la méthode du titrage complexométrique. En effet, les ions calcium et magnésium en solution ont été complexés par une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA). L'indicateur coloré utilisé est le noir ériochrome.

Un volume (V_0) de 50 mL est considéré pour estimer la dureté de l'eau. A ce volume 4mL de la solution tampon, et 3 gouttes de l'indicateur coloré ont été ajoutés. Le mélange est sous agitation, la solution de l'EDTA est versée jusqu'au virage du mélange (Violet au Bleu). Volume (V_1) de la solution d'EDTA nécessaire pour le titrage est noté. La teneur globale en calcium et magnésium est déterminée par l'équation ci-dessous :

$$TH \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = C_1 \frac{V_1}{V_0} \quad (\text{II.8})$$

TH: teneur globale en calcium et en magnésium (mg/L)

C_1 : concentration de la solution de l'EDTA

V_1 : volume de la solution de l'EDTA

V_0 : volume d'eau à analysé

IV.3.2.1 Dosage du Calcium

Le calcium présent en solution dans l'eau à analyser est déterminé par dosage avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. L'acide : hydroxy-2-(hydroxy-2-sulfo-4-naphtylazo-1)-1-naphtalénecarboxylique ($C_{21}H_{14}N_2O_7 \cdot 3H_2O$ indicateur coloré utilisé.

Une prise d'essai de 50 mL est utilisée pour doser le calcium dans l'eau. 2 mL de la solution d'hydroxyde de sodium (2 M) et une pincée d'indicateur coloré ont été ajoutés.

Le titrage est effectué avec une solution d'EDTA jusqu'au changement de couleur. Volume (V_1) de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage est retenu.

La teneur en calcium est donnée par l'équation suivante :

$$CCa \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{C_1 V_1 A}{V_0} 1000 \quad (\text{II.9})$$

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

C_1 : concentration de la solution d'EDTA (0,01 mol/L).

V_0 :-volume de la prise d'essai, (50 mL).

V_1 : volume, de la solution d'EDTA (mL),

A : masse atomique du calcium (40,08 g)

IV.3.2.2 Détermination magnésium

La détermination du magnésium présent en solution dans l'eau à analyser est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg} \text{ (mg/l)} = C_{Ca + Mg} - C_{Ca} \quad \text{(II.10)}$$

C_{Mg} : teneur en magnésium (mg/L).

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

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

IV.3.3 Dosage des chlorures (méthode de mohr)

Les ions chlorures se trouvant dans l'eau prélevé des sources ont été dosés en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin d'assurer la précipitation. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent. (RODIER et al, 2009).

A 100 ml d'eau à analyser, ajouté 1 ml d'indicateur coloré (K_2CrO_4). Le mélange est titré par addition d'une solution de nitrate d'Argent (voir annexe2) jusqu'à l'apparition d'une coloration-rougeâtre, volume (V) de $AgNO_3$ versé est retenu.

La concentration des ions chlorures, est donnée par l'équation (II.11)

$$Cl \text{ (mg /L)} = V_{AgNO_3} \times 71 \times F \quad \text{(II.11)}$$

Cl^- : concentration des ions chlorures (mg/L)

V_{AgNO_3} : volume d' $AgNO_3$ versé pour le dosage (mL)

F : facteur de correction d' $AgNO_3$.

Ce facteur est déterminé par la relation suivante :

$$F = 1 / V'_{AgNO_3} \quad \text{(II.12)}$$

V_{AgNO_3} : volume d'AgNO₃ nécessaire pour doser 5 mL d'une solution mère à (71 mg/L) en présence d'indicateur coloré.

IV.3.4 Dosage du potassium et du sodium par spectrophotométrie d'émission à flamme

Le dosage du potassium et sodium présent dans l'eau à analyser est réalisé à partir d'un Spectromètre d'émission à flamme de marque Sherwood Flame photometre 410. Cependant, l'échantillon d'eau à analyser est pulvérisé dans une flamme, l'eau s'évapore; les sels et leurs produits de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solution et dont l'intensité en fonction de sa concentration. La concentration de Na⁺ et K⁺ est affichée en mg/L par le spectromètre (RODIER et al, 2009)

A Dosage du potassium

Une solution de concentration de 1g/L en potassium est préparée à partir de la dissolution de 1.907g de KCl dans un litre d'eau distillée. Une la solution de concentration 10 mg/L en KCl est faite passée trois fois à travers le spectrophotomètre à flamme. Lorsque la valeur « 10 » est affiché par ce dernier, l'échantillon d'eau est analysé. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/L, il est nécessaire de procéder à la dilution de l'échantillon.

B Dosage du sodium

Une solution de concentration de 1g/L en sodium est obtenue à l'aide de la dissolution de 2.54 g de NaCl dans un litre d'eau distillée. Une la solution de concentration 10 mg/L en NaCl est faite passée trois fois à travers photomètre à flamme. Lorsque la valeur « 10 » est affiché par ce dernier, l'échantillon d'eau est analysé. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/L, il est important de procéder à la dilution de l'échantillon.

IV.3.5 Dosage des sulfates

Les ions sulfates présent dans les eaux de sources à analyser ont été identifiés par la Spectrométrie d'adsorption (spectromètre HACH). Les ions sulfates ont été d'abord à l'état de sulfate de baryum selon la réaction suivante :



Un volume de 100 mL d'eau à analyser est considéré, 5 mL de solution stabilisante et 2 mL de chlorure de baryum ont été ajoutés. Le mélange est agité pendant 1 mn, ensuite analysé par spectrophotomètre d'absorption à une longueur d'onde $\lambda = 420$ nm.

IV.4 Analyse des paramètres de pollution

Les paramètres de pollution tels que l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les phosphates présent en solution dans l'eau de source ont été identifiés par Spectrométrie d'adsorption (spectromètre HACH). La concentration en polluant est affichée directement par le spectromètre en mg/L.

IV.4.1 Dosage d'Ammonium

A 40 mL de l'eau de source est ajouté 4 mL du réactif coloré. Après agitation une coloration jaune est enregistrée. Ensuite 4 mL de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et 2 mL d'eau distillée ont été ajoutés. Après une heure de réaction, une coloration verdâtre est observée. Le mélange est analysé par spectrométrie à la longueur d'onde l'absorbance des ions d'ammonium $\lambda = 655$ nm.

IV.4.2 Dosage des ions nitrites

A 50 mL d'eau à analyser, 1 mL du réactif mixte est ajouté. Après 20 mn de réaction, une coloration rose est apparue, ce qui montre que l'eau de source contient des ions nitrites NO_2^- . Enfin, l'absorbance de la solution est mesurée à la longueur d'onde environ $\lambda = 540$ nm.

IV.4.3 Dosage des ions nitrate

A 35 mL du mélange acide (sulfurique et phosphorique) ; 5 mL d'eau de source ; et 5 mL de solution de diméthyl-2,6 phénol ont été ajoutés. Le mélange est agité et laissé reposer pendant 10 min. Parallèlement au dosage, un essai à blanc est réalisé sur 5 mL d'eau distillée. La concentration en azote nitrate est donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324$ nm.

IV.4.4 Détermination des phosphates

A 40 mL d'échantillon d'eau, 1 mL d'acide ascorbique et 2mL de réactif mélange (molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et de potassium) ont été ajoutés dans une fiole jaugée de 50 mL (le volume est complété). Le mélange est incubé pendant 10 min. Une coloration bleue est observée, ce qui indique que l'eau de source présente des phosphates. L'absorbance du mélange est obtenue à une longueur d'onde de 880 nm

IV.5 Analyse des éléments indésirables

Les éléments indésirable comme le fer et l'ammonium présent en solution dans l'eau de source considérée ont été déterminés par Spectrométrie d'adsorption (spectromètre HACH). La concentration en élément indésirable est affichée directement par le spectromètre en mg/L.

IV.5.1 Dosage du fer

A 50 mL d'eau de source, 1 mL de la solution chlorhydrate hydroxylamine est ajouté (en présence d'agitation. Afin d'obtenir un pH compris entre 3.5 et 5.5 (de préférence 4.5), 2mL de tampon acide est ajouté. Ensuite, 2mL de la solution phénantroline est ajouté, le mélange est conservé à l'obscurité pendant 15 min. l'absorbance du mélange est obtenue à la longueur d'onde 510 nm

IV.5.2 Dosage d'aluminium

Le dosage de l'aluminium est effectué sur 25 mL d'eau de sources dans fiole jaugée de 50 mL. Sous agitation, 0,5 mL de thiosulfate de sodium à 0.028 N, 1 mL d'acide ascorbique à 1 %, 1 mL d'acide sulfurique à 0.04 N, 10 mL de solution tampon à pH 6,2 et 5 mL de solution d'eriochrome cyanine ont été ajouté successivement. Ensuite, le volume est ajusté avec de l'eau distillée. Après 10 mn, l'absorbance du mélange est mesurée à une longueur d'onde 540 nm.

IV.5.3 Dosage de la matière organique

A 25 mL d'eau de sources considérée pour analyse, 5 mL d'acide sulfurique à 2 M est ajouté. Le mélange est sous agitation et est porté à l'ébullition. Puis 5 ml de la solution étalon de permanganate de potassium à 2 mM a été ajouté à ce mélange. Après 10 min d'ébullition, 5 mL solution étalon d'oxalate de sodium à 5 mM est ajouté. Ensuite le mélange titré à chaud avec une solution de permanganate de potassium à 2 mM jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle. Le volume V_1 de permanganate consommé est noté.

Parallèlement, un essai à blanc est réalisé avec l'eau distillée (25 mL) dans les mêmes conditions opératoires. Le volume V_0 de solution de permanganate consommé est retenu. Le blanc titré est conservé pour la vérification du permanganate de potassium :

- Au blanc titré 5 mL de la solution d'oxalate de sodium 5 mM a été ajouté. la solution est Réchauffé une à deux minutes (à environ 90°C), puis retirer avec le permanganate 2 mM jusqu'à l'apparition d'une coloration rose. Le volume V_2 de solution de permanganate utilisé est noté.
- L'indice de permanganate, IMn , exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$IMn = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} * f \quad (II.14)$$

- V_0 : volume, (mL) de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.
- V_1 : volume, (mL) de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.
- V_2 : volume, (mL) de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrant.
- f : facteur correctif utilisé $f=16$
- $C_{(Na_2C_2O_4)}$: concentration, de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 mM
- 1 000 (numérateur) : coefficient correcteur pour exprimer $C_{(Na_2C_2O_4)}$ de mM/L
- M_o : masse molaire de l'oxygène, en mg O_2 /mmol $M_o = 16$.
- V_5 : volume d'échantillon utilisé 100 mL.
- 1 000 (dénominateur) : coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de millilitres à litres.

IV.6 Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées sur les différentes eaux de sources considérées. Cependant, plusieurs germes ont été recherchés tels que :

IV.6.1 Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à températures 22 et 37 °C

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des micro-organismes (bactéries, levures et moisissures) par comptage des colonies après incubation à 22 et à 37°C Figure(8)

1 mL d'eau de sources à analyser est porté aseptiquement en double dans deux boîtes de pétri préparées à cet usage et numérotées. Chaque boîte a été complétée avec 19 mL de gélose TGEA (annexe1) (ou PCA fondue à 45 ± 2 °C puis refroidie) et laissé solidifier sur la paille. En effet, deux séries de boîtes ont été formés :

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

Après l'incubation, les colonies des micro-organismes revivifiables sont observées en masse sous forme lenticulaire et bien distinctes. Le dénombrement des colonies a été fait directement par comptage et le nombre des micro-organismes revivifiables dénombrés à 22 et à 37°C par millilitre d'eau est donné par un nombre d'unités formant colonies par millilitre d'eau (UFC/mL).

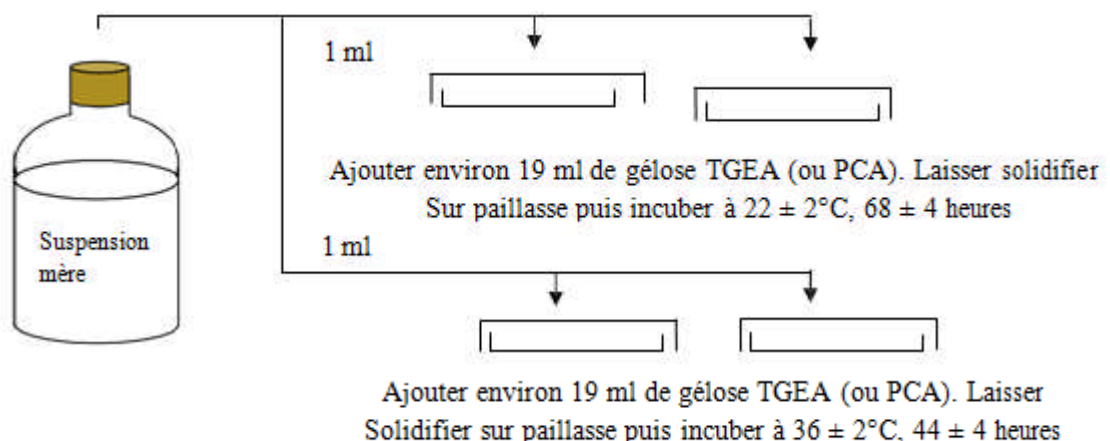


Figure (8) : Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C
37°C

IV.6.1 Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

IV.6.1.1 Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP

La recherche et le dénombrement des coliformes, coliformes thermotolérants et des *Escherichia coli* présent dans les eaux de sources considérées, en milieu liquide par la technique de NPP, a été fait en deux étapes consécutives :

1^{ère} étape, le test de présomption : réservé à la recherche des bactéries coliformes.
Figure(9)

L'eau à analyser est porté aseptiquement :

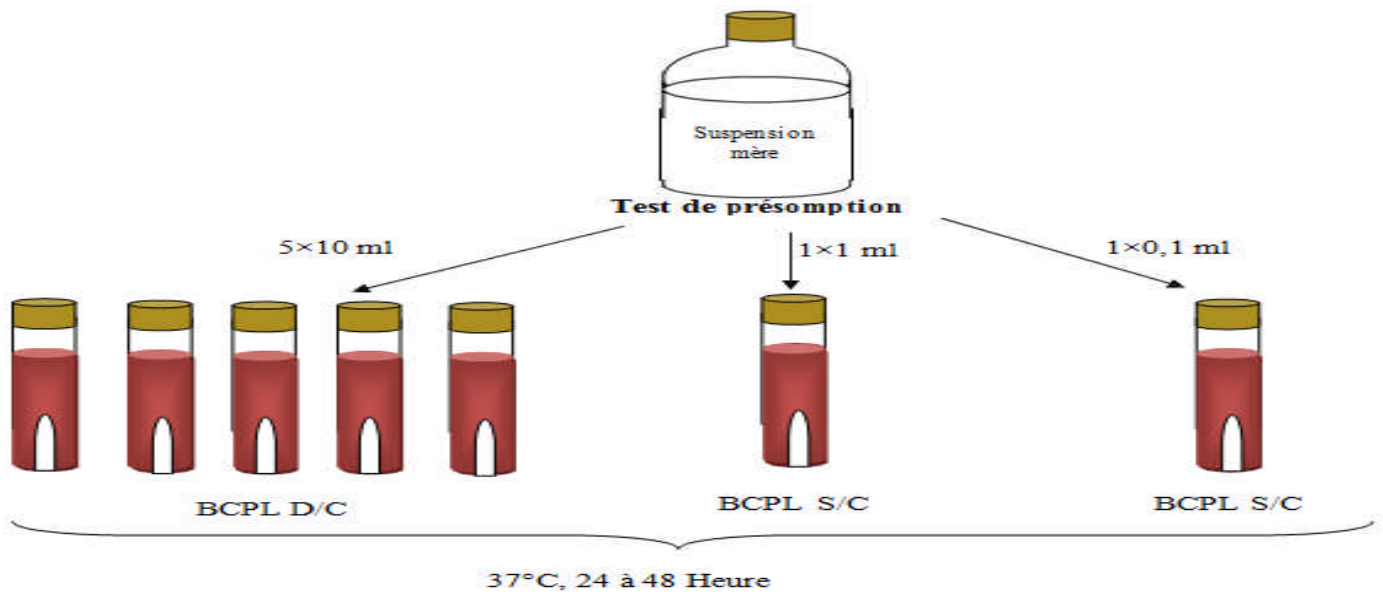
- 5 fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL du milieu BCPL D/C (annexe1)
- une fois 1mL dans un tube contenant 10 mL du milieu BCPL S/C ;
- une fois 0,1mL dans un tube contenant 10 mL du milieu BCPL S/C ;

Ces tubes sont munis des cloches de Duham ; avant l'incubation, il est recommandé de chasser l'air présent dans ces cloches et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation des tubes a été faite à une température de 37°C pendant 24 à 48 heures.

Après incubation, les tubes considérés positifs sont ceux qui présentaient à la fois :

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

Ces deux caractères sont témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale est faite selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe 3.



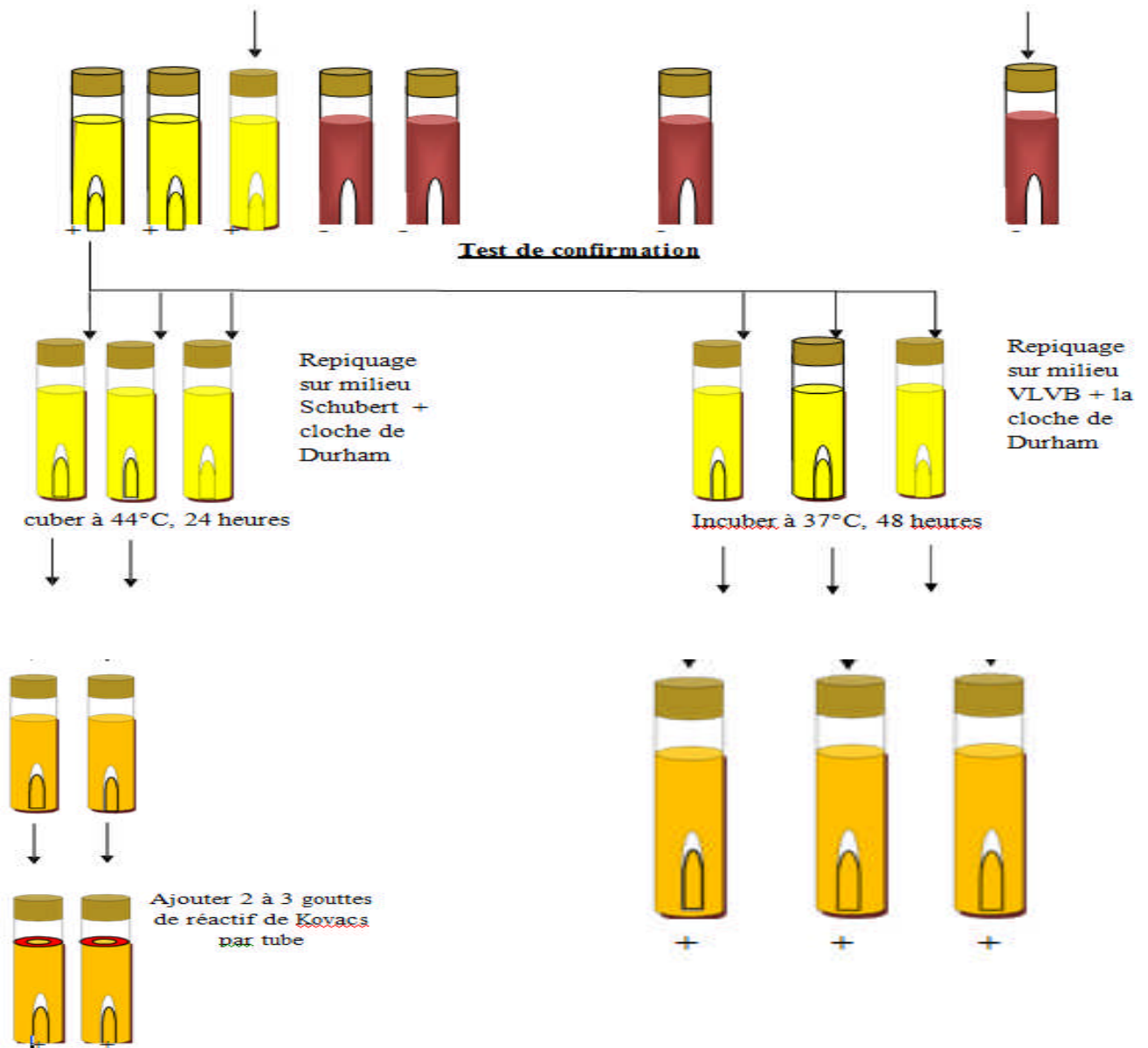
Figure(9) : Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

2^{ème} étape, le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*. Figure(9)

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes ont été fait objet d'un repiquage dans les tubes contenant le milieu Schubert (annexe1) .Il est important, de chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation est se faite à la température 44 °C pendant 24h. Les tubes positifs sont ceux qui présentaient à la fois un dégagement gazeux et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac. La lecture finale est effectuée également selon les prescriptions de la table du NPP annexe 3.

Remarque : en cas de doute lors du test de présomption (trouble qui n'est pas clair ou bien un petit dégagement de gaz), un test de confirmation des coliformes totaux s'est avéré nécessaire et qui s'est réalisé au même temps que le test de confirmation des coliformes thermotolérants sur milieu Schubert. Pour cela, on a procédé au repiquage des tubes BCPL positifs et les tubes dont on a redouté sur milieu BLVB. L'incubation des tubes BLVB est faite à la température 37 °C pendant 48h.(annexe3)



Figure(9) : Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

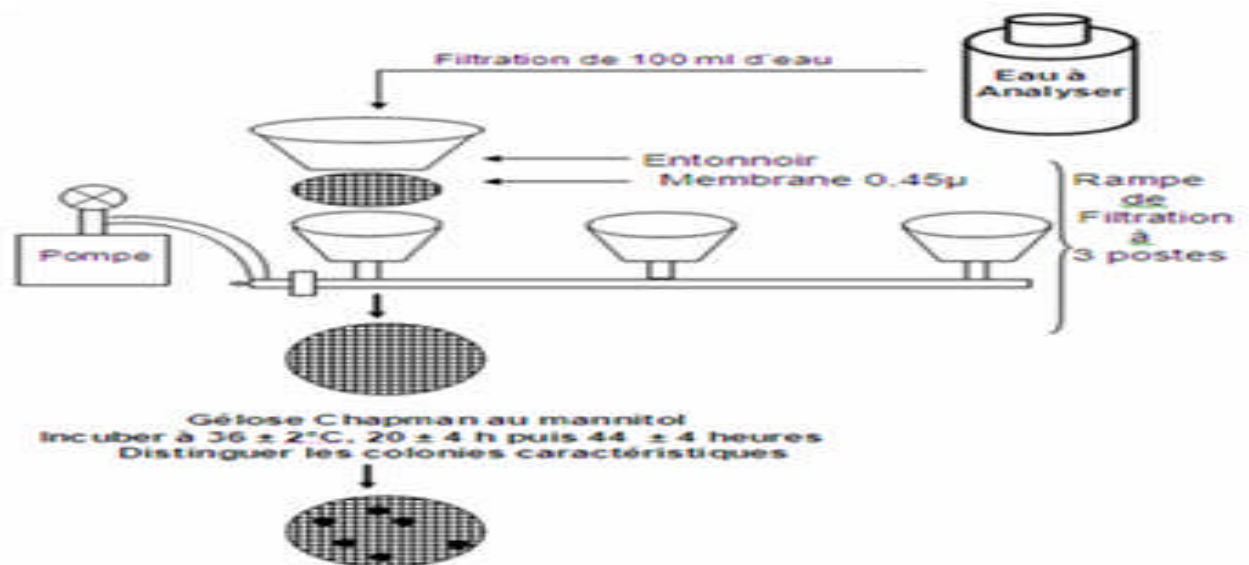
IV.6.1.2 Méthode par filtration sur membrane

Cette méthode est considérée pour la recherche et le dénombrement des coliformes et des *Escherichia Coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau de sources à analyser, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 h et 48 h d'incubation à la température 37 °C et 44 °C.

Cette méthode est opérée selon les étapes suivantes :

- stérilisation de l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ; puis les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser;
- Mise en place de façon aseptique, une membrane de porosité $0,45 \mu\text{m}$ sur l'entonnoir à l'aide d'une pince stérilisé ensuite fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- déposer aseptiquement 100 mL d'eau à analyser;
 - actionner la pompe à vide pour aspire l'eau de la membrane ;
 - retirer l'entonnoir, puis transférer la membrane immédiatement et aseptiquement dans une boîte de gélose Rapide Coli (RC).Le Transfer et assure à l'aide une pince stérile à bouts arrondis. Cette dernière est incubée à 37 C° pendant 24 h voire 48 h

Après incubation, les colonies qui avaient une réaction négative à l'oxydase étaient des coliformes qui portaient une coloration rouge. Les colonies qui avait une réaction positive à l'indole, sont des *Escherichia. Coli* portaient ainsi une coloration bleue. Figure(10)



Figure(10) : Méthode par filtration sur membrane

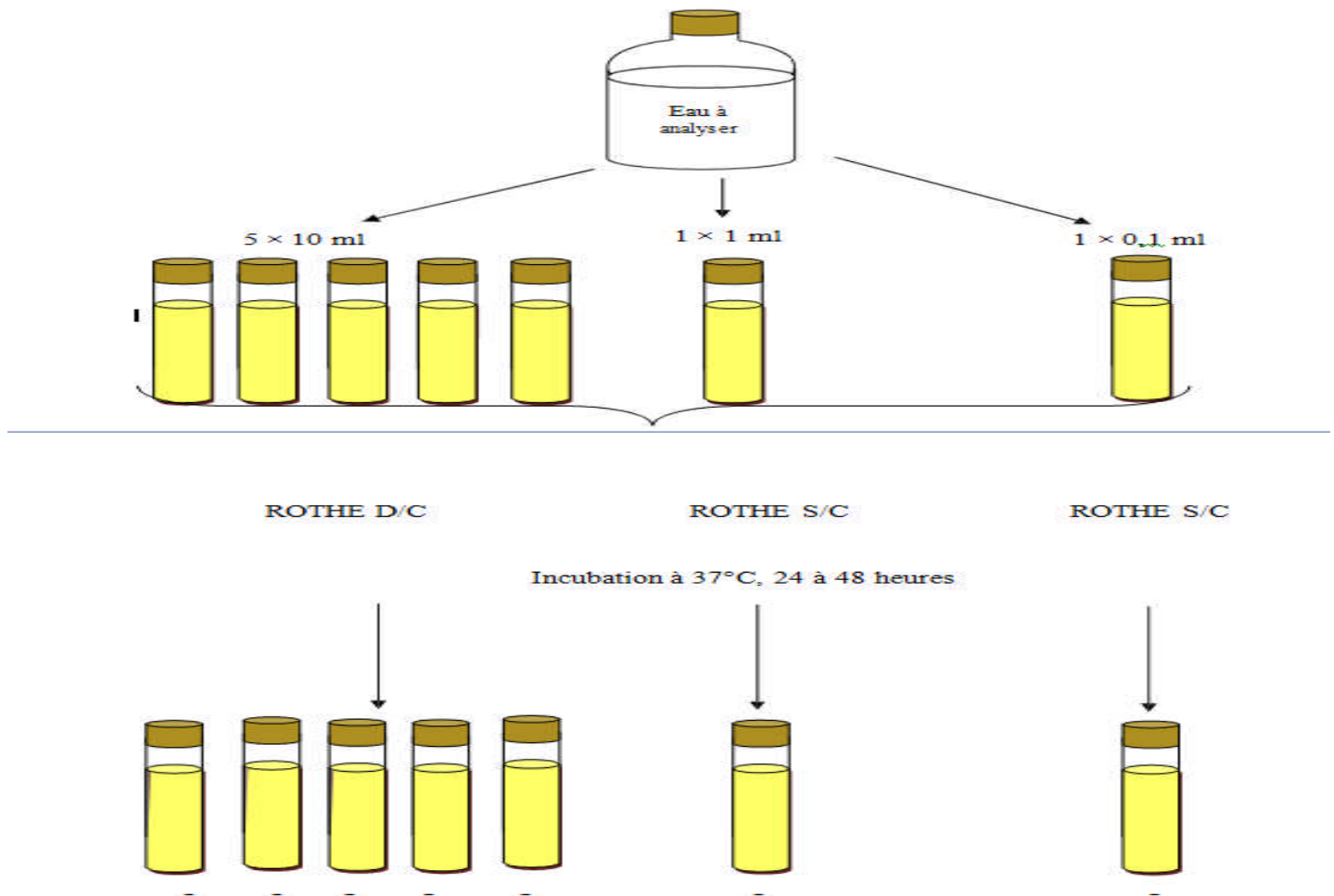
IV.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux de sources considérés a été fait en deux étapes consécutives :

1^{ère} étape : le test de présomption : l'eau à analyser est porté aseptiquement :

- cinq fois 10 mL dans 5 tubes contenant 10 mL du milieu ROTHE D/C.
- une fois 1 mL dans un tube contenant 10 mL du milieu ROTHE S/C.

Il est important de bien mélanger le milieu avec l'inoculum et puis l'incubation est faite à la température de 37°C pendant 24 et 48h. Après incubation, les tubes positifs sont ceux présentant un trouble microbien. Figure(11)

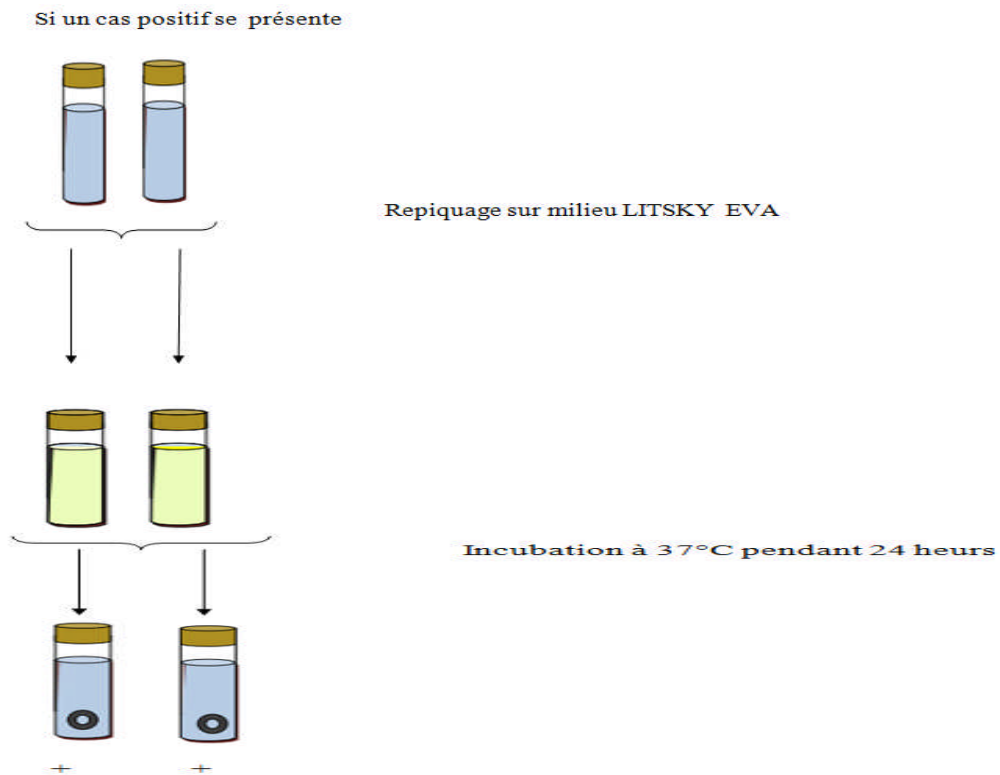


Figure(11) : Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

2^{ème} étape : le test de confirmation :

Ce test est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTHE (annexe1) trouvés positifs ont fait donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY (annexe1). Il est recommandé de Bien mélanger le milieu avec l'inoculum. L'incubation est faite à la température 37 °C pendant 24 h. Après l'incubation, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille violette au fond des tubes ont été considérés comme positifs

La lecture finale est effectuée également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe3



Afin d'évaluer la qualité de l'eau des trois sources considérées, différentes analyses physico-chimiques et bactériologie ont été examinés au sein du laboratoire de l'ADE. Les résultats des analyses effectuées ont permis de déterminer la concentration de certains éléments et la présence de certaines bactéries qui rendent certaines de ces eaux de sources suspectes ou impropres à la consommation.

V Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques telles les paramètres physico-chimiques, les paramètres de minéralisation globale, les paramètres de pollution et les éléments indésirables ont été effectuées sur l'eau pour les différentes sources ciblées.

V.1 Paramètres physico-chimiques

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques à savoir la température, le pH la conductivité, la turbidité et le résidu sec de l'eau des trois sources ciblées : « Lakhroub » « fontaine Fraiche » et « ainsér akdhim » sont représentés dans le tableau 11 Ce tableau montre également la norme relative à la qualité des eaux potables fixée par l'Algérie et l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Tableau 11: Paramètres physico-chimiques de l'eau pour les trois sources ciblées et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS

Sources	T (°C)	pH	Conductivité μS/cm	Turbidité (NTU)	Résidu sec à 105 °C (mg/l)	
S1	13,9	5,95	95,3	1,85	117, 17	
S2	14,6	6,24	88,6	1,16	99, 81	
S3	20,7	7,11	1077	0,29	622, 3	
Norme	NA	/	6,5-8,5	2800	5	1500 à 2000
	OMS	25,0	6,5-9,5	CMA : 2100	/	/

V.1.1 Température

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

La figure 12, montre l'histogramme qui donne la moyenne des valeurs de la température (en degrés Celsius) de l'eau des différentes sources choisies.

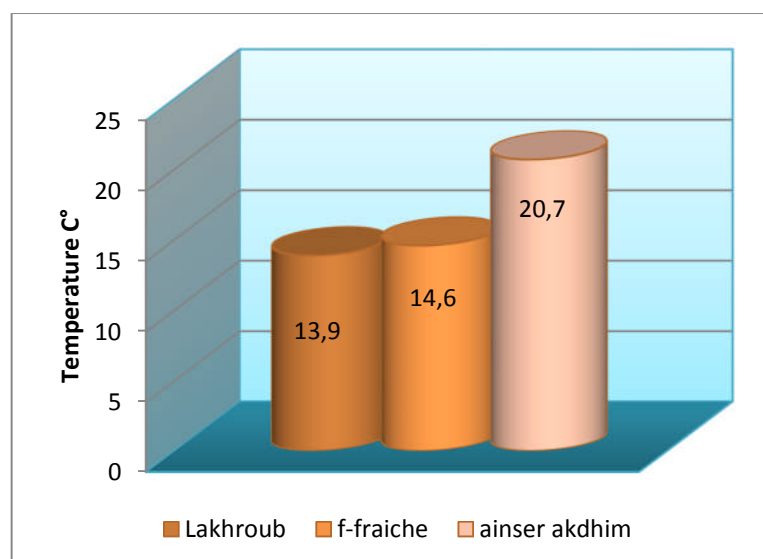


Figure 12 : Les valeurs de température de l'eau pour les différentes Sources considérées

La température des eaux de sources étudiées est presque constante (14 et 21°C) malgré le changement de température de l'air selon le climat (28 et 32°C). Cela montre que la zone de l'aquifère est assez profonde. En effet, la norme fixée par l'OMS concernant l'eau potable est de 25 °C. Les températures enregistrées pour les différentes sources répondent à la norme puisque ces premières sont toutes inférieures à 25 °C.

V.1.2 Turbidité

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.). L'eau étudiée pour les trois sources semble être une eau claire; ceci est dû à l'infiltration de l'eau dans le sol. En effet, l'eau a montrée une turbidité qui varie entre 0,3 et 1,9 NTU pour les différentes sources (figure 13). Ce résultat est en accord avec la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU.

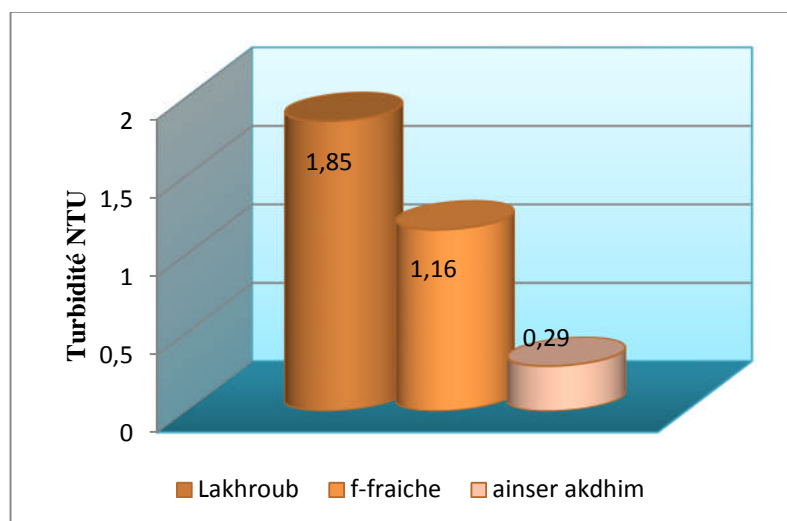


Figure 13 : Histogramme des valeurs de turbidité pour les différentes sources ciblées

V.1.3 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. En effet, la figure (14) montre l'histogramme des valeurs de pH pour les différentes sources étudiées.

L'eau de source de « ainsér akdhim » a enregistré un pH un peu basique. Ce pH de l'eau est lié probablement à la nature géologique des terrains, par conséquent, en régions calcaires, les eaux ont un pH basique (supérieur à 7) (FALL, 2007). Le pH de cette source est dans les normes (NA et OMS) et les risques de corrosion des canalisations sont donc mineurs du fait que l'eau ne soit pas agressive vu son pH.

Le pH de l'eau pour la « Fontaine Fraiche » et « Lakhroub » est acide, ainsi, sa valeur observée est de 6. Cette acidité de l'eau peut être attribuée à la nature des terrains (régions pauvres en calcaire ou siliceux ou parfois régions volcaniques). L'eau dont un pH

acide (inférieure à 7) est une eau agressive qui peut conduire à la corrosion des parties métalliques des canalisations (RODIER, 2009).

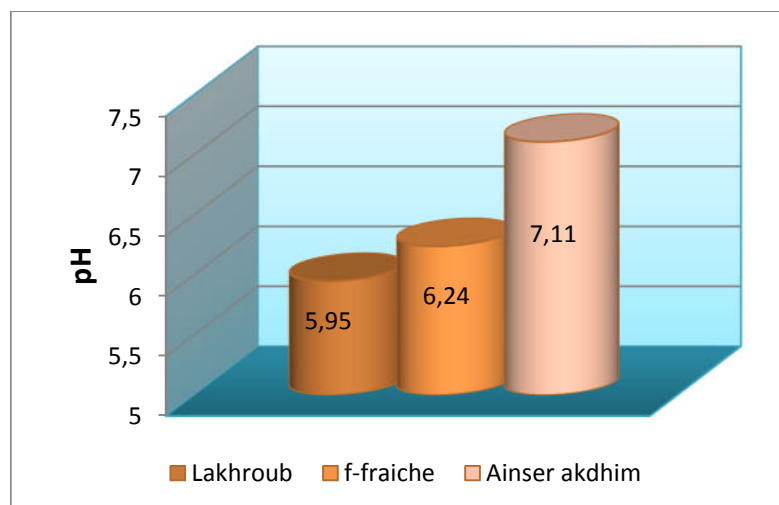


Figure 14 : Histogramme des valeurs de potentiel d'hydrogène pour les différentes sources étudiées

Les valeurs de pH des sources, la « fontaine Fraiche » et « Lakhroub », sont faibles par rapport à la valeur admissible en pH indiquée par la norme Algérienne (6.5 -8,5) et l'OMS (6.5- 9.5). En effet, les risques de corrosion des canalisations sont donc importants du fait que l'eau soit agressive vu que son pH est inférieur à 7.

V.1.4 Conductivité à 25 °C

L'histogramme de la figure 15, représente la moyenne des valeurs de la Conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25°C.

La conductivité de l'eau fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment. Plus l'eau est riche en sel minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau (DUGUET et al, 2006). Les eaux étudiées présentent des valeurs comprises entre 89 et 1077 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C et à celle de l'OMS à 2100 $\mu\text{s}/\text{cm}$

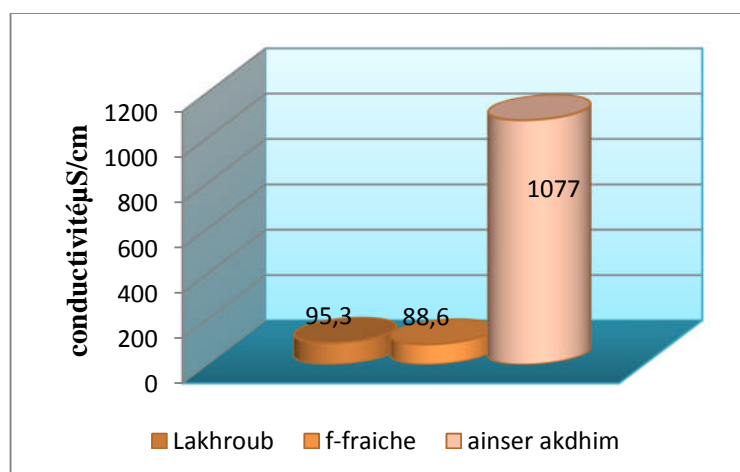


Figure 15 : Les valeurs de la conductivité pour les différentes sources ciblées

L'eau de source « Lakhroub » et l'eau de source « fontaine-Fraiche » sont des eaux peu minéralisées, leurs conductivités n'atteignent pas 100 µS/cm. Tandis que, l'eau de source « ainser akdhim » est une eau très minéralisée.

V.1.5 Résidu sec à 105 °C

La détermination du résidu sur l'eau permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles. Pour des valeurs inférieures à 500 mg/L, l'eau est bonne pour la consommation, au-dessus de 1000 mg/L, l'eau devient désagréable à la consommation (RODIER., 2005).

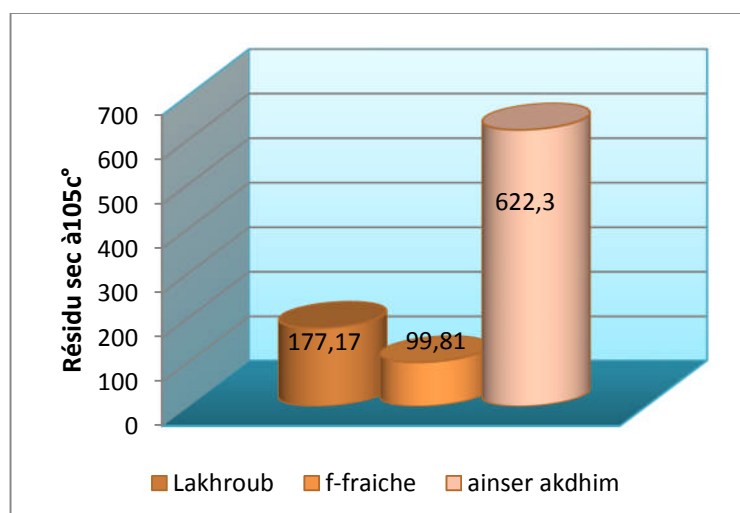


Figure 16: Histogramme des valeurs des résidus secs pour les différentes sources étudiées

La valeur du résidu sec enregistré pour la source de « ainsér akdhim » est de 622,3 mg/L. Cette valeur est située entre 500 mg/L et 1000 mg/L, par conséquent, l'eau de cette source est de qualité moyenne.

Pour la source de « Lakhroub » et la « Fontaine-Fraiche », la valeur du résidu sec enregistrée est inférieure à 500 mg/L (figure 16). L'eau de ces sources répond aux normes de potabilité fixée en Algérie (2000 µs/cm). Par conséquent, l'eau de source « Lakhroub » et la « fontaine-Fraiche » est de bonne qualité.

V.2 Paramètres de minéralisation globale

Les paramètres de minéralisation globale de l'eau comme Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , TH, TAC ont été déterminés pour la source « Lakhroub », « fontaine-Fraiche » et « ainsér akdhim ». Le tableau (12) montre les résultats des différents paramètres obtenus et la norme relative à la qualité des eaux potables fixée par l'Algérie et l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Tableau N° 12 : Paramètres de minéralisation de l'eau pour les trois sources considérées et la norme fixée par l'Algérie et l'OMS

Source	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Na^+ (mg/L)	K^+ (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)	TH ($\text{mg}_{\text{CaCO}_3}/\text{L}$)	TA (mg/L)	TAC (mg/L)
S1	5,61	3,89	10	02	19,78	27,3	19,28	30	00	15,80
S2	8,02	6,32	11	02	24,89	9,7	15,13	46,00	00	12,40
S3	148,30	23,82	60	01	144,65	58	341,84	468	00	280,20
NA	200	150	200	20	500	400	-	500	-	-
	-	-	-	-	200	200	-	200	-	-
OMS	: 200	30	-	-	250	250	-	500	-	-

V.2.1 Dureté totale

La figure 17 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale de l'eau pour les trois sources étudiées. La dureté totale de l'eau est de 30, 00, 46, 00 et 468 mg CaCO₃/L pour la source « Lakhroub », la « Fontaine Fraiche » et « ainsér akdhim », respectivement. Ces valeurs répondent à la norme exigée par la réglementation Algérienne (100-500 mg CaCO₃/L). Cependant, la source « Lakhroub » et la « Fontaine Fraiche » enregistrent des valeurs de dureté totale de l'eau inférieures à 60 mg CaCO₃/L, teneur limite en CaCO₃ pour une eau douce d'après TARDAT (1992). Par conséquent, la source « Lakhroub » et la source « Fontaine Fraiche » présentent une eau douce. En revanche, l'eau de « ainsér akdhim » est une eau dure selon TARDAT (1992).

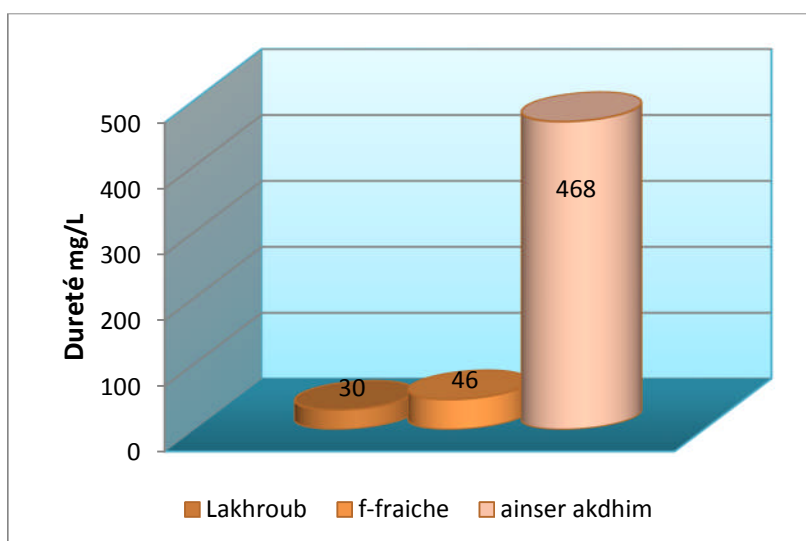


Figure 17 : Les valeurs de dureté totale de l'eau pour les différentes sources ciblées

V.2.2 Dureté calcique et dureté magnésienne

La dureté calcique et magnésienne de l'eau pour les sources considérées est donnée par la figure (18)

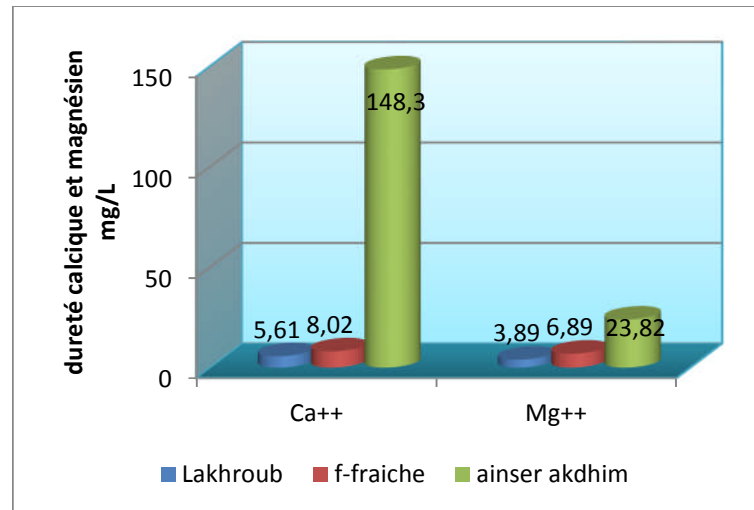


Figure 18: Concentration calcique et magnésienne de l'eau pour les trois sources étudiées

➤ L'ion calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg Ca²⁺/L comme concentration maximale.

La teneur en calcium enregistrée est de 6, 8 et 148 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub », « Fontaine Fraiche » et « ainser akdhim », respectivement. Ce résultat est conforme à la norme fixée par l'Algérie.

➤ L'ion magnésium

L'ion magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition de roches sédimentaires rencontrées (calcaires) (RODIER J., 2005).

La teneur en magnésium observée est de 4, 7 et 24 mg/L pour l'eau de source « Lakhroub », « Fontaine Fraiche » et « ainser akdhim », respectivement. Ces valeurs sont bien inférieures à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

Ces teneurs en calcium et magnésium enregistrées au niveau de ses sources sont dues probablement aux lessivages des terrains traversées.

V.2.3 Sodium

La figure (19) montre la teneur en sodium (mg/L) dans l'eau pour les différentes sources ciblées:

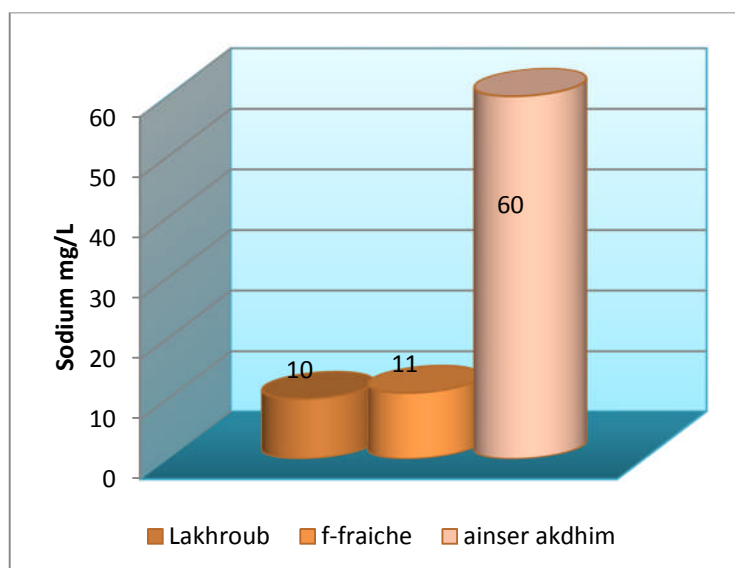


Figure 19 : Teneur en sodium dans l'eau pour les différentes sources considérées

Les résultats montrent que les eaux de sources Yakourène à savoir « Lakhroub », la « Fontaine Fraiche » présentent des teneurs de 10 et 11 mg/L en sodium, respectivement. Ces faibles concentrations pourraient s'expliquer par l'absence du sodium dans les terrains traversés par ces eaux. En effet, la teneur en sodium dans l'eau pour la source ainsér akdhim est de 60 mg/L. Cette forte concentration observée par rapport aux sources de Yakourène pourrait être liée à la nature géologique (le sodium peut être libéré par certaines formations géologiques) YAKOUB. La concentration limite donnée par la réglementation Algérienne est de 200 mg Na⁺/L. Par conséquent, les teneurs obtenues pour les eaux de sources étudiées sont conformes aux normes prescrites.

V.2.4 L'ion potassium

La figure(20) suivante représente la moyenne des valeurs de potassium en mg/L pour les eaux des sources

Les eaux de source étudiées ont montré de faibles teneurs en K⁺, ces concentrations sont très inférieures aux normes exigées par l'Algérie. Néanmoins, elles restent tout à fait conformes

aux normes recommandées. En effet, malgré son abondance, le potassium est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, dans les minéraux argileux, cette particularité s'explique par la difficulté de la mobilisation de l'ion K^+ dans les eaux souterraines et les concentrations ne dépassent généralement pas les 10 mg/L.

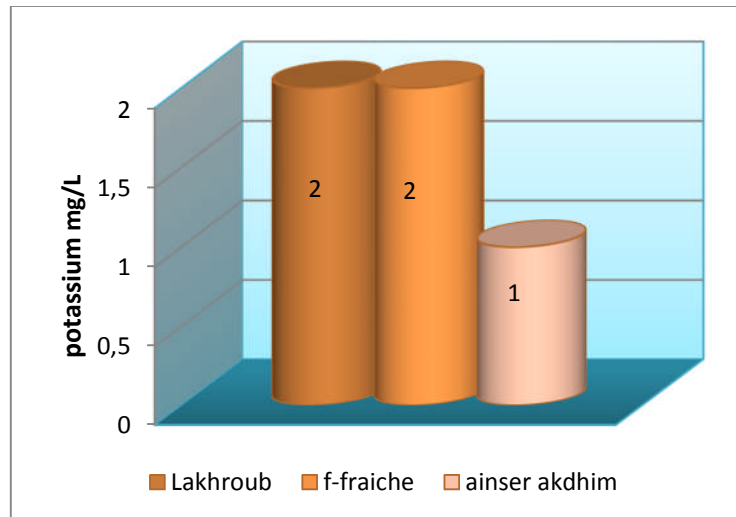


Figure 20 : Concentration en potassium dans l'eau pour les trois sources étudiées

V.2.5 L'ion chlorure

Les teneurs en chlorures dans l'eau sont extrêmement variées pour les trois sources ciblées (figure 21), ceci est lié principalement à la nature des terrains traversés.

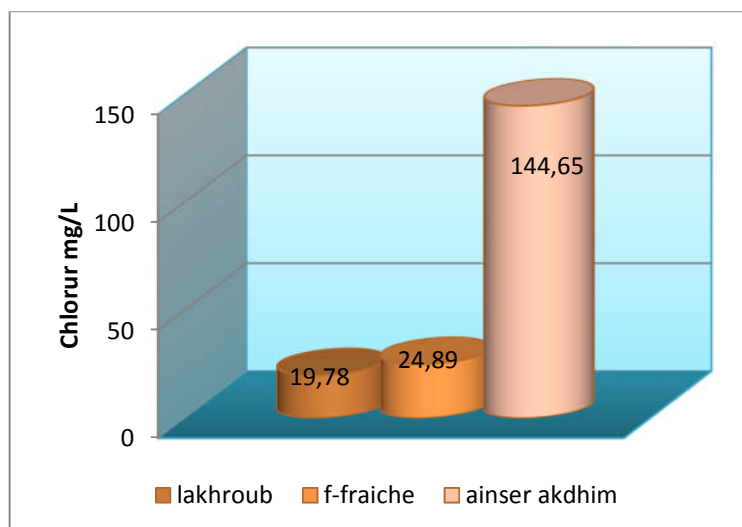


Figure21 : Teneur en chlore dans l'eau pour les trois sources considérées

La concentration en chlorure obtenue est de 20, 25 et 150 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub », « Fontaine Fraiche » et « ainser akdhim », respectivement. Ces concentrations restent conformes aux normes exigées par l'Algérie (200-500 mg/L) et l'OMS (250 mg/L). Cependant, le fait que ces concentrations soient faibles, les chlorures n'engendrent donc pas de risque de corrosion des canalisations et des réservoirs.

V.2.6 L'ion sulfate

Les résultats du dosage des sulfates sont représentés dans l'histogramme de la figure 22

La teneur en sulfate enregistrée est de 27, 10 et 58 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub », « Fontaine Fraiche » et « ainser akdhim ». En effet, ces teneurs restent inférieures à la concentration minimale (200 mg/L) et maximale (400 mg/L) admissible décrétée par les normes algériennes. Selon Ramade (1998), ces résultats pourraient être dus à la géologie des terrains qui présentent un faible taux de gypse ainsi qu'au temps réduit de contact eau roche.

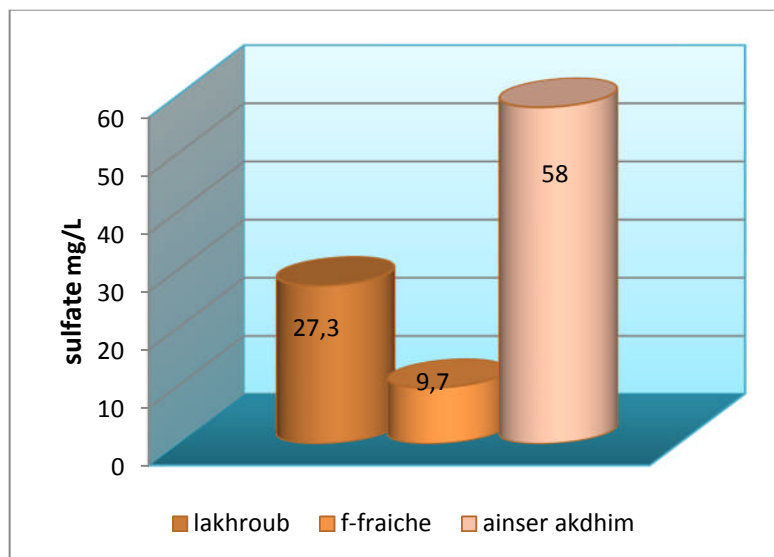


Figure 22 : Concentration en sulfate dans l'eau pour les trois sources considérées

V.2.7 Bicarbonates

L'histogramme de la figure 23 montre les concentrations en bicarbonates dans l'eau pour les différentes sources étudiées.

Une absence de la norme concernant la teneur limite en bicarbonates pour l'eau de consommation. Cela laisse supposé que ce paramètre n'affecte pas la potabilité de l'eau quelle que soit sa concentration en bicarbonates

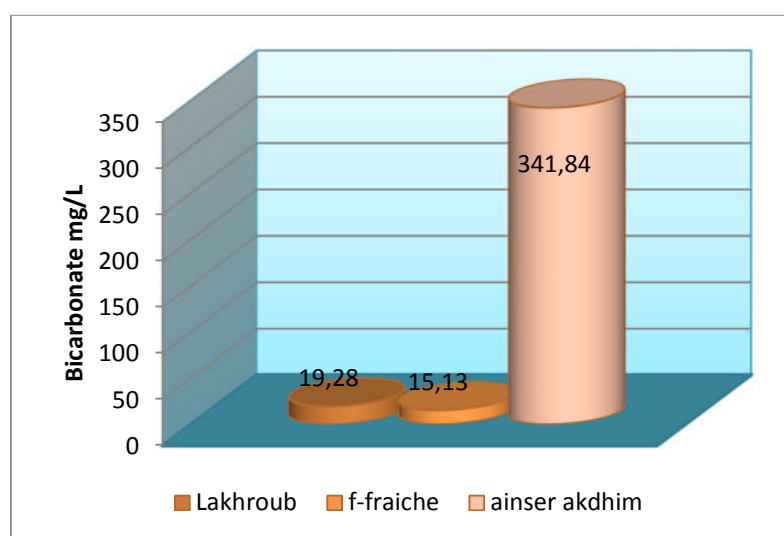


Figure 23 : Teneur en bicarbonates dans l'eau pour Les trois sources étudiées

L'eau de source ainser akdhim a une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux deux autres sources. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée. Cependant, la teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés, qui sont riches en bicarbonates de calcium (REJSEK, 2002)

V.2.8 Titre alcalimétrique complet (TAC)

L'histogramme de la figure 22 montre les concentrations en TAC dans l'eau pour les différentes sources étudiées.

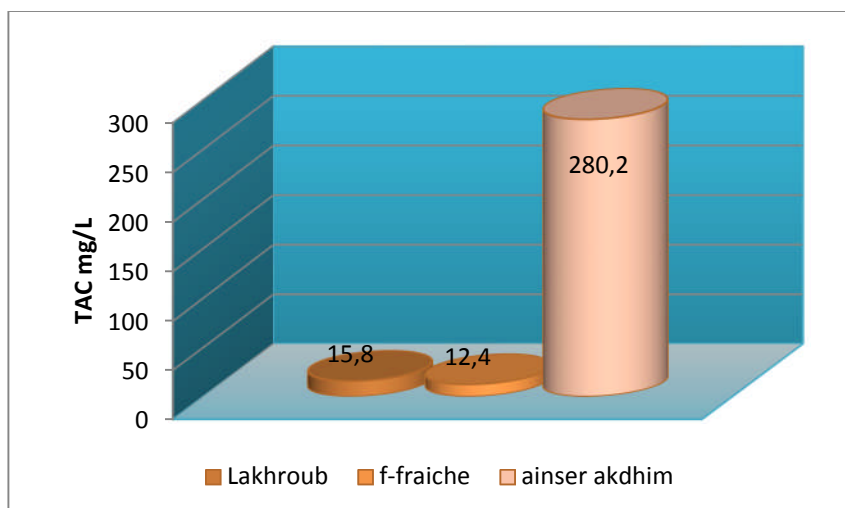


Figure 24 : Teneur en TAC dans l'eau pour
Les trois sources étudiées

Le TAC est donc représenté par les bicarbonates et les carbonates qui sont liés aux ions calcium et magnésium ainsi des sels dissous dans l'eau pour les trois sources considérés.

Comme la source « ainsér akdhim » à une teneur élevé en bicarbonate on déduit une TAC élevé

Une absence de la norme concernant la teneur limite en TAC pour l'eau de consommation. (REJSEK, 2002).

V.3 Paramètres de pollution

Les paramètres de pollution globale de l'eau à savoir : l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les phosphates et la matière organique, ont été déterminés pour la source « Lakhroub », « Fontaine-Fraiche » et « ainsér akdhim ». Les résultats des différents paramètres obtenus et la norme relative à la qualité des eaux potables fixée par l'Algérie et l'organisation mondiale de la santé (OMS) sont donnés dans le tableau (13). Ainsi, les concentrations des paramètres de pollution sont données par l'histogramme de la figure 25.

Tableau N°13 : Paramètres de pollution de l'eau pour les différentes sources étudiées

	Ammonium (mg/L)	Nitrites (mg/L)	Nitrates (mg/L)	Phosphates (mg/L)	Mat-organique (mg/L)
S1	00	0,01	0,3	00	1,0
S2	00	00	< 0,5	00	7,67
S3	00	00	15,4	00	00
NA	0,5	CMA : 0,1	CMA : 50	00	5

V.3.1 Ion d'ammonium

La concentration en ammonium obtenue est nulle pour toutes les sources étudiées. La réglementation de notre pays a fixé 0,5 mg/L, comme teneur limite en ammonium dans l'eau de consommation. Par conséquent, l'eau des trois sources considérées est dans la norme prescrite. En effet, les eaux profondes peuvent être chargées en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries (RODIER, 2005)

V.3.2 Ion nitrite

La teneur en nitrite enregistrée est de 0,01 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub » et 0 mg/L pour « fontaine Fraiche » et « ainser akdhim ». Ces teneurs répondent aux normes imposées par l'Algérie (0,1 mg/L) et l'OMS (0,2 mg/L). Cependant, les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammonium ou d'une réduction des nitrates. (RODIER, 2005)

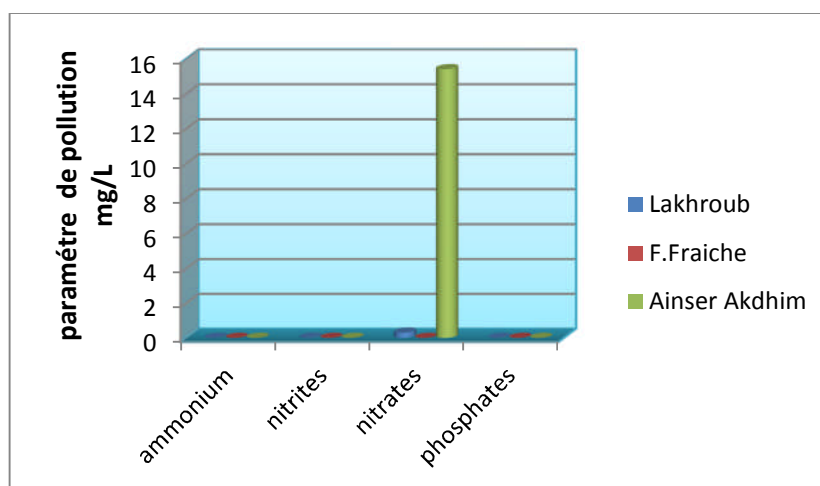


Figure 25: Concentration des paramètres de pollution de l'eau pour les différentes sources étudiées

V.3.3 Ion nitrate

La concentration en nitrate obtenue est de 0,3 ; < 0,5 et 15,4 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub », « fontaine Fraiche » et « ainser akdhim », respectivement. En effet, ces teneurs restent inférieures à la concentration admissible décrétée par les normes algériennes et l'OMS (50 mg/L). Généralement, la concentration en nitrate dans les eaux souterraines est basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines (RODIER, 2005)

V.3.4 Ion phosphate

Des teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution selon la norme exigée par l'OMS. En effet, l'eau des sources étudiées a enregistré une teneur de 0 mg/L en phosphate.

V.3.5 Matière –Organique

La teneur en matière organique observée est de 1, 8 et 0 mg/L pour l'eau de source de « Lakhroub », « fontaine Fraiche » et « ainser akdhim », respectivement. L'eau de source de « Lakhroub » et « ainser akdhim » est conforme à la norme fixée par l'Algérie (5 mg/L). En effet, l'eau de source « fontaine Fraiche » a montré une teneur en matière organique supérieure à la norme. Cela peut être suspecté de contamination bactériologique ou chimique,

cette contamination est due à la décomposition d'origine animale ou végétale. L'inconvénient de la matière organique favorise l'apparition de mauvais goût.

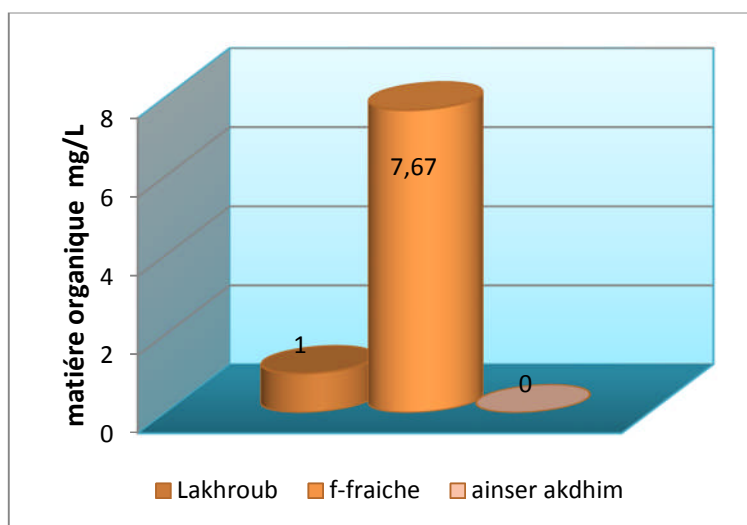


Figure26 : Teneur en matière organique de l'eau pour les différentes sources considérées

V.4 Élément indésirable

Les résultats d'analyses des éléments indésirables (l'aluminium et le fer) de l'eau des trois sources ciblées : « Lakhroub » « fontaine Fraiche » et « ainsér akdhim » sont représentés par le tableau 14

Tableau N° 14 : Élément indésirable de l'eau pour les différentes sources étudiées

	Fer (mg/L)	Aluminium (mg/L)
S1	0,08	0,01
S2	0,06	0
S3	0,01	0
NA	0,3	0,2

V.4.1 Aluminium

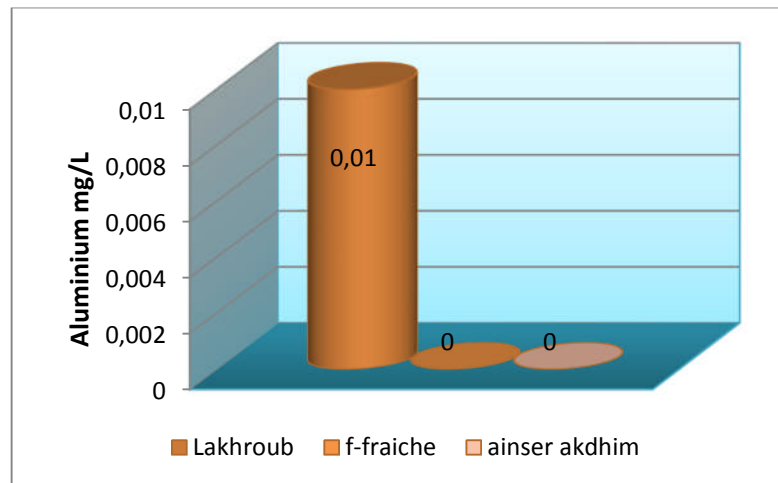


Figure 27 : Teneur en aluminium de l'eau pour les différentes sources considérées

Des traces d'aluminium ont été détectés à l'ordre de 0.01mg/L pour Lakhroub, de faibles teneurs ne risquent pas de provoquer des conséquences nuisibles sur la santé du moment que la concentration maximale admissible est fixée à 0.2g/L

V.4.3 Fer

L'histogramme suivant (figure 28) représente les résultats de dosage du Fer (Fe^{2+}).

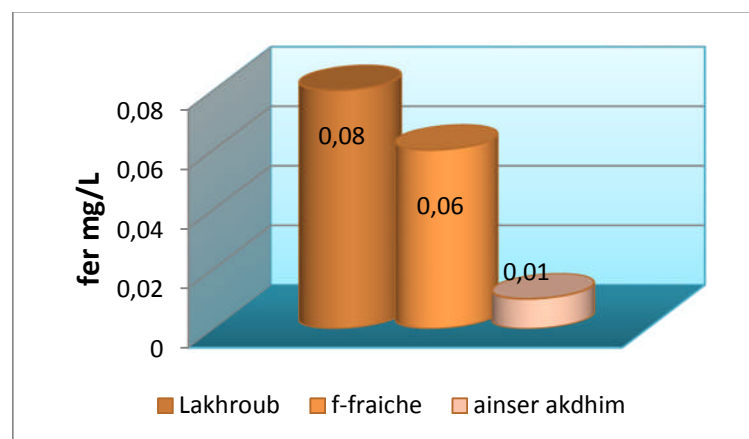


Figure 28 : Teneur en Fer de l'eau pour les différentes sources considérées

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 mg/L. les résultats obtenus pour nos eaux étudiées sont conformes aux normes prescrites. Ces derniers sont compris entre 0.01 et 0.08 mg/L.

V.5 Classifications des trois sources d'eau

D'après Stabler, la classification des eaux se fait en comparant les teneurs des cations entre eux et des anions entre eux.

La figure ci dessous montre les valeurs moyennes des cations et les anions

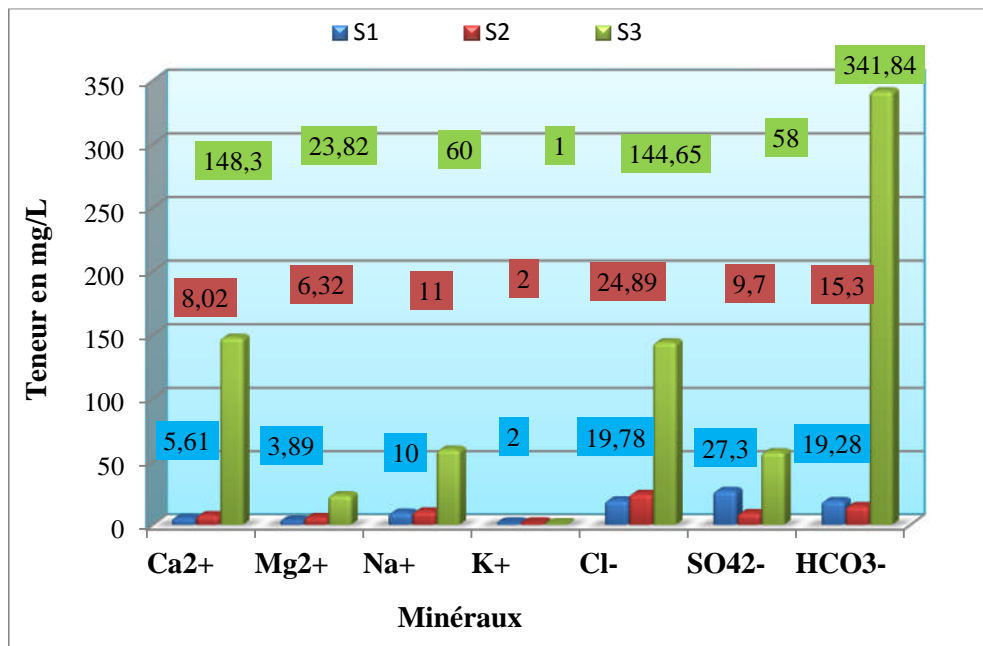


Figure (29) : classification des eaux selon stabler

- L'eau de source « Lakhroub » est considérée comme une eau douce selon sa dureté (teneur en calcium et magnésium) et elle est sulfatée sodique car,
 - la teneur en sulfate (SO_4^{2-}) est plus importante que la concentration des autres anions
 - la teneur en sodium (Na^+) est plus élevée que la concentration des autres cations
- L'eau de source « fontaine fraiche » est chlorée sodique puisque,
 - la concentration en sodium (Na^+) est plus élevée que la teneur des autres cations
 - la concentration en chlorure (Cl^-) est plus importante que la teneur des autres anions

L'eau de source « fontaine fraîche » est une eau douce d'après sa dureté (teneur en calcium et magnésium).

- La source « Ainssar akdhim » est considérée comme une eau dure d'après sa dureté (concentration en calcium et magnésium) et elle est bicarbonatée calcique car,
 - la teneur en bicarbonate (HCO_3^-) est plus importante que la concentration des autres anions
 - la teneur en calcium (Ca^{2+}) est la plus élevée que les autres cations

Conclusion

Il ressort des résultats d'analyses physicochimiques effectuées au sein du laboratoire de l'ADE que l'eau des trois sources étudiées (la période du prélèvement) est de bonne qualité du point de vue physicochimique. Puisque l'ensemble des valeurs des paramètres de qualité est en dessous des normes d'eau potable exigées par l'OMS et l'Algérie.

- L'eau de source « thala Athmane » a enregistré un pH neutre. Cette eau est très dure, est exempte de pollution chimique, car la source se situe sur les hauteurs.
- L'eau de source «fontaine fraîche » et « Lakhroub » ont enregistré un pH acide. Cette eau est très douce est exemptée de pollution chimique, parce que les sources sont situées sur les hauteurs.

V.6 Résultats et interprétations d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE. Les bactéries et recherchées sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les microorganismes revivifiables. Les résultats des analyses obtenus sont regroupés dans le tableau 15-16 suivant:

Tableau 15 : résultats des analyses des Microorganismes Revivifiables

Germes	Lakhroub	fontaine fraiche	Anssar Akdhim	Température (°C)	Unité	Normes
Microorganismes Revivifiables	/	45	30	22	UFC/ml	0 n/100ml
	/	01	01	37		

➤ **Interprétation de ces résultats**

L'analyse de l'eau des trois sources étudiées a enregistré une charge bactérienne (Germes revivifiables) significative par comparaison à la norme fixée par Algérie . Cela est lié probablement à l'entraînement des germes par ruissellement des eaux de pluie. Il faut rappeler que le mois de février et de mars de l'année en cours est caractérisé par des pluies et neiges abondantes.

Tableau 16 : : Résultats des analyses bactériologiques et la norme fixée par l'Algérie

Paramètres	Lakhroub	fontaine fraiche	Anssar akdhim	Normes Algérienne	Unités
Coliformes Totaux	00	09	00	10	
E-Coli	00	09	00	00	
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	

➤ Interprétation

Une absence de contamination fécale est observée lors de l'analyse de l'eau de source « Lakhroub » et « thala athman ». Cela est dû probablement d'une part à des fortes neiges et la persistance des pluies qui conduira à l'alimentation naturelle des nappes en eau, par conséquent, une baisse notable de la teneur en bactéries par dilution (HASLEY et LECLERC, 1993) et, d'autre part, puisque l'eau souterraine est une eau qui coule à travers un aquifère donc, elle est naturellement filtrée, cette action confère à l'eau une grande pureté bactériologique (DEGREMONT, 1989).

L'eau de source « fontaine fraîche » a enregistré une contamination fécale de l'ordre de 09/100 mL. Cette valeur reste limite par rapport à la norme algérienne (10/100 mL), cela peut être expliqué par la présence d'une contamination d'origine fécale du fait que ces coliformes peuvent faire partie de la flore naturelle des eaux et des sols non pollués. Selon Guiraud 1998, la présence des *Escherichia coli* (cas de l'eau de source « fontaine fraîche » (09/100 mL) et les formes totaux simultanément indiqueraient une contamination fécale vraisemblable.

Selon GUIRAUD 1998, la présence des *E.Coli* c'est le cas de la source Fraîche (09/100 mL) et les formes totaux simultanément indiqueraient une contamination fécale vraisemblable.

En effet, l'absence presque totale des germes dans l'eau des sources ciblées ne traduit pas la stérilité de l'eau, d'une part la filtration naturelle du sol et le type du terrain traversé a une importante influence sur la flore qu'on peut rencontrer, d'autre part l'entourage du site d'exploitation de ces sources sont loin de toute forme de pollution à savoir ; industrielle, urbaine, agricole ...etc.

Afin de déterminer la qualité de l'eau analysée, les résultats de l'analyse bactériologique réalisée sur les trois sources ont été classés selon une grille de qualité bactériologique de l'eau établie par l'institut Pasteur d'Algérie (1977) (tableau 18). Cette grille montre les différents germes à savoir les coliformes, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux qui affectent la potabilité de l'eau. En effet, une absence totale de micro-organisme pour l'eau de source « Lakhroub » et « ainssar akdhim » est enregistrée, par conséquent, ces sources présentent une

eau de bonne qualité bactériologique donc potable. En revanche, des Coliformes et des *Escherichia coli* sont observées pour l'eau de source « fontaine fraîche », cette eau est donc, de mauvaise qualité bactériologique, par conséquent c'est une eau non potable.

Tableau 17: Classement l'eau des trois sources étudiées selon la grille de qualité bactériologique de l'eau établie par l'Institut Pasteur d'Algérie, (1977)

Coliformes	E. coli	Streptocoques fécaux	Qualité bactériologique de l'eau	Sources
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique: potable	Lakhroub et ainssar akdhim
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique: non potable	fontaine fraiche
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique: non potable	
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée	

(-) : absence ; (+) : présence

Donc on peut classer nos eaux selon l'institut de Pasteur :

- Les deux sources Lakhroub et ainsser akdhim on constate qu'il y'a absence de microorganisme ce sont des eaux de bonne qualité bactériologique c'est-à-dire eau potable
- La Fontaine Fraîche : on constate la présence de Coliformes et des E.coli ; on conclue donc que cette eau de mauvaise qualité bactériologique : eau non potable.

Conclusion

Il ressort de nos résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur l'eau des trois sources, pendant la période indiquée que :

- Source Lakhroub et ainsser akdhim sont de bonne qualité bactérienne ce qui donne sont potable pour les consommateurs
- Source f-fraiche est de mauvaise qualité bactérienne ce qui donne non potable pour les consommateurs

Conclusion et Recommandation

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière, implique une surveillance étroite sur le plan physicochimique et bactériologique afin de protéger le consommateur.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour objet d'évaluer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau des trois sources considérées. La source de « lakhroub » et la source de la « fontaine fraîche » sont situées à Yakourène et la source d'« ainsér-akdhim » se situe à Thala-Athman de Tizi-Ouzou. Ces sources sont destinées à la consommation humaine.

Cependant, il ressort de cette étude que :

L'analyse physicochimique effectuée sur l'eau des trois sources choisies, pendant la période du prélèvement, a montré qu'elle est de bonne qualité du point de vue physicochimique. Puisque l'ensemble des valeurs des paramètres analysées est en dessous des normes fixées par l'OMS et l'Algérie. Cette eau est, également, exempte de pollution chimique, car ces sources sont situées sur des hauteurs et loin de l'agglomération.

L'eau de source « ainsér akdhim » a montré un pH neutre et elle est bicarbonatée et calcique. C'est une eau très dure (minéralisée).

L'eau de source «fontaine-fraîche » est chlorée sodique, par contre l'eau de source « Lakhroub » est sulfatée sodique. L'eau de ces sources a enregistré un pH un peu acide et elle est très douces (peu minéralisée).

L'analyse bactériologique effectuée sur l'eau des différentes sources considérées, pendant la période du prélèvement, a montré que :

Les sources « ainsér akdhim » et « Lakhroub » ont présenté une eau de bonne qualité bactériologique, du fait qu'il y a absence totale de germes bactériologiques (*Escherichia coli.*, coliformes et des streptocoques fécaux). Par conséquent, l'eau de ces sources est potable pour la consommation.

L'eau de source « fontaine fraîche » est une eau de mauvaise qualité bactériologique, du fait qu'elle présente de coliformes totaux, *Escherichia coli*, donc, cette eau est non potable pour la consommation d'après la grille de la qualité d'eau bactériologique donnée par l'Institut Pasteur d'Algérie. Néanmoins, la population de la région et les passagers sont toujours consommés l'eau de cette source, car elle était renommée par sa potabilité.

Afin de protéger le consommateur en eau de source, un appel est adressé aux responsables de :

Conclusion et Recommandation

- Veiller pour les analyses physicochimiques et bactériologiques de chaque source à travers tout le pays soit faite au moins deux fois par an en hiver et en été.
- mettre ces résultats d'analyses, bien sûr, visés par le responsable à la disposition du consommateur par affichage devant chaque source.
- Sauvegarder l'eau des sources potables par la protection de son environnement.
- Refaire les canalisations en PVC
- Utiliser un adoucissant d'échange d'ion pour adoucir l'eau dure

Références

- ✚ ASSOULINE S. et ASSOULINE J. (2007). Géopolitique de l'Eau : Nature et Enjeux.
- ✚ ANONYME 1 (2004). Effets du Potassium et du Sodium sur la Santé. Disponible sur Internet : www.lenntech.fr Edition Studyrama Perspectives.
- ✚ ANDI., (2015) .agence national de développement de l'investissement
- ✚ AMIDI D., Gestion local et mobilisation des ressource durable, sous la direction Pr Ahmed Zaid, laboratoire REDYL
- ✚ BOUREOIS C.M.et LEVEAU J.Y. (2003). Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire contrôle microbiologique. Ed TEC et DOC .3eme eddition Lavoisier .Paris
- ✚ BOUZIANI, M. (2000) : L'eau de la pénurie a la maladie .Édition IBNKHALDOUN.
- ✚ BORDET J. (2007). L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet. Paris
- ✚ CHAUSSADE J.I. ROVEL J.M., MOUCHET P., ANDRIAMIRADO I., MARCHAND D., LESOILLE M., BAIG S., MAZONIE P., BOURDILOT J.C., BONNELYE V., HESSE C., HAUBRY A., MOLES J., NICL R ET SANZ M.A. Mémento technique de l'eau dégerment. Tome I. 10^{ème} édition, Lavoisier Tec et DOC .Paris.
- ✚ CASTANY G. (1982). Principes et Méthodes de l'Hydrogéologie. Edition DUNOD, Paris, France.
- ✚ CHERY L. (2006). Qualité Naturelle des Eaux Souterraines : Méthodes de Caractérisation des Etats de Référence des Aquifères Français. Edition BRGM, Orléans, France.
- ✚ CHERY L., DICTOR M.C., BARANGER P., MICHEL K., BARBIER J., CLOZEL B., TOUZE S. et BROSSELIN P. (2004). Qualité des Eaux d'Alimentation. Edition BRGM, France

Référence bibliographiques

- ✚ **DEGREMONT. 2005** : Mémento technique de l'eau, dixième édition TOME1.Edition LAVOISIER.6

- ✚ **DEGREMONT G., 1990.** Mémento technique de l'eau. Tome 1,2eme édition: Copyright dégrement. P: 129.

- ✚ **DUGUET J.P., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G. et SIMON P. (2006).** Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1ere Edition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement).
- ✚ **DJELLOULI H.M. et TALEB S. (2005).** Qualité Chimique et Bactériologique des Eaux de Consommation du Sud Algérien. Faculté des Sciences, Université LIABES de Sidi Bel Abbés, Algérie.
- ✚ **FALL C. (2007).** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. Thèse de maîtrise, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- ✚ **GEURSEN R.HEER P., KIRKNESS B., LOEWESTEIN P., MEES S., MUSCHART J.M.et PICKAERT M.C. (2004).** Poliomyelitis
- ✚ **GUIRAUD J.P. (1998).**l'eau usage et polluant s. Edition Dunod. Paris.
- ✚ **HASLAY C. et LECLERC H. (1993).** Microbiologie des Eaux d'Alimentation. Edition, Lavoisier Tec et Doc., Paris, France
- ✚ **MYRAND D., BICCHI D., BRODEUR M., GIGNAC M., MASSE M., OUELLET M., PAQUIN J., ROY N et TREMBLAY H. (2003).** Le puits. Ministère de l'environnement. Québec. Canada.
- ✚ **MAIGA A.S. (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : Evaluation saisonnière. Thèse de doctorat, Université de Bamako, Mali
- ✚ **MEDJEBER BELLEHMER., (2010).** guide touristique Tizi-Ouzou.

- ✚ **NA 753 (1998)** : Qualité de l'eau - Echantillonnage - Guide général sur les techniques d'échantillonnage.

Référence bibliographiques

- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2008).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson.
- ✚ **Organisation Mondiale de la Santé (2004).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson.
- ✚ **POTELON, J et ZYSMAN, K. (1998) :** Le guide des analyses d'eau potable.
Edition la lettre du Cadre Territorial
- ✚ **REJSEK F. (2002).** ANALYSE DES EAUX ; Aspects réglementaires et technique
Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- ✚ **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse d'eau.
9ème Ed, Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-054179-9
- ✚ **RAMAD F. (1998).** Dictionnaire Encyclopédique des sciences de l'eau .Edition
Ediscience International, Paris, France
- ✚ **ROUGIER H. et WACKERMANN G. (2009).** L'eau ressources et usages. Ellipses
Editions Marketing, Paris. ISBN 978-2-7298-5233-7
- ✚ **SCHRIVER-MAZZUOLI L. (2012).** La gestion durable de l'eau : ressources,
qualité, organisation. Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-055026-5 (HY.151).
- ✚ **SCHWARTZBROD L. (2000).** Virus humains et santé public conséquences de
l'utilisation des eaux usées et des boues en agricultures conchyliculture. Université de
NANCY France
- ✚ **VILAGINES R. (2003).**Eau, environnement et santé publique: introduction a
l'hydrologie. 2èmeEd, Lavoisier, Paris. ISBN 2-7430-0604-8 (HY.43).
- ✚ **YAKOUB B. (1996).**les problèmes de l'eau en grande Kabylie : le bassin versant du
Sebou et la wilaya Tizi-Ouzou. Edition UMMTO. Algérie
- ✚ **SITE INTERNETE :**
- ✚ Google Maps

Référence bibliographiques

ANNEXE N°06: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation (NA 1426-2006)

Tableau 12: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

➤ **Facteurs organoleptiques**

Paramètres	Unités	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
Odeur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/1de platine échelle Pt/Co	00	25	/

➤ **Facteurs physico-chimiques**

Paramètres	Unités	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
PH	/	6,5 à 8,5		
Conductivité	µs/cm	-	2800	En correspondance avec la minéralisation des eaux.
Turbidité	NTU	-	5	
Calcium	Mg/l (Ca)	75	200	

ANNEXES

Magnésium	Mg/l (Mg)	-	150	
Potassium	Mg/l (K)		20	
Chlorure	Mg/l (Cl)	200	500	
Sulfate	Mg/l (SO₄)	200	400	
Sodium	Mg/l (Na)	-	200	
Dureté	Mg/l (Ca CO₃)	100	500	
Résidus sec à 105 C °	Mg/l	1500	2000	En correspondance avec la normalisation des eaux

➤ **Substances Indésirables :**

Paramètres	Unités	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
Nitrates	Mg/l (NO₃)	-	50	
Nitrites	Mg/l (NO₂)	-	0,1	
Ammonium	Mg/l (NH₄)		0,5	
Fluor	Mg/l (F)	0,3	2	
Fer	Mg/l (Fe)	-	0,3	
Manganèse	Mg/l (Mn)	-	0,5	

➤ **Paramètres bactériologiques**

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration Max. admissibles	Observations
	1- Eau de	Boisson en	bouteille	
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	La source doit être exempte de contaminant fécal
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	

ANNEXES

	2- Eau	Potable	de	source
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
Germes totaux	Nbre/ lml	10	-	Pour une eau traitée le dénombrement des «germes totaux effectué à l'extrémité réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année
37°C /48h	Nbre/ lml	100	-	
22°C/72h	Nbre/ lml	100	-	
Streptocoques Fécaux	Nbre/100ml		0	

ANNEXE N°05: Préparation des solutions au niveau d'ADE

✓ L'alcalinité

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser deux niveaux de pH 8.3 et 4.3 de volume d'eau à analyser en présence d'indicateur coloré. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA) avec l'utilisation de phénophtaléine à 0,5%, La seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) avec méthyle orange à 0,5%.

Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

-Phénophtaléine	0.5 g
-Alcool éthylique	100 ml
-Eau distillée	100 ml

Préparation de solution méthyle orange à 0,5%

- méthyle orange	0.5g
- Eau distillée	100 ml

Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 1N

- Acide chlorhydrique pure (HCL)	8 ml
- Eau distillée	1000 ml

✓ Dureté

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Solution d'EDTA 0,02N

-Sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique (poudre séchée pendant 1heure à 180°C)	3,725g
-Eau distillée	1000 ml

Préparation de solution tampon à PH = 10

-Chlorure d'ammonium (NH ₄ Cl) :	67,5g
-Ammoniaque (d= 0,925) :	570 mL
-Sel disodique de magnésium de l'EDTA (C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₈ Na ₂ Mg) :	5 g
-Eau dé ionisée :	1 L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène. Vérifier le pH qui doit être égal à 10 sur une dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau dé ionisée.

Préparation de solution N.E.T à 0,5 %

Dissoudre 0,5 g de sel de sodium de mordant noir 11 dans 100 ml de triéthanolamine [(HOCH₂)₃N]. Il est possible d'ajouter jusqu'à 25 ml d'éthanol à la place de la triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

Cet indicateur est aussi appelé noir ériochrome T (NET). Un mélange de 1 g de noir ériochrome et de 100 g de chlorure de sodium (NaCl) peut-être utilisé comme indicateur.

Conserver à l'abri de la lumière

✓ Chlorures

Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.02N

-Nitrate d'argent (AgNO ₃ séché)	1.6985g
---	---------

- Eau distillée

500 ml

Conserver à l'abri de la lumière

Chromate de potassium $K_2 CrO_4$

-Chromate de potassium $K_2 CrO_4$

10g

- Eau distillée

100 ml

✓ Ammonium

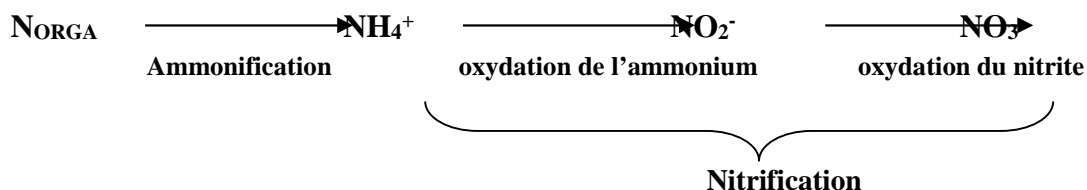
C'est un dosage spectrométrique du composé bleu formé suite à la réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate(III) de sodium (nitroprussiate de sodium) a donné un composé de couleur bleu.

Solution de dichloroisocyanurate de sodium

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 100ml avec de l'eau distillée

✓ Nitrite

réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) mesurage de l'absorbance à $\lambda = 540$ nm.



Réactif mixte

Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide ($NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau. Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ($C_{10}H_7NH-CH_2-CH_2-NH_2 \cdot 2HCl$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée. Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

✓ phosphates

Le dosage des phosphates est basé sur la formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et de potassium. Le complexe formé est ensuite réduit par l'acide ascorbique en un produit coloré bleu.

Réactif mélange (solution molybdate acide)

Dissoudre $13 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}]$ dans $100 \text{ ml} \pm 5 \text{ ml}$ d'eau. Dissoudre $0.35 \text{ g} \pm 0.05 \text{ g}$ de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté $[\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}]$ dans $100 \text{ ml} \pm 5 \text{ ml}$ d'eau. Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à $300 \text{ ml} \pm 5 \text{ ml}$ d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L . Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger. Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois.

✓ Aluminium

Acide ascorbique, solution, $\rho = 100 \text{ g/l}$

Dissoudre $10 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ d'acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) dans 100 ml d'eau. Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît.

Solution tampon pH 6.2

Dissoudre 37.2 g d'acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) dans l'eau, réajuster le pH à 6.2 avec de l'acide acétique cristallisable (CH_3COOH) sous agitation et une électrode de mesure de Ph et compléter à 100 ml d'eau distillée.

ANNEXE N°01: Composition des milieux de culture

1. Milieux liquides

1.1. Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

Double Concentration (D/C) :

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

Simple Concentration(S/C) :

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

Autoclavage pendant 15 min à 120

1.2. Milieu de Schubert :

Tryptone	10 g
Peptone	10g
Acide glutanique	0.2g
Tryptophane	0.2g
Sulfate de magnésium	0,7 g

Sulfate d'ammonium	0,4 g
Chlorure de sodium	2 g
Citrate de sodium	0,5g
Mannito	17, 5g
Eau distillée	1000 ml
PH = 7.6	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.3.Milieu de Rothe (Bouillon lactose à l'acide de sodium)

Double Concentration (D/C) :

Peptone de caséine	40 g
Extrait de viande	3 g
Glucose	8 g
Chlorure de sodium	8 g
Phosphate dipotassique	5,4 g
phosphate mono potassique	5.4g
Acide de sodium	0,4 g
Eau distillée	1000 ml
PH = 6.9+/-0.1	

Simple Concentration(S /C) :

Peptone de caséine	20 g
Extrait de viande	1,5 g
Glucose	4 g
Chlorure de sodium	4 g
Phosphate dipotassique	2,7g
phosphate mono potassique	2.7g
Acide de sodium	0,2 g
Eau distillée	1000 ml
PH = 6.9+/-0.1	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

1.4. Milieu d'Eva Litsky : (Bouillon glucosé à l'éthyle violet et acide de sodium)

Tryptone	20 g
Glucose	5 g
Chlorure de sodium	5 g
Phosphate mono potassique	2,7 g
Phosphate di potassique	2,7g

Acide de sodium	0,3 g
Solution d'éthyle violet	5 g
-Eau distillée	1000 ml
PH =6,8 à 7	

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2. Milieux solides

2.1. Gélose Tryptone Extrait de levure (TGEA)

Extrait de levure	1 g
Peptone de caséine	5g
Glucose 1 S	1 g
Extrait de viande	3g
Agar	18g
Eau distillée	1000 m l
pH 7	

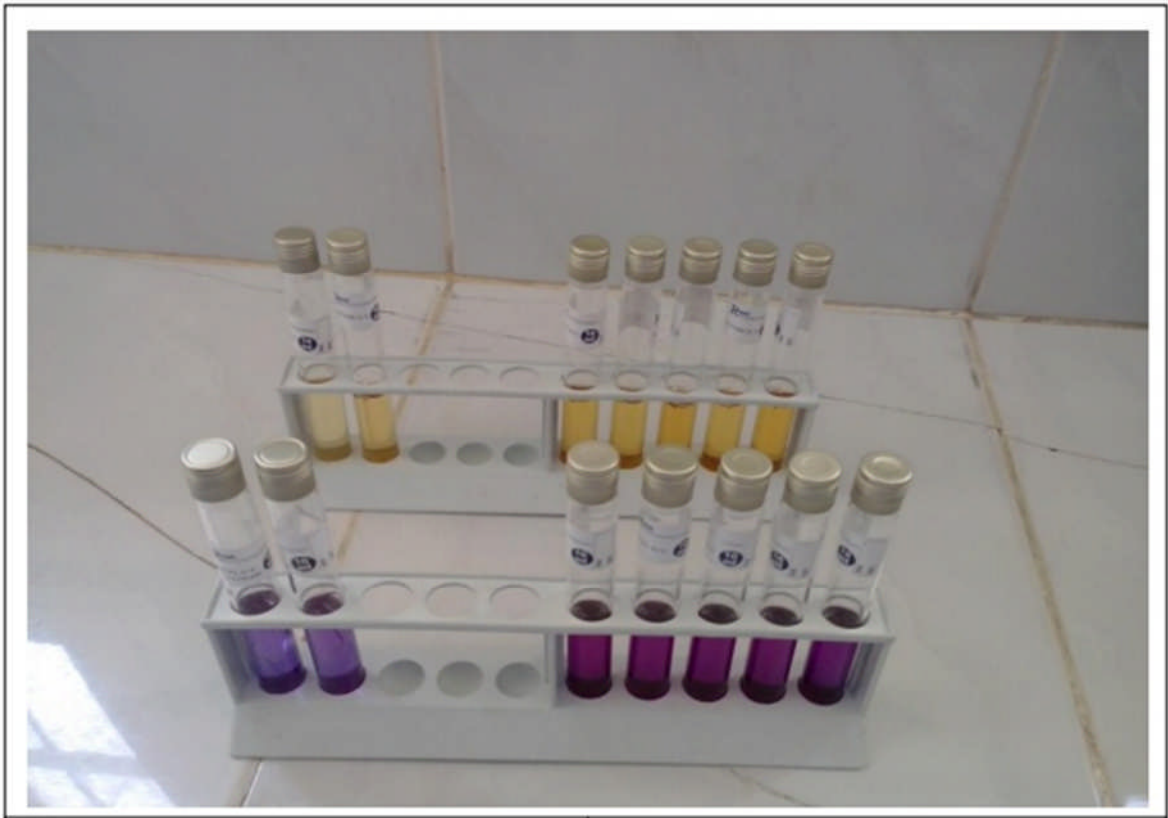
Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

2.2. Gélose Viande Foie

Base viande foie	20 g
Glucose	0,75 g
Amidon	0,75 g
Sulfite de sodium	1,2 g
Carbonate de sodium	0,67 g
Agar-agar	11 g
Eau distillée	1000 ml

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C)

ANNEXE 2 : images pour les différents milieux de culture



ANNEXE 3 : Nombre le plus probable et intervalle de confiance (NPP) dans le cas du système d'ensemencement N° 3

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P dans 100 ml	Limite de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	2	0	5,9
0	1	0	2	0,050	13
1	0	0	2,2	0,050	13
1	1	0	4,4	0,52	14
2	0	0	5	0,54	19
2	1	0	7,6	1,5	19
3	0	0	8,8	1,6	29
3	1	0	12	3,1	30
4	0	0	15	3,3	46
4	0	1	20	5,9	48
4	1	0	21	6	53
5	0	0	38	6,4	330
5	0	1	96	12	370
5	1	0	240	12	3700

