



Mémoire de Master

Présenté par :

- **Yahiaoui Youssra**
- **Boudenna Celia**

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Thème :

Analyses physico-chimiques et Bactériologiques des eaux potables

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
Mme BENKHODJA-GRABA ZAHRA	Chimie	présidente
Mr HENNACHE ZAHIR	Chimie	Examineur
Mr BOUKERROUI ABDELHAMID	Chimie	Encadrant

Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie, cependant l'accroissement de la demande en eau au fil des ans, et les risques de pollution et autres formes d'agressions, mettent cette source en péril et constituent une menace à la qualité de nos réserves d'eau.

Élément naturel, l'eau fait l'objet d'une surveillance attentive à travers le monde son importance pour la préservation de la santé publique détermine de vastes programmes de surveillance tant à l'échelle national qu'au plan international.

La surveillance de la conformité de l'état des sources, des installations hydrauliques, des réseaux de distribution et de la qualité de l'eau est une activité fondamentale de prévention, elle est d'un intérêt primordial et stratégique pour la préservation de l'état de santé de la population.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette présente formation dont l'objectif principal est d'assurer un contrôle et une surveillance efficace de la qualité de l'eau de consommation ; en effectuant des analyses qui constituent une étape fondamentale du programme de surveillance de la qualité des eaux.

La nomenclature des analyses de l'eau ne cesse de se développer avec les progrès technologiques, comme les normes de qualité de l'eau qui ne cessent également de s'améliorer en faveur de la santé des collectivités.

L'étude sera organisée en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des généralités sur l'eau.

Le second chapitre présente les différents matériels et méthodes d'analyse des paramètres Physico-chimiques et bactériologiques des eaux potables.

Le troisième chapitre sera consacré aux résultats obtenus ainsi que leur discussion.

Ce travail sera finalisé par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Généralités sur l'eau

I.1 Introduction

La gestion rationnelle des ressources en eau douce est une des principales préoccupations des sociétés humaines. Que cette ressource soit abondante, qu'elle l'ait été, mais se raréfie ou qu'elle ait toujours plus ou moins manqué, l'eau est maintenant partout considérée comme un bien précieux. La gestion de l'eau s'articule autour d'un certain nombre de points portant sur :

- La fourniture d'eau potable aussi bien dans les villes que les deux campagnes, dans les agglomérations structurées et dans les extensions péri-urbaines, voire les bidonvilles.
- L'assainissement et le traitement des eaux usées. L'approvisionnement des populations en eau potable et le traitement de leurs eau usées sont les conditions pour prévenir les maladies d'origine hydrique, particulièrement, dans les pays dits " émergents. "
- La prévention des pollutions chroniques ou accidentelles d'origine domestique, agricole ou industrielle seul moyen de protéger la ressource d'eau alimentaire d'abord, mais aussi les hydro systèmes aériens ou souterrains et les équilibres floristique ou faunistiques qu'ils abritent.
- L'approvisionnement en eau des industries et de l'agriculture qui fournissent les biens de consommation, les énergies et les aliments nécessaires aux populations. - La lutte contre Les nouvelles ligne les risques naturels liés à l'eau : inondations, coulées de boue, érosion, aridité, sécheresse, feux de forêt, etc.
- Le maintien des activités " aquatiques " qui vont du transport fluvial à la pêche professionnelle en passant par une grande variété d'activités de loisir : baignade, canotage, pêche de loisir, etc. [1].

I.2 Définition de l'eau

C'est une Substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H_2O , et peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel [2].

I.3 Composition de l'eau

La composition chimique de l'eau naturelle varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre (CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 , Na Cl), ainsi la composition physique des roches.

I.3.1 Espèces inorganiques

I.3.1.1 Constituants majeurs

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact.

Le tableau I.1 résume les principaux éléments majeurs rencontrés dans l'eau [3].

Tableau I.1: Les principaux éléments majeurs rencontrés dans l'eau.

Sels minéraux	Carbonates	Sodium
	Bicarbonates	Calcium
	Silicates	Magnésium
	Sulfates	fer
	Chlorures	Potassium
	Nitrates	

I.3.1.2 Les éléments traces métalliques

Les « éléments traces métalliques » (ETM) sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration d'environ une partie par billion ($10^{-3} \text{mg.kg}^{-1}$) en masse, ou moins. Les principaux éléments traces métalliques présentent dans l'eau sont : Titane (Ti), Zinc (Zn), Nickel (Ni), Aluminium, (Al), Chrome (Cr), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Plombe (Pb), Mercure (Hg). [4]

I.3.2 Matières organiques

I.3.2.1 Matières organiques dissoutes

La plupart du carbone organique contenu dans l'eau est sous la forme de matière organique dissoute et principalement de molécules à faible poids moléculaire et d'origines diverses. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend de type d'eau et sa profondeur : l'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur. On peut trouver des milliers de molécules différentes dans l'eau comme les produits de dégradation de déchets végétaux, produits de synthèse organique soluble, et matières azotées. Le carbone organique dissout est un facteur important dans le cycle du carbone et la chaîne alimentaire. Il influence la pénétration de la lumière [5].

I.3.2.2 Matières organiques particulières

C'est la matière en suspension et en émulsion, elles peuvent être classifiées selon leur taille. Dans l'eau surfacique, la plupart d'entre elles sont d'origine biologique.

Les plus petites particules (moins de 1 μm jusqu'à quelques dizaines de μm) se composent de bactéries et d'autres détritiques organiques fins, et des particules inorganiques particulièrement des minéraux d'argile et des composés hydratés insolubles tels que $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

La gamme de taille allant de quelques dizaines à quelques centaines de μm comporte des grands détritiques et des agglomérats fécaux, produits de l'agrégation biologique (sable, boues, pétrole, huiles, ...). L'eau contient également les gaz dissout ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique (corrosion) [6].

I.4 Origine et différents types d'eau

Sans rentrer dans les détails de l'origine des eaux et les relations entre leur composition, nous pouvons envisager selon le mode de gisement, deux sources principales d'eau :

- Les eaux superficielles : les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers.
- Les eaux souterraines accumulées dans les nappes.

Et sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer :

- Les eaux naturelles
- Les eaux potables
- Les eaux douces
- Les eaux dures

- Les eaux de marais
- Les eaux saumâtres
- Les eaux salées

I.4.1 Eaux naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer [7].

I.4.2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérisent par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Comme elles se caractérisent par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée. Les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée [8].

I.4.3 Eaux de surfaces

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone. [8]

I.4.4 Eaux potables

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes. [8]

- Fraîcheur et limpidité
- Absence d'odeur et de couleur

- Goût agréable
- Suffisamment douce, aérée
- Minéralisation raisonnable
- Absence de matières organiques et de germes pathogènes

I.4.5 Eaux douces

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures [8].

I.4.6 Eaux dures

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium [8].

I.4.7 Eaux de marais

Les eaux de « marais » ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par une faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension [8].

I.4.8 Eaux de mers et eaux saumâtres

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe résulte d'un équilibre entre évaporation, pluies et apport des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont reliés d'autre part.

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/l alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/l pour l'eau de mer. Dans les estuaires maritimes, la conjonction des courants d'eau douce avec l'eau de mer donne naissance à des poches d'eau saumâtre [8].

I.5 Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux

Les qualités admises d'une eau d'alimentation impliquent la garantie de son innocuité vis-à-vis de l'homme qui est appelé à la consommer. Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre, à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciée par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson [9].

I.5.1 Propriétés organoleptiques

I.5.1.1 La couleur

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie [10].

I.5.1.2 Gout et l'odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmes subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère [10].

I.5.1.3 La turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. C'est la propriété optique la plus importante des eaux naturelles. On mesure la turbidité en unités de turbidité néphalométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau [10].

I.5.2 Caractéristiques physico-chimiques

I.5.2.1 La température

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Quand les eaux naturelles sont au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles [11].

I.5.2.2 Potentiel hydrogène

C'est une mesure de l'activité des ions H⁺ contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérée comme acide et inversement [10].

I.5.2.3 Salinité

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/l.

I.5.2.4 Les résidus secs à 80°C

Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau [10].

I.5.2.5 Dureté ou titre hydrométrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na⁺, K⁺), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca²⁺ et magnésium Mg²⁺ (Ions alcalino-terreux). Un degré hydrotimétrique (°TH) correspond à une concentration en ions Ca²⁺ ou Mg²⁺. Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F) [10].

I.5.2.6 Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissouts. Son unité est exprimée en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) [11].

I.5.2.7 Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC) [12].

I.5.2.8 Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates contenu dans l'eau. Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonates. La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates [13].

I.5.2.9 Chlorure

Les teneurs en chlorures (Cl^-) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, les chlorures n'ont ni odeur, ni couleur, mais peuvent procurer un goût salé [14].

I.5.2.10 Autres principaux éléments présents dans l'eau

En plus des chlorures, contient aussi d'autres éléments chimiques, cation et anions.

I.6 Paramètres indésirables ou toxique

I.6.1 Fer et manganèse

Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne. Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et le manganèse ne doivent pas dépasser certaines teneurs.

I.6.2 Métaux lourds

Certains éléments sont rarement présents dans les eaux à l'état naturel mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer car la toxicité de ces éléments est surtout d'origine cumulative. Les principaux d'entre eux sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc ...etc. [6].

I.7 Normes d'eau potable

Des normes sont imposées pour une eau de bonne qualité. Selon l'OMS, les normes pour une eau potable sont d'assez large gamme, afin de s'adapter aux nombreux pays sous-développés, qui ont une eau de très mauvaise qualité et qui n'ont pas de moyens technologiques afin de suivre les traitements conformes et nécessaires pour rendre une eau potable. Les normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS sont données dans le tableau I.2

Tableau I.2: Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE).

Paramètre	Unité	Norme algérienne	Norme de l'OMS
pH	/	6.5-8.5	6.5-9.2
Température	°C	25	/
Conductivité	µm/cm	2800	/
Résidus secs à 80°C	mg/l	2000	1500
Turbidité	NTU	2	5
Dureté totale (TH)	mg/l	500	500
Calcium	mg/l	200	/

Magnésium	mg/l	150	150
Sodium	mg/l	200	/
Potassium	mg/l	20	/
Sulfate	mg/l	400	250
Chlorure	mg/l	500	250
Nitrate	mg/l	50	50
Nitrite	mg/l	0.1	0.1
Aluminium	mg/l	0.2	0.2
Phosphate	mg/	0.5	0.5
Ammonium	mg/l	0.5	/
Matières organique	mg/l	3	/
Métaux lourds	mg/l	0.3	/
Fer	mg/l	0.3	0.3
Manganèse	mg/l	0.5	0.1

I.8 Paramètres microbiologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature, elles se trouvent dans tous les milieux ; air, sol, eau et même dans/sur d'autres êtres vivants. Chez les humains, on les dit alors commensales. Elles peuvent faire partie des flores cutanée, digestive, buccale, génitale. Une minorité est pathogène et certaines ne le sont que dans certaines conditions. Une telle diversification des espèces générées au cours de l'évolution est favorisée par un taux de multiplication élevé. La sélection a permis la conservation d'individus aux voies métaboliques adaptées à une infinie variété de substrats et résistants à des conditions hostiles (température, salinité, acidité, etc.). Ces innombrables espèces jouent dans la biosphère un rôle géochimique majeur, occupant toutes les niches écologiques, et intervenant dans le recyclage des éléments (carbone, oxygène, azote, soufre, etc.), dans la minéralisation de la matière organique (hétérotrophes), dans l'assimilation des éléments minéraux (autotrophes, photosynthèse). Les eaux font donc partie des éléments avec l'air et les sols, qui hébergent des espèces autochtones soit véhiculent des bactéries en transit éliminées par l'homme, les animaux et les plantes [15].

La détection et la quantification de tous les micro-organismes présents dans l'eau et potentiellement pathogènes prend du temps, les coûts sont élevés et les résultats obtenus ne sont pas toujours positifs ou ne permettent pas de confirmer la présence de micro-organismes.

L'objectif de l'examen microbiologique de l'eau est de fournir des informations quant à la potabilité, c'est à dire sans risque d'ingestion de micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud. Soulignons que les micro-organismes présents dans les eaux naturelles sont pour la plupart inoffensifs pour la santé humaine. Mais dans la contamination par les eaux usées, certains micro-organismes qui sont présents peuvent être nocifs pour la santé humaine. Ces micro-organismes pathogènes incluent notamment les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

L'eau potable ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes et doit être libre de bactéries indicatrices de contamination fécale. Comme les indicateurs de contamination fécale, les bactéries du groupe coliformes sont choisies comme bactéries de référence. Le principal représentant de ce groupe de bactéries est appelé *Escherichia coli*.

La raison du choix de ce groupe de bactéries comme indicateur de contamination de l'eau est due aux facteurs suivants :

- On les trouve dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris les humains.
- Elles sont facilement détectables et quantifiables par des techniques simples et économiquement viables, sur n'importe quel type d'eau.
- Leur concentration dans l'eau contaminée a une relation directe avec le degré de contamination fécale de cette dernière.
- Elles ont la durée de survie la plus importante chez les bactéries pathogènes intestinales, car elles sont moins exigeantes sur le plan nutritionnel et sont incapables de se multiplier dans le milieu aquatique ou se multiplient moins que les bactéries entériques.
- Elles sont plus résistantes aux désinfectants et aux agents tensioactifs que les bactéries pathogènes.

Le décret n° 2.914/2011 du Ministère de la Santé (décret de potabilité) établit la nécessité d'être vérifié dans l'eau potable, pour assurer sa potabilité, l'absence de coliformes totaux et d'*Escherichia coli* d'après le comptage des bactéries hétérotrophes [16].

I.8.1 Les coliformes totaux

Ce groupe de bactéries est utilisé comme un indicateur de contamination fécale. Sous le terme de « coliformes », il regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae [17]. 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 des Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques. La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C [15].

I.8.2 Les entérocoques

Les entérocoques sont des cellules bactériennes sphériques ou ovoïdes, gram positives, ne formant pas de spores, à métabolisme anaérobie facultatif, capables de fermenter le lactose. Ils possèdent l'enzyme β -D-glucosidase [18]. Les entérocoques se regroupent en paires ou en chaînes et ne sont pas mobiles (Figure I.1). Ils sont plus résistants dans l'environnement et sont donc intéressants comme indicateurs de contamination fécale, même si certaines souches sont retrouvées naturellement dans les sédiments ou les sols

Plusieurs études montrent l'intérêt des entérocoques comme indicateurs de la présence et de la résistance des virus entériques pendant les différentes étapes du traitement des eaux usées [19]. Concernant les protozoaires et les helminthes, la présence des entérocoques est significativement corrélée à la présence de ces pathogènes, mais l'absence d'entérocoques ne signifie pas forcément l'absence de risque, notamment car les entérocoques sont moins résistants aux traitements de désinfection que les protozoaires [20].

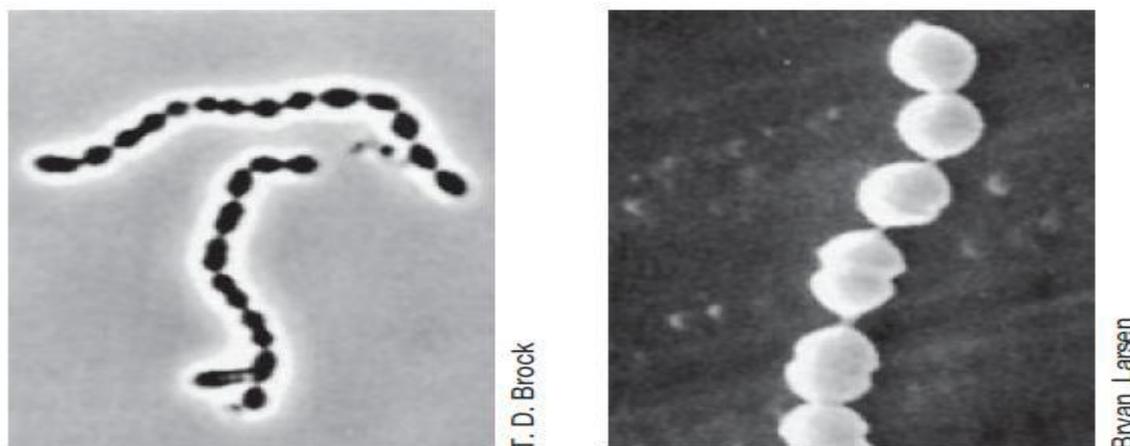


Figure I.1: Entérocoques au microscope électronique à balayage. Le diamètre des cellules varie entre 0.5 et 1 µm [21].

I.8.3 Les bactéries anaérobies sulfite réductrices

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à gram positif et qui se développent à température de 36°C en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose tryptose sulfite cyclosérine ou tryptose sulfite néomycine ou encore gélose viande foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Ce dernier est le témoin de la réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_4) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} qui donne FeS (sulfure de fer) de couleur noir. La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement un véritable indice de contamination ancienne. [22].

I.8.3 Escherichia coli

L'espèce la plus fréquemment associé aux coliformes fécaux est E. Coli représente toutes fois 80 à % des coliformes thermo tolérant détecté. Selon l'OMS (2004) n'énonce que la présence d'E. Coli, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente [23].

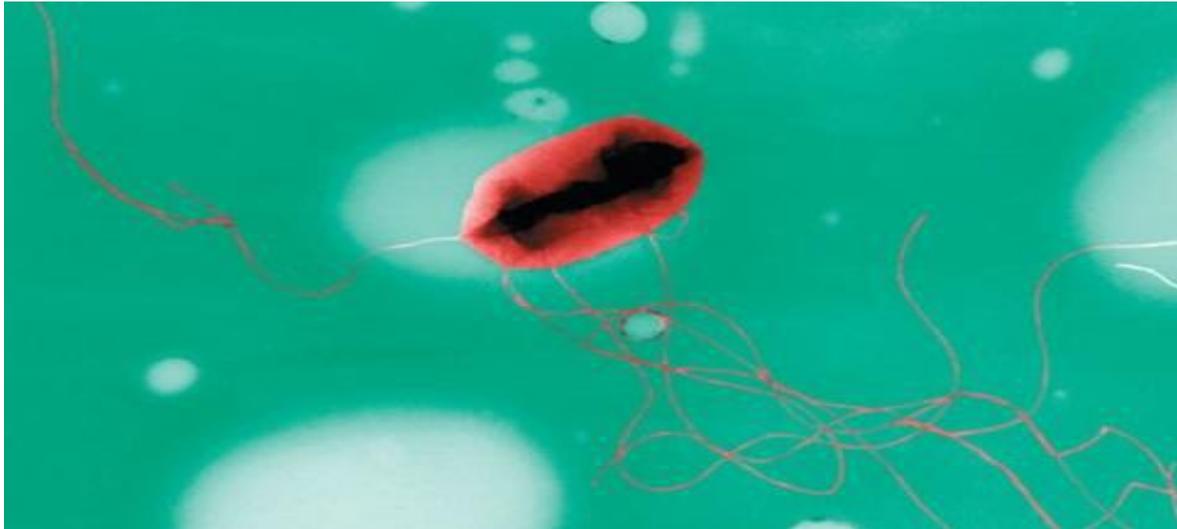


Figure I.2: cellule d'*Escherichia coli* (souche O157 :H7). La longueur est d'environ 3 μm pour un diamètre d'environ 1 μm [24].

I.8.4 Les germes totaux à 22 °C et 37 °C

Germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux franchement mésophiles soit 37°C [25]. Sa recherche vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, le dénombrement des bactéries aérobies à 22 et 37°C s'effectue dans la gélose glucosée à l'extrait de levure. La charge mésophile totale n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais quand même, peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux et tous produits alimentaires. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser [26].

I.9 Conclusion

Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques, mais aussi dans une simple maison, pour sa consommation personnelle. Cette eau, déjà au préalable contrôlé, va passer par plusieurs types de traitements différents afin de respecter des normes de potabilité précises. Ces opérations, qu'elles soient réalisées de manière complète en usine de traitement des eaux ou simplifiées pour pouvoir être effectuées chez soi, produisent des résultats semblables bien que l'on ne réalise pas exactement les mêmes actions. En effet, le traitement

en usine emploie beaucoup plus de traitements physico-chimiques. En revanche les traitements biologiques sont presque tous conservés à petite échelle comme le prouvent les filtrations sur lit de sable ou avec charbon actif.

Chapitre II : Matériels & méthodes

II.1 Zone d'étude : Présentation de l'algérienne des eaux

II.1.1 Création de l'ADE

L'algérienne des eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par le décret exécutif n° 01 -101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 avril 2001.

L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger.

La décision de création d'une entreprise qui gère la distribution et la production d'eau potable de la wilaya de Bejaia fut prise en juillet 1987 intitulé « EDEMIA » (Entreprise de Distribution d'eau Ménagère, Industrielle et d'Assainissement). La réalisation de ce projet a été faite en janvier 1988, en notant que sa nouvelle appellation est : Algérienne Des Eaux (ADE).



Figure II.1:ADE cellule de Bejaia

II.1.2 Objectifs de l'ADE

L'établissement est chargé dans le cadre de la politique nationale de développement d'assurer sur tout le territoire national, la mise en œuvre de la politique nationale de l'eau potable à travers la prise en charge de la gestion des services des eaux des communes, des opérations de production, d'acheminement, de traitement, de stockage, d'adduction, d'approvisionnement en eau potable ainsi que la maintenance et le développement des ouvrages et infrastructures y afférentes. La mission principale de l'Algérienne des Eaux est la production et la distribution de l'eau potable.

II.2 Prélèvement

Les techniques de prélèvements sont variables en fonction de la nature de l'eau à analyser dans le cas d'eau de robinet. Premièrement nous avons réalisé le test de chlore (chloromètre), cela se fait en introduisant 10ml d'eau à analyser dans un tube, après avoir versé à l'intérieur du tube un cachet de DpDI(dichlorophenyl_diamine), après agitation et dissolution du cachet, l'eau se colore en rose clair, cela signifie que l'eau contient du chlore après en mesure la quantité de ce dernier par le chloromètre, on trouve la concentration du chlore compris entre 4 et 5 mg/L. Le prélèvement est effectué après stérilisation du robinet par un coton imbibé d'alcool, puis on laisse couler l'eau pendant cinq minutes après on remplit, les flacons.



Figure II.2: Les prélèvements

Tableau II.1: Tableau d'identification, des sites de prélèvement (source ADE).

Sites de prélèvement	Source Bleu	Forage Saket	Forage Lamhali	Barrage Techy-haf	Source Toudja
Désignation	Station	Forage	Forage	Barrage	Station
Wilaya	Bejaia	Bejaia	Bejaia	Bejaia	Bejaia
Commune	Kherrata	Bejaia	Amizour	Bouhamza	Toudja
Date d'acquisition	1995	1992	/	2009	/
Surface totale	40 m ²	/	12 m ²	5 km ²	/
Hauteur	1 m	3 m	/	90 m	/
Identification de l'ouvrage	Station de pompage	Forage	Forage	Barrage	/
Nature de construction	Bâtiment	Bâtiment	Bâtiment	/	/

II.3 Analyses physico-chimiques

II.3.1 Mesure des paramètres physiques

Pour les analyses physico-chimiques, trois méthodes essentielles sont utilisées soient : la méthode électrochimique pour la mesure du pH et de la conductivité. La méthode volumétrique pour la mesure de TA, TAC, bicarbonates, magnésium, dureté totale, dureté calcique et les chlorures et enfin la méthode spectrophotométrique pour la mesure des teneurs en nitrate, nitrite, fer, manganèse, sulfates, potassium et le cuivre.

II.3.1 Méthodes électrochimiques

Ces méthodes sont utilisées pour la mesure du pH à l'aide d'un pH mètre de marque MP6 (HACH) et celle de la conductivité avec un conductimètre.

II.3.1.1 Détermination du potentiel hydrogène (pH)

La détermination du potentiel hydrogène se fait selon la fiche technique du fournisseur et document technique de potentiel hydrogène de marque MP6 (HACH).

a. Principe

La mesure du pH est basée sur la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence et comme il est beaucoup plus facile de manipuler avec une seule électrode plutôt que deux, l'électrode combine en une seule entité l'électrode de verre et l'électrode de référence.

Un deuxième avantage est que cela aide à s'assurer que les deux électrodes sont bien à la même température pendant le déroulement des mesures.

b. Matériel

- pH-mètre.
- Bécher de 50mL.

c. Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée puis plusieurs fois avec l'échantillon.
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser.
- Laisser l'électrode se stabiliser pendant quelque seconde.

II.3.1.2 Détermination de la conductivité

La détermination de la conductivité se fait selon la fiche technique du fournisseur et document technique de la conductivité.

a. Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, cet ensemble est appelé cellule conductimétrique.

b. Matériel

- Conductimètre.
- Bécher de 50ml

c. Mode opératoire

- Placer la cellule au centre de la bouteille qui contient l'eau à analyser, dans le cas contraire les parois de la bouteille peuvent perturber les lignes de courant et la précision de la mesure

- Noter la valeur affichée sur le conductimètre en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.3.1.3 Détermination de la turbidité

a. Principe

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, Notamment Colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc...

b. Mode opératoire

On mesure la turbidité en unité de turbidité néphalométriques à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau.

II.3.1.4 Détermination de la température

Cette analyse est effectuée par la méthode instrumentale en utilisant un thermomètre après avoir versé une quantité d'eau à analyser dans un bécher.



Figure II.3 : Représentation du pH-mètre.



Figure II.4: Turbidimètre.

II.3.2 Méthode volumétrique

La titrimétrie ou titrage est une technique de dosage utilisée en chimie analytique afin de déterminer la concentration d'une espèce chimique en solution (ou titre d'une solution).

La méthode de titrage la plus utilisée est la volumétrie ou titrage volumétrique.

Elle consiste à utiliser une solution de concentration connue (titrant) afin de neutraliser une espèce contenue dans la solution inconnue (espèce titrée).

II.3.2.1 Détermination de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)

a. Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide «éthylène-diaminetétraacétique (EDTA) Ph 10, l'indicateur est le noir ériochrom, qui donne une couleur rose lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

b. Matériel

Éprouvette de 100mL ;

- Erlenmeyer de 250mL ;
- Pipette de 2mL ;
- Burette de 50mL.

c. Réactifs

- Un indicateur de coloration le N.E.T(1g de NET + 100g de chlorure de sodium NaCl) ;
- La solution tampon ammoniacal NH₄OH (67.5 g de chlorure d'ammonium + 570 ml de NH₄OH + HCl concentré + 1000mL d'eau distillée q.s.p.) ;
- Ethylène diamine tétra acétique, EDTA (0.02mol/L).

d. Mode opératoire

- Introduire 25mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 0.8mL de tampon ammoniacal ;
- Ajouter un indicateur de coloration le NET ;
- Titrer avec la solution d'EDTA goutte à goutte jusqu'à ce que la solution vire au bleu.

e. Expression des résultats

Le résultat est exprimé en mg/lcaco₃, donné par l'équation suivantes :

$$TH = \frac{V1 * N * F * M_{CaCO3} * 1000}{PE}$$

Où :

N : Normalité de EDTA (N=0.02) ;

V₁= Chute burette ;

F= Facteur de correction ;

M_{CaCO₃} : Masse équivalente de CaCO₃ (mg/L) ;

Pe=Volume de la Prise d'essai (mL).

II.3.2.2 Détermination de la dureté calcique (TH Ca²⁺)**a. Principe**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse E.D.T.A a pH compris entre 12-13.Ce dosage se fait en présence de Murexide. l'E.D.T.A. réagit tout d'abord avec les ions de calcium, puis avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

b. Matériel

- Éprouvette de 100mL ;
- Erlenmeyer de 250mL ;
- Pipette de 2mL ;
- Burette de 50mL.

c. Réactifs

- Solution d'E.D.T.A.
- Hydroxyde de sodium, NaOH (2N).

d. Mode opératoire

- Introduire 25mL d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250mL ;
- Ajouter 1mL de la solution hydroxyde de sodium (2N) ;
- Ajouter un indicateur de coloration Murexide ;
- Titrer avec la solution d'EDTA goutte à goutte jusqu'à l'apparition d'une couleur violet.

e. Expression des résultats

$$\text{Dureté calcique} = \frac{V_1 * N * F * M * 1000}{P_e}$$

Où :

N : Normalité de E.D.T.A ;

V₁ : Volume la chute de la burette ;

M : masse équivalente de calcium (mg/L) ;

F : Facteur de correction (f=1) ;

P_e : Volume de la prise d'essai (mL).

II.3.2.3 Détermination de la dureté magnésienne (TH Mg)

La détermination de dureté magnésienne se fait selon la fiche technique du fournisseur.

La dureté magnésienne est par définition la concentration en sels de magnésium. Elle se déduit de la relation de la dureté totale qui est égale à la somme des deux duretés calciques et magnésienne.

$$TH = TH Ca^{2+} + TH Mg^{2+} \text{ en mg de } CaCO_3$$

a. Expression des résultats

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

II.3.2.4 Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

a. Principe

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH=8.3 et 4.3 le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

b. Matériel

- Éprouvette de 100mL.
- Erlenmeyer de 250mL.
- Burette de 50mL.

c. Réactifs

- Indicateur de phénolphtaléine ;
- Acide chlorhydrique HCl (0.01N) ;
- Méthyl orange indicateur coloré.

d. Mode opératoire pour la détermination de TA

- Introduire à l'aide d'une éprouvette, 25mL d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 mL.
- Ajouter 02 gouttes de la solution d'indicateur de phénolphtaléine.
- Si aucune coloration rose n'est obtenue, on considère l'alcalinité comme nulle.

- Si une couleur rose est obtenue, on titre avec l'acide chlorhydrique HCl (0.01N) jusqu'à la disparition de la couleur rose.
- Noter le volume consommé.

e. Mode opératoire pour la détermination de TAC

- 25 mL d'eau à analyser ;
- 2 gouttes de méthyl orange (indicateur) ;
- Titration avec HCl jusqu'à coloration jaune orangé.

f. Expression des résultats

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{V_A \cdot N_A \cdot M_{\text{HCO}_3} \cdot 1000}{P_e}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} - 2\text{TA}.$$

Où :

V_A : Volume de la chute burette (mL) ;

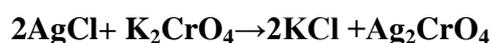
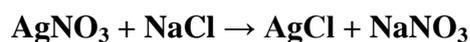
N_A : Normalité de HCl ;

$M_{\text{HCO}_3^-}$: Masse équivalente de HCO_3^- (mg/L).

II.3.2.5 Dosages des chlorures

a. Principe

On fait agir au milieu neutre PH=6 ou 7, une solution à titre de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlore de sodium. La réaction se fait en présence de chromate de potassium.



b. Matériel

- Éprouvette de 100mL.
- Erlenmeyer de 250mL.

- Burette de 50mL.

c. Réactifs

- Nitrate d'argent, AgNO₃(0,01N).
- Chromate de potassium K₂CrO₄ (10°/°).

d. Mode opératoire

- Introduire 5mL d'échantillon dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 02 gouttes de dichromate de potassium K₂CrO₄ (10%) comme indicateur coloré ;
- Titrer avec le nitrate d'argent AgNO₃ (0,01N) jusqu'à l'apparition d'une coloration brunâtre.

e. Expression des résultats

$$Cl = \frac{V_{AgNO_3} * N_{AgNO_3} * F * M_{Cl} * 1000}{Pe}$$

Où :

V(AgNO₃) : Chute de la burette (ml) ;

N(AgNO₃) : Normalité de AgNO₃ (N=0.01) ;

M_{Cl} : Masse équivalente de Cl⁻(mg/l)

F : Facteur de correction (F=0.83) ;

Pe : Volume de la prise d'essai (mL).

II.3.3.1 Spectrophotométrie U.V. visible

C'est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution.

La densité optique d'une solution est déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier. Pour

tous les dosages effectués, la lecture des absorbances se fait directement sur le spectrophotomètre.



Figure II.5: Spectrophotomètre UV-VIS DR6000.

II.3.3.1 Dosage des nitrates NO_3^-

La détermination de la teneur en nitrates se fait selon la fiche technique du fournisseur et document technique de DR6000.

a. Principe

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

b. Matériel

- Cuves carrées de 25mL ;
- Pipete de 10mL ;
- Bécher de 50mL ;
- Spectrophotomètre DR6000.

c. Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toutes les 24H) ; (0.125g salicylate de sodium + 25ml d'eau distillée q.s.p) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30% (30g d'hydroxyde de sodium NaOH+100mL d'eau distillée q.s.p) ;
- H_2SO_4 concentré ;

- Tartrate double de sodium et potassium (100g d'hydroxyde de sodium + 15g tartrate de sodium et potassium + 250ml d'eau distillée q.s.p).

d. Mode opératoire

- Prendre 10mL d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH a 30% ;
- Ajouter 1 mL de salicylate de sodium ;
- Evaporé sec ou bain marie ou à l'étuve 75-80 C° ; puis laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 mL de H₂SO₄ et laisser reposer pendant 10 min ;
- Ajouter 15 mL d'eau distillé ;
- Ajouter 15 mL de tartrate double sodium et potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm, le résultat est donné en mg/L.

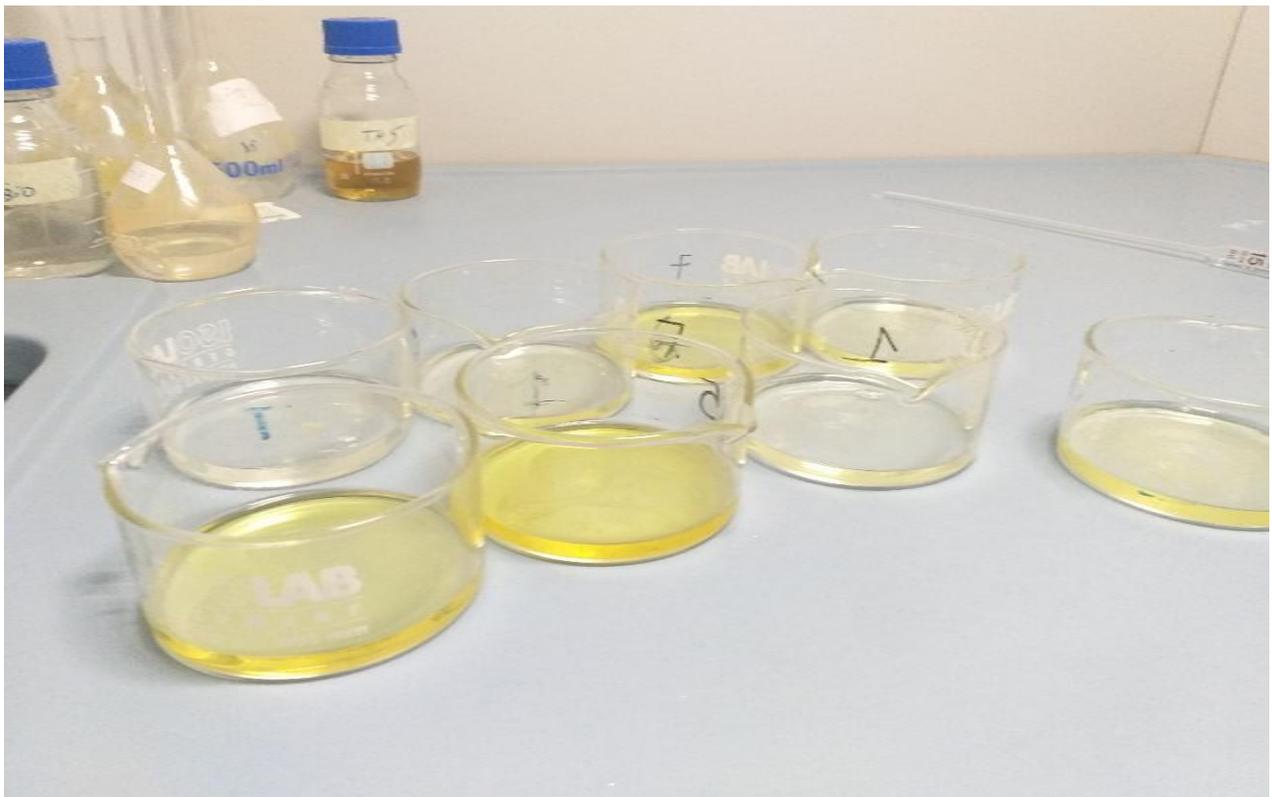


Figure II.6 : Les nitrates

e. Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l une longueur d'onde de 420 nm multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO_3^- .

II.3.3.2 Dosage des nitrites (NO_2^-)

a. Principe

Réaction des ions nitrites présent dans une prise d'essai a pH= 1.9 avec le réactif amino-4-benzene sulfanilamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichloro-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1.2 (ajouter avec réactif amino-4 benzenesulfonamide).

b. Matériel

- Cuves carrée 25mL ;
- Pipete de 10mL ;
- Bécher de 50mL ;
- SpectrophotomètreDR6000.

c. Réactifs

- Réactif mixte

d. Mode opératoire

- 25mL d'eau à analyser ;
- 1mL réactif mixte ;
- Incubation pendant 10 min puis faire la lecture.

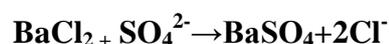
e. Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par spectrophotomètre en mg/L de nitrites.

II.3.3.3 Dosage des sulfates

a.Principe

Les ions sulfates sont précipités et passé à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 .



b. Matériel

- Cuves carrées de 25mL ;
- Bécher de 50mL ;
- Pipete de 10mL ;
- Spectrophotomètre DR6000.

c. Réactifs

- Solution stabilisante, (100mL d'eau distillé + 60ml Hcl pur + 200mL éthanol + 150g chlorure de sodium+ 100mL de glycérol +1000ml d'eau distillé q.s.p).
- Solution de chlorure de baryum, (15g de chlorure de baryum+ 0.5ml de Hcl pur + 100mL eau distillé q.s.p).

d. Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100mL d'eau distillée ;
- Ajouter 5mL de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2mL de chlorure de baryum ;
- Agiter énergiquement pendant 1 mn ;
- Lire sue le spectrophotomètre, l'absorbance à la longueur d'onde $\lambda=420$ nm.



Figure II.7 : Solutions lors de la mesure de sulfates.

e. Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement sur le spectrophotomètre en mg/L de sulfates multiplié par le facteur de dilution.

II 3.3.4 Dosage du potassium

Par spectrophotométrie d'émission de flamme qui permet de doser Na^+ et K^+ à l'aide d'une flamme spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme, cette méthode consiste à faire passer la solution en un nuage de vapeur qui va ensuite être aspiré vers la flamme.



Figure II.8: Spectrophotomètre d'émission de flamme**a. Réactifs**

Dissoudre 1.907g de KCl (ayant été séché à 150 °C pendant une heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a, ainsi, une concentration égale à 1000 mg/L de potassium (K^+).

Soit $C_1=1000$ mg/L. La solution doit être stockées dans une bouteille en plastique.

A partir de C_1 , préparer quotidiennement une solution de 10 mg/L en prélevant 1 mL q.s.p. 100 ml.

b. Mode opératoire

- Faire passer la solution de 10 mg/L trois fois, et ça doit afficher « 10 » ;
- Faire passer ensuite les échantillons, la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon.

c. Expression de résultats

Les concentrations correspondent aux extinctions multiplier par le facteur de dilution.

II.3.3.5 Dosage du fer**a. Principe**

Addition d'une solution de phénanthroline 1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510 nm

Le complexe fer (II-phénanthroline1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer.

b. Matériel

- Cuves carrées de 25mL.
- Bécher de 50mL.
- Pipette de 10mL.

- Spectrophotomètre DR6000.

c. Réactifs

- Chlorhydrate d'hydroxylamine (10 g de chlorhydrate d'hydroxylamine + 100mL d'eau distillée q.s.p) ;
- Tampon d'acétate (40g d'acétate d'ammonium + 50 mL de + acide acétique cristallisable + 100 ml d'eau distillé q.s.p) ;
- Phénanthroline (0.42 g de Phénanthroline + 100 mL d'eau distillée q.s.p).

d. Mode opératoire

- Prendre 25mL d'eau à analyser dans une fiole de 100 mL ;
- Ajouter 1mL de chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Ajouter 2mL de tampon d'acétate ;
- Ajouter 2mL de phénanthroline ;
- Incubation pendant 15 mn à l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le spectromètre.

e. Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement sur le spectromètre en mg/L de fer.

II.3.3.6 Dosage des ions ammonium (NH_4^+)

Méthode spectrométrique manuelle.

a. Principe :

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction des ions ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitropentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium).

b. Réactifs :

- Eau exempte d'ammonium.
- **Réactif coloré** : (peser 13 g + 1 g de salicylate de sodium, 13 g + 1g de citrate trisadique dihydraté et 0.097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100mL d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun
Cette solution est stable pendant 2 semaines.

- **Dichloroisocyanurate de sodium** : prendre 3.2 g d'hydroxyde de sodium dans 50mL d'eau distillée + 0.2 + 0.002 g de Dichloroisocyanurate dihydraté. Dissoudre dans 100mL d'eau distillé. Conserver dans un récipient en verre brun.
- **Solutions étalons** : chlorure d'ammonium $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ ou sulfate d'ammonium.

c. Etalonnage

- **Préparation des solutions étalons** : Pour préparer une solution de 0.1 g/L d'azote ammoniacal, on pèse 0.4717 g de sulfate d'ammonium séché à 105 °C pendant 1 heure, dissoudre 1 litre d'eau distillée. On aura ainsi une solution- mère de 100 mg/L (0.1 mg/l). On pipette 10 ml de la solution -mère qu'on met dans 1 litre d'eau distillée pour avoir une solution intermédiaire de 1 mg/L.

Prendre dans une série de fioles jaugées de 50mL : 4ml, 8mL, 12mL, 16mL, 20mL et 24ml de la solution intermédiaire. Compléter à 40ml avec de l'eau distillée, on aura les concentrations suivantes : 0.1mg/L, 0.2mg/L, 0.3mg/L, 0.4mg/L, 0.5mg/L et 0.6mg/l. Ajouter 4.00 ou 0.05 ml de réactif coloré et homogénéiser. Ajouter ensuite 4.00 ou 0.05mL de la solution de Dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Diluer au trait de repère avec l'eau. Agiter vigoureusement la fiole et la placer dans un bain d'eau maintenu à 25 C°. Laisser au repos pendant au moins 60 mn.

- **Essai à blanc** : Procéder comme décrit précédemment, mais en utilisant 40mL d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

d. Préparation de l'échantillon

Filtrer, selon la teneur en ammonium attendue, jusqu'à 40mL d'échantillon dans une fiole de 25mL, ajouter 4mL de la solution de salicylate et mélanger. Le PH de la solution doit être de 12.6, ce qui est le cas pour les eaux neutres puis ajouter, comme pour les solutions standards, 4mL de la solution de réactif et compléter la fiole jusqu'à la jauge. Garder la fiole dans un bain marie à 25 C° pendant 1 heure et mesurer ensuite à une longueur d'onde de 655 nm avec le spectrophotomètre.

II.3.3.7 Dosage des ions (Na^+)

Les ions Na^+ ont été dosés Par spectrophotométrie d'émission de flamme.

a. Réactif :

Peser 2.54 g de chlorure de sodium, ayant séché pendant une heure, dans une étuve à 105 °C. Dissoudre cette même quantité dans l'eau distillée et compléter à 1 litre.

Cette solution a une concentration de 1000 mg/L de sodium.

Conserver cette solution dans une bouteille en plastique.

Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/L en prélevant 1mL de la solution précédente dans 100mL d'eau distillée.

b. Mode opératoire :

- Faire passer au photomètre à flamme la solution d'étalonnage de 10 mg/L, trois fois ;
- Faire passer les échantillons. Si la concentration en Na^+ est supérieure à 10 mg/L ; procéder à la dilution de l'échantillon.

c. Expression des résultats

Les concentrations correspondent aux extinctions.

II.3.3.8 Dosage du manganèse :

Méthode au persulfate d'ammonium.

a. Principe

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétriquement.

b. Réactifs

- Eau distillée exempte de substance réductrice ;
- Persulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$;
- Sulfate mercurique (75g) ;
- Acide nitrique (400mL) ;
- Eau distillée (200mL) ;
- Acide phosphorique à 85% (200mL) ;

- Nitrate d'argent (0.035g) ;
- Eau distillée q.s.p. (1000mL) ;

- **Solution mère étalon de manganèse à 0.1g/L**

Dissoudre 0.288g de permanganate de potassium dans environ 100 ml d'eau distillée contenant 3 ml d'acide sulfurique. Ajouter 0.4 g de sulfite monosodique. Porter à ébullition. Refroidir. Ajuster le volume à 1000mL.

- **Solution fille étalon de manganèse à 0.01 g/L**

Solution mère..... 100mL.

Eau distillé.....q.s.p.1000mL.

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fioles introduire 0, 10, 20, 50, 100 et 150mL de la solution 0.01g/L ajouter 5mL de réactif. Amener le volume à 90mL soit par concentration à chaud soit par dilution. Ajouter 1 g de persulfate d'ammonium et porter à ébullition pendant 1 mn. Refroidir rapidement. Amener le volume à 100mL avec l'eau distillé. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 525 nm. Tracer la courbe d'étalonnage.

c. Mode opératoire

- Opérer comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage, en ayant soin de traiter de la même manière un témoin constitué par de l'eau distillé. Effectuer les lectures au spectrophotomètre et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

d. Expression des résultats

La courbe donne la quantité de manganèse présente dans l'échantillon.

II.4 Analyses bactériologiques

Généralement, toutes les ressources d'eaux soient des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contiennent 3 types de germes : typiquement

aquatique, tellurique (due du ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal) ; que ce soit le type de germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme [27]. En définitive, La majorité des micro-organismes proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologique nous obliger à effectuer de traitement de l'eau avant sa distribution au public [28] basée sur la recherche des "micro-organismes indicateurs de contamination fécale". Ces indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel [29].

II.4.1 Méthodes d'analyse

Dans notre étude nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans la zone d'étude. C'est la méthode la plus utilisée au laboratoire, pour sa facilité et sa reproductibilité. On procède à une filtration sur membranes en esters de cellulose, de porosité 0,22 μm ou 0,45 μm , susceptibles de retenir les bactéries [15].

a. Matériel

L'appareil et un simple système de filtration fonctionnant sous pression réduite (pompe à vide), il contient un support à filtre qui reçoit la membrane de filtration et un flacon pour récupérer l'eau filtrée. Le diamètre des membranes utilisées est de 0.45 μm (Figure II.9).



Figure II.9 : Appareil utilisé pour le système de filtration.

II.4.1.1 Coliformes totaux et Escherichia coli

II.4.1.1.1 Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale. En effet la plupart des espèces de coliformes totaux peuvent se trouver naturellement dans le sol et la végétation. Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent indirectement associés à une pollution d'origine fécale, les coliformes fécaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatifs. Leur présence dans l'eau n'indique pas une contamination fécale ni risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée, entre autres, à une infiltration d'eau de surface dans les puits, ou au développement progressif d'une couche de bactéries sur les parois appelées « Biofilm ». L'analyse des coliformes totaux permet notamment d'obtenir de l'information sur la vulnérabilité possible d'un puits à la pollution de surface.

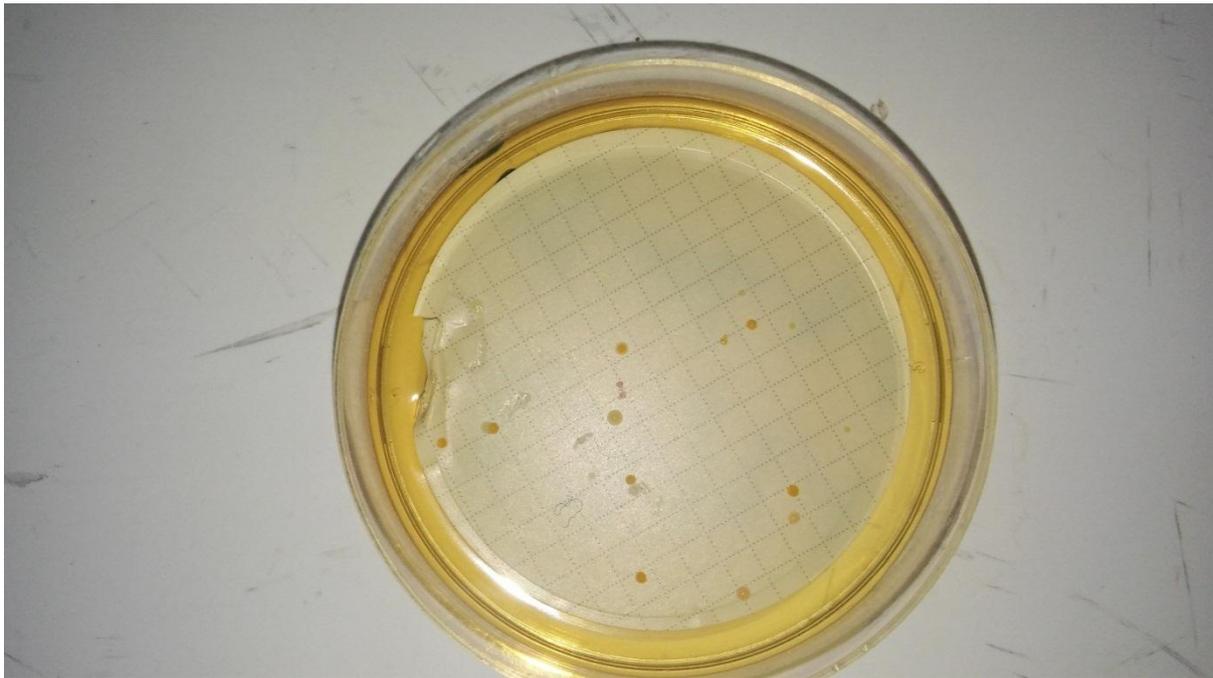


Figure II.10 : Colonies observées pour la recherche des coliformes totaux après l'incubation.

II.4.1.1.2 Escherichia coli

Le genre *Escherichia* fait partie du groupe des coliformes thermos tolérants, lequel appartient à la famille des entérobactéries. Les *E. coli* sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale, Leur présence dans l'eau signifie que cette dernière est contaminée par une pollution d'origine fécale et qu'elle peut donc contenir des micro-organismes pathogènes responsables de maladies. *E. coli* est d'origine fécale humaine ou animal il n'existe pas dans l'environnement naturel, il peut cependant survivre quelques mois dans l'eau, le sol, ou sur les plantes, bien qu'il se multiplie rarement dans ces milieux [30], à moins que des conditions de température élevée et la présence de nutriments le permettent. Sa détection dans l'eau doit donc être considérée comme reflétant la présence possible de micro-organismes pathogènes d'origine fécale ou entérique [31].

a. Mode opératoire

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à 'aide d'un bec bunsen ;
- Les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile ;

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de $0.45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Déposer ensuite aseptiquement 100mL d'eau à analyser devant un bec bunsen ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement la membrane à l'aide d'une pince stérile sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée. Cette dernière sera incubée à 37°C pendant 48h ;
- Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous formes de petites colonies lisses légèrement bombées de couleur jaune ou jaune orangé (lactose positif) [32].

b. Test de confirmation

i. Sur **gélose TSA**, milieu de confirmation des coliformes totaux, à l'aide d'une pipette Pasteur prendre une colonie et la poser sur la gélose TSA puis incuber à 37°C pendant 24h, après l'incubation des colonies blanchâtres vont apparaître. Après le repiquage il faut faire un test à l'oxydase :

Imbiber un disque d'oxydase avec 2 gouttes d'eau distillée puis déposer une colonie du milieu TSA caractéristique.



Figures II.11 : Repiquage sur le milieu de confirmation TSA

- **lecture**
 - ❖ Incolore : Oxydase (-) donc présence des coliformes.
 - ❖ Violet : Oxydase (+) donc absence des coliformes.

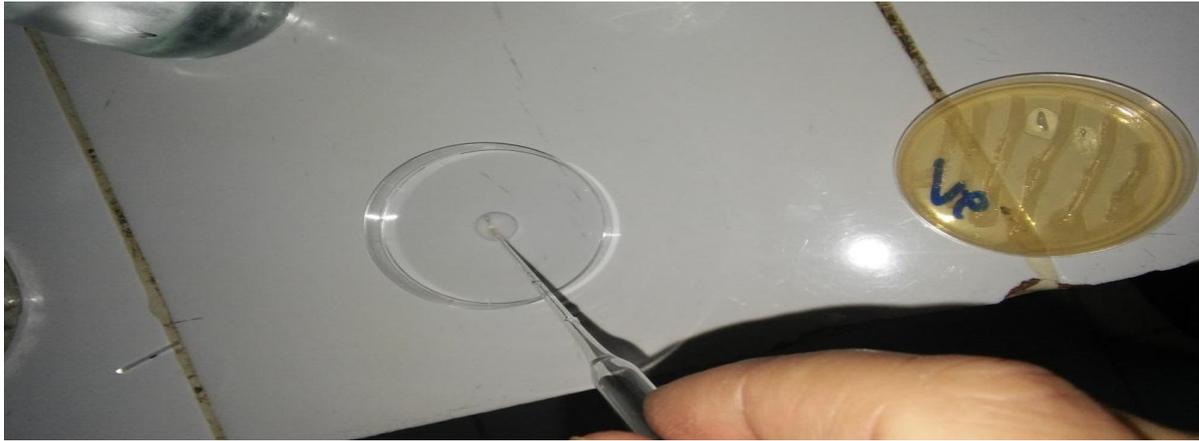


Figure II.12 : Test d'oxydase pour confirmation des coliformes totaux.

ii. Sur milieu **Schubert**, milieu de confirmation des E. Coli, à l'aide d'une pipette Pasteur prendre une colonie et la poser sur milieu Schubert à 44°C pendant 24h, après l'incubation un gaz plus un trouble vont apparaître dans le tube (milieu Schubert), ajouter environ 3 gouttes de kovacs.



Figure II.13 : Tube Schubert après l'incubation pour confirmation des E. Coli.

➤ **La lecture :**

- ❖ L'apparition d'un anneau rouge foncé indique la présence des *E. Coli*, sinon absence des *E. Coli*.

c. Risque sanitaire

Le groupe des coliformes totaux comprend des espèces et des souches bactériennes qui colonisent l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi d'autres qui croissent dans le sol et sur la végétation [33]. Dans ce contexte, leur présence dans l'eau traitée n'implique pas nécessairement un risque imminent pour la santé publique puisque la plupart de ces bactéries n'ont pas une origine fécale [34]. De façon générale, la présence de coliformes totaux dans l'eau potable est plutôt un indicateur de risque peu spécifique de sa qualité. Habituellement, ces bactéries peuvent croître dans un réseau de distribution d'eau dont la station de production d'eau potable est parfaitement fonctionnelle ; cela se produit à partir du biofilm microbien qui se forme sur la paroi des canalisations, particulièrement en cas de faible chlore résiduel [35]. Dans le contexte d'un bris du réseau de distribution, les coliformes peuvent aussi être utilisés comme indicateurs de l'intégrité et de l'état de ce réseau à l'instar d'autres paramètres (chlore résiduel libre et turbidité, par exemple). Par ailleurs, les coliformes totaux sont un indicateur peu sensible de la qualité de l'eau. Ainsi, une eau de robinet sans coliformes totaux peut être à l'origine de problèmes de santé [36]. En effet, des micro-organismes pathogènes (virus, parasites et bactéries) peuvent être présents dans l'eau distribuée en l'absence de coliformes totaux. Cette dernière situation a d'ailleurs été mise en évidence par CRAUN, Gunther F. et CALDERON [37] qui ont démontré que, pour l'ensemble des épidémies dues à des protozoaires [38] entre 1975 et 1989 aux États-Unis, les coliformes totaux n'avaient pas été des indicateurs fiables. Ce fait est lié à une résistance plus élevée des protozoaires à la désinfection par le chlore ou les UV. Un certain doute peut donc planer sur la validité des coliformes totaux, quant à leur capacité de refléter la présence de micro-organismes pathogènes. Cependant, en ce qui concerne les eaux souterraines non désinfectées, il a été observé que la présence de coliformes totaux peut être un indicateur de la dégradation de la qualité de ces eaux causée par des apports d'eau de surface. Ainsi, les coliformes totaux peuvent être des indicateurs de la présence potentielle de virus entériques humains [39]. En résumé, les coliformes totaux sont principalement utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la croissance bactérienne après traitement. La détection d'**E. Coli** dans une eau de consommation est une indication d'une contamination d'origine fécale [40]. Qui doit faire

sérieusement soupçonner la présence d'autres micro-organismes pathogènes. *E. coli* est l'indicateur spécifique à ce type de contamination, et il est plus facile de l'identifier comparativement à d'autres indicateurs ou des micro-organismes pathogènes spécifiques [41].

II.4.1.2 Entérocoques

La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs, notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants [42,43]. Ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau [44]. De plus, leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente [45]. Dans ce contexte, on a récemment reconnu le rôle des entérocoques à titre d'indicateur de contamination fécale dans les aquifères (nappes d'eau souterraine) [44]., des études menées aux Etats-Unis ayant démontré leur utilité pour mettre en évidence une contamination fécale de l'eau souterraine. Cet intérêt à l'égard des entérocoques s'expliquerait par le fait que comparativement aux coliformes (inclut *Escherichia coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau de telles conditions sont typiques des eaux souterraines où la température est généralement plus froide et qui sont pauvres en éléments nutritifs. il importe de mentionner que , pendant plusieurs décennies, le rapport coliformes fécaux /entérocoques était utilisé comme un élément informatif de premier ordre pour déterminer si une pollution fécale était d'origine animal ou humaine . La validité de ce rapport a cependant été sérieusement remise en question parce qu'impossible à mettre en évidence dans diverses situations et il n'est maintenant plus utilisé.

a. Mode opératoire

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec Bunsen ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100mL d'eau à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose SLANETZ et BARTLEY ;
- Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 48 heures.

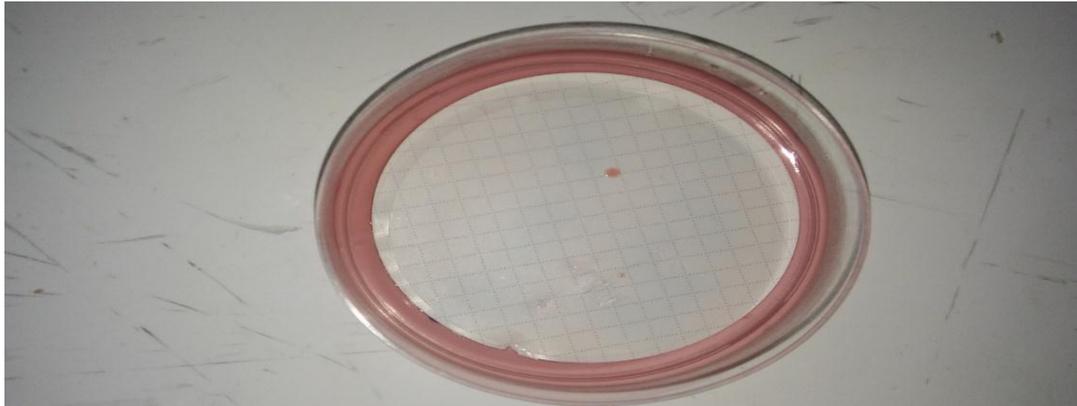


Figure II.14 : Colonies observées après l'incubation pour la recherche des entérocoques.

➤ **Lecture**

Après la période d'incubation, les entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombée de couleur rose et rouge.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu Slanetz et bartley sur une Plaque de gélose bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C, cette dernière sera incubé à son tour à 44°C pendant 2 heures.

Les colonies caractéristiques prennent alors une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ml d'eau à analyser.

b. Risques sanitaires

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes

entéropathogènes font ainsi état d'une certaine corrélation ($r = 0,59$, $p = 0,001$) entre la présence d'entérocoques et celle de coliformes fécaux dans une eau de consommation non traitée [46]. La détection d'entérocoques était fortement associée à la présence d'*E. Coli* dans des réseaux de distribution approvisionnés par des eaux souterraines [47], ils ont mis en évidence un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml) [48]. Suggèrent d'ailleurs de ne pas consommer une eau souterraine dans laquelle des entérocoques ont été identifiés.

Bien que les entérocoques fassent partie de la flore normale de l'intestin humain, certaines espèces sont impliquées dans diverses infections nosocomiales où le genre *Enterococcus* est reconnu comme la troisième plus importante cause de ce type d'infection [49]. Il n'est cependant pas démontré que les souches présentes en milieu hospitalier se retrouvent dans l'environnement, particulièrement dans l'eau. Ces données recueillies en milieu hospitalier servent plutôt à démontrer que les personnes les plus à risque d'être infectées par un entérocoque résistant à la vancomycine sont habituellement celles ayant un état de santé débilité ou qui subissent des traitements médicaux [50].

II.4.1.3 Recherche et dénombrement des anaérobies Sulfito-réductrices

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de *Clostridium* sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de *clostridium* dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général, une contamination fécale [51]. Après destruction des formes végétatives par un chauffage à 80°C seules les spores vont persister dans l'échantillon. Ce dernier est incorporé dans un milieu de base fondu, généré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer [52]. La recherche et le dénombrement des anaérobies sulfito-réductrices s'effectuent en utilisant la méthode par incorporation en gélose viande-foie selon [53].

a. Mode opératoire

La recherche des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen ;

- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,22 μ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile ;
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante ;
- Chauffer l'eau à analyser à une température de 80°C pendant 16 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes ;
- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 mL d'eau à analyser.
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane ;
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 60mm de diamètre de façon à ce que la face quadrillée adhère au fond de la boîte tout en évitant les bulles d'aires sous le filtre ;
- Verser par la suite environ 20ml de gélose VF fondue puis refroidie à 47°C, additionner 1ml de sulfite de sodium (Na₂SO₃) et 4 gouttes d'alun de fer puis laisser solidifier sur paillasse ;
- Après solidification cette boîte sera incubée couvercle en bas à 37°C pendant 24 heures puis 48 heures.

➤ **Lecture**

- ❖ L'apparition de spores noirs indique la présence des ASR.
- ❖ Compter les colonies caractéristiques noires aussi bien après la première période d'incubation soit après 24 heures qu'après la seconde période d'incubation soit après 48 heures.
- ❖ Rapporter le nombre total de colonies à 100 ml d'eau à analyser.

II.4.1.4 Recherche des germes totaux de 22 et 37°C

a. Mode opératoire :

- Préparer 1mL d'eau à analyser (environs 20 gouttes pour chaque boîte) ;
- Placer le volume d'essai de 1mL dans les deux boîtes de pétrie de 90mm de diamètre, ajouter 20mL de milieu fondu (TGEA) pour chacune et on mélange avec précaution par rotation lente ;

- Retourner les boîtes et incuber à 37°C pendant 48 heures, et l'autre sera incubé à 22°C pendant 72 heures.
 - **Lecture :**
 - ❖ Après l'incubation compter toutes les colonies pour chaque boîte (22 et 37°C).
 - ❖ Calculer le nombre estimé d'unités de colonies dans 1 ml d'échantillon (UFC)

Chapitre III : Résultats et discussion

L'étude physico-chimique et microbiologique de l'eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité.

Au cours de ce chapitre, nous présentons et discutons les principaux résultats obtenus, concernant, l'eau de barrage de Techy-haf, source Bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali.

III.1 Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques de ces eaux sont illustrés dans le tableau III.1.

Tableau III.1: Paramètres physico-chimiques des eaux étudiées

Paramètre	Techy-haf	Source bleu	Source toudja	Forage saket	Forage lamhali
PH	7,85	7,83	7,57	7,48	8,49
T (°C)	23,9	21,2	24,9	24	26
Conductivité(us/cm)	1473	628	488	936	5140
TDS	736	314	444	465	2570
Salinité (%)	0,7	0,3	0,4	0,4	2,6
Turbidité U(TN)	0,82	0,611	1,76	0,736	0,789
TA	0	0	0	0	10
TAC	250	150	200	370	320
TH (dureté total °F)	57.86	34.31	23.55	41.52	151.68
Ca ²⁺ (mg/L)	136	59,2	56	99,2	320
Mg ²⁺ (mg/L)	58	47,43	23,23	40,65	174,2
Cl ⁻ (mg/l)	208,3	59,04	78	111	1950
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	305	183	287,92	451,4	366
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	419	133,68	24,807	109,58	498,85
Na ⁺ (mg/L)	154	24	70	85	690
K ⁺ (mg/l)	5,3	0,9	1,2	2,1	4,7
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,001		0,003		0,008
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,025		0,0011		0,009
NO ₃ ⁻ (mg/L)	3,08	20	1,32	2,93	12,37
Fe ²⁺ (mg/L)	0,01	0,01	0	0,02	0,02

III.1.1 Les paramètres physiques

III.1.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

La figure III.1 représentent les résultats du pH des cinq eaux (barrage de techy-haf, source bleu, source toudja, forage saket et forage lamhali).

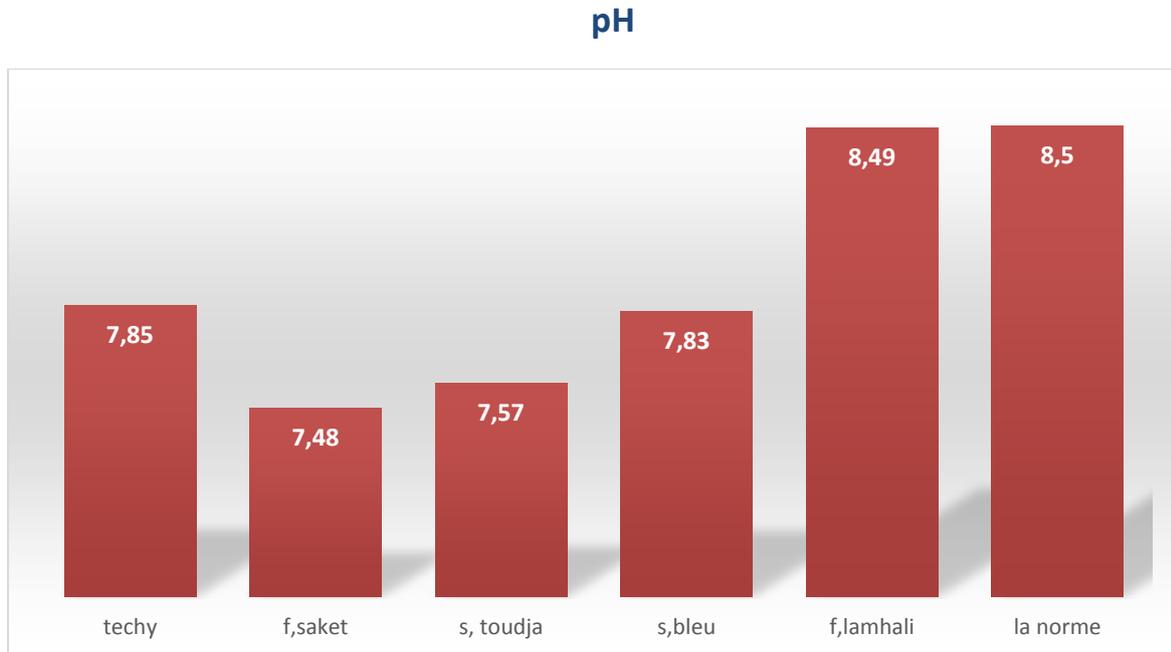


Figure III.1: Histogramme comparatif des de la variation du PH des cinq eaux et sa norme.

D'après la figure III.1, les valeurs des PH obtenues lors des analyses des eaux de techy-haf, forage saket, source toudja et source bleue sont conformes à la norme qui varient entre 6.5 à 8.5 par conséquent ces valeurs indiquent l'absence totale de bases fortes, on constate que les valeurs sont conforme à la norme, cette augmentation de PH dans l'eau de forage lamhali par rapport aux autres est due à la présence des carbonates.

III.1.1.2 La Conductivité

La figure III.2 représente les résultats de la conductivité et sa norme des cinq eaux.

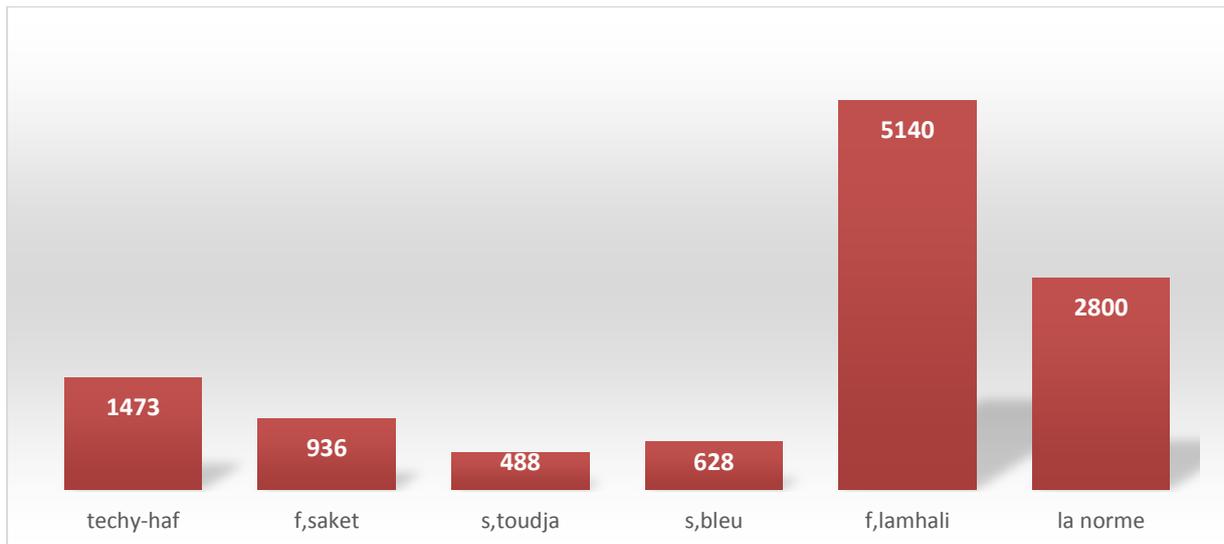
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Figure III.2: Histogramme comparatif des résultats de la conductivité des cinq eaux et sa norme.

La figure III.2 présente les résultats obtenus pour les cinq eaux, on remarque que les valeurs de la conductivité de l'eau du barrage Techy-haf, du forage Saket, de la source Bleu et de la source Toudja sont conformes à la norme algérienne qui sont inférieures à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ par ailleurs, la valeur de la conductivité obtenus pour le forage lamhali est très élevée par rapport aux autres et à la norme, selon BID (2009), la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution, d'après les valeurs obtenues l'eau de forage lamhali est très minéralisée par rapport aux autres eaux.

III.1.2 Les paramètres chimiques

III.1.2.1 Dureté totale

La figure III.3 représente les résultats obtenus de la dureté totale et sa norme pour cinq eaux étudiées.

TH (°F)

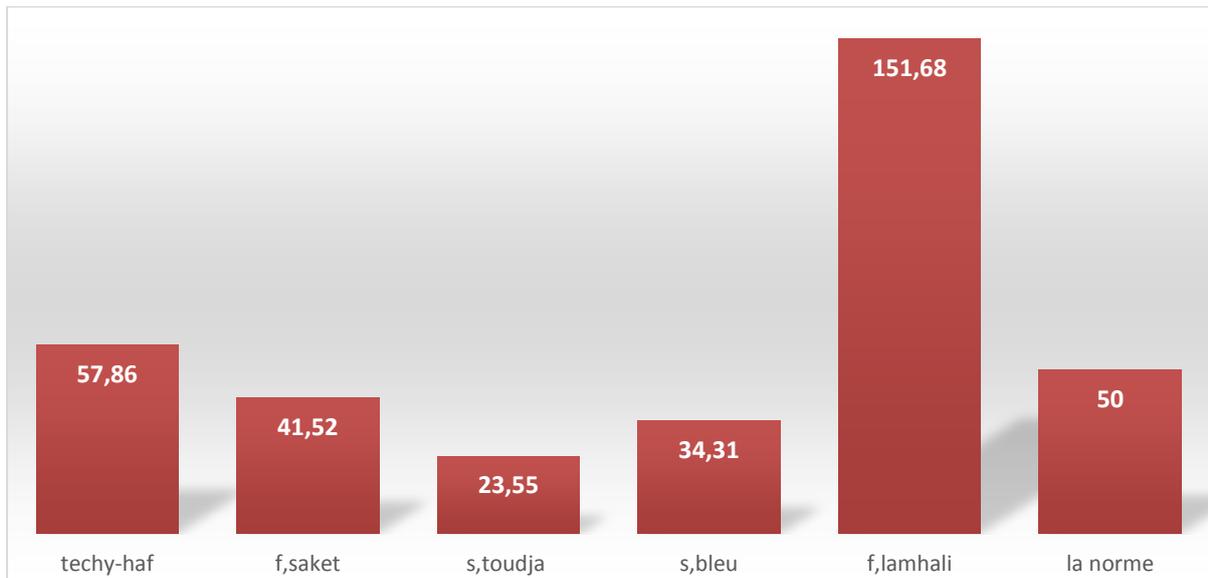


Figure III.3: Histogramme comparatif des résultats de la dureté totale des cinq eaux et sa norme.

La figure III.3 représente la dureté totale des cinq eaux, l'étude de ce paramètre montre que les concentrations de TH (°F) obtenues pour le forage Saket, source Bleu et source Toudja sont conformes à la norme algérienne, en outre les valeurs des TH obtenues pour l'eau du barrage Techy-haf, forage Lamhali, dépassent la norme exigée.

La variation de la dureté est indiquée dans le tableau III.2 :

Tableau III.2: classification des eaux en fonction de leur dureté [8].

Type d'eau	TH [°F]
Eau douce	Entre 5 - 20
Eau dure	Entre 20 -35
Eau très dure	> 35

D'après nos résultats et selon le tableau, on peut classer le barrage Techy-haf, forage Lamhali et forage Saket comme des eaux très dures et la source Toudja et la source bleue comme des eaux dures.

III.1.2.1 Teneur en calcium

La figure III.4 représente les résultats de la teneur en calcium pour les cinq eaux étudiées (barrage de techy-haf, source bleu, source toudja, forage saket et forage lamhali).

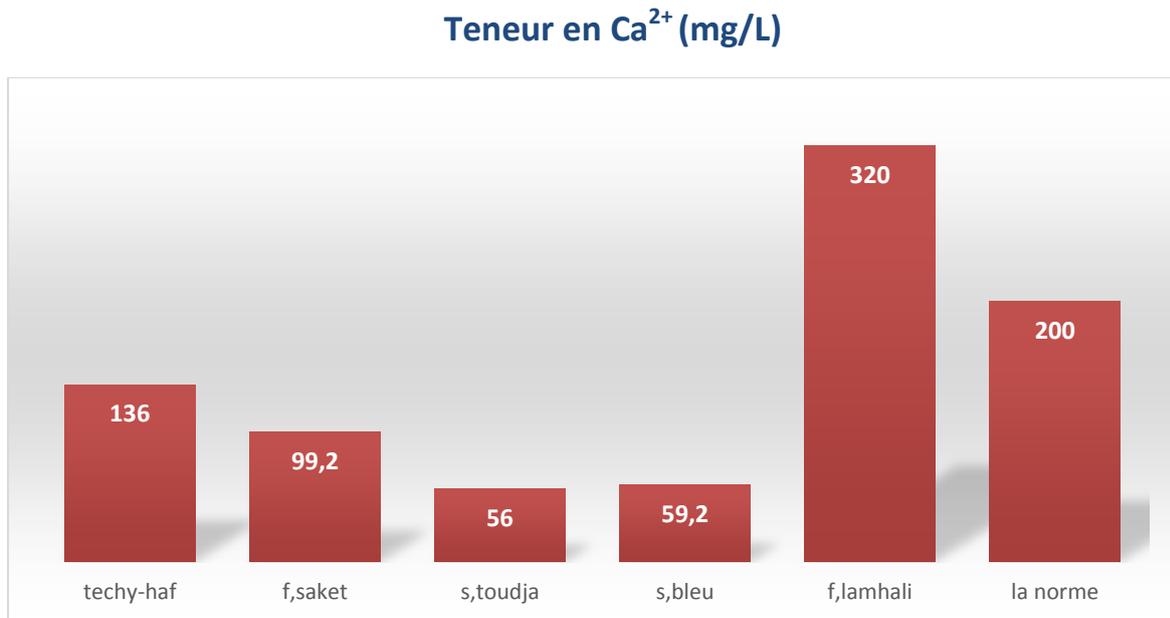


Figure III.4: Histogramme comparatif des résultats de la teneur en calcium pour les cinq types d'eau et sa norme.

Il ressort de la figure III.4, que les valeurs des teneurs en calcium du barrage Techy-haf, source Toudja et source bleue sont conformes à la norme algérienne qui est limitée à 200 mg/L, nous pouvons classer ces trois types comme des eaux calciques car elles présentent des teneurs importantes en calcium, par contre la teneur en calcium du forage Lamhali dépasse la norme exigée.

III.1.2.3 Teneur en magnésium

La figure III.5 représente les résultats de la concentration en magnésium pour les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

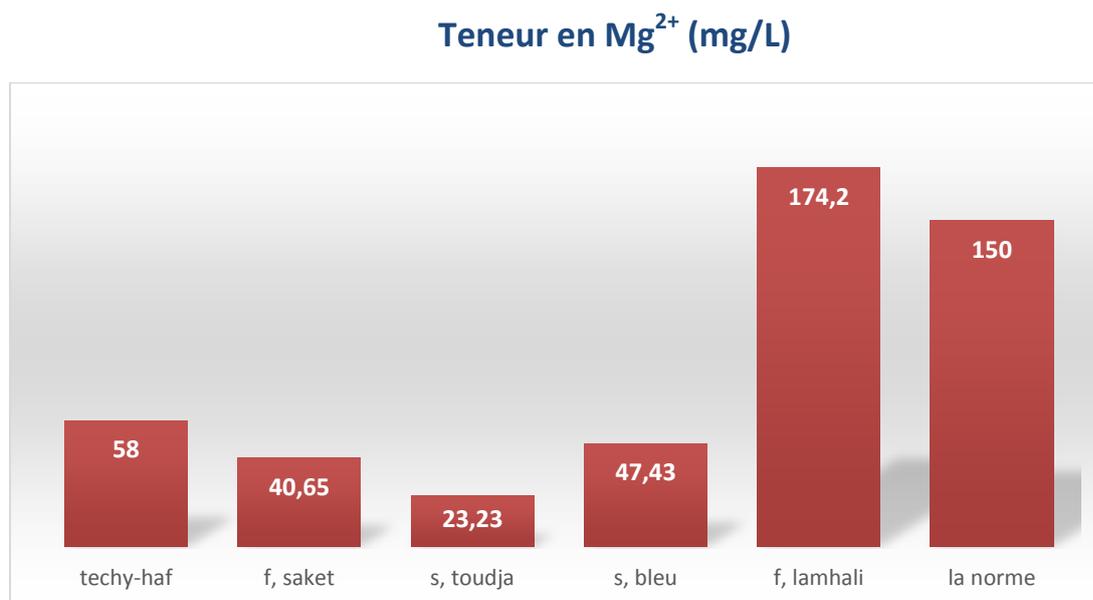


Figure III.5 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en magnésium des cinq types d'eaux et sa norme.

Il apparait sur la figure III.5, que les teneurs en magnésium pour les eaux de Techy-haf, forage Saket, source Toudja et la source bleu sont conformes à la norme tandis que celles du forage Lamhali dépasse la norme .

III.1.2.4 Les chlorures

La figure III.6 représente les résultats de la concentration en chlorures pour les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

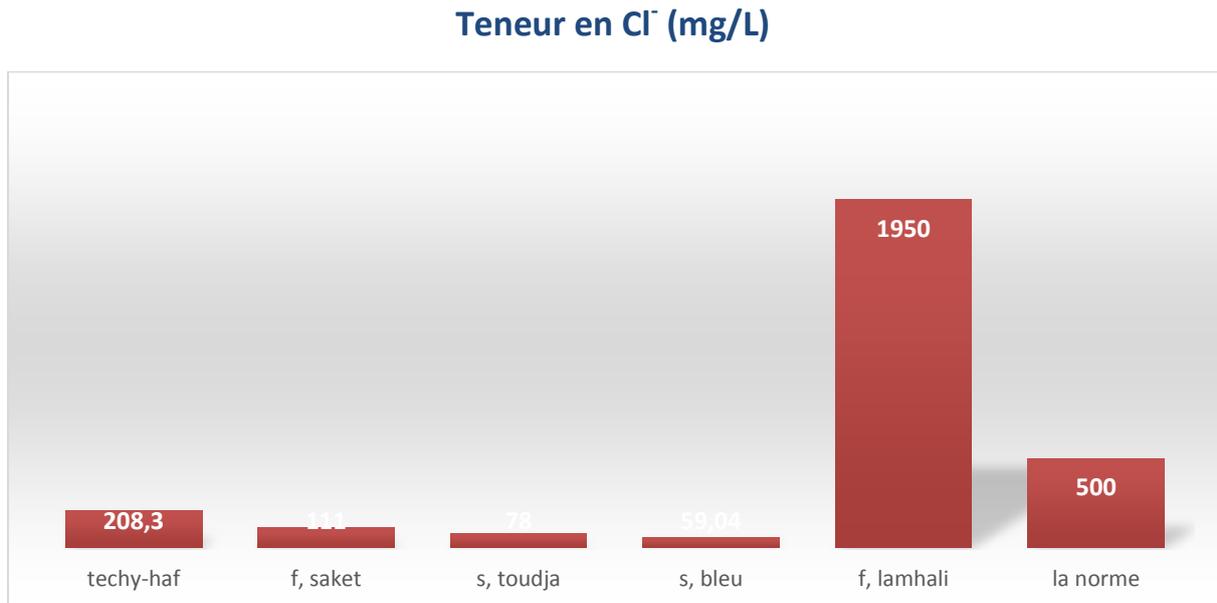


Figure III.6 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en chlorures des cinq eaux et sa norme.

Il apparaît sur la figure III.6, que les teneurs en chlorures pour le forage Saket, source Toudja et la source bleu sont faibles comparées à celle de Techy-haf, car l'eau de cette dernière subit un traitement de désinfection par ajout de chlorure pour éliminer les micro-organismes présents dans l'eau. Nous remarquons également que les teneurs en chlorures de ces eaux sont inférieures à la norme. La teneur en chlorures du forage Lamhali est largement supérieure à la norme.

III.1.2.5 Les Bicarbonates

Les figures III.7 représentent les résultats de la concentration bicarbonate pour les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

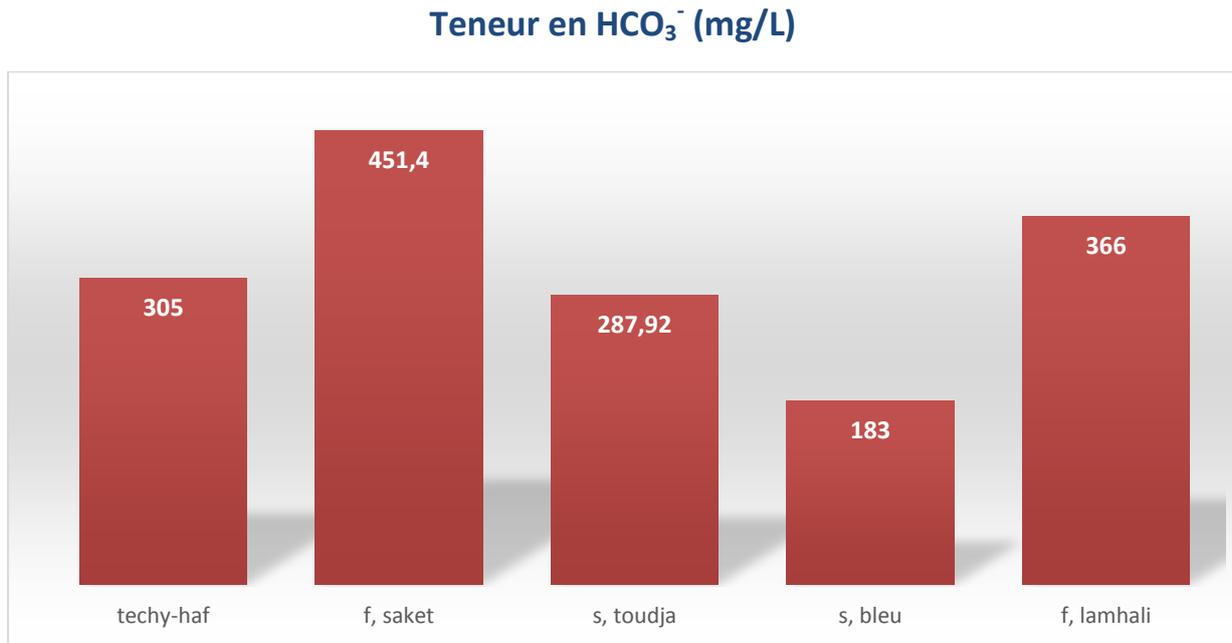


Figure III.7 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en bicarbonate des cinq types d'eaux.

D'après la figure III.7, les teneurs en bicarbonate des eaux ne sont pas proches et elles sont comprises entre 183 et 451,4. Ces eaux peuvent être considérées comme des eaux bicarbonatées et la source de bicarbonate dans l'eau est due à la dissolution des minéraux carbonatés.

III.1.2.6 Les sulfates

La figure III.8 représente les résultats de la concentration en sulfates dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

Teneur en sulfates (mg/L)

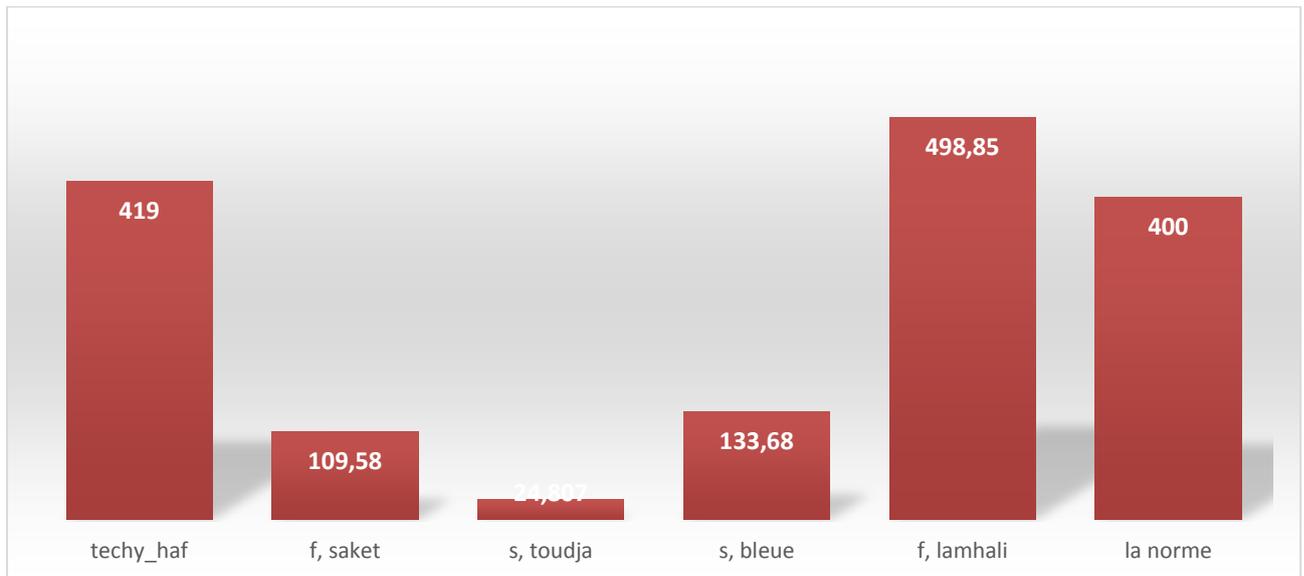


Figure III.8 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en sulfates des cinq types d'eaux.

Les teneurs en sulfates dans le forage Saket, source Toudja et source bleue sont conformes à la norme algérienne est de 400 mg/L, par contre pour le barrage Techy-haf et forage Lamhali elles sont supérieures aux autres valeurs et à la norme algérienne. D'après ces résultats nous déduisons que l'eau de Techy-haf et le forage Lamhali sont des eaux très riches en sulfates.

III.1.2.7 Titre alcalimétrique simple (TA)

La figure III.9 représentent les résultats de la concentration en TA dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

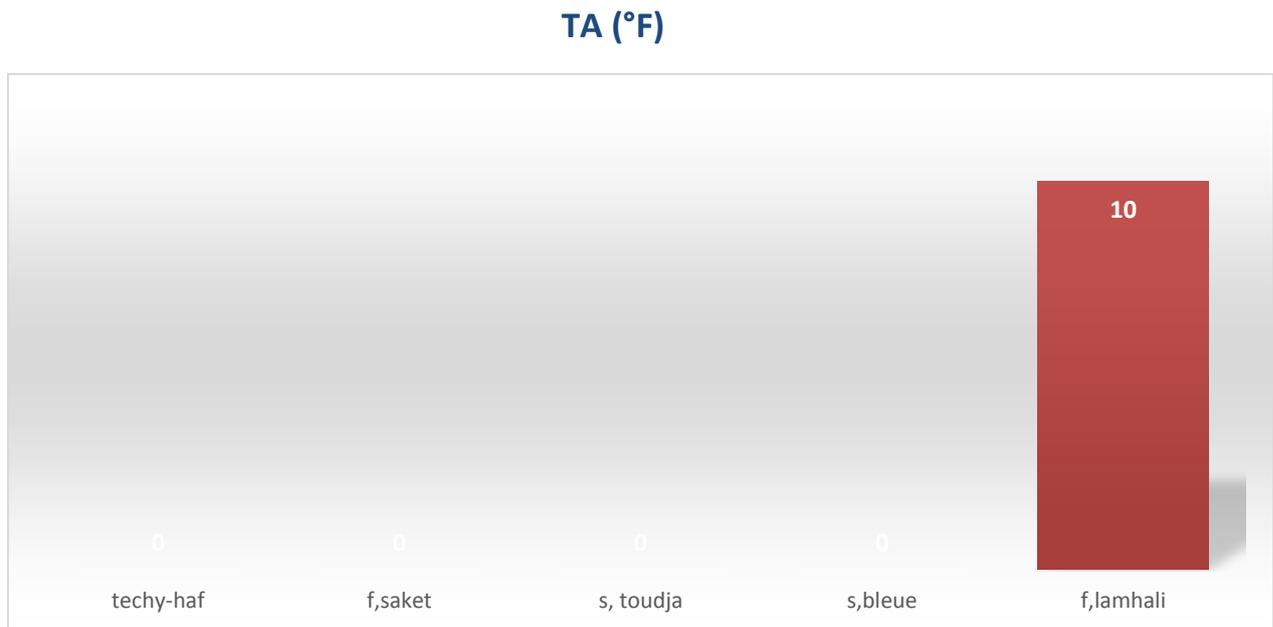


Figure III.9 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en TA des cinq types d'eaux.

Les eaux de techy-haf, forage saket, source bleue et source toudja présentent un titre alcalimétrique nul, ces valeurs indiquent l'absence totale de bases fortes.

La valeur de TA pour le forage Lamhali est supérieur à 0 donc cette eau contient des bases fortes.

III.1.2.8 Titre alcalimétrique complet

La figures III.10 représentent les résultats de la concentration en TAC dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

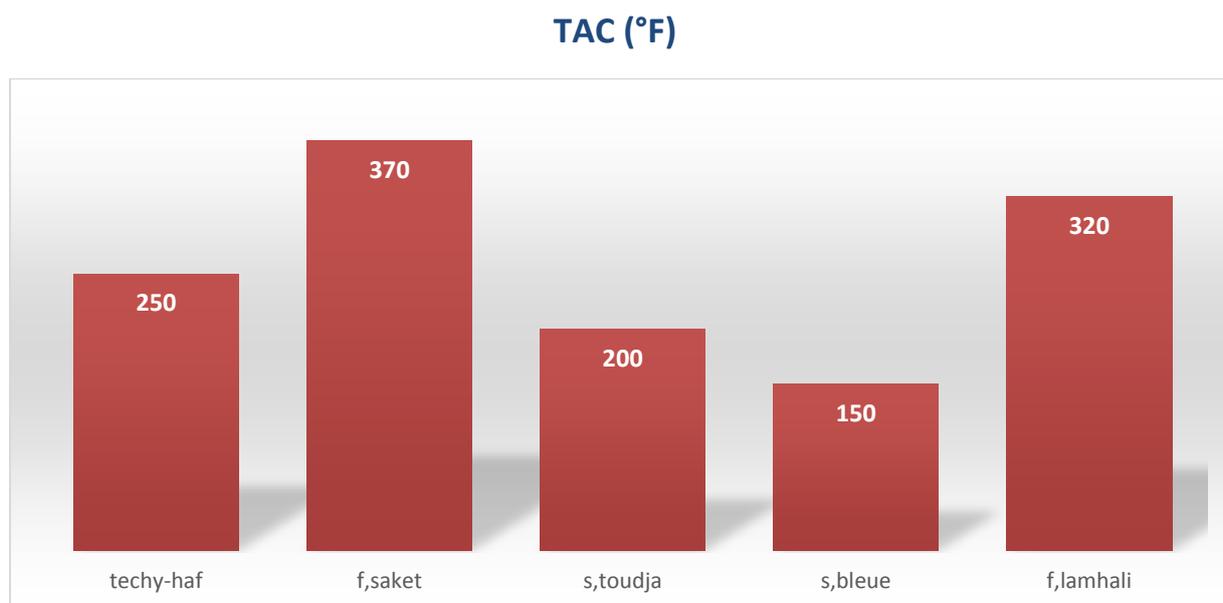


Figure III.10 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en TAC des cinq types d'eaux.

D'après la figure III.10 les résultats observés de TAC pour les cinq eaux sont proches la connaissance de cette valeur est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau.

III.1.2.9 Teneur en nitrates

La figures III.11 représentent les résultats de la concentration des nitrates dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

Teneur en nitrates (mg/L)

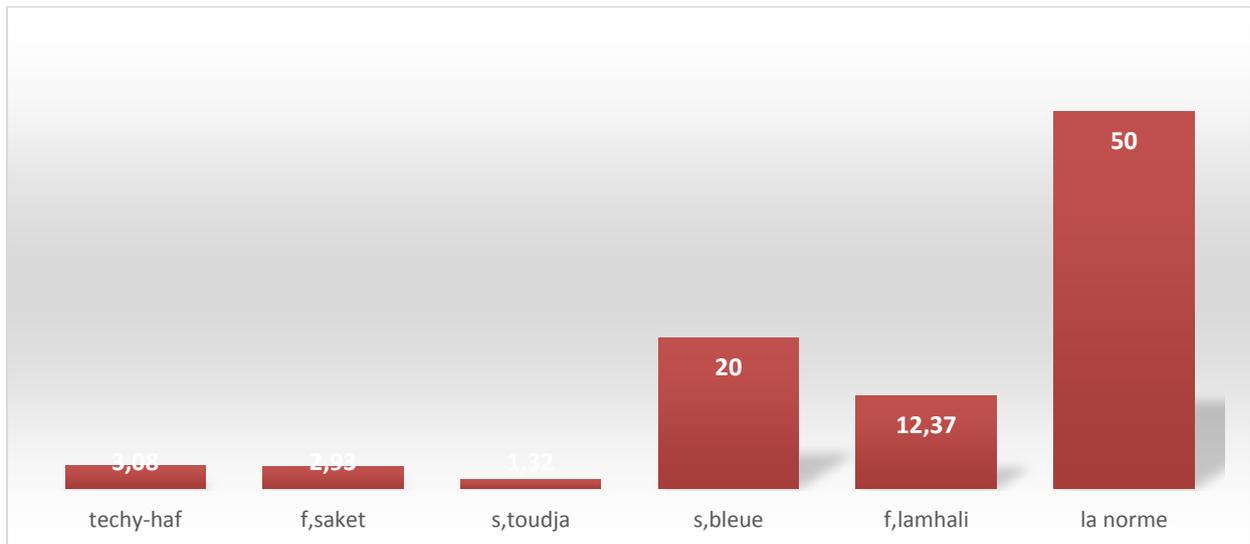


Figure III.11 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en nitrates des cinq types d'eaux et sa norme.

Les concentrations en nitrates obtenues pour les cinq types d'eaux sont très inférieures à la norme (50mg/L), ceci s'expliquerait par le fait que ce genre de pollution est plutôt fréquent dans les pays où nous avons recouru à une utilisation abusive des engrais chimiques, ce qui n'est pas le cas de notre agriculture.

III.1.210 Teneur en fer

La figure III.12 représente les résultats de la concentration en fer dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleue, source Toudja, forage Saket et forage Lamhali).

Teneur en fer (mg/L)

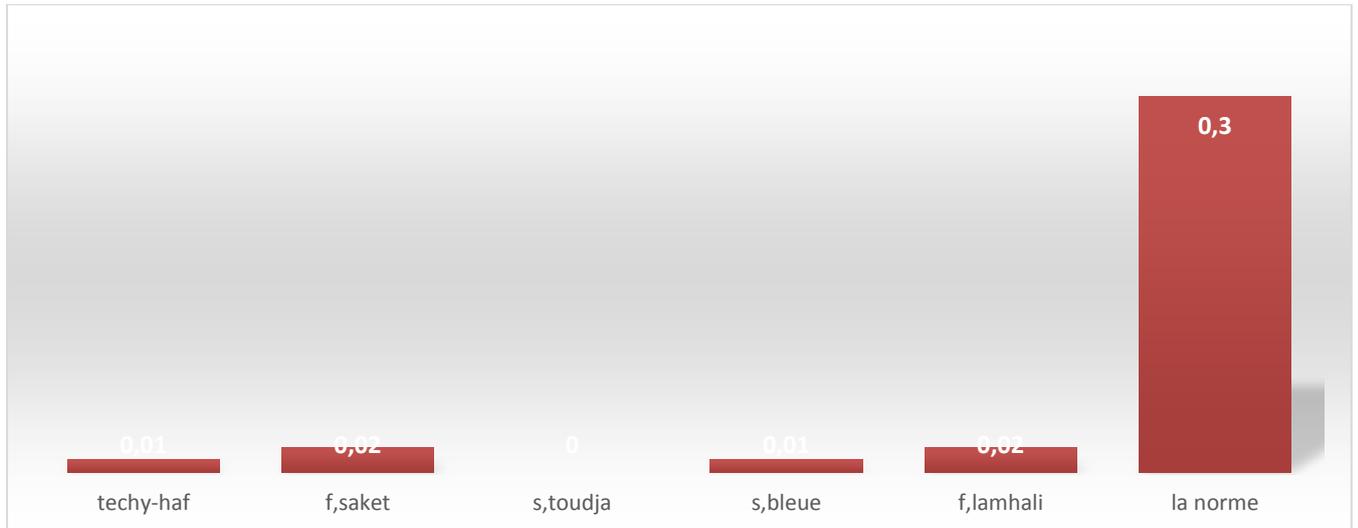


Figure III.12 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en fer des cinq types d'eaux et sa norme.

La figure III.12, montre que les teneurs en fer sont faibles pour les cinq types d'eaux étudiées et conformes à la norme algérienne de 0.3 mg/L.

La présence du fer est fréquente dans les eaux souterraines sous forme dissoute (colloïdes en suspension), ce n'est pas un polluant, sa présence ne présente pas de danger pour l'homme. Par contre, Il influence la qualité organoleptique de l'eau. D'après nos résultats, nous déduisons que tous les types d'eaux, sont de bonne qualité organoleptique.

III.1.2.11 Teneur en sodium

La figures III.13 montre que les teneurs en sodium dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de Techy-haf, source bleu, Source toudja, forage Saket et forage Lamhali) sont inférieur à la norme.

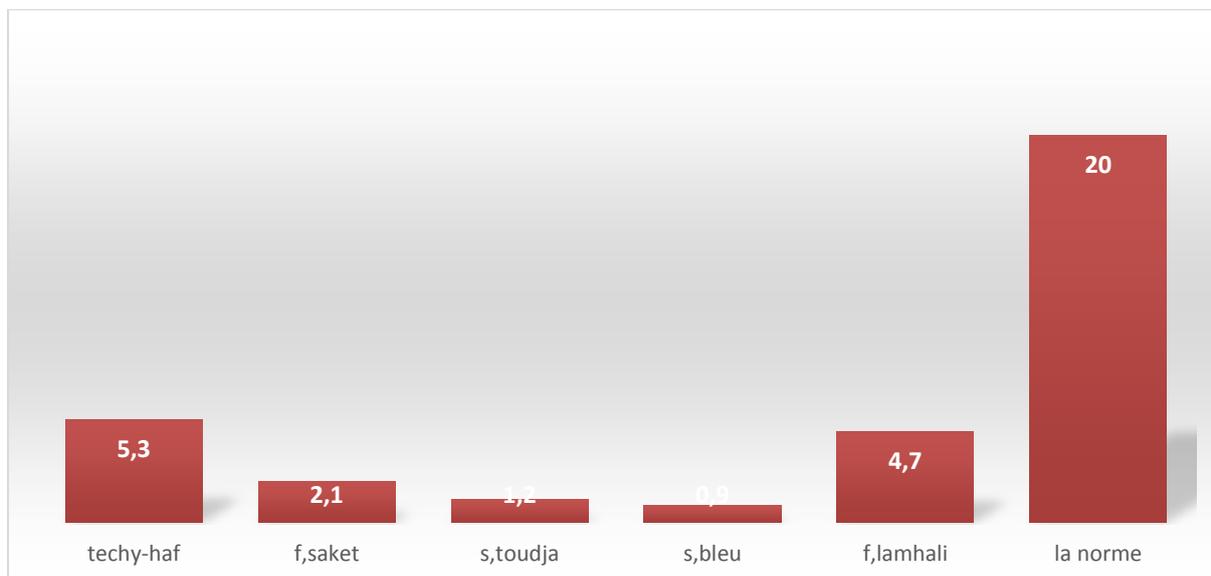
Teneur en Na⁺ (mg/L)

Figure III.13 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en sodium des cinq types d'eaux et sa norme.

La figure 13, montre que les teneurs en sodium notées pour les cinq types d'eaux étudiées sont inférieures à la norme surtout pour la source bleue, source Toudja et forage Saket donc nous pouvons dire que tous les types d'eaux sont conformes à la norme.

III.1.2.12 Teneur en potassium

La figures III.14 représentent les résultats de la concentration en potassium dans les cinq types d'eaux étudiées (barrage de techy-haf, source bleu, source toudja, forage saket et forage lamhali).

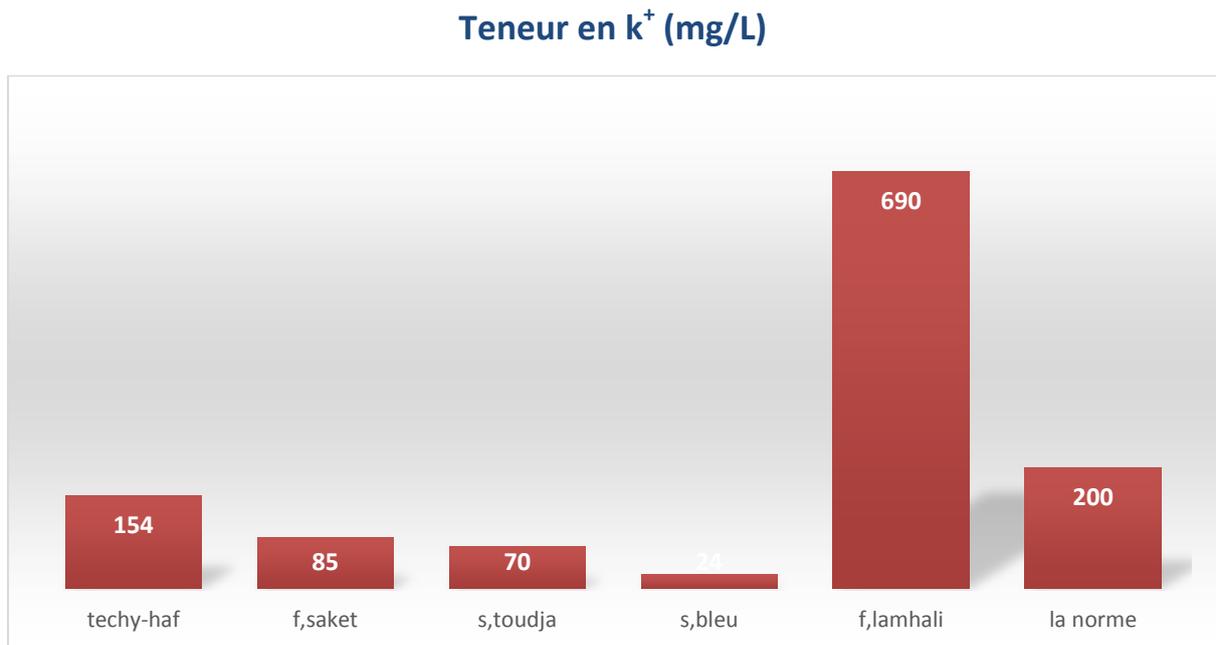


Figure III.14 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en potassium des cinq types d'eaux et sa norme.

La figures III.14 montre que les teneurs en potassium pour le barrage Techy-haf, forage Saket, et source bleu sont inférieure à la norme par contre la teneur en potassium pour le forage Lamhali est très élevée et supérieur à la norme donc nous pouvons dire que toutes les types d'eau sont conformes sauf le forage Lamhali.

III.2 Résultats et interprétation des paramètres bactériologiques

Tableau III.3 : Résultats microbiologiques obtenus des cinq eaux et sa norme.

Les échantillons / Les Bactéries	Techy-haf	Source Bleu	Source Toudja	Forage saket	Forage Lamhali	Norme algérienne	Unité
Germes totaux à 37°C	00	00	06	10	84	00	UFC/100mL
Germes totaux à 22°C	00	00	26	82	88	<100	UFC/100mL
Escherichia colis	00	00	00	00	00	00	UFC/100mL
Coliformes totaux	00	00	00	00	00	00	UFC/100mL
Streptocoques	00	00	00	00	00	00	UFC/100mL
Bactérie sulfito-réductrices	00	00	00	00	00	00	UFC/20mL

➤ Les Germes totaux

Les germes totaux à 22°C sont des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) [54].

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe de protection.

Les résultats obtenus varient entre 00 UFC/100 ml ,26 UFC/100 ml ,82 UFC et 88 UFC à 22°C. Ils restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 100 UFC par ml à 22°C).

➤ **Recherche et dénombrement des anaérobies Sulfito-réductrices (ASR)**

Les anaérobies Sulfito- réductrices sont des germes capables de sporuler et de se Maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc Un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection [55].

Les résultats obtenus sont de valeur nulles (00 UFC/100 mL) dans tous les échantillons analysés, ce qui confirme l'absence totale des ASR.

➤ **Les coliformes totaux et E. Coli :**

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales. Les Coliformes totaux parmi lesquels E. coli, présentent approximativement 10% des micro-organismes

Germe totaux intestinaux humaines et animaux, sont considérés comme étant un organisme indicateur d'une contamination récente par des matières fécales [56].

La réglementation algérienne exclue impérativement la présence des coliformes totaux et des coliformes fécaux dans 100 mL.

Dans le cas de notre étude on a trouvé (00 UFC/100 mL) coliformes totaux et E. Coli ce qui répond à la réglementation algérienne. Elles sont donc conformes à la norme de potabilité.

➤ **Les Streptocoques fécaux**

Selon Rodier (2009), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux montrent l'absence totale (00 UFC/100 ml) des streptocoques fécaux dans tous les échantillons. Ce qui confirme l'absence de la contamination fécale.

Conclusion générale

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau.

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation et la mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels.

L'eau est l'élément naturel qui fait l'objet d'une surveillance attentive pour la prévention de la santé publique.

Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découlé de l'existence de microorganismes transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Le travail entrepris, dans le cadre de ce projet est une contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable (forage saket ; forage Lamhali ; source bleue ; source toudja et le barrage Tchi-Haf) distribuée par l'ADE au niveau de la wilaya de Bejaia.

Au terme de notre étude, qui a porté sur les différentes analyses au niveau du laboratoire de l'ADE, nous pouvons conclure, d'après les résultats obtenus concernant la qualité organoleptiques tels que la couleur, le goût et l'odeur, et du point de vue physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, TAC, TH, TA, Ca^{2+} , chlorures, manganèse, potassium, magnésium, fer, cuivre, nitrates, nitrites, calcium et les bicarbonates, sulfates, on peut conclure que ces eaux sont conformes aux normes algériennes en vigueur.

Les analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements ont révélé une absence totale des germes pathogènes et des germes de contamination fécale.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que ces eaux distribuées par l'ADE sont de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique et dépourvue de tous les germes pathogènes. L'analyse de l'eau reste toujours nécessaire pour protéger le consommateur.

Introduction générale.....	
Erreur ! Signet non défini.	
Chapitre 1 : Généralités sur l'eau.....	3
1.introduction.....	2
2. Definition de leau -----	2
3.Composition de l'eau -----	2
3.1 Especes inorganique -----	3
3.1.1Constituants majeurs -----	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2Les éléments traces métalliques -----	3
3.2Matières organique -----	3
3.2.Matières organique dissoutes -----	3
3.2.2.Matières organiques particulières-----	3
4.Origine et différents types d'eau -----	4
4.Eaux naturelles-----	4
4.2.Eaux souterraines -----	4
4.3.Eaux de surfaces -----	5
4.4.Eaux potables -----	5
4.5.Eaux douces-----	5
4.6.Eaux dures -----	5
4.7.Eaux marais -----	5
4.8.Eaux de mers et eaux saumâtres -----	6
5. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux-----	6
5.1.Propriétés organoleptiques -----	6
5.1.1.La couleur -----	6
5.1.2.Gout et l'odeur -----	6
5.1.3.La turbidité -----	6
5.2.Caractères physico-chimiques -----	7
5.2.1.La température -----	7
5.2.2.Potentiel hydrogène -----	7
5.2.3.Salinité -----	7
5.2.4.Les résidus secs à 80°C -----	7
5.2.5.Dureté ou titre hydrométrique (TH) -----	7
5.2.6.Conductivité électrique -----	7

5.2.7. Alcalinité	8
5.2.8. Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)	8
5.2.9. Chlorure	8
5.2.10. Autres principaux éléments présents dans l'eau	8
6. Paramètre indésirables ou toxique.....	8
6.1. Fer et manganèse.....	8
6.2. Métaux lourds.....	8
7. Normes d'eau potable.....	9
8. Les paramètre microbiologiques.....	11
8.1. Les coliformes totaux	12
8.2. Les entérocoques.....	12
8.3. Les bactéries anaérobies sulfite réductrices.....	13
8.4. Escherichia coli	13
8.5. Les germes totaux à 22 et 37°C.....	14
9. Conclusion	15
Chapitre II: Matériels et méthodes.....	18
1. Zone d'étude : présentation de l'Algérienne des eaux.....	18
1.1. Création de L'ADE.....	16
1. Les objectifs de L'ADE.....	17
2. Prélèvement :.....	19
3. Analyse physico-chimique.....	18
3.1. Mesures des paramètres physiques.....	18
3.1.1. Méthodes électrochimiques.....	18
3.1.1.1. Détermination de potentiel hydrogène.....	18
3.1.1.2. Détermination de conductivité.....	19
3.1.1.3. La turbidité.....	19
3.1.1.4. La température.....	20
3.1.2. Méthode volumétrique.....	20
3.1.2.1. Déterminations de la dureté total	21
3.1.2.2. Déterminations de la dureté calcique.....	22

3.1.2.3.Déterminations de la dureté magnésienne.....	22
3.1.2.4.Déterminations de l'alcalinité.....	23
3.1.2.5.Dosages des chlorures.....	24
3.1.3.Méthodes spectrophotométriques.....	25
3.1.3.1.Dosages des nitrates.....	26
3.1.3.2. Dosages des nitrites.....	27
3.1.3.3.Dosages des sulfates.....	28
3.1.3.4.Dosages de potassium.....	30
3.1.3.5.Dosages de fer.....	30
3.1.3.6.Dosages de l'aluminium.....	31
3.1.3.7. Dosages de sodium.....	32
3.1.3.8.Dosages de manganèse.....	33
4.Analyse bactériologique.....	35
4.1.Méthodes d'analyse.....	36
4.1.1.Coliformes totaux et Escherichia coli.....	37
4.1.2.Entérocoques.....	41
4.1.3.Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réductrices.....	43
4.1.4.Recherches des germes totaux de 22 et 37 °C.....	44
Chapitre 3 : Résultats et discussion.....	50
1. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques.....	45
1.1. Les paramètres physiques.....	46
1.1.1.Potentiel hydrogène.....	46
1.1.2.La conductivité.....	47
1.2.Les paramètres chimiques.....	48
1.2.1.La dureté total.....	48
1.2.2. calcium.....	49
1.2.3.Magnésium.....	50
1.2.4.Les chlorures.....	51

SOMMAIRE

1.2.5. Les bicarbonates.....	52
1.2.6. Les sulfates.....	53
1.2.7. Le titre alcalimétrie simple.....	54
1.2.8. Le titre alcalimétrie complet.....	55
1.2.9. Les nitrates.....	55
1.2.10. Le fer.....	56
1.2.11. Le sodium.....	57
1.2.12. Le potassium.....	58
2. Résultats et interprétation des paramètres bactériologique.....	58
Conclusion générale.....	67

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Entérocoques au microscope électronique à balayage. Le diamètre des cellules varie entre 0.5 et 1 μm [24]	13
Figure I.2 : Cellule d'Escherichia colis (souche O157 : H7). La longueur est d'environ 3 μm pour un diamètre d'environ 1 μm [24].....	14
Figure II.1 : ADE cellule de béjaia.....	16
Figure II.2 : Les prélèvements.....	17
Figure II.3 : pH-mètre.....	20
Figure II.4 : Turbidimètre.....	20
Figure II.5 : Spectromètre uv-vis DR6000.....	25
Figure II.6 : Les nitrates.....	27
Figure II.7 : Les solutions lors de mesure des sulfates.....	29
Figure II.8 : Spectrophotométrie d'émission de flamme.....	30
Figure II.9 : Appariel utilisé pour le système de filtration.....	36
Figure II.10 : Les colonies observées pour la recherche des coliformes totaux après l'incubation.....	37
Figure II.11 : Le repiquage sur le milieu de confirmation TSA.....	39
Figure II.12 : Teste d'oxydase pour confirmation des coliformes totaux.....	39
Figure II.13 : Le tube schubert après l'incubation pour confirmation de E.C...40	
Figure II.14 : Les colonies observées après l'incubation pour la recherche des entérocoques.....	42
Figure III.1: Histogramme comparatif des résultats obtenus de pH des cinq eaux et sa norme.....	46
Figure III.2: Histogramme comparatif des résultats de la conductivité des cinq eaux et sa norme.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure III.3: Histogramme comparatif des résultats de la dureté totale des cinq eaux et sa norme.....	48
Figure III.4: Histogramme comparatif des résultats de calcium des cinq eaux et sa norme.....	49
Figure III.5 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en magnésium des cinq eaux et sa norme.....	50
Figure III.6 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en chlorure des cinq eaux et sa norme.....	51
Figure III.7 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en bicarbonate des cinq eaux.....	52
Figure III.8 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en sulfate des cinq eaux et sa norme.....	53
Figure III.9 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en TA des cinq eaux.....	54
Figure III.10 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en TAC des cinq eaux.....	55
Figure III.11 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en nitrate des cinq eaux et sa norme.....	55
Figure III.12 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en fer des cinq eaux et sa norme.....	56
Figure III.13 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en sodium des cinq eaux et sa norme.....	57
Figure III.14 : Histogramme comparatif des résultats des teneurs en potassium des cinq eaux et sa norme.....	58

Tableau I.1 : Les principaux éléments majeurs rencontrés dans l'eau.....	03
Tableau I.3:: Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS.....	10
Tableau II.1: Tableau d'identification, des sites de prélèvement (source ADE) ...	18
Tableau II.2: Méthodes des analyses chimiques utilisées.....	35
Tableau III.1: Les paramètres physico-chimiques des eaux.....	45
Tableau III.1: Classification des eaux en fonction de leur dureté.....	48
Tableau III.2 : Les résultats microbiologiques obtenus des cinq eaux et sa norme.....	59

Liste des abréviations :

- ° C : Degré Celsius.
- **pH** : Potentiel en Hydrogène
- **EDTA** : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique.
- °F : Degré français.
- **ISO** : International standardisation Organisation.
- **mg/l** : Milligramme par litre.
- **mg/mol** : Milligramme par mole.
- **ml** : Millilitre.
- **nm** : Nanomètre.
- **NET** : Noir ériochrom.
- **N** : Normalité.
- **NF** : Norme française.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **PET** : Polyéthylène téréphtalate.
- **TA** : Titre Alcalimétrique Simple.
- **TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.
- **TH** : Titre Hydrotimétrique.
- **TH Ca²⁺** : Titre calcique.
- **TH Mg²⁺** : Titre magnésienne
- **TTC** : Triphényl tétrazolium chlorures.
- **µm** : Micromètre.
- **µS /cm** : Micro Siemens par centimètre.
- **MES** : Matières En Suspension
- **VF** : Viande-Foie.
- **UCF** : Unité formant colonie.
- **TGEA** : Tryptone glucose extract agar.
- **ASR**: Anaérobies sulfito-réductrices.
- **BEA**: Bile esculine azoture.

Références bibliographiques

- [1] : Données sur l'eau : confirmation des défaillances de l'Onema Sites Internet et articles / Corrélat.
- [2] : Encyclopédie. (2006). L'eau. Edition. Encarta.
- [3] : Copin-Montégut G. (1996). Chimie de l'eau de mer, Institut Océanographique.
- [4]: Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D. et Wright J. (1997). Seawater: Its composition, properties and behaviour, The Open University, Second edition.
- [5]: Benner R., Biddanda B., Black B. et McCarthy M. (1997). Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration, *Marine Chemistry* 57 243-263.
- [6] : Ransom B., Shea K. F., Burkett P. J., Bennett R. H. et Baerwald R. (1998). Comparison of pelagic and nepheloid layer marine snow: implications for carbon cycling, *Marine Geology* 150.
- [7]: SCHUEPP, PH, LECLERC, MY, MACPHERSON, JI, *et al.* Prédiction d'empreinte de flux scalaires à partir de solutions analytiques de l'équation de diffusion. *Météorologie de la couche limite*, 1990, vol. 50, n° 1, p. 355-373.
- [8] : DEGREMONT, « Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, (2005). 39-50.
- [9] : A. KHADRAOUI, S. TALEB, « Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité pollution et impact sur le milieu) », (2008).
- [10] : LE JURY, Devant, SAÏD, Président Pr NEMMICHE, MOHAMMED, Encadreur Pr BENKHELIFA, *et al.* Les ressources en eau à Mostaganem, état actuel et contraintes de distribution.

[11]: A. Dupont, Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).

[12] : H. TARDATH et J.P. BEAUDRY, « chimie des eaux, les griffons d'argile », (1984).

[13] Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).

[14] : H. OUAHRANI, « Suivie de la stabilité des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau », Université de Bejaia, (2012).

[15]: RODIER, Jean, GEOFFRAY, Ch, et RODI, L. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Paris : Dunod, 1984.

[16] : Manuel pratique d'analyse de l'eau : Brésil. Fondation Nationale de la santé /National Health Foundation – 4. ed. – Brasilia: FUNASA, 2013.150 p.

[17] : JOLY, B. et REYNAUD, A. Entérobactéries: systématique et méthodes de diagnostic (Coll. Monographie de microbiologie). 2003

[18]: BYAPPANAHALLI, Muruleedhara N., NEVERS, Meredith B., KORAJKIC, Asja, et al. Entérocoques dans l'environnement. *Revue de microbiologie et de biologie moléculaire*, 2012, vol. 76, n° 4, p. 685-706.

[19] : CARRÉ, Erwan. Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation. 2017. Thèse de doctorat. Université de Lyon.

[20] : SAXENA, Gaurav, BHARAGAVA, Ram Naresh, KAITHWAS, Gaurav, *et al.* Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. *Journal of water and health*, 2015, vol. 13, no 2, p. 319-339.

[21] : MADIGAN, Michael T., MARTINKO, John M., PARKER, Jack, *et al.* Brock biologie des micro-organismes . Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 1997.

[22] : LALAMI, Abdelhakim El Ouali, EL OUALTI, Abdelaaziz, MERZOUKI, Mohammed, *et al.* Risque Sanitaire Liés à la Consommation des eaux de Boisson Conditionnées et Commercialisées dans la Ville de Fès (Maroc).

[23]: MAIGA, A. H., KONATE, Y., WETHE, J., *et al.* Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien: cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. 2006.

[24] : CARRÉ, Erwan. *Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation.* 2017. Thèse de doctorat. Université de Lyon.

[25] : MOKDADI, Hadjer et MESSAI AHMED, Nihad. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa). 2015.

[26] : RODIER, J. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD technique. 2005.

[27] : MECHAI-DEBABZA, Manel. Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba. 2005. Thèse de doctorat. Annaba.

[28] : KOUIDRI NEE BELALA, ZOHRA. Etude et traitement de l'eau du barrage DJORF-ELTORBA de la wilaya de BECHAR par filtration sur sable. 2006. Thèse de doctorat. Université de Chlef-Hassiba Benbouali.

[29] : DADAOU, Fayza, DJABAILI, Assia, CHENINI, Ali, et al. Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau conservée dans la poterie. 2021. Thèse de doctorat. UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR.

[30] : PARUCH, Adam M. et MÆHLUM, Trond. Caractéristiques spécifiques d'*Escherichia coli* qui la distinguent des bactéries coliformes et coliformes thermotolérantes et la définissent comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale dans l'environnement. Indicateurs écologiques , 2012, vol. 23, p. 140-142.

[31]: MCDONALD, Yolanda J. et JONES, Nicole E. Drinking water violations and environmental justice in the United States, 2011–2015. *American journal of public health*, 2018, vol. 108, no 10, p. 1401-1407.

[32]: KABORE, Aminata, SAVADOGO, Boubacar, SAVADOGO, Jacques, *et al.* Problématique de la qualité microbiologique de l'eau de boisson en milieu scolaire dans les zones rurales au Burkina Faso. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2018, vol. 5, no 2.

[33]: GRUYER, Nicolas. Implantation du Lean management au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. *École nationale d'administration publique*, 2017.

[34]: TURGEON, Patricia. Impact de l'agroenvironnement sur la qualité microbiologique des eaux récréatives dans une perspective de santé publique. 2012.

[35]: CAMPER, Anne K., MCFETERS, Gordon A., CHARACKLIS, William G., *et al.* Cinétique de croissance des bactéries coliformes dans des conditions pertinentes pour les réseaux de distribution d'eau potable. *Microbiologie appliquée et environnementale*, 1991, vol. 57, n° 8, p. 2233-2239.

[36]: PAYMENT, Pierre, SIEMIATYCKI, Jack, RICHARDSON, Lesley, *et al.* A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research*, 1997, vol. 7, no 1, p. 5-31.

[37]: CRAUN, Gunther F. et CALDERON, Rebecca L. Épidémies de maladies d'origine hydrique causées par des défaillances du système de distribution. *Journal-American Water Works Association*, 2001, vol. 93, n° 9, p. 64-75.

[38]: FINCH, Gordon R. et BELOSEVIC, Miodrag. Controlling *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in drinking water by microbial reduction processes. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2001, vol. 28, no S1, p. 67-80.

[39] : PAIEMENT, Pierre et LOCAS, Annie. Pathogènes dans l'eau : valeur et limites de corrélation avec les indicateurs microbiens. *Eaux souterraines* , 2011, vol. 49, n° 1, p. 4-11.

[40] : ELMUND, G. Keith, ALLEN, Martin J., et RICE, Eugene W. Comparaison des populations d'*Escherichia coli*, de coliformes totaux et de coliformes fécaux en tant qu'indicateurs de l'efficacité du traitement des eaux usées. *Recherche sur l'environnement aquatique* , 1999, vol. 71, n° 3, p. 332-339.

[41] : PARTIE, I. I. Page 13: Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: document technique–le sélénium.

[42] : BOUGRINE, Ayoub, GOUAHI, Soumia, KELLAM, Mr Abdellatif, et al. Traitement et contrôle de la qualité des eaux traitées au niveau de la station de Tamanar (Province d'Essaouira).

[43] : HASLAY, Claude et LECLERC, Henri. *Microbiologie des eaux d'alimentation*. 1993.

[44] : TALEB, S. Confrontation des normes algériennes des eaux potables aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) Confrontation of the Algerian standards of drinking waters to the directives of the World Health Organization (WHO).

[45] : AMIRA, Attia et LINDA, Ghezali. *Analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage " Ain Zada" Bordj Bou Arreridj*. 2015. Thèse de doctorat.

[46] : ZERHOUNI, J., FILALI, F. RHAZI, et ABOULKACEM, A. Qualité et facteurs de risque de pollution des eaux souterraines périurbaines de la ville de SEBAA AYOUNE (MEKNES, MAROC). *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, 2015, no 22, p. 91-107.

[47] : EL HAISSOUFI, H., BERRADA, S., MERZOUKI, M., *et al.* Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. *Revue de microbiologie industrielle sanitaire et environnementale*, 2011, vol. 5, no 1, p. 37-68.

[48] : HARDALO, Catherine et EDBERG, Stephen C. *Pseudomonas aeruginosa* : évaluation du risque lié à l'eau potable. *Revue critique en microbiologie* , 1997, vol. 23, n° 1, p. 47-75.

[49] : KACIMI, Amal et OUAZZI, Thiziri. Caractérisation phénotypique des souches d'entérocoques isolées à partir des produits alimentaires. 2018. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.

[50] : ALIA, Asma, MEKIDECHE, Manar, et BENFRIDJA, L. Encadreur. Etude physico-chimique et microbiologique des eaux de l'Oued Amsal (*Ziama Mansouriah*). 2018. Thèse de doctorat. Université de Jijel.

[51] : KHICHANE, Sara et KHOUAS, Dyhia. Evaluation de l'impact bactériologique des rejets de la STEP Est Tizi-Ouzou sur l'ensemble hydraulique récepteur (Oued, Nappe, Forage et réseaux de distribution). 2019. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.

[52] : AIDA, Aidaoui et SARA, Harkett. Evaluation de la Qualité Microbiologiques de l'eau du lac Souterrain: Bir Osman Hammam Debagh-Guelma. 2013.

[53] : BASTARAUD, Alexandra, PERTHAME, Emeline, RAKOTONDRAMANGA, Jean-Marius, *et al.* The impact of rainfall on drinking water quality in Antananarivo, Madagascar. *PloS one*, 2020, vol. 15, no 6, p. e0218698.

[54] : AZONNAKPO, Olivier V., AGBOSSOU, Euloge K., et AMINOU, Taofiki. Qualité Physico-Chimique et Bactériologique de l'Eau dans le Delta de l'Oueme. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 2020, vol. 20, no 2, p. 391-411.

[55] : BENDAOU, Khaoula et LASSOUED, Fariha. Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable dans la région souf. Station Nord d'Afrique, Tiksebt El Oued. 2019.

[56] : CHEVALIER, P. Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la, 2003.

RESUME

L'utilisation de l'eau dans le domaine alimentaire ou l'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. L'eau potable est l'un des produits alimentaires les plus contrôlés. Elle doit être conforme aux normes de la qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé humaine ; elle doit répondre aux exigences des normes de potabilité.

Notre étude a porté sur l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux potable, (forage saket ; forage Lamhali ; source bleu ; source toudja et le barrage Tchi-Haf) distribuée par l'ADE au niveau de la wilaya de Bejaia.

D'après les analyses effectuées sur toutes les eaux étudiées qu'on a cités au dessus, on a constaté que les résultats obtenus concernant toute les paramètres analysés que ça soit physico-chimiques ou bactériologiques elles correspondent aux réglementations algériennes, ainsi elles sont toutes aptes à la consommation humaine sauf l'eau de forage lamhali qui a montré une mauvaise qualité d'eau dans la plupart de ces paramètres lors de l'analyse ,d'après les normes de la potabilité d'eau on peut pas la considérer comme une eau conforme.

ABSTRACT

The use of water in the food or hygiene sector requires excellent physicochemical and microbiological quality. Drinking water is one of the most controlled food products. It must comply with quality standards. So it must not contain any micro-organism, any parasite or any substance constituting a potential danger to human health; it must meet the requirements of drinking water standards.

Our study focused on the assessment of the physicochemical and microbiological quality of drinking water (saket drilling; Lamhali drilling; blue source; toudja source and the Tchi-Haf

dam) distributed by ADE in Bejaia.

According to the analyzes carried out on all the studied waters that were mentioned above, it was found that the results obtained concerning all the parameters analyzed, whether physico-chemical or bacteriological, they correspond to Algerian regulations, so they are all suitable for human consumption except the lamhali borehole water which showed poor water quality in most of these parameters during the analysis, according to the standards of water potability it cannot be considered as a compliant water.