

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم العلوم الفلاحية
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Technologie Agro-alimentaire et Contrôle De Qualité

THEME

**Evaluation de la qualité des eaux potable
de la commune de Tadjrouna
-Laghouat-**

Présenté par :

BEDRANI Khadîdja

MEDDAH Elyakout

Devant le jury composé de :

BENCHETTOUH Ahmed

MCA

Président

MAKOUDI Mourad

MAA

Examineur

ROUIGHI Tahar

MAA

Encadreur

Remerciement

Avant tout, non tenons à remercier Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser Ce travail dans de meilleures conditions.

Nous tenons à exprimer notre vifs remerciements a:

*Notre encadreur Monsieur **ROUGHY Taher** , pour son aide dans la réalisation de ce projet de fin d'études.*

*On tient également à remercier **M. BENCHETTOUH Ahmed** d'avoir présider le membre de jury et **M. MAKOUDI Mourad** d'avoir examiné notre travail en vue d'une évaluation prompte pour sa juste valeur.*

Nous remercions sincèrement tous les enseignants du département d'Agronomie

*Nous remercions le service de **L'ADE**: Monsieur: **Abd ALLAH, Ilham, Sara**, pour leur gentilles et surtout Monsieur Hamada pour leur encouragement et ses conseils*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*Au meilleur des pères(Mohammed) et à ma très
chère maman(Aïcha) qu'ils trouvent en moi la
source de leur fierté qui ne cessent de me donner
avec amour le nécessaire pour que je puisse
arriver à ce que je suis aujourd'hui.
Et ma grand-mère (Fatoum), qui a toujours été ma
plus grande supportrice.
Que dieu les protège et que la réussite soit toujours
à ma portée pour que je puisse vous combler de
bonheur.*

*À mes sœurs (Houda, Hassna) et mes frères
(Abdou, Abd elnour, Hassan)*

À toute ma famille

Et A toutes mes amies, et surtout Khadidja.

*A tous les gens qui me connaissent et que je
connais.*

*À tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui
m'ont aidé et encouragé de près ou de loin, qui
étaient toujours à mes côtés et qui m'ont
accompagné durant mon chemin d'études.*

El Yaqout





Dédicaces

C'est avec une joie immense et le cœur ému que je dédie ce mémoire à mon cher parent Amar, Amina, pour leurs affections inépuisables et leurs précieux conseils. Ils n'ont cessé de prier pour moi durant mon cursus scolaire et m'ont encouragé régulièrement.

Également, je tiens à sincèrement remercier Mr, Rouighi mon encadreur, qui m'a accompagné et guidé depuis le début de sa rédaction. Mr, a su trouver les mots justes pour m'orienter vers les bons axes de recherche, et a su trouver les mots d'encouragement, lorsque sa rédaction a requiers plus de temps qu'initialement prévu.

A mes chers frères et sœurs : faiza, Afoula, serine et Nacer pour leurs soutiens et attentions. Ils m'ont permis de réaliser que la famille est sacrée. Ils étaient pour moi, une vraie source d'inspiration et ont été toujours à mes côtés durant les moments difficiles. Mes mots ne seraient jamais à la hauteur de l'amour et l'affection que vous m'avez témoignée tout au long de mes études. J'aimerais vous exprimer toute ma gratitude et reconnaissance. Cette dédicace serait pour moi, la meilleure façon de vous honorer et vous montrer à quel point vous avez été magnifique.

Mes pensées vont aussi à tous mes amis à savoir (yaqout et Imen, Lamin, Mounir, qui m'ont toujours motivé et encouragé. Nos fous rires et les bons moments passés ensemble vont me manquer. Je n'oublierais jamais ces instants magiques. Ils seront gravés à jamais dans mon esprit.

Enfin, je ne pourrais oublier tous les camarades de la même promotion. Leurs sincérités m'ont vraiment touchée. Ils ont contribué à cette réussite et je tiens également à leur souhaiter le meilleur.

Khedidja



ملخص

يقال عن مياه أنها صالحة للشرب، إذا اكتسبت الخصائص التالية: منعشة ، شفافة ، عديمة اللون ، عديمة الرائحة ، بها تهوية كافية. تمعدن منخفض وخالي من الجراثيم والمواد السامة. تعتبر الأمراض التي تنقلها المياه مشكلة رئيسية في البلدان المتخلفة. ومن أجل حماية الإنسان من المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك المياه الملوثة بشكل عام ، فمن الضروري معرفة الكائنات الدقيقة وتصنيفها وإحصاء وجودها داخل هذه المياه ، بالإضافة إلى مراقبة فعالية طرق التعامل معها. تم إجراء الدراسة الميدانية خلال الفترة الممتدة من جانفي 2023 إلى مارس 2023 ، أين تم أخذ عدة عينات من المياه على مستوى 08 نقاط بلدية تاجرونا. ثم تم تحليلها بقياس الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية وفق تقنيات تقييم مياه الشرب الموصوفة في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية. تظهر النتائج التي حصلنا عليها أن غالبية هذه المعايير تفي بالمعايير المقبولة باستثناء بعض النقاط أين لاحظنا اختلافاً في الصلابة والمواد الصلبة الذائبة والمغنيسيوم والصوديوم والكبريتات. أظهر التحليل الميكروبيولوجي لمياه الشرب غياباً تاماً للجراثيم المسببة للأمراض ، باستثناء وجود المطثيات في نقاط معينة ، مما سمح لنا باستنتاج أن المياه المعدة للاستهلاك البشري بلدية تاجرونا ذات نوعية جيدة.

الكلمات المفتاحية: ماء، شروب، خصائص كيميائية، فيزيائية، بكتريولوجية، تاجرونة.

Résumé

Une eau potable se dit, si elle présente les caractéristiques suivantes : rafraîchissante, transparente, incolore, inodore, suffisamment aérée. Faible minéralisation, exempte de germes et de substances toxiques. Les maladies hydriques sont un problème majeur dans les pays sous-développés. Afin de protéger l'homme des risques sanitaires liés à la consommation d'eau polluée en général, la connaissance des micro-organismes, de leur classification et de leur nombre présents dans cette eau est nécessaire, en plus le contrôle de l'efficacité des méthodes traitées.

Une enquête a été réalisée durant la période allant de janvier 2023 à mars 2023, qui a porté sur plusieurs prélèvements d'eau prélevés au niveau de 08 points dans la commune de Tadjrouna. Puis elle a été analysée en mesurant les paramètres physiques, chimiques et bactériologiques selon les techniques d'évaluation de l'eau potable décrites au Journal Officiel de la République Algérienne. Les résultats que nous avons obtenus montrent que la majorité de ces normes répondent aux normes admises à l'exception de quelques points de prélèvement où nous avons remarqué une différence de dureté, TDS, magnésium, sodium et sulfates. L'analyse microbiologique de l'eau potable a montré une absence totale de germes pathogènes, à l'exception de la présence de Clostridium en certains points, ce qui nous a permis de conclure que l'eau destinée à la consommation humaine dans la ville de Tadjrouna est de bonne qualité.

Mot-clé : Eau, potabilité, propriétés physique, chimique, bactériologiques, Tadjrouna

Abstract

Drinking water is said when the following characteristics are presents: refreshing, transparent, colorless, odorless, and sufficiently aerated. Low mineralization, free of germs and toxic substances. Waterborne diseases are a major problem in underdeveloped countries. In order to protect humans from the health risks associated with the consumption of polluted water in general, knowledge of the micro-organisms, their classification and their number present in this water is necessary, in addition to monitoring the effectiveness of methods handled.

A survey was carried out during the period from January 2023 to March 2023, which focused on several water samples taken at 08 points in Tadjrouna. Then it was analyzed by measuring the physical, chemical and bacteriological parameters according to the drinking water evaluation techniques described in the Official Journal of the Algerian Republic. The results obtained show that the majority of these standards are accepted with the exception of a few sampling points where we noticed a difference in hardness, TDS, magnesium, sodium and sulphates. The microbiological analysis of the drinking water showed a total absence of pathogenic germs, except for the presence of Clostridium in certain points, which allowed us to conclude that the water intended for human consumption in the city of Tadjrouna is of good quality.

Keywords: water, drinking, physical properties, chemical, bacteriological, Tadjrouna

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie 02

Chapitre I : Généralités sur l'Eau

1 Définition.....	3
2 Composition de la molécule d'eau.....	3
3 Propriétés de l'eau.....	4
3.1 Propriétés chimiques de l'eau.....	4
3.1.1 Chlorure.....	4
3.1.2 Dureté totale.....	5
3.1.3 Magnésium.....	5
3.1.4 Calcium.....	5
3.2 Propriétés physiques de l'eau.....	5
3.2.1 Température.....	5
3.2.2 pH.....	5
3.2.3 Turbidité.....	6
3.2.4 Conductivité électrique.....	6
3.2.5 Radioactivité.....	6
4. Cycle de l'eau.....	6
5 Ressources hydriques naturelles.....	7
5.1 Eaux souterraine.....	7
5.2 Eaux de surface.....	8
5.3 Eaux de mers et océans.....	9
6. Pollution des eaux.....	9
6.1 Origine de la pollution.....	10
6.1.1 L'industrie.....	10
6.1.2 L'agriculture.....	10
6.1.3 Pollution domestique.....	10
6.1.4 Pollution d'origine naturelle.....	11
6.1.5 Les déchets sauvages.....	11
6.2 Les principaux polluants des eaux naturelles.....	11
6.2.1 Polluants physiques.....	11
6.2.2 Polluants chimiques.....	12
6.2.3 Polluants microbiologiques.....	13

Chapitre II : Potabilité de l'eau

1 L'eau potable.....	14
2 Normes de qualité des eaux de consommation.....	14
2.1 Les paramètres organoleptiques.....	14
2.2 Les paramètres physico-chimiques.....	15
2.3 Les matières organiques	16
3 Paramètres microbiologiques.....	17
3.1 Eaux de consommation humaine.....	17
4. Chaîne de traitement.....	18
4.1 Traitement effectués.....	18
4.2 Les procédés de traitement.....	18
4.2.1 Traitement physique.....	18

4.2.2 Traitement physico-chimique.....	19
4.3 Traitement chimique.....	20
5. Les maladies à transmission hydrique.....	21
5.1 Choléra.....	21
5.2 Typhoïde.....	22
5.3 Shigellose.....	22

Partie 02

Chapitre III : Zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude.....	23
2. Situation et caractéristiques générales de la commune.....	24
2.1 Relief.....	24
2.2 Réseau hydrographique.....	24
2.2.1 Situation hydraulique.....	25
2.2.2 Les réservoirs.....	25
3. Climat de la région d'étude.....	25
3.1 Etude climatologique.....	26
3.2 Température.....	26
3.3 Précipitation.....	27

Chapitre IV : Méthodologie

1. Prélèvement.....	32
1.1 Choix du site.....	33
1.2 Méthodologie.....	33
1.3 Technique de prélèvement.....	33
1.4 Transport et conservation au laboratoire.....	34
2.1 Analyse bactériologique.....	35
2.1.1 Dénombrement des germes totaux.....	35
2.2 Mode opératoire.....	35
2.1.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	37
2.1.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	41
2.1.4 Recherche et dénombrement des anaerobies sulfito-réducteur.....	44
2.2. Analyses physico-chimiques.....	44
2.2.1 Détermination du pH.....	44
2.2.2 Détermination de la température.....	45
2.2.3 Détermination de la turbidité.....	45
2.2.4 Détermination de la conductivité.....	46
2.2.5 Détermination de la dureté totale.....	46
2.2.6 Détermination du taux des sels dissous.....	47
2.3 Anion.....	48
2.3.1 Détermination des Chlorures.....	48
2.3.2 Dosage de l'alcalinité.....	50
2.3.4 Dosage de nitrate.....	52
2.3.4 Dosage de nitrite.....	54
2.3.5 Dosage de Sulfate.....	54
2.4 Cation.....	55

2.4.1 Dosage de calcium.....	55
2.4.2 Dosage de magnésium.....	55
2.4.3 Dosage de potassium.....	55

Chapitre V : Résultats et discussion

1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.....	56
2. Résultats et interprétation des analyses bactériologiques.....	68
Conclusion.....	72
Références bibliographique	73

Annexe

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines	8
02	Les différents polluants avec leurs origines	13
03	Les forages de la commune de Tadjrouna	25
04	Coordonnés de la station météorologique de Tadjrouna	26
05	Température moyenne mensuelle de la station de Tadjrouna (2002 - 2022).	27
06	Précipitations moyennes mensuelles (station de 2002 - 2022)	28
07	Répartition des précipitations moyennes saisonnières (Station de, de Tadjrouna 2002 - 2022)	29
08	Répartition des précipitations moyennes mensuelles (Station de, de Tadjrouna)	29
09	Moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Tadjrouna (2002-2022).	30
10	Moyenne mensuelle et moyenne annuelle de la vitesse des vents à la station d de Tadjrouna (2002- 2022).	31
11	les coordonnées des sites	32
12	Propriétés des eaux sur chaque site	56
13	Résultats d'analyses bactériologiques	68

Liste des figures

Figure	Titre	Page
01	La molécule d'eau	3
02	Le cycle de l'eau	6
03	Transmission hydrique des maladies	21
04	Situation géographique de la commune de Tadjrouna par rapport à la wilaya de Laghouat	23
05	Les données climatologiques de Laghouat, la saisonnalité est marquée avec des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs	25
06	Evolution des températures moyennes mensuelles. Station de Tadjrouna (2002-2022)	27
07	Evolution des précipitations moyennes mensuelles. Station de Tadjrouna (2002-2022)	28
08	Distributions interannuelles des précipitations mensuelles	29
09	Variations des moyennes mensuelles de l'humidité relative. Station de Tadjrouna(2002-2022)	30
10	Dayet Ben Abdallah	32
11	Besbassa	32
12	El Sed	33
13	Elmaia	
14	Carte représentatif des cours d'eau de la commune de Tadjrouna	33
15	Technique de prélèvement	34
16	Transport et conservation au laboratoire	35
17	Dénombrement de la flore mésophile aérobie total	36
18	Recherche et dénombrement des germes aérobie mésophile aérobie	37
19	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau potable	40
20	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau potable	43
21	Détermination du pH et de la température	45
22	Détermination de la turbidité	46
23	Détermination de la dureté totale TH	47
24	Détermination des Chlorures	49
25	Dosage de l'Alcalinité	51
26	Dosage de Nitrate	53
27	Spectrophotomètre	54

28	La turbidité	57
29	La température	58
30	le pH	59
31	la Conductivité électrique	59
32	La dureté	60
33	le TDS	61
34	Magnésium	61
35	Calcium	62
36	Potassium	63
37	Sodium	64
38	le chlorure	64
39	Sulfate	65
40	Bicarbonates	66
41	Nitrate	67
42	Diagramme de Piper	63

Liste des abréviations

N°	Numéro
Kj/mol	Kilo joule par molle
Cl	Chlore
O	Oxygène
H	Hydrogène
K	Potassium
Na	Sodium
cm³	Centimètre cube
Ca	Calcium
Mg	Magnésium
mg/l	Milligramme par litre
pH	Potentiel d'hydrogène
°	Degré
min	Minute
ETM	Les Eléments à Trace Métallique
g	gramme
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
°C	Degré Celsius
µm	Micromètre
TH	Titre hydrotimétrique (dureté)
°F	Degré Française
Cu	Cuivre
Zn	Zinc
Fe	Fer
Ag	Argent
Mn	Manganèse
Al	Aluminium
Pb	Plomb
K	Potassium
Cd	Cadmium
Hg	Mercure
ha	Hectare
%	pourcent
mm	millimétré
TGEA	Glucose-Tryptone-Extrait de Levure
ml	Millilitre
h	heure
N	nombre
ISO	Organisation internationale de normalisation
BCPL	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromcrésol
EDTA	acide éthylène diamine tétra-acétique
TDS	nombre de solides dissous dans l'eau potable.
TAC	Titre Alcalimétrique Complet



Introduction

Introduction

L'eau sur la planète dévale des montagnes, court dans les vallées, chahute dans les océans et déferle sur nos côtes, déployant une énergie formidable ; l'eau est le sang de la terre, le support de toute vie ; elle est la force motrice de la nature. (<https://sti.ac-versailles.fr>)

C'est une source naturelle indispensable à la vie. Cela est prouvé par les activités de tous les jours qui nous montrent que sans eau, la vie est pratiquement impossible. Il faut donc la protéger et la traiter que ce soit pour produire une eau propre à la boisson ou à des usages spécifiques industriels ou autres. (<https://sti.ac-versailles.fr>)

Actuellement l'évolution de la science a permis à l'homme à connaître de complexes systèmes de captage, d'adduction et de distribution de l'eau à des degrés de potabilité améliorés qui lui a facilité sa gestion. ([Sahalia et Henchiri, 2017](#))

La distribution d'une eau potable répond notamment à une obligation de contrôle des pollutions pouvant affecter cette eau. Car des risques majeurs pour la santé peuvent être induits par l'eau de boisson.

Les pays en voie de développement qui n'ont pas des ressources en eau considérables dont l'Algérie fait partie, souffrent d'un déficit notable. Pour ce fait, notre pays a essayé de créer une préservation et un contrôle de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, cela à travers la loi n° 2005-12 du 04 Septembre 2005, qui porte plusieurs chapitres, comme par exemple le chapitre 4 « De la prévention et de la protection contre les pollutions » sous un grand titre « DE LA PROTECTION ET DE LA PRESERVATION DES RESSOURCES EN EAU ». (<https://www.droit-afrique.com>)

L'Algérie est un des pays du Nord du bassin méditerranéen qui souffre de la pénurie d'eau. Les écoulements en eau y sont caractérisés par une irrégularité saisonnière et interannuelle importante et par une violence et une rapidité des crues. ([Sirat, 2021](#))

L'objet de notre étude était la connaissance du degré de potabilité de l'eau à la commune de Tadjrouna, pour ce fait, on a opté un plan de travail en deux (02) parties :

- La première partie : avec deux (02) chapitre comme suite :

- Chapitre I : des généralités sur l'eau
- Chapitre II : l'eau potable

- La deuxième partie contient 03 chapitres :

- Chapitre III : Présentation de la zone d'étude
- Chapitre IV : Méthodologie
- Chapitre V : Résultats et discussion.

**Partie 01 :
Chapitre I
Généralités sur
l'Eau**

1. Définition

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport. Ses usages sont donc multiples mais, s'agissant de santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et, surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable, utilisable à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et d'hygiène. (Festy et al, 2003)

Selon Larousse, l'eau est définie comme étant un corps liquide à la température et à la pression ordinaires, incolore, inodore, insipide, dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Contenant en solution ou en suspension toutes sortes d'autres corps (sels, gaz, micro-organismes, etc.), très répandu à la surface terrestre (eau de pluie, eau de mer, eau du robinet, etc.). (Site Larousse)

2. Composition de la molécule d'eau

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 kJ/mol, est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. (Boeglin, anonyme)

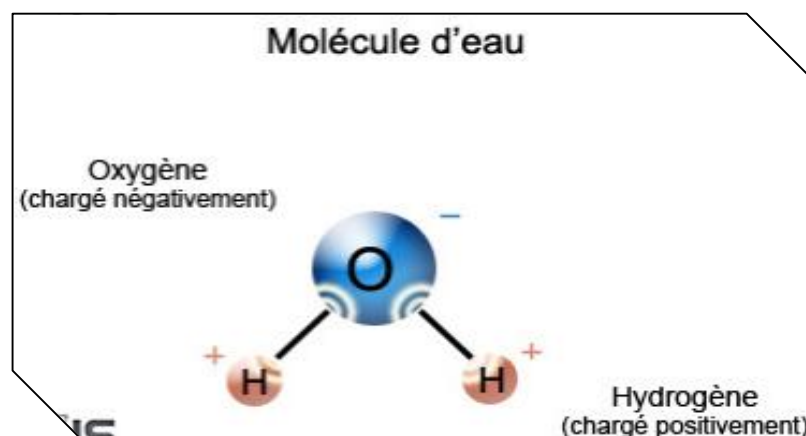


Figure 01. La molécule d'eau (Site 1)

3. Propriétés de l'eau

On trouve l'eau sur terre sous trois formes :

- liquide (eau proprement dite),
- solide (glace)
- gazeux (vapeur d'eau).

Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression. (Algéo, 1997)

L'eau peut être abordée de multiples façons, la recherche scientifique aujourd'hui n'en a privilégié qu'une, la physico-chimie. (Souvignont, 2021)

L'eau possède des propriétés physiques et chimiques uniques : on peut la faire geler, fondre, évaporer ou chauffer et la mélanger. Les molécules d'eau sont attirées les unes vers les autres, créant ainsi des liaisons hydrogène. Ces liaisons très fortes déterminent à peu près toutes les propriétés physiques de l'eau ainsi que ses propriétés chimiques.

3.1 Propriétés chimiques de l'eau

H_2O est la formule de la molécule d'eau. Elle est généralement connue par la plupart d'entre nous. Dans cette molécule, un atome d'oxygène, O, est relié à deux atomes d'hydrogène, H, par des liaisons covalentes. La molécule a la forme d'un V majuscule, d'angle au sommet proche de 105° et de 1 angström de côté environ, soit 10-10 mètre. Pour fixer les idées, 1 cm^3 d'eau contient environ 33×10^{25} molécules, soit 33 millions de milliards de milliards.

Parmi les caractères chimiques les plus intéressants de l'eau on cite :

3.1.1 Chlorure (Cl⁻)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, présentent généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. (Makhoukh, 2011)

3.1.2 Dureté totale (TH)

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations Ca^{++} et Mg^{++} à l'exception des alcalins. (Ledler, 1986).

3.1.3 Magnésium

Le magnésium est le plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Il peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO_4 des terrains gypseux du Trias situés au Sud. (Sahraoui, 2015).

3.1.4 Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (Khelili et Lazali , 2015).

3.2 Propriétés physiques de l'eau (Cheroual, 2020)

3.2.1 Température

Elle joue un rôle très important dans : la solubilité des sels et des gaz, la dissociation des sels dissous et donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH...etc. elle se définit en utilisant un thermomètre gradué au 1/10 de ° et étalonné, comportant une gaine terminée par un réservoir évitant la variation de T° au moment de la mesure. La lecture se fait après 10 min de l'immersion

3.2.2 pH

C'est le potentiel hydrogène de l'eau, est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ . Sa mesure se fait par potentiomètre ou par colorimétrie.

3.2.3 Turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide. Sa mesure se fait rapidement que possible après prélèvement.

3.2.4 Conductivité électrique

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes et permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

3.2.5 Radioactivité

C'est la transformation spontanée d'un atome instable, se traduit par l'émission d'une radiation (rayonnement ionisant), possédant l'énergie nécessaire pour extraire un électron de l'atome.

4. Cycle de l'eau

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

Le cycle de l'eau correspond à une circulation continue mue par des phénomènes de pompage, de distillation et de transport d'eau sous toutes ses formes dont le moteur est l'énergie solaire. Les mécanismes qui assurent le passage de l'eau d'un état à l'autre, s'accompagnent souvent par le transfert entre réservoirs. (Jacques, 1996)

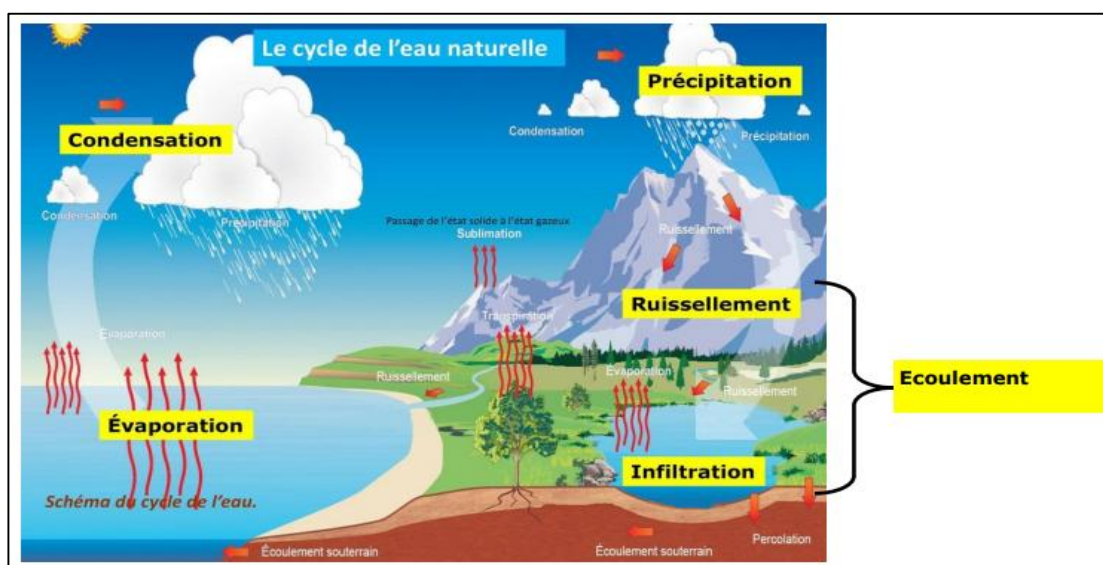


Figure 02. Le cycle de l'eau (Site 2)

Ce cycle comporte quatre grandes phases comme suit : (**Jacques, 1996**)

1/ La chaleur du Soleil permet l'évaporation de l'eau des océans, mais aussi celle des cours d'eau et des plantes.

2/ La vapeur d'eau forme alors les nuages, poussés par les vents.

3/ Près des reliefs, des orages éclatent et l'eau va retourner au sol lors des précipitations (pluie, neige, grêle).

4/ Sous forme liquide, l'eau va soit s'infiltrer dans le sol jusqu'aux nappes phréatiques, soit ruisseler le long du relief pour former les cours d'eau qui iront finalement se jeter dans les océans.

5. Ressources hydriques naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

5.1 Eaux souterraine

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales** : qui est peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.

- **Nappes captives** : plus profondes que la précédente et séparées de la surface par une couche imperméable. Son alimentation se fait par l'infiltration sur leurs bordures. (**Cardot, 1999**)

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales. (**Degremont, 1989**)

5.2 Eaux de surface

Ce type d'eaux englobe celles qui sont circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). Leur composition chimique dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants.

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Boeglin, anonyme**).

Le tableau (**I.1**) montre les différentes caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines.

Tableau 01 : Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines.

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humique...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferrobactéries fréquentes

Source : **Degremont, 1989**

5.3 Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles).

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi «eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement. (Boeglin, anonyme)

6. Pollution des eaux

Elle peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversées.

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel.

Pendant des millénaires, les causes de pollution la contamination localisée des eaux superficielles et des nappes phréatiques par des bactéries pathogènes et des substances fermentescibles introduites dans les réseaux hydrologiques par les déchets domestiques, problème toujours aigu dans les pays en développement où ces pollutions restent une cause de morbidité grave : salmonelloses, hépatites virales ou choléra en sont des exemples. (Touati 2021)

6.1 Origine de la pollution

6.1.1 L'industrie

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. (Boeglin, anonyme)

C'est la plus importante pollution, générée principalement par les industries minières au niveau des différentes étapes du traitement des minerais métalliques. Ces derniers libèrent une grande variété de substances métalliques, qui contribuent de façon cruciale à la mise en circulation des ETM et à leur distribution dans les sols, les sédiments, les nappes d'eaux et les végétaux. (Touati 2021)

6.1.2 L'agriculture

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticides et d'herbicides ou de fongicides. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO_3 , NO_2 , SO_4 , PO_4 et Cl) vers la nappe phréatique. (Touati 2021)

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration. (Djemmal, 2009)

6.1.3 Pollution domestique

Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques (Degremont, 1989).

Elle englobe les rejets liquides (eaux usées domestiques et urbaines), et les rejets solides des décharges publiques, qui sont en majorité sauvages et non contrôlées. En effet, les décharges contiennent des matières organiques biodégradables, qui en présence des eaux météoriques, subissent un lessivage vers les eaux superficielles, où elles s'infiltreront vers les nappes phréatiques. Pour les eaux usées qu'elles soient urbaines, domestiques ou des rejets industriels, elles sont directement évacuées dans les oueds sans aucun traitement préalable. (Touati 2021)

6.1.4 Pollution d'origine naturelle

Ce type de pollution affecte rarement les ressources en eau, il s'agit de l'éruption volcanique, des épanchements sous-marins d'hydrocarbures ou encore lorsque l'eau entre en contact avec des gisements minéraux, en déclenchant des réactions de dissolution ou d'érosion, entraînant la libération de concentrations inhabituelles en métaux lourds. (Touati 2021)

6.1.5 Les déchets sauvages

Les décharges sauvages (huile de vidange, batteries...) et tout ce que l'on jette dans la nature sans vraiment y prêter attention, représentent une source de pollution qui fait parfois beaucoup de dégâts... (Touati 2021)

6.2 Les principaux polluants des eaux naturelles

6.2.1 Polluants physiques

Ce type de pollution représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension comme suite :

a. Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont généralement : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

b. Les sables

Sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6 g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation. (Cardot, 1999)

c. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux (Marcel, anonyme)

6.2.2 Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est si complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux.
- Les éléments chimiques organiques.

a. Les éléments chimiques minéraux

La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont :

- **Les sels**

Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement (**Bliefert Et Perraud, anonyme**)

- **Les nitrates (NO_3^-)** : ils sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources, qui seront transformés par la suite en nitrite dans l'estomac. Ces derniers peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. (**FRANCK, anonyme**)

-**Les chlorures** : en plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes surtout dans l'agriculture (**Cardot, 1999**).

- **Les sulfates (SO_4^{2-})** : en plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux (œufs pourris) créant des désagréments à l'environnement (**Cardot, 1999**).

- Les métaux lourds

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau, les métaux lourds exemple dans les sédiments (**BLIEFRT Et PERRAUD, anonyme**).

6.2.3 Polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

Tableau 02: Les différents polluants avec leurs origines

Type de pollutions	Nature	Source ou agent causal
Physique : Pollution thermique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques
Pollution radioactive	Radio-isotopes	Installation nucléaires
Pollution mécanique	Matières en suspension	Eau résiduaires industrielles
Chimique : Fertilisants	Nitrates, Phosphates	Agriculture, lessive
Métaux et métalloïdes	Mercure, Cadmium, Plomb, Aluminium, Arsenic	Industries, agriculture, pluies acides, combustion
Pesticides	Insecticides, Herbicides, Fongicides	Agriculture et industrie
Organochlorés	PCB, Solvants	Industries
Composés organiques de synthèse	Nombreuses molécules	Industries
Hydrocarbures	Pétrole et dérivés	Industrie pétrolière, transports
Biologique : Matières fermentescibles	Glucides, Lipides, Protéine / Ammoniac, Nitrates	Effluents domestiques, agricoles et agro-alimentaire / Elevages et pisciculture
Pollution microbiologique	Bactéries, Virus, Champignons	Effluents urbains et d'élevages
Espèces invasives	Espèces végétales, Espèces animales, OGM	Jardins botaniques, laboratoires de recherche

Source : **Lévêque, 1996.**

Partie 01:
Chapitre II
Potabilité de
l'Eau

1. L'eau potable

L'eau de boisson peut être définie en se référant à l'OMS comme une eau ne contenant en quantité dangereuse ni substances chimiques ; ni germes nocifs à la santé humaine.

Elle doit être agréable à boire que les circonstances le permettent, pour être distribué, l'eau de boisson doit satisfaire à un ensemble de conditions que l'on peut résumer comme suit :

- Une eau de boisson ne doit nuire à la santé de consommateurs, ni à court terme ni à moyen terme et ni à long terme.

- Une eau de boisson ne doit avoir des propriétés agressives vis-à-vis les canalisations, et doit rester inerte que possible des matériaux dont elle est en contact.

- Une eau de boisson doit être dépourvue de toutes bactéries ou microbes indiquant la présence d'organismes pathogènes (transmetteurs de maladies).

2. Normes de qualité des eaux de consommation

2.1 Les paramètres organoleptiques

a. la couleur

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

b. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. **(Rodier, 2009)**

c. L'odeur

L'odeur peut être définie comme étant :

- l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

(Rodier, 2009)

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition.

2.2 Les paramètres physico-chimiques

a. La température

La température influe considérablement sur la vitesse des réactions chimiques ou biochimiques dans l'eau, la température optimale de l'eau de consommation est entre 9°C et 12°C. Elle ne doit pas dépasser 15°C. Elle joue un rôle très important dans la solubilité de sels et surtout des gaz **(Rodier, 2005)**

b. pH

Le pH est liée à la nature des terrains traversés et varie généralement entre 7,2 - 7,6, il influe sur les phénomènes de corrosion ou d'entartrage des conduites. On admet que le pH des eaux de consommation doit être compris entre 6,5 et 8,5. **(Geujons, 1995 in Messikh et Guerraichi 2020)**

c. La dureté

La dureté d'une eau est associée à la présence en solution et à l'état dissous des ions bivalents calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

La dureté de l'eau provoque :

- ❖ La consommation excessive du savon
- ❖ Une corrosion des conduites et des chaudières due à des précipitations du carbonate de calcium (CaCO_3).

La dureté de l'eau est souvent exprimée en degré français (DF°) ou en mg/l de CaCO_3 .

$$1\text{DF}^\circ = 10\text{mg/l } (\text{CaCO}_3)$$

$$1\text{DF}^\circ = 4\text{mg/l } (\text{Ca}^{2+})$$

$$1\text{DF}^\circ = 2.4\text{mg/l } (\text{Mg}^{2+})$$

- Une eau qui est très douce c'est-à-dire $\text{TH} < 7\text{DF}^\circ$, n'est pas potable
- Une eau douce $\longrightarrow \text{TH} = 7 \text{ à } 14\text{DF}^\circ \longrightarrow$ d'une bonne potabilité
- Une eau moyennement douce $\longrightarrow \text{TH} = 14 \text{ à } 22\text{DF}^\circ \longrightarrow$ passable
- Une eau dure $\longrightarrow \text{TH} = 32 \text{ à } 32\text{DF}^\circ \longrightarrow$ passable
- Une eau très dure $\longrightarrow \text{TH} = 32 \text{ à } 54\text{DF}^\circ \longrightarrow$ mauvaise potabilité

Pour les éléments chimiques (Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ et NO_2^-), les métaux lourds (**Fe**, **Mn**, **Cu**, **Zn**, **Ag** et **l'Al**) et les substances toxiques (**Cd**, **Cn**, **Hg** et le **Pb**), les concentrations doivent être inférieures aux valeurs indiquées dans le tableau situé à l'**Annexe I**.

2.3 Les matières organiques

a. L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

Le permanganate de potassium à lui seul n'est souvent pas entièrement suffisant comme désinfectant complet des eaux potables en voie de traitement. En règle générale, une post désinfection reste requise (**Ficek et Boll, 1980 ; Masschelein, 1997**).

b. Le carbone organique total (COT)

Le carbone organique total (**COT**) est une mesure de la quantité de composés organiques contenus dans un échantillon d'eau. Les composés organiques contenant du carbone peuvent être dissous dans l'eau ou se trouver dans l'eau sous forme de matière non dissoute, en suspension ou liquide. (Site)

c. La demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non

contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine. (Mizier, 2005)

Selon le journal officiel du 23 avril 2006, cette norme est pour une valeur limite de 120 avec une tolérance qui peut atteindre 130.

d. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée.

Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, c'est la DBO₅. (Metahri, 2012).

Selon le journal officiel du 23 avril 2006, cette norme a été fixée pour une valeur limite de 35 avec une tolérance qui peut atteindre 40.

e. Alcalinité

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes, Elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC). (Rodier, 2009).

3. Paramètres microbiologiques

L'eau ne doit pas contenir des germes pathogènes en particulier : salmonelle, streptocoque et l'E. Coli dans 5 litres d'eau prélevée.

3.1 Eaux de consommation humaine (eau potable)

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies sur le plan de ses caractéristiques physico-chimique et bactériologiques qui ne doivent pas nuire à la santé du consommateur pour la

qualité des eaux distribuées, on se réfère essentiellement à deux aspects :

✓ La satisfaction de l'utilisateur, subjective car fondée essentiellement sur la quantité organoleptique et visuelle : << L'eau doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. >> ;

✓ Et, surtout, la composition et sa compatibilité avec l'hygiène et la protection de la santé publique (qualité sanitaire).

L'eau de distribution publique est définie par des normes nationales découlant des travaux de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de directives européennes.

4. Chaîne de traitement

Le traitement de l'eau doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers. (**Kettab, 1992**)

4.1 Traitement effectués

La station effectue les procédés du traitement suivants :

- La pré-chloration.
- Coagulation – Flocculation
- Décantation.
- Filtration sur sable.
- Désinfection (Post-chloration).

Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau.

4.2 Les procédés de traitement

Par rapport à l'eau souterraine, l'eau de surface présente habituellement une plus grande variabilité en ce qui concerne la qualité. Elle est également plus vulnérable à la contamination, autant biologique que chimique. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps.

Finalement, les installations de traitement de l'eau de surface sont souvent plus

complexes que celles qui traitent l'eau souterraine.

Pour ces raisons, la recherche en eau de surface n'est souvent pas la première activité d'un projet. Lorsque requis, les principales étapes d'analyse pour cette avenue de solution sont :

4.2.1 Traitement physique

a. Prétraitement

Les eaux subissent une étape de prétraitement sur le site de captage avant d'être conduites vers l'unité de traitement. Le prétraitement consiste à faire un dégrillage afin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable... (**Dajoz, 2000**).

b. Le dégrillage

Le dégrillage permet d'enlever et arrêter les corps flottants, les gros déchets et les débris de dimensions intermédiaires (passant à travers la grille, afin d'éviter qu'ils interfèrent avec le fonctionnement des équipements avals. Il sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages avals (conduite et installation de traitement).

Après un dégrillage (traitement primaire où les particules de diamètres importants sont retenues), les eaux brutes sont orientées gravitairement vers la station du traitement.

4.2.2 Traitement physico-chimique

a. Pré-chloration

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape de pré-chloration (cette étape s'effectue dans un bassin de mélange) préalable est nécessaire. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante dite de clarification. (**Bouchemal et Hammoudi, 2016**)

b. Clarification

La clarification consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organique et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elles se décantent au fond du bassin de décantation ou elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surnageant est filtrée sur sable (**Moussa 2006 in Bouchemal et**

Hammoudi, 2016)

- **Coagulation-floculation :**

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées "Flocs".

- **Coagulation :**

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables.

- **Floculation**

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant.

Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation.

- c. **Décantation**

La décantation a pour but d'éliminer les flocons issus de la coagulation et floculation, elle se fait grâce au bassin de décantation, le volume de ce dernier est 3400 m³. Le temps nécessaire pour la décantation des flocons est deux heures. (Bouchemal et Hammoudi, 2016)

- d. **Filtration sur sable**

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter, à travers un lit filtrant, la réduction des particules en suspension, des coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité. (Bouchemal et Hammoudi, 2016)

3.3 Traitement chimique

a. Post-chloration (désinfection)

En raison de la présence occasionnelle de germes (Entérocoques, Escherichia Colis) l'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau. La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme. **(Bouchemal et Hammoudi, 2016)**

b. Stockage de l'eau

Le stockage de l'eau s'effectue dans des réservoirs situés généralement en hauteur : bassins enterrés au sommet des collines ou châteaux d'eau. Ils fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation. Ils constituent aussi une réserve de sécurité en cas d'incident sur le réseau ou de hausse anormale de la consommation. **(Bouchemal et Hammoudi, 2016)**

5. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique constituent l'un des problèmes majeurs de la santé surtout pour les pays en développement. Elles sont parmi les premières causes de morbidité et de mortalité, surtout des enfants de moins de cinq ans. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a signalé que les maladies diarrhéiques provoquent chaque année 3 millions de décès dans le monde. **(OMS, 1996)**

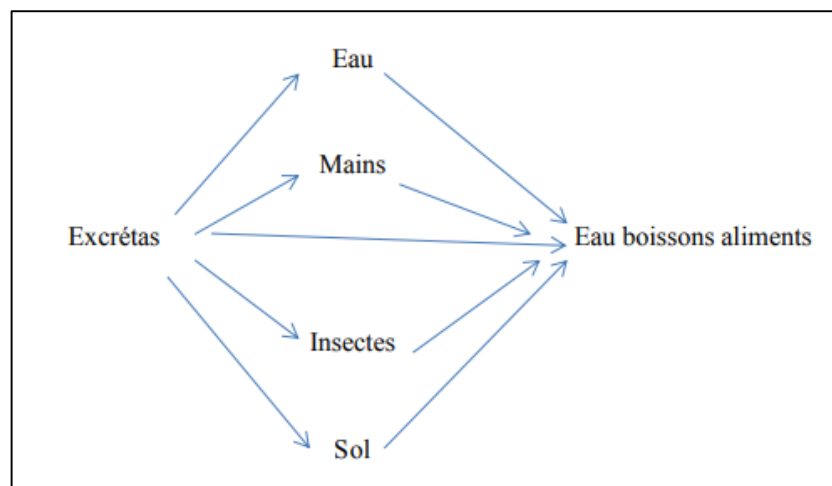


Figure (03) : Transmission hydrique des maladies (Vaurette et Le Duc, 2016)

5.1 Cholera

C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. Elle est la maladie du péril fécal par excellence, véritable urgence en santé publique. Cette maladie est le compagnon privilégié des catastrophes naturelles et des situations de conflits avec déplacements massifs de populations. Il peut cependant survenir dans un contexte de stabilité politique et en l'absence de toute calamité naturelle, lorsque les conditions socio-économiques des populations sont favorables à son développement. (Aubry et Gauzere, 2022)

Le choléra est une diarrhée « toxique » due à l'élaboration par le vibrion d'une toxine, la choléragène, qui inverse le flux hydrosodé au niveau de l'épithélium du grêle par activation d'un enzyme : l'adénylcyclase. Cette inversion entraîne la production dans la lumière intestinale d'un liquide très abondant isotonique au plasma, particulièrement riche en potassium et en bicarbonates. La conséquence de cette diarrhée hydro-électrolytique massive est une déshydratation aiguë avec hypokaliémie et acidose. (AUBRY Et Gauzere, 2022)

5.2 Typhoïde

C'est une fièvre, ou une infection potentiellement mortelle due à la bactérie *Salmonella typhi*. Elle se propage en général par l'eau ou les aliments contaminés. Une fois la bactérie ingérée, elle se multiplie et passe dans la circulation sanguine. Elle est caractérisée par : fièvre prolongée, fatigue, céphalées, nausées, douleurs abdominales, constipation ou diarrhée. Certains patients peuvent présenter une éruption cutanée. Dans les cas sévères, elle peut entraîner des complications sérieuses, voire la mort. (Site 8)

5.3 Shigellose

La shigellose est une maladie diarrhéique très contagieuse, responsable d'épidémies à travers le monde. La shigellose est provoquée par des bactéries nommées *Shigella* qui sont des clones spécialisés d'*Escherichia coli*. Quatre séro-groupes de *Shigella* sont décrits (*Shigella dysenteriae*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* et *Shigella sonnei*) et comprenant une cinquantaine de sérotypes. Cette maladie est caractérisée par : des douleurs abdominales souvent accompagnées de vomissements et l'émission de selles très fréquentes et nombreuses, glairo-sanglantes et purulentes, voire parfois hémorragiques. La fièvre est élevée, avec altération de l'état général. Des complications peuvent émailler l'évolution de la maladie, surtout chez le nourrisson et le jeune enfant ; elles en causent les formes graves qui peuvent aboutir à la mort du patient et sont de plusieurs ordres. (Site 9)

Partie 02 :
Chapitre III
Zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude

La commune de Tadjrouna se situe au sud-ouest de la wilaya de Laghouat, rattachée administrativement à la commune d'Aflou jusqu'en 1976. C'est un village moderne, qui a été construit au nord de l'ancien palais, qui comprend des logements modernes et plusieurs équipements. Elle est devenue Commune depuis 1984. Sa fondation remonte aux années entre 1613 à 1616 par Sidi Muhammad bin Youssef, qui était célèbre pour son travail et sa droiture, car il avait un coin mobile.

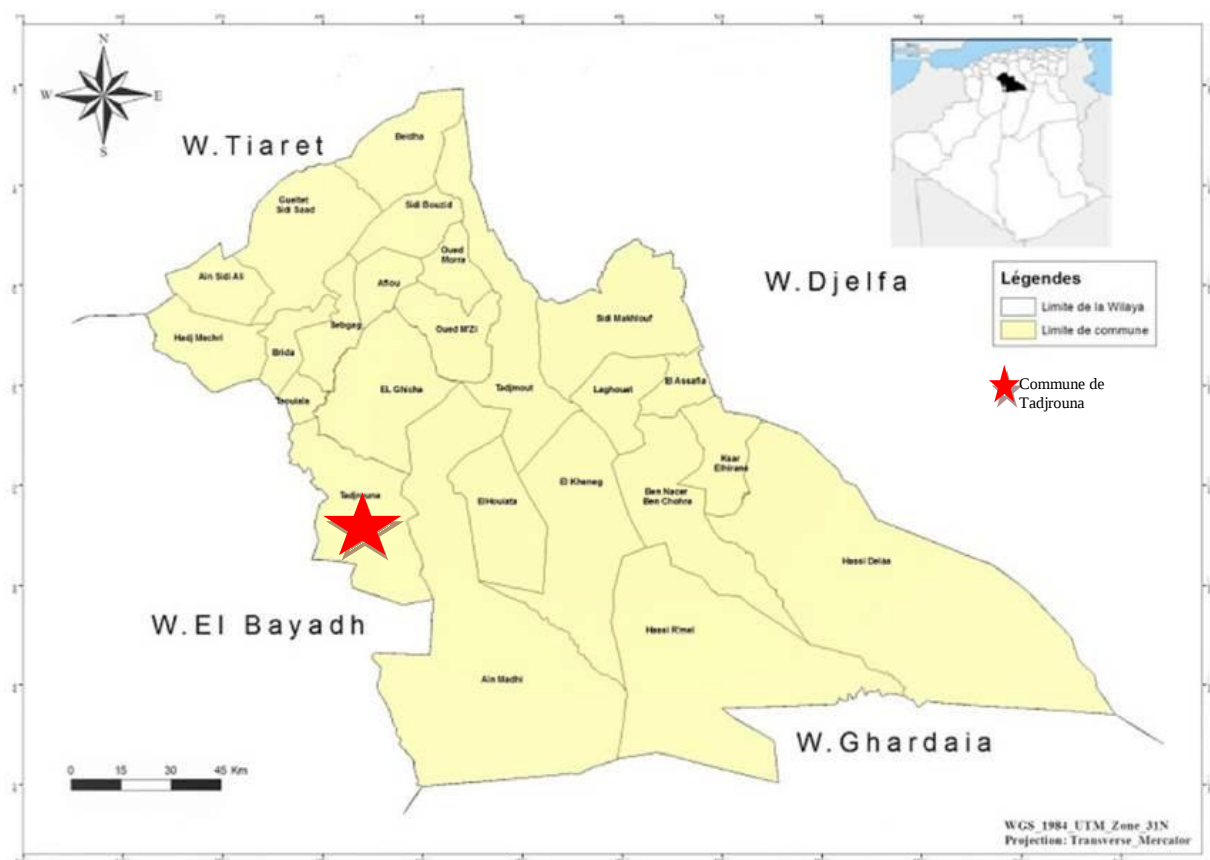


Figure (04) : Situation géographique de la commune de Tadjrouna par rapport à la wilaya de Laghouat

2. Situation et caractéristiques générales de la commune

La commune de Tadjrouna est rurale à vocation Agro- pastorale. Elle est issue du dernier découpage Administratif de 1984 elle est située sur le piémont sud de l'atlas Saharien, à 85 km à l'ouest du chef-lieu de la Wilaya. Elle est limitée :

- Au Nord par la commune d'El Ghicha
- A l'Est par la commune d'Ain Mahdi
- Au Sud par la commune de Brizina (Wilaya d'El BAYADH)
- A l'Ouest par la commune de Sidi Tifour (Wilaya d'El BAYADH)
- Au Nord - Ouest par la commune de Sidi Slimane (Wilaya d'El BAYADH)

La population communale est répartie sur une superficie de 113 000 ha, soit une densité de 0.05 personnes / ha. Il faut noter qu'une grande partie (80%) du territoire communale n'est constituée que des parcours, cela explique que le développement de l'activité agro - pastorale est conditionné par le développement des infrastructures hydrauliques.

2.1 Relief

Le relief : est d'une manière générale peu marqué, constituée de terrains plats, parfois légèrement ondulés sauf à l'extrémité Nord et Nord-Ouest, il s'agit de la partie sud de l'ensemble de Djbel Amour, ou le relief est accidenté.

La pente : La commune de Tadjrouna est située sur le piémont Sud De l'Atlas saharien, dans sa partie Ouest, constituée par DjBELs Amour. La déclivité des terrains ne constitue pas en dehors de ces zones, une contrainte aux différents types d'utilisation de ces terrains.

Les altitudes varient entre 1400 mètres au Nord-Ouest et moins de 800 mètres au Sud, les pentes sont généralement faibles.

2.2 Réseau hydrographique

Le territoire communal est parcouru par de nombreux cours d'eaux et d'Oueds, qui en rangeant les matériaux tendres du sol laissent apparaître des zones planes plus basses que les terrains environnants (Dépressions , Dayates , Maader). Le réseau hydrographique est irrégulier, endoréique et à écoulement temporaire Au Nord, les cours d'eau qui prennent naissances du piémont Sud s'alimentent de l'Atlas Saharien. Les principaux Oueds à Tadjrouna sont : Oud Zergoun , Oued Oglat Trifial au Sud , Oued Essed, Oued Bel Agig , Oued Mebzoug, Oued Besbessa au Nord .

2.2.1 Situation hydraulique :

Il existe un réseau d'adduction dans la commune de Tadjrouna avec une longueur de 1280 m.

- En matière d'AEP il y a quatre forages.
- Un forage pour l'alimentation non potable.

Tableau 03 : Les forages de la commune de Tadjrouna

forage	Profondeur (m)	H _M (m)	Débit exploité (1/s)	observation
F ₁ , F ₂ , F ₃	200	110	44	N.F
F ₄	100	100	6	N.F
4 forages	250	150	7	F
total	.	.	57	.

*N.F : non fonctionnel

F : fonctionnel 2000

2.2.2 Les réservoirs

Il a été recensé trois (03) ouvrages de stockage d'une capacité globale de 1150 m³ dont deux (02) parmi elles sont situés au niveau de l'agglomération du chef-lieu, avec une capacité totale de 650 m³, un autre ouvrage est localisé au niveau de l'agglomération secondaire à Lalmaya d'une capacité de 500 m³

**Partie 02 :
Chapitre IV
Matériel et
Méthodes**

1-PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

1.1 Choix du site

Les sites ont été choisis dont différents points afin d'atteindre l'objet de notre étude, comme suite :

Tableau (11) : les sites de prélèvement

Origine de l'eau	Nom	Location on nom	Profondeur (m)	L'année de forage
Forage 1	F1	Besbesa(1)	300	1975
Forage 2	F2	Besbesa(2)	200	2004
Forage 3	F3	Besbesa(3)	196	2006
Forage 4	F4	Besbesa(4)	180	2007
Forage 5	F5	Daya Ben Abdallah	180	2012
Forage 6	F6	Elsed(1)	170	2014
Forage 7	F7	Elsed(2)	120	1998
Forage 8	F8	Elmaia	120	1969



Figure (10) : Dayet Ben Abdallah

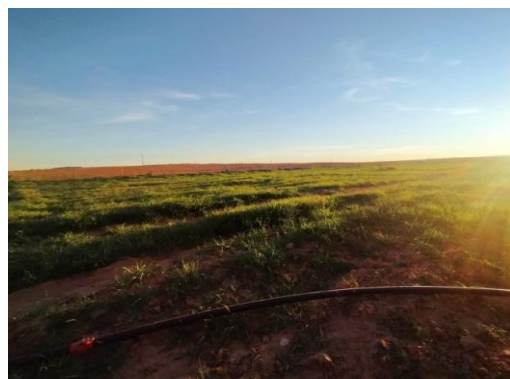


Figure (11) : la zone de Besbassa
(Original, 2023)



Figure (12) : la zone d'ESed



Figure (13) : la zone de l'Elmaia
(Original, 2023)

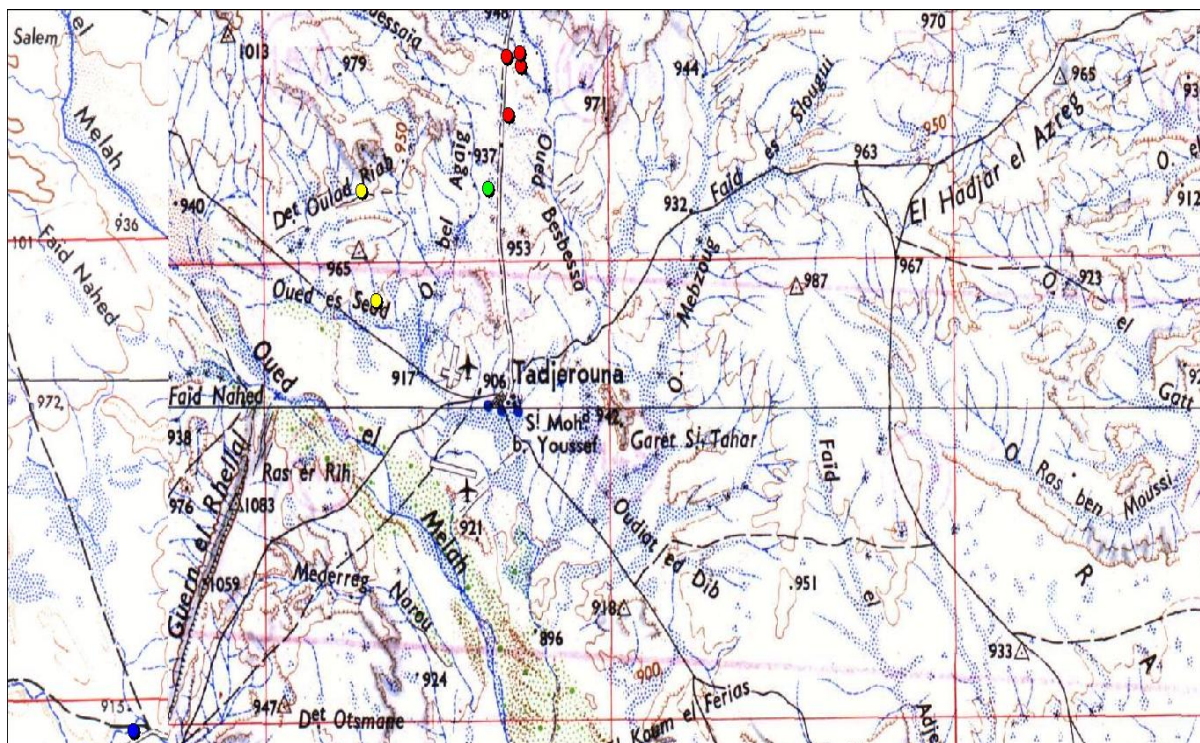


Figure (14) : Carte représentatif des points d'eau prélevées

1.2 Méthodologie de prélèvement

Ce travail a été réalisé à l'Algérienne des Eaux à Laghouat, pendant deux mois, de janvier à mars 2023. Le but de cette étude est d'évaluer la qualité de l'eau potable à Tadjrouna selon la réglementation algérienne (selon le journal officiel) ainsi que celle de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Dans l'esprit de mieux définir les différences pour assurer la qualité, la propreté et la sécurité de l'eau pour protéger le consommateur .

1.3 Technique de prélèvement

- ✓ Lavez-vous les mains avec du savon et de l'eau ,puis utilisez des gants stériles.
- ✓ Nettoyez l'extérieur du robinet pour enlever tous les débris.
- ✓ Ouvrez le robinet à son débit maximum et laissez couler l'eau pendant 2 à 5 minutes.
- ✓ Ferme le robinet•stérilisez le robinet avec un coton-tige imbibé d'alcool.
- ✓ Ouvrez le robinet et laissez couler l'eau à un débit moyen de 2 à 4 minutes.
- ✓ Ouvrez la bouteille stérilisée près du bec, remplir et sceller la bouteille immédiatement

Après le prélèvement. Le flacon ne sera jamais ouvert avant le début de l'analyse en laboratoire, c'est absolument nécessaire.

- ✓ Fermer le flacon avec son bouchon stérile.
- ✓ Étiquetez le flacon avec le numéro et le nom du district.
- ✓ Placer le flacon contenant l'échantillon dans une glacière maintenue à 4C.



Figure (15) : Technique de prélèvement (Auteur)

1.4 Transport et conservation des échantillons

Le temps entre le prélèvement de l'échantillon et l'examen ne doit pas dépasser 24 heures, toutes les analyses doivent donc être effectuées le plus rapidement possible afin d'éviter que le contenu microbien initial de l'eau ne change dans la bouteille après le prélèvement.

A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960 relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux potables précise que « si la durée du transport dépasse une heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 degrés Celsius, les échantillons sont transportés dans des glacières qui doivent être sous une température comprise entre 4 et 6°C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximum de 8 heures, après prélèvement l'échantillon » (Rodier et al., 2005).



Figure (16) : Transport et conservation des échantillons

2- ANALYSE DES ECHANTILLONS

2-1 Analyse bactériologique

2-1-1 Dénombrement des germes totaux

Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale donne le nombre de colonies qui se développent pendant 24 à 48 heures à 37°C° ou 72 heures à 22 C° sur un milieu gélosée glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) ensemencé avec 1 ml d'eau à analyser (AFNOR, 1997).

A partir l'échantillon d'eau à analyser, on prend aseptiquement 1 ml en double dans 2 boîtes de pétri vides, étiqueté et préparé à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA Porter au bain-marie jusqu'à fusion du milieu, refroidie à 44 °C 2 °C. Le milieu doit être coulé 15 minutes au plus tard après l'inoculation de l'eau à analyser dans la boîte.

Ensuite on agite les boîtes doucement par un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme de « 8 » pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte, et on laisse les boîtes à refroidir sur une surface parfaitement horizontale et fraîche.

Après solidification, incubé les boîtes dans une étuve, donc seront partagées en deux séries distinctes:

- La première série sera incubée à 22 +20° pendant 72h+3h
- La deuxième série sera incubée à 37 +20° pendant 24h +4h
- On conserve les boîtes à l'obscurité, couvercle en dessous .

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous forme lenticulaire et bien distincte, les boîtes moins de 300 colonies et de 15 colonies et plus qui nous avons retenus .

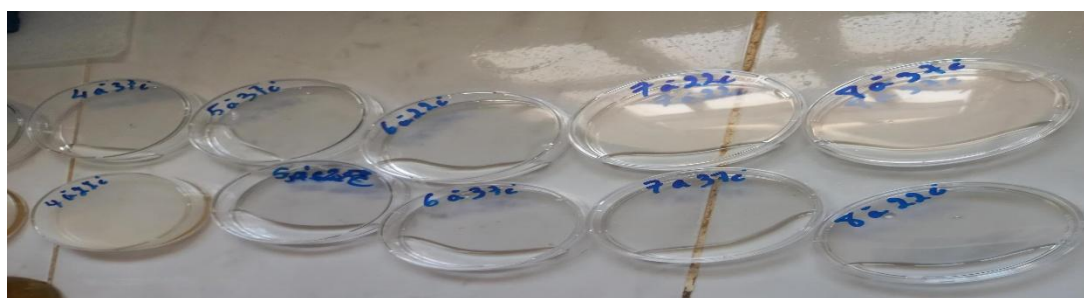


Figure (17) : Dénombrement de la flore mésophile aérobie total

Le calcul de la valeur du nombre (N), de microorganismes revivifiables à 22C+2C, et celle de nombre (N) de microorganismes revivifiables à 37C+2C à part, en tant que moyenne pondérée, sera suivant l'équation:

$$N = \Sigma c / 1.1 * d$$

Σc : Somme des colonies dénombrées sur deux boîtes.

d: Taux de dilution correspondant à la première dilution (ISO 6222, 1988).

Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml à 22°C et à 37°C, chaque colonie étant par convention considérée comme ayant été engendrée par un seul micro-organisme, ils sont exprimés en en UFC (**Rodier et al., 2005**).

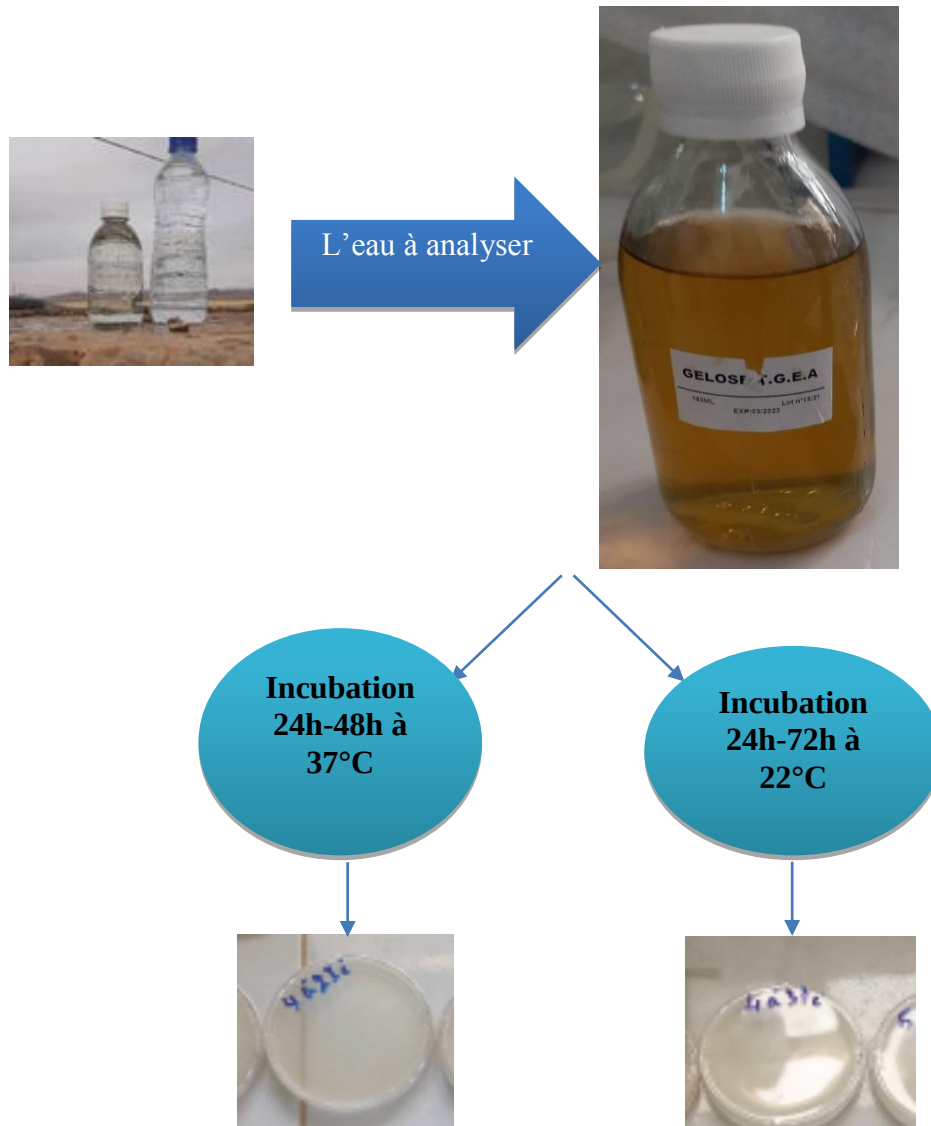


Figure (18): Recherche et dénombrement des germes aérobie mésophile aérobie

2-1-2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae, se présente sous forme des bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°. Les coliformes thermo tolérant ont les même propriétés avec les coliformes mais à 45 (**Rodier, 2009**).

La technique utilisée pour la recherche et dénombrement des coliformes dans le laboratoire et Nombre le Plus Probable (NPP), dans un milieu liquide sur BCPL « Le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol », la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux ainsi *l'Escherichia coli* par la technique en milieu lieu liquide, fait appel à deux tests consécutifs à savoir:

- Test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux,;
- Test de confirmation ou test de MAC KENIZIE : réservé à la recherche des coliformes fécaux ou thermo tolérant et *Escherichia Coli* (ISO9308, 2014).

a. Test de présomption

Dans un portoir, on met les tubes de milieu BCPL D/C et S/C avec une cloche de Durham, a Partir l'eau à analyser :

- On ajoute 10ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham;
- Ensuite, 1 ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham;
- On ajoute 0,1ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham .

On chasse le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'Inoculum, se fait à 37°C pendant 24h à 48h. Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoire décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP 100ml d'échantillon. Pour déterminé la NPP, on vérifie la combinaison formée par le nombre de tubes positifs qui présentent les dilutions 1:1, 1:10 et 1: 100 dans le test de confirmation (ISO 4813, 2013).

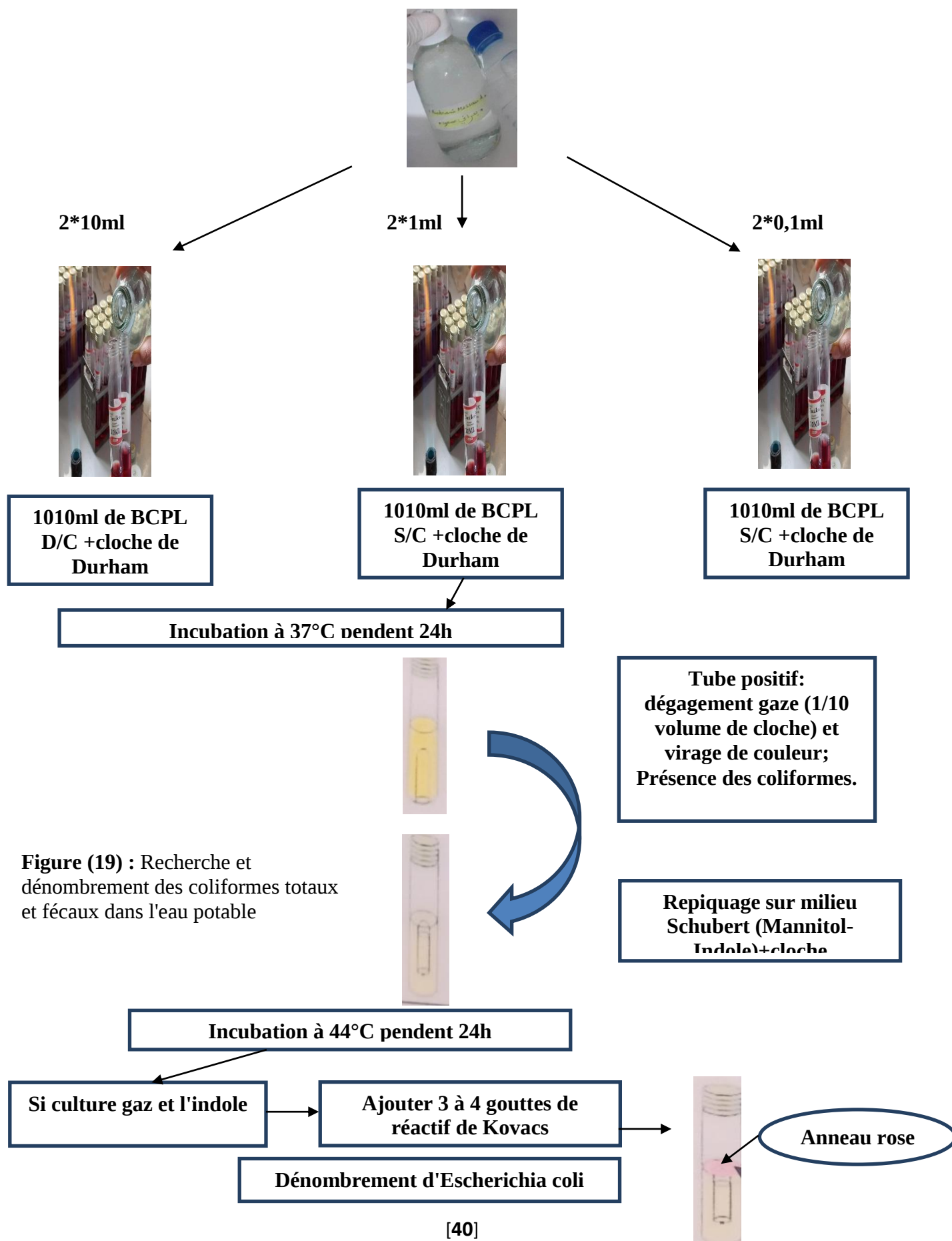
b. Test de confirmation

Le test de confirmation ou le test de Mac Keruse est basé sur la recherche des coliformes fécaux ou thermo tolérant parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Après l'agitation des tubes de BCPL positifs, à l'aide d'une pipette de Pasteur on prélève 1 ml de chacun pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham.

Le gaz présent éventuellement dans les cloches doit être chassé et bien mélangé dans le milieu, l'incubation se fait à 44°C pendant 24h.

Les tubes considérés comme positif, seront les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche, et un trouble bactérien :
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 3 à 4 gouttes du réactif de Kovacs;
- La lecture finale se fait selon la prescription de la table de Mac Grady NPP,
- En tenant compte de fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et l'indole à 44°C (**Rodier, 2009**).



2-1-3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux ou les *Entérocoques* intestinaux du groupe D, sont des bactéries Gram positif sous forme de cocci, sphérique ou ovoïde formant des chainettes, ne possédant pas de catalase. Ils sont capable de se développé en 24h-48h à 37°C sur un milieu sélectif (milieu Rothe) , ce sont témoins de la pollution fécale, car tous ont un habitat fécal (ISO 7899-2, 2000).

Le nombre de streptocoques étant en général plus élevé, on utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif (milieu de Rothe). Un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un streptocoque fécal présumé provenant l'inoculum. On doit donc vérifier dans un deuxième temps si les bactéries qui ont était cultivés sont bien des streptocoques. On utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positifs dans le milieu de litsky.

a. Test de présomption

Dans un portoir on prend les tubes de milieu Rothe D/C et S/C, a partir l'eau à analyser :

- Ajoute 10ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10ml de milieu Rothe D/C;
- Ajoute 1ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10ml de milieu de Rothe S/C;
- Ajoute 0,1ml d'eau à analyser pour chacun deux tubes contenant 10ml de milieu de Rothe S/C .

On mélange bien le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h-48heure. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal;
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

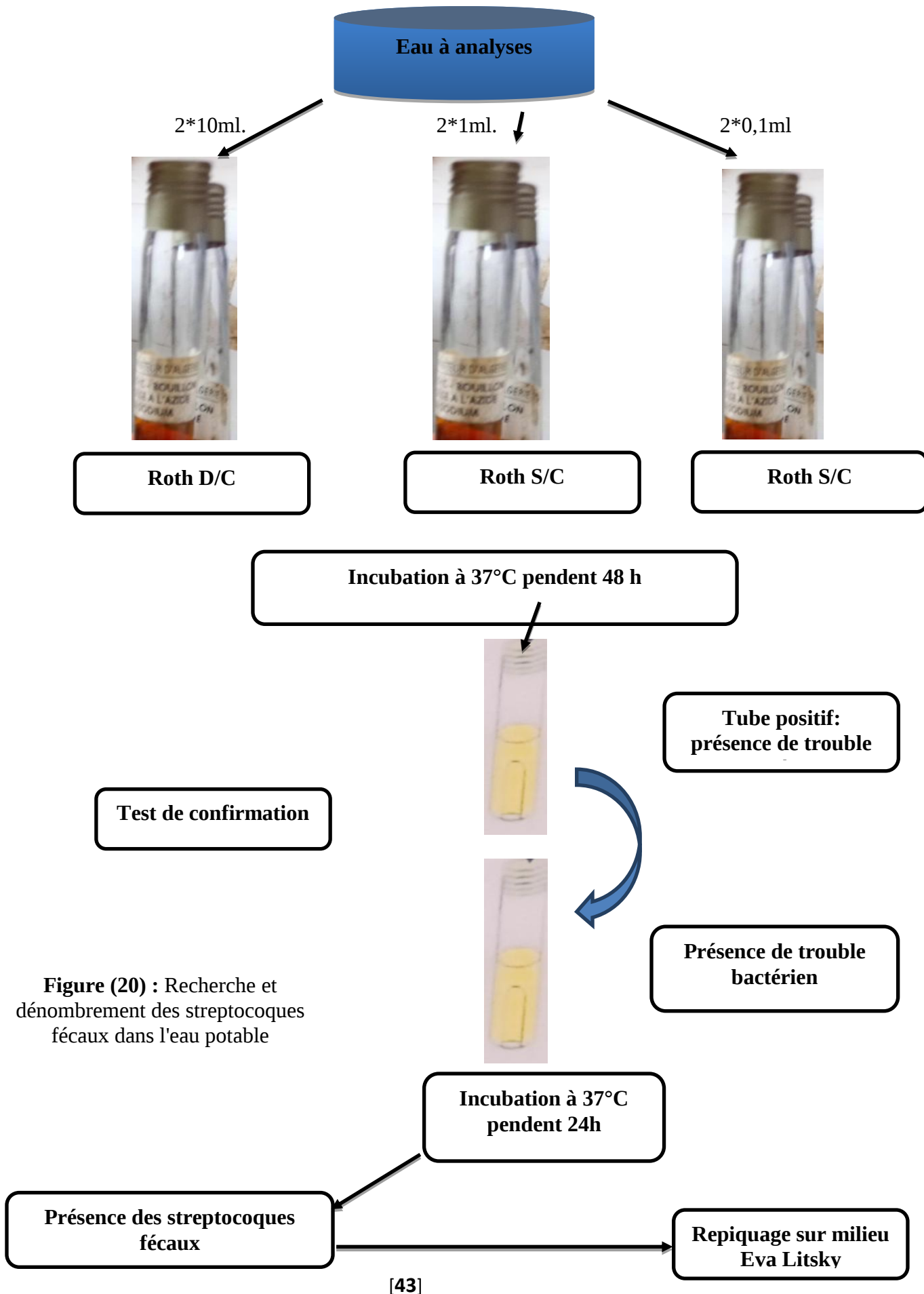
b. Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Après l'agitation des tubes de Rothe positifs, à l'aide d'une pipette Pasteur prélevée de chacun 1ml don't faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Litsky Eva. Bien mélangé le milieu et l'inoculum, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien;
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes:

La lecture finale se fait selon les prescriptions du tableau du NPP, le nombre de streptocoque fécaux de l'eau analysée est par 100ml ([Rodier et al., 2005](#)).



2-1-4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfite-réducteur

Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale et généralement des indices de contamination ancienne. Se présente sous forme de bactéries à gram positif, elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite sodium (Na₂SO₃) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe donne FeS (sulfure de fer) de couleur noir (Rodier, 2009).

a. Mode opératoire

Il faut chauffer préalablement la suspension mère dans un bain marie pendant 10 minutes à 80°C. Cette étape de chauffage permet de préparer les spores à la germination, on l'appelle cette étape l'activation. La germination consiste en un gonflement de la spore, pertes des différentes résistances et l'augmentation de l'activité métabolique.

De nombreux composés favorisent la germination après l'activation, notamment les acides-amine et les sels. La germination est suivie de la croissance bactérienne.

On répartit le milieu viande foie (VF) dans des tubes à raison de 20ml de milieu par tube (à l'état liquide) autoclave à 15mn à 121°C. Puis on refroidit à 45-50°C et on ajoute à chaque tube les solutions tièdes suivantes :

- 0,5ml d'une solution aqueuse de Sulfate de Na à 5% stérilisé;
- 2 gouttes d'une solution aqueuse d'alun de fer (Citrate de fer ammoniacale);
- 5ml d'inoculum, doit être mélangé doucement sans incorporer d'air;
- L'Incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

L'apparition des taches noires qui représentent les colonies de Clostridium; ces taches noires sont des sulfures de fer qui résultent de la réduction des sulfites. L'apparition des tubes complètement colorés en noir est due probablement à la durée de conservation prolongée (température élevée).

Après une incubation de 24 heures à 37°C on n'observe pas de colonies noires. L'eau à analyser ne contient donc pas de spores de Clostridium sulfite-réducteur (ISO6461, 1986) .

2-2 Analyses Physico-chimiques

2-2-1 Détermination du pH

Le pH est mesuré à l'aide de la méthode de mesure électro métrique : le pH-mètre fonctionne à l'aide d'une source d'alimentation. Appuyez sur le bouton "ON" pour allumer l'appareil puis Plonger la sonde dans le bécher contenant l'échantillon, la valeur du pH s'affiche directement.



Figure (21) : Détermination du pH et de la température (Auteur, 2023)

2-2-2 Détermination de la température

Elle se fait à l'aide d'une sonde de température qui est connectée au pH mètre. (Figure précédente)

2-2-3 Détermination de la turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. À l'aide d'un turbidimètre, placez une cuvette de contrôle contenant de l'eau distillée, placez la cuvette dans le puits de mesure et fermez le couvercle, remuez l'échantillon et remplissez la cuvette jusqu'au repère et branchez-la, procédez aux mêmes étapes pour le témoin, puis notez le résultat lorsque le signal est stable, le résultat est donné en UTN (unité de turbidité néphélométrique).



Figure (22) : Détermination de la turbidité (Auteur, 2023)

2-2-4 Mesure de la conductivité

Mesure de la conductivité électrique de l'eau, c'est-à-dire sa capacité à transporter le courant électrique, que ce soit sur le terrain ou en laboratoire. Verser l'échantillon d'eau à tester dans un bécher, puis plonger l'électrode dans l'eau de prélèvement et lire la valeur de conductivité lorsque la valeur affichée est stable. Faire de même avec les autres échantillons en rinçant la sonde avec de l'eau distillée après chaque mesure.

2-2-5 Détermination de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

Le titre hydrométrique indique la teneur globale en sels de calcium et magnésium qui sont responsables de la dureté de l'eau dans la plupart des eaux naturelles. A l'aide d'une pipette, introduire 10 mL d'eau à analyser dans un bécher, puis ajouter 3 ou 4 gouttes de tampon (pH=12) et 1 goutte d'indicateur coloré (NET) et placer une bateau magnétique au-dessus d'une plaque chauffante. Titrer la solution en ajoutant goutte à goutte de l'EDTA (dosage de TH + Ca) jusqu'à ce que la couleur apparaisse violet à bleu clair, et on note le volume équivalent de V.

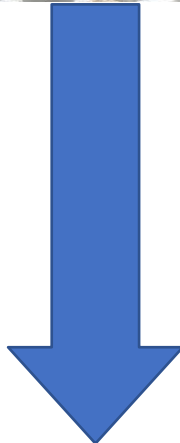
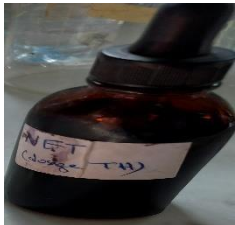
L'eau analysée



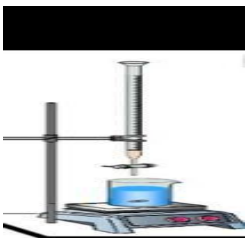
A l'aide d'une pipette,
introduire 10 mld'eau à
analyser dans un bécher



Ajouter 3 ou 4
gouttes de
tampon (ph=12)
et 1 goutte
d'indicateur
coloré (NET)



Placer un bateau
magnétique au-dessus
d'une plaque chauffante



Titrer la solution en
ajoutant goutte à
goutte de l'EDTA
(dosage de TH +ca) jusqu'à ce que la
couleur apparaisse violet à bleu clair.



On note le
volume équivalent de V.

Figure (23) : Détermination de la dureté totale TH (Auteur, 2023)

2-2-6 Détermination du total des sels dissous (TDS)

Il est important pour la santé de mesurer la teneur en TDS dans l'eau. Plus il y a de solides dissous dans l'eau (une valeur TDS élevée), plus il y a de chances qu'elle contienne des substances nocives. Les substances nocives ne sont bonnes pour personne et augmentent le risque de problèmes de santé. Inversement, plus la valeur TDS est faible, plus votre eau potable est pure. L'eau pure peut être utilisée plus facilement par votre corps pour hydrater les cellules de façon optimale. Une personne a besoin d'environ 2 litres d'eau pure par jour pour hydrater suffisamment son corps. On peut mesurer combien de substances dissoutes sont présentes dans l'eau avec un compteur TDS pour déterminer la pureté de l'eau potable.

2-3 Anion

2-3-1 Détermination des chlorures(Cl)

a. Principe

Dosage du chlore combiné à l'état de chlorures par le Nitrate d'Argent en présence de chromate de potassium comme indicateur. Le dosage des chlorures s'effectue sur des échantillons d'eau, après détermination du TA et du TAC.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 10 mL d'eau à analyser dans un bécher, ajouter un goutte d'indicateur chromate de potassium (K_2CrO_4) et titrer la solution en ajoutant goutte à goutte du nitrate d'argent jusqu'à l'obtention d'un brun rougeâtre (précipité rouge brique), marqué par volume équivalent V.

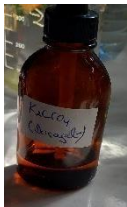
L'eau analysée



A l'aide d'une pipette, introduire
10 mld'eau à analyser dans un
bêcher



Ajouter une goutte
d'indicateur chromate de
potassium (K_2CrO_4)



Placer un bateau
magnétique au-dessus
d'une plaque chauffante



Titrer la solution en ajoutant goutte à
goutte du nitrate d'argent jusqu'à
l'obtention d'un brun rougeâtre
(précipité rouge brique)



On note le
volume équivalent de V.

Figure (24) : Détermination des Chlorures (Auteur, 2023)

c. Expression des résultats

La concentration des Chlorures est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$(Cl) = (V-b) \times (1000/v \times K) \times 0,0282$$

V: volume titrer d'AgNO₃

b : volume d'AgNO₃ utilisé dans le cas de l'essai à blanc

v : volume de prise d'essai (100 ml)

K : Facteur de dilution .

2-3-2 Dosage de l'alcalinité

a. Principe

La technique est basée sur le dosage des bases qui se trouvent dans une eau telle que CO₃²⁻, HCO₃⁻ et OH⁻. Elle se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée acide minérale, le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés.

Ces bases ne sont pas nocives pour la santé des consommateurs, mais leur limitation dans l'eau est très intéressant, par exemple, l'élévation de la température conduit à la précipitation des ions CO₃²⁻ et HCO₃⁻, ce qui gêne la conduction thermique qui peut être à l'origine d'incendie.

TA : titre alcalimétrique permet la mesure de la teneur en Hydroxyde et en Carbonates.

TAC : titre alcalimétrique complet mesure la somme des alcalins libres (OH⁻), Carbonates et Bicarbonates.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, prélever 10 mL d'eau à analyser dans un bécher, ajouter une goutte d'indicateur méthyl orange et titrer avec une solution d'acide sulfurique (0,0865N) jusqu'à obtention d'une couleur jaune orangé à rouge brique, et observé le volume équivalent.

L'eau analysée



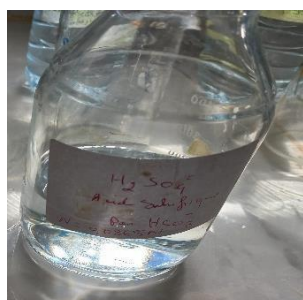
A l'aide d'une pipette,
prélever 10 ml d'eau à
analyser dans un
bécher.



Ajouter une goutte
d'indicateur méthyl
orange et placer un
bateau magnétique au-
dessus d'une
chauffante.



Titrer avec une
solution d'acide
sulfurique
(0,0865N) jusqu'à
obtention d'une
couleur jaune orangé
à rouge brique



On note le
volume équivalent de V.

Figure (25) : Dosage de l'Alcalinité (Auteur, 2023)

2-3-3 Dosage de nitrate

a. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique à la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 10 ml d'eau à analyser dans un bécher, ajouter 4 gouttes d'acide acétique et 8 gouttes de nitrate de sodium, laisser reposer 5 minutes puis ajouter 0,5 ml de salicylate de sodium. Laisser ensuite évaporer à sec dans une étuve, puis laisser refroidir dans une hotte chimique, ajouter 16 gouttes d'acide sulfurique, laisser reposer 15 minutes et ajouter 10 ml de NaOH 20%. Lire le résultat avec un spectrophotomètre.

L'eau analysée



A l'aide d'une pipette,
introduire 10 ml d'eau à
analyser dans un bécher



Ajouté 4gouttes d'acides
acétique + 8outtes nitrate
de Nareposer 5min + 0,5
salicylate Na + séchage
dans étuve



Après le séchage, nous
ajoutons 16 gouttes
d'acide
sulfurique+15min+10ml
NaoH. Lire le résultats de
avec un
spectrophotomètre

Figure (26) : Dosage de nitrate (Auteur, 2023)

2-3-4 Dosage de nitrite

a. Principe

La diazotation des nitrites en milieu acide et leurs copulations avec N-(1naphtyl). L'Éthylène-diamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage Calorimétrique à la longueur d'onde $\lambda = 543\text{nm}$.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, 50 ml de l'eau à analyser sont prélevés dans un bécher, 1 ml du réactif mixte est ajouté en attendant 10 minutes, la couleur rose qui apparaît indique la présence de NO_2 , la lecture est effectuée par un spectrophotomètre.



Figure (27) : Spectrophotomètre (Auteur, 2023)

2-3-5 Dosage de sulfate

a. Principe

Précipitation des ions sulfates par le Chlorure de Baryum en milieu Chlorhydrique à l'état de Sulfate de Baryum, et mesure de la turbidité à une longueur d'onde $\lambda = 546\text{ nm}$.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette prend 50 ml d'eau à analyser dans un bécher, on ajoute 1ml de la solution stabilisante et 1ml de chlorure de Baryum, remplit la cuvette avec l'échantillon, agitée

en agitateur magnétique pendant 1mn, on Placé le blanc dans le puits de mesure pour ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche ZERO , en fin on Place l'échantillon préparé dans le puits de mesure.

2-4 Cation

2-4-1 Dosage de calcium

a. Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide EDTA à pH=10. L'indicateur coloré est le NET (Noir d'EriochromeT), qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

b. Mode opératoire

A l'aide d'une pipette on met 10ml de l'eau à analyser dans un bécher puis on ajoute (04) quatre gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et une pincée de calcon + NaCl, ensuite on titre avec l'EDTA goutte à goutte jusqu'au virage violet au bleu, on note le volume équivalents.

c. Expression des résultats

$$Ca = V_e \times 40,08$$

2-4-2 Dosage de magnésium

$$Mg = ((TH/50) - (Ca/20,4)) \times 12,16$$

2-4-3 Dosage de potassium

a. Principe

La photométrie de la flamme est une procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino – terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium... etc.) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Appareil Dr. LANGE (JENWAY), Le résultat est donné directement en mg/l.

**Partie 02 :
Chapitre V
Résultats et
Discussions**

1. RESULTATS ET INTERPRETATION DES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES :

Tableau (12) : Résultats de l'analyse statistiques uni varies des resultats de l'analyse physicochimique

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Ph	8,00	7,22	7,26	7,24	0,01
Température (C°)	8,00	21,40	22,30	21,99	0,29
Conductivité(Us)	8,00	451,00	2350,00	1265,13	784,52
Turbidité(NTU)	8,00	0,10	1,20	0,30	0,38
TDS(mg/l)	8,00	251,00	1683,00	843,88	572,36
TH(mg/l)	8,00	230,00	1050,00	604,25	293,30
cl-(mg/l)	8,00	71,00	355,00	206,79	113,88
Hco-(mg/l)	8,00	158,00	263,50	188,49	38,61
No-3(mg/l)	8,00	1,85	6,04	3,31	1,45
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	8,00	124,90	412,30	252,09	109,74
Ca+(mg/l)	8,00	24,04	60,12	35,57	11,22
K+(mg/l)	8,00	0,60	1,70	0,99	0,45
Mg+(mg/l)	8,00	34,05	238,34	125,37	71,52
Na+(mg/l)	8,00	7,70	24,40	16,31	7,59

1- PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

1-1 La turbidité :

Les résultats des analyses des eaux obtenues avec le turbidimètre déterminent une variation entre 0,1 NTU et 1,20 NTU. Donc, dans les systèmes de distribution d'après la norme algérienne et la norme l'OMS ne doivent jamais dépassés 5 NTU.

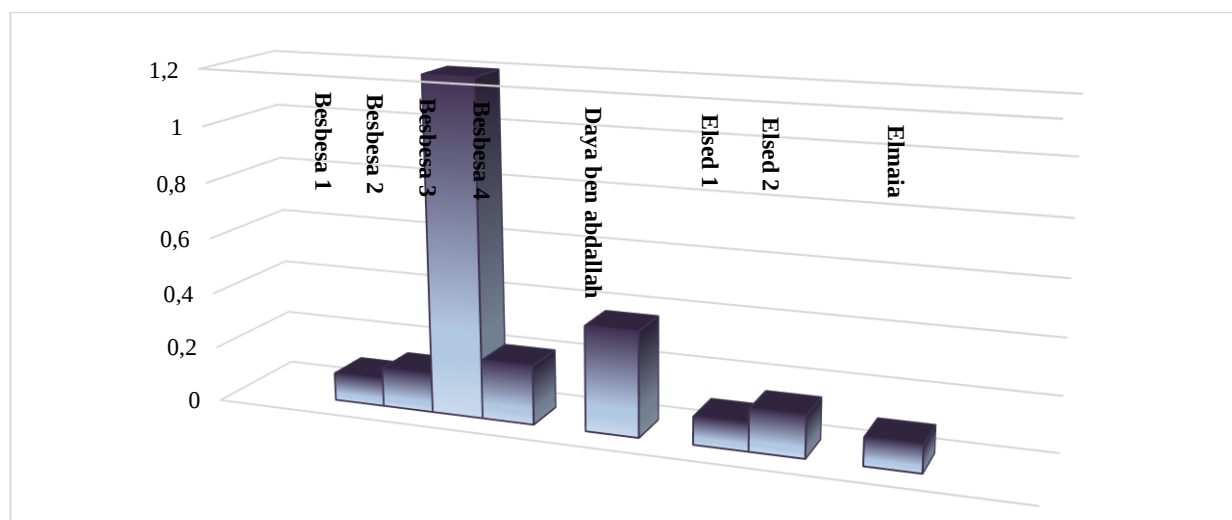


Figure (27) : Histogramme représentatif de La turbidité des eaux analysées dans chaque site

2-PARAMETRES PHYSIQUES

2-1 Température

La température de l'eau analysée est entre 21,4 C° et 22,3 C°, dans la norme algérienne la température maximale est 25 C°, dans la norme de l'OMS la température est entre 20 - 22 C°. Donc, les valeurs de température sont excellentes.

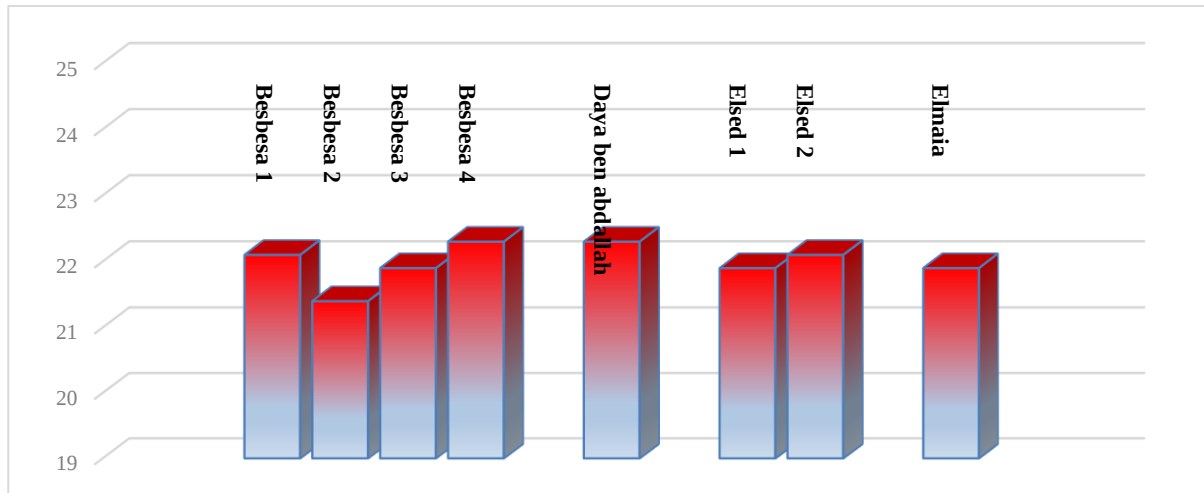


Figure (28) : Histogramme représentatif de La température des eaux analysées dans chaque site

2-2 pH :

Le pH de l'eau peut influencer sur les caractéristiques physiques, chimiques, bactériologiques, Après l'analyse fait pour les forages de la commune de Tadjrouna, on remarque que les valeurs de pH sont proches ; ils varient entre 7.22 (**Besbesa 4**) et 7.26 (**Besbesa 2**), Donc selon la norme algérienne la valeur de pH est donnée entre 6,5_9. Selon l'OMS, le pH n'a pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5_9,5. Alors des eaux analysées est un pH neutre, cette relation de neutralité dans les aquifères profonds est due à la consommation de CO₂ suite à l'hydrolyse des silicates entrainant l'augmentation de l'alcanité (HCO₃).

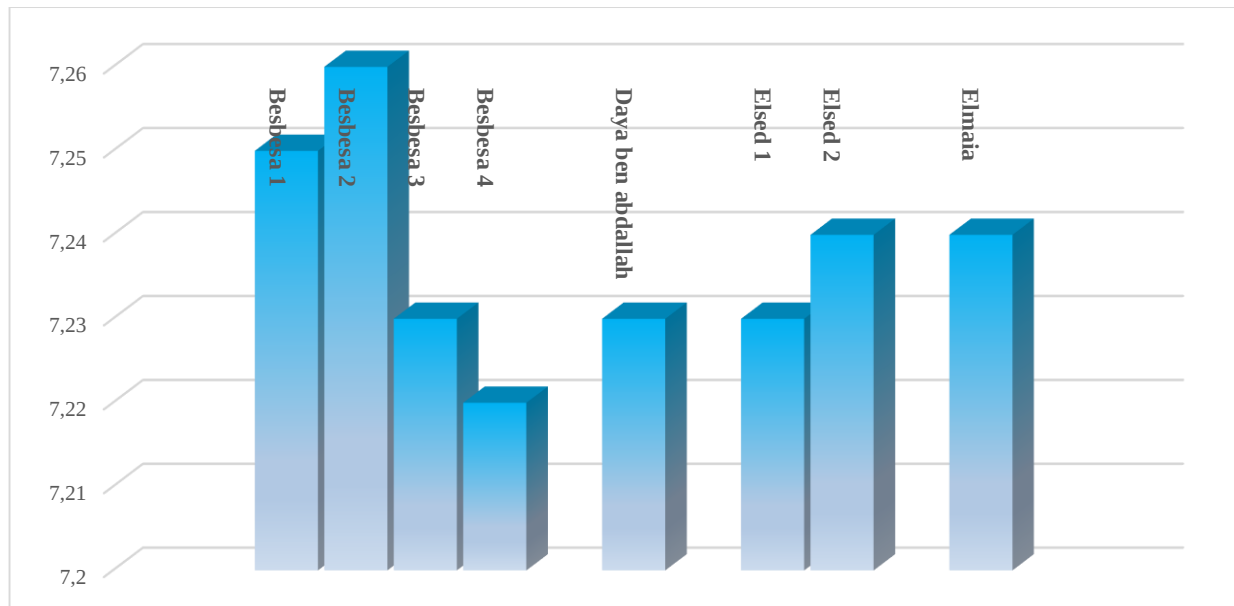


Figure (29) : Histogramme représentatif de Le pH des eaux analysées dans chaque site

2-3 Conductivité électrique :

La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement, dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium, sodium, de chlorure et des bicarbonates, etc....

Les analyses présentent des valeurs comprises entre 451 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (**Besbesa 4**) et 2350 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (**Elsed 1**) en fonction de la température et qui restent conformes aux normes qui fixent une limite maximale de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

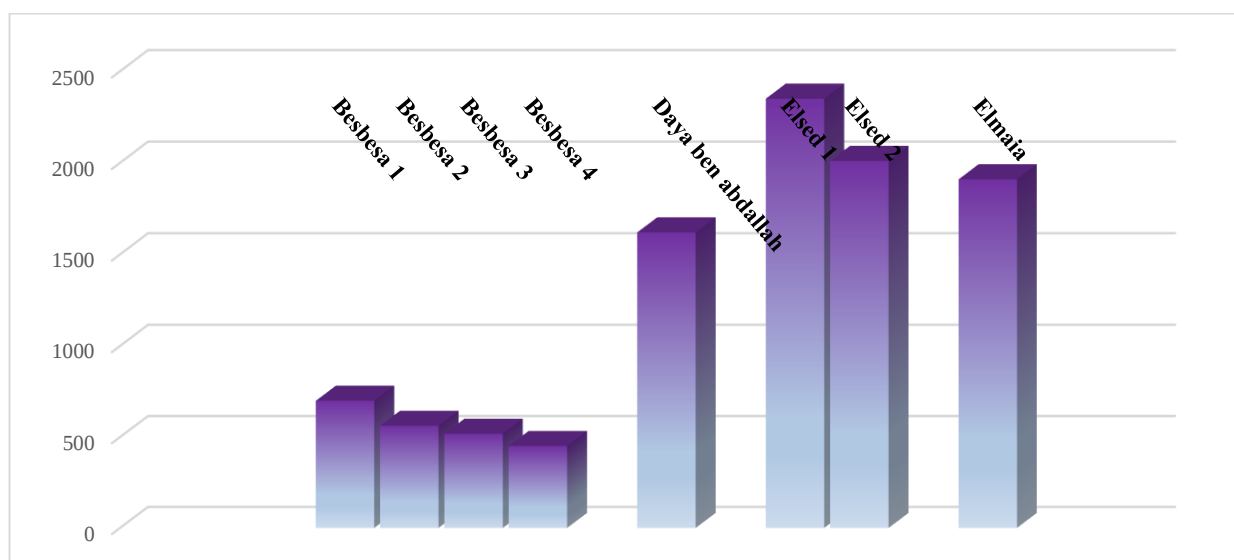


Figure (30) : Histogramme représentatif de La conductivité des eaux analysées dans chaque site

3 - PARAMETRES CHIMIQUES

3-1 La dureté :

Ce paramètre est principalement lié à la présence de calcium et de magnésium dans l'eau, elle est exprimée en mg/L, les valeurs de la dureté étudiée varient entre 230mg/L (**Besbesa 3**) et 1050mg/L (**Elsed 1**),

On remarque que la dureté de l'eau examiné est acceptable à (**Besbesa 1, Besbesa 2, Besbesa 3**) par contre aux les forages suivants (**Basbesa 4, Daya ben abdallâh, Elsed 1, Elsed 2, Elmaia**) ils dépassé les normes.

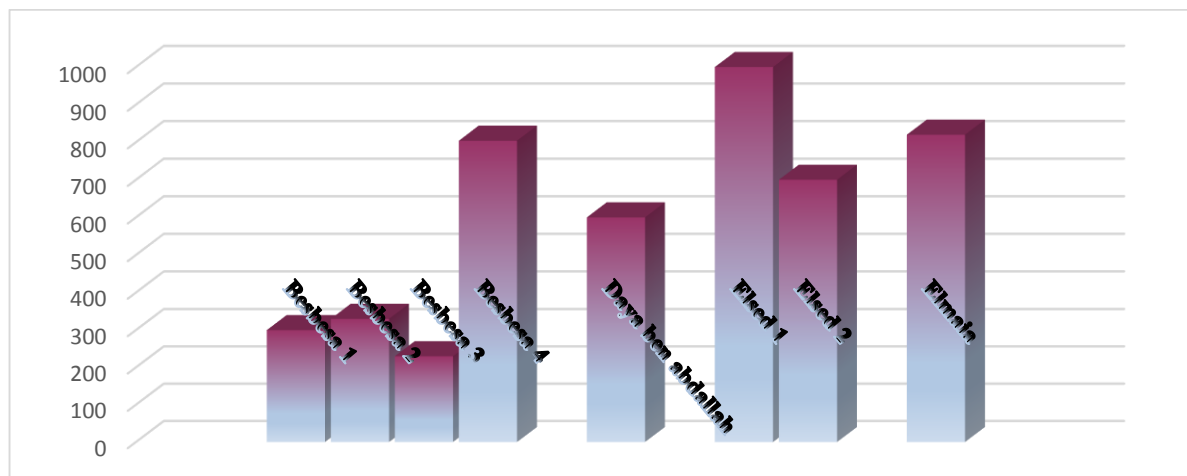


Figure (31) : Histogramme représentatif de La dureté des eaux analysées dans chaque site

3-2 Le Total des sels dissous TDS

Le Total des sels dessous est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques, signifie totale de solide dissous et représente la concentration totale des substances dans l'eau généralement, une concentration très basse de TDS donne un goût fade à l'eau qui est indispensable à beaucoup de personnes.

Les valeurs de TDS restent dans les normes (500-1500 mg/l). Elles varient de 251mg/l (**Besbesa 4**) et 1683mg/l (**Elsed 1**), on remarque que le résultat de forage 6 (**Elsed 1**) dépasse les normes.

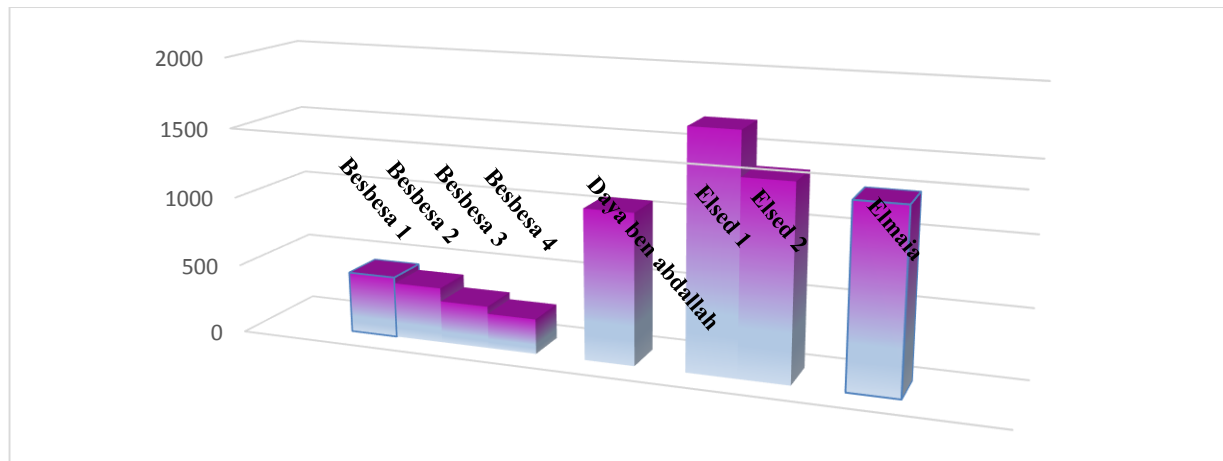


Figure (32) : Histogramme représentatif de TDS des eaux analysées dans chaque site

3-3 Magnésium :

La teneur en magnésium dans les eaux des forages analysées varie entre 34,19mg/L (**Besbesa 3**) et 238,45(**Elsed 1**) mg/L, ce qui conforme avec les normes. Donc la teneur de Mg⁺ elle dépasse la valeur guide de l'OMS et algérienne à forage 4(**Besbesa 4**), forage 6(**Elsed 1**) et forage 8(**Elmaia**).

Ces concentrations sont en fonction de la nature géologique des terrains traversés et ces origines sont comparables à celle de calcium.

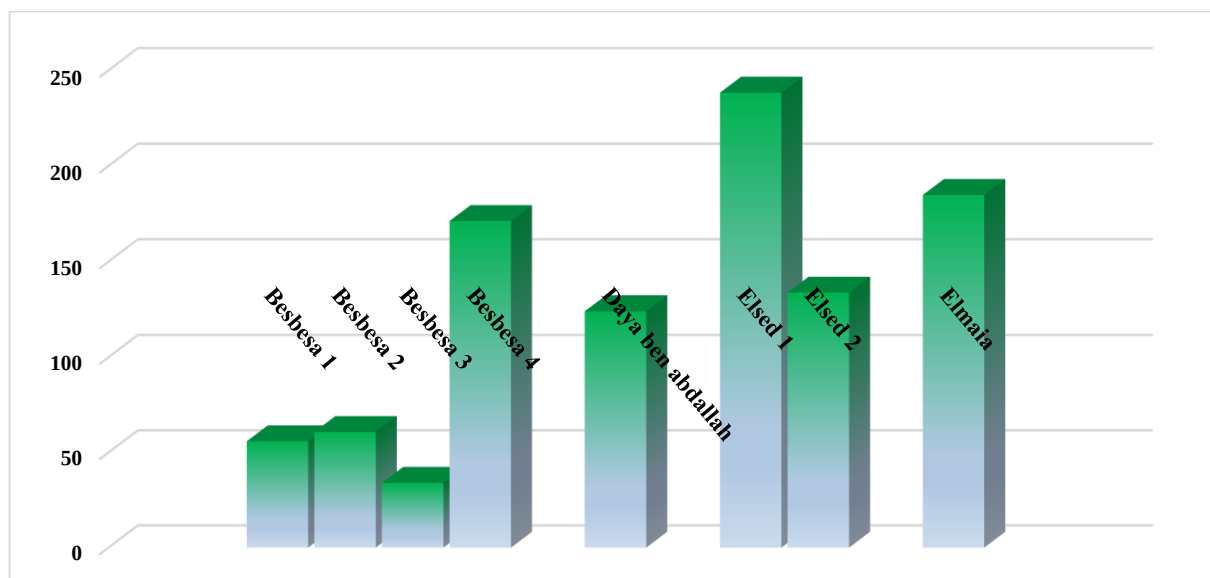


Figure (33) : Histogramme représentatif de teneur en Magnésium des eaux analysées dans chaque site

3-4 Calcium :

Le calcium est l'élément et le paramètre dominant des eaux potables qui contribue à la minéralisation des eaux. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé augmente pour les terrains calcaires et surtout gypseux.

Pour les eaux analysées la teneur en calcium varie entre 24,04mg/L(**Elmaia**) et 60,12mg/L (**Elsed 2**), il est conforme à les normes 200mg/L, La teneur en calcium liée à la nature géologique des terrains traversés.

Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit les dissolutions des formations gypseuses (CaSO_4).

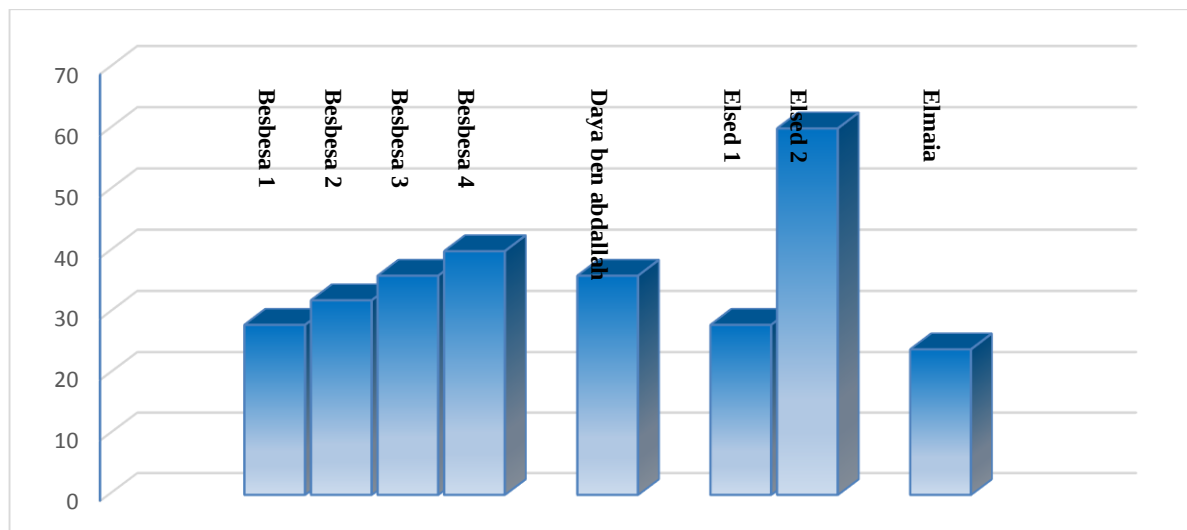


Figure (34) : Histogramme représentatif de teneur en Calcium des eaux analysées dans chaque site

3-5 Potassium :

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour lesquelles les besoins de l'organisme par jour sont importants, il est étroitement rattaché au sodium à tel point.

Après les résultats d'analyse des eaux, on remarque que les valeurs de K^+ varient entre 6mg/L (**Besbesa 2, 3,4**) et 17mg /L (**Elsed 1**), selon les normes de l'OMS on remarque que les échantillons d'eau analysés à des forages suivants (**Elsed 1, Elsed 2, Elmaia**) dépassé les normes exigées par l'OMS. Par contre, les autres points d'eaux révèlent des concentrations en K^+ conforme aux les normes.

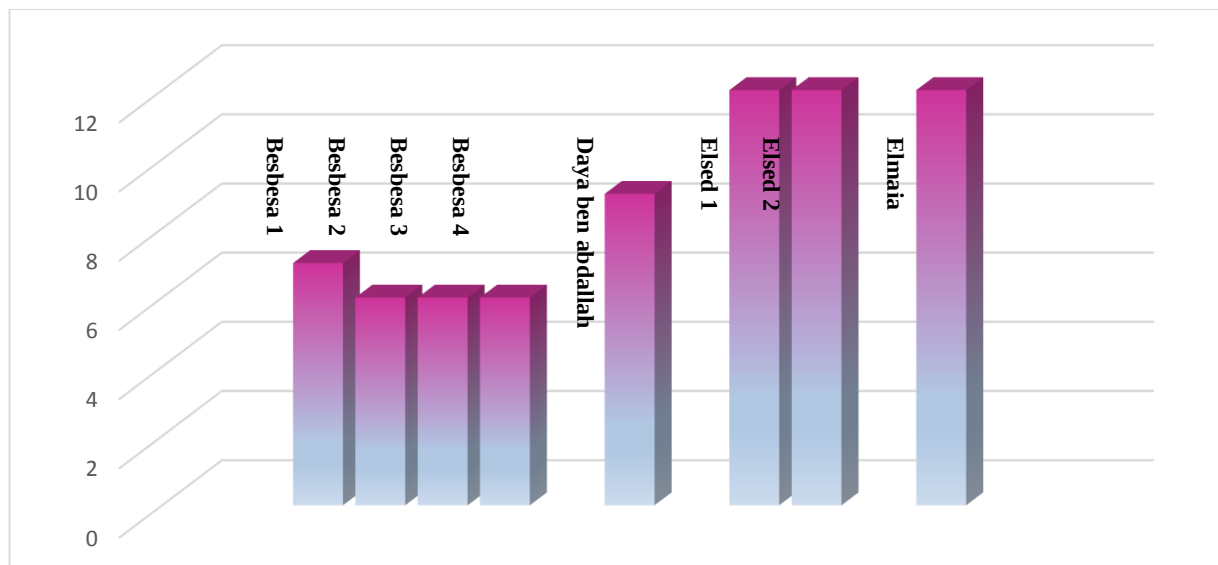


Figure (35) : Histogramme représentatif de teneur en Potassium des eaux analysées dans chaque site

3-6 Sodium :

L'eau potable est une source peu importante de sodium, est un ion essentiel des liquides corporels.

La teneur en sodium après les analyses est variée entre 77mg/L (**Besbesa 4**) et 244 mg/L (**Daya ben abdallâh**), et selon les normes la teneur de Na^+ fixe à 200mg/L. Donc nous remarquons que les résultats dépassent les normes à (**Daya ben abdallâh**, **Elsed 1**, **Elsed 2**, **Elmaia**).

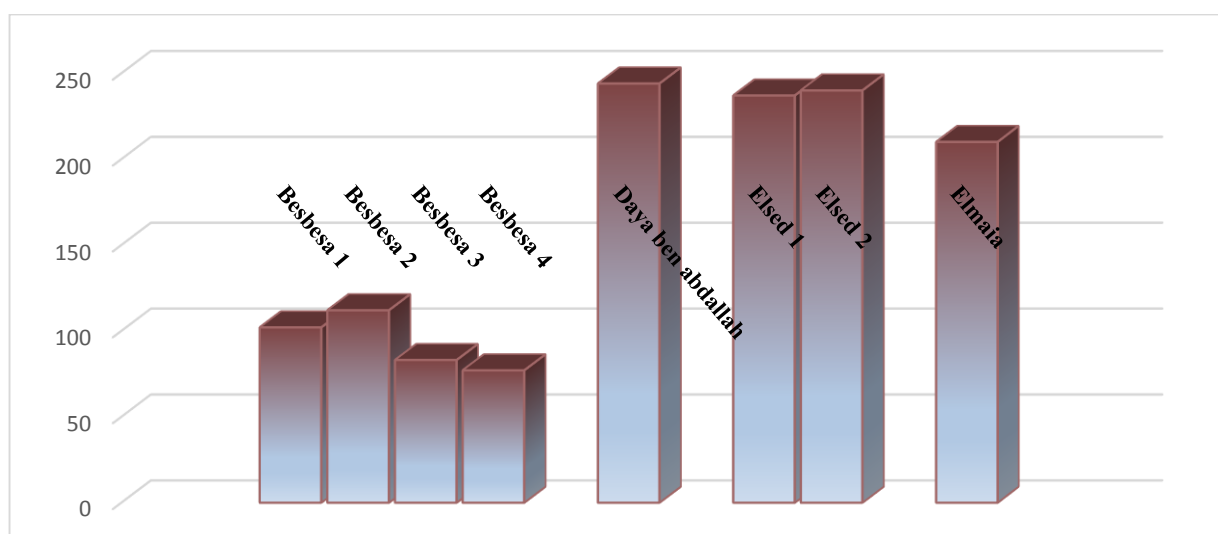


Figure (36) : : Histogramme représentatif de teneur en sodium des eaux analysées dans chaque site

3-7 Le chlorure :

Cet élément est très répandu dans la nature, l'ion de chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile.

La teneur en chlorure dans l'OMS qui fixe une valeur de 250mg/L, et selon la norme algérienne qui fixe une valeur de 500 mg/L et après les analyses des eaux les résultats se varient entre 71mg/L (**Besbesa 1, Besbesa 2**) et 355 mg /L (forage 8), donc elle est acceptable selon la norme algérienne.

Selon la norme OMS les forages suivants (**Elsed 1, Elsed 2, Elmaia**) dépassent la valeur limitée. Le plus grand inconvénient des chlorures et la saveur désagréable, la teneur en chlorure augment avec le degré de minéralisation d'une eau, (aussi de la conductivité). La teneur en eau dépende de l'origine de l'eau et de la nature de terrain traverse.

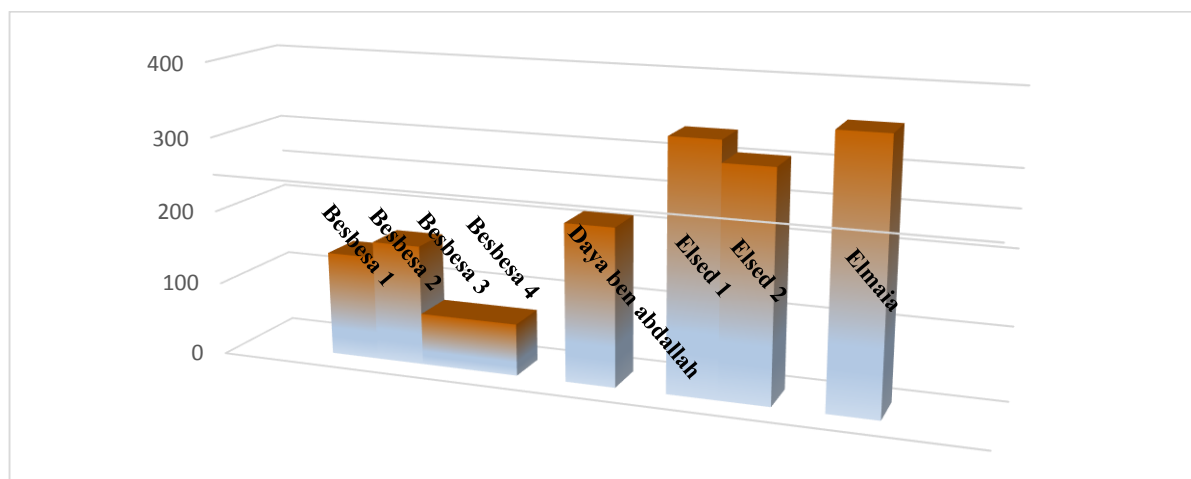


Figure (37) : Histogramme représentatif de teneur en chlorures des eaux analysées dans chaque site

3-8 Les Sulfates

Les teneurs des sulfates oscillent entre 124,9 mg/l (**Besbesa 4**) et 412,3(**Elsed 1**) mg/l et sont d'une manière générale acceptable pour la consommation humaine selon la norme algérienne qui fixe la valeur maximale admissible 400mg/l et la norme d'OMS 250mg/l.

Après les résultats nous remarquons que la teneur en sulfate est acceptable sauf (**Daya ben abdallâh, Elsed 1, Elsed 2, Elmaia**) qui dépassent les normes de OMS.

La teneur de sulfate liée à la nature de terrain qui l'eau travers surtout les sols contenant

le gypse.

De forte concentration en sulfate provoquant trouble gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable à l'eau.

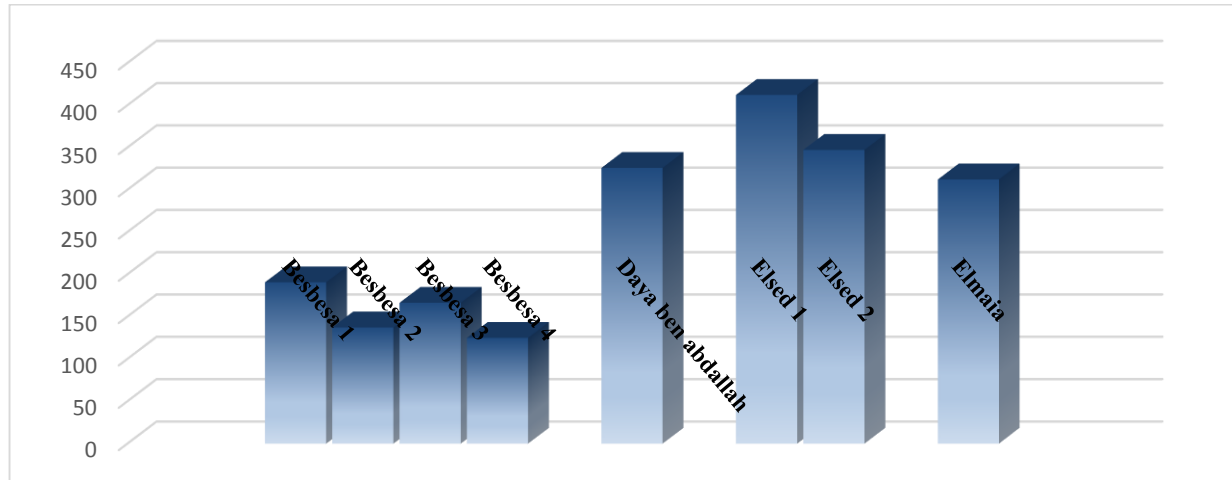


Figure (38) : Histogramme représentatif de teneur en sulfates des eaux analysées dans chaque site

3-9 Les Bicarbonates HCO_3 :

Les bicarbonates sont les ions les moins abondants d'un point de vue quantitatif, les éléments qui sont peu représentatifs dans les eaux souterraines de la région du Sahara algérienne. Dans notre étude on remarque que les teneurs en bicarbonates sont comprises entre 263,5mg/l (**Elmaia**) et 105,4mg/l (**Elsed 1**), ces valeurs sont toujours dans les normes de l'OMS. Donc le bicarbonate présent dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO_2) dans les sources naturelles.

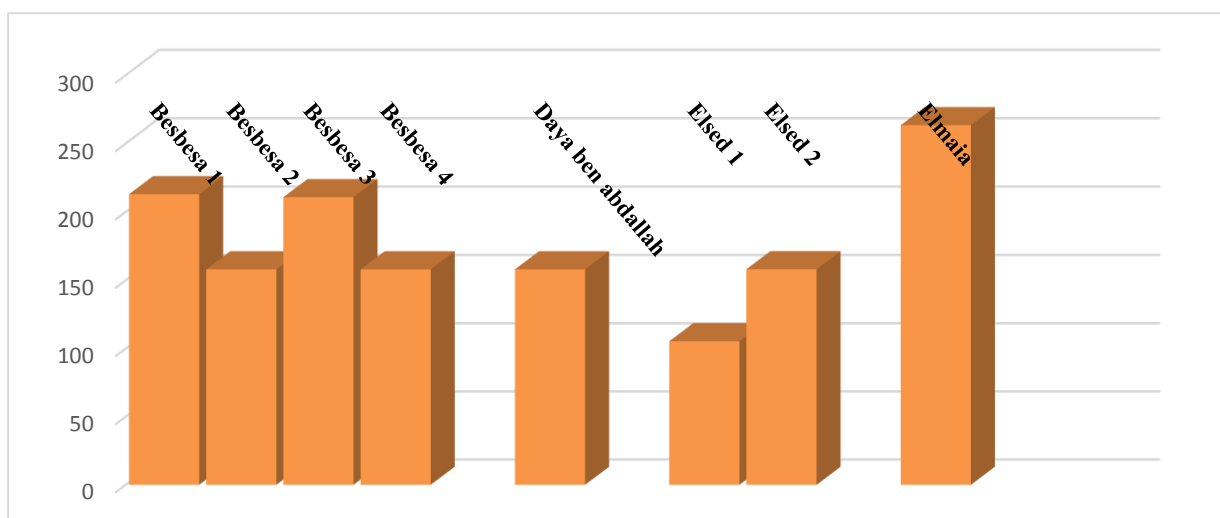


Figure (39) : Histogramme représentatif de teneur en Bicarbonates des eaux analysées dans chaque site

4- LES PARAMETRES DE POLLUTION

4-1 Les Nitrates :

Les nitrates (NO_3) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont résultats de l'oxydation de l'azote par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau. D'après la réglementation OMS et la norme algérienne, il est recommandé pour le cas nitrates, une valeur maximale de 50mg/l.

Les résultats ont révélé que toutes les teneurs en nitrates dans les échantillons d'eau analysée restent dans les normes.

Les sources de nitrates dans l'eau comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques contenant des composés azotés solubles, les concentrations en nitrate augmentent avec l'activité humaine par exemple : l'industrie - agriculture.

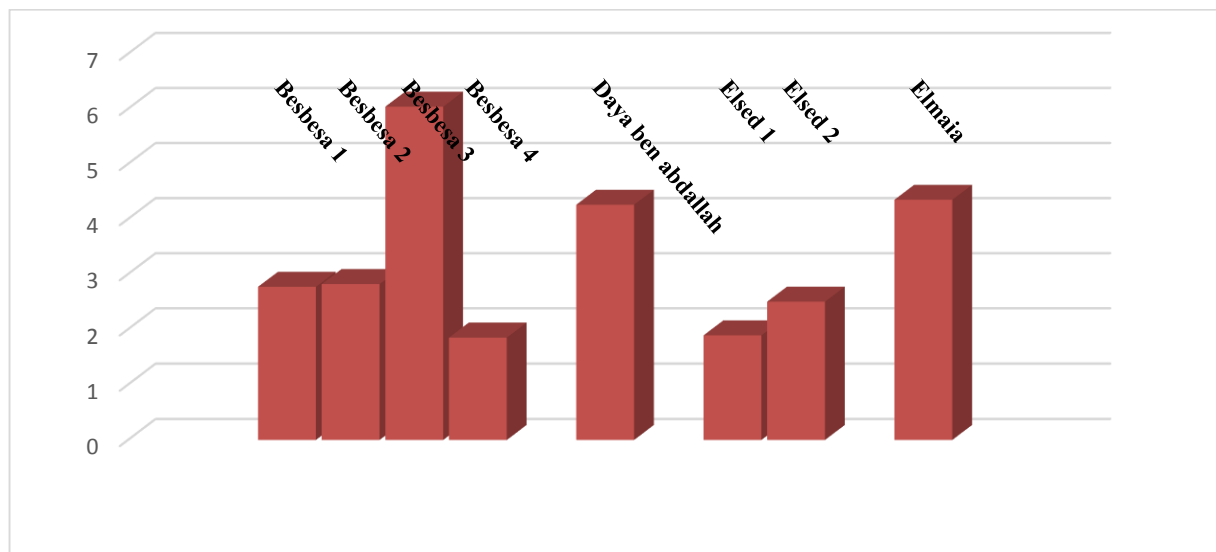


Figure (40) : Histogramme représentatif de teneur en Nitrates des eaux analysées dans chaque site

5 - Représentation graphique des échantillons sur le Diagramme de PIPER :

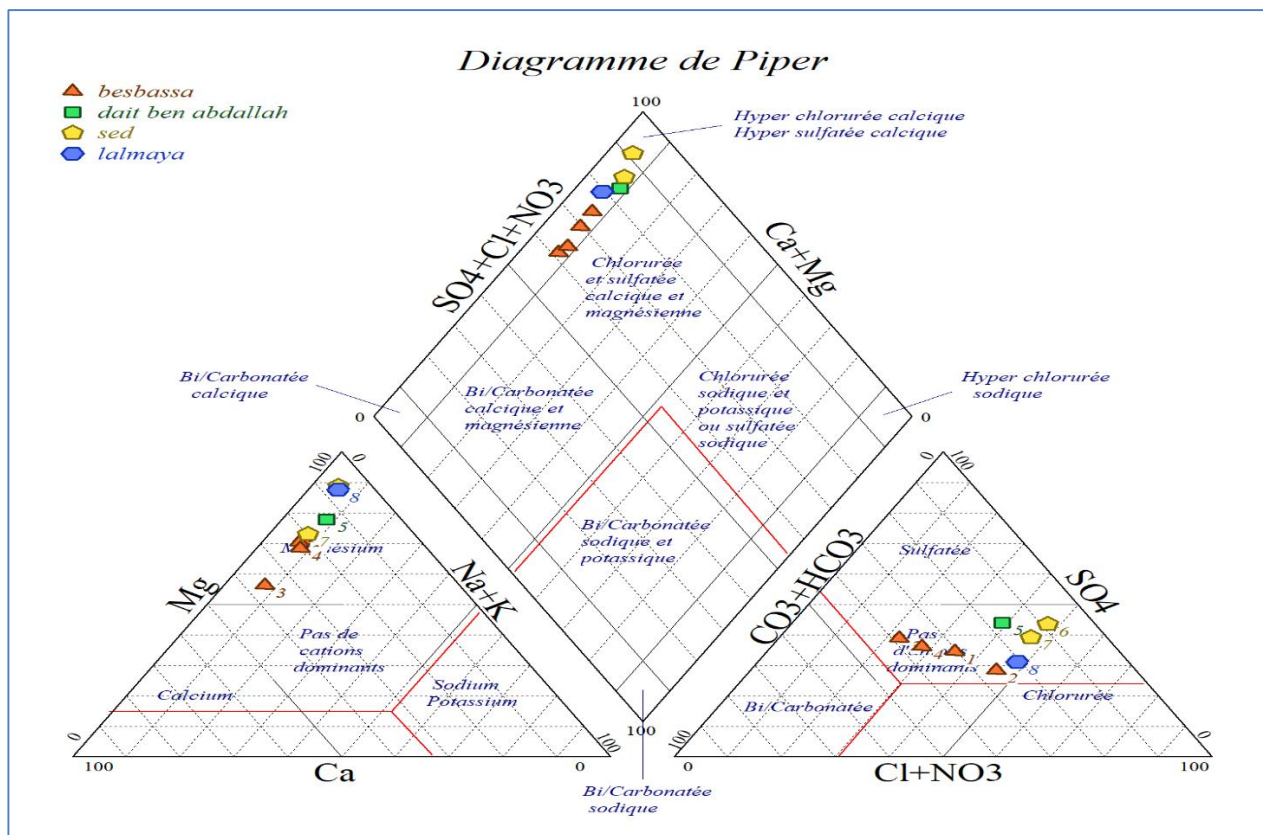


Figure (41) : Diagramme de Piper

Le diagramme de piper permet d'étudier l'évolution spatiale du chimisme d'une eau ou d'un aquifère et présente l'avantage de regrouper un grand nombre d'analyses. Il est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celles des cations, respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs.

Pour la figure, représente les faciès chimiques des eaux analysées, il nous montre que les forages localisés dans le pôle d'anions dominance sulfatée, et dans le pôle des cations nous montre une dominance de magnésium, donc on observe dans faciès globale une domination de faciès **chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne**.

Pour les forages, on voit dans le pôle d'anions une dominance de sulfate dans forages de **Besbesa, Dait ben abdallâh, Elsed et Lalmaya** et pour le pôle des cations donne une dominance de magnésium dans les forages de **Besbesa (1,2,4), Dait ben abdallâh, Sed et Lalmaya**.

2. RESULTATS ET INTERPRETATION DES D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES :

L'analyse microbiologie a été effectuée sur 8 échantillons déferents dans la commune de tadjrouna, ces analyses faites sur la recherche des germes totaux, les coliformes fécaux et totaux, Escherichia coli, streptocoques fécaux et clostridium.

Tableau (13) : Résultats d'analyses bactériologiques

Lieu de prélèvement	Germe totaux (22C°)	Germe totaux (37C°)	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Escherichia coli	Streptocoques fécaux	Clostridium
Forage 1	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Forage 2	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Forage 3	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Forage 4	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Forage 5	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	++
Forage 6	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	++++
Forage 7	53	70	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Forage 8	10	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	-

2-1 Germe totaux :

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles ou germe totaux est utilisé comme indicateur de contamination. Il est destiné à estimer la densité de bactéries dans l'eau potable et aussi comme indicateur de l'efficacité des traitements, en particulier les traitements physiques tels que la filtration du sol, qui doivent entraîner soit une très faible concentration de bactéries par rapport à l'entrée, voire une absence totale Pour les bactéries.

Les résultats obtenus indiquent que la majorité des points de prélèvement testés ne contiennent pas des germes totaux dans l'eau analysée à 22° et 37°C degrés Celsius, sauf pour le forage 7(**Elsed 2**) nous avons vu 53 germes à 22C° et 70 germe à 37C°. La réglementation algérienne précise que pour l'eau destinée à la consommation humaine, la norme indicative est inférieure ou égale à 100 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C. On en déduit que le critère indicatif a été respecté dans tous les eaux analysées.

2-2 Coliformes totaux :

D'après nos résultats nous avons remarqué une absence totale des coliformes totaux dans tous les points de prélèvement.

Elles n'ont pas dépassées les limites fixées par les normes algériennes avec l'OMS qui gent une absence totale des coliformes totaux sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inférieur à <100 UFC/100ml comme concentration maximal dans les eaux traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution.

Les coliformes totaux comprennent des espèces et des souches bactériennes qui colonisent intestin humaine et des animaux, mais aussi d'autres leur origine peut être environnementale el végétation, eau). Dans ce contexte, leur présence dans l'eau traitée n'implique pas nécessairement un risque imminent pour la santé publique et ne sont pas un signe de pollution puisque la plupart de ces bactéries n'ont pas une origine fécale.

La présence de coliformes totaux dans l'eau potable est plutôt un indicateur de risque peu spécifique de sa qualité. Ces bactéries peuvent croître dans un réseau de distribution d'eau ; cela se produit à partir du biofilm microbien qui se forme sur la paroi des canalisations, particulièrement en cas de traitement faible (chlore résiduel). Dans le contexte d'un bris du réseau de distribution (par manque entretien de ces puits sont pour la plupart mal entretenus), 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...etc.).

Par ailleurs, les coliformes totaux sont un indicateur peu sensible de la qualité microbienne de l'eau, la recroissance bactérienne serait plus fréquente l'été (température plus élevée, augmentation du débit ou interventions d'entretien favorisant le décollement du biofilm). 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.

Ainsi, une eau avec coliformes totaux peut être à l'origine de problèmes de santé, Il existe des cas où il est mis en évidence une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique, bien qu'une eau sans coliformes puisse aussi être à l'origine de problème de nature gastro-entérique.

2-3 Coliforme fécaux :

Les coliformes fécaux sont absents totalement dans tous les prélèvements de l'eau analysée sont conforme à la norme de l'OMS et les normes algériennes 10 coliformes totaux dans 100 ml d'échantillon). Cela confirme l'absence d'une pollution fécale et l'eau des forages est bien désinfectée.

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5C°. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *l'Escherichia* et, dans une moindre mesure, certaines espèce des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. Ce germe provient exclusivement des intestins d'animaux à sang chaud, y compris les humains et, sa présence est l'indicateur le plus précis de la contamination fécale.

La présence de coliformes fécaux témoigne d'une contamination d'origine fécale, mais plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les rejets Industriels du secteur des papiers ou de la transformation alimentaire, les réseaux qui ne contient pas des concentrations résiduelle de désinfectant requise.

Quelques bactéries opportunistes (*Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*), responsables à des maladies d'infections respiratoires, génito-urinaires ou de septicémies chez les patients débilisés, surtout en milieu hospitalier.

2-4 Streptocoques fécaux :

La recherche et dénombrement des Streptocoques Fécaux pour les échantillons d'eau à analysées, ceci montré que l'eau de tous les échantillons est conforme aux normes algériennes qui exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation (0 UFC/100ml).

On trouve les streptocoques souvent dans le gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux, *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain.

La présence des coliformes fécaux/entérocoques, lorsqu'ils se rencontrent peut déterminer si une pollution fécale était d'origine animale ou humaine, donc la détection de streptocoque était fortement associée à la présence d'E Coli dans par des eaux.

2-5 Escherichia coli :

Les résultats de d'analyse bactériologie montrèrent que tous les forages ne sont pas contaminé par l'Escherichia coli.

2-6 Clostridium sulfito réducteurs :

L'analyse de l'eau a également révélé la présence de spores de Clostridium, signe d'une contamination ancienne. Les normes algériennes tolèrent une (1) spore d'un sulfito-réducteur anaérobie dans 20 ml d'eau à analyser.

Le nombre d'anaérobies sulfito-réducteurs dans l'eau est un paramètre clé dans la recherche d'une contamination récente du réseau ou de points de stagnation dans ces eaux. Ces bactéries résistent longtemps aux facteurs extérieurs (température élevée, causticité, sol, etc.), sont des sporophytes à Gram positif qui se développent à 37 °C et se développent dans des conditions anaérobies. La corrosion des canalisations en métal et en béton est le résultat d'une combinaison complexe de processus physiques, chimiques et biologiques, de sorte que plusieurs types de bactéries peuvent être responsables de la corrosion biologique, comme le Clostridium sulfito-réducteur. Ces bactéries sont présentes au niveau de la sous-couche du biofilm de contact minéral.



Conclusion générale

A l'issue de notre étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux des forages utilisées pour la consommation au niveau de **tadjrouna**. On a apprécié que les paramètres analysés sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau. De laquelle on a résolu de cette étude :

D'après les analyses physico-chimiques :

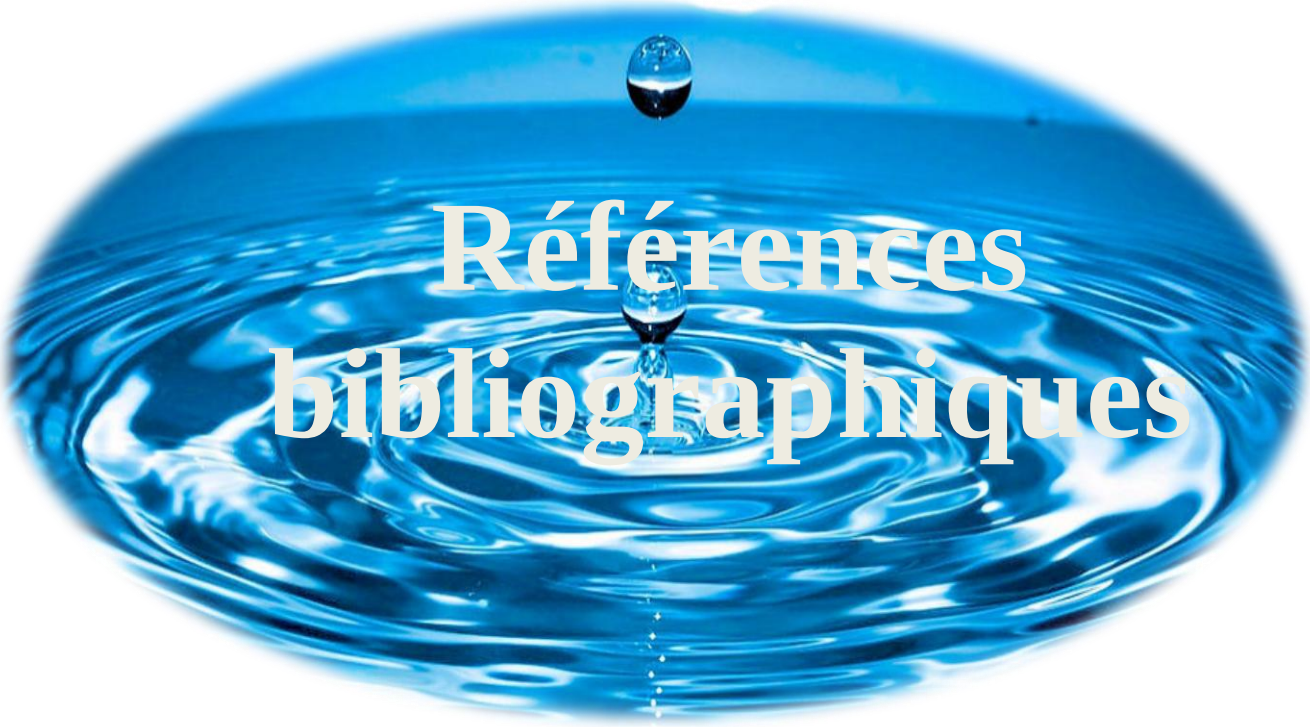
- Le PH de ces eaux analysées est proche à la neutralité, la température moyenne dans toutes les eaux prélevées et est acceptable.
- La valeur de la conductivité électrique à tous les échantillons d'eau analysée respecte les normes algériennes.
- Les fortes teneurs les éléments de magnésien ont été remarquées au niveau des localités de **Besbesa 4** et **Elsed 1** et **Elmaia**. Selon la norme OMS, ces eaux sont nuisibles pour les enfants.
- La teneur des sulfates est acceptable sauf (**Daya de ben abdallâh, Elsed 1et 2, Elmaia**).
- Les concentrations des bicarbonates ne dépassent pas les normes.
- La teneur en sodium est dépassé les normes à (**Daya ben abdallâh, Elsed 1et 2, Elmaia**).
- La teneur de potassium est dépassé les normes à (**Elsed 1et 2, Elmaia**).
- La teneur de nitrates est réglementaire. Ils n'excèdent pas les normes.

D'après les analyses microbiologiques : La charge microbienne des eaux dénombrée par des méthodes normalisées dans des milieux de cultures sélectifs a révélé pour les échantillons de l'eau des forages la présence d'une clostridium sulfito-réducteurs par quantité élevé au niveau de **Daya ben abdallâh** et **Elsed 1**.

Recommandations et perspectives

Pour assurer l'innocuité des eaux, nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes :

- L'analyse d'eau au moins une fois par semaine pour dénombrer n'un porte quel germe à des fins de surveillance de l'efficacité opérationnelle du traitement.
- L'analyse d'eau tous les jours à la sortie des stations du traitement et du pompage pour déterminer la concentration des éléments de potabilités des eaux.
- Les surveillances des conduites.
- Nettoyage et entretiens périodiques des réservoirs destinés à l'alimentation en eau potable des agglomérations.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- E.NA.GEO. 1971**, Entreprise Nationale De Géophysique. Etude Géophysique Dans La Région De Guelma. 52 p.
- Ficek, K. J., Boll, J. E. 1980**, Potassium permanganate: An alternative to prechlorination, Aqua, 7, 153-156.
- DAJOZ R. 1982**, Précis d'écologie. 4ème édition, Gauthier Villars, p : 525.
- EMSALEM R. 1986**, Climatologie Générale. Edition. I.P.E.N.A.G. Tome 1. 198p.
- DEGREMONT. 1989**, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24,25.
- A.KETTAB, 1992**, (Docteur d'état en hydraulique, maître de conférence à l'E.N.P), « Traitement des eaux (les eaux potables) ».
- DJABRI L. 1996** ; Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba. 261 p.
- Jacques G., 1996**, Le cycle de l'eau, Les fondamentaux, La bibliothèque de base de l'étudiant en science, 1^{er} cycle, Hachette, Paris, 157p.
- Lévêque C. 1996**, Ecosystèmes aquatiques. Paris : Hachette, 160 p.
- Algéo (Alger Géophysique) 1997**, Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.
- DESJARDINS R. 1997**, Le traitement des eaux, 2ème édition, Revue et amélioré Edition de l'école poly technique, de Montréal, Canada.
- Masschelein, W. J. 1997**, Utilisation du permanganate de potassium dans le traitement des eaux, Tribune de l'eau, 589, (5), 1-55.

Références bibliographiques

- CARDOT Claude. 1999**, Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, , P : 9.
- FAURIE C. 1999**, Ecologie Approche Scientifique Et Pratique. 4ème édition. TEC & DOC. 318p.
- Grosclaude G., 1999**, L'eau usages et polluants, Tome II, Edition INRA, Quae, Paris, 210p.
- BOUZIANI M. 2000**, L'eau de la pénurie aux maladies, Editions IBN- KHALDOUN, Algérie.
- DAJOZ R. 2000**, Précis D'Ecologie: Cours Et Exercices Résolus. 7 ième édition. Dunod, Paris. 613p.
- JORA. 2000**, Arrêté du 26 mars 2000 relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation, Journal Officiel de la République Algérienne N°51 du 20 Août 2000.
- M.O. Mizier., 2000,.** La mesure de turbidité : un paramètre essentiel pour les eaux potables comme pour les eaux usées, L'Eau l'industrie les nuisances, 284p.
- Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D., 2003**, Qualité de l'eau (Chapitre 13), Environnement et santé publique - Fondements et pratiques, pp.333-368.
- C.R.A.A.G. (Centre de Recherches Astronomiques et Géophysiques Algérien) (2004).** Etude Géophysique Par Gravimétrie De La Région D'Oued Zénati, Guelma. Rapport Interne. 42 p.
- KHADRI S. 2004**, Monographie Hydrogéologique De La Wilaya De Guelma. Mémoire D'Ingéniorat En Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar. Annaba, 82 p.
- A.B.H-C.S.M. 2005**, (Agence des Bassins Hydrographiques; Constantinois, Seybouse, Mellègue) . Qualité Des Eaux Souterraines Dans Le Bassin De La Seybouse, Rapport Interne.
- ADE 2005.**
- BENSACI T 2006**, Détermination De la Qualité Physico-chimique Et Bactériologiques Des Eaux De Surface: Cas du Barrage Timgad (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister, Centre Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi. 98 p.
- KIRATI B. et BRAHMIA N. 2006**, Impact Des Eaux D'irrigation Sur Les Eaux Souterraines De La Plaine Alluviale De Guelma. Mémoire D'Ingéniorat En Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar .Annaba. 113 p.

Références bibliographiques

- MIZI Abdelkader. 2006**, Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie et des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat l'état, université d'Annaba, Algérie, p : 26, 27
- MOUASSA S. 2006**, Impact Du Périmètre D'irrigation Sur La Qualité Des Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Guelma Et Sur Les Sols. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 120p.
- BENMARCE K. 2007**, Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien). Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 126 p.
- DJEMMAL S. (2008-2009)**, Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud-est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie.
- Makhoukh M. 2011**. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. Maroc.
- Metahri M S., 2012**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. pp 172.
- Ledler, 1986. In Haoussa, N. 2013**, Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.
- D.P.A.T. 2015**, Direction De La Planification Et De l'Aménagement Du Territoire. Rapport Interne, Monographie De La wilaya De Guelma.
- Khellili R., Lazali D. 2015**. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla) (2005).
- Sahraoui N. 2015**. Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.
- Sahalia Y., Henchiri S., 2017**, Alimentation en eau potable De la localité de LAC DES

Références bibliographiques

OISEAUX -El Taref, Mémoire Master, Hydraulique, Univ Annaba, 86p.

Cheroual E. A., 2021, Les paramètres physiques de l'eau, support cours pharmacie, Université

Sirat A., Polycopié pédagogique, 2021, LEGISLATION DES EAUX Niveau LMD – Licence 3 (L3), Université Oran, Département hydraulique, 78 p.

Souvignet M., 2021, L'eau sensible : Dynamisation et information de l'eau, Quelles applications en agriculture ? BoD-Books on Demand- Frankreich, 280p.

Touati L., 2021, Cours de pollution des eaux, Université Constantine, Master 1 Ecologie Fondamentale et Appliquée, 31p.

BLIEFRT Claus. PERRAUD Robert. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.

BOEGLIN Jean-claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

FRANCK Rejsek. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, lycée de borda.

MARCEL Dore. Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), p : 2,3

Soissons D., L'eau, une ressource essentielle à la vie, De la 1^{re} à la terminale 3, 1^{re} ST2S, Faire des choix autonomes et responsables, Nathan, 9p.

Sites Web

<https://fr.hach.com/parameters/> Mesure du COT

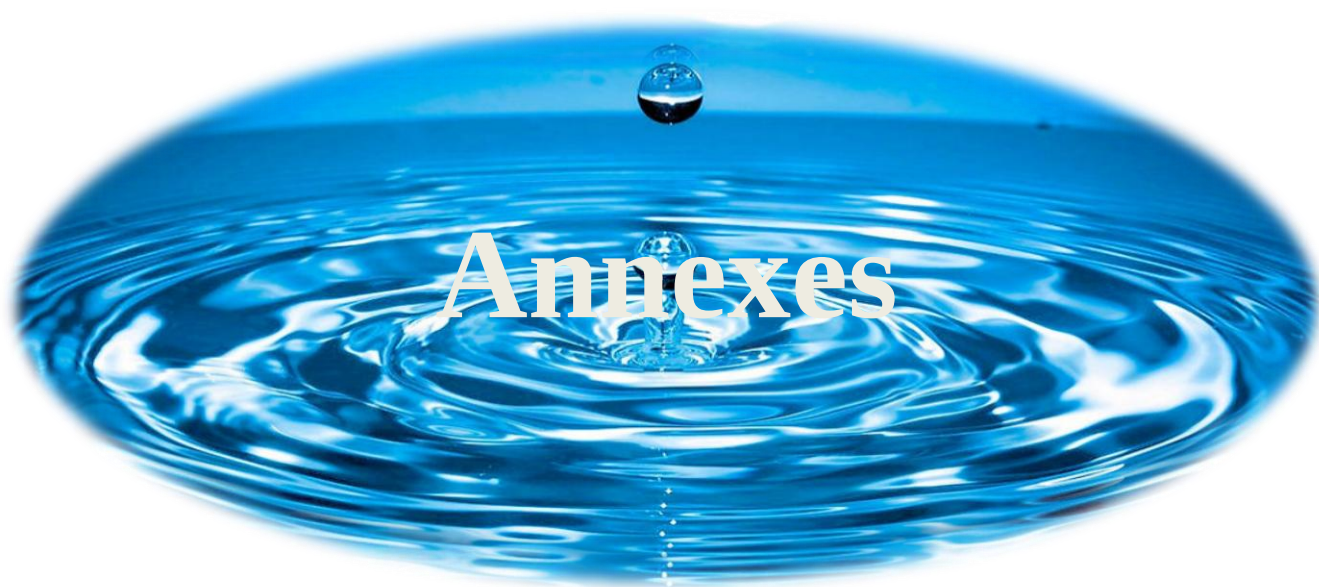
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/eau/27209>

Site 1 : <https://intra-science.anaisequey.com/tout/articles/196-sel-eau>

Site 2 : https://edu1d.ac-toulouse.fr/blog31/elem-montaudran-toulouse/files/LECON_Cycle-de-l-eau-dans-la-nature.pdf

https://sti.ac-versailles.fr/IMG/pdf/ressources_1_eau.pdf

<https://www.droit-afrique.com/upload/doc/algerie/Algerie-Loi-2005-12-eau.pdf>



Annexe I : Normes pour les paramètres physicochimiques de l'eau potable

Paramètres	Norme unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Température	°C	<25	
pH		6.5 – 8.5	
Conductivité	µs/cm		2800
Dureté totale	mg / l	100	500
Résidu sec	mg / l après séchage à 180 °C		2000
Calcium	mg / l	75	200
Magnésium	mg / l		150
Sodium	mg / l		200
Potassium	mg / l		20
Sulfate	mg / l	200	400
Chlorure	mg / l	200	500
Nitrate	mg / l		50
Nitrite	mg / l		0.1
Ammonium	mg / l	0.05	0.5
Phosphate	mg / l		0.5

Paramètres bactériologiques

Paramètres	Unité	Niveau guide
Germes totaux à 37°C/48h	Nbre/1 ml	10
Et à 22°C/72h	Nbre/1 ml	100
Coliformes totaux	Nbre/100 ml	0
Coliformes fécaux	Nbre/100 ml	0
Streptocoques fécaux	Nbre/100 ml	0
Entérobactéries	Nbre/100 ml	0
Clostridium sulfito réducteurs	Nbre/20 ml	0
Salmonella et Shigella		Présence / absence

Annexe II : Composition des milieux de culture

1. Milieux solides

1.1. Gélose viande-foie

Peptone viande-foie	20.0 g
Glucose	0.75g
Amidon soluble	0.70 g
Sulfite de sodium	1.2 g
Agar agar bactériologique	11.0 g
pH	7.6 ± 0.2
Eau distillé	1000 ml

Dissoudre le constituant, répartir dans des tubes ou des flacons, Autoclavage à 120°C pendant 15 min.

1.2. Gélose tryptone Extrait de levure (TGEA)

Extrait de levure	1g
Peptone de caséine	5g
Glucose 1 S	1g
Extrait de viande	18g
Eau ditillée	1000 ml
pH	7

Autoclavage à 120°C pendant 20 min

2. Milieux liquides

2.1. Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)

Double Concentration (D/C)

L'extrait de viande de bœuf	2g
Peptone	14g
Lactose	10g
Pourpre de bromocérol 1%	0.06g
Eau distillée	1000g
pH	6.9 ± -0.2

Simple Concentration (S/C)

L'extrait de viande de bœuf	1g
Peptone de caséine	7g
Lactose	5g
Pourpre de bromocérol 1%	0.03g
Eau distillée	1000ml
pH	6.9 ± -0.2

Autoclavage à 120 °C pendant 15 min.

2.2. Milieu de Rothe

Double Concentration (D/C)

Peptone de caséine	40g
Extrait de viande	3g
Glucose	8g
Chlorure de Sodium	8g
Phosphate di potassium	5.4g
Phosphate mono potassique	5.4g
Azid de sodium	0.4g
Eau distillée	1000ml
pH	6.9 ± -0.1

Simple Concentration (S/C)

Peptone de caséine	20g
Extrait de viande	1.5g
Glucose	4g
Chlorure de Sodium	4g
Phosphate di potassium	2.7g
Phosphate mono potassique	2.7g
Azid de sodium	0.2g
Eau distillée	1000ml
pH	6.9 ± -0.1

Autoclavage à 120 °C pendant 20 min.

Annexe III : Spectrométrie d'émission de flamme (ou photométrie de flamme)

Mode opératoire : Appareil spectrophotomètre à flamme de marque (JENWAY)

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power)
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir (IGNITION) sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage (FLM) en rouge sur l'écran
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton « fuel » jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacé
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton (Blank)
- Laisser se stabiliser 5 à 10 min
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 25mg/l
- Optimiser à 100 mg/l à l'aide du bouton (FINE) et (COARSE)
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 25mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou du K^+ à 25 mg/l
- Retirer la cuvette et remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée M. à la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable.

Annexe IV : Normes physicochimiques internationales de l'eau potable (OMS)

Paramètres	Les unités	Normes
pH		6.5 – 6.8
Température	°C	25
Conductivité	µs/cm	<2000
Turbidité	NTU	5
Taux de Chlore	mg/l	0.2-0.7
TDS	mg / l	500-1500
Sal	%	2
T.A	°f	60
T.A.C	°f	50
HCO ³⁻	mg / l	600
Ca ²⁺	mg / l	100
Mg ²⁺	mg / l	50
PO ₄ ²⁻	mg / l	0.5
NH ₄ ⁺	mg / l	0.5
NO ₂ ⁻	mg / l	0.2
NO ₃ ⁻	mg / l	50
SO ₄ ²⁻	mg / l	250
Cl ⁻	mg / l	250
MO	mg / l	3
MES	mg / l	2000

Annexe V : Normes physicochimiques algérienne de l'eau potable

Paramètres	Les unités	Normes	Références des normes ISO
Conductivité à 25 °C	µs/cm	2800	
Résidu Sec	mg / l	2000	ISO 7888
pH	/	6.5 – 8.5	
Dureté totale	mg / l	500	ISO 6059
Ca ²⁺	mg / l	200	ISO 6058
Mg ²⁺	mg / l	150	ISO 6059/6058
Na ⁺	mg / l	200	ISO 9964/3
K ⁺	mg / l	20	ISO 9280
SO ₄ ²⁻	mg / l	400	ISO 9297
Cl ⁻	mg / l	500	ISO 7890/3
NO ₂ ⁻	mg / l	0.1	ISO 6778
NO ₃ ⁻	mg / l	50	ISO 6777
Ammonium	mg / l	0.5	ISO 6878
Phosphates	mg / l	0.5	ISO 8467
Indice Permanganate	mg / l	3	ISO 5813/5814
Oxygène dissous	mg / l	8	
Aluminium	mg / l	0.2	ISO 6332
Fer	mg / l	0.3	