

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. M. OULHADJ - Bouira
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté par

HAMADACHE Thiziri
MEBARKI Samah

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière: GENIE DES PROCÉDES
Spécialité : GENIE CHIMIQUE

Analyses physico-chimiques et bactériologiques
des eaux de source

Déposer le 26 /06 / 2022

Devant le jury composé de :

M ^r BOUCELKHA Ali	UAMO, Bouira	Promoteur
M ^r AOUDJIT Farid	UAMO, Bouira	Examineur
M ^r HAMDACHE Abderezzak	UAMO, Bouira	Examineur

2021 /2022



Remerciements

On remercie avant tout Allah tout puissant, de nous avoir guidées toutes ces années d'études et de nous avoir donné la volonté, la patience, le courage pour terminer ce travail et je tiens ici à remercier toutes les personnes ayant permis l'accomplissement de ce travail. Bien sûr, cette liste ne saurait être exhaustive, et je tiens par avance à m'excuser auprès de ceux que j'aurais oubliés.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr A.BOUCELKHA, on le remercie d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème. Nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel ses conseils judicieux, son efficacité, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément :

Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury qui nous avons fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nos vifs remercient également tous les ingénieurs du laboratoire, de département génie des procédés particulièrement et les ingénieurs de faculté SNV et SM de l'université de Bouira.

Nos remerciement s'adresent également a tous nos professeurs pour leur générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles

Un grand remerciement a toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin pour achever ce travail.

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ce qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère.

Mes très chers Parents sans leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements je ne serais jamais arrivée à réussir dans mes études.

Je sais bien quel que soit les remerciements que je leurs adresse c'est peu, que Dieu les protège et leur donne la santé et une longue vie.

A ma chère sœur Naima et à mes chers frères Mohamed et Abderraouf.

A mon binôme Samah qui a partagé avec moi les bons et les durs moments.

A mes chères ami(e)s Siham, Mounia, Wissem, Mohamed, Idir, Nabil et Rinas pour leur encouragement pour finir ce travail.

A la secrétaire de département de génie des procédés Hassina.

À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail sans oublier notre promoteur Monsieur A. BOUCELKHA.

H. Thiziri



Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ce qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère.

- *A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père*
- *A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère.*
- *A mon adorable petite sœur Sidra, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*
- *A mes frères Lounas, Rinas et mon fiancé Nacer, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*
- *A La secrétaire de département Hassina.*
- *A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant, merci pour leurs amours et leurs encouragements.*
- *Sans oublier mon binôme Thiziri pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*
- *A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail spécialement notre promoteur monsieur A. BOUCELKA.*

M.Samah



Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....1

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur les eaux

Introduction.....	3
1. Cycle de l'eau.....	3
2. Les principales sources d'approvisionnement en eau.....	5
2.1. Eau de pluie.....	5
2.2. Eau de surface.....	5
2.3. Eau souterraines.....	6
3. Les différents types des eaux de consommation.....	7
3.1. Eaux de source.....	7
3.2. Eaux minérale.....	8
4. Les propriétés des eaux de consommation.....	8
5. Propriétés physico-chimiques de l'eau.....	9
5.1. Les propriétés chimiques.....	9
5.2. Les propriétés physiques.....	10
5.3. Les propriétés bactériologie.....	11
6. Normes de potabilité et paramètre globaux de la qualité des eaux.....	11
6.1. Les paramètres organoleptiques.....	11
6.1.1. La couleur de l'eau.....	11
6.1.2. L'odeur de l'eau.....	12
6.1.3. Le gout ou saveur de l'eau.....	12
6.1.4. La turbidité.....	12
6.2. Les paramètres physico-chimiques.....	13
6.2.1. La température.....	13

6.2.2.	La conductivité.....	13
6.2.3.	Potentiel hydrogène (pH).....	13
6.2.4.	Salinité.....	13
6.2.5.	Résidu sec.....	14
6.2.6.	La dureté.....	14
6.2.7.	Le titre Alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)...	14
6.2.8.	Chlorure.....	14
6.3.	Les paramètres bactériologiques.....	15
6.3.1.	Coliformes totaux.....	15
6.3.2.	Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR).....	15
6.3.3.	Staphylococcies aureus.....	16
7.	La pollution des eaux.....	16
7.1.	Les sources de la pollution.....	16
7.1.1.	La pollution d'origine industrielle.....	16
7.1.2.	La pollution d'origine domestique.....	17
7.1.3.	La pollution d'origine agricole.....	17
7.1.4.	La pollution d'origine fécale.....	17
7.2.	Les types de la pollution.....	18
7.2.1.	Pollutions d'origine naturelle.....	18
7.2.2.	Les résidus des activités des groupes humains.....	19

Partie pratique

Chapitre II : Matériels et méthodes

Introduction.....	21
1. Échantillonnage et modes de prélèvements.....	21
2. Méthodes d'analyses organoleptiques	23
2.1. Test de la couleur	24
2.2. Test de l'odeur et du saveur	24
2.3. Mesure de la turbidité.....	24

3. Analyse physico-chimique	24
3.1. Lecteur physique.....	25
3.1.1. Résidus secs	25
3.1.2. La conductivité électrique (CE)	25
3.1.3. Le Potentiel d'hydrogène.....	26
3.1.4. Mesure de la température (T°).....	26
3.1.5. Mesure de la salinité	27
3.2. Titrage volumétrique.....	27
3.2.1. Détermination de l'alcalinité TA et l'alcalinité complet TAC.....	27
3.2.2. Dosage du calcium par méthode titrimétrique à L'EDTA	28
3.2.3. Dosage de la dureté totale par méthode titrimétrique à L'EDTA.....	29
3.2.4. Dosage des chlorures (titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium	30
4. Analyses bactériologiques.....	31
4.1. Méthode de prélèvement.....	31
4.2. Préparation des dilutions décimales.....	33
a. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	33
b. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....	34
c. Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus.....	34
d. Recherche et dénombrement bactéries anaérobies clostridium sulfite-réducteurs	34

Chapitre III : Résultats et discussions

Introduction.....	35
1. Résultats et discussion des analyses organoleptiques.....	35
1.1 La Couleur, le gout et l'odeur.....	35
2. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques.....	35
2.1 La température.....	35
2.2 La turbidité.....	36
2.3 La conductivité.....	37
2.4 Le pH.....	38
2.5 Les Résidus Secs.....	38
2.6 La salinité.....	39

2.7	La Dureté total (TH).....	40
2.8	Calcium et Magnésium.....	41
2.9	Les chlorures (Cl-).....	41
2.10	Le Titre alcalimétrique complet TAC.....	42
3.	Résultats et discussions des analyses bactériologiques	44
3.1	Les coliformes totaux	45
3.2	Germe totaux.....	45
3.3	Clostridium sulfito-réducteurs (ASR).....	45
3.4	Staphylococcus.....	45

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ΔH : Variation d'enthalpie

E. Coli : Escherichia coli

MES : Matière en suspension (mg/L)

mg/L : Milligramme par litre

TH : Titre hydrotimétrique (mg/L)

TA : Titre alcalimétrique (mg/L)

TAC : Titre alcalimétrique complet (mg/L)

NTU : Unité Néphélométrique de Turbidité.

$\mu S/cm$: micro siemens par centimètre

RS : Résidu sec (mg/L)

pH : Potentiel d'hydrogène.

ASR : Anaérobies sulfito-réducteur

NA : Norme Algérienne

S1 : Tala Larbaa

S2: Tala Rana

S3: Tala N'vuḥrev

S4: Tala Guidawen

S5: Tala Ath Ali Outemim

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

°C : Degré Celsius

% : Pour cent

Liste des abréviations

EDTA : Éthylène Diamine Tétra –Acétique

°F : Degré Français

hPa : Hectopascal

VRBG : Milieu Violet Red Bile Glucose Agar

PCA : Milieu Plant Count Agar

VF : Milieu Viande Foie

UCV : Unité de Couleur Varie

S.aureus : Staphylococcus aureus

TDS : Teneur en sels dissous

NET : Noir eriochrome

Liste des figures

Figure I-1 : Distribution des électrons dans une molécule d'eau et liaisons hydrogène.....3

Figure I-2 : cycle de l'eau.....4

Figure II-1 : Matériels et les réactifs utilisés.....24

Figure II-2 : Schéma de la préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....34

Figure II-3 : processus de l'analyse bactériologique.....35

Figure III-1 : Histogramme des valeurs de température pour les différentes sources étudiées.....37

Figure III-2 : Histogramme des valeurs de conductivité pour les différentes sources étudiées.....38

Figure III-3 : Histogramme des valeurs de Ph pour les différentes sources étudiées.....39

Figure III-4 : Histogramme des valeurs de Résidu Sec pour les différentes sources étudiées.....40

Figure III-5 : Histogramme des valeurs de salinité pour les différentes sources étudiées.....40

Figure III-6 : Dureté totale (TH) des différents échantillons.....41

Figure III-7 : Variation de calcium et magnésium des différents échantillons.....42

Figure III-8 : Teneurs en chlorure (Cl⁻) des eaux étudiées sources.....43

Figure III-9 : Titre alcalimétrique complet(TAC).....43

Figure III-10 : Teneurs en Bicarbonate HCO₃⁻ dans l'eau des sources.....44

Figure III-11 : La présence des coliformes fécaux dans la source 03.....46

Figure III-12 : Absence des ASRs dans des différentes sources.....47

Figure III-13 : Absence des Staphylococcus dans des différentes sources.....47

Liste des tableaux

Tableau II-1 : Les points de prélèvements des eaux.....	23
Tableau II-2 : Germes recherchés selon la norme algérienne.....	32
Tableau: III-1 : Les températures des eaux des sources.....	37
Tableau: III-2 : Les turbidités des eaux des sources.....	38
Tableau: III-3 : Les conductivités des eaux des sources.....	38
Tableau: III-4 : Salinité des eaux des sources.....	40
Tableau: III-5 : Bicarbonate des eaux des sources.....	44
Tableau III-6 : Résultat de l'analyse bactériologique selon la norme fixée par l'Algérie.....	45

Résumé

L'eau est l'un des éléments essentiels de la vie, son utilisation pour la consommation humaine nécessite un contrôle quotidien de sa qualité physico-chimique et bactériologique, elle doit être exempte de tout agent pathogène qui présente un danger potentiel pour la santé humaine.

Notre étude est portée sur l'évaluation des propriétés physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommations de région Saharidj (wilaya de Bouira). Les analyses ont été effectuées sur cinq sources en mesurant les paramètres (pH, Température, conductivité, salinité, turbidité, etc.) et éventuellement les germes indésirables : Germes totaux, Coliformes totaux, staphylococcus Sp et clostridium sulfito-réducteurs. Les résultats physico-chimiques obtenus sont conformes aux normes algériennes de potabilité. En l'occurrence, les analyses bactériologiques révèlent l'absence des germes pathogènes de contamination fécale. Ce qui nous a menés à considérer que les sources étudiés sont de très bonnes qualités et que leur consommation ne présente aucun danger pour la santé.

Mots clés : *eau, qualité, analyse physico-chimique, analyse bactériologique, région Saharidj.*

Abstract

Water is one of the essential elements of life, its use for human consumption requires a daily control of its physico-chemical and bacteriological quality, it must be free from any pathogen that presents a potential danger to human health.

Our study focuses on the evaluation of the physico-chemical and bacteriological properties of drinking water in the Saharidj region (wilaya de Bouira). The analyses were carried out on five sources by measuring the parameters (pH, Temperature, conductivity, salinity, turbidity, etc.) and possibly the undesirable germs: Total germs, Total coliforms, staphylococcus Sp and clostridium sulfite-reducers. The physico-chemical results obtained comply with Algerian standards of potability. In this case, bacteriological analyses reveal the absence of pathogenic germs of fecal contamination. This led us to consider that the sources studied are very good and that their consumption does not pose any health risk.

Keywords: *water, quality, physico-chemical analysis, bacteriological analysis, Saharij region.*

ملخص

الماء هو أحد العناصر الأساسية للحياة ، ويتطلب استخدامه للاستهلاك البشري رقابة يومية على جودته الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية ، ويجب أن يكون خاليًا من أي مسببات مرضية تشكل خطراً محتملاً على صحة الإنسان

تركز دراستنا على تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الشرب في منطقة سحاريج (ولاية البويرة). أجريت التحاليل على خمسة مصادر من خلال قياس المتغيرات (الأس الهيدروجيني ، درجة الحرارة ، التوصيلية ، الملوحة ، التعكر ، إلخ) وربما الجراثيم غير المرغوب فيها: مجموع الجراثيم ، القولونيات الكلية ، المكورات العنقودية الذهبية والمطية المقلصة للكبريتات. النتائج الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها مطابقة للمعايير الجزائرية للشرب. في هذه الحالة ، تكشف التحليلات البكتريولوجية عن عدم وجود الجراثيم المسببة للأمراض للتلوث البرازي. قادنا ذلك إلى اعتبار أن المصادر المدروسة جيدة جدًا وأن استهلاكها لا يشكل أي مخاطر صحية.

الكلمات المفتاحية: المياه ، الجودة ، التحليل الفيزيائي والكيميائي ، التحليل البكتريولوجي ، منطقة سحاريج.

Introduction Générale

Introduction

L'eau est apparue avant toute vie sur terre, il recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. Ce précieux trésor est indispensable à la vie animale, végétale et surtout humaine.

Cette ressource répond aux besoins fondamentaux de l'homme dans divers domaines tels que: l'agriculture, la production d'électricité, les industries, ainsi que les usages domestiques [1].

L'accroissement rapide de la demande en eau a amené les chercheurs et les pouvoirs publics à mobiliser le maximum possible des ressources en eau que ce soit en ressources souterraines ou en ressources superficielles [2].

Les eaux souterraines représentent une part importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel et agricole. En outre, les eaux souterraines constituent la ressource principale pour l'alimentation en eau potable de la population mondiale [3].

La pollution des eaux peut être minérale ou microbiologique. Les eaux de surface sont très polluées contrairement aux eaux souterraines, qui sont bien protégées. Les eaux polluées doivent subir différents traitements d'ordre physique, chimique et biologique, selon le degré et la nature de la pollution, afin de les rendre potables [4].

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien sur le plan organoleptique, physicochimique et surtout microbiologique, car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme surtout les plus pathogènes qui sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...) dites maladies à transmission hydrique [4].

Notre travail intitulé « les analyses physico chimiques et bactériologiques des eaux de source» a pour but de caractériser les eaux de quelques sources pour la première fois (Tala Rana, Tala N'vohrev, Ath Ali Wetmim, Tala Gidawen, Tala Larbaa afin de vérifier leur potabilité.

Les résultats obtenus permettront, d'une part, de définir la qualité des différentes sources et d'autre part, révéler leurs particularités et leurs importances pour la région qui commencent à connaître un développement socio-économique et touristique.

Le présent travail comporte, en plus d'une introduction, trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur les eaux ;
- Le deuxième chapitre reflète le matériel utilisé et les méthodologies adaptées pour les différentes d'analyses;
- Le dernier chapitre résume les résultats pertinents trouvés ainsi une et discussions de ces derniers.

Chapitre I

Généralité sur les eaux

I. Généralité sur les eaux**Introduction**

L'eau est un élément indispensable à la vie, il est essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est un composé chimique, catalyseur de nombreuses réactions chimiques. L'eau est un composé sous sa forme pure de molécules qui associe deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H_2O (Figure I-1). C'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur terre, l'eau est quelque fois désigné sous le nom de «solvant universel » [5]. L'eau est une part essentielle du patrimoine mondial, mais aussi essentielle aux activités humaines (Agricultures, industrielles, domestiques...). Une eau est dite potable ou de consommation quand elle satisfait un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine [6].



Figure I-1 : Distribution des électrons dans une molécule d'eau et liaisons hydrogène [7].

1. Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère [8].

L'eau circule sur terre sous différentes formes : nuages, pluie, rivières et océans. Elle va passer de la mer à l'atmosphère, de l'atmosphère à la terre puis de la terre à la mer, en suivant un cycle qui se répète indéfiniment. Au sein d'un même bassin, tous les milieux aquatiques (lacs, rivières, mer, nappes souterraines...) sont interdépendants durant ce cycle.

Le cycle de l'eau se décompose en plusieurs étapes (**Figure I-2**) :

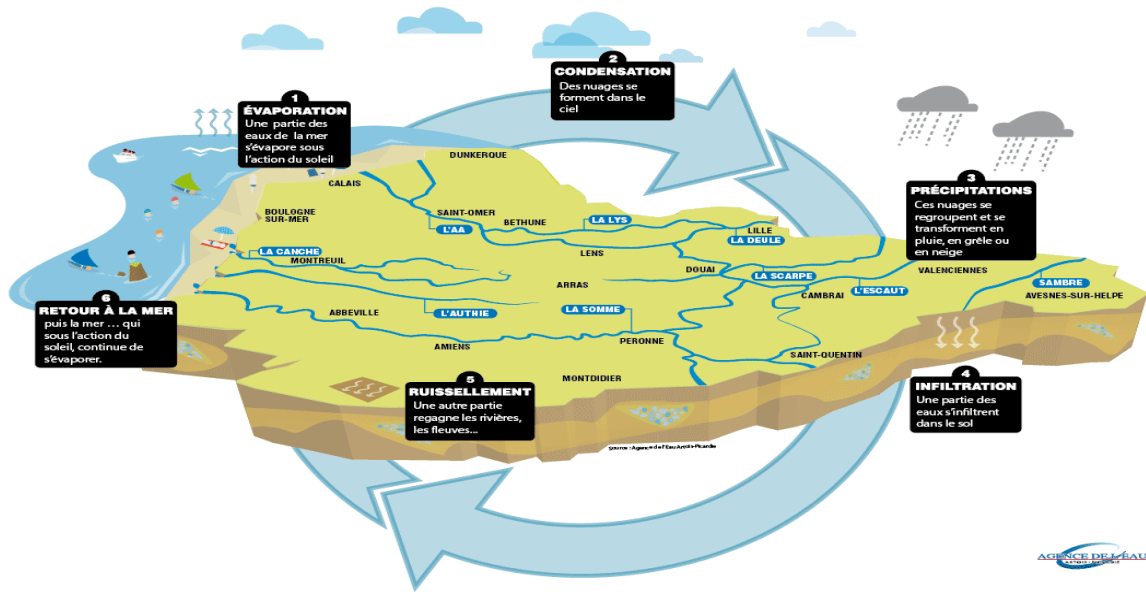


Figure I.2 : cycle de l'eau [9]

1.1 Vaporisation

Grâce à l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère en se débarrassant de son sel et de ses impuretés [9]. De minuscules particules d'eau s'évaporent de ces étendues d'eau douces et salées ou transpirent des végétaux (on parle alors d'évapotranspiration) : elles s'élèvent dans les airs [10].

1.2 Condensation

Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes qui vont former les nuages, la brume ou le brouillard [9].

1.3 Précipitation

La précipitation est la libération de l'eau des nuages sous forme de pluie, neige fondante, neige ou grêle. C'est le principal chemin qu'utilise l'eau de l'atmosphère pour retourner à la terre. La plupart des précipitations se font sous forme de pluie [11].

1.4 Infiltration et Ruissellement

L'infiltration se produit lorsque l'eau pénètre dans le sol.

L'eau s'infiltré dans le sol jusqu'aux nappes souterraines ou ruisselle et fait grossir les rivières fleuves... qui se jettent dans les océans.

Aux pôles, la neige s'accumule et se transforme en glace et le cycle recommence : évaporation condensation, précipitation, infiltration. [12]

1.5 La stagnation de l'eau dans les réservoirs naturels

Durant son cycle, l'eau va passer dans différents réservoirs naturels pour y rester plus ou moins longtemps avant de reprendre son voyage vers les mers et les océans.

Ce temps de stagnation s'appelle le temps de résidence de l'eau. Elle varie suivant les types de réservoirs [9]:

- Atmosphère : 8 jours ;
- Rivières : quelques jours ;
- Lacs : 17 ans ;
- Nappes souterraines : de quelques jours à plusieurs milliers d'années ;
- Océan : 2 500 ans ;
- Glacier : plusieurs milliers d'années.

2. Les principales sources d'approvisionnement en eau

2.1. Les eaux de pluie

Ces eaux se caractérisent par une minéralisation très faible, et la contamination possible par les impuretés de l'air et le mode de stockage. Ces eaux vont contenir des gaz de l'atmosphère : azote, oxygène, gaz carbonique, mais également des gaz dus à la pollution : anhydride sulfureux, oxyde d'azote, plomb organique, solvants, hydrocarbures, pesticides. Elles contiennent aussi les polluants liés aux matériaux du toit et du stockage [13].

2.2. Les eaux de surface

Sont caractérisées par la présence de gaz dissous en particulier de l'oxygène, sauf dans le cas de températures élevées entraînant la surconsommation d'oxygène, la présence de plancton (zoo et phytoplancton), une concentration de diverses matières en suspension, de matières organiques. Ces eaux peuvent en zone chaude tropicale et équatoriale être très riches en acides humiques colorés. Ces eaux ont une qualité variable en fonction de la température, de l'ensoleillement, des saisons et des pollutions dues aux activités qu'elles suscitent. Les eaux de surface lorsqu'elles existent sont encore très fréquemment utilisées dans les zones rurales des pays en développement (marigots, rivières, fleuves). Or, elles sont toutes fortement

contaminées et doivent impérativement subir un traitement de base pour être consommables : clarification, désinfection (élimination des micro-organismes parmi lesquels les pathogènes) [13].

2.3.Les eaux souterraines

Formées par les eaux d'infiltrations, les eaux souterraines sont exemptes de pollution. Elles sont de 4 ordres [14]:

➤ **Nappe phréatique**

Une nappe phréatique est une nappe d'eau souterraine. Peu profonde et alimentée directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus [15].

➤ **Nappe souterrain**

Il s'agit d'une eau contenue dans les interstices ou les fissures du sous-sol que l'on nomme aquifère. Le niveau des nappes peut varier en fonction des infiltrations et des prélèvements d'eau. Le rapport de la nappe avec l'aquifère est le même qu'entre le contenu et son contenant [14].

- **Type d'aquifère**

Les nappes peuvent être contenus dans des aquifères de type poreux (sables, craie, graviers, grès, scories volcaniques, etc.) ou dit fissurés : l'eau est contenue et circule dans les failles, fissures ou diaclases de la roche (calcaires, granites, coulées volcaniques etc.). En milieu karstique la roche peut présenter des conduits et grottes dans lesquels l'eau peut circuler beaucoup plus vite que dans les autres types d'aquifères [14].

➤ **Nappe fossile**

Les nappes fossiles sont des réserves en eaux profondes, elles se sont constituées lors de périodes climatiques plus humides mais ne se renouvellent pas à court terme (jusque plusieurs milliers d'années) [16]. Ces nappes sont exploitées dans les milieux désertiques [14].

➤ **Nappe captive**

Une nappe captive est une nappe généralement profonde et située entre deux couches imperméables. Elle est entièrement saturée d'eau sous pression. Elle jaillit lorsque l'on fait un forage et c'est ce qu'on appelle un puits artésien [14].

3. Les différents types des eaux de consommation

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'eau potable est une eau dotée de caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques répondant à des directives et à des normes relatives à la qualité de l'eau de boisson [17].

L'eau que l'on retrouve dans nos verres peut avoir diverses origines, mais quelle que soit sa provenance, elle doit être d'une qualité irréprochable [18].

L'eau potable regroupe différents types d'eaux :

- L'eau de distribution : il s'agit de l'eau du robinet.
- L'eau conditionnée ou embouteillée : les eaux minérales naturelles, les eaux de sources, les eaux rendues potables par traitement.

3.1.L'eau de source

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, protégée et microbiologiquement saine. Elle doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales naturelles ainsi que les caractéristiques de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine.

L'eau de source est une eau qui doit être propre et qui ne doit pas contenir de microorganismes pathogènes. Ce n'est pas une eau stérile, mais elle peut contenir certaines bactéries. Dans la plupart des cas, si vous utilisez de l'eau de source en bouteille elle est traitée afin d'être consommable et avant d'être mise en bouteille [19].

L'eau de source est soumise à la même réglementation que l'eau du robinet, elle doit donc respecter tous les critères de potabilité.

L'eau de source a des particularités [18]:

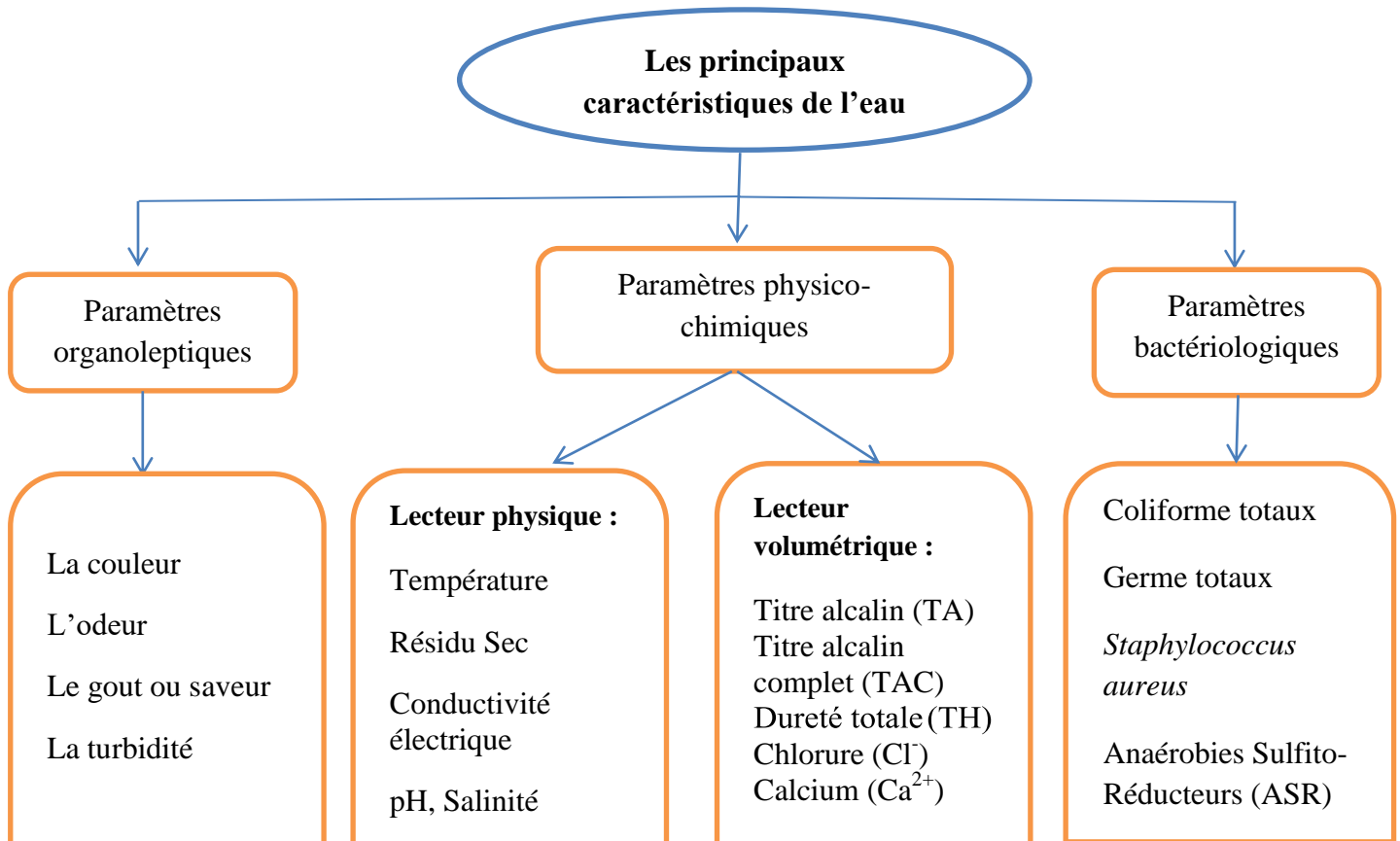
- Sa composition peut varier dans le temps, de même que sa teneur en minéraux. C'est en général pour cela qu'elle est choisie par les consommateurs qui s'attardent plus sur l'étiquette de chaque bouteille.
- L'eau de source peut naturellement contenir du gaz carbonique qui la rend pétillante.

3.2.L'eau minérale

L'eau minérale naturelle est une eau exclusivement d'origine souterraine, captée soit à une source, soit par forage. Définie en tant que telle par la réglementation, elle est utilisée pour l'embouteillage et/ou le thermalisme. Pure, protégée géologiquement et présentant une composition minérale parfaitement stable, elle ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage ou son utilisation thermique. Ces eaux appartiennent, par définition, à des aquifères à forte inertie, en général profonds, carbogazeux dans certains cas. Bien protégés des contaminations superficielles par leur couverture géologique et, le cas échéant, également par des politiques de protection dédiées [20].

4. Les propriétés des eaux de consommation

L'organigramme ci-dessous présente les caractéristiques des eaux de consommation :

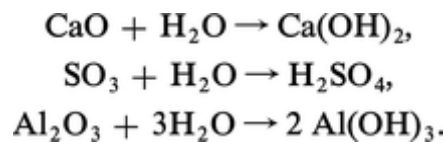


5. Propriétés physico-chimiques de l'eau**5.1. Propriétés chimiques**

L'eau est un réactif très important dans l'état gazeux et surtout dans l'état liquide. C'est un composé très stable avec, pour sa réaction de formation à 25 °C.

a) Caractère acide et basique

L'eau se combine aux oxydes pour donner des hydroxoacides, des hydroxobases et des hydroxydes amphotères suivant la position de l'oxyde dans la classification périodique et son degré d'oxydation [21]:



Cette dernière réaction est d'ailleurs très complexe. L'eau s'ionise suivant l'équilibre :



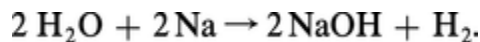
($\Delta H^0 = -55,9$ kJ/mol), auquel correspond à 25 °C une constante d'équilibre $K = 3,2 \times 10^{-18}$ qui conduit pour l'eau pure aux concentrations :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ ion-g/l.}$$

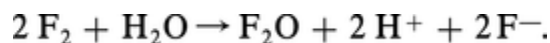
Cela permet de rendre compte des réactions de neutralisation et du phénomène d'hydrolyse (hydrolyse du carbonate de sodium aussi bien que du chlorure d'aluminium).

b) Caractère oxydoréduction

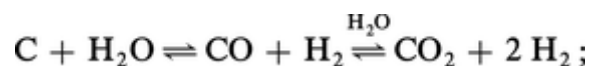
Le sodium réduit l'eau à température ambiante avec inflammation :



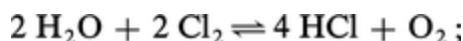
Le fluor l'oxyde :



La vapeur d'eau est un oxydant vis-à-vis de nombreux métaux et non-métaux :



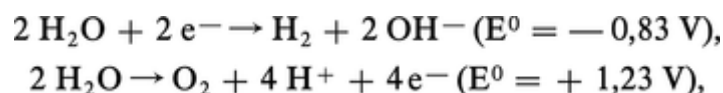
Elle réduit le chlore :



Elle est aussi un dismutant du soufre :



Les propriétés oxydantes et réductrices de l'eau liquide sont expliquées par les deux demi-réactions [21] :



5.2. Propriétés physiques

a) Propriétés thermodynamiques

Les températures de la glace fondante et de la vapeur condensant sous la pression atmosphérique normale de 1 013,25 hPa définissent le 0 et le 100 de l'échelle Celsius.

La glace existe au moins sous dix formes cristallines. Le point triple (point d'intersections des courbes d'évaporation, de sublimation et de fusion) de la glace ordinaire (glace Ih) est point fixe de l'échelle internationale des températures.

L'eau présente certaines anomalies : elle se contracte à la fusion et a une densité maximale à 3,98 °C. Au-delà, son coefficient de dilatation est important. Sa compressibilité est faible. Son enthalpie de vaporisation donne une constante de Trouton anormale, voisine de 26. (Cette constante, quotient de la chaleur molaire de vaporisation par la température absolue d'ébullition, est l'entropie molaire de vaporisation. Elle est de 21 pour la plupart des substances.)

Sa chaleur spécifique entre 14,5 et 15,5 °C a servi à définir la calorie, qui est la quantité de chaleur nécessaire pour faire parcourir un tel échauffement à un gramme d'eau. Elle décroît au-delà et passe par un minimum au voisinage de 35 °C [21].

b) Autres propriétés physiques

La viscosité de l'eau est relativement faible, sa conductibilité thermique est quinze fois plus petite que celle du mercure. C'est un liquide très mouillant vis-à-vis du verre, qu'il recouvre parfaitement d'une mince pellicule avec un angle de raccordement pratiquement nul.

L'eau liquide est transparente sous faible épaisseur, bleue sous grande épaisseur. Opaque dans l'infrarouge, c'est un filtre calorifique. Sous un centimètre, elle absorbe toutes les longueurs d'onde supérieures à 1,4 μm . Son absorption dans l'ultraviolet est importante vers 186 nanomètres. Son constant diélectrique est l'une des plus élevées. La conductivité électrique de l'eau ultra-purifiée est très faible [21].

5.3. Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants.

Il existe un cycle biologique, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal (en volume) des êtres vivants, et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules. L'eau compose aussi la plus grande partie de nos aliments (70 à 95 % de la plupart de nos viandes et de nos fruits et légumes).

Il est donc évident que « l'eau, c'est la vie », mais il convient de préciser quelques-unes des multiples relations qui existent entre elle et les êtres vivants [22].

6. Normes de potabilité et paramètres globaux de la qualité des eaux

Les normes de la qualité de l'eau de consommation humaine sont des valeurs guides, qu'on ne doit pas dépasser elles sont établies par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Elles sont des valeurs calculées avec une grande marge d'incertitude pour chaque substance, pour la population la plus sensible, en fonction de la dose journalière de substance tolérable pour un poids corporel donné et pouvant être ingérée quotidiennement toute une vie sans risque sanitaire [47]. Les paramètres globaux de la qualité des eaux de consommation sont d'ordres organoleptiques, physicochimiques ou bactériologiques.

6.1. Les paramètres organoleptiques

6.1.1. La couleur de l'eau

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables [23].

6.1.2. L'odeur de l'eau

Les eaux de consommation doivent posséder une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO₂ ou le sulfure d'hydrogène H₂S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution [23].

6.1.3. Le goût ou saveur de l'eau

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ; tandis que la saveur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

Tout comme l'odeur, la saveur de l'eau est une propriété subjective, Il n'existe aucune méthode qui permette de mesurer le goût de façon objective. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère [24].

6.1.4. La turbidité

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau.

La turbidité est due à la présence dans l'eau de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques [25].

On mesure la turbidité en unités de turbidité néphalométriques (NTU) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau [26].

6.2. Les paramètres physico-chimiques**6.2.1. La température**

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques [27]. C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité de gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels [28].

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques [29].

6.2.2. La conductivité

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé [29].

6.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions, hydrogène (H⁺) dans un milieu. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [27].

6.2.4. La salinité

La salinité représente le contenu en sel dissous d'une eau, il faut se rendre à l'évidence qu'il est impossible de la mesurer précisément, de manière simple et globale. La méthode par évaporation et séchage se heurte au problème de la cristallisation de sel hydraté à température ambiante [30].

6.2.5. Résidu sec

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Le résultat obtenu est influencé par la température et la durée de la dessiccation.

En effet à 100-105 °C, une partie ou la totalité tant de l'eau interstitielle que de l'eau de cristallisation de certains sels peut s'évaporer [28].

6.2.6. La dureté

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO_2 dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Dans les échantillons analysés [29].

6.2.7. Le titre Alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre Alcalimétrique simple (TA) exprime la teneur en OH^- et la moitié de la teneur en carbonate alcalins et alcalinoterreux [31].

Et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprime la dureté carbonatée, encore appelée dureté temporaire d'une eau [32].

6.2.8. Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [27].

Les teneurs en chlorure des eaux sont extrêmes variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieur à 25 mg/l mais dans certaines régions [28].

6.3. Paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologiques fondées sur la recherche des bactéries sont considérées comme des indicateurs de contamination fécale : ces bactéries ont été choisies parce qu'elles sont présentes en grand nombre dans les selles des animaux à sang chaud qui sont des sources fréquentes de contamination assez grave, qu'elles sont détectables facilement et qu'elles ne se développent pas dans l'eau pure [33].

6.3.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (*E. coli*).

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase, qui permet de libérer un agent chromogène utilisé dans des milieux de culture servant à les identifier.

La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches d'E. Coli ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes [34].

Pour la méthode d'analyse il est possible de procéder à l'identification des coliformes totaux de trois manières :

- ✓ Méthode qualitative présence/absence;
- ✓ Filtration sur membrane (méthode quantitative);
- ✓ Fermentation en tubes (méthode semi-quantitative).

6.3.2. Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bactéries anaérobies strictes formant des spores de grande résistance. Ces bactéries considérées comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes exclusivement végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de distinguer une pollution fécale ancienne. Sans parler de l'intérêt réel d'une telle indication concernant la date de la

pollution, il faut cependant considérer que si les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent être des germes fécaux, ce sont également des germes telluriques et que de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence [1].

6.3.3. *Staphylococcus aureus*

S. aureus est un microorganisme pathogène dont on connaît au moins deux types de manifestations cliniques chez l'homme. Les staphylocoques sont d'abord souvent mis en cause dans les cas de toxi-infections alimentaires où il y a production d'une entérotoxine thermorésistante responsable de gastro-entérites. Ils sont également responsables d'infections cutanées qui sont de loin prédominantes par rapport aux infections gastro-intestinales.

Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs et occasionnellement d'une pollution fécale. Les staphylocoques pathogènes (*S. aureus*) produisent plusieurs types d'enzymes. De plus, les staphylocoques sont parmi les organismes à spores les plus difficiles à éliminer. En effet, ils résistent à une température de 60 °C pendant 30 minutes [35].

7. La pollution des eaux

La pollution des eaux est définie comme “ tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ” [36].

7.1. Les sources de la pollution

7.1.1. La pollution d'origine industrielle

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité suivant l'utilisation de l'eau :

- Matières organiques et graisses (industrie agro-alimentaire, équarrissages) ;
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Métaux (traitement de surface métallurgie) ;
- Acides, bases, produit chimique divers (industrie chimique, tanneries) ;
- Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matière radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Une partie non négligeable des résidus de pesticides provient de la production industrielle de ces derniers et de l'utilisation de pesticides par les sociétés de chemins de fer, les services

d'entretien des routes, les particuliers et les collectivités. L'azote présent dans l'eau ne provient pas uniquement de l'agriculture, les eaux usées industrielles contiennent également de l'azote, notamment les eaux rejetées par les fabricants d'engrais ou d'explosifs, les industries de traitements des métaux et les industries agro-alimentaires [37].

7.1.2. La pollution d'origine domestique

Elle résulte des habitations et elle est en général, transportée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des nettoyants. Elle peut être responsable de la détérioration des conditions de clarté et d'oxygénation de l'eau ainsi que de la croissance de l'eutrophisation dans les rivières [37].

7.1.3. La pollution d'origine agricole

L'agriculture cause certaines pollutions (fertilisation, traitement, érosion des sols) les agriculteurs ont eu recours à l'agriculture intensive, avec pour conséquence la pollution des eaux des sols par de fortes concentrations en azote, phosphore, pesticides (les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires) ont été de plus en plus utilisés et se sont accumulés dans les sols, les nappes phréatiques et la chaîne alimentaire [38].

7.1.4. La pollution d'origine fécale

S'accompagne très naturellement d'une pollution azotée, que l'on voit bien à travers les teneurs en azote organique. Une fois dans le milieu souterrain et en conditions oxydantes, l'azote se nitrifie. Il est très vraisemblable que l'azote ammoniacal stocké dans le sol par adsorption pendant la saison des pluies s'oxyde au fur et à mesure de la baisse du niveau piézométrique et de la progression de la zone non saturée en saison sèche. L'azote nitrique étant une forme très mobile il se retrouve rapidement dans la nappe [39].

Est apparue très tôt dès que l'eau a été utilisée comme vecteur de l'élimination des déchets.

Cependant, lorsque le milieu aquatique reçoit des rejets d'origine animale ou anthropique, le nombre et le type de bactéries présentes sont capables de rendre l'eau impropre à l'utilisation humaine.

7.2. Les types de la pollution

Les pollutions de l'eau des rivières et des lacs, même les pollutions plus malaisément perceptibles de l'eau souterraine, sont les nuisances les plus familières et celles qui peuvent provoquer les dommages les plus immédiats au cadre de notre vie. Moins immédiatement sensibles en raison de l'immensité des mers, les pollutions des eaux marines n'en sont pas moins inquiétantes. Examinons les différentes pollutions de l'eau continentale ainsi que leurs causes ou leurs origines. On les répartira en deux grands types : d'une part, les pollutions d'origine naturelle et, d'autre part, les pollutions dues aux activités humaines.

7.2.1. Pollutions d'origine naturelle

On fera une double distinction ; d'abord la pollution physique, ensuite les pollutions biologiques et biochimiques.

La pollution naturelle physique est celle qui résulte de l'entraînement en suspension d'éléments minéraux menus : sable fin, limons, argiles, lors de pluies violentes ou de crues abondantes [40].

On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même), et les matières non séparables (de même densité de que l'eau).

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique due à la température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz, et la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle[41].

Les pollutions naturelles biologiques et biochimiques ont une origine commune : les manifestations de la vie, végétale et animale. Tous les êtres vivants abandonnent des éléments organiques (feuilles mortes ou fruits, plumes ou poils, par exemple) ; certains excrètent des composés chimiques résultant des métabolismes vitaux et, chaque jour, des milliards de micro-organismes. Ces résidus sont abandonnés sur le sol ou bien sont enfouis dans le sol ou bien encore sont entraînés par le ruissellement et ils finissent par gagner ou les cours d'eau superficiels ou les circulations aquifères souterraines, après avoir subi des modifications physiques, chimiques ou biologiques [40].

7.2.2. Les résidus des activités des groupes humains

Ces débris des produits de l'industrie, introduits par l'homme dans le milieu hydrique, l'altèrent d'autant plus gravement que leur introduction est plus massive et qu'ils comportent des éléments indésirables : la rupture des équilibres biologiques arrête alors le processus d'autoépuration. On considérera d'une part, les pollutions physiques et, d'autre part, les pollutions chimiques et bactériologiques [40].

a. Les pollutions physiques humaines

Elles sont de trois ordres, d'abord, **les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles** : ce sont les rejets d'eau de lavage provenant de l'exploitation de minéraux ou de minerais ou bien les rejets d'eau de séparation par flottation, (les lavoirs à charbon, par exemple), qui renferment des matières inertes en suspension à caractère minéral dominant et qui nécessitent un traitement physique. Mais certaines eaux résiduaires organiques, eaux usées domestiques et urbaines, eaux industrielles des industries alimentaires, des industries des cuirs et peaux, des industries textiles, etc. contiennent des matières en suspension très fermentescibles qui nécessitent un traitement biologique pour pallier un développement microbien intense et la raréfaction de l'Oxygène dissous.

Deuxième type de **pollution physique** : les rejets d'eau de réfrigération, le plus souvent non souillés, mais chargés de calories. Ces rejets élèveront la température naturelle du milieu hydrique récepteur et entraîneront un appauvrissement physique de la teneur de l'eau fluviale en oxygène, voire une mutation dans les espèces qui composent le potamoplancton.

Troisième type de **rejets physiques** : les rejets susceptibles de provoquer une nuisance radioactive. L'industrie nucléaire peut-elle introduire cette nuisance ? Actuellement, nous pouvons penser que la pollution radioactive est rarement préoccupante. La contamination pourrait avoir deux origines : d'une part, les retombées d'aérosols radioactifs consécutifs à l'explosion d'engins nucléaires et, d'autre part, les rejets dus à l'industrie nucléaire et aux applications scientifiques, industrielles et médicales [40].

b. La pollution chimique

Les pollutions chimiques humaines croissent avec la civilisation industrielle. Leurs origines sont multiples : agriculture, industrie, vie en agglomération, transports, vie dans le monde moderne, accidents et négligences [40].

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple : les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses. Ainsi résulte de la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle [42].

c. La pollution Biologique

Un grand nombre des microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturelle ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes.

L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites, et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne virale ou parasite [43].

Chapitre II

Matériel et Méthode

II. Matériels et Méthodes

Introduction

L'objectif de cette partie est la caractérisation des eaux des sources situées dans la région de «Saharidj» qui se trouve à l'est de la wilaya de Bouira, en les comparant aux normes Algériennes.

Afin d'évaluer la qualité aquatique de nos sources, deux méthodes analytiques complémentaires ont été employées : une analyse physico-chimique d'une part et bactériologique d'autre part.

Cependant notre évaluation s'est déroulée du mois d'avril au mois de mai 2022.

Les différentes analyses physico-chimique et bactériologique ont été réalisées au niveau du laboratoire de génie des procédés de l'université de Bouira.

1. Echantillonnage et prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc) [32].

Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court (inférieur à 8 heures). En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse les 24 heures. En principe, la température de l'eau ne doit pas être modifiée jusqu'à son traitement au laboratoire. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants [47].

Deux prélèvements de l'eau ont été effectués : prélèvement d'une source jaillissante d'où il est effectué le plus près possible de l'émergence, nous avons débouché le flacon et nous l'avons placé dans une position où l'ouverture tournée dans la direction d'où provient le flux puis nous rebouchons soigneusement selon la méthode décrite par [48]. Et un prélèvement

d'une source équipée d'un tuyau, dans ce cas l'eau est recueillie directement dans le flacon stérile. Il ne doit, en aucun cas, avant le prélèvement, débarrasser le goulot de ses éventuels dépôts de calcaire ou d'algue. Le goulot d'une eau courante ne contamine pas l'échantillon (c'est l'effet "autonettoyant" du jet) [48].

Trois prélèvements ont été effectués pour chaque source, deux pour réaliser les analyses bactériologiques et un prélèvement pour l'analyse physico-chimiques

a) Point d'échantillonnage

Le point de prélèvement est situé dans la haute montagne de la commune de Saharidj. Cette ruée qui coïncide aussi avec le début de la saison chaude s'explique du fait que les citoyens, en plus du désir d'avoir une eau potable de haute qualité, dédaignent aussi l'eau du captage du barrage qui véhicule une odeur caractéristique de poissons et d'algues, ajoutée à celle provenant des forages qu'ils disent de qualité nettement moins bonne que l'eau de source.

À l'exception des citoyens des deux communes de montagne Aghbalou et Saharidj, tout le reste des résidents des quatre autres commune de la daïra de M'chedallah ont recommencé comme chaque été, notamment ceux véhiculés, à s'approvisionner en eau potable à partir des principales sources de haute montagne telles que Tala Larbaa à Saharidj, Tala Rana, Tala N'vuhrev, situés dans le village Ivelvaren, Tala Guidawen à Imezdhourar et Lainser n'Ath Ali Outemim, à côté des deux sources des villages Iwakouren (annexe n°2) (**Tableau II-1**).

Tableau II-1 : Point d'échantillonnage :

N° source	Localisation	Caractéristique
1	Tala Larbaa	Equipée d'un tuyau
2	Tala Rana	Jaillissante
3	Tala N'vuhrev	Equipée d'un tuyau
4	Tala Guidawen	Equipée d'un tuyau
5	Tala Ath Ali Outemim	Equipée d'un tuyau

La figure N° II-1 représente Matériels ainsi que les réactifs utilisés le long de cette étude.

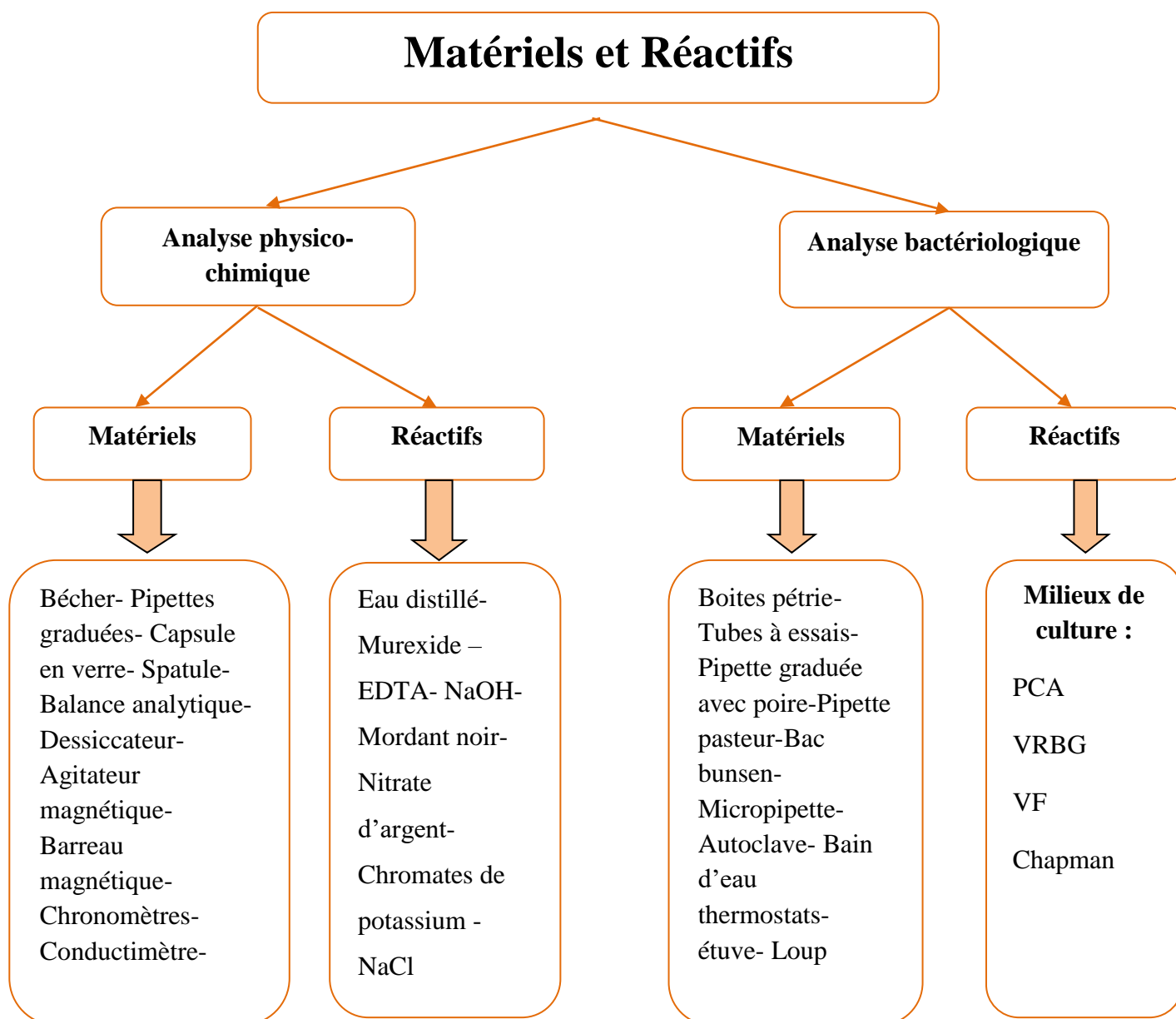


Figure II-1: Matériels et réactifs utilisés

2. Méthodes d'analyses organoleptiques

Les échantillons doivent être prélevés dans des récipients en verre convenablement nettoyés. Les flacons seront rincés avec l'eau à prélever puis remplis complètement. L'examen des paramètres organoleptiques doit être pratiqué le plus rapidement possible juste au moment du prélèvement.

2.1 Test de couleur

La couleur est évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée des sources.

2.2 Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur à son tour est évaluée par simple sensation olfactive, tandis que la saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

2.3 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. Il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après le prélèvement [25].

Principe

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélobimétrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. Il est souhaitables d'effectuer sa mesure sur le terrain, car certaines particules se déposent ou adhèrent à la paroi du récipient pendant le transport.

L'unité de mesure est le NTU (Néphélobimétrie Turbidity Unit). Les mesures s'effectuent simplement après le réglage de l'appareil

Mode opératoire

On remplit la cuvette de mesure propre et bien essuyée, avec du papier hygiénique, avec l'échantillon à analyser, on homogénéise bien et on effectue rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure, l'instrument utilisé dans le laboratoire est le turbidimètre de marque HACH modèle 2100q de lecture directe.

3. Méthodes d'analyses physico-chimiques

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

3.1 Lecture physique

D'une manière générale, les résultats sont exprimés sur l'écran d'affichage après une simple lecture.

3.1.1 Résidus secs**Principe**

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

Matériel spécial

- ✓ Capsule en aluminium, en verre borosilicaté ou en platine.
- ✓ Étuve réglable à 105-110 °C et 175-185 °C.

a) Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déversée la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C
- Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur.

b) Expression des résultats :

$$RS \text{ (mg/L)} = \frac{(M_1 - M_0)}{(V \times 10^3)} \quad [1]$$

Avec :

M_0 : la masse de la capsule à vide (g)

M_1 : la masse de la capsule avec résidus secs (g)

V : volume de l'échantillon versé (ml)

3.1.2 Conductivité électrique

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous.

Matériel et réactifs :

- ✓ Conductimètre (WTW Cond 1970).
- ✓ Electrode de conductivité.
- ✓ Bécher de 50ml.
- ✓ Standard de conductivité à 1000 μ s/m.
- ✓ Standard de conductivité à 1413 μ s/m.

a) Mode opératoire :

- ✓ Dans un bécher, verser l'échantillon de l'eau à tester.
- ✓ Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau, et brasser l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et lire la conductivité lorsque la valeur affichée est stable.
- ✓ Il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée après chaque lecture de la conductivité d'un échantillon.

b) Expression des résultats

Le résultat est donné directement en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

3.1.3 Le pH

Le pH est une unité de mesure du degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution. Il est mesuré entre 0 et 14, il donne la concentration en ions H^+ .

Matériel et réactifs :

- ✓ pH-mètre (HANNA instruments).
- ✓ Bécher.

a) Mode opératoire

- ✓ Allumer le pH mètre.
- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ✓ Etalonner le pH-mètre avec les solutions d'étalonnage.
- ✓ Dans un bécher, verser l'échantillon de l'eau à tester.
- ✓ Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau, et brasser l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et lire le pH lorsque la valeur affichée est stable.
- ✓ Il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée après chaque lecture du pH d'un échantillon.

b) Expression des résultats

Le résultat est donné directement sur l'appareil.

3.1.4 Température

La température est affichée à l'aide du conductimètre, c'est un appareil qui possède deux électrodes, une est placée à l'intérieur de l'appareil et l'autre est immergée dans la solution, la température sera affichée directement sur l'écran.

Mode opératoire

On plonge la sonde munie d'un thermomètre dans un bécher qui contient les échantillons à analyser. On laisse le conductimètre se stabiliser et on effectue la lecture et on la rapporte sur le protocole d'analyse. Le résultat se fait par lecture directe sur l'appareil par affichage digitale en $^{\circ}\text{C}$.

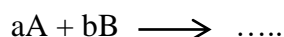
3.1.5 Salinité

La teneur en sels dissous et salinité est mesurée à l'aide de conductimètre multifonctions. Elle est directement proportionnelle à la conductivité. L'appareil est de telle façon que la teneur en

TDS et la salinité soient déterminées directement par lecture digitale sur le conductimètre.

3.2 Titrage volumétrique

Le titrage volumétrique est une méthode de dosage basée sur l'ajout progressif d'un réactif en solution à une solution d'un autre réactif avec lequel il réagit de manière (quasi) complète selon une équation stœchiométrique bien définie :



Un des réactifs est contenu dans une burette graduée afin d'en déterminer avec précision le volume délivré (chute de burette). Une bonne agitation doit être maintenue durant tout le titrage.

L'addition se termine quand l'équivalence stœchiométrique est atteinte (il n'y a plus de substance titrée, sans excès de substance titrant).

A ce moment
$$\frac{n_A(\text{ajouté})}{a} = \frac{n_B(\text{titré})}{b} \quad [2]$$

La condition d'équivalence ($V_A = V_{\text{éq}}$) est reconnue au moyen d'un indicateur (souvent coloré) ou d'une condition électrochimique (potentiomètre).

Le calcul des quantités n_A et n_B peut prendre plusieurs formes (une masse divisée par une masse molaire, le produit d'une concentration par un volume ...).

3.2.1. Détermination de l'alcalinité TA et TAC

L'eau à analyser doit être conservée de préférence dans des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté et l'analyse doit être pratiquée dans les 24 heures après le prélèvement.

Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

❖ Détermination de TA

Prélever dans un erlenmeyer, 100 ml d'eau à analyser. Ajouter 1 à 2 gouttes de la solution de phénolphtaléine. Une coloration rose doit se développer dans le cas contraire le TA est nul, ce qui produit en générale pour les eaux naturelles le pH est inférieur à 8.3.

Verser en suite l'acide (HCl à 0.02 N) dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à obtenir le virage (Annexe n° 6).

Expression des résultats : les résultats sont exprimés suivant la formule :

$$TA = V_1 \times 10(^{\circ}F) \quad [3]$$

❖ **Détermination de TAC**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonate et d'hydroxydes.

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis, carbonates et hydrogénocarbonates (HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^-)

• **Matériel et réactifs**

- ✓ Solution acide chlorhydrique HCL à 0,02 N (voir annexe n° 3).
- ✓ Méthyle orange à 0,05.
- ✓ Bécher de 100 ml.
- ✓ Une burette.
- ✓ Un agitateur.

Utiliser l'échantillon. Ajouter 2 gouttes de méthyle orange et traiter avec la solution (HCl) à 0.02N jusqu'au virage de jaune ou jaune orange. (Voir l'annexe n°6).

- **Expression des résultats :** les résultats sont exprimés selon la formule :

$$TAC = V \times 10(mg/L) \quad [4]$$

D'où :

V : c'est le volume d'acide HCl

❖ **Détermination de HCO_3^- et CO_3^{2-}**

Expression des résultats : La teneur en HCO_3^- et CO_3^{2-} est exprimée suivant les formules :

$$[\text{HCO}_3^-] = TAC \times 1,22 \text{ mg/L} \quad [5]$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = TA \times 0,6 \text{ mg/L} \quad [6]$$

3.2.2. Détermination du calcium par méthode titrimétrique à L'EDTA

Les ions calcium sont titrés avec une solution l'E.D.T.A, à pH entre 12-13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T.A réagi tout d'abord avec les ions de calcium libres, puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur, ou la couleur vire alors du rouge à la couleur violette (voir annexe n°6).

Matériel et réactifs

- ✓ Préparation de Solution de l'E.D.T.A (voir annexe n°3)
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 2N.
- ✓ Indicateur coloré de murexide ($\text{C}_9\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$).

- ✓ Bécher de 100 ml.
- ✓ Une burette.
- ✓ Un agitateur.

a) Mode opératoire :

- ✓ Prendre 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100 ml.
- ✓ Ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- ✓ Ajouter le murexide (0,2 g) puis mélanger.
- ✓ Titrer immédiatement avec l'E.D.T.A (verser lentement jusqu'au virage violet).
- ✓ La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution de l'E.D.T.A.

b) Expression des résultats : La teneur en calcium est exprimée en mg/l, suivant la formule ci-dessous :

$$[Ca^{2+}] = \frac{V_1 \times C_{EDTA} \times M_{Ca^{2+}}}{P.E} \times 1000 \text{ mg/l} \quad [7]$$

V_1 : volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C_{EDTA} : concentration molaire de l'EDTA (0.02 mol/L)

$M_{Ca^{2+}}$: la masse molaire du calcium en (g/mol)

P.E : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

3.2.3. Détermination de la dureté totale

L'ion Ca^{2+} et Mg^{2+} sont titrés par complexométrie avec une solution de l'E.D.T.A à un pH 10, le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette, en présence ces ions.

L'E.D.T.A réagi avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} libres puis au point d'équivalence, avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} combinés avec l'indicateur qui vire la couleur violette à bleu.

Matériel et réactifs

- ✓ Solution de l'E.D.T.A ($Ca_{10} H_{14} N_2 O_6 Na_2 \cdot 2H_2O$) à 0,02 mol/l.
- ✓ Solution tampon pH=10,1 (voir annexe n°3).
- ✓ Indicateur coloré : mordant noir (noir eriochrome).
- ✓ Bécher de 100 ml.
- ✓ Une burette.

- ✓ Un agitateur.

a) Mode opératoire :

- ✓ Prendre 50 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 100 ml.
- ✓ Ajouter 4 ml de la solution tampon.
- ✓ Ajouter 3 gouttes de (NET) noir eriochrome. (La solution doit se colorer en rouge foncé violet et le pH doit être de 10)
- ✓ Titrer immédiatement avec l'E.D.T.A (verser rapidement au début puis lentement vers la fin) jusqu'au virage bleu.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'E.D.T.A.

A partir des concentrations du Ca^{2+} et Mg^{2+} on peut déterminer la dureté de l'eau selon la formule suivante :

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \quad [8]$$

❖ Détermination de magnésium

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée [25].

$$C_{Mg^{2+}} (mg/l) = TH (mg/l) - C_{Ca^{2+}} (mg/l) \quad [9]$$

3.2.4. Détermination des chlorures (titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium)

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui précipitent quantitativement, addition d'un petit excès d'ions argent et formation de chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage, durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation (voir annexe n°6).

Matériel et réactifs

- ✓ Nitrate d'argent (0,02 mol/l) (voir annexe n°3).
- ✓ Chromates de potassium (K_2CrO_4)
- ✓ Bêcher de 100 ml.
- ✓ Une burette.
- ✓ Un agitateur.

a) Mode opératoire

- ✓ Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml de chromate de potassium $K_2 CrO_2$ (coloration jaunâtre).
- ✓ Titrer avec nitrate d'argent $Ag NO_3$ à 0,02N jusqu'à coloration brun rougeâtre.
- ✓ Addition d'une goutte de la solution Na Cl.
- ✓ Cette coloration doit disparaître

b) Expression des résultats

$$[Cl^-] = \frac{V_{AgNO_3} \times C_{AgNO_3} \times M_{Cl^-}}{P.E} \quad (mg/l) \quad [10]$$

4. Les Analyses bactériologiques

Il existe deux méthodes pour l'étude microbiologique: technique de la membrane filtrante et la méthode en tubes. Pour notre étude nous avons utilisé la seconde méthode en raison des moyens existants. Le dénombrement des colonies est effectué sous la loupe (OPTIKA).

Les germes recherchés et les méthodes normalisées utilisées sont consignés dans le tableau N° II-2.

Tableau II-2 : Germes recherchés selon la norme algérienne

Germes recherchés	Milieux de culture	Température/Temps d'incubation
Germe totaux	PCA	30°C / 72h
Coliformes totaux	VRBG	30°C / 48h
Clostridium sulfito-réducteur	Viande foie	37°C / 24h à 48h
<i>Staphylococcus Sp</i>	Chapman	37° C / 24h

4.1. Méthode de prélèvement**a) Lavage et stérilisation**

Les prélèvements bactériologiques doivent être recueillis dans des flacons soumis à un nettoyage rigoureux et à une bonne stérilisation, il est conseillé d'utiliser des flacons en verre.

- ❖ Ces flacons sont plongés pendant 24 heures dans de l'eau contenant un détergent.
- ❖ Nettoyé avec une brosse et un goupillon toutes les surfaces internes.
- ❖ Rince avec de l'eau du robinet.
- ❖ Réaliser 3 à 4 rinçages avec de l'eau distillée.
- ❖ Laisser la verrerie sécher entre 70°C à 80°C.
- ❖ Après on passe à la stérilisation à l'autoclave (120°C pendant 2 heures).

b) Mode de prélèvement

Le prélèvement présente l'étape la plus importante lors d'une analyse bactériologique d'une eau. Cependant de bons résultats ne peuvent être prononcés que si les échantillons ont été correctement prélevés, c'est-à-dire de façon à représenter le plus exactement le milieu d'où provient l'eau.

Les modes opératoires du prélèvement varient suivant la source d'eau, pour le cas des analyses bactériologiques, le prélèvement s'effectue dans les meilleures conditions de stérilisation et avant de procéder au prélèvement dit, il y a lieu de suivre les étapes suivantes :

- Il faut le laver soigneusement les mains et les rincer à l'alcool.
- Utiliser des flacons en verre stérilisé.
- On prend une pince en fer enrobée de coton et d'alcool, flamber énergiquement l'orifice de la source pendant 1 minute.
- Il est souhaitable de garder la flamme au-dessus de la source.
- Prendre le flacon de la main gauche et flamber rapidement le bord du goulot et remplir avec l'échantillon ne pas remplir entièrement, laisser passer l'O₂ pour ne pas suffoquer les germes.
- Flamber une deuxième fois le goulot et bien fermer, envelopper le bouchon avec du papier aluminium.
- Etiqueter le prélèvement et l'inscrire sur un cahier.

4.2. Préparation des dilutions décimales

Nous introduisons dans une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser, dans notre cas 9 ml d'eau stérile réalisant ainsi une solution mère à partir de laquelle sont préparées les autres dilutions décimales (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) (figure II-2).

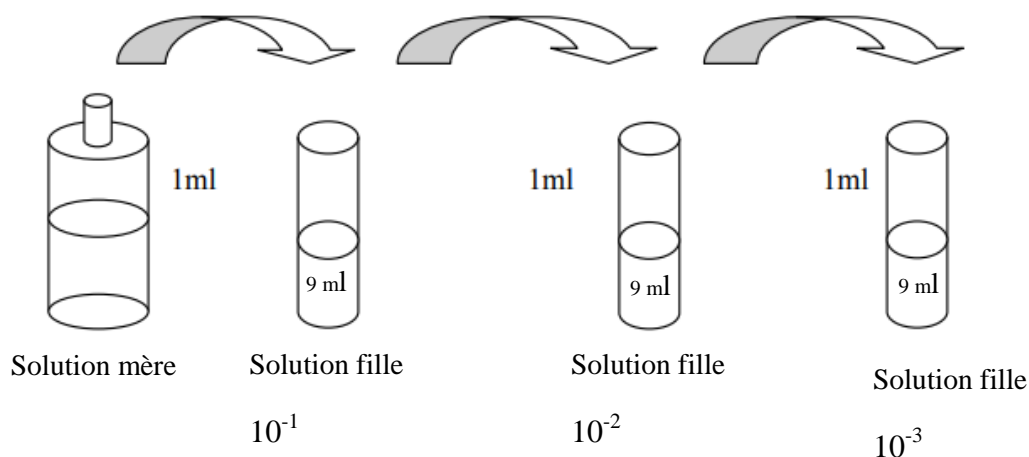


Figure II-2 : Schéma de la préparation des dilutions décimales.

a) Recherche et dénombrement des germes totaux

Le dénombrement des germes totaux, consiste à une estimation du nombre total des germes totaux dans les échantillons de l'eau.

❖ Milieu de culture

Le milieu utilisé est celui de Plant Count Agar (PCA) (Voir annexe n°5).

❖ Mode opératoire

Le milieu gélosé PCA est fondu dans un bain marie à 98°C puis refroidi à environ 45 à 55°C près du bec benzène.

- On verse la gélose PCA en surfusion puis agitions doucement par un mouvement rotation lente et on laisse se solidifier.
- on ajoute 1 ml de l'eau (solution mère et dilutions) dans chaque boîte de pétrie, on fait un étalonnage à l'aide d'une pipette pasteur stérilisé
- les boites sont incubées dans une étuve pendant 72 h à 30°C .
- Après incubation, on dénombre chaque boîte de pétrie (**Figure II**).

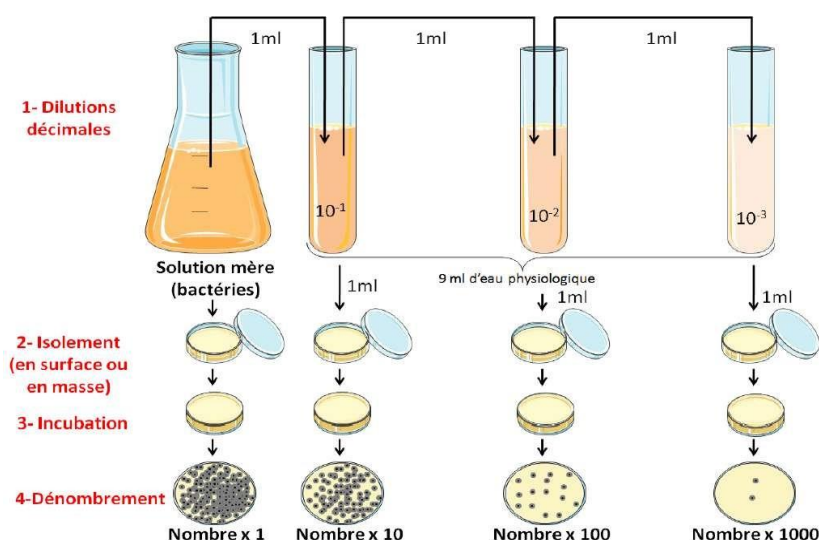


Figure II- : processus de l'analyse bactériologique.

b) Recherche et dénombrement des coliformes totaux

❖ Milieux de culture

Le milieu utilisé est le milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG) (Voir annexe n° 05).

❖ Mode opératoire

Les mêmes étapes pour la recherche des germes totaux ont été effectuées avec une incubation à 30 °C pendant 48h.

c) Recherche et dénombrement de *Staphylococcus Sp*

❖ Milieux de culture

Le milieu utilisé est celui de Chapman (Voir annexe n° 05).

❖ Mode opératoire

Nous avons suivi les mêmes étapes précédentes. L'incubation est réalisée à 37 °C pendant 24 h.

d) Recherche et dénombrement bactéries anaérobies clostridium sulfito-réducteurs

❖ Milieux de culture

Le milieu utilisé est celui de viande foie (VF) (Voir annexe n°5).

❖ Mode opératoire

Les mêmes étapes précédentes ont été suivies. L'incubation est réalisée à 37 °C pendant 24 h.

Chapitre III :

Résultats et Discussions

III. Résultat et discussion**Introduction**

L'étude expérimentale réalisée sur les différents échantillons prélevés, nous a permis de déterminer les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de différentes sources de la commune de Saharidj. Les prélèvements ont été effectués du mois de mars à avril 2022. Dans ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus.

1. Paramètre organoleptiques**1.1 La couleur, le goût et l'odeur**

Par observation à l'œil nu, nous remarquons que l'eau des cinq sources est incolore. Et par appréciation personnelle; nous constatons aussi, que ces sources d'eaux sont inodores et sans saveurs. Nous pouvons dire que les cinq sources présentent une bonne qualité organoleptique par rapport au goût, odeur et couleur.

L'absence d'odeur est un signe d'absence de pollution ou de matières organiques, [49]. La couleur de l'eau des cinq sources est limpide, ceci indique sûrement l'absence des ions métalliques : fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur. En effet, la couleur de l'eau peut être due à certaines impuretés minérales (le fer), mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques, voire annexe 04) [50]. Tandis que le goût est dû à l'absence de l'ensemble de substances solubles des bourgeons gustatifs.

2. Analyses physico- chimiques

L'interprétation des résultats de l'analyse physico- chimique est effectuée selon les normes algériennes relatives à la qualité de l'eau de consommation humaine (décret exécutif n° 11-125 JO N°18 du 23 mars 2011).

2.1 la température

Les valeurs des températures des échantillons d'eau sont consignées dans le tableau III-1 et représentées dans l'histogramme de la figure III-1.

Tableau: III-1. Les températures des eaux des sources

Les sources	S1	S2	S3	S4	S5	Norme algérienne
Température (°C)	13	12	12	13	12	<25

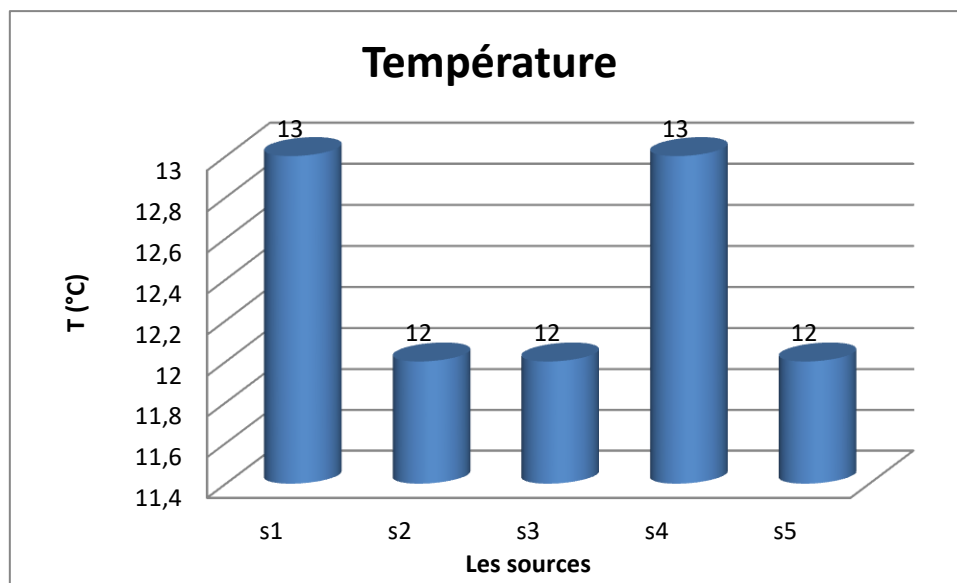


Figure III-1 : Histogramme des valeurs de température pour les différentes sources étudiées.

D'après l'histogramme présenté les résultats obtenus montrent que les températures des cinq échantillons d'eau analysés durant la période d'étude varient entre des valeurs minimales de 12 ± 0.1 °C enregistrées pour les échantillons S2, S3 et S5, et des valeurs maximales de 13 ± 0.1 °C enregistrées pour les échantillons S1 et S4.

D'après ces résultats, on remarque que les températures ne dépassent pas les normes $T < 25$ °C dans tous les points de mesure (JORDP, 2011).

Nous constatons que ces eaux sont de bonne qualité de point de vu température, généralement, les variations de la température entre les différents sites étudiés s'estompent au-delà de 3 mètre de profondeur et que la température des eaux souterraines est invariable au cours de l'année [51].

2.2 La turbidité

Le tableau III-2, présente les valeurs des turbidités des échantillons d'eau étudiés.

Tableau: III-2 : Les turbidités des eaux des sources

Les sources	S1	S2	S3	S4	S5	Norme algérienne
Turbidité(NTU)	0	0	0	0	0	5

Nous rappelons que la turbidité de l'eau indique la présence de MES qui donne un aspect trouble à l'eau. Nos résultats montrent que les cinq types d'eaux ont des turbidités qui ne dépassent pas les normes fixées à 5 NTU [52].

La turbidité de l'eau des cinq sources est nulle (0NTU), nous constatons dès lors que les eaux étudiées sont des eaux claires.

Les sources étudiées traduisent une bonne qualité de l'eau en termes de turbidité.

2.3 La conductivité

Les valeurs de Conductivité des échantillons sont consignées dans le tableau III-3 et représentées dans l'histogramme de la figure III-2.

Tableau: III-3. Les conductivités des eaux des sources

Les sources	S1	S2	S3	S4	S5	Norme algérienne
Conductivité (µs/cm)	727,66	324,33	460,33	428,33	685,33	2800

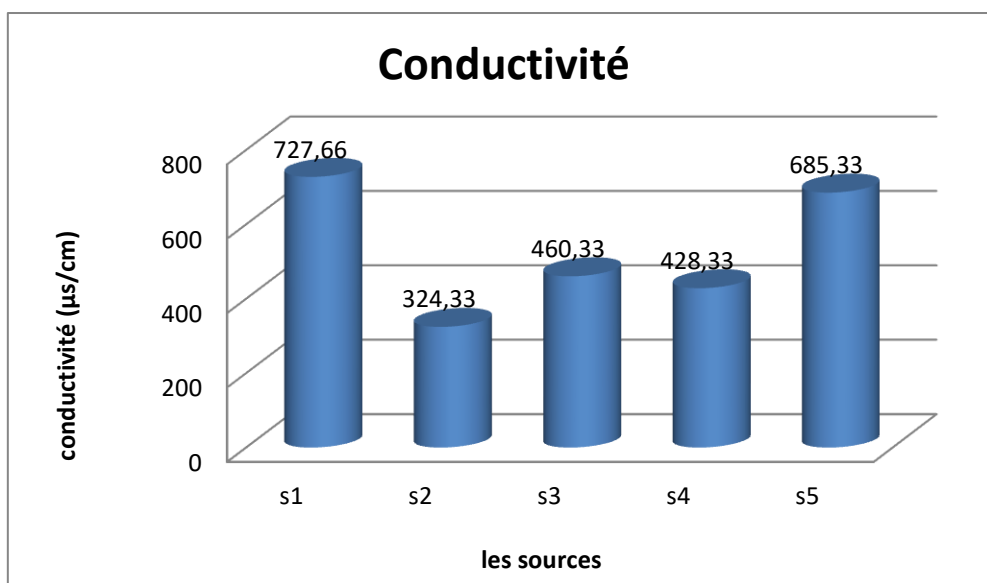


Figure III-2 : Histogramme des valeurs de conductivité pour les différentes sources étudiées.

Les valeurs de conductivité des 05 sources sont différentes d'une source à une autre. Elles varient entre 324,33 μ s/cm et 727,66 μ s/cm dont le maximum est enregistré la source (01) et le minimum la source (02). Selon [53], la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution.

Ses valeurs sont tous au-dessous de la valeur recommandée (2800 μ s/cm) par les normes algériennes [52]. ; Donc ses eaux sont de bonne qualité de point de vue conductivité.

2.4 Le pH

Les valeurs du pH enregistrées durant la période d'étude, varient entre 7,06 et 7,68 (**Figure III**). Ces résultats révèlent que le pH des sources est généralement neutre, ces valeurs sont en accord avec les normes algériennes dans la valeur admissible est de 6,5 à 9 [52]. Les points étudiés sont au voisinage de la neutralité. Ce qui nous amène à dire que la qualité des eaux étudiées est bonne.

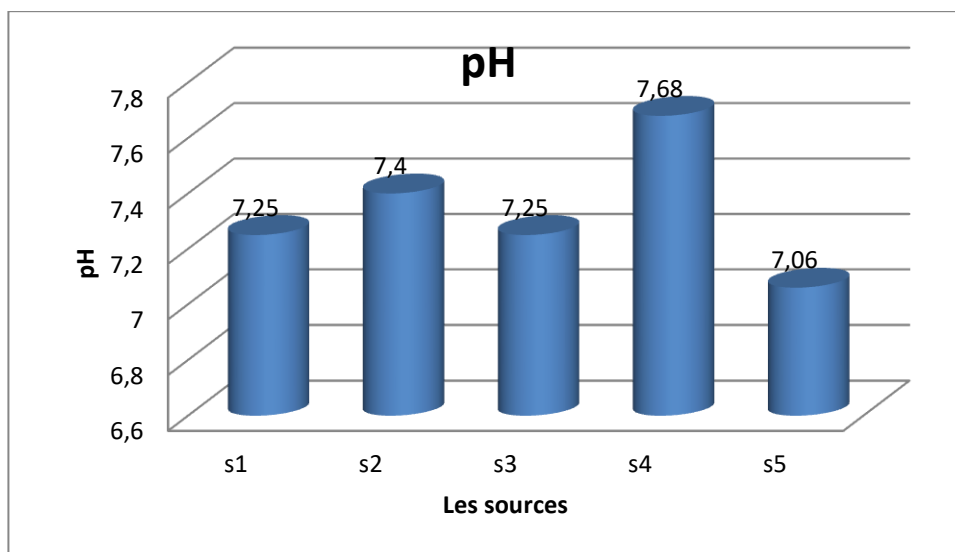


Figure III.3 : Histogramme des valeurs de pH pour les différentes sources étudiées.

2.5 Les résidus secs

La détermination des résidus secs permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, pour des raisons de saveur. L'OMS recommande une valeur limite de 100 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Notre étude a montré que les valeurs obtenues dans les différents sites sont comprises entre 0,001813 mg/l et 0,000075 mg/l. La plus haute valeur est enregistrée au site 01, alors

que la valeur la plus basse est enregistrée au site 02. Toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas la norme de l’OMS [54] et du JORDP[52] (Figure III-4).

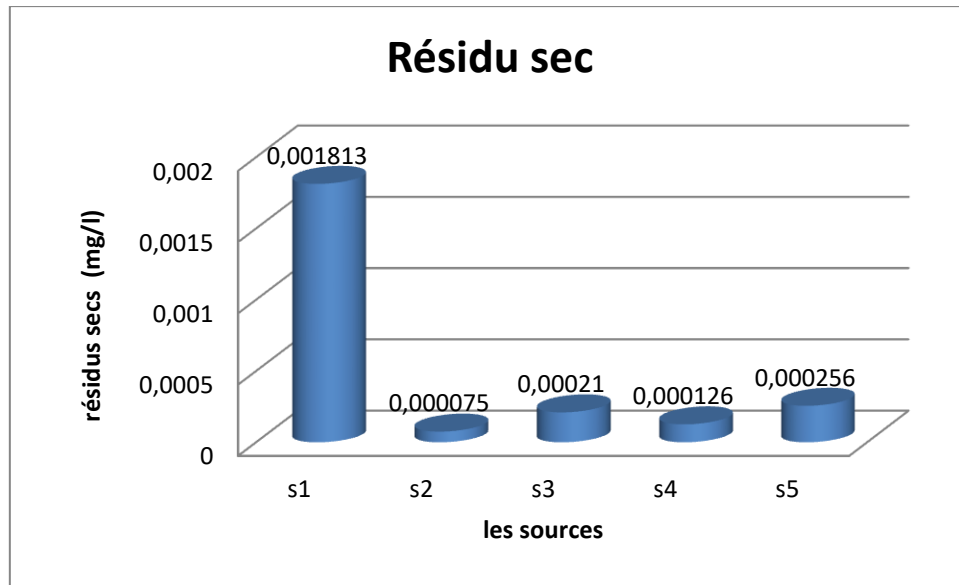


Figure III-4 : Histogramme des valeurs des résidus secs pour les différentes sources étudiées.

2.6 La salinité

Les pourcentages des salinités des échantillons d’eau sont consignés dans le tableau III-4 et représentées dans l’histogramme de la figure III-5.

Tableau: III-6. Salinité des eaux des sources

Les sources	S1	S2	S3	S4	S5	Norme algérienne
Salinité (%)	0,1	00	00	00	0,1	1,5

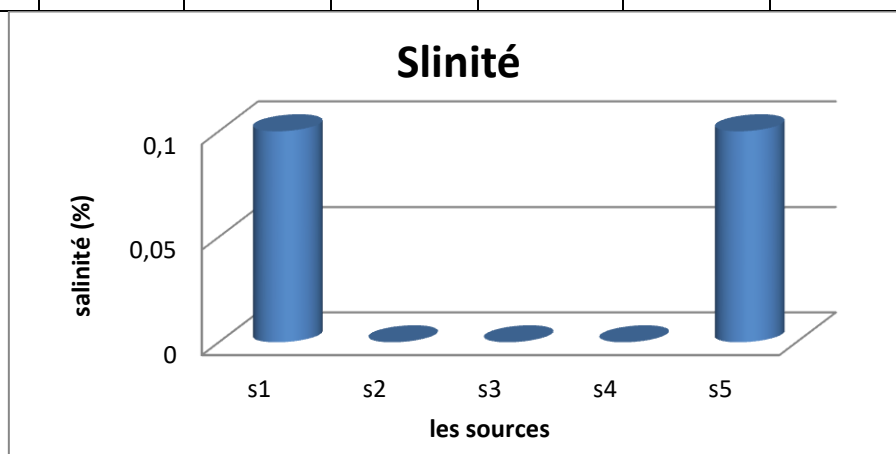


Figure III-4 : Histogramme des valeurs de salinité pour les différentes sources étudiées.

Les valeurs enregistrées dans les cinq sources sont très faibles, Elles sont comprises entre 0% et 0,1 %, la valeur maximale a été enregistrée dans les deux sources 01 et 05 et les autres présentent une salinité nulle, ce qui confirme les valeurs de la conductivité trouvés précédemment, Nous pouvons dire que la salinité, est proportionnelle à la conductivité. Sa variation suit la même allure.

2.7 La dureté totale

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium. Elle se manifeste pratiquement par une difficulté dans la cuisson des légumes et dans la production de la mousse de savon.

Les résultats obtenus (Figure III-6) nous montrent que les eaux étudiées ont des duretés qui varient entre 357,2 mg/l (minimum au niveau de source 01) et 368 mg/l (maximum au niveau de source 05). La norme de TH fixée par la loi algérienne [52]. et celle de l'OMS [54] est de 500mg/l de CaCO₃. Les valeurs obtenues sont d'une moyenne de 300mg/l.

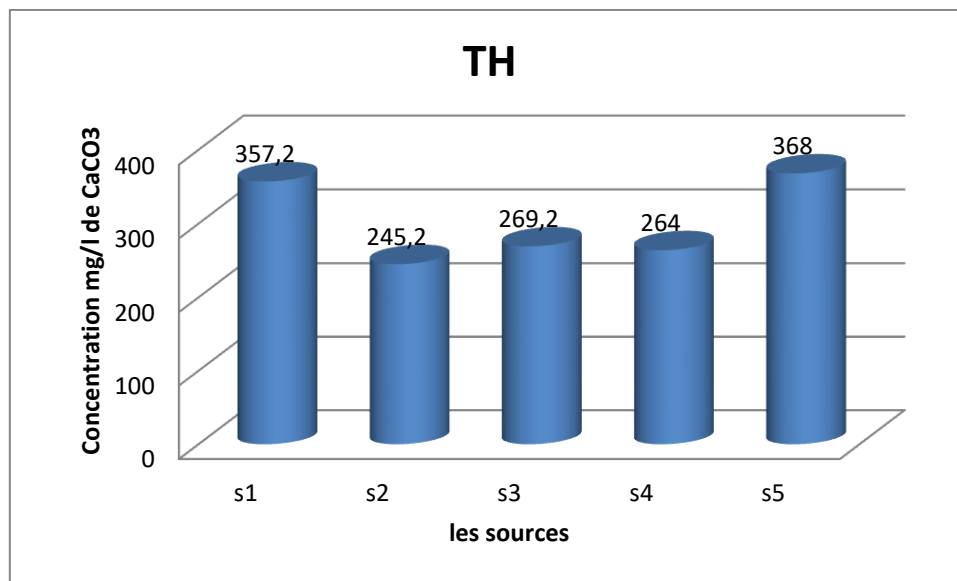


Figure III-6 : Dureté totale (TH) des différents échantillons.

2.8 Calcium et magnésium

Le calcium est un autre élément qui constitue la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés .

Les résultats des (05) sites échantillonnés révèlent des concentrations variables du calcium qui varient entre 36,8 mg/l et 102,4 mg/l dont la valeur maximale est enregistrée au site 01 et la valeur minimale est enregistrée au site 02 (figure III-7).

Ces concentrations sont conformes à la valeur admissible par les normes algériennes [52], ainsi que la norme de l’OMS [54], qui est de 200 mg/l donc ces eaux sont consommables de point de vu calcium.

En ce qui concerne les teneurs en magnésium contenu dans les sites échantillonnés (figure III-7), sont élevées, ils varient entre 204,8 mg/l pour le site 04 contre 267,2 mg/l pour le site 05.

L’augmentation de magnésium est reliée directement à l’augmentation de la dureté. La « dureté » de l’eau dépend de sa provenance. Une eau souterraine entrée en contact avec des roches poreuses qui contiennent des dépôts de minéraux, comme du calcaire, sera plus « dure » [44].

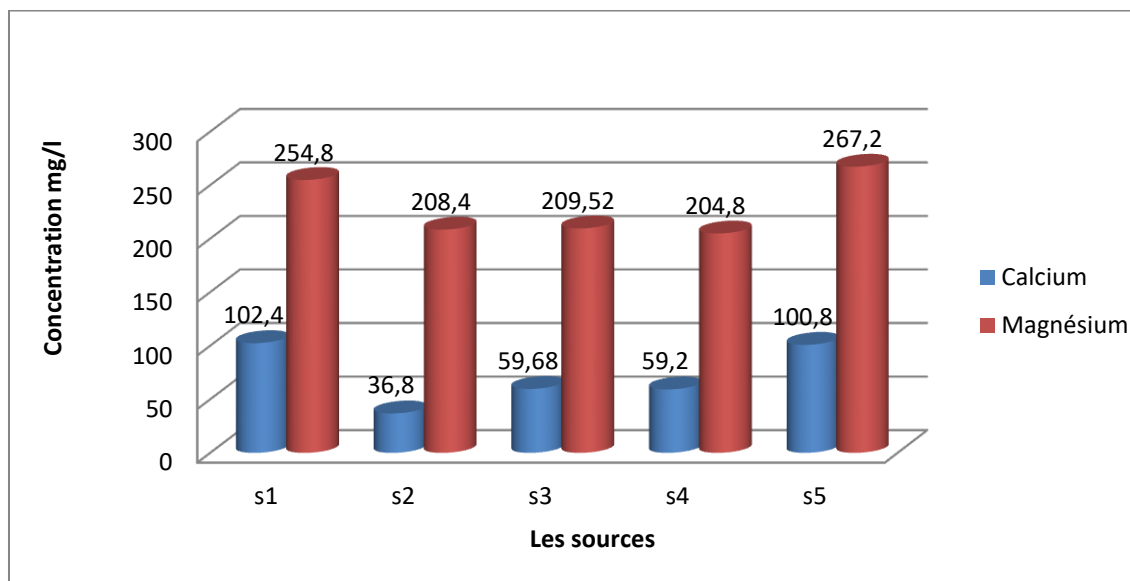


Figure III-7 : Variation de calcium et magnésium des différents échantillons.

2.9 Chlorure

La concentration en chlorure dans une eau dépend de l’origine de celle-ci (proximité d’eau salée, rejets domestiques ou industriels) ainsi que de la nature du terrain qu’elle traverse [37].

La teneur de nos 05 échantillons est comprise entre 26,9 et 53,1mg/l (fig. **III-8**) Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

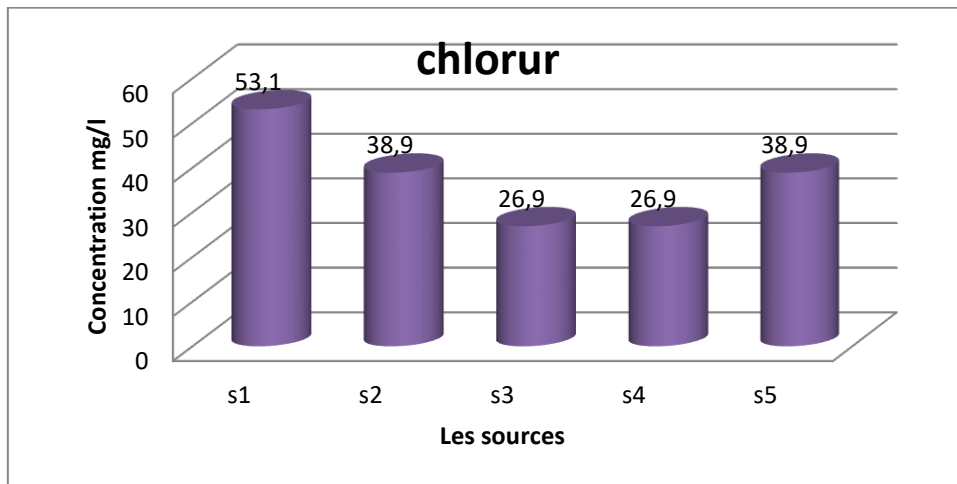


Figure III-8 : Teneurs en chlorure (Cl) des eaux étudiées.

2.10 Titre alcalimétrique complet TAC

Selon la norme en vigueur, la valeur maximale à ne pas dépasser pour le TAC est de 500 mg/l de CaCO₃ (figure **III-9**). Le TAC des résultats obtenus varient entre 23mg/l de CaCO₃ et 40 mg/l de CaCO₃. Ces valeurs sont conformes à la réglementation algérienne.

On remarque que la source 2 et 5 ont le TAC le plus élevé par rapport aux autres sources ce qui prouve une dissolution des roches carbonatée dans les réservoirs [45].

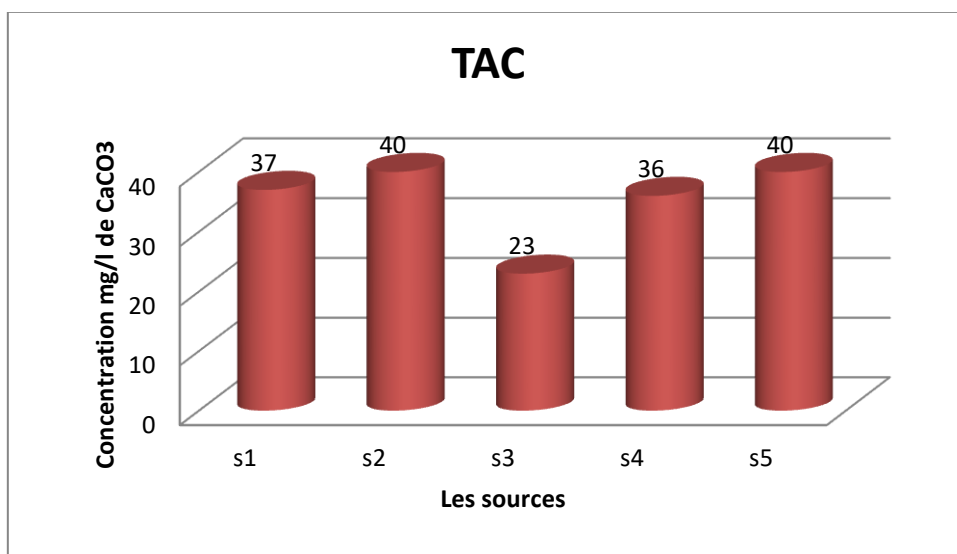


Figure III-9 : Titre alcalimétrique complet (TAC).

➤ **Bicarbonate HCO_3^-**

Les valeurs de Bicarbonate des échantillons d'eau sont consignées dans le tableau III-11 et représentées dans l'histogramme de la figure III-10.

Tableau: III-5. Bicarbonate des eaux des sources

Les sources	S1	S2	S3	S4	S5	Norme algérienne
Bicarbonate mg/l	45,14	48,8	28,06	43,92	48,8	

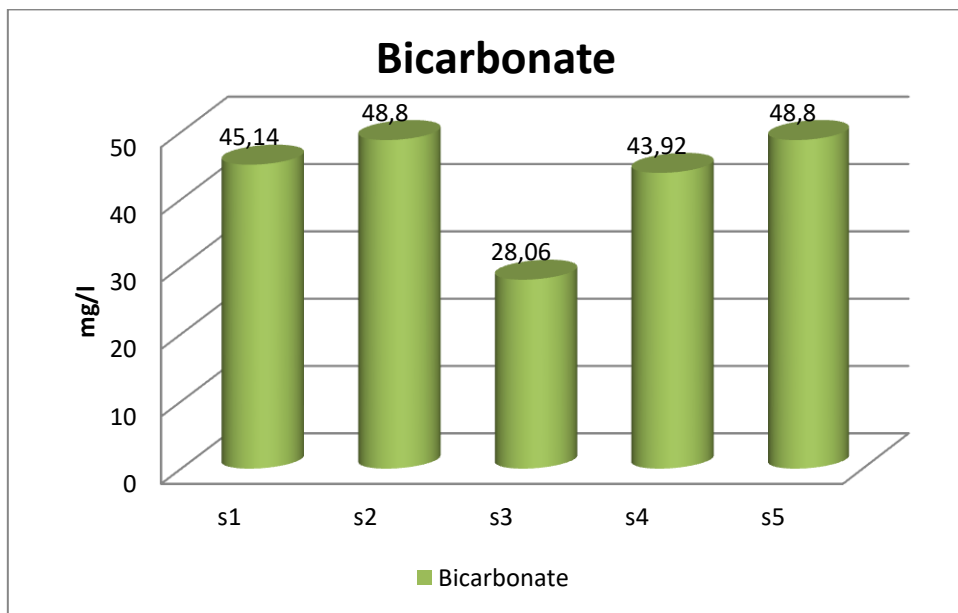


Figure III-10 : Teneurs en Bicarbonate HCO_3^- dans l'eau des sources.

L'eau des sources 2 et 5 a une teneur élevée en bicarbonate par rapport aux trois sources restantes, cette teneur confirme son origine bicarbonatée [45].

3. Analyse bactériologique

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de laboratoire de génie des procédés de l'université de Bouira, elles consistent à mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. Pour cela, nous avons choisi de rechercher des germes qui sont toujours présent en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur qui sont : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridium sulfito-réducteurs. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III-6.

Tableau III-6: Résultat de l'analyse bactériologique selon la norme fixée par l'Algérie

Paramètres	Source 01	Source 02	Source 03	Source 04	Source 05	Norme Algérienne
Coliforme Totaux	0	0	0	0	0	<10/100ml
Coliforme Fécaux	0	0	41 .10 ⁴	0	0	<10/100ml
Clostridium sulfito-réducteur	0	0	0	0	0	0/20ml
<i>Staphylococcus Sp</i>	0	0	0	0	0	0/100ml

3.1.Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécales [55].

Les résultats d'analyses bactériologiques des échantillons d'eau révèlent des charges bactériennes nulles (0 UFT/100 ml), ce qui nous amène à dire que ces eaux sont conformes à la norme algérienne (<10/100ml).

3.2.Les Coliformes fécaux

Tous les sites sont dépourvus de coliformes fécaux, à l'exception du site 03 qui présente une densité bactérienne atteignant 41 .10⁴ UFT/100 ml, par conséquent cette source n'est pas conforme à la norme algérienne (<10/100 ml) (Figure III-11).

La présence des coliformes thermo tolérants signe de l'existence quasi certaine de contamination fécale d'une eau [56]. L'OMS, énonce qu'il indispensable de vérifier la présence d'*E.Coli* qui apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

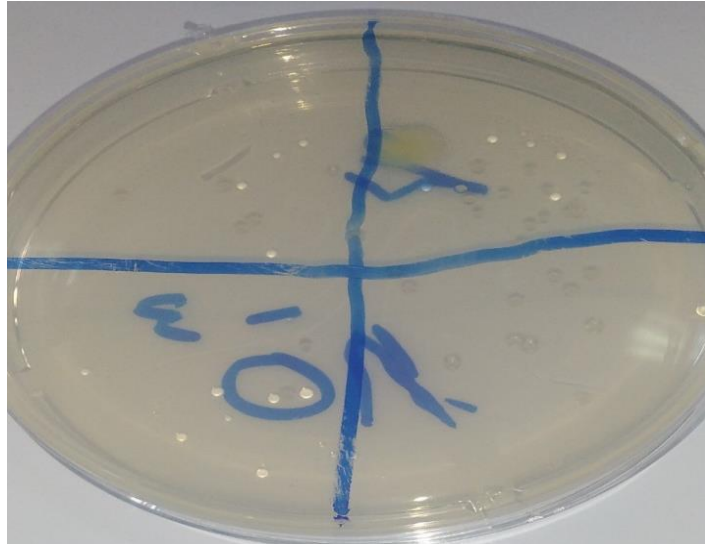


Figure III-11 : La présence des coliformes fécaux dans la source 03(Prise personnelle, 2022)

3.3.Clostridium sulfito-réducteurs (ASR)

EL HAISSOUFI et al. [57], rapporte qu'il faut signaler que les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale. D'après LADJEL. [58], les ASRs représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, du fait des formes plus résistant aux chlorations.

Les analyses bactériologiques sur les échantillons d'eaux montrent l'absence des ASRs pour les quatre sources étudiées, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence dans l'eau de consommation (Figure III-12).



Figure III-12 : Absence des ASRs dans des différentes sources (prise personnelle, 2022)

3.4. *Staphylococcus Sp*

Staphylococcus Sp sont absents totalement dans tous les prélèvements de l'eau analysée. Donc les valeurs sont conformes à la norme algérienne (figure III-13). Et cela confirme l'eau des différentes sources est consommable à l'exception de la source 03 qui nécessite des analyses supplémentaires.

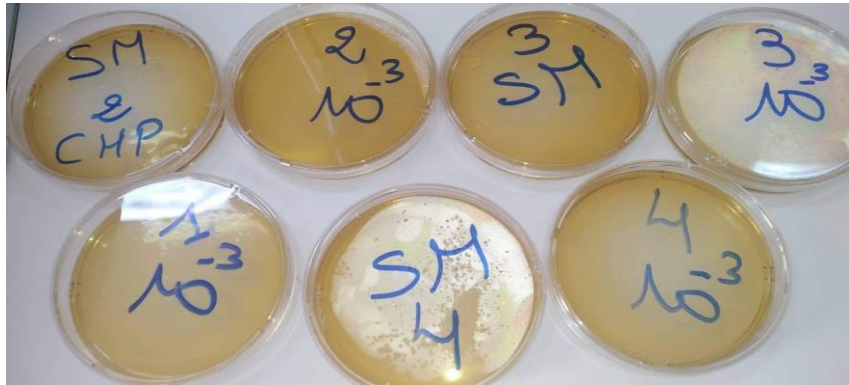


Figure III-13 : Absence des *Staphylococcus* dans des différentes sources (prise personnelle, 2022)

Conclusion Générale

Conclusion

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation.

La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels, et constitue sans aucun doute une menace pour les habitats qui puisent l'eau nécessaire à leurs besoins.

Ce travail a été effectué du mois d'avril au mois de mai 2022 au niveau de laboratoire de génie des procédés de l'université de Bouira dans l'objectif d'évaluer les propriétés des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source de la région de « Saharidj » situé à nord-est de la wilaya de Bouira, et ainsi juger leur utilisation comme une eau potable. Les eaux des quatre sources étudiées sont consommées à longueur des années par les populations et constituent un apport très considérable dans l'alimentation en eau potable par la région.

Les eaux étudiées sont de qualité physico-chimique acceptable car les résultats des analyses sont conformes et en accord aux normes algériennes. D'une façon générale, les valeurs indiquent que toutes les eaux étudiées ont un pH voisin de la neutralité, avec une conductivité moyenne de 525,196 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui nous amène à dire qu'elles sont qualifiées comme des sources moyennement minéralisées. La dureté est de 300mg/l, donc sont des eaux très dures. L'absence de la turbidité pour les différentes sources est synonyme d'absence de pollution.

Selon les analyses bactériologiques nous avons constaté des contaminations bactériologiques d'origine fécale issue des animaux vivants et pâturés à proximité de la source naturelle « Tala N'vohrev ».

Les analyses bactériologiques ont démontrés l'absence des streptocoques et ASRS pour l'ensemble des sources. En effet les sources se situent loin de toute source de pollution domestique.

Au total les résultats des analyses étaient satisfaisants et répondent parfaitement aux exigences des normes nationales en vigueur. Ces eaux demeurent jusqu'à présent aptes et recommandées pour la consommation humaine, il ne faut pas perdre de vue que le paramètre le plus défavorable décline la qualité et l'aptitude des eaux.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau distribuée dans la région Saharidj est de très bonne qualité physico-chimique ainsi que bactériologique et sa consommation ne présente aucun danger pour les habitations, elle est ainsi dépourvue de toute germe pathogène et loin de toute pollution qui peut être générée que ce soit par les rejets directs, les rejets industriels ou par les eaux usées domestiques.

Pour ce qui est des recommandations, nous tenons à proposer l'application des mesures préventives suivantes afin d'éviter la contamination de l'eau destinée à la consommation :

- ✓ Faire un contrôle quotidien des eaux lorsqu'elles sont distribuées dans l'avenir aux abonnées.
- ✓ Education et sensibilisation des populations pour prendre conscience de l'importance de l'eau pour la santé.
- ✓ Conception du réseau d'assainissement pour l'évacuation des excréments et des ordures ménagères, sources de contamination directe.
- ✓ Eviter toutes les sources de pollution susceptibles de perturber l'environnement et les eaux souterraines, ces perturbations sont nombreuses : l'agriculture (pesticides, engrais, produits d'élevage, détergents), les routes (épandages, accidents avec fuite de produits toxiques), les décharges de déchets ménagers (absence de tri), les décharges industrielles (bassins de décantation chimique, déchets riches en métaux toxiques) et enfin les rejets liquides (eaux résiduaires urbaines et industrielles).

Références
Bibliographiques

Références

- [1] : Walaa Diab, Étude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani, Liban, Docteur en Géosciences L'Université Libanaise & L'Université de Lorraine (Cotutelle), 30/06/2016
- [2] : Sadoune A., Derradji F, Vulnérabilité et gestion des ressources des ressources en eau dans la région d'Annaba et El taraf 2013.
- [3] : OFEFP, Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 2004, 24P.
- [4] : Mansour .Y, Djaballah.S, Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa, mémoire de master, Université LARBI TEBESSI, Tébessa, Algérie 2016.
- [5] : BOEGLIN Jean-Claude, Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, 2001, G1 110, 8p.
- [6] : Chelli. L, et Djouhri. N, Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA-BEJAIA, Faculté de Technologie 2013.
- [7] : Martin Dion, Matériaux de contactologie Établissement Collège Édouard-Montpetit publié en 2005 par le CCDMD Août 2010.
- [8] : W. Ayad, M. Kahoul, Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie), Mémoire de Doctorat à Université BADJI MOKHTAR – ANNABA, rédigé pendant l'année universitaire 2017.
- [9] : www.cieau.com Marillys Macé Directrice générale du centre d'information sur l'eau, consulté le 29/04/2022.
- [10] : www.eau-artois-picardie.fr 04/10/2017.
- [11] : École des sciences de l'eau, Le cycle de l'eau, français, 07/09/ 2019.
- [12] : CEA/A. Levesque et G.Levesque Découvrez l'animation des différentes étapes du cycle de l'eau Publié le 22/02/2018.
- [13] : Viland M, et al, Eau et Santé Guide pratique pour les intervenants en milieu rural, 2001.

[14] : Mamoudou DIALLO, Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits en fonction du traitement à l'hypochlorite de sodium, Mémoire de Docteur en Médecine à Université MALI faculté de médecine, de pharmacie et D'ODONTO-STOMATOLOGIE, 2010.

[15] : Amel LOUNNAS, amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de Skikda, Magister en Pollutions Chimiques & Environnement à l'université du 20 AOUT 1955 SKIKDA, 2009.

[16] : <https://fr-academic.com/dic.nsf/frwiki/1219573>

[17] : Culligan France, culligan le meilleur de l'eau, 29/05/2022

[18] : www.locafontaine.fr quels sont les différents types d'eau potable ? 16/03/2021.

[19] : EXQUADO l'eau pure, 17/04/ 2019.

[20] : Lacassagne Patrick, encyclopédie-environnement, 18/04/2021.

[21] : Antoine POTIER, « EAU - Propriétés physico-chimiques », Encyclopædia Universalis consulté le 02/06/2022.

[22] : Pierre MOUCHET, Michel ROUSTAN, Cet article fait partie de l'offre Technologies de l'eau Date de publication : 10/02/2011 Relu et validé le 01/02/2016.

[23] : Alpha Sidiki MAIGA, Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de BAMAKO : évaluation saisonnière. Faculté de MEDECINE DE PHARMACIE ET D'ODONTO STOMATOLOGIE, 05/03/2005.

[24] : www.qualitexpert-dz.com

[25] : www.futura-sciences.com

[26] : www.gov.mb.ca

[27] : Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Clooster M VAN, contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (MAROC oriental), 2011, p 149-169.

- [28] : Rodier J., Legube B., Merlet N, L'analyse de l'eau, 9ème édition, Edition. Dunod, P1579, 2009.
- [29] : M.L. Belghiti, A. Chahlaoui, D. Bengoumi, R.El Moustaine. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la région de Meknes (Maroc).Lahryss Journal, 14/06/2013, pp. 21-36.
- [30] : Aminot A, Kérouel R. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyse, Edition, Quae, 2004, p43
- [31] : Audisio S., Béranger. Anticorrosion et durabilité dans le bâtiment, le génie civil et les ouvrages industriels, 1er édition, Presses Polytechniques et Universitaires ROMANDES, 2010, P75.
- [32] : Navarre C., Langlade F. L'œnologie, 7eme Edition, Lavoisier, PARIS, 2010.
- [33] : Bugoma Mushayuma D., Polepole Ngabo P., Kajivunira Mitima N., Ndahama Ntadumba H., Batumike Cishibanji P., Kabugu Rutegamaboko J. Analyse bactériologique des eaux consommées par la population du groupement d'irhambi / katana, sud Kivu, rd CONGO, 2016, p 162-168.
- [34] : Pierre Chevalier, Ph. D Groupe scientifique sur l'eau. Coliformes totaux. Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec. Octobre 2017.
- [35] : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
- [36] : Hawa SAMAKE, analyse physico-chimique et bacteriologique au l.n.s. des eaux de consommation de la ville de BAMAKO Docteur en Pharmacie, Faculté de Médecine, de Pharmacie Et d'ODONTO STOMATOLOGIE BAMAKO, 2002.
- [37] : Bengrina Benmerine, contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-Saoura cas de Béni- Abbés, Ougarta et Zeghamra, thèse de doctorat en biologie, Université d'Oran, 2016.
- [38] : Brémaud C. Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural, Edition, Educagri, 2006, p214.

- [39] : Chippaux J.-P., Houssier S., Gross P., Bouvier C et Brissaud F. Étude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de NIAMEY, NIGER. n°2322, 2002.
- [40] : Marcel-M. CHARTIER, Les types de pollutions de l'eau (1), NOROIS Publiée avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique. AVRIL-JUIN 1974
- [41] : Bouziani M. l'eau : de la pénurie aux maladies, édition, IBN KHALDOUN, 2000.
- [42] : Chaouki M. Cours pollution (Air, eau, sol), Université KASDI MERBAH OUARGLA, 2017, p18 (50).
- [43] : Bennana M. Étude de la population de l'eau et du littoral du lac de hassi ben Abdallah, Mémoire de magister, Université de KASDI MERBAH OUARGLA. 2013, p46.
- [44] : Québec, l'eau à haute teneur en minéraux : dangereuse pour la santé ? Non, consulté 23/06/2022.
- [45] : BEN CHABANE Taous, HAMDY Sabrina, Caractérisation des eaux des sources de la région de Yakourene. Suivi d'une étude comparative avec les eaux minérales (ifri, Toudja, Lalla Khadîdja), master en chimie de l'environnement, université mouloud mammeri de tizi-ouzou, 2018.
- [46]: Mazzuoli Louise Schriver. (2012). Drinking water. Dunod. 249 p.
- [47] : Guiraud J-P. (1998). Microbiologie alimentaire. Dunod. 651p.
- [48] : Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J. et Zumstein J. (2001). Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p usuelles. Méd. Mal. Inf 251 p.
- [49] :Rodier. J., (1996). Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8ème édition, Paris, Dunod, 1130 p.
- [50]. Monique Henry (1991). Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent. Canada.101 p.
- [51] : Petit F & Erpicum M. (1987). Variations des températures des eaux de sources et de leurs débit en fonction de leur mode d'alimentation, Bull. Socio.Géo de Liège, n° XXII 22, 23ème année, 161-172

- [52] : JO n° 18. Décret exécutif n° 11-125 du 22 mars 2011 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- [53] : Dib I., (2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.
- [54] : OMS, (2004). Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1.
- [55] : CHEVALIER P., (2003). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- [56] Richard, Y. (1990). "Le point sur l'élimination des nitrates en eau potable.". In *Nitrates, Agriculture, Eau*, 53–65. Paris: French Ministry of Environment.
- [57]: El Hasnaoui, B., Younsi, A., Mountadar, M., Garmes, H. and Mouhab, I. (2011). Impacts négatifs d'une zone industrielle sur les eaux souterraines et sur le cheptel (Cas du Jorf Lasfar, Maroc): Approches pluridisciplinaires. *Déchets sciences techniques*, N°59, 2945.
- [58] : LADJEL S., (2009). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques

Annexes

Annexe n°1. Les normes Algériennes

Le tableau indiquant les concentrations maximales admissibles algériennes

Paramètres	Unité	Normes
Facteur physico-chimiques		
PH	/	6,5-9
Température	°C	≤ 25
Conductivité	μs/cm à 20°C	2800
Turbidité	NTU	5
Salinité	/	1,5%
Résidu Sec	mg/l	1500
Chlorure	mg/l	500
Dureté (TH)	mg/l	500
Calcium	mg/l	200
Magnésium	mg/l	150
TA	mg/l	5
TAC	mg/l	500
Facteurs bactériologiques		
Coliforme totaux	Nbr/100ml	<10/100ml
Coliforme fécaux	Nbr/100ml	<10/100ml
Clostridium sulfito-réducteur.	Nbr/100ml	0/20ml
Streptocoques	Nbr/100ml	0/100ml

Annexe n°2. Les sources d'eau

❖ Tala Larbaa



❖ Tala Rana



❖ **Tala N'vohrev**



❖ **Tala Guidawen**



❖ **Tala Ath Ali Outemim**



Annexe n°3. Préparation des solutions et des réactifs

❖ **TA et TAC**

➤ **Solution acide chlorhydrique HCl à 0,02N :**

- HCl (1N)0,01g
- Eau distillée500ml

➤ **Solution de phénophtaléine à 0,01N:**

- Phénophtaléine0,15916g
- Eau distillée50ml

❖ **Calcium**

➤ **Solution d'E.D.T.A ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) 0,02N:**

- E.D.T.A (sécher à 80C° pendant deux heures)1,8612g
- Eau distillée250ml

➤ **Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N :**

- NaOH (pastilles)4g
- Eau distillée50ml

❖ **Dureté totale**

➤ **Solution tampon pH =10,1 :**

- Chlorure d'ammonium NH_4Cl 1,07g
- Solution ammoniacale (25 %) $d=0,91g/ml$ 6,4ml
- Compléter avec l'eau distillé jusqu'à 100 ml.

❖ **Chlorure**

➤ **Nitrate d'argent (0,02mole /l) :**

- Nitrate d'argent (sécher à 105C°)0,84935g
- Eau distillée250ml

➤ **Solution étalon de référence de NaCl à 0,02mole/l :**

- NaCl (sécher à 105C°)0,5844g
- Eau distillée500ml

➤ **Solution d'indicateur de chromate de potassium K₂CrO₄ à 10% :**

- K₂CrO₄.....0,19419g
- Eau distillée50ml

Annexe n° 4. Quelques définitions

Acide humique : est issu de l'humus, la tourbe et le lignite. Les acides humiques sont des composés organiques des sols solubles dans une solution acide. Ils contribuent à sa qualité physico-chimique et sont des précurseurs de combustibles fossiles.

Acide fulviques : est un composé organique des sols, soluble dans une solution alcaline et une solution acide. Ce qui est fulviques est un des divers acides organiques solubles dans l'eau de poids moléculaire élevé dérivés de l'humus. L'acide fulviques contient de fortes propriétés détoxifiantes et anti-inflammatoires.

Annexe n°5. Préparation de la gélose et les milieux de culture

❖ Préparation la gélose

Nous portons au bain-marie bouillant les flacons contenant la gélose jusqu'à fusion du milieu. Ensuite, nous la refroidir à 45 °C.

Nous coulons la gélose aseptiquement dans chaque boîte, nous agitions doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de la gélose, sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après répartition de l'eau à analyser.

Nous laissons refroidir sur une surface parfaitement horizontale et fraîche. Les boîtesensemencées avec chacune des différentes dilutions d'eau sont incubées dans une étuve, le nombre de colonies compté sur une boite, multiplié par 10 et éventuellement par l'inverse du rapport de dilution, Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiées par ml.



❖ Germe totaux

➤ **Milieu de plant count agar (PCA) :**

- PCA.....11,75g
- Eau distillé500ml

Dans un bécher de 500ml en ajoute 11,75g de milieu PCA agité avec une vitesse 5 et une température de 300°C pendant 15 min jusqu'à ce que le milieu devient gel, ensuite le milieu est autoclavé pendant 2 heures.

❖ Coliforme totaux

➤ **Milieu VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar) : Cristal violet et au rouge neutre**

- VRBG20,75g
- Eau distillé.....500ml

➤ **Milieu Chapman**

- Chapman55,5g
- Eau distillé500ml

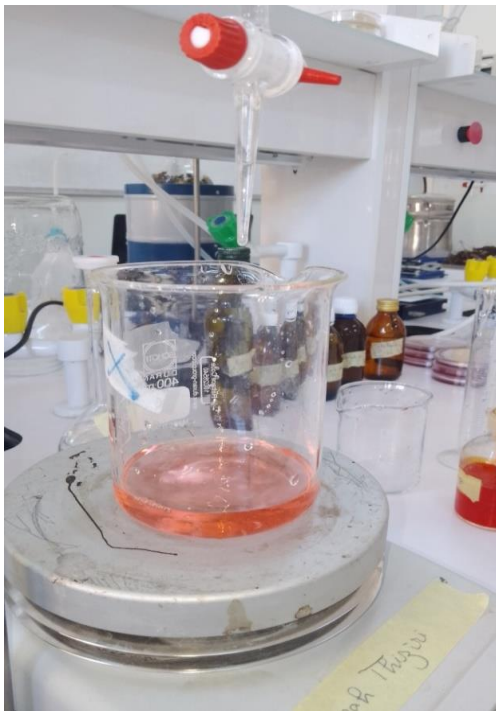
❖ **Bactéries anaérobies clostridium sulfito-réducteur**

➤ **Milieu viande foie (VF) :**

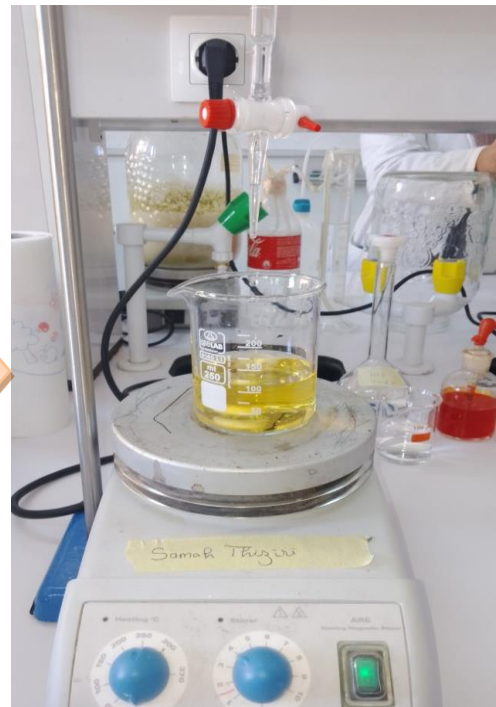
- VF.....17,43g
- Eau distillé.....500ml

Annexe n° 6

❖ **Titration de TAC :**



Virage jaune



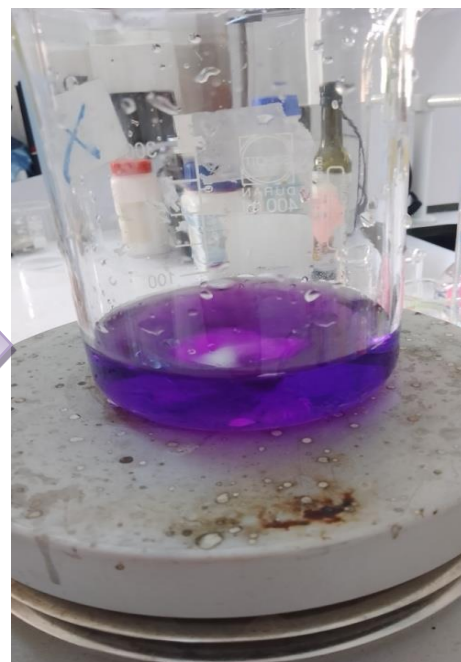
Avant le titrage de

Après le titrage

❖ **Titration de Calcium :**



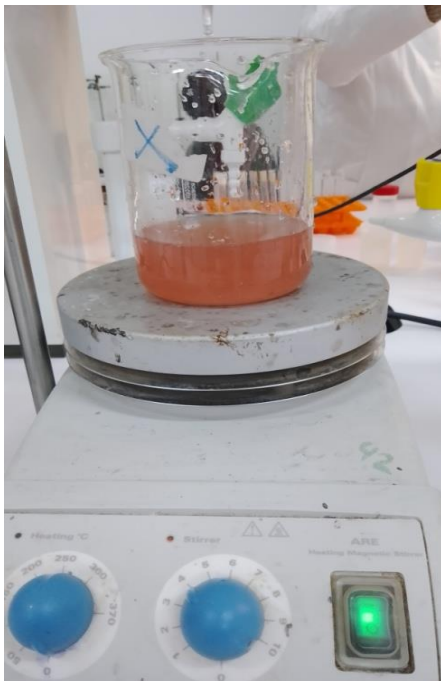
Virage violette



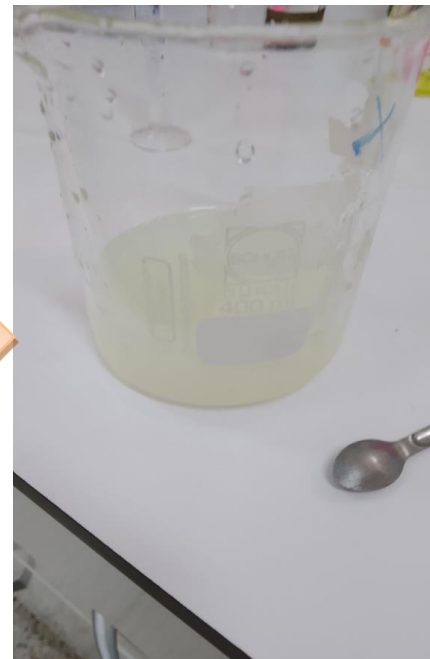
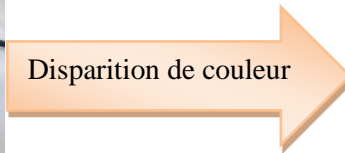
Avant le titrage

Après le titrage

❖ **Chlorure**



Avant le titrage



Après le titrage