

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et population
وزارة التعليم العالي و البحث لعلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université 20 Août 1955 - Skikda



Faculté des sciences
Département des sciences de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de MASTER en Protection des Ecosystèmes

Domaine D04: sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et Environnement

Option : Protection des Ecosystèmes

**Diagnostic de l'efficacité de traitement d'eau potable
- Cas de la station d'azzaba - Skikda-**

Présenté par :

KHOUALED Khaoula, MESSAI Hasna, RAHAB Cheyma et RAMOUL Roumaissa

Devant le jury :

Dr GUEDDAH D.	Présidente	Maître de conférence B	Université 20 Août 1955 Skikda
Mme MAACHIA L.	Examinatrice	Maitre Assistante A	Université 20 Août 1955 Skikda
Dr BOUHAYENE S.	Encadreur	Maître de conférence A	Université 20 Août 1955 Skikda

Année Universitaire : 2021/2022

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la
vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée
pour mon bonheur et ma réussite, ma mère
«Bouazizi Nassima» .*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon
soutien moral et source de joie et de bonheur, que dieu
te garde dans ma vie, à toi mon père «Messai Omer» .*

A mes très chères sœurs :

«Meriem et ines» Que Dieu gardé pour moi.

A mon chère frère «Anis», Que Dieu gardé pour moi .

A mon neveu «Yazen » .

A mes très chères tantes, oncles, cousines, cousins .

*A mes très proches amies : « Chaima, Roumaissa et
Khaoula » Je leurs souhaite tout le bonheur du
monde.*

Hasna



Dédicace

*Merci Allah de m'avoir donné la capacité et la
patience d'aller jusqu'au bout du rêve.*

*Je dédie ma graduation et le fruit de mon
travail à l'âme de ma mère.*

*A mon premier modèle, mon père, qui a été mon
soutien dans la vie et m'a appris le succès et sa
joie.*

A mes cher frères :Ali ,AbdeAlrahmane, Omar

Chaïma

Dédicace

Avant tout, je remercie Allah tout puissant qu'il m'a vie

Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier:

Mes trop chers parents qui nous ont toujours apportés

L'amour et l'affection

A mes chers frères et sœurs

Aux petits poussins

A l'âme de ma chère tante Zahra

Toutes la famille KHOVALED et BRIHI

Et toutes les amies: Zineb, Zahra, Rima, Rania, Sara

A mes amis au travail: Chaima, Hasna, Romaiissa

Khaoula

Dédicace

Avec l'aide et la protection d'ALLAH

Ce travail est réalisé.

Je dédiais ce travail à :

*Mes trop chers parents qui nous ont toujours apportés
L'amour et leur soutien moral ABDALLAH & NOURA*

A mon fiancé qui m'a aidé à franchir cette étape importante de ma vie

A mes chers frères : ADEM et MOUHAMED

Toutes la famille RAMOUL et BENRABAH

Oncles : RABIA, LEZHAR, MOURAD, ALI, AMAR

Tantes : SALIHA, HAKIMA, KAMILIA, FATIMA, ZAHYA, RADIA

Et tous leurs enfants surtout NINA

Et toutes les amies : MONIA, WISSEM, IKHLASSE, AYA, AMEL, SARRA,

INES, MERJEM, ABIR, ISRAA, RITEJ, DALEL

Mes collègues de promo d'écologie : Hasna, Cheyma, Khaoula, Mahfoud

ROUMAÏSSA

❧ *REMERCIEMENTS* ❧

L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser Ce travail dans de meilleures conditions.

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur Docteur **BOUHAYENE SALAH**, pour l'honneur qu'il nous a fait en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remercions particulièrement madame Docteur **GUEDDAH DORIA** qui a acceptée de présider ce travail, nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à madame **MAACHIA LEILA** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de département de biologie. Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de fin d'études.

Résumé :

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique.

Notre travail consiste à déterminer l'efficacité du traitement des eaux au niveau de la station de traitement de Azzaba dans la wilaya de Skikda destinées à la consommation humaine, et l'étude de la qualité organoleptique (gout, odeur, saveur), physicochimique (Température, pH, conductivité, turbidité, salinité, dureté totale, chlorure, titre alcalimétrique, titre hydrométrique, calcium, magnésium, sulfate, phosphate, nitrite) et bactériologique (Coliformes totaux, Coliformes thermotolérants, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteurs) de ces eaux et sa compatibilité avec les normes applicables par l'OMS ou les normes algériennes, ainsi que de vérifier leurs qualité au cours de son transport dans certaines communes limitrophe de la région de Azzaba (chef-lieu Azzaba, Djendel Saadi Mohamed, Ain Cherchar), sur une période de trois mois allant du mois de Mars au mois du Mai 2022 .

Les résultats des analyses physico chimiques menées sur les eaux brutes et traitées dans la station de traitement d'Azzaba, ainsi dans certaines communes limitrophe de cette région sont conformes aux normes recommandées par l'OMS et les normes algériennes sauf le magnésium en mois de mars et mai 2022 et dans tous les sites sont supérieur à ces normes par contre les valeurs au mois d'avril sont conformes aux normes algériennes. les résultats des analyses bactériologiques montrent que l'eau potable de la région d'Azzaba est de bonne qualité et les teneurs des paramètres analysées répondent aux normes de potabilité nationale et internationale .

Mots clés : Station d'épuration Azzaba, eau brute, eau traité, physicochimie, bactériologie.

Abstract

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food or hygiene purposes requires excellent physico-chemical and microbiological quality.

Our work consists of determining the effectiveness of water treatment at the Azzaba treatment plant in the wilaya of Skikda intended for human consumption, and the study of the physicochemical quality (temperature, PH, conductivity, turbidity, salinity, total hardness, chloride, alcalimetric title, hydrometric title, calcium, magnesium, sulphate, phosphate, nitrite) and bacteriological (total coliforms, thermotolerant coliforms, faecal streptococci, sulphite-reducing Clostridium) of these waters and its compatibility with the standards applicable by the WHO or the Algerian standards, as well as to check their quality during its transport in certain bordering communes of the region of Azzaba (capital Azzaba, Djendel Saadi Mohamed, Ain Cherchar), over a period of three months from March to May.

the results of the physico-chemical analyzes carried out on the raw and treated water in the Azzaba treatment plant, and in certain neighboring municipalities of this region comply with the standards recommended by the WHO and the Algerian standard , except magnesium in March and May and in all the sites are higher than these standards on the other hand the values of in April are in conformity with the Algerian standards.. The results of bacteriological analyzes show that the drinking water in the Azzaba region is of good quality and the contents of the parameters analyzed correspond with national and international drinking water standards.

Key words: Azzaba wastewater treatment plant, raw water, treated water, physicochemistry, bacteriology.

المخلص

الماء مورد طبيعي قيم و أساسي له عدة استخدامات كاستعماله في للتغذية و النظافة مما يتطلب أن يكون ذا نوعية فيزيو كيميائية وميكروبيولوجية ممتازة .

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد فاعلية معالجة المياه الموجهة للاستهلاك البشري في محطة معالجة المياه ببلدية عزابة ولاية سكيكدة ، ودراسة الجودة الفيزيوكيميائية (درجة الحرارة ، درجة الحموضة ،الناقلية ، التعكر ، الملوحة ، الصلابة الكلية ، الكلوريد ، العنوان الهيدرومترى ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم ، الكبريتات ، الفوسفات ،السلفات والنترت) والبكتريولوجية (القولونيات الكلية ، القولونيات المقاومة للحرارة ، العقديات البرازية ، الكلوستريديوم) لهذه المياه ومدى توافقها مع توصيات منظمة الصحة العالمية و المعايير الجزائرية ، كذلك التحقق من جودتها أثناء نقلها لبعض البلديات المجاورة لبلدية عزابة (عزابة وسط ، جندل سعدي محمد ، عين شرشار) ، على مدى ثلاثة أشهر من مارس إلى ماي. تتوافق نتائج التحليل الفيزيوكيميائية التي أجريت على المياه الخام و المعالجة في محطة معالجة المياه بعزابة و المياه الموجهة لبعض البلديات المجاورة لها مع المعايير التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية باستثناء المغنيزيوم في مارس ومايو وفي جميع المواقع أعلى من هذه المعايير من ناحية أخرى ، فإن قيم أبريل مطابقة للمواصفات الجزائرية. نتائج التحليلات البكتريولوجية تظهر أن مياه الشرب لبلدية عزابة ذات نوعية جيدة و تتوافق محتويات الخصائص التي تم تحليلها مع معايير القابلية للشرب الوطنية والدولية.

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة مياه الصرف الصحي، المياه الخام ، المياه المعالجة ، الكيمياء الفيزيائية ، علم الجراثيم.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

المخلص

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	1
<u>Chapitre I : Synthèse bibliographique</u>	
I- Généralités sur l'eau.....	3
I -1- Importance de l'eau.....	3
I-2- Usage de l'eau.....	4
I-2-1- Usage domestique.....	4
I-2-2- Besoins industriels.....	4
I-2-3- Besoins agricoles.....	4
I-3- Ressources en eau.....	4
I-4- Types d'eaux douces.....	5
I-4-1- Eaux de surface.....	5
I-4-2- Eaux souterraines.....	5
I-5- Potentialités hydrique en Algérie.....	7
I-6- Généralités sur la pollution.....	8
I-6-1- Origines de la pollution.....	8
I-6-2- Principales causes de la pollution et les contaminants d'origines agricoles.....	9
I-6-3- Effets et conséquences de la pollution.....	11
a) Impact environnementales.....	11
b) Impact sur la santé humaine.....	11
I-6-4- Maladies à transmission hydriques.....	12
II -Paramètres étudiés.....	13
II -1- Paramètres organoleptiques.....	13
II-1-1- Couleur.....	13
II-1-2- Goût et saveur.....	13
II -1-3- Odeur.....	13
II-2- Paramètres physicochimiques.....	13
II-2-1- Conductivité électrique.....	13
II-2-2- Température.....	13
II-2-3- Potentiel d'hydrogène (pH).....	14

II-2-4-Calcium (Ca ²⁺).....	14
II-2-5-Magnésium (Mg ²⁺).....	14
II-2-6-Chlorure (Cl ⁻).....	14
II-2-7-Sulfate (SO ₄ ⁻).....	15
II-2-8-Phosphate (PO ₄ ⁻).....	15
II-2-9-Nitrate (NO ³⁻).....	15
II-2-10-Nitrite (NO ²⁻).....	15
II-2-11-Titre Alcalimétrique (TA et TAC).....	15
II-2-12-Sodium (Na ⁺).....	16
II-2-13-Potassium (k ⁺).....	16
II-2-14- Fer (Fe).....	16
II-2-15-Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	16
II-3- Paramètres bactériologiques.....	16
II-3-1- Coliformes totaux.....	17
II-3-2- Coliformes thermotolérants	17
II-3-3- Streptocoques fécaux.....	18
II-3-4-Clostridium sulfuto-réducteurs.....	19
III-Cadre législatif et réglementaire.....	19

Chapitre II: Matériels et méthodes

I- Situation et présentation de la région d'études.....	22
I-1-Présentation de la zone d'étude	22
I-2-Présentation de la station de traitement d'Azzaba	22
I-2-1-Fonctionnement de la station	23
II -L'échantillonnage	27
II -1-Prélèvement d'échantillons d'eau	27
II-1-1-Prélèvement d'eau pour les analyses physicochimiques.....	27
II-1-2-Prélèvement d'eau pour les analyses bactériologiques.....	27
II-1-3-Choix des stations d'échantillons	28
II-1-4- Période de prélèvement	29
II-2-Transport et conservation au laboratoire	29
III-Objectif de l'étude.....	30
IV-Protocoles d'analyses des paramètres	30
IV-1- Méthodes d'analyses organoleptiques.....	30
IV-1-1- Test de la couleur	30
IV-1-2-Test d'odeur et saveur	30
IV-2-Méthodes d'analyses physiques.....	30
IV-2-1-Température.....	31
IV-2-2-Mesure de la conductivité	31

IV-2-3-Mesure électrométrique de pH.....	33
IV-2-4-Turbidité	33
IV-3-Méthodes d'analyses chimiques.....	33
IV-4-Méthodes d'analyses bactériologiques	40

Chapitre III : Résultats et discussion

I- Résultats des analyses organoleptiques	43
II-Résultats des analyses physicochimiques.....	43
II-1- Résultats de analyses physiques	44
II-1-1-Température.....	44
II-1-2-Potentiel d'hydrogène (pH).....	44
II-1-3-Turbidité	45
II-1-4- Conductivité électrique.....	46
II-1-5-Salinité.....	46
II-2-Résultats des analyses chimiques	47
II-2-1-Dureté totale le titre hydrométrique THT.....	47
II-2-2-Titre hydrométrique TH	48
II-2-3-Titre alcalimétrique complet TAC.....	48
II-2-4-Calcium (Ca ²⁺).....	49
II-2-5--Magnésium (Mg ²⁺).....	50
II-2-6- Nitrite (NO ₂ ⁻).....	51
II-2-7-Chlorure(Cl ⁻).....	51
II-2-8-Phosphate(PO ₄ ⁻).....	52
II-2-9-Sulfate(SO ₄ ⁻).....	53
III-Résultats des analyses bactériologique	53
Conclusion et perspectives.....	55
Références bibliographiques	57
Annexes.....	63

Liste des abréviations :

(-) : pas de valeur guide .

(°) : Degré .

[] : Concentration .

μS/cm : micro siemens/ centimètre .

ADE : Algérienne des eaux.

Al₂(SO₄)₃ : sulfates d'alumine .

CF : Coliformes Fécaux .

Cs : Conductivité électrique de l'eau en (μS/cm) .

CT : Coliforme Totaux .

E coli : Escherichia coli .

EDTA : Éthylène Diamine-Tétra Acétique .

EB : Eau Brute .

ET : Eau Traité .

FeCl₃ : chlorure ferrique .

F° : Degré de la France .

H₂O : l'eau .

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne .

Km³ : kilomètre cubes .

l/s : litre/seconde .

MES : matière en suspension .

Mol/l : mol/litre .

m³/ sec : mètres cubes /seconde .

NTU : Néphélométrie .

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé .

OSM/l : unité de quantité de matière .

Pp : Phénophtaléine .

SF : Streptocoques Fécaux .

St. : code de station .

TAC : Titre alcalimétrique complet .

TA : Titre alcalimétrique .

TH : Titre hydrométrique .

UNICEF : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture .

UFC : Unité formant colonies .

Liste des tableaux:

N°	Titre	Page
1	Répartition de l'eau de la planète (Jalajel et al.,2022) .	4
2	Principales différences entre les eaux des surfaces et le eaux souterraines (Degrement,2005) .	7
3	Maladies provoqués par les micro-organismes contaminants l'eau (Rodier,2009) .	12
4	Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable .	20
5	Normes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable .	21
6	Normes nationales et internationales de la qualité microbiologique des eaux potables .	21
7	Les cinq points de prélèvement .	24
8	Calendrier des prélèvements .	25
9	Résultats des analyses organoleptiques .	43
10	Résultats des analyses bactériologiques .	53

Liste des figures :

N°	Titre	Page
1	Vue microscopique des coliformes totaux .	17
2	Vue microscopique des coliformes fécaux .	18
3	Vue microscopique des Streptocoques fécaux .	19
4	Vue microscopique des Clostridium sulfito-réducteurs .	19
5	Situation géographique de la région d'Azzaba(Google Earth,2022) .	22
6	Vue aérienne de la station de traitement d'eau potable d'Azzaba, Skikda (Google Earth, 2022) .	23
7	Schéma récapitulative représentant les différentes opérations de traitement d'eau brute au niveau de la station de traitement d'AZZABA (ADE, 2022) .	26
8	Localisation des points de prélèvement (Google Earth,2022) .	29
9	Appareil Multi-paramètres(thermomètre, conductimètre) .	32
10	Appareil Multi-paramètre(pH mètre, Conductimètre).	33
11	Appareil de Turbidimètre.	33
12	Appareillage de titrage volumétrique	34
13	Analyse de la dureté totale(THT)	35

14	Analyse du titre hydrotimétrique (TH) .	36
15	Appareil de Jar test .	39
16	Rampe de Filtration à 3 postes .	41
17	Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux par méthode de filtration .	41
18	Dénombrement des streptocoques fécaux par méthode de filtration .	42
19	Variation de la température dans les eaux des sites étudiés.	44
20	Variation de pH dans les eaux des sites étudiés .	45
21	Variation de pH dans les eaux des sites étudiés .	45
22	Variation de la conductivité dans les eaux des sites étudiés .	46
23	Variation de la salinité dans les eaux des sites étudiés .	47
24	Variation de THT dans les eaux des sites étudiés .	47
25	Variation de TH dans les eaux des sites étudiés .	48
26	Variation de TAC dans les eaux des sites étudiés .	49
27	Variation de la concentration des ions de calcium dans les eaux des sites étudiés .	50
28	Variation de la concentration des ions de magnésium dans les eaux des sites étudiés.	50
29	Variation de la concentration des nitrites dans les eaux des sites étudiés .	51
30	Variation de la concentration des nitrites dans les eaux des sites étudiés .	52
31	Variation de la concentration des phosphores dans les eaux des sites étudiés .	52
32	Variation de la concentration des sulfates dans les eaux des sites étudiés .	53

Introduction

Introduction

L'eau est l'élément essentiel à la vie. Elle représente un pourcentage très important dans la concentration de tous les êtres vivants. Il peut être aussi une source de maladie. En effet, d'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cinq millions de nourrissons meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson contaminés (**Pallier, 1993**).

La consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme, nuire à la santé des individus (**John et Donald, 2010**). C'est dans ce sens que des normes de qualité ont été définies pour juger la potabilité des eaux de consommation, et ce au niveau de chaque pays ou à l'échelle continentale (exemple des normes européennes) et mondiale (normes OMS).

Pour avoir une eau potable, l'eau doit subir des étapes de traitement précises, ainsi que des analyses microbiologiques, et physico-chimiques.

Afin d'arriver chez chacun d'entre nous, l'eau potable emprunte un circuit fait de canalisations qui la conduit depuis la station de production d'eau potable jusqu'aux réservoirs

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et/ou de microorganismes pathogènes susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Ces dernières années, le contrôle de la qualité des eaux est devenu une opération majeure et obligatoire. L'eau étant un élément essentiel dans notre vie, tant pour la consommation humaine que pour l'utilisation industrielle, sa qualité est une préoccupation constante des autorités afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants. Pour cette raison, dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique et bactériologique de plusieurs échantillons des différents sites de la région d'Azzaba de la wilaya de Skikda.

Ce mémoire s'articule sur l'impact des rejets chimiques saumure sur l'environnement, dont notre travail est structuré en trois chapitres:

Dans le premier **chapitre I**, nous avons consacré une synthèse bibliographique sur des généralités sur l'eau et les procédés de son traitement ;

Le second **chapitre II**, qui comporte la partie matériel et méthodes décrivant les caractéristiques générales de la zone d'étude et les méthodes d'analyse utilisées sur le terrain et au laboratoire

Le troisième **chapitre III**, est réservé à la présentation d'une discussion des résultats et de l'ensemble des paramètres obtenus,

Nous terminerons ce mémoire avec une **conclusion**, qui rassemble les points essentiels obtenus par ce modeste travail et par des recommandations.

Chapitre I
Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I-Généralités sur l'eau :

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. L'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**Gérard, 1999**).

I-1-Importance de l'eau :

Aujourd'hui, l'eau essentiellement représentée par les océans, couvre plus de 70 % de la surface de la planète et offre plus de 90 % du volume disponible pour le vivant. Mais cette eau est salée (osmolarité au large de 1050 Osm/l) et possède des spécificités strictes et constantes. Un peu moins de 300 000 espèces vivantes ont été décrites du milieu marin ce qui représente environ 13 % du total reconnu de la diversité spécifique de la Terre, L'eau est le solvant biologique universel et le contenu en eau des organismes vivants varie entre 4 % pour les formes de résistance à plus de 98% pour certains groupes aquatiques. Un humain a besoin de 75 m³ d'eau au cours de sa vie pour satisfaire sa physiologie, son organisme variant en contenu en eau entre 60 et plus de 70 %,ceci dépendant de l'âge et du sexe (**Gilles, 2009**). L'eau possède un certain nombre de propriétés de base qui ont sans doute joué un rôle dans l'apparition et le maintien de la vie. Les propriétés thermodynamiques mesurées sur l'eau donnent parfois l'impression que l'eau est un liquide «anormal» (par rapport aux liquides formés d'un assemblage de sphères dures) (**Paul, 2009**).

Les propriétés extraordinaires de l'eau liquide permettent aux molécules du vivant de réaliser les structures dynamiques associées à leur fonction et activité biologiques (**Giuseppe, 2009**).

L'eau joue un rôle fondamental dans le déroulement de différents processus de transport à travers les membranes cellulaires. Les membranes ne sont perméables, par diffusion simple, qu'aux petites molécules hydrophobes mais requièrent des protéines membranaires pour réguler les échanges transmembranaires d'ions (canaux ioniques), d'eau (aquaporines) ou encore de plus grosses molécules (transporteurs) (**Mounir, 2009**).

I-2-1-Usage de l'eau :

I-2-1- L'usage domestique :

Les eaux de consommation publique sont utilisées à différentes fins. Un habitant consomme 230 litre par jour, n'en utilise que seulement 1% pour la boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux bains-douches (39%), aux sanitaires (20%), au lavage de la ligne (12%), de la vaisselle (10 %), à des usages domestiques divers (6%) et au lavage et arrosage du jardin (6%) (**Defrance, 1996**).

I-2-2- Usage industriel :

L'industrie est consommatrice de l'eau. Elle a de multiples fonctions, par exemple celle de fluides de refroidissement et de substance primaire (dans le domaine de la production) ou de solvant et de milieu réactionnel (dans l'industrie chimique par exemple) (**Gilli et al.,2004**).

I-2-3-Usage agricole :

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail. D'après **Shiklomanov (1999)** et **Marsily (2006)**, ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13 % du total en France). L'irrigation nécessite des volumes élevés. Un hectare de maïs consomme 20.000m³ en moyenne (**Bensouilah,1955**).

I-3- Ressources en eaux :

La plus grande partie de l'eau sur terre est constitué des océans et mers. La quantité d'eau douce n'atteint pas 3% dont les 2/3 se trouvent sous forme de glace dans les calottes polaires et les glaciers. L'eau douce contenue dans les sous-sols, les lacs, les rivières, les courants, les étangs et les marais représente moins de 1% de tout le stock mondial d'eau(**CIR, 1983**)(Tab. 1).

Tableau 01 : Répartition de l'eau de la planète(Jalajel et al., 2022)

	Volume en km³	Pourcentage (%)
Eau salée (mer et océans)	1350000000	97,2
Glaces polaires	28 000 000	2,15
Nappes souterraines	8 000 000	0,63
Eau de surface (Lacs, Fleuves, Rivières)	225 000	0,02
Eau atmosphérique qui tombe sur la Terre	110 000	0,01
Total	1 386 238 000	100

L'eau recouvre 72% de la surface terrestre et représente une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère. Cependant l'eau se trouve en constant recyclage. L'eau douce ne représente que 2,5% du stock total d'eau sur la planète (les 97,5% restant étant salés) : or 2/3 de l'eau douce planétaire est concentrés dans les glaciers et la couverture neigeuse et 1/3 dans les nappes souterraines difficiles d'accès. Il ne reste que 0,3% de l'eau douce (soit 0,007% de la totalité de l'eau de la planète).

Dans les rivières, les ruisseaux, les réservoirs et les lacs. Seule cette infime partie est aisément disponible et se renouvelle relativement rapidement : 16 jours en moyenne pour une rivière, 17 ans pour un lac (**Mebarki, 2005**).

I-4-Les types d'eaux douces :

I-4-1-Les eaux de surfaces :

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension (MES) que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal (**Kettab, 1992**). Elles ont deux origines distinctes, nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, ou bien les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrage) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (**Degremont, 2005**).

I-4-2 les eaux souterraines :

Les eaux souterraines proviennent principalement de l'infiltration des eaux superficielles ; d'accroissement de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique dans les cavités Karstique ou dans les pores du terrain (**Loup, 1974**).

L'eau souterraine correctement captée ne comporte généralement pas, ou peu de matières en suspension ou de bactéries, car elle est naturellement filtrée : c'est pour cela que cette ressource est officiellement recommandée depuis près d'un siècle pour l'alimentation en eau potable (**Collin, 2004**).

Des Jardins (1997) rappellent les principales caractéristiques de l'eau souterraine suivante :

- ✓ Turbidité faible car Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- ✓ Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matière organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- ✓ Température constante, en effet les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- ✓ Indice de couleur faible parce que les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur.
- ✓ Dureté souvent élevée car souvent les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.) responsables de la dureté.
- ✓ Concentration élevée de fer et de manganèse, ces métaux, souvent présents dans le sol sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

Les eaux souterraines présentent plusieurs caractéristiques, qu'ils différencient des eaux de surfaces présentent dans le tableau suivant. (Tab. 2)

Tableau 02 : Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines(Degrement, 2005) .

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons.	Relativement constante.
Turbidité, matières en Suspension	Variable, parfois élevées.	Faible ou nulle.
Couleur	Liée surtout aux matières en suspension	Liée surtout aux matières en solution et/ou due à une précipitation (fer le plus souvent)
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets etc.	Sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fer et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absent.	. Généralement présents.
CO2	Généralement absent.	Souvent présent en grand quantité.
O2 dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absence totale la plupart du Temps.
NH4	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.
Silice	Teneur en général modérée.	Teneur souvent élevée.
Nitrates	Peu abondants en général.	Teneur parfois élevée.
Micropolluants minéraux et Organiques	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Odeurs	Fréquents.	Rares.
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, Plancton (animal et végétal)	Ferrobactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Solvants chlorés	Rarement présent.	Peuvent être présents (pollution de la nappe)

I-5-Potentialités hydriques en Algérie :

Selon **Metahri (2009)**, l'Algérie comme tous les pays hydro sensibles souffre ces dernières années d'un stress hydrique chronique sans précédent. Les aléas climatiques persistants, doublés d'une forte croissance de la population, ont largement contribué à l'actuelle carence de ressources mobilisables pour les besoins élémentaires du pays.

Les politiques publiques de ces dernières années ne cessent de rattraper les déficits, qu'ils s'agissent des retards enregistrés dans les programmes de construction des infrastructures de mobilisation de réseaux de distributions ou des canalisations d'assainissements et de stations d'épuration (**Metahri, 2015**).

L'Algérie se situe parmi les pays pauvres en matière de potentialités hydrique, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1700 m³ par habitant et par an (**Loucif, 2003**).

Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³ elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998, estimée à environ 400 m³ à l'heure actuelle, elle ne sera que de 430 m³ en 2020 et serait encore plus réduite ramenée aux ressources en eau mobilisables (**CNES, 2000**).

Les pays sont divisés en 5 bassins hydrographiques regroupant les 17 bassins versant. Les ressources en eau ne sont pas réparties équitablement, que ce soit au niveau de leur répartition géographique, de leur quantité ou de leur nature (eaux de surface ou souterraines).

D'après **Bouchedja(2012)**, les potentialités globales en eau estimées en moyenne à 17,2 milliard de m³/an avec :

- 12 milliards de m³ dans les régions Nord du pays
- 10 milliards m³ (ressources superficiels)
- 2 milliards m³ (ressources souterraines)
- 5,2 milliard m³ dans les régions Sahariennes
- 0,2 milliards m³ (ressources superficielles)
- 5milliards m³ (ressources souterraines).

I-6- Généralités sur la pollution :

La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité, la pollution dans l'eau inclut toutes matières superflues qui ne peuvent être détruite par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à la détruire sont considérée comme de la pollution. la pollution peut dans certaines circonstances, être causé par la nature elle-même comme lorsque l'eau traverse des sols qui ont un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau (**Feps, 2011**)

I-6-1-Origines de la pollution :

- ❖ **Pollution d'origine urbaine :**

Mizi (2006) rappelle que la pollution d'origine urbaine provient des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :

1- Eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont Généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques, etc.

2- Eaux vannes chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, Constituant un substrat équilibré pour le développement des bactéries.

❖ **Pollution d'origine agricole :**

La pollution d'origine agricole due à l'entraînement par les eaux fluviales des adjuvants entrant dans la composition de formulation à usages divers (insecticides, fongicides, etc.) (**Pesson, 1980**). L'agriculture est responsable d'une des causes majeures de pollution des nappes phréatiques.

La source principale vient de l'utilisation intensive d'engrais riches en azote et en phosphore et des pesticides, un problème qui ne se rencontre plus seulement dans les pays industrialisés, mais également dans les pays en voie de développement. Les niveaux élevés de nitrates et dans certaines zones, de pesticides dans les eaux souterraines sont clairement liés aux activités agricoles. Cette pollution est généralement aggravée lorsque le sol est perméable et permet donc aux substances chimiques agricoles de migrer rapidement vers les aquifères (**Quevauviller, 2010**).

❖ **Pollution d'origine industrielle :**

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

Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (**Lounnas, 2009**).

I-6-2- Principales causes de la pollution et les contaminants d'origines agricoles :

La pollution agricole s'est augmentée depuis que l'agriculture est entrée dans un stade de motorisation. La pollution d'origine agricole peut se présenter sous deux formes diffuse lorsque elle concerne de grandes surfaces et ponctuelle lorsqu'elle est accidentelle ou chronique sur un espace plus réduit (**Grosclaude, 1999**).

❖ **Les principaux contaminants :**

a) **Les fertilisants :** Les engrais chimiques sont propagés dans les sols afin de développer les rendements des végétaux cultivés. Parmi les éléments principaux aux développements des plantes, nous avons l'azote, le phosphate, le potassium et dans une moindre mesure le soufre, le calcium, le magnésium et d'autres oligoéléments. L'usage continu de ces produits contamine donc les eaux superficielles et même les nappes phréatiques (**Conard et al., 1999**).

b) **Les engrais azotés :** Parmi les engrais chimiques les plus utilisés nous citons le nitrate d'ammonium, le nitrate de calcium, le sulfate d'ammonium et l'urée. Les nitrates proviennent essentiellement de la minéralisation des matières organiques des sols et des apports d'engrais minéraux azotés.

La lixiviation a lieu lorsque la couche du sol atteint l'humidité à la capacité au champ, le drainage récupère et les pertes vont attacher du stock d'azote minéral présent et de la pluviométrie hivernale (**Conard et al., 1999**).

Les dégagements d'ammoniac [NH_3] sont issus principalement de l'élevage. Maintenant, environ 40% de l'azote ingéré par les animaux sont perdus et rapidement transformés en ions [NH_4^+] surtout lors du stockage et l'épandage des déjections animales. L'utilisation de l'ammoniac anhydre et de l'urée engendre également des pertes qui peuvent atteindre 15 à 35%, en particulier, lors d'apports superficiels en sols calcaire (**Danish, 1999**).

c) **Les phosphates :** Les phosphates sont surtout propagés sous forme de superphosphates (ortho phosphates solubles).

La majorité du phosphore utilisé comme engrais chimique est fixé dans les sols à cause de leur richesse en azote, en aluminium et en fer qui fixent ces éléments (**Danish, 1999**).

d) **Les pesticides :** L'usage des pesticides connaît une extension considérable, non seulement dans les pays développés et sur les cultures tropicales de commerce, mais aussi dans l'ensemble des pays du tiers monde où la révolution verte a augmenté les exigences en traitements antiparasitaires car elle a reproduit des variétés moins résistantes aux divers nuisibles des cultures que les souches indigènes cultivées. Cependant ces pesticides s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques (**Lemercier, 2003**).

I-6-3- Effets et conséquences de la pollution :

Les eaux usées rejetées dans les milieux aquatiques sans traitement préalable peuvent occasionner des dégâts irréversibles sur la santé du vivant et sur les écosystèmes.

a) Impact sur l'environnement :

Le déversement des eaux usées directement dans l'environnement cause de nombreux dangers pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple la présence de quantités excessives d'azote et de phosphore engendre un phénomène appelé eutrophisation, qui favorise la prolifération de végétaux et diminue la quantité d'oxygène dissous, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique (poissons, crustacés, etc...).

La présence des éléments traces métalliques comme le mercure et l'arsenic dans ces eaux peut avoir un impact négatif sur les organismes vivants les plus fragiles en raison de leur toxicité même à faibles doses, provoquant des dysfonctionnements et des troubles dans leurs fonctions physiologiques (nutrition, respiration et reproduction).

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (ONS, 2017).

b) Impact sur la santé humaine :

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau (SY, 2017). Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes : Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ; Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ; Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ; Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), chaque année 4 milliards de cas de diarrhée, en plus des millions d'autres cas de maladies, sont liés à un manque d'accès à l'eau propre pour la consommation humaine. Chaque année, il y a 1,7 million de personnes qui meurent à la suite de diarrhées, la plupart étant des enfants âgés de moins de cinq ans. La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau, de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau issus des différentes activités humaines. D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à

des maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau (Rouamba, 2016).

I-6-4- Maladies à transmission hydrique :

L'eau constitue un facteur principal contribuant au développement des maladies à Transmission hydrique qui désigné une maladie contractée suite à l'exposition d'un sujet à une eau Contaminée ou suite à la consommation d'aliments arrosés avec une eau contaminée par des fèces Contenant des agents pathogènes (bactérien, virus, ou protozoaire) responsables de maladies Infectieuses et constituent la troisième cause de mortalité dans le monde surtout au niveau des Enfants. (Tab.3)

Cinq catégories de maladies d'origine hydrique sont identifiées par les services de santé :

1. maladies transmises par l'eau (typhoïde, choléra, dysenterie, gastroentérite et hépatite infectieuse).
2. infections de la peau et des yeux (trachome, gale, lèpre, conjonctivite et ulcères)
3. parasitoses (bilharziose et dracunculose)
4. maladies dues à des insectes vecteurs comme les moustiques et les mouches
5. infections dues au manque d'hygiène

Tableau 3 : Maladies provoqués par les micro-organismes contaminants l'eau (Rodier, 2009).

Maladies	Agents pathogènes
D'origine bactérienne : - la Typhoïde et la paratyphoïde - La dysenterie bacillaire - le choléra - la Gastro-entérite aiguë et la diarrhée	- Salmonelle typhique ; Salmonelle parathyphique A et B ; - <i>Shigella sp</i> ; - <i>Vibrio cholerae</i> ; <i>Escherichia coli</i> ; Entérotoxique ; <i>Campylobacter</i> ; <i>Yersinia enterocolitica</i> ; Salmonelle ; <i>Shigella sp</i>
D'origine virale : - L'hépatite A et E - La polio ; La Gastro-entérite aiguë et chronique	- Virus de l'hépatite A et E - Virus de la poliomyélite ; Virus Norwalk Rotavirus ; Enterovirus ; Adenovirus
D'origine parasitaire : Dysenterie amibienne parasite gastro-entérite	<i>Entamoeba histolytica</i> ; <i>Giardia lamblia</i> ; <i>Cryptosporidium</i>

II- Paramètres étudiés :

II-1- Paramètres organoleptiques :

II-1-1-Couleur :

La couleur d'une eau est due, le plus souvent, à la présence des matières organiques dissoute ou colloïdales. Les eaux chargées prennent souvent une coloration jaune verdâtre, avec présence d'acide humique qui s'élimine difficilement à la filtration (**Bouziani, 2000**).

II-1-2- Goût (saveur) :

C'est un critère d'appréciation gustative de la qualité de l'eau, une eau potable de bonne qualité à un bon goût. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous (**Rodier, 2009**).

II-1-3-Odeur :

Les odeurs résultent de la présence dans l'eau de substance volatile (qui peut être minérales ou organiques), en solution telles que (NH_3 , H_2S ...). L'odeur est généralement l'indice de fermentation microbienne et signe de pollution (**Yahi, 2000**).

II-2-Paramètres physico-chimiques :

II-2-1-Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Les mesures de conductivité et de solides dissous totaux sont importantes pour leurs effets sur la corrosion de l'eau. En générale, plus ces facteurs sont élevés, plus l'eau est corrosive (**Himmi et al., 2003**).

II-2-2-Température :

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes ainsi elle influence les propriétés physiques et chimiques. Ainsi, toute variation de la température de l'eau entraîne une modification du comportement des traitements qui lui sont appliqués (coagulation, floculation, désinfection et oxydation). Il est donc important de connaître la

température de l'eau et ses variations saisonnières, afin de pouvoir optimiser les traitements (OMS, 1987).

II-2-3-Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration des ions H⁺.

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Un pH inférieur à 5 ou supérieur à 9, réduit considérablement le nombre d'espèces végétales et animales (**Meghzili, 2002**).

II-2-4-Calcium (Ca²⁺) :

Le calcium est un élément (métal) alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates surtout à l'état d'hydrogencarbonate et en quantité moindre sous forme de sulfate et de chlorure. Il est le composant majeur de la dureté de l'eau et l'élément dominant des eaux naturelles (**Belkhiri, 2011**). La présence de calcium ne représente pas de problèmes quant à la potabilité de l'eau, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage (**Gaujour, 1995**).

II-2-5-Magnésium (Mg²⁺) :

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel et aussi il est indispensable pour la croissance et pour la production de certaines hormones (**Savary, 2010**). Le magnésium a un effet bénéfique pour l'organisme, le déficit de cet élément se traduit par des manifestations cardiaques et des troubles neuromusculaires (**Wanelus, 2016**).

II-2-6-Chlorure (Cl⁻) :

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 (**Makhoukh, 2011**).

La plus grande partie des chlorures se trouve dans les océans, constituent environ 0,05 % de la lithosphère (partie solide de la sphère terrestre). Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier et al., 2009**).

II-2-7-Sulfates (SO₄⁻) :

Les ions sulfates sont utilisés principalement dans l'industrie chimique, ils sont rejetés dans l'eau à travers les déchets industriels. Cependant, les niveaux les plus élevés se produisent habituellement dans les eaux souterraines et proviennent de sources naturelles. En général, l'apport quotidien moyen de sulfate de l'eau potable, de l'air et de la nourriture est d'environ

500mg (OMS, 2003). L'eau potable ou les aliments sont les principales sources d'apport en sulfates pour l'organisme humain. Quand la concentration en sulfates dans l'eau potable est élevée (>500 mg/l), des effets laxatifs et gastro-intestinaux peuvent se développer au niveau de l'organisme (OMS, 2006 ; OMS,2011).

II-2-8-Phosphate (k^+) :

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de matière organique ; lessivage des minéraux, ou du aussi aux rejets industrielle (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphates des détergents), engrais (pesticides...) .La concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l (**Tardat ,1992**).Il est considéré comme un indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes. Les phosphates sont responsable généralement de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs et les rivières.

II-2-9- Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répandus dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux, soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles (**Savary, 2010**).

II-2-10- Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux, L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO_2 . La formule de l'ion nitrite est NO_2^- . Ils sont très toxiques pour les poissons et souvent mortels, c'est la raison pour laquelle la teneur en nitrites dans l'eau potable est réglementée et, indirectement celle des nitrates en raison de leur capacité à se transformer en nitrites. Les concentrations guidant et maximale admissibles dans les eaux destinées à la consommation humaine sont respectivement de 0,1 mg/l et 1 mg/l en nitrites. Une concentration de 1 mg/l est synonyme de pollution (**Cheick, 2007**).

II-2-11-Titre Alcalimétrique (TA et TAC) :

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes (**Rodier et al., 2009**).

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH^- » et une valence de carbonates (CO_3^{2-}). Il complète le TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Berne et al., 1991**).

II-2-12-Sodium (Na⁺) :

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il faut qu'il ne dépasse pas 200 mg/l ; cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtre et prennent un goût désagréable (**Tardat, 1992**).

II-2-13-Potassium (k⁺) :

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium (**Rodier, 1996**).

II-2-14-Fer (Fe) :

Le fer est un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. Il est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux Fe²⁺, le fer ferrique Fe³⁺ et le fer complexé à des matières organiques (acides humiques, fulviques,.....) et minérales (silicates, phosphates, ...). Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde, Fe(OH)₃. Dans les eaux souterraines, au contraire, l'absence d'oxygène fait augmenter la concentration du Fe²⁺ soluble en solution (**Hem, 1972**).

La présence du fer dans l'eau provient principalement : du lessivage des sols, avec dissolution des roches et minerais, de la corrosion des canalisations métalliques, de l'utilisation de sels ferriques comme coagulants et des rejets des secteurs industriels qui traitent le fer (Santé canada, 1978). Pour des raisons de qualité esthétique ou organoleptique, la concentration du fer dans l'eau potable est fixée à être inférieure à 0,3 mg/l (OMS, 2002).

II-2-15-Dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté d'une eau est due principalement à la présence du sel de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH. La dureté s'exprime souvent en degré française. (**Khemis, 2013**).

II-3-Paramètres bactériologiques :

La contamination des eaux de surface par des microorganismes d'origine fécale existe depuis longtemps, dès que l'eau a été utilisée comme vecteur d'élimination des déchets.

Avec le développement de l'urbanisation, les problèmes d'hygiène et de santé publique liés à la contamination bactérienne de l'eau sont devenus de plus en plus critiques. Des contrôles bactériologiques stricts des eaux de surface et des eaux destinées à la consommation humaine ont permis l'éradication presque complète dans le monde occidental des plus graves de ces maladies, qui restent cependant un fléau dans de nombreux pays en voie de développement

II-3-1-Coliformes totaux :

Ils sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives. Presque la totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (**Chevalier, 2003**) (Fig. 1)



Figure 1 : Vue microscopique des coliformes totaux.

II-3-2-Coliformes thermotolérants :

Les Coliformes fécaux ou thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est

généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. (Fig. 2)

Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (**Painchaud, 1997**).

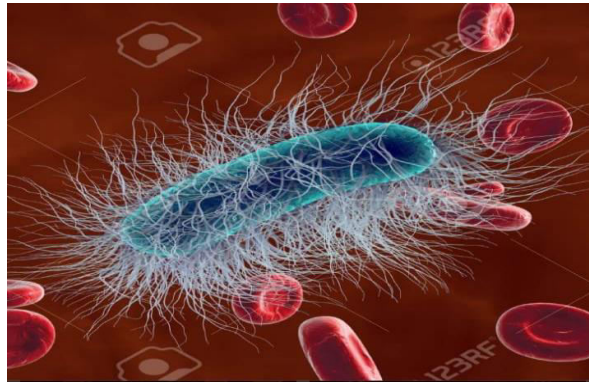


Figure 2 : Vue microscopique des coliformes fécaux.

II-3-3-Streptocoques fécaux :

Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux », sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque), antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Ils sont présent dans le tube digestif et constituent une population importante, ils présentent l'avantage sur les coliformes de ne pas pouvoir se multiplier dans l'eau. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux. Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo tolérants présumés. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieures à celles des coliformes fécaux (**Rodier, 2009**). D'après la norme de l'OMS : le streptocoque fécaux est absence dans 100ml d'eau. (Fig. 3)

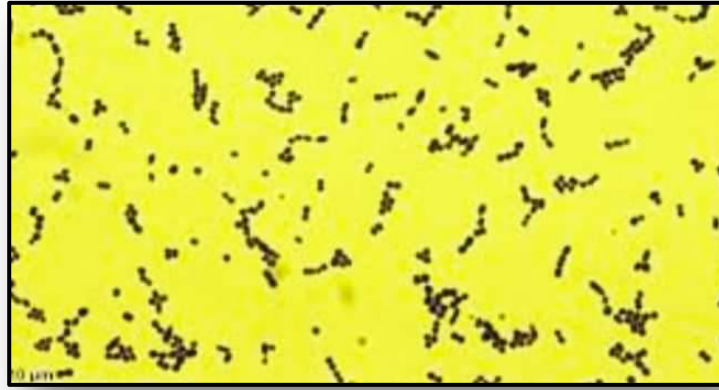


Figure 3 : Vue microscopique des Streptocoques fécaux.

II-3-4-Clostridium sulfito-réducteurs :

Microorganismes anaérobies dont les spores sont la forme de résistance, présent dans les matières fécales mais en plus petite quantité qu'Escherichia coli et autre coliformes dans l'environnement (sol, rivières.), ces bactéries provoquent un goût et une odeur désagréables et la production de sulfure d'hydrogène. Ce sont des bacilles gram positif, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les coliformes végétatifs (**Bourgeois et al., 1996**). (Fig. 4)



Figure 5 : Vue microscopique des Clostridium sulfito-réducteurs.

III-Cadre législatif et réglementaire :

Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établies.

Les normes de l'eau potable sont établies par l'Organisation Mondiale de la Santé ou par l'Union Européenne ou le ministère algérien des ressources en eaux.

A ce titre l'OMS, dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau (**Bouchemal et al., 2016**).

Ces normes sont assez tolérantes vis-à-vis de certains critiques. Il importe à chaque pays d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux et du degré de son développement. Pour apprécier la potabilité d'une eau, il convient de déterminer ses caractéristiques physicochimiques et bactériologiques (**Sardi, 2014**). (Tab.4), (Tab.5), (Tab. 6)

Tableau 4 : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.

<i>Paramètres organoleptiques</i>	<i>Unités</i>	<i>Norme de (JORA 2011)</i>	<i>Norme de (l'OMS 2006)</i>	<i>Norme (ADE 2011)</i>
<i>Couleur</i>	mg/l Platine	25	15	-
<i>Odeur à 12 c°</i>	Taux dilution	4	4	2
<i>Saveur à 25 c°</i>	Taux dilution	4	2	4

Tableau 5: Normes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable .

Substances	Unité	Normes OMS, 2003	Normes JORA,2011
Température	C°	25	<5
TA	mg/l	15	<5
TAC	mg/l	-	150
Calcium	mg/l	<270	<200
Magnésium	mg/l	<50	<150
Chlorure	mg/l	<250	<500
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l de CaCO3	<500	<500
Conductivité	µS/cm	<2100	<2800
Potassium	mg/l	<20	<12
Fer	mg/l	<0,3	<0,3
Nitrate	mg/l	<50	<50
Nitrite	mg/l	<0,1	<0,1
Sulfate	mg/l	<400	<400
Phosphate	mg/l	<0,5	<0,5

Tableau 6 : Normes nationales et internationales de la qualité microbiologique des eaux potables.

Paramètres	OMS (2017)	JORA (2014)
Coliformes totaux	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Coliformes fécaux (<i>E. coli</i>)	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Streptocoques fécaux	0 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Clostridium sulfite réducteurs	0 UFC/20 ml	0 UFC/20 ml

Chapitre II
Matériel et Méthodes

Chapitre II- Matériel et méthodes

I-Situation et Présentation de la région d'études :

I-1-Présentation de la zone d'études :

La région d'azzaba fait partie de la wilaya de Skikda .Elle est située au Nord-est Algérien à environ 500Km à l'est d'Alger, à 80Km au nord-est de Constantine, à 67Km au sud-ouest d'Annaba, entre $36^{\circ}76'08''$ et $36^{\circ}85'35''$ Nord et les longitudes $7^{\circ}20'$ et $7^{\circ}40'$ Est, Cette plaine occupe une dépression qui relie la plaine s'El Harrouche à celle de Fetzara (Fig.5).

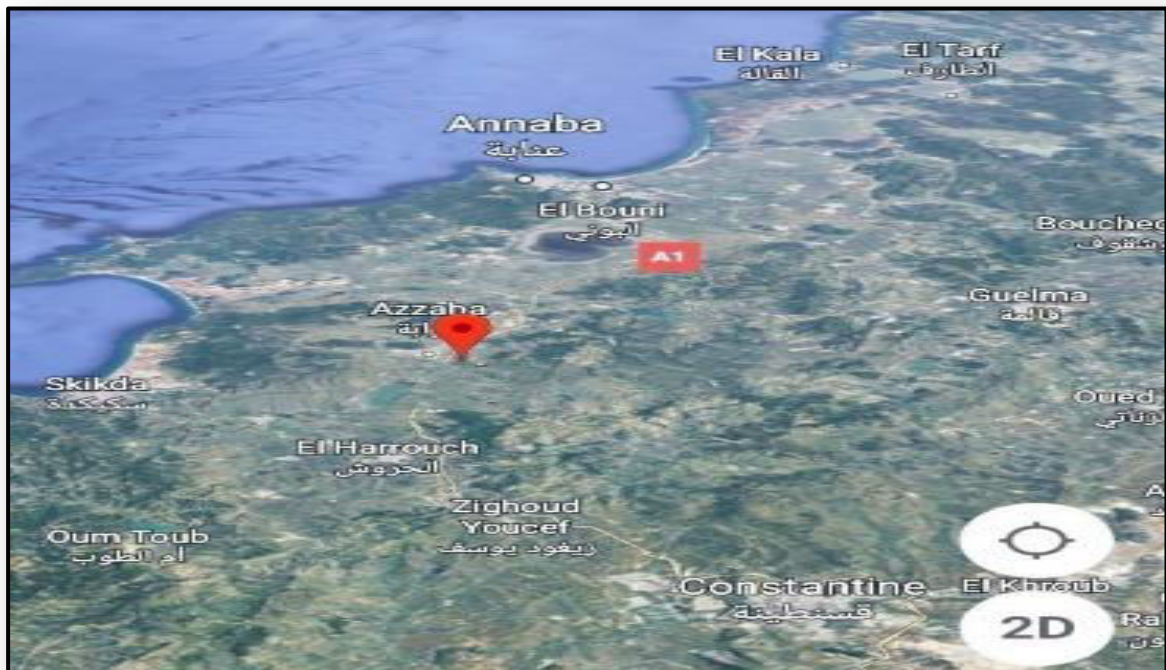


Figure 5 : Situation géographique de la région d'Azzaba (Google Earth, 2022).

I-2- Présentation de la Station de traitement d'Azzaba :

La source de conduite d'eau potable dans la ville d'azzaba est distribuée par la station de traitement de même ville à partir des eaux brutes du barrage de Zit El Emba. (Fig.6)

La station a été conçue pour une capacité de traitement des eaux de 87 litre par seconde. La mise en service de la station a démarré l'Août 2008 (**Belmaras, 2015**).

- Les Caractéristiques de la Station de traitement :
 - En à deux réservoirs de 2000 m³
 - La dimension de la station est prévue pour 300 l/s
 - la capacité du traitement est définie à 330 l/s
 - le temps de travail est de 20 h et la quantité de traitement d'eau atteindra 23760 m³, les communes d'El-Sebt, Djendel et Ain Cherchar ont été en travaux. Dont la distribution elle a atteint 2000 à 5000m³ par jour ; au mois de novembre 2008, la commune de Djendel et Ain Cherchar ont bénéficié d'une quantité de 700 à 800 m³ par jour, puis au moins de février 2009 El-Sebt a bénéficié d'environ de 2000 m³.



Figure 6 : Vue aérienne de la station de traitement d'eau potable d'Azzaba, Skikda (Google Earth, 2022)

I-2-1-Fonctionnement de la station :

Dans la station de traitement d'azzaba et après son passage dans la vanne de régulation, l'eau arrive par le bas dans un bassin de forme rectangulaire (brise charge) (Harrat *et al.*, 2011). La chaîne de traitements des eaux arrivant du barrage de Zite El Emba constitue les étapes suivantes :

- **Prétraitement :** C'est la première étape elle consiste à clarifier ou adsorber les micro-polluants et les MES par le charbon actif pour améliorer le goût l'odeur et la couleur.

Les coagulants les plus utilisés en traitement des eaux sont les sulfates d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ et les chlorures ferrique $FeCl_3$.

➤ **Floculation** : La floculation pour objectif de favoriser le contact entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former des floes qui peuvent être éliminés par décantation, flottation ou filtration (**Cardot, 2005**). En pratique, La floculation est réalisée dans 3 bassins d'homogénéisation en parallèle, cette opération est obtenue dans chaque bassin par une rotation rapide en suite moyenne puis lente, l'opérateur règle localement les vitesses de rotation des agitateurs de façons à former les floes les plus lourds. La dose de coagulant est augmentée au fur et à mesure de l'augmentation de la charge de la matière en suspension et la turbidité de l'eau brute. (**Harrat et al., 2011**).

➤ **Décantation** : Cette phase consiste à séparer l'eau des floes formé elle se fait dans 04 bassins rectangulaires à raclage des boues. au passe par des décanteurs sous forme de lamelles inclinés. (**Imken, 2016**).

Le temps de décantation des particules coagulées dépend du type de particules, de leur diamètre et de leur surface spécifique. Il est donc impossible que certaines particules notamment les colloïdes et les particules à surface spécifique très élevée décantent naturellement. Pour obtenir la décantation de ces particules, il faudrait assembler un très grand nombre de colloïdes en agrégats d'au moins 10 à 100 μm (**Ezianne, 2007**).

➤ **Filtration** : La filtration est un procédé de séparation (solide/liquide) qui utilise le passage à travers un milieu poreux (filtre), il retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floculée et décantée). La filtration dans la station d'Azzaba est assurée par 7 filtres installés en parallèle (**Harrat et al., 2011**). L'eau traverse le lit filtrant constitué de 03 couche de gravier (grand ; moyenne ; fin). Le lavage dans l'eau deux procédés sont mis en œuvre filtration par l'air et celui de l'eau (**Harrat et al., 2011**).

➤ **Désinfection** : C'est l'étape finale à la station de traitement. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposé contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant (**Hadjali, 2012**). Pour les désinfectants on peut citer à titre d'exemple : le sodium liquide et le calcium poudre.

- **Pompage** :L'eau est maintenant potable c'est à dire d'une qualité sanitaire irréprochable, elle peut être stocké dans deux réservoirs situé au niveau de station, afin de garantir sa qualité acheminé jusqu'au robinet du consommateur. Il est indispensable d'injecter ce dernier d'eau de javel afin de stopper la dévotion de bactérie dans les réseaux de transport et de distribution

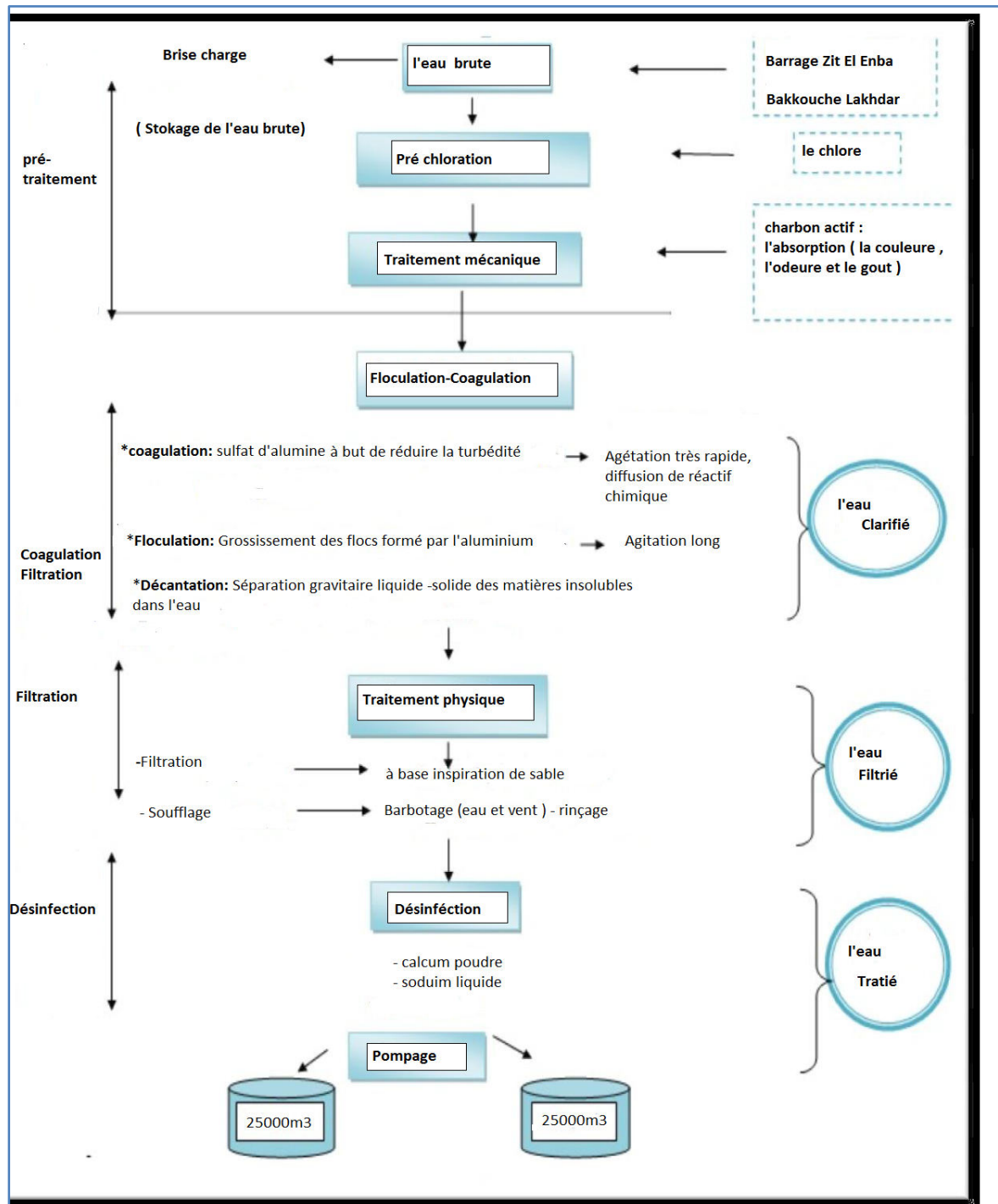


Figure 7 : Schéma récapitulative représentant les différentes opérations de traitement d'eau brute au niveau de la station de traitement d'Azzaba (ADE, 2022).

II- Echantillonnage :

L'échantillonnage est l'une des étapes les plus importantes de l'évaluation de la qualité de l'eau par conséquent, l'échantillonnage doit être fait avec soin pour éviter toutes les sources

possibles de contamination. Les échantillons doivent être prélevés avec toutes les conditions d'asepsies prescrites dans la littérature.

II-1- Prélèvements des échantillons d'eau :

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué au total 10 échantillons d'eau dont 05 prélèvements pour l'analyse physico-chimique, organoleptique et 05 prélèvements pour l'analyse bactériologique.

II-1-1-Prélèvement d'eau pour l'analyse physico-chimique :

L'échantillonnage pour les analyses physico-chimiques ne pose pas de problème particulier, des flacons en verre ou en matière plastique d'une capacité d'1.5 litre. (Benabda et al., 2010)

Les flacons sont rincés à l'eau distillée et égouttés avant d'être rincés plusieurs fois et remplis par l'eau à analyser. Il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible, un délai d'acheminement n'excédant pas 18 heures doit être respecté.

II-1-2- Prélèvement d'eau Pour l'analyse bactériologique :

Pour le prélèvement des échantillons d'eau destinés à une analyse bactériologique. Il est important de le faire dans un endroit propre et de veiller à ce que tout l'équipement utilisé pendant les prélèvements reste propre (p. ex., les bouteilles, le conteneur de transport, la surface sur laquelle on entrepose les bouteilles, etc.).

- ✓ Étiquetez la bouteille avant de prélever l'échantillon. Sur l'étiquette, inscrivez la date, le numéro de votre système d'eau potable, l'endroit où l'échantillon sera pris, et indiquez s'il s'agit d'un échantillon d'eau potable qui n'a pas été traitée.
- ✓ Lavez-vous les mains ou portez des gants jetables, neufs et propres.
- ✓ Laissez couler l'eau froide (pendant deux à cinq minutes) avant de prélever l'échantillon.
- ✓ Utilisez la bouteille stérile de verre ou de polypropylène à large ouverture, de capacité d'environ 250 ml, en laissant un espace d'air d'au moins 2,5 cm que le laboratoire autorisé vous a remise pour prendre l'échantillon d'eau. Ce type de bouteille d'échantillon bactériologique est muni d'une fermeture de sécurité. Ne l'utilisez pas si la langue d'inviolabilité est brisée. Demandez au laboratoire de vous en donner une nouvelle.

- ✓ Ne rincez pas la bouteille avant de la remplir, car vous risqueriez d'enlever une partie ou la totalité de l'agent de conservation qu'elle contient, et de ruiner l'échantillon
- ✓ Ne touchez pas au goulot ni à l'intérieur de la bouteille et du bouchon, car vous risqueriez de contaminer l'échantillon. Pour la même raison, ne posez pas la bouteille avec son bouchon vers le bas sur une surface pendant que vous remplissez la bouteille avec l'échantillon. Seuls l'air et l'échantillon d'eau devraient entrer en contact avec l'intérieur du bouchon et de la bouteille
- ✓ Réglez le débit du robinet pour éviter que l'eau ne rejaille. Remplissez la bouteille jusqu'à la ligne de remplissage ou, s'il n'y en a pas, jusqu'au col de la bouteille, en laissant un espace d'air. Ne laissez pas l'eau déborder. L'espace d'air est nécessaire pour faire l'analyse au laboratoire.
- ✓ Remettez le bouchon tout de suite après avoir prélevé l'échantillon et vissez-le bien. Souvenez-vous de ne pas toucher l'intérieur du bouchon avec les mains.
- ✓ Réfrigérer les flacons au cours du transport ; certains germes fragiles peuvent néanmoins disparaître au cours de cette réfrigération.

II-1-3- Choix des stations d'échantillons :

Il existe cinq points de prélèvement, il s'agit des eaux brutes (Entrée de la station), eau traitée (sortie de la station) de traitement d'Azzaba, plus quelques points d'eaux aux alentours de l'agglomération de la région d'Azzaba, Chef-lieu de azzaba, commune de Djendel Saadi Mohamed et la commune de Ain Chercher (Fig.8), numérotés de St.1 à St.5 : (Tab.7)

Tableau 7 : Les cinq points de prélèvement

Désignation	Code de la station	Localisations Géographiques
Entrée de la Station de traitement	St. 01	36°45'03"N7°07'59"E.
Sortie de la station de traitement	St. 02	36°45'05"N7°08'00"E.
Commune d'Azzaba (CEM BOUANIKA Med)	St. 03	36°44'26"N7°06'26"E.
Commune de Djendel (Maison d'un particulier)	St. 04	36°46'52"N7°10'17"E.
Commune d'Ain Cherchar (CEM Ahmed FISLI)	St. 05	36°43'59"N7°13'27"E.



Figure 8 :Localisation des points de prélèvement (Google Earth, 2022).

II-1-4-Période de prélèvement :

Ce travail est réalisé sur une période de trois mois allant du mois de Mars au mois du Mai durant l'année 2022 (Tab. 8).

Tableau 8 : Calendrier des prélèvements

Date de prélèvement	Station
14 Mars 2022	St.01, St.02, St.03, St.04 et St.05
11 Avril 2022	
09 Mai 2022	

II-2- Transport et conservation au laboratoire :

Les flocons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, Afin d'éviter que la teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon et que l'échantillon doit être protégé contre les effets de la température à l'aide d'un isolant thermique ou être réfrigéré pendant le transport, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon (Rodier et al., 2009).

III-Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude est de déterminer l'efficacité du traitement des eaux au niveau de la station de traitement d'Azzaba dans la wilaya de Skikda, destiné à la consommation humaine. Et l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de ces eaux et sa compatibilité avec les normes applicables par l'OMS ou les normes algériennes, ainsi de vérifier leurs qualité au cours de son transport jusqu'au robinet du consommateur dans certaines communes limitrophe de la région d'Azzaba (chef-lieu d'Azzaba, Djendel Saadi Mohamed, Ain Cherchar).

IV- Protocoles d'analyses des paramètres :

Les analyses organoleptiques, physicochimiques et bactériologiques sont effectués au sein du laboratoire d'analyse ADE d'Azzaba.

IV-1- Méthodes d'analyses organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement. Elle correspond à l'appréciation de la qualité d'eau par les sens, essentiellement, la vue, le goût, et l'odorat. La détermination de ces paramètres est subjective car elle fait appel aux sens qui se diffèrent d'un individu à un autre.

IV-1-1- Test de la couleur et odeur :

- a) **Couleur** : La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée soit avec celle d'une solution de référence de platine-cobalt soit avec des disques de verre colorés et exprimée en unités Hazen. La couleur a été évaluée par observation oculaire de la bouteille et flacons remplies d'eau prélevée.
- b) **Odeur** : Dilution de l'eau à examiner jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible. Elle a été évaluée par simple sensation olfactive.

IV-2- Méthodes d'analyses physiques :

La caractérisation des eaux concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité). Ces paramètres permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

IV-2-1-Température :

La mesure de la température de l'eau à traiter est importante pour optimiser le fonctionnement d'une installation, car les vitesses des réactions chimiques le temps de floculation, les activités microbiennes sont sous la dépendance de la température de l'eau soumise au traitement.

La température est donnée automatiquement avec un appareil multi paramètres de type HACHSL1000 qui a un thermomètre intégré (Fig. 9), Selon les étapes suivantes :

- ✓ Pour cette analyse on utilise une verrerie rigoureuse propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.
- ✓ On rince plusieurs fois la cellule à conductivité avec de l'eau distillée puis on la plongeant dans un bécher contenant de l'eau à analyser, en prenant soins que les électrodes de platine soient complètement immergés ; puis on fait la mesure sur le mode température.

IV-2-2-Mesure de la conductivité :

La mesure est effectuée sur le terrain par un conductimètre portable type 3110 (Fig. 9), que nous plongeons son électrode dans de l'eau à analyser. La valeur de conductivité s'affiche directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Selon le mode opératoire suivant :

- ✓ Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; et effectuer la mesure. La valeur limite de la conductivité est de $2800 \mu\text{s}/\text{cm}$.



Figure 9 : Appareil Multi-paramètres (thermomètre, conductimètre).

IV-2-3-Mesure électrométrique du pH :

La mesure du pH est effectuée par un multi paramètre (*HACHSL1000*), il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur (Fig.10), selon le mode opératoire suivant :

- ✓ Etalonner le pH mètre avec une solution tampon.
- ✓ Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- ✓ Prendre environ 100ml dans un bêcher de l'échantillon à analyser.
- ✓ Régler l'agitateur avec une faible vitesse d'agitation.
- ✓ Tremper l'électrode dans le bêcher.
- ✓ Laisser stabiliser un moment ; Puis noter le pH.



Figure 10 : Appareil Multi-paramètre(pH mètre, Conductimètre).

IV-2-4- Turbidité :

Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie (*Hanna Instruments HI88703*) en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser, puis en l'introduit dans l'appareil pour lecture (Fig. 11).



Figure11 :Appareil de Turbidimètre.

IV-3- Méthodes d'analyses chimiques :

Pour les analyses chimique nous avons procéder au Titrage volumétrique (Fig. 12) qui est une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance

nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue dans le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour que la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé point d'équivalence. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur.



Figure 12 :Appareillage de titrage volumétrique.

➤ **Analyse de la dureté totale (THT)**

Principe : La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di sodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA).

Réactifs utilisés : Sont la Solution d'EDTA 10 $\mu\text{mol/l}$, la Solution tampon et l'indicateur d'Eriochrom.

Mode opératoire : Dans un Erlenmeyer de 250ml : on prélève 50ml eau à analyser, on ajoute 4ml de solution tampon et 3 goutte d'indicateur coloré et titrer avec la solution d'EDTA (10 $\mu\text{mol/l}$) goutte à goutte avec agitation rapide jusqu'au virage du bleu. (Fig.13).

Expression des résultats : $THT = V \cdot 2 \cdot 10$ avec V : Volume d'échantillon, Et 2 : c'est le facteur de dilution .



Figure 13 : Analyse de la dureté totale (THT)

➤ **Analyse de Titre Hydrotimétrique (TH) :**

Principe : le principe est identique à celui de la méthode complexométrie décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un PH élevé le magnésium est précipiter sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas, par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

Réactifs utilisés : sont l'Indicateur coloré : Murixide, la solution d'EDTA et la solution d'hydroxyde de sodium NaOH

Mode opératoire : Dans un Erlenmeyer de 250ml : on prélève 50ml eau à analyser, on ajoute 2ml de solution d'hydroxyde de sodium NaOH (2mol/l) et une pincée de l'indicateur coloré Murixide (HSN) puis on titre par la solution d'EDTA (10 μ mol/l) jusqu'à ce qu'il vire à la move. (Fig.14)

Expression des résultats : $TH = V \cdot 10$. Avec V : volume d'échantillon



Figure 14 : Analyse du titre hydrotimétrique (TH)

➤ **Analyse d'ions Calcium (Ca^{2+}) :**

Son dosage se fait par méthode titrimétrique à l'EDTA, qui a pour principe, le titrage des ions calcium avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Selon le mode opératoire suivant :

- ✓ A l'aide d'une éprouvette ajoutez dans un bécher :
- ✓ 50 ml d'eau analysée.
- ✓ 02 ml de NaOH.
- ✓ Pincé de murexide.
- ✓ À l'aide d'une burette titrer avec l'EDTA jusqu'à ce que la couleur rose vire au violet.
- ✓ En mesure le volume.
- ✓ $[\text{Ca}^{+2}] = V \times 10$.
- ✓ Norme : $[\text{Ca}^{+2}] < 200 \text{ mg/l}$.

➤ **Analyse d'ions magnésium (Mg^{2+}) :**

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un goût désagréable à l'eau (Rodier et al., 2009). Dont il est déterminé par :

$$\text{Mg}^{+2} = \text{THT} - \text{Ca}^{+2}, \text{ avec un Norme inférieure à } < 150 \text{ mg/l}$$

➤ **Analyse d'ions chlorures (Cl^-) :**

Principe : A chaque quantité d'ion argent ajouté, se forme un précipité blanc de chlorure d'argent (AgCl). la solution transparente au départ se trouble d'un voile blanc pour devenir ensuite opaque. Ceci se produit jusqu'à ce que tous les ions chlorures aient précipités : c'est alors l'équivalence .

Réactifs utilisé : Chromate de potassium (K_2CrO_4), et le nitrate d'argent ($AgNO_3$)

Mode d'opérateur : A l'aide d'une éprouvette ajoutez dans un bécher :

Dans chaque 5 ml d'eau analysée. Ajouté deux gouttes de K_2CrO_4 , À l'aide d'une burette titrer avec $AgNO_3$ jusqu'à ce que la couleur jaune vire à l'orange. A la fine En mesure le volume. D'apprêt le JORA la norme national de la concentration de chlorure $[Cl^-] < 500$ mg/l

Expression des résultats : $[Cl^-] = V \times 71$, avec le V : volume d'échantillon

➤ **Analyse d'ions de Phosphate(PO_4^{-3}) :**

Principe : La présence de phosphore dans les eaux naturelles provient du lessivage de certains minéraux et de la décomposition de la matière organique.

Réactifs utilisé : Les phosphates hydrolysables et les phosphores organiques

Mode d'opérateur : Dans un bécher en prépare une solution pour le phosphate :

Utiliser 40 ml d'eau analysée avec 01 ml acide ascorbique, ajouté 02 ml des réactifs mélange. Attendre 2 min après en mesure à l'aide d'un spectrophotomètre. La norme de phosphate : $[PO_4^{-3}] < 10$ mg/l.

➤ **Analyse d'ions de nitrite (NO_2^-) :**

Principe : La présence de nitrite dans l'eau peut résulter de l'utilisation d'engrais chimique et de fumiers, d'installations septiques déficientes de la décomposition de matières végétales et animales.

Réactif utilisé : Diazotation

Mode d'opérateur : On prépare la solution pour les nitrites : ou égales à 1mg.l^{-1} , prélever 50ml de l'eau à analyser. si l'eau contient davantage de nitrites, diminuer la prise d'essai et compléter à 50ml avec de l'eau distillée .ajouter à chaque échantillon 1ml de réactif diazotation et homogénéiser. En mesure le nitrite à l'aide d'un spectrophotomètre de Norme : $[NO_2^-] < 0.1$ mg/l.

➤ **Analyse de Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :**

Principe : Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide sulfurique, dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

Réactifs utilisés : Acide sulfurique (H_2SO_4) et solution de méthyle orange.

Mode opératoire : Dans un Erlenmeyer de 250 ml : on prélève 100ml à analyser, on ajoute 2 gouttes méthyle orange, on titre ensuite avec l' H_2SO_4 goutte à goutte jusqu'à ce qu'il vire au rouge sourisse.

Expression de résultats : $TAC = V \times 10$, avec le V : volume d'échantillon

➤ **Analyse le Titre Alcalimétrique (TA) :**

Principe : Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide sulfurique (H_2SO_4), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{-2}

Réactifs utilisés : Solution de phénophtaléine (pp) et acide sulfurique (H_2S_4)

Mode opératoire : Dans un Erlenmeyer de 250ml, on prélève 100ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de solution phénophtaléine et titrer avec l'acide sulfurique, une couleur transparent doit se développer.

Expression de résultats : $TA = V \times 4^\circ F$, avec V : volume d'échantillon en ml,

°F : degré en France

➤ **Analyse d'ions du sulfate (SO_4^-) :**

Dans un bécher en prépare une solution pour le Sulfate :

- ✓ 100 ml d'eau analysée.
- ✓ 5 ml de solution stabilisante.
- ✓ 20 ml de chlorures de baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant 01 min.
- ✓ Après en mesure à l'aide d'un spectrophotomètre.

✓ Norme : [SO₄-2] <400 mg/l.24

• **Jar test :**

Selon la (Fig.15), Ce test détermine la nature et la dose du coagulant et floculant utiliser pour assurer la coagulation floculation et la clarification d'une eau ainsi que leur concentration.

- ✓ prendre 5 litres d'eau brute et les verser dans 05 béccher des doses croissantes de sulfate d'aluminium de 0.1 ml jusqu'à 0.5 ml respectivement.
- ✓ Mettre dans la machine Jar test pour agitation a une vitesse de 150 Tr/min pendant 3 min.
- ✓ On injecte des doses de 0.1 ml du poly électrolyte (polymère ionique) dans chaque béccher on agite à une vitesse de 50Tr/min pendant 30 min.
- ✓ On laisse décanter pendant 30 min.
- ✓ On procède à la filtration de l'eau de chaque béccher en utilisant un papier filtre, puis on mesure la turbidité et le pH de l'eau filtré.



Figure 15 :Appareil de jar test .

IV-4-Méthode d'analyse bactériologique :

L'analyse bactériologique d'une eau de consommation consiste logiquement à rechercher les germes qu'elle pourrait contenir. Pour chaque échantillon l'analyse microbiologique a concerné :

- ✓ La recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux
- ✓ La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux
- ✓ La recherche et le dénombrement des bactéries anaérobies sulfito-réductrices

La recherche et le dénombrement des bactéries dans l'eau sont réalisés suivant la méthode solide par la technique de filtration. Selon la (Fig. 16)

On procède à une filtration sur membrane en ester de cellulose, de porosité 0,22 µm ou 0,45 µm, susceptible de retenir les bactéries.

▪ Technique de filtration :

- ✓ Mettre en route la pompe à vide et ouvrir le robinet,
- ✓ Flamber l'entonnoir et la plaque poreuse en aspirant la flamme, poser l'entonnoir sur le support et le fixer,
- ✓ Fermer le robinet,
- ✓ Prélever une membrane dans son emballage stérile en le saisissant par le bord, avec une pince flambée et refroidie,
- ✓ L'étaler sur la plaque poreuse, remettre l'entonnoir,
- ✓ Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser,
- ✓ Verser stérilement la quantité d'eau désirée,
- ✓ Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler,
- ✓ Enlever l'entonnoir, dès que la membrane paraît sèche,
- ✓ Prélever la membrane avec une pince flambée en le saisissant par son bord,
- ✓ Déposer la membrane sur le milieu sélectif choisi en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- ✓ Les bactéries retenues à la surface sont nourries à travers la membrane par les pores de celle-ci.
- ✓ La lecture des résultats après 24 h d'incubation (**Rodier et al., 2009**).

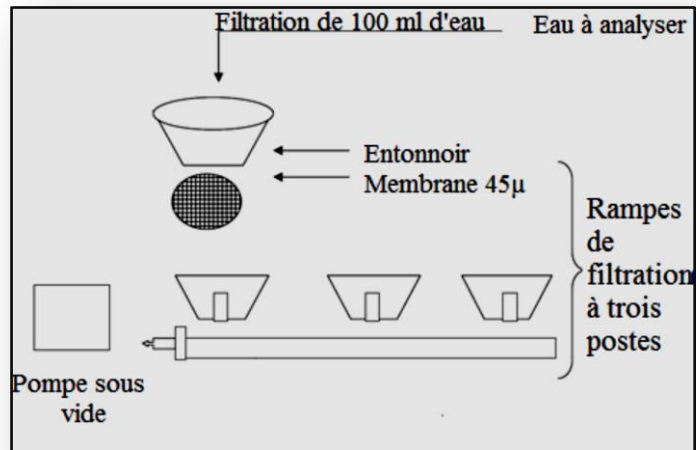


Figure 16 : Rampe de Filtration à 3 postes .

- Dénombrement des bactéries coliformes totaux et les coliformes fécaux dans l'eau sont réalisé suivant la méthode de filtration. Selon la (Fig. 17)

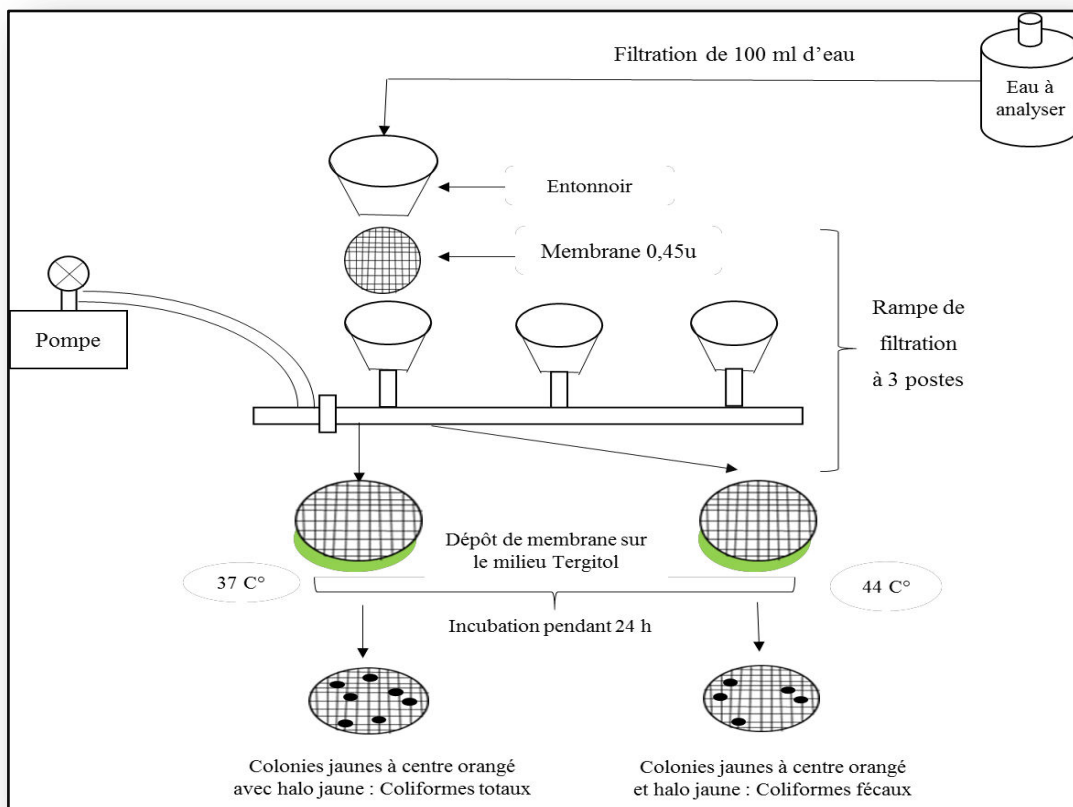


Figure 17 : Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux par méthode de filtration

- Dénombrement des bactéries streptocoques fécaux dans l'eau sont réalisé suivant la méthode de filtration (Fig. 18) .

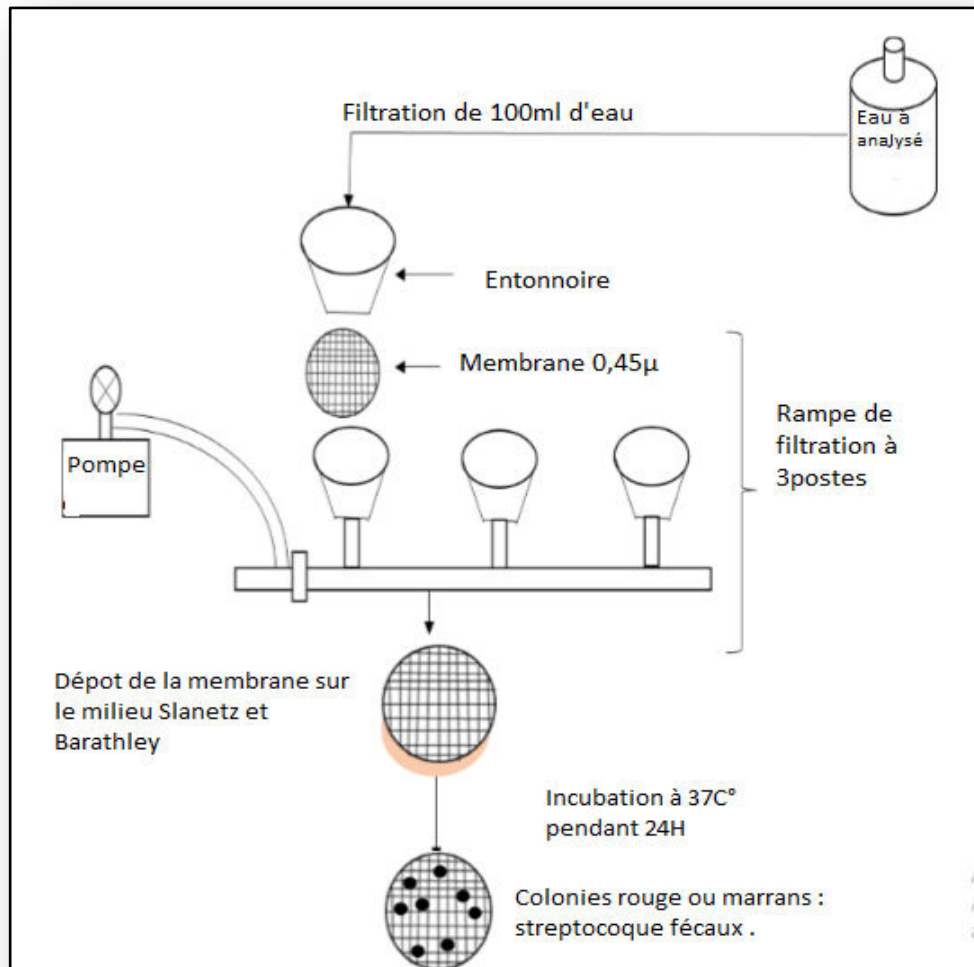


Figure 18 : Dénombrement des streptocoques fécaux par méthode de filtration

Chapitre III
Résultats et Discussion

I-Résultats des analyses organoleptiques:

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la turbidité de l'eau. Ces paramètres n'ont pas de signification sanitaire, mais par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent aux consommateurs de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau (Tab 9).

Tableau 9 : Résultat des analyses organoleptiques.

Paramètres	Unité	St1	St2	St3	St4	St5	JORA, 2011
Odeur	/	Inodore	Inodore	Inodore	Inodore	Inodore	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	/	Sans	Sans	Sans	Sans	Sans	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l (Pt-Co)	4	2,36	2,36	2,86	3	15
Turbidité	NTU	4,6	0,74	1,83	0,95	2,8	5

L'eau traitée ne présente aucune odeur ou saveur et présente des valeurs très basse de la couleur et de la turbidité par rapport à la norme décrite dans le JORA (2011).

II- Résultats des analyses physico- chimiques:

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute (EB), et de l'eau traitée (ET) de la station et les eaux des communes limitrophes, chef-lieu Azzaba, la commune de Djendel et la commune de Ain Cherchar, sont présentés sous forme des valeurs moyennes mensuelles mesurées pour chaque paramètre.

II -1-Résultats des analyse physiques:

II-1-1 Température

D'une façon générale, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques (Dib, 2009) et par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Rodier *et al.*, 2009).

Selon les résultats obtenus (Fig. 19) des températures des eaux étudiées, on remarque que la température minimale enregistrée dans les eaux brute (St.1) d'ordre de 14,5°C au mois de Mars, alors que dans la commune de Djendel (St.4) en mois de Mai ont à enregistré une température maximale de l'ordre de 20,09°C. D'après les normes algériennes de potabilité de l'eau et l'OMS, nos températures enregistrées n'ont pas dépassée 25°C requise par les normes.

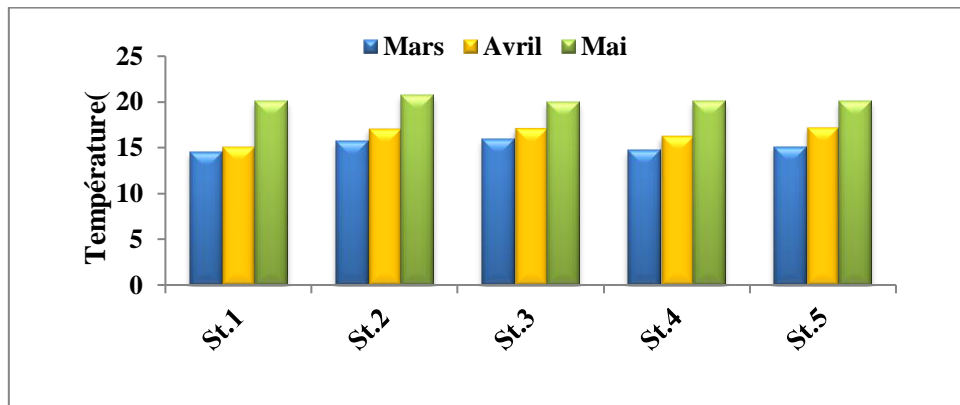


Figure 19: Variation de la température dans les eaux des sites étudiés.

II-1-2- Potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (Rodier *et al.*, 2009). En effet, le pH acide a un effet agressive sur les canaux d'alimentation et participe à la dissolution des métaux composant la canalisation et donc au phénomène de corrosion qui a un effet nuisible d'ordre esthétique et sanitaire. Tandis que le pH très basique contribue à la diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore (Maiga, 2015). Les législations algériennes précisent comme niveau guide du pH est de 6,5 à 9.

Dans notre secteur d'étude, (Fig. 20) la valeur du pH enregistré une valeur maximal dans l'eau brut (St.1) en mars de 8,29 et une valeur minimal de 7,58 dans la commune de Djendel

(St.4) en mois de mars .Les valeurs du pH enregistrées sont situées dans la fourchette des normes de potabilité Algériennes ($6,5 < \text{pH} < 9$), Elles varient entre 7,58 et 8,29.

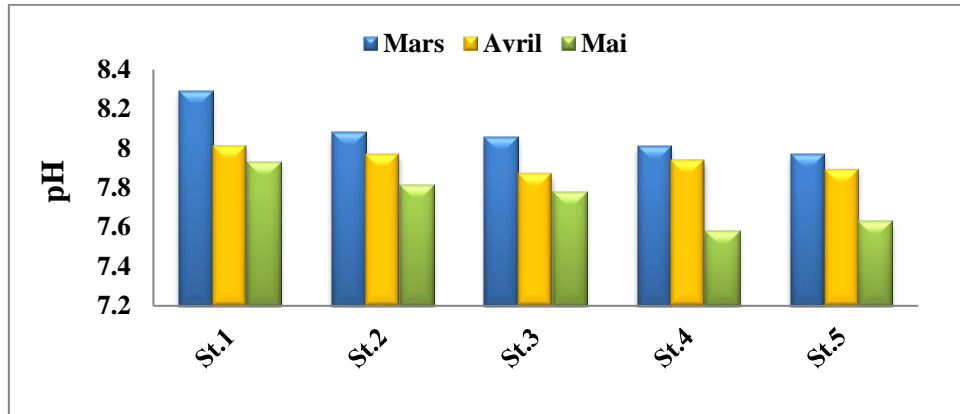


Figure 20 : Variation de pH dans les eaux des sites étudiés.

II-1-3-Turbidité:

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...) (Mamoudou, 2010).

Selon la (Fig. 21) de notre cas, enregistrées par le turbidimètre une valeur maximal de 4,6NTU dans l'eau brut (St.1) en mois de mars, et une valeur minimal de 0,6NTU dans l'eau traité (St.2) en mois de avril. Son taux normal est fixé à 5 NTU selon les normes algériennes, toutes les valeurs de la turbidité enregistrées sont en dessous de la norme.

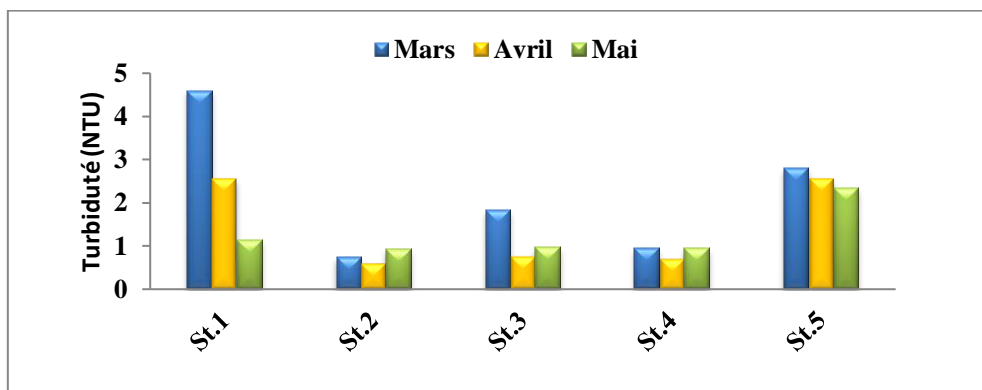


Figure 21: Variation de la turbidité dans les eaux des sites étudiés.

II-1-4-Conductivité électrique:

Rodier *et al.* (2009), signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na), de chlorures (Cl), des bicarbonates (HCO_3)...etc.

Les eaux étudiées présentent des valeurs comprises entre 738 et 853 us/cm (Fig. 22) qui restent conformes à la norme algérienne et la norme de l'OMS indiquant une valeur limitée de 2880 us/cm. Donc la conductivité des eaux étudiées ne dépasse pas les normes en vigueur, traduisant bonne qualité de l'eau potable.

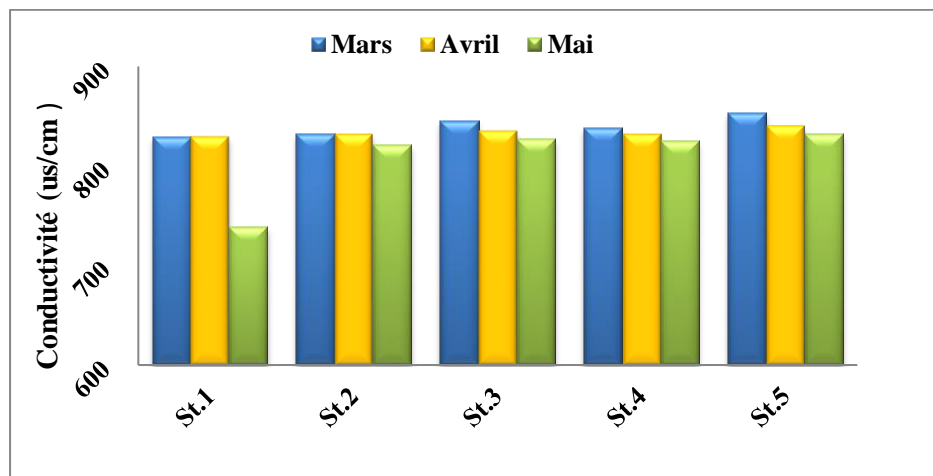


Figure 22 : Variation de la conductivité dans les eaux des sites étudiés.

II-1-5-Salinité:

Nous observons d'après (Fig. 23) une valeur constante de la salinité dans les eaux étudiées la salinité change en fonction des conditions climatiques, et elle est proportionnelle avec les valeurs de la température. Les résultats trouvés ont des valeurs constantes de 0.3mg /l ne dépasse pas les normes 0.6mg/l.

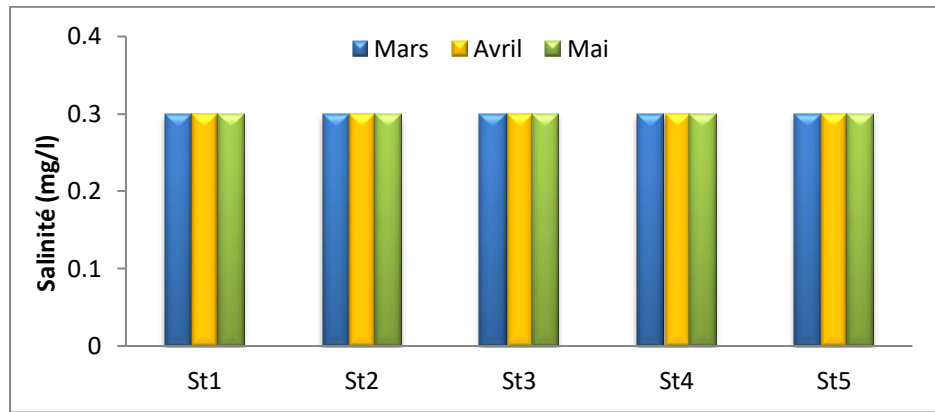


Figure 23: Variation de la salinité dans les eaux des sites étudiés.

II-2- Résultats des analyse chimiques:

II-2-1-Dureté totale le titre hydrotimétrique total (THT) :

Selon RODIER (2009), lorsque le taux de THT est supérieur à 300 mg /l, la nature des eaux étudiées est extrêmement dure, correspond à la présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, des sels de magnésium (strontium, et baryum).

D'après la (Fig. 24) on a remarqué que :

- La valeur minimale est 75 dans l'eau traitée (St.2) en mars.
- La valeur maximale est 450 dans la commune de Djendel (St.4) en mai.

Et donc les résultats obtenus sont dans les normes de l'OMS et aussi dans les normes algériennes.

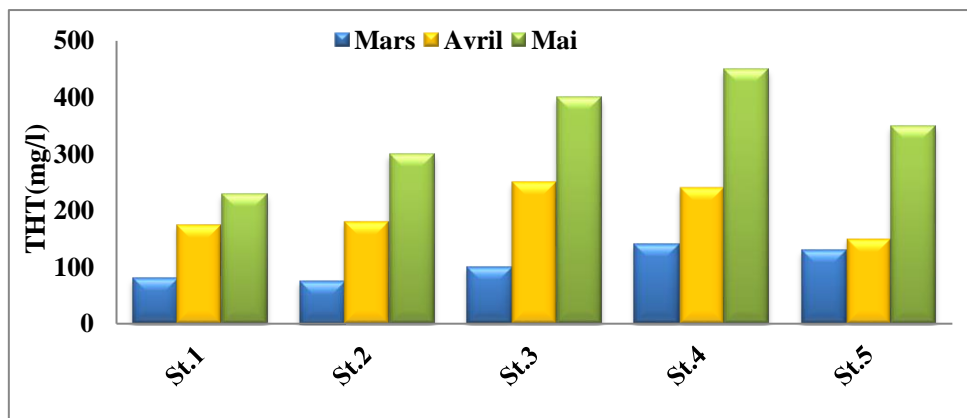


Figure 24: Variation de THT dans les eaux des sites étudiés

II-2-2-Titre hydrométrique (TH):

La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**Hakmi, 2006**).

L'évolution de la dureté totale dans notre étude montre de faibles concentrations dans tous les échantillons étudiés par rapport aux normes de l'OMS (100-300 mg.L⁻¹), et de JORA (2011). D'après la (Fig. 25) on a remarqué que :

- La valeur minimale est 41 dans l'eau brute (St.1) et dans l'eau traitée (St.2) en mois de mars.
- La valeur maximale est 140 dans la commune d'Ain-Charcher (St.5) en mois de mai.

Et donc les résultantes obtenues sont dans les normes de l'OMS et aussi dans les normes algériennes.

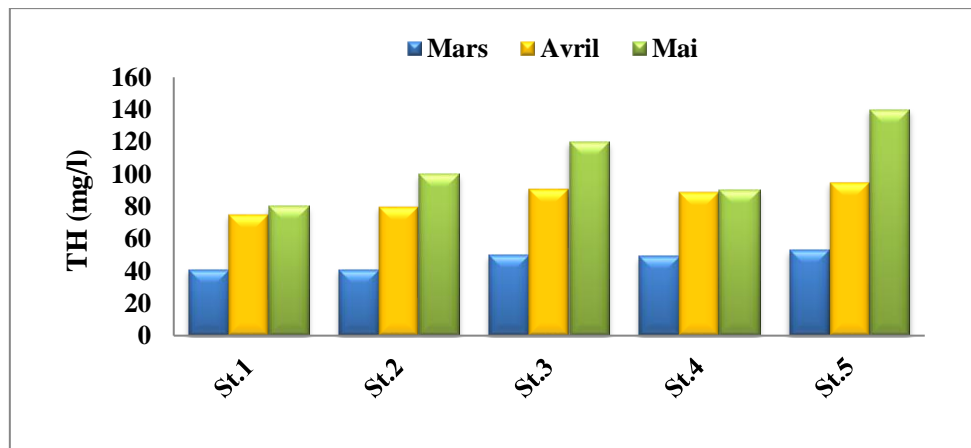


Figure 25 : Variation de TH dans les eaux des sites étudiés

II-2-3-Titre alcalimétrique complet (TAC)

Selon RODIER J., (2009), lorsque le taux de TAC est supérieur à 500 mg/l, la nature des eaux étudiées est extrêmement dure, correspond à la présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, des sels de magnésium (strontium, et baryum).

D'après la (Fig. 26) on a remarqué que :

- La valeur minimale est 30mg/l dans l'eau traitée (St.2) en mois de mars.

- La valeur maximale est 80mg/l dans l'eau brute (St.1) en mois de mai.

On remarque que les valeurs de tous les sites sont dans la norme algérienne.

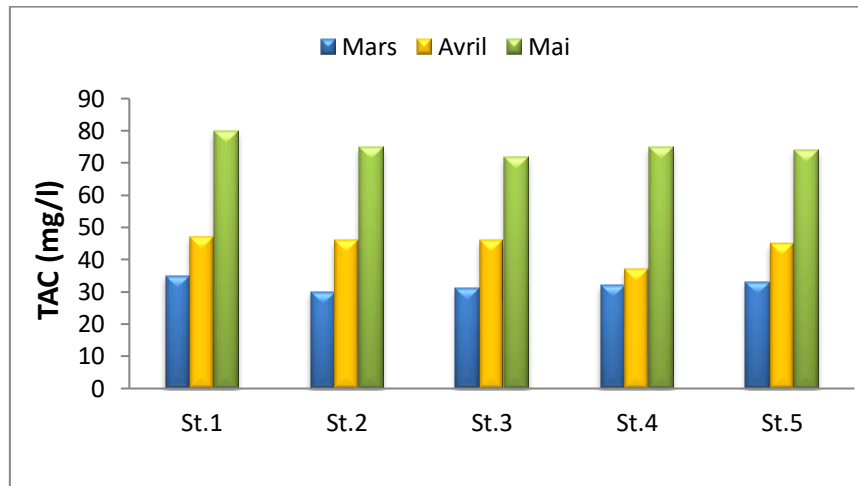


Figure 26: Variation de TAC dans les eaux des sites étudiés

II -2-4-Calcium (Ca^{+2}):

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (**Queneau et Hubert, 2009**).

D'après les normes algériennes de potabilité pour le calcium, fixées à 200 mg. L⁻¹ (**JORA, 2011**) et les normes de l'OMS 100% des eaux étudiées présentent des teneurs dans les normes algériennes.

D'après la (Fig. 27) ont remarqué que :

- La valeur minimale 72 mg/l dans la commune de Djendel (St.4) en mois de mars.
- La valeur maximal 90 mg/l dans l'eau brute (St.1) en mois de avril.

Et donc les résultantes obtenues sont dans les normes de l'OMS et aussi dans les normes algériennes.

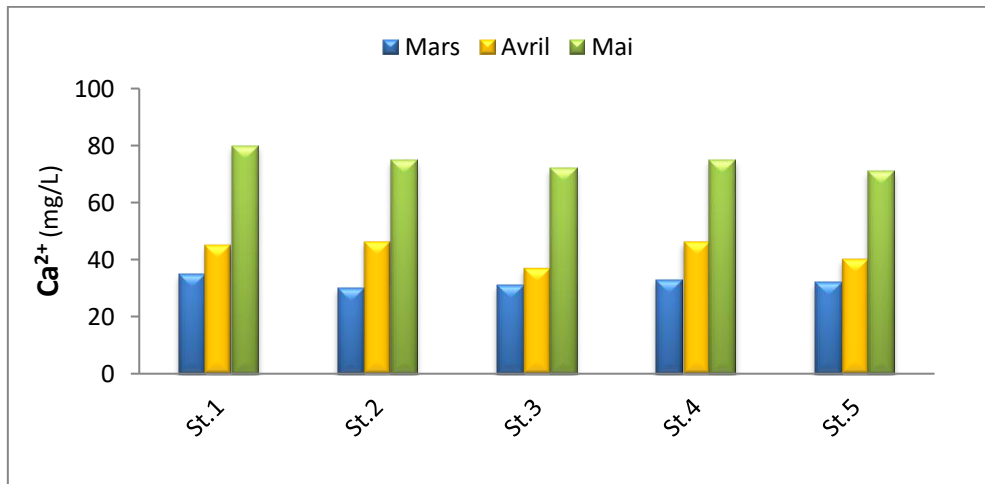


Figure 27: Variation de la concentration des ions de calcium dans les eaux des sites étudiés.

II-2-5-Magnésium (Mg⁺²):

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un goût désagréable à l'eau (Rodier et al., 2009). Selon (Nouayti et al., 2015), La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques.

Selon les normes algériennes de l'eau potable pour le magnésium, fixées à 150 mg/l (JORA, 2011), et les normes de l'OMS, fixées à 50 mg/l.

On remarque d'après la (Fig. 28) que les valeurs de tous les sites en mois de mars et mai sont supérieures à la norme algérienne et la norme de l'OMS par contre les valeurs en mois d'avril sont conformes aux normes algériennes, mais il dépasse la norme de l'OMS.

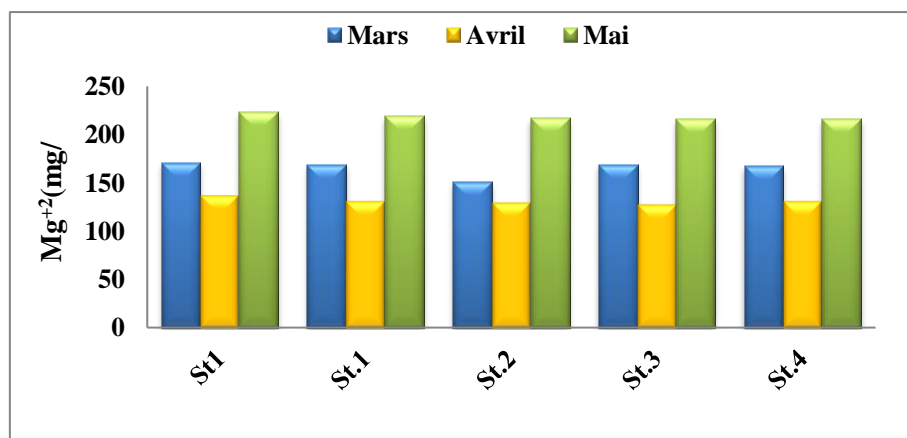


Figure 28 : Variation de la concentration des ions de magnésium dans les eaux des sites étudiés.

II-2-6-Nitrite (No^{-2}):

Une teneur d'azote nitreux supérieure à 0,10 mg/l peut faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie de décomposition. Cette teneur ne devrait pas être dépassée dans le cas d'une eau d'origine profonde (**Rodier et al., 2009**).

Selon la (Fig. 29) qui montre la variation des teneurs en nitrites dans la zone d'étude, on remarque que la teneur supérieure 0,8 mg/l dans l'eau brute (St.1) pendant les trois mois et une même teneur 0,1mg/l dans les autres.

Et donc les résultantes obtenues sont donc les normes de l'OMS et aussi dans les normes algériennes 0,1mg/l.

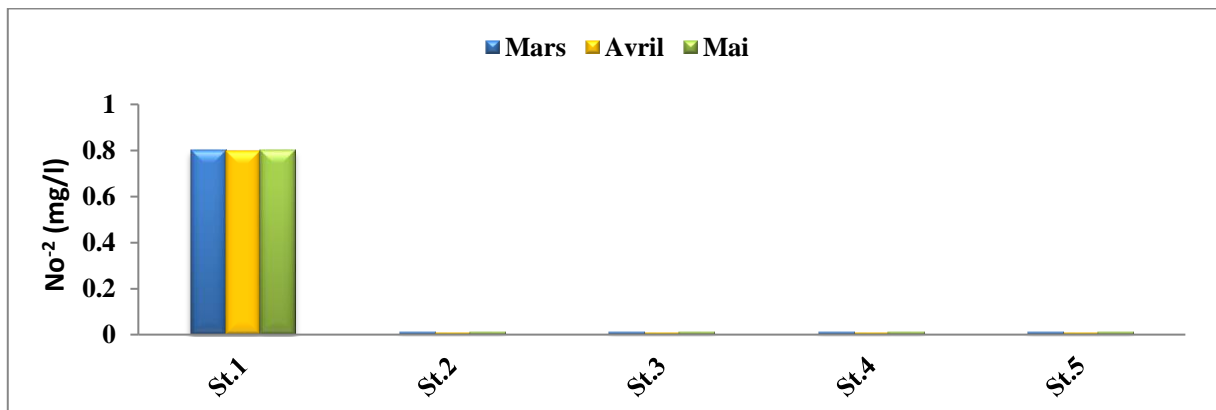


Figure 29: Variation de la concentration des nitrites dans les eaux de sites étudiés

II-2-7-Chlorures (Cl^{-}):

Commun dans la nature, comme le sodium (NaCl), le potassium (KCl) et Calcium (CaCl_2). L'eau contient presque toujours des chlorures, mais la proportion est très élevée variable. Quelle que soit la nature de la structure géologique qui la traverse, Le chlorure peut être attribué aux effluents et aux opérations de puits de l'industrie chimique Pétrole, minéral de potasse, fossé de drainage d'irrigation... etc. Plus gros inconvénient Les chlorures sont le goût désagréable qu'ils donnent à l'eau 250 mg/l ou plus parlons du chlorure de sodium (**Rodier, 2005**). Selon la (Fig. 30) ont remarqué que :

- La valeur minimal 0,01mg/l dans la commune de Djendel (St.4) et la commune de Ain Cherchar St.5 en mois de avril.
- La valeur maximal 99,4mg/l dans l'eau brute (St.1) en mois de avril.

Et donc les résultantes obtenues sont dont les normes de l'OMS 250mg/l et aussi les normes algériennes 500mg/l.

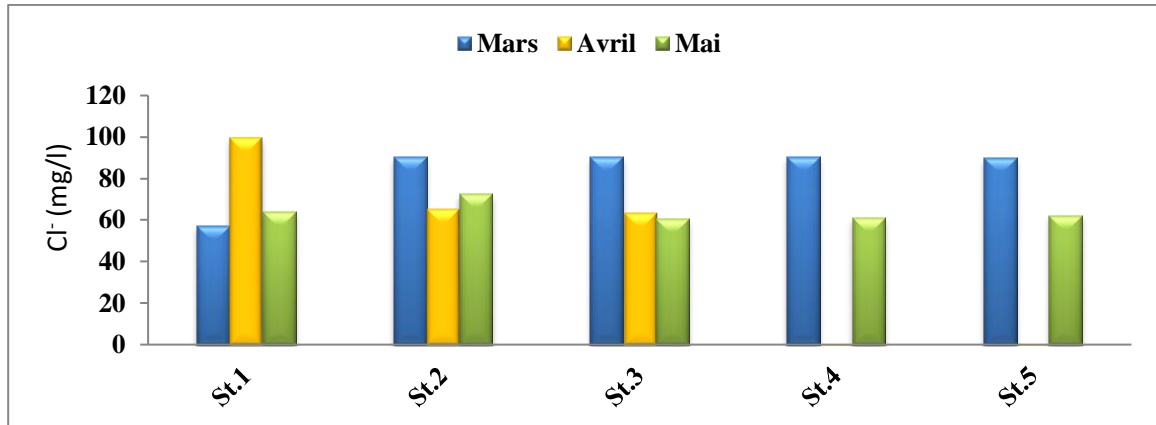


Figure 30: Variation de la concentration des chlorures dans les eaux des sites étudiés.

II-2-8-Phosphate (PO₄⁻):

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les ortho phosphates et les poly phosphates (Rodier et al., 2009). D'après la (Fig. 31) ont remarqué que :

- La valeur minimale est 0,022mg/l dans l'eau brute (St.1) en mois d'avril.
- La valeur maximale est 0,5mg/l dans la commune d'Azzaba (St.3) et la commune d'Ain Cherchar (St.5) pendant le mois d'mars et avril.

Et donc tous les résultats obtenus sont dans les normes de l'OMS 0,5 mg/l (OMS, 2002), et aussi dans les normes algériennes 0,5 mg/l (JORA, 2006).

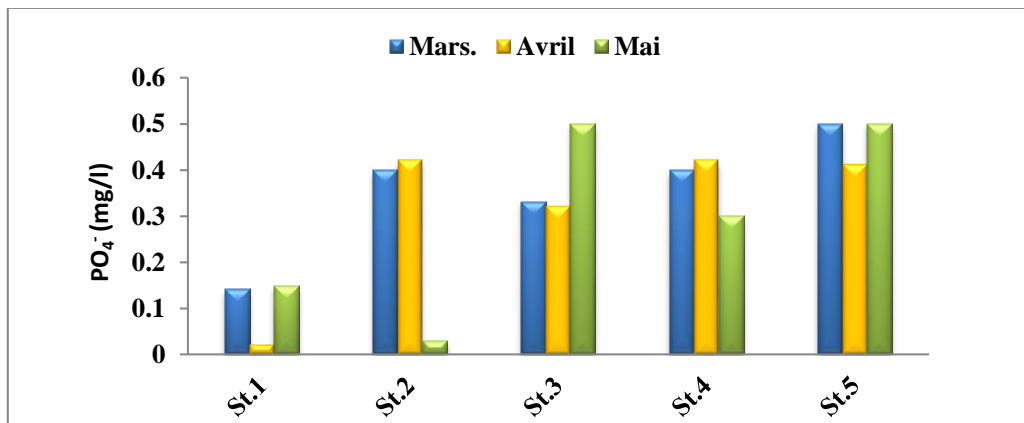


Figure 31 : Variation de la concentration des phosphores dans les eaux des sites étudiés.

II-2-9-Sulfates SO₄²⁻:

La réglementation algériennes recommande 400 mg/l de sulfate come une valeur maximal admissible.

D'après la (Fig. 32) ont remarqué que :

- La valeur minimale est 34,84mg/l dans l'eau brute (St.1) en mois d'avril.
- La valeur maximale est 200mg/l dans l'eau traitée (St.2) en mois de mai.

Et donc tous les résultats obtenus sont dans les normes de l’OMS (**OMS, 2002**), et aussi dans les normes algériennes (**JORA, 2006**).

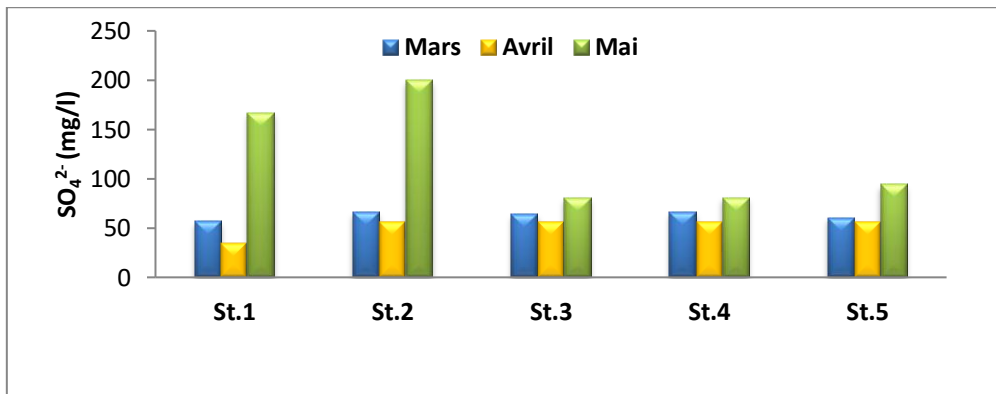


Figure 32 : Variation de la concentration des sulfates dans les eaux des sites étudiés

III-Résultats des analyses bactériologiques:

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de la station du traitement d'azzaba, et consiste à la recherche des Coliformes totaux et thermotolérants, *Escherichia Coli*, de Streptocoques fécaux, et des Clostridium sulfito-réducteurs. Les résultats que nous obtenus lors des analyses bactériologiques effectués sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques.

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
Coliformes fécaux	8,66 germe/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliforme totaux	12,66 germe/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs
Streptocoques fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Escherichia. Coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les analyses bactériologiques de l'eau sont essentiellement des analyses d'indication : indicateurs de pollution dans une eau naturelle, et d'efficacité de traitement dans une eau traitée (**Rodier et al., 2009**).

D'après les résultats obtenus on remarque une absence totale des bactéries dans les différents points d'échantillonnages à l'exception de CT et CF qui représente une valeur moyenne de 8,66c/100 ml pour CT et 12,66c/100 ml pour CF au niveau de l'eau brute.

A la lumière de ces résultats, il ressort que, dans la majorité des cas, ces points d'eaux sont conformes aux normes de potabilité nationales et internationales 0c/100 ml (**OMS, 2006 ; JORA, 2011**).

Enfin, Les résultats de l'analyse physicochimique et microbiologique ont montré que l'eau destinée à la consommation humaine de quelques régions ne renferme pas de contamination ou des germes pathogènes, ce qui répond aux normes, et aux normes l'OMS et à différentes organisations internationales de la santé. Ceci prouve que le traitement de l'eau dans la station du traitement d'azzaba est très efficace et bien contrôlée.

Conclusion

Conclusion

Nous nous sommes intéressées dans notre travail à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la station de traitement des eaux potable de la commune de Azzaba (W. de Skikda) afin d'évaluer la qualité de l'eau brute et l'eau traitée de la station de traitement d'Azzaba, ainsi de différentes communes limitrophe de cette région destinée à la consommation humaine suivant les normes de potabilité en se référant aux normes algériennes (2011) et celles de l'OMS (2006).

- Du point de vue organoleptique, les eaux de la station d'Azzaba et les eaux de certaines communes limitrophe de cette région sont claires et ne présentent aucune saveur désagréable.
- Sur le plan physique : les valeurs de température, pH ainsi que la conductivité et la turbidité sont actuellement normales et dans les normes nationales et internationales.
- Sur Le plan chimique ces eaux sont généralement dans les normes par rapport au salinité, La dureté totale, chlorure, titre hydrométrique, calcium, sulfate, phosphate, ainsi que les nitrites qui ont des teneurs acceptables, sauf le magnésium leur résultat a montré des valeurs élevées qui dépassent les normes en mois de mars et mai et dans tous les sites; par contre les valeurs en mois d'avril sont conformes aux normes algériennes .
- Sur le plant bactériologique les teneurs des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité nationale et internationale.

On peut alors conclure que l'eau de la station d'Azzaba est de bonne qualité et répond aux normes de potabilité nationales et internationales de point de vue physico-chimiques et bactériologiques sauf le magnésium qui dépasse ces normes, alors nous avons fait un signal d'alerte aux autorités pour résoudre ce problème.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons quelques perspectives comme suit :

- ✚ La sensibilisation à la bonne gestion d'entretien de la station ; nettoyer et mieux entretenir régulièrement la station de traitement étudiées ;
- ✚ Le traitement et suivi régulier et continu pour l'ensemble des conduits et canalisations d'alimentation des eaux aux riverains.
- ✚ Assurer un traitement régulier et adéquat des points d'eau ;

- ✚ Organisation de manifestations locales destinées à la sensibilisation de la population aux risques des MTH ;
- ✚ Redynamisation des comités de luttes des daïras et communes ;

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

- **A SHIKOMANOW. (1999).** World water resources and their use, A joint publication of state hydrological institut and Unesco International programme
- **Belhadj, M. (2017).**Qualité wilaya de Skikda. Thèse des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la doctorat en sciences. Université de Skikda. Algérie .bp .
- **BELKHIRI L. (2011).**Etude de la pollution des eaux souterraines : Cas de la plaine d'Ain Azel-est algérien. Thèse de doctorat d'état des sciences, option hydrauliques, université Hadj Lakhder Batna, 121p.
- **BELMARAS D., (2015).** Contribution a l'identification des cyanobactéries du barrage zit-Emba Skikda.
- **BENABDA N., SERIDI H.. (2010).** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas du barrage zit-Emba (w. Skikda
- **BERNE et CORDONNIER. (1991).** Traitement des eaux. E° Technique. Paris.
- **BOUCHEJA A. (2012).** La politique nationale de l'eau en Algérie.
- **BOUCHEMEL M., (2016).** Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de hammam debegh.
- **BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F., (1996).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier P. 5-6.
- **BOUZIANI M: (2000).**L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn Khaldoun, Algérie 3470 HALMER.
- **CHEICK T. (2007),** contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.
- **CHEVALIER PIERRE. (2003):** COLIFORMES FÉCAUX. Groupe scientifique sur l'eau Institut national de santé publique du Québec. Fiche Coliformes fécaux. mn (1000) Triik
- **CIR. (1983).** (centre international de référence pour l'approvisionnement en eau collective et l'assainissement.). Alimentation en cas des petites collectivités Technologies appropriées pour les petites installations dans les pays en voie de développement.
- **CNES. (2000),** L'eau en Algérie. Le grand défi de demain.
- **COLLIN J. (2004).** Les eaux souterraines connaissances et gestion, HERMANN, éditeurs des sciences et des arts. Paris, p 27-49.
- **CONNARD, J. E.COLVIN, C., SILILO, O.,GORGENS, A., Weaver, J.REINHARDT, C. (1999)** .Assessment of the Impact of Agricultural Practices on the Quality of Ground water

- Resources in South Africa. Water Research Commission, Pretoria, South Africa. Report 641/1/99.86P.
- **DANISH EPA (1999)**, DAISY: Soil - Plant- Atmosphere System Model. Danish Research: Program on Nitrogen, Phosphorus and OrganicMatter, Danish EPA. 1999. Copenhagen, Denmark. ReportA10, 236p,
 - **DEFRANCESCHI, M.(1996)**. L'eau dans tous ses états. Edition Ellipses. Paris, 632p.
 - **DEFRANCESCHI, M. (1996)**. L'eau dans tous ses états. Editions Marketing S.A. Paris.
 - **DEGREMENT (2005)**. Memento technique de l'eau: 10eme édition 2005 tome2 (1024pages)
 - **DEGREMENT (2005)**. Mémento technique de l'eau. Tome 11. 10éme édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.
 - **DEGREMONTG. (2005)**. Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10éme édition, Edit. Tec et doc. 3-38p.
 - **DESJARDINS. (1997)**. Le traitement des eaux ; édition de l'école de polytechniques de Montréal, 2éme édition, Québec, Canada, 46- 112p.
 - **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,
 - **DOUAIDI.S& YAHIAOULF (2011)**; évaluation des performances de la station de traitement des eaux de TAKSEBT de TIZI OUZOU.
 - **EZZIANE S., (2017)**. Traitement des eaux de rejets de l'unité CERAMIT "TENES ". Mémoire de magister, département de génie des procédés, faculté des sciences et science de l'ingénieur, université Hassiba Ben Boulaid, Chlef.[http:// www. Ing. Dz.com](http://www.Ing.Dz.com).
 - **FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sûre). (2011)**: Traitement des eaux conventionnel: coagulation et filtration
 - **GAUJOUT, D.(1995)**.La pollution des milieux aquatiques Aide- mémoire, 2 édition TEC et DOC. Paris. 520p.
 - **GERAD. L (1999)**. Milieu native. EINRAV 1999).
 - **GERARD G, (1999)**. L'eau: Milieu naturel et maitrise, E INRA: Volume 1(999).
 - **GILLES B: (2009)**. L'eau, une molécule-clé pour le vivant: l'eau dans la biodiversité. Conférence débat et controverses sur l'importance de l'eau dans les systèmes biologique. organisateur Denis le Bihan membre de l'académie des sciences.
 - **GILLI E. MANGAN .C. MURDY, J. (2004)**. hydrogéologie: objets, méthodes, applications. Edition DUNOD, Paris, 301p.

- **GIUSEPPE Z, (2009).** Eau et membranes biologiques, Conférence débat et controverses sur l'importance de l'eau dans les systèmes biologique, Organisateur Denis le Bihan membre de l'académie des sciences. Journal, N° 12, Janvier 2013, 25-36p H.
- **GROSCLAUDE, G. C. (1999).** L'eau. Tome II. usage et polluants, Institut national de la recherche agronomique .Paris, France. 210p. FOR
- **GUILBERT. L., (2000).** Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.
- **HADJALI YASSIN N (2012) ,** Impact des stations de dessèchement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station plage EL HILEL (Ain T émouchent). Diplôme de master en écologie et environnement laboratoire des produits naturels. Université Abou Beker Belkaid Tlemcen.
- **HAKMI A (2006).** Traitement de l'eau de source Bousfer Oran, Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, 48 p.
- **HARRAT N., ACHOUR S.(2011).** Qualité et réactivité des eaux de barrage de zit el-emba alimentant la station de traitement d'azzaba. Faculté des Sciences et de Technologie-Université de Biskra courrier du savoir -N°11, mars 2011.pp.113-117.
- **HEM. J.D,(1972),**Chemical factors that influence the availability of iron and manganese in aqua ecosystems, geol. soc. am. Spec. pup.. 140: 17.
- **HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EL. MMAROUFY M., BENZAOUT T., HASNAOUI M. (2003).** Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacinodimaturazione (lagunamista Beni SlimancMorocco. Rivesta Di Idrobiologia. Universita deglistudi di perugia. Departement o di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia"G.B. Grassi", 110-111p
- **IMKEN F. (2016).** Les étapes de traitement des eaux et contrôle de la qualité. Projet de fin d'étude. Université SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH. Maroc.
- **JALAJEL J., (2022).** Les cahiers des développements durables.
- **JOHN P. & DONALD A., (2010).** Microbiologique, 3ème Edition, 1216 p.
- **JORA, (2009).** Journal officiel de la république algérienne n"36 (23 mars 2009).18p.
- **KETTAB A, (1992).** Traitement des eaux: les eaux potables. Edition Office des publication universitaires. Alger.1992.
- **KHEMIS M.,(2013).** Etude de qualité de quelques eaux de sources de la région de Guelma.
- **LALANNE, F. (2012).** Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou.

- **LEMERCIER, B. (2003).** La pollution par les matières Phosphorées en Bretagne. Sources, Transfert Et moyennes de lutte. Direction régional de l'environnement Bretagne. 85p.
- **LOUCIF SEIAD. (2003).** les ressource en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie.
- **LOUNNAS AMEL. (2009):** amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales Spécialité: Chimie Option: Pollutions Chimiques & Environnement.
- **LOUP J. (1947).** Les eaux terrestres hydrologie continentales, Edition Masson et Cie paris. Grenoble.
- **M MAIGA S; (2005).** Thèse diplôme d'état (Docteur en Pharmacie) Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali), 77p.
- **MAKHOUKHI, M. SBAAI, A. BERRAHOU, M. VAN. (2011):** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de L'OUED MOULOUYA (MAROC ORIENTAL) lathys journal, is in 1112-3680, n° 09, décembre 2011, pp. 149-169 larhyss/journal n° 09. décembre 2011.
- **MARSILY .G de COOD. (2006).** Les choux continentales. EDP sciences. Rapport de l'académie des sciences, paris. 328 p.
- **MEBARKI, A. (2005).** Hydrologie des bassins de l'Est algérien aménagement et environnement, Thèse de doctorat d'Etat. Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Département de l'aménagement du territoire, 360 p .
- **MEGHALI B., (2002).** Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamadi-Krouma (Skikda) Essais d'optimisation. Thèse de magister Université de Biskra.
- **METAHRI M.S., BOUDIAS M BOUZID M., TGMOMENT M., VASEILL .(2015).** Evaluation of cultivated land required for teritary treatment, of se condary effluent from the East wwtp of Tizi-Ouzou, journal of international scientific, publications volume 9.
- **MIZI A. (2006).** Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie. Région de Béjaia et valorisation des déchets oléicoles. Thèse docteur d'état. Faculté des sciences département de chimie. Université Baji Mokhtar. Annaba.
- **MOUNIR T, (2009).** Rôle et importance de l'eau dans les membranes cellulaires, Conférence débat et controverses sur l'importance de l'eau dans les systèmes biologique, Organisateur Denis le Bihan membre de l'académie des sciences, 60p.

- Nathalie, (2002.0 homme merogique de l'eau et impact en élevage TUDE BERNARD LYON
- **OMS (2003)**, Background document for préparation of WHO Guidelines for drinking-water qualité. Geneva, World Health Organisation.
- **OMS. (2002)**. Directive de qualité pour l'eau de boisson Genève..
- **PESSON et al.**, (1980). La pollution des eaux continentales. Edition ©Bordas. Paris.
- **PAINCHAUD JEAN, PHD. (1997):** LA QUALITÉ DE L'EAU DES RIVIÈRES DU QUÉBEC: ÉTAT ET TENDANCES. Direction des écosystèmes aquatiques. Ministère de l'Environnement et de la Faune Mars 1997.
- **PALLIER G., (1993)**. L'eau et la santé en Afrique tropicale. Colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges, 2 octobre 1991. Editeur PULIM, 136p.
- **PAUL C, (2009)**. L'eau liquide de la vie, Conférence débat et controverses sur l'importance de l'eau dans les systèmes biologique, Organisateur Denis le Bihan membre de l'académie des sciences.
- **QUENEAU Pet HUBERT J. (2009)**. Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie national de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale, France, 175-220p.
- **RODIER.J. LEGUBE.B. MERLET.N. (2009)**. L'analyse de l'eau. 9 E. 2009. Editeur Dunod.
- **ROUAMBA J, NIKIEMA E, ROUAMBA S et al.; (2016)**. Accès à l'eau potable et risques sanitaires en zone périphériques deouagadougou, Burkina Faso. Revue d'épidémiologie et santé publique. P 64.
- **SARI H: (2014)**, Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcene 53p.
- **SAVARY P: (2010)**. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron, 261p.
- **SYI, Traoré D ; Diène A, et al (2017)**. Eau potable, assainissement et risque des maladies diarrhéiques dans la communauté urbaine de Noukachott, Mauritanie. Santé publique. p 741-750.
- **TARDAT HENRY M. (1992)**. Chimie Des Eaux 2ème Edition. Les éditions du griffon d'Argile, 213-215p.
- **TARDAT. H. BEAUDRY JP, (1992)**. Chimie des eaux: 2ème édition le griffon d'argile.
- **WANELUS F: (2016)**. Caractérisation physico-chimique de l'eau destinée à la consommation humaine dans la Région Métropolitaine de Port-au-Prince, Haiti. Travail de Fin d'Etudes, 64p.
- **WHO, (2011)**. Word Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva, 564p.

- **WHO, (2006).** World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality. First addendum to third edition. Volume 1. Recommendations. 595p.

Site internet :

www.hc-se.ge/ewh-semt/pubs/water-eau/copper-cuire/index-fra.php.

Annexes