الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة République Algérienne Démocratique et Populaire
العلمي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيات المتقدمة
Ecole Nationale Supérieure des Technologies Avancées

Département génie des procédés

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

DE MASTER

Filière

Génie des procédés

Spécialité

Traitement des eaux

Thème

Contrôle Qualité de l'eau Potable

Réalisé par

CHENNOUFI Elchaima

Soutenues devant les membres de Jury :

Mme BOUDERDARA Nabila	MCB	**Président**
Mme OUARKOUB Samia	MAA	**Examinateur**
Mme CHEIKH Assira	MCB	**Encadrant**
Mme ARIFI Asma	RESONSABLE AEC	**Co-encadrant**

Année universitaire 2023–2024

Remerciement

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Allah pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce projet de fin d'études. Sans Sa guidance et Sa miséricorde, ce travail n'aurait pas été possible.

Je souhaite également remercier sincèrement Madame Zemmouri Hassiba et Cheikh Assira pour leurs efforts inestimables, leurs conseils avisés et leur soutien indéfectible tout au long de ce projet. Leur expertise et leur dévouement ont été des éléments clés dans la réussite de ce travail.

Un grand merci à toute l'équipe du laboratoire de Médéa pour leur aide précieuse et leur collaboration. Leur soutien technique et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet. Que ce soit par leurs conseils, leur aide pratique ou leur soutien moral, chaque contribution a été d'une importance capitale pour la réussite de ce travail.

ملخص

مياه الشرب هي المياه المستخدمة للاستهلاك البشري وهي المياه المخصصة للشرب لإرواء العطش وأهم خصائصها أنها صالحة للشرب أي خالية من الجراثيم المسببة للأمراض والكائنات الطفيلية

في عام 2010, اعترفت الجمعية العامة للأمم المتحدة بشكل صريح بحق الإنسان في الحصول على مياه صالحة للشرب كحق من حقوق الإنسان. لكل شخص الحق في الحصول على كمية كافية و مستمرة و آمنة و مقبولة و ميسورة التكلفة من المياه لإستخدامه الشخصي و المنزلي

المياه الملوثة تؤدي الى انتقال الامراض مثل الكوليرا، و الاسهال و الزحار و التهاب الكبد الوبائي أ و حمى التيفوئيد و شلل الاطفال

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مراقبة جودة مياه الشرب و تقديم لمحة عن معايير جودة مياه الشرب

Résumé

L'eau de boisson est l'eau utilisée pour la consommation humaine. C'est l'eau destinée à être bue pour se désaltérer. Sa principale qualité est d'être potable, c'est-à-dire exempte de germes pathogènes et d'organismes parasites.

En 2010, l'assemblée générale des Nations Unies a reconnu explicitement le droit à l'eau potable comme un droit de l'Homme. Chacun a le droit à un accès suffisant, continu, sûr, acceptable et abordable à de l'eau pour son usage personnel et domestique.

L'eau contaminée entrainent la transmission de maladies comme le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite. Le principal objectif de cette étude est Contrôle qualité de l'eau de boisson, et de donner un aperçu sur les normes de qualité des eaux de consommation

Abstrat

Drinking water is the water used for human consumption. It is the water intended to be drunk to quench thirst. Its main quality is that it is potable, meaning it is free from pathogenic germs and parasitic organisms. In 2010, the United Nations General Assembly explicitly recognized the right to potable water as a human right. Everyone has the right to sufficient, continuous, safe, acceptable, and affordable access to water for personal and domestic use. Contaminated water leads to the transmission of diseases such as cholera, diarrhea, dysentery, hepatitis A, typhoid fever, and poliomyelitis. The main objective of this study is to monitor the quality of drinking water and to provide an overview of the standards for drinking water quality.

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre 01: Généralités Sur L'eau	
01. Ressources hydriques naturelles.	04
02. Pollution des eaux.	05
03. Propriétés générales d'une eau de boisson.	10
04. Normes de qualité des eaux de consommation	10
4.1. Les paramètres organoleptiques	10
4.2. Les paramètres physico-chimiques naturelles	11
4.3. Les substances indésirables	13
4.4. Les substances toxiques	14
4.5. Paramètres microbiologiques	15
05. Besoin d'une analyse d l'eau potable.	18
06. Qualité de l'eau potable.	19
Chapitre 02: Analyse de Qualité de L'eau de Boisson	
01. Echantillonnage et Contrôle de la Qualité de l'Eau	22
1.1. Déterminer la taille de l'échantillon.	22
1.2. Choix de la méthode d'échantillonnage.	22
1.3. Comment recueillir des échantillons d'eau.	23
1.4. Comment transporter des échantillons d'eau.	26
1.5. Assurer un contrôle de la qualité.	26
02. Analyse de Qualité de l'Eau de boisson	27
2.1. Traitement physico-chimique	27
2.2. Analyse des Contaminants Microbiologiques	38
03. Normes de qualité de l'eau potable	41
3.1. Normes bactériologiques de l'eau potable	41
3.2. Normes physico-chimiques	41

Chapitre 03 : Étude et analyse des propriétés de l'eau potable au sein de l'ADE

01. Aperçu général sur Entreprise ou la société. 44

1.1. Présentation de L'ADE 44

1.2. Présentation de l'organisme d'accueil 44

02. Prélèvement des échantillons 47

2.1. Analyse physico-chimique 47

2.2. Analyse bactériologique 50

2.3. Résultats et discussions 51

- Le Contrôle des analyses physico-chimiques. 51
- Les analyses bactériologiques. 51
- Discussion générale. 51

Conclusions générales 52

Liste des figures

Chapitre 01: Generalites Sur L'eau

Figure I.1 : Etats dispersés- états dissous 8

Chapitre 02 : Analyse de Qualité de L'Eau de Boisson

Figure II.1 : Sachet et Bouteilles à échantillon 23

Figure II.2: Méthodesd'analyses 28

Figure II.3 : Fluxogramme de l'analyse de CO2 29

Figure II.4 : Fluxogramme de l'analyse de chlorures 29

Figure II.5 : Fluxogramme de l'analyse 31

Figure II.6 : photo représente l'Appareil de pH Meter / mV & Température Meter 36

Figure II.7: photo représente l'Appareil de turbidité. 37

Figure II.8: photo représente l'Appareil de spectrométrie. 38

Figure II.9: recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau potable 40

Chapitre 03 : Étude et Analyse des Propriétés de L'eau Potable Au Sein de L'ADE

Figure III.01 : des prélèvements 47

Figure III.02 : Turbidimètre 48

Figure III.03 : Chambre de relevage 48

Figure III.04 : Spectomètre 49

Figure III.05 : résultat de analyse nitrates 49

Figure III.06 : Filtration par membrane 50

Figure III.07 : quatre incubateur différent T 50

Figure III.08 : Le bassin de filtration 51

Liste Des Tableaux

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU	
Tableau I.1: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines	5
Tableau I.2: : limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à laconsommation humaine	16
CHAPITRE II : ANALYSE DE QUALITE DE L'EAU DE BOISSON	
Tableau II.1: Risque associé à la contamination fécale de l'eau de boisson	39
Tableau II.2 : Normes Et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable	41
Tableau II.3: Paramètres avec valeurs indicatives **(Normes algériennes** du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)	41

LISTE DES ABREVIATIONS

Ca^{2+} : Calcium

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène en cinq jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

$HCO3^-$: Bicarbonate

K : Potassium

MES : Matières En Suspensions

MO : Matières organiques

Na^{2+}: Sodium

NH_4^+:Ammonium

NO_2^-: Nitrite

NO_3- : Nitrate

NTU : Unité Néphélométrique

pH : potentiel Hydrogène.

$PO4^{-3}$: Phosphate

SO4 : sulfates

µS/cm: Micro cimmence par centimètre

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre Hydrométrique

Turb EB : turbidité de l'eau brute.

Turb ET : turbidité de l'eau traitée

SPC : sous-produits de chloration

THM : trihalométhanes.

DF : Degré française

COT : Le carbone organique total

COD : Le carbone organique dissous

DCO : La demande chimique en oxygène

ADE : Algérienne des eaux.

CAWST: Centre for Affordable Water and Sanitation Technology

ONG : organisation non gouvernementale

UNICEF : United Nations Children's Education Fund

OMS : Organisation mondiale de la Santé

Introduction

L'eau de boisson est l'eau utilisée pour la consommation humaine, destinée à être bue pour se désaltérer. Sa qualité principale est d'être potable, c'est-à-dire exempte de germes pathogènes et d'organismes parasites.

En 2010, l'Assemblée générale des Nations Unies a explicitement reconnu le droit à l'eau potable comme un droit de l'Homme. Chaque individu a droit à un accès suffisant, continu, sûr, acceptable et abordable à de l'eau pour son usage personnel et domestique.

Pour la santé publique, il est crucial de disposer d'une eau salubre, que ce soit pour la boisson, un usage domestique, la production alimentaire ou les loisirs. L'amélioration de l'approvisionnement en eau et une meilleure gestion des ressources hydriques peuvent stimuler la croissance économique des pays et contribuer significativement à la réduction de la pauvreté.

L'eau est un élément clé de la vie terrestre, indispensable au fonctionnement de l'organisme. Elle représente environ 70% du poids corporel de l'adulte humain et 80% de celui de l'enfant. Deux tiers de cette eau se trouvent dans les cellules, 5% sous forme de plasma sanguin et 15% constituent le liquide interstitiel.

L'eau contaminée peut entraîner la transmission de maladies telles que le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite. La question de la qualité de l'eau dans les programmes humanitaires se pose en termes de consommation humaine et d'irrigation. La mauvaise qualité de l'eau peut être causée par des activités anthropiques ou des phénomènes naturels.

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), la qualité de l'eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, ainsi que par l'usage de cette eau.

Le principal objectif de cette étude est de contrôler la qualité de l'eau de boisson et de donner un aperçu des normes de qualité des eaux de consommation. Notre travail se divise en trois chapitres, en plus de l'introduction et de la conclusion générale :

- Le premier chapitre rappelle les généralités sur les propriétés de l'eau potable (physiques, chimiques, biologiques, etc.).
- Le second chapitre présente toutes les méthodes d'analyse ainsi que les procédés de prétraitement de l'eau.
- Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus au sein de l'Algérienne des Eaux (ADE), qu'ils soient physico-chimiques ou bactériologiques. Nous mentionnerons également l'étude comparative que nous avons menée entre l'eau du robinet et des marques d'eau minérale.
- Cette structure permet de couvrir les aspects essentiels de la qualité de l'eau de boisson, de ses propriétés à son traitement et son évaluation comparative

CHAPITRE 01 :

GENERALITES SUR L'EAU

01. Ressources hydriques naturelles.

02. Pollution des eaux.

03. Propriétés générales d'une eau de boisson.

04. Normes de qualité des eaux de consommation:

- Les paramètres organoleptiques
- Les paramètres physico-chimiques naturelles
- Les substances indésirables
- Les substances toxiques
- Paramètres microbiologiques

05. Besoin d'une analyse d l'eau potable.

06. Qualité de l'eau potable.

1. Ressources hydriques naturelles :

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en : Les ressources en eau disponibles comprennent les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux de mer, essentielles pour l'approvisionnement en eau potable et diverses activités humaines. Les eaux souterraines, divisées en nappes phréatiques peu profondes et nappes captives plus profondes, sont influencées par la nature du terrain. Elles sont généralement potables et moins vulnérables aux pollutions accidentelles. Cependant, si elles sont contaminées, leur pureté originale est compromise. Les eaux souterraines contenant des minéraux à des concentrations thérapeutiques supérieures aux normes de potabilité sont commercialisées comme eaux minérales après traitement approprié.

1.1. Eaux de surface

Les eaux de surface, telles que les rivières, lacs, étangs et barrages, présentent une composition chimique qui dépend des terrains traversés durant leur parcours dans les bassins versants. Ces eaux sont souvent sujettes à un développement microbien en raison des déchets rejetés et de leur large contact avec l'environnement extérieur. Cela rend les eaux de surface rarement potables sans traitement préalable. Le tableau **(I.1)** compare les caractéristiques des eaux de surface avec celles des eaux souterraines, mettant en évidence les différences en termes de qualité et de traitement nécessaire. **[1]**

Tableau I.1: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines .d'après [2]

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

1.2. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans représentent environ 97,4 % du volume total d'eau sur notre planète, constituant d'énormes réservoirs d'eau. Le reste de l'eau est constitué par les eaux continentales, incluant les eaux souterraines et de surface. Les eaux marines, également appelées « eaux saumâtres » en raison de leur forte salinité, sont difficiles à utiliser directement. Leur traitement pour rendre l'eau potable est complexe et coûteux.

2. Pollution des eaux

La pollution de l'eau se définit comme une dégradation causée par l'accumulation d'éléments indésirables provenant de diverses sources, telles que les déchets chimiques, les rejets industriels et le lessivage des terrains traversés. Ce problème constitue l'un des aspects les plus préoccupants de la dégradation de l'environnement naturel. [1]

2.1. Origine de la pollution

a) L'industrie

Les activités industrielles émettent de nombreuses substances polluantes dans nos rivières et nappes phréatiques, souvent de manière si intensive que les effets à long terme en restent inconnus. Ces rejets industriels contiennent divers produits, qu'ils soient insolubles ou solubles, d'origine minérale et/ou organique. Ils peuvent être plus ou moins biodégradables et parfois toxiques, même à très faible concentration.**[3]**

b) L'agriculture

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés ainsi que des produits phytosanitaires pour protéger les cultures. Lorsqu'ils sont utilisés en excès, ces produits, parfois toxiques, peuvent contaminer les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration, surtout en période de pluie. **[4]**

c) Pollution domestique

Nos eaux usées urbaines contiennent de la matière organique biodégradable, mais elles consomment également beaucoup d'oxygène et renferment des germes pathogènes ainsi que des produits chimiques. **[2]**

d) Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier la pollution engendrée par les eaux pluviales. En effet, l'eau de pluie se charge d'impuretés en entrant en contact avec l'air, notamment en raison des fumées industrielles.

e) Pollution d'origine naturelle

Certaines substances présentes naturellement dans l'environnement peuvent occasionnellement contaminer l'eau potable. Des éléments inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent infiltrer les réserves d'eau potable. Les eaux souterraines sont particulièrement à risque lorsque ces métaux se trouvent dans les formationgéologiques avoisinantes. **[4]**

f) Pollution par les substances associées au traitement de l'eau

La chloration est un procédé couramment utilisé pour rendre l'eau potable et est considérée comme l'une des plus grandes avancées en santé publique du XXe siècle. Bien que très efficace pour éliminer les virus et les bactéries, la chloration peut réagir avec des matières organiques présentes dans l'eau et former des sous-produits potentiellement cancérigènes, telsque les trihalométhanes **(THM)**.

Un autre produit couramment utilisé dans le traitement de l'eau est le sulfate d'aluminium, qui aide à coaguler et éliminer les impuretés. Toutefois, ce traitement peut augmenter les concentrations d'aluminium dans l'eau potable. La présence d'aluminium a été liée à des problèmes de santé, notamment la maladie d'Alzheimer, qui affecte la mémoire et le comportement.

2.2. Les principaux polluants des eaux naturelles

a) Polluants physiques [1]

La pollution physique concerne les éément solides transportés par l'eau. Ces éléments peuvent être classés en plusieurs catégories selon leur nature et leur taille :

a. Les éléments grossiers :

Ces particules sont suffisamment grandes pour être retenues par des grilles simples. Dans les eaux de surface, on retrouve généralement des brindilles, des feuilles,des branches, et même des troncs d'arbres.

b. Les sables :

Les sables sont des particules minérales d'une certaine taille, principalement composées de silice ou de matériaux minéraux similaires. Avec une masse spécifique de 2,5 à 2,6 g/cm³, ces particules peuvent être facilement éliminées par décantation.

c. Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension présentes dans les eaux, surtout dans les eaux de surface, varient énormément en termes de nature et de composition. Ces particules, plus fines que les sables, restent en suspension dans l'eau et nécessitent des méthodes de traitement plus sophistiquées pour être éliminées. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques, de micro-organismes, et de produits de dégradation d'origine animale ou végétale.

Selon leur dimension, ces particules se classent en deux catégories principales : les suspensions et les colloïdes. Les suspensions contiennent des particules plus grandes et visibles, tandis que les colloïdes comprennent des particules plus petites qui ne se déposent pas facilement. Ces deux états se distinguent de l'état dissous par la taille des particules. **La Figure (I.1)** présente une échelle approximative des dimensions particulaires et des états correspondants

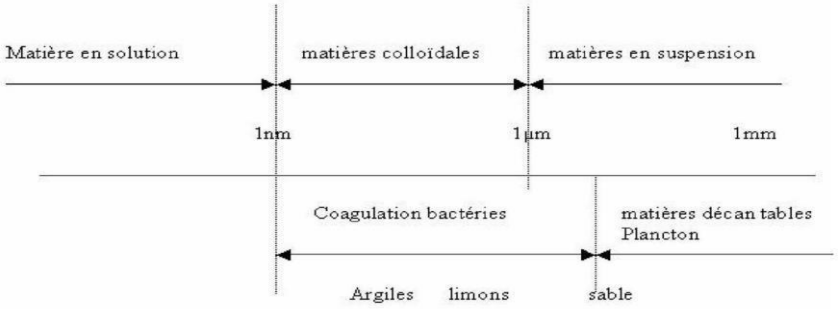


Figure I.1 : Etats dispersés- états dissous.

Selon leur nature : Les matières solides en suspension peuvent être de nature minérale ou organique. Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas avec le temps. Les rejets minéraux peuvent obstruer les sols où ils sont évacués, entraînant une asphyxie du sol et contribuant à la pollution par leur volume (dépôts).

En revanche, les polluants organiques sont dynamiques et nécessitent de l'oxygène pour se décomposer, libérant des odeurs désagréables par putréfaction. Ces substances organiques continuent de métaboliser, créant des besoins en oxygène et produisant des rejets qui peuvent nuire à l'environnement. Par conséquent, ces éléments doivent être traités adéquatement avant leur évacuation pour minimiser leur impact environnemental **[12].**

b) Polluants chimiques

. La pollution chimique de l'eau est un phénomène complexe résultant de diverses sources. Elle peut être classée en deux catégories principales selon la nature des contaminants :

- Les contaminants chimiques d'origine minérale.
- Les contaminants chimiques d'origine organique. [4]

Les éléments chimiques minéraux :

L'eau, en tant qu'excellent solvant, dissout de nombreux composés lorsqu'elle entre en contact avec eux. La dissolution des sels, la corrosion des métaux, et la dissolution des acides et des bases sont des processus qui produisent des eaux usées avec des caractéristiques spécifiques de pollution. Parmi les principaux types de pollution, on trouve :

- **La température** :

La variation de la température de l'eau dépend de son utilisation et de son trajet avant d'atteindre le point de rejet ou la station d'épuration. Idéalement, l'eau doit être évacuée à une température inférieure à 30°C. Une température plus élevée peut causer une pollution thermique, affectant négativement les écosystèmes aquatiques **[6].**

- **Le pH :**

Le pH de l'eau est déterminé par la concentration en ions hydrogène (H+) et hydroxyle (OH-). Une eau équilibrée présente un pH neutre autour de 7. Des variations significatives du pH, s'éloignant de cette valeur neutre, indiquent une pollution. Les eaux avec des pH extrêmement acides ou alcalins sont considérées comme polluées et peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques et les écosystèmes environnants. **[5].**

- **Les sels :**

De nombreux procédés de production et de fabrication génèrent souvent de grandes quantités de sels, notamment des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates. Ces composés peuvent avoir un impact environnemental significatif, contribuant à la pollution des sols et des cours d'eau et pouvant nuire à la faune et la flore locales. **[7].**

– **Les nitrates (** NO^{3-} **) :**

Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau, mais l'utilisation excessive ou inappropriée d'engrais azotés peut augmenter leur concentration dans les ressources hydriques. Dans l'estomac, les nitrates peuvent être convertis en nitrites, qui peuvent transformer l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, une forme incapable de transporter l'oxygène. Ce processus peut provoquer des cyanoses, en particulier chez les nourrissons. La consommation d'eau contenant des niveaux élevés de nitrates ou de nitrites par les femmes enceintes ou les nourrissons peut poser des risques significatifs pour la santé des nouveau-nés **[8].**

– **Les chlorures** :

En plus de rendre l'eau plus agressive et minéralisée, des taux élevés de ces sels altèrent le goût de l'eau et contribuent à la formation de dépôts de sels. Ces dépôts peuvent être nuisibles à l'agriculture, affectant la qualité des sols et des cultures. **[3].**

– **Les sulfates (** SO_4^{-2} **) :**

En plus des inconvénients associés aux chlorures, les sulfates jouent un rôle dans le métabolisme des bactéries présentes dans l'eau. Les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures, libérant ainsi des gaz sulfureux (odeur d'œufs pourris) qui créent des nuisances environnementales **[3].**

- **Les métaux lourds :** Les métaux lourds, lorsqu'ils se retrouvent dans les eaux, sont considérés comme des polluants majeurs. Ils peuvent s'accumuler dans les sédiments et causer des dommages significatifs aux écosystèmes aquatiques et à la santé humain

c) Polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes tels que des virus, des bactéries et des parasites. Ces contaminants sont dangereux pour la santé humaine et limitent donc les utilisations possibles de l'eau. [1]

3. Propriétés générales d'une eau de boisson

L'eau de boisson, selon la définition de l'OMS, est une eau qui ne contient pas de substances chimiques ou de germes nocifs en quantités dangereuses pour la santé humaine. Pour être distribuée, elle doit satisfaire à plusieurs conditions, résumées comme suit :

- Une eau de boisson ne doit nuire à la santé des consommateurs, que ce soit à court, moyen ou long terme.
- Elle ne doit pas avoir des propriétés agressives envers les canalisations et doit rester aussi inerte que possible vis-à-vis des matériaux avec lesquels elle est en contact.
- Elle doit être exempte de toutes bactéries ou microbes indiquant la présence d'organismes Pathogènes susceptibles de transmettre des maladies.

De plus, l'eau de boisson doit être agréable à boire lorsque les circonstances le permettent. **[1]**

4. Normes de qualité des eaux de consommation

4.1. Les paramètres organoleptiques

La limpidité et la couleur sont des paramètres essentiels. Toute eau alimentaire doit être limpide et incolore. On évalue ces critères au moyen des paramètres suivants :

a) Les Matières En Suspension (MES) :

correspondent Particules véhiculées par l'eau. Elles peuvent être de nature minérale (argile, sable, …) ou organique (débris, végétaux, biomasse planctonique, …etc).

b) La turbidité :

correspond aux particules fines appelées colloïdes qui rendent l'eau trouble. Elle exprime l'atténuation d'un faisceau de lumière blanche au contact de particules colloïdales. Elle est d'autant plus élevée que la densité des particules

contenue dans l'eau est forte. Son unité de mesure est NTU (Unit é de Turbidité Néphélometrique). Pour les eaux destinées à la consommation, la turbidité doit être inférieure à 1 NTU au point de distribution et inférieure à 2 NTU au robinet du consommateur. Les eaux de surface peuvent présenter une turbidité très élevée, dépassant 3 000 NTU, surtout dans des

bassins versants fortement érodés ou pendant des épisodes pluvieux, atteignant parfois jusqu'à 10 000 NTU. Dans ces cas, la mesure de la turbidité perd de sa signification et il est préférable de se référer aux matières en suspension (MES).

c) La couleur :

est due à l'absorption de certaines bandes de la lumière par les substances organiques dissoutes présentes dans l'eau et qui comportent des groupements chromatophores (réfléchissent la lumière). Elle peut également être due à la présence de métaux : couleur « rouille » due au fer et « noir » due au manganèse. Elle s'exprime par comparaison avec une échelle de couleur étalon, obtenue à partir d'une solution de sel double de cobalt et de platine, d'où son unité en mg/L de platine. Les eaux de surfaces les plus colorées sont celles qui sont riches en substances. **[1]**

4.2. Les paramètres physico-chimiques naturelles

a. Les éléments caractéristiques:

Ils ne donnent pas lieu à des réactions d'hydrolyse ou de précipitation. Leurs concentrations varient de manière indépendante dans l'eau. Il s'agit de sodium (Na^+), du potassium (K^+) et du magnésium (Mg^{2+}) pour les cations et des les chlorures (Cl^-), des nitrates (NO_3^-) et des sulfates (SO_4^{2-}) pour les anions. C'est des éléments majeurs de la croute terrestre, dont la concentration dans l'eau dépend essentiellement de leur solubilité. De plus, sachant que la probabilité de rencontrer des eaux présentant les mêmes valeurs sur ces paramètres est extrêmement faible, Ils constituent la carte d'identité d'une eau.

b. . Les éléments fondamentaux :

- Ces composés jouent un rôle essentiel dans les propriétés d'une eau. Il s'agit;
  - ✓ Du proton H^+ ou H_3O^+;
  - ✓ De l'ion hydroxyde: OH^-;
  - ✓ Des anhydrides carboniques libres: le gaz carbonique ou dioxyde de carbone CO_2 et de l'acide carbonique H_2CO_3;
  - ✓ De l'ion hydrogénocarbonate ou « bicarbonate »: HCO_3^-;
  - ✓ De l'ion carbonate: CO_3^{2-};
  - ✓ De l'ion calcium: Ca^{2+}.
- Ce sont des paramètres qui sont liés entre eux par un certains nombres d'équilibres thermodynamiques. Les principales relations qui entrent en jeu sont les suivantes:
  - ✓ Ionisation de l'eau: $2\ H_2O \longleftrightarrow H_3O^+ + OH^-$;
  - ✓ Équilibre gaz carbonique – acide carbonique: $CO_2 + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3$;
  - ✓ Dissociation de l'acide carbonique: $H_2CO_3 + H_2O \longleftrightarrow HCO_3^- + H_3O^+$
  - ✓ Équilibre bicarbonates – carbonates: $HCO_3^- + H_2O \longleftrightarrow CO_3^{2-} + H_3O^+$
- Le **CO_2 total** correspond à la somme des différentes espèces carboniques:

  CO_2 total = H_2CO_3 + HCO_3^- + CO_3^{2-}
- Le **CO_2 libre** correspond à l'acide carbonique (**H_2CO_3**)
- La valeur des constantes de dissociation de l'acide carbonique indique que:
  - ✓ **pH< 6,4**: l'espèce dominante est l'acide carbonique (**H_2CO_3**);
  - ✓ Au voisinage de la neutralité **7 < pH < 7,5**: c'est l'ion hydrogénocarbonate (**HCO_3^-**) (bicarbonate) qui représente l'essentiel du CO_2 total ;
  - ✓ **pH < 8,41** : l'acide carbonique et les ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-) dominent;
  - ✓ **pH > 8,41** : les ions carbonates (**CO_3^{2-}**) qui dominent.
- **Les ions calcium** jouent un rôle essentiel, car ils se combinent avec les formes carboniques et peuvent conduire à la précipitation du carbonate de calcium (« tartre » ou « calcaire ») selon la réaction suivante :

  $CO_3^{2-} + Ca^{2+} \longleftrightarrow CaCO_3\downarrow$

Les matières organiques [5]: est présente dans l'eau sous forme particulaire (solide) ou dissoute. Elle est composée principalement d'atome de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote (CHON). Ce sont pour l'essentiel les molécules qui constituent la matière vivante (glucides, lipides et protéines);

La matière organique présente dans l'eau peut avoir une origine naturelle (activité biologique du milieu hydrique : décomposition des végétaux, de micro-organismes, …etc), ou peut être liée à la

pollution domestique, industrielle ou agricole,…etc.

4.3. Les substances indésirables :

a) Les formes d'azote: azote minéral

L'Ammoniaque se trouve essentiellement dans les eaux de surfaces sous la forme d'ion ammonium $NH4^{+}$. Bien que l'azote ammoniacal n'ait aucun effet direct sur la santé aux concentrations rencontrées dans les eaux de consommation, sa présence contribue au développement des micro-organismes dans les réseaux et dans les réservoirs. La référence de qualité est de 0.1 mg/l.

Les Nitrites et les Nitrates : présents essentiellement dans des zones géographiques où l'agriculture est intensive. L'ingestion de ces composés est un facteur de risque potentiel avéré pour la santé humaine. Ils provoquent des maladies (méthémoglobinémie, cancer de l'estomac)

b) Le fer et le manganèse :

Leur présence est fréquente dans les eaux souterraines sous forme dissoute. Dans les eaux de surfaces (rivières), leur présence est plus rare et on les retrouve sous forme de colloïdes en suspension ou sous forme complexée.

Ils ne sont pas des polluants majeurs et leur ingestion ne présente pas de danger pourl'homme. Cependant, il est nécessaire de limiter leur concentration dans les eaux de consommation car ils influencent la qualité organoleptique de l'eau et peuvent être à l'origine du développement de micro-organismes initiant des phénomènes de corrosion.

c) L'aluminium :

Il est très peu présent dans les eaux car très peu soluble. Sa présence dans les eaux traitées est due aux coagulants, tel que le sulfate d'aluminium ($Al2(SO4)3$) utilisépour la clarification des eaux de surface. En effet des départs de coagulant dans le réseau de distribution peuvent se produire, si le pH de la coagulation ou le dosage du sel sont mal ajustés, ou encore si l'étape de filtration sur sable présente un dysfonctionnement **[1]**

4.4Les substances Toxiques :

a) L'arsenic:

il est également un élément très répandu dans la biosphère. Il est présent en plus forte concentration dans les roches sédimentaires (13 mg/kg en moyenne dans les marneset les schistes). Il se rencontre donc couramment dans les eaux souterraines, mais le plus souvent dans des concentrations très faibles. Il est classé substance minérale de classe A, c'est-à-dire connue pour être cancérigène chez l'homme. La nouvelle reglementation abaissesa limite de qualité de50 µg/L à 10 µg/L.

b) Les TriHaloMéthanes THM ou haloformes:

Ils appartiennent à la famille des composés organo-halogénés totaux. Ce sont des sous produit résultant de l'action du chlore sur les matières organiques lors de la désinfection des eaux potables. Ils peuvent êtres à l'origine de l'apparition de goût et d'odeur et sont soupçonnés d'avoir un effet cancérigène. La réglementation limite donc à 100 µg/L la concentration des THM, qui sont suivis en tant que traceurs de la présence de composés organo-halogénés totauxdans les eaux distribuées.

c) Les Bromates $BrO3^-$:

Ils sont peu présents dans les eaux naturelles. Ils se forment àpartir des bromures (naturellement présents dans l'eau) soit:

- Par réaction avec l'ozone O3;
- Par réaction avec NaClO (eau de javel);

Ils sont considérés comme cancérigènes potentiels.

1.1. Paramètres microbiologiques:

a) Les microorganismes revivifiables:

Le principe consiste à mettre en évidence les bactéries qui se développent à 20°C (germes spécifiques de l'eau) et celles qui se développent à 37°C (germes issus de l'homme et des animaux à « sang chaud »). Cela n'indique en rien le degré de pureté de l'eau, car toutes les eaux – y compris potables et embouteillées – contiennent une flore spécifique, et ce quelle que soit leur origine.

Dans les usines de potabilisation, ce paramètre permet de contrôler l'efficacité des différentes étapes de traitement et en particulier la filtration.

Dans les réservoirs et châteaux d'eau, on suit les effets du stockage et de la stagnation sur la qualité de l'eau et sur la reviviscence des germes (des augmentations spectaculaires peuvent exister pendant la période estivale : jusqu'à **10000** fois la concentration initiale).

b) Les coliformes :

On les recherche traditionnellement dans les eaux potables car leur origine fécale et connue depuis très longtemps : Escherichia coli, Coliformes totaux.

c) Les streptocoques fécaux ou entérocoques :

Ils se répartissent en 2 genres Streptococcus et Enterococcus. Leur recherche dans le milieu

hydrique présente un intérêt certain, car leur comportement diffère nettement de celui des coliformes. Leur caractère de bacilles Gram+ leur confère une bonne résistance dans les milieux hydriques.
Cette résistance serait d'ailleurs comparable à celle des virus. Ils sont également plus résistants à la désinfection, ce qui présente un intérêt en tant qu'indicateur d'efficacité de traitement, et ne présentent pas (contrairement aux coliformes) de phénomène de croissance dans les réseaux de distribution.

d) Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices :

Ou les Clostridium sulfito-réducteurs ne sont des indicateurs de contamination fécale. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété qu'ils ont de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistants aux traitements de la désinfection. Ils permettent en fait de mesurer l'efficacité de la filtration, seul étage de traitement capable de les arrêter. Ils sont actuellement considérés comme de bons indicateurs de l'efficacité des traitements vis-à-vis des parasites et en particulier de Cryptospridium.

Le tableau suivant précise les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine.

Tableau I.2 : limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à laconsommation humaine

Groupe de paramètres	**Paramètres mesurés**	**Concentrations limites**
Organoleptiques	Coloration après filtration	200 mg/L en Pt/Co
Paramètres en relation avec la structure naturelle des eaux	Température Chlorures Sulfates Saturation en O_2 dissous pour les eaux superficielles	25°C 200 mg/L 250 mg/L > 30%
Paramètres concernant les substances indésirables	Nitrates Nitrites Ammonium Oxydabilité au $KMnO_4$ Indice phénol	50 mg/L en NO_3^- pour les eaux superficielles et 100 mg/L pour les autres eaux 0,1 mg/L 4 mg/L en NH_4^+ 10 mg/L en O_2 0,1 mg/L en phénol 0,5 mg/L en

	Agents de surface Hydrocarbures dissous Zinc Baryum	lauryl-sulfate 1 mg/L 5 mg/L en Zn^{2+} 1 mg/L en Ba^{2+} pour les eaux superficielles
Paramètres concernant les substances toxiques	Arsenic Cadmium Cyanures Chrome total Mercure Plomb Sélénium Pesticides (total des 3 substances suivantes: parathion, HCH, dieldrine) Hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP	100 µg/L 5 µg/L 50 µg/L 50 µg/L 1 µg/L 50 µg/L 10 µg/L 5 µg/L 1 µg/L
Paramètres microbiologiques	Coliformes thermotolérants Streptocoques fécaux	20 000 par 100 mL 10 000 par 100 mL

2. Besoin d’une analyse d l’eau potable [9]

Tester la qualité de l'eau à domicile est crucial pour diverses raisons:

- Garantir une eau potable saine Identifier des problèmes Adopter de mesures de précaution Sensibiliser Déterminer l‘efficacité du procédé HWTS Choisir une source d‘eau appropriée Inciter les gouvernements à fournir une eau salubre
- . Le HWTS est en train de devenir une façon populaire d‘obtenir de l‘eau saine.
- Différents procédés et technologies comme le filtre bio sable, le filtre céramique, la désinfection solaire (SODIS), et la chloration, sont introduits par diverses organisations gouvernementales et non gouvernementales (ONG)
- . Les tests de qualité de l‘eau sont très utiles pour comprendre la différence de qualité entre l‘eau de source, l‘eau traitée et l‘eau stockée.

Le traitement de l'eau à domicile (HWTS) devient une méthode populaire pour obtenir de l'eau saine. Divers procédés et technologies, tels que le filtre bio-sable, le filtre en céramique, la désinfection solaire (SODIS) et la chloration, sont introduits par des organisations gouvernementales et non gouvernementales (ONG).

Les tests de qualité de l'eau sont extrêmement utiles pour comprendre les différences entre l'eau de source, l'eau traitée et l'eau stockée. Historiquement, les analyses de qualité de l'eau étaient réalisées principalement dans des laboratoires conventionnels. Aujourd'hui, une large gamme de kits et de produits fiables est disponible sur le marché, permettant aux particuliers d'effectuer eux-mêmes des analyses.

Les sections suivantes présentent cinq méthodes différentes d'analyse de la qualité de l'eau disponibles :

a. Observation
b. Utilisation de kits d'analyse portables
c. Utilisation d'un laboratoire mobile
d. Envoi de vos échantillons à un laboratoire commercial
e. Installation de votre propre laboratoire de projet**.**

3. Qualité de l’eau potable

Nous obtenons notre eau de boisson à partir de diverses sources en fonction de notre localisation géographique. Les principales sources d'eau potable sont :

1. Eau souterraine :

L'eau qui remplit les espaces entre les roches et le sol, formant un aquifère. La profondeur et la qualité de l'eau souterraine varient selon l'emplacement. Environ la moitié des réserves mondiales d'eau potable est souterraine

2. Eau de surface :

L'eau collectée directement dans des ruisseaux, rivières, lacs, étangs, sources, ou autres origines

similaires. L'eau de surface est généralement impropre à la consommation sans traitement adéquat.

3. Eau de pluie :

L'eau collectée et stockée à l'aide de toits, de surfaces au sol, ou de bassins derécupération rocheux.

L'eau est en mouvement constant à la surface, au-dessus, et en dessous de la Terre. Pendant ce cycle, elle accumule divers éléments sur son chemin. La qualité de l'eau varie selon le lieu, les saisons, et les types de roches et de sols qu'elle traverse. Les processus naturels influencent grandement la qualité de l'eau. Par exemple, l'eau qui se déplace à travers les roches et les sols souterrains peut absorber des contaminants naturels, même sans activité ou pollution humaine.

En plus des processus naturels, l'eau est souvent polluée par les activités humaines telles que la défécation en plein air, le déversement d'ordures, les mauvaises pratiques agricoles, et les rejets de produits chimiques provenant des sites industriels. Même si l'eau paraît claire, cela ne signifie pas forcément qu'elle est sans danger à boire. Il est essentiel d'évaluer la salubrité de l'eau en tenant compte des trois aspects suivants :

1. Qualité microbiologique : Présence de bactéries, virus, protozoaires et vers.
2. Qualité chimique : Concentrations de minéraux, métaux et produits chimiques.
3. Qualité physique : Température, couleur, odeur, goût et turbidité.

Une eau potable salubre doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Absence d'agents pathogènes.
- Concentrations faibles en produits chimiques toxiques.
- Eau claire, sans goût ni couleur (pour des raisons esthétiques).

La contamination microbiologique est souvent la principale préoccupation lorsqu'on s'intéresse à la qualité de l'eau, car elle est responsable de la majorité des maladies et décès liés à la consommation d'eau insalubre

CHAPITRE 02 :

ANALYSE DE QUALITE DE L‘EAU DE BOISSON

01. Echantillonnage et Contrôle de la Qualité de l’Eau

- Déterminer la taille de l’échantillon.
- Choix de la méthode d’échantillonnage.
- Comment recueillir des échantillons d’eau.
- Comment transporter des échantillons d’eau.
- Assurer un contrôle de la qualité.

02. Analyse de Qualité de l‘Eau de boisson

- Traitement physico-chimique :
    - Les analyses volumétriques et colorimétriques
    - Les analyses physiques.
    - Spectrophotométrie.
- Analyse des Contaminants Microbiologiques.

03. Normes de qualité de l’eau potable

- Normes bactériologiques de l’eau potable
- Normes physico-chimiques

1. Echantillonnage et Contrôle de la Qualité de l'Eau [10]

La section suivante aborde le nombre d'échantillons d'eau nécessaires en fonction des besoins spécifiques, les méthodes de collecte et de transport des échantillons provenant de diverses sources, ainsi que les différentes mesures à prendre pour assurer un contrôle efficace de la qualité de l'eau.

1.1. Déterminer la taille de l'échantillon :

Les directives suivantes peuvent vous aider à déterminer la taille des échantillons nécessaires pour des projets de petite et grande envergure.

A. Petits Projets (moins de 100 foyers)

La taille de l'échantillon dépend de l'objectif de l'analyse de la qualité de l'eau.

- Analyse de tendance : Pour identifier des tendances, un échantillon représentant 10 à 20 % des foyers peut être suffisant. Si les ressources le permettent, il est recommandé de tester tous les foyers dans le cadre d'un petit projet.
- Analyse statistique : Pour obtenir des résultats statistiquement significatifs, au moins 30 unités sont nécessaires. Par exemple, cela pourrait inclure 30 enfants dans une école, 30 filtres dans un village, ou 30 foyers dans une communauté.

B. Grands Projets (plus de 100 foyers)

Lors de la sélection des échantillons, il est essentiel de prendre en compte la localisation géographique et la situation socio-économique. Avant de déterminer la taille de l'échantillon, la région doit être divisée en plusieurs zones géographiques, telles que les hautes terres, les basses terres, et les zones côtières.

1.2. Choix de la méthode d'échantillonnage :

Il existe deux méthodes principales d'échantillonnage : l'échantillonnage aléatoire et l'échantillonnage non aléatoire.

- Échantillonnage aléatoire :

Chaque unité de la population a une chance égale d'être sélectionnée pour faire partie de l'échantillon. Cette méthode garantit une représentation impartiale de l'ensemble de la population.

- Échantillonnage non aléatoire :

Les unités de la population sont sélectionnées selon des critères spécifiques, sans recours à un processus de sélection aléatoire. Cette méthode peut introduire un biais dans l'échantillon, car toutes les unités n'ont pas la même probabilité d'être choisies.

1.3. Comment recueillir des échantillons d'eau :

Il est crucial de recueillir des échantillons d'eau dans des conditions normales de tous les jours pour obtenir un échantillon représentatif. Les procédures de collecte doivent être rigoureusement respectées, et les techniciens doivent être correctement formés, car la méthode de collecte a un impact significatif sur les résultats des tests.

Les échantillons doivent être recueillis dans des récipients appropriés, tels que des bouteilles en verre borosilicate neutre ou des sachets en plastique, qui ont été soigneusement nettoyés, rincés et stérilisés.





Sachet à échantillon Whirl-pak (120 à 720 ml)

Bouteilles à échantillon en plastique (200 à 1500 ml)

Figure II.1 : Sachet et Bouteilles à échantillon

100 ml est le volume minimum d'un échantillon afin d'obtenir des résultats fiables, notamment pour les analyses microbiologiques.

Chaque récipient à échantillon doit porter une étiquette. Celle-ci doit afficher desinformations concernant :

- Le nom du projet
- La provenance de l'échantillon (ex: foyer, source)
- La description de l'échantillon (ex : arrivée d'eau, eau du seau de stockage)
- Un numéro d'identification
- La date et heure
- Le nom de la personne ayant recueilli l'échantillon
- Le test à effectuer (facultatif)

Il faut prendre garde à ne pas contaminer le récipient et l'échantillon d'eau. Les procédures générales pour la collecte d'échantillons d'eau potable sont les suivantes :

- Ne pas toucher l'intérieur du récipient à échantillon
- Ne pas rincer le récipient à échantillon
- Ne pas poser le couvercle du récipient sur le sol pendant que l'échantillon est recueilli
- Toujours étiqueter le récipient avant collecte de l'échantillon.

a) Echantillonnage d'une source d'eau de surface

Pour obtenir des échantillons représentatifs, évitez de prélever l'eau trop près de la berge, trop loin du point d'approvisionnement, ou à un endroit au-dessus/en-dessous du point d'approvisionnement. La qualité de l'eau peut varier selon le moment de la journée ou la saison, il est donc important de prélever les échantillons à la même heure chaque jour et de noter les conditions climatiques au moment de la collecte.

Étapes pour la Collecte d'Échantillons d'Eau :

- Tenez fermement le récipient et plongez-le dans l'eau, ouverture vers le bas.
- Immergez le récipient à environ 30 cm de profondeur et remontez l'échantillon à la surface par un mouvement de pelletage. Cette technique permet de garantir qu'aucune contamination extérieure n'entre dans le récipient.
- Remonter le récipient soigneusement et le placer sur une surface propre où il ne pourra être renversé.
- Dans les zones où l'eau coule (ex : rivières et cours d'eau), l'échantillon doit être pris contre- courant.

b) Echantillonnage d'un puits ouvert

- Attachez le récipient à une corde ou une ficelle.
- Descendez le récipient dans le puits ou la citerne, en veillant à ce qu'il ne touche pas les parois pour éviter toute contamination par la saleté.
- Immergez le récipient à environ 30 cm de profondeur. Remontez-le prudemment à la surface et placez-le sur une surface propre.

c) Echantillonnage à une pompe

- Pomper l'eau en la laissant s'écouler pendant 5 à 10minutes, ou jusqu'à ce que la température se soit stabilisée
- Prendre un échantillon d'eau avec le récipient

d) Echantillonnage d'un robinet

- Enlever tous les accessoires du robinet (ex : embout, tuyau)
- Nettoyer soigneusement l'intérieur et l'extérieur du robinet
- Ouvrir le robinet et laisser l'eau couler pendant 2-3 minutes avant de prendre un échantillon. Cela garantit que tout dépôt présent dans les tuyaux aura été évacué.
- Prendre un échantillon d'eau avec le récipient

e) Echantillonnage d'un réservoir de stockage

1. Pré-Traitement

La méthode de collecte d'échantillons dépendra du type de réservoir de stockage. Si possible, abaissez le récipient dans le réservoir sans qu'il touche les parois, afin d'éviter toute contamination par la saleté. Immergez le récipient à une profondeur d'environ 30 cm, puis remontez-le délicatement. Placez le

récipient sur une surface propre après l'avoir récupéré.

2. Post-Traitement

Retirez délicatement le couvercle du réservoir de stockage (s'il y en a un) et versez l'eau directement dans le récipient à échantillon. Évitez d'utiliser une louche ou une coupe déjà
utilisée dans le foyer, car cela pourrait introduire des contaminations non présentes dans le réservoir de stockage.

1.4. Comment transporter des échantillons d'eau :

Les analyses bactériologiques doivent commencer dans les 6 heures suivant le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures ou si la température extérieure est supérieure à 10°C, le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. À leur arrivée au laboratoire, les prélèvements doivent être immédiatement réfrigérés avant de commencer les analyses.

1.5. Assurer un contrôle de la qualité [22]:

La section suivante décrit les pratiques et actions à accomplir pour garantir des résultats de tests précis et fiables.

Il existe deux types d'erreurs courantes lors des analyses de la qualité de l'eau : les erreurs aléatoires et les erreurs systématiques. Les erreurs aléatoires, souvent liées à la précision, proviennent de diverses sources non mesurables. Parmi ces sources potentielles d'erreurs aléatoires, on peut trouver :

- La variance indétectable dans les mesures individuelles utilisées pour la mesure globale, comme les valeurs de volume, masse et échelle.
- Les fluctuations dans l'intensité de la lumière, la température, l'humidité, l'alimentation électrique et les effets électromagnétiques
- La variance humaine
- La détérioration indétectable des ressources : humaine (vigilance/fatigue), matériel (étalonnage/standardisation) et produits chimiques (qualité)

Les erreurs systématiques, souvent liées à des préjugés, proviennent de diverses sources ou jugements de valeur mesurables qui peuvent être identifiés, réduits, voire éliminés dans certains cas. Ces erreurs produisent habituellement une divergence par rapport à la valeur réelle. Les sources d'une telle erreur peuvent inclure des techniques de mesure incorrectes, une formation inadéquate des analystes ou un mauvais étalonnage des équipements.

Les principales stratégies pour réduire l'impact des erreurs aléatoires et systématiques sont :

- Accroître la taille de l'échantillon —un échantillon plus grand livrera des estimations plus précises des paramètres de population.
- Réduire la variabilité des mesures en respectant de stricts protocoles de mesure, un meilleur matériel, ou des moyennes de mesures multiples.

- Améliorer les procédures d‘échantillonnage —une méthode d‘échantillonnage plus précise (ex : un échantillonnage aléatoire stratifié combiné aux techniques d‘analyse appropriées permet souvent de réduire la variabilité d‘échantillonnage par rapport à l‘échantillonnage aléatoire simple)
- Utiliser des formulaires de contrôle de qualité de l‘eau pour conserver le nom des échantillons et autres données.

Peu importe que vous effectuiez des tests sur le terrain ou en laboratoire, il est crucial de mettre en place un système de contrôle de la qualité dès le stade de la planification pour limiter les erreurs. Ce système, bien que simplifié pour les tests sur le terrain, doit inclure un ensemble minimum de principes, pratiques et actions opératoires nécessaires pour éliminer ou réduire les erreurs causées par le personnel, le matériel, les fournitures et la méthode analytique.

Un système de contrôle de la qualité doit normalement intégrer :

- L‘organisation et les responsabilités du personnel
- La documentation de toutes les politiques, procédures et méthodes pour les activités de laboratoire.
- Une formation adéquate pour quiconque prélèvera des échantillons d‘eau ou effectuera des tests (ex : Promoteurs de la Santé dans la Communauté, Fabricants de produits)
- Entretien du matériel, y compris l‘étalonnage
- Assurance que les résultats seront clairement reportés.

2. Analyse de Qualité de l‘Eau de boisson :

2.1. Traitement physico-chimique [23] :

Les analyses physico-chimiques utilisent une large gamme de techniques basées sur les propriétés spécifiques des molécules ou des atomes ciblés, telles que la spectrométrie et la chromatographie. Elles reposent également sur leur capacité à réagir avec des réactifs particuliers, comme dans les dosages complexométriques ou d’oxydoréduction.

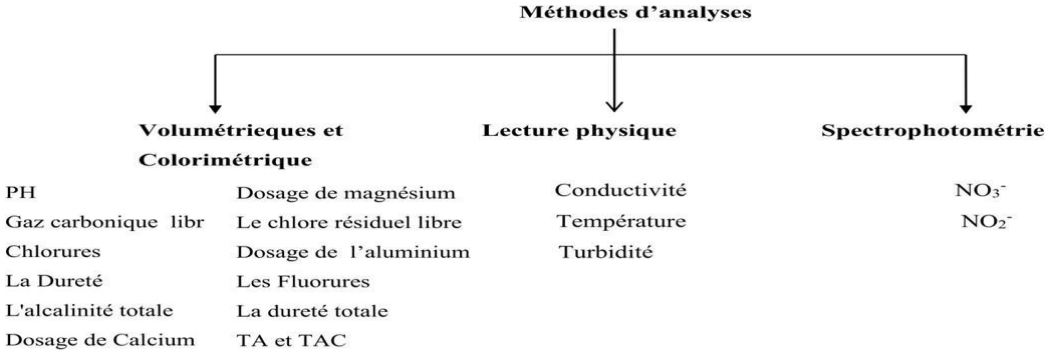


Figure II.2 : Méthodes d’analyses

2.1.1. Les analyses volumétriques et colorimétriques :

a- Gaz carbonique libre [23-24] :

Le gaz carbonique libre présent dans les eaux superficielles est généralement inférieur à 10 mg/L, tandis que dans les eaux souterraines, sa concentration peut être plus élevée. Le gaz carbonique contenu dans l'eau peut contribuer de manière significative à la corrosion des structures métalliques et des matériaux à base de ciment (comme les tuyaux en fibrociment) dans un système d'approvisionnement en eau. Il est donc essentiel de connaître et de contrôler sa teneur.

Le titrage pour déterminer la concentration de gaz carbonique s'effectue avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH), en suivant un protocole précis. Le volume de **NaOH** utilisé (V) est ensuite noté en millilitres (ml).

Calcul

V x 10 x Fc = mg/L de CO_2 libre

Où: Fc = facteur de correction

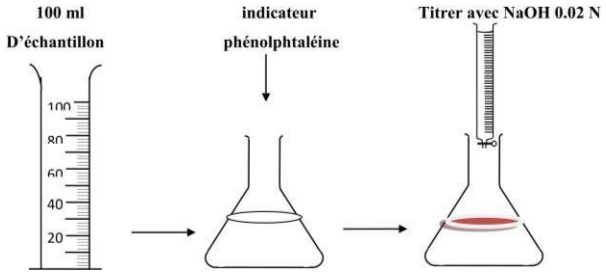


Figure II.3 : Fluxogramme de l'analyse de CO_2

b- Chlorures [23-24] :

Le chlore est un élément chimique de la famille des halogènes, de symbole Cl, et de numéro atomique 17. Il est abondant dans la nature, son dérivé le plus important est le « sel de table » ou chlorure de sodium (**Na Cl**). Ce dernier est nécessaire à de nombreuses formes de vie. Le chlore, à l'état de corps simple se présente sous la forme de la molécule de di chlore Cl_2.

L'ion chlorure Cl^- : c'est un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire ; c'est un ion négatif (anion), dit halogénure ; un atome de chlore ayant gagné un électron. Il est aussi produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau. Des chlorures peuvent être localement impliqués dans les pluies acides et phénomènes d'acidification d'eaux superficielles ou souterraines.

- **Réactifs :** Acide nitrique
- **Mode opératoire :** Prendre 10ml d'échantillon qu'on verse dans un Bécher 0.5ml d'Acide nitrique pour stabiliser le milieu, Agité par un parue magnétique
- **La lecture :** Le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil de Metro

➢ **Expression des résultats :** Volume affiche sur appareil * nombre molaire de chlore

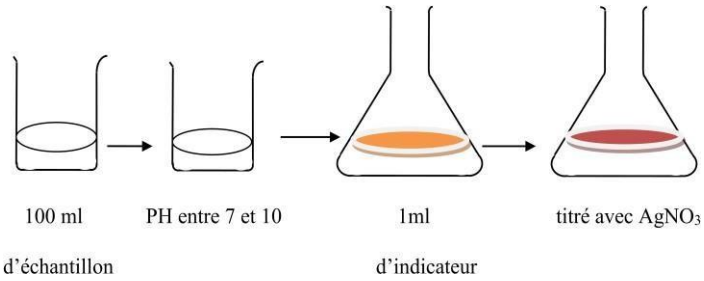




Figure II.4 : Fluxogramme de l'analyse de chlorures

c- La Dureté :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la sommedes concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, etc... Présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+}et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants.

Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau **[25].** Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit dure dans le cas contraire il s'agit d'une douce **[23-24].**

Pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux tirant jusqu'a 500 mg De $CaCo_3$/L (50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150mg de $CaCO_3$ /L. (8 et 15°F):

➢ **Réactifs:**

- Solution tampon a (pH=10)
- N.E.T : indicateur. (Acide éthylénedinitritracétique, sel dissodiquedihydraté) ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8.2H_2O$).
- Solution titre de l'EDTA a N/50.

➢ **Mode opératoire:**

- Préserver 10ml d'eau a analyser.
- Ajouter 10 ml de solution tampon, et quelque mg de l'indicateur NET.
- Remplir la burette avec la solution de l'EDTA N/50,

Et titrer jusqu'au virage bleu (soft V le volume en ml de l'EDTA verse).

d- L'alcalinité totale [23-24] :

L'alcalinité totale de l'eau est donnée par la somme des différentes formes d'alcalinité existantes, soit, par la concentration des hydroxydes, des carbonates et des bicarbonates, exprimée en termes de carbonate de calcium.

On peut dire que l'alcalinité mesure la capacité de l'eau à neutraliser les acides.

La mesure de l'alcalinité est d'une importance fondamentale dans le processus de traitement de l'eau, car c'est en fonction de sa teneur que s'établit le dosage des produits chimiques utilisés.

Normalement les eaux superficielles possèdent une alcalinité naturelle en concentration suffisante pour réagir au sulfate d'aluminium dans les processus de traitement. Lorsque l'alcalinité est trop faible ou inexistante, il est nécessaire de provoquer une alcalinité artificielle en appliquant des substances alcalines, comme la chaux hydratée ou la soude(carbonate d e sodium) afin d'atteindre cet objectif.

Lorsque l'alcalinité est trop élevée, on procède à l'inverse à l'acidification de l'eau jusqu'à obtention d'une teneur en alcalinité suffisante pour réagir au sulfate d'aluminium ou à d'autres produits utilisés dans le traitement des eaux.

Le titrage s'effectue avec l'acide sulfurique, son mode de calcul est le suivant :

Alcalinité totale en mg/L de $CaCO_3$ = V x 20

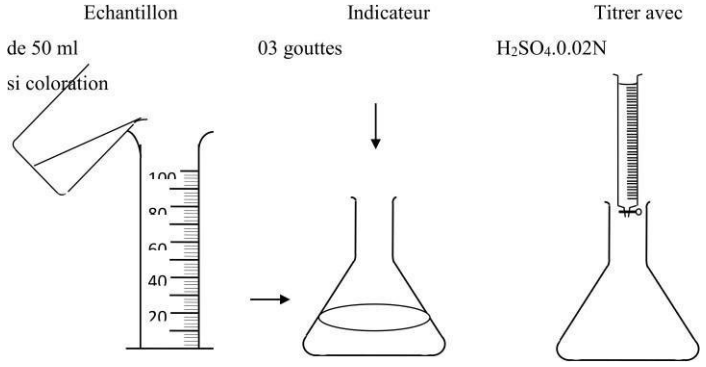


Figure II.5 : Fluxogramme de l'analyse

e- E-dosage de calcium :

Le calcium est un élément chimique, de symbole Ca et de numéro atomique 20. C'est un métal alcalino-terreux gris et mou qui ne se trouve jamais à l'état de corps pur dans la nature. Il est le cinquième élément le plus abondant de la croûte terrestre (plus de 3%) etest essentiel pour la matière organique

- **Réactifs :**
  - solution NaOH 2N.
  - indicateur de couleur Murexide.
  - Solution l'EDTA N/50.
- **Mode opératoire :**
  - Prendre 50ml d'échantillon et le mettre dans un becher.

- Ajouter 2ml de NaOH et quelques graines de Murexide(couleur rose).
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

Si une dilution de l'échantillon a été effectuée en tenant compte le facteur de dilution Fdans le calcul.

[Ca+2]=V Titré*8.016mg/l

f- dosage de magnésium :

Le magnésium (Mg) est le huitième élément naturel le plus abondant dans le corps. Il est indispensable au métabolisme du corps humain, à la perméabilité cellulaire. Il est aussi crucial pour plus de trois cents réactions enzymatiques. Une concentration insuffisante en magnésium dans le corps peut gravement perturber les fonctions cardiovasculaires, neuromusculaires et rénales. L'apport quotidien recommandé en magnésium dépend de l'âge. Ainsi, il est compris entre 80 mg (pour un enfant de 1 an) et 400 mg (pour une personne de plus de 75 ans). Le magnésium n'est pas réglementé tout comme le calcium, car il ne présente aucun danger pour l'Homme, mais il est recommandé de ne pas dépasser 50 mg/L.

lA partir des analyses du TH et de calcium, en peut calculer le magnésium :

Mg+2= {[TH (0F)*10]-(Ca2+ *2 ,5)*0,243} (mg/l)

g- Le chlore résiduel libre [23-24] :

Le chlore est un produit chimique utilisé pour la désinfection de l'eau. Il est important de le mesurer, car cela sert à contrôler le dosage qui est appliqué ainsi que son évolution durantle traitement.

Le décret nº 2.914/2011 du Ministère de la Santé rend obligatoire le maintien d'un minimum de 0,2 mg/l de chlore résiduel libre ou de 2 mg/l de chlore résiduel combiné tout au long de l'extension du système de distribution (réservoir et réseau).

Les principaux produits utilisés sont: l'hypochlorite de calcium, le chlorure de chaux, l'hypochlorite de sodium et le chlore gazeux.

Il existe sur le marché différents types de comparateurs colorimétriques pour mesurer le chlore résiduel, le résultat est exprimé en mg/l de Chlore Résiduel Libre.

h- Dosage de l'aluminium [23-24] :

Le test de l'aluminium est indiqué pour les stations de traitement où le sulfate d'aluminium est utilisé comme coagulant.

Un dosage incorrect de ce coagulant se note à la quantité significative d'aluminium qui persiste dans l'eau traitée.

L'hydroxyde d'aluminium Al(OH)3formé dans la réaction est amphotère ; sa ionisation s 'effectue par le pH acide ou basique, selon les équations:

En pH acide: $Al(OH)_3 \longrightarrow Al^{3+} + nH_2O$

En pH basique: $Al(OH)_3 \longrightarrow AlO_3^{3+} + nH_2O$

Dans les deux formes il peut se solubiliser et traverser les décanteurs et les filtres. La solubilisation arrive avec la correction du pH ; lorsque le pH optimal de floculation n'est pas correct, la teneur en aluminium de l'eau traitée augmente.

Le décret nº 2.914/2011 du Ministère de la Santé établit que la norme organoleptique pour la consommation humaine est de 0,2 mg/l.

i- Les Fluorures [23-24] :

L'adjonction de fluor dans l'eau pour la consommation humaine a pour finalité de prévenir les caries dentaires. Aujourd'hui, cette procédure est considérée comme un processus normal de traitement de l'eau et la teneur optimale de fluor est une partie essentielle de sa qualité. Pour cette raison et pour d'autres, son contrôle s'effectue obligatoirement dans la station de traitement de l'eau (ADE).

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer le fluor dans l'eau ; la plus connue est la méthode de l'électrode spécifique par ions fluorures.

j- La dureté totale :

Dureté totale est calculée comme la somme des concentrations des ions calcium et magnésium dans l'eau, exprimés en carbonate de calcium.

La dureté d'une eau peut être temporaire ou permanente.

La dureté temporaire, appelée aussi la dureté carbonate est causée par la présence de calcium et de bicarbonates de magnésium. Ce type de dureté résiste à l'action des savons et provoque des incrustations. Elle est appelée temporaire car les bicarbonates, par l'action de la chaleur, se décomposent en gaz carbonique, eau et carbonates insolubles qui se précipitent. La dureté permanente, également appelée de dureté de non- carbonates est due à la présence de sulfates, chlorures et nitrates de calcium et de magnésium, elle résiste également à l'action des savons, mais ne produit pas de d'incrustations car ses sels sont très solubles dans l'eau. Ne se décompose pas sous l'action de la chaleur.

- **Méthode de détermination :** Titrage avec EDTA
- **Technique**:
  - prendre 25 ml d'échantillon et le diluer avec 50 ml d'eau distillée dans un ballon volumétrique;
  - placer dans un bécher de 100 ml et ajouter 1 à 2 ml de la solution tampon pour augmenter le pH à 10 ± 0,1;
  - placer dans un flacon Erlenmeyerde 250 ml et ajouter environ 0,05 grammes de l'Indicateur noir urochrome T .

titrier avec l'EDTA 0,01M en remuant continuellement jusqu'à disparition de la couleur pourpre jaunâtre et l'apparition de la couleur bleue (fin du titrage);

- noter le volume d'EDTA utilisé (ml);
- faire un essai blanc avec de l'eau distillée;

- soustraire le volume d'EDTA utilisé dans le titrage du blanc du volume d'EDTA utilisé dans le titrage de l'échantillon. La différence est le volume qui sera appliqué au calcul.

➢ **Calcul:**

$$\text{Dureté Totale en mg/L } CaCO_3 = \frac{\text{ml de EDTA x 1000 x Fc}}{\text{ml d'échantillon}}$$

k- TA et TAC :

➢ **Le titre alcalimétrique (TA) :**

D'une eau permet de connaître sa concentration en carbonates (CO_3^{2-}) et en bases fortes, autrement dit son alcalinité.

TA ≠0 si le PH > 8,3 et si l'eau contient du chlorure.

Pour prendre également en compte les ions bicarbonates (HCO_3^-), on utilise le TAC.

➢ **le titre alcalimétrique complet (TAC) :**

L'alcalinité d'une eau est fortement liée à sa dureté et donc à son caractère corrosif et à sa capacité d'entartrage des canalisations. Ces titres se mesurent en degrés français (°f).

➢ **Réactifs:**

- Solution phénolphtaléine (p.p.).
- Solution méthyle orange.
- Solution d'acide chlorhydrique (HCL 0,05N).

➢ **Mode opératoire** :

a. **Pour le T.A. :**

Prendre 100ml d'échantillon qu'on verse dans un Erlenmeyer. Ajouter quelques gouttes de p.p. (pas de coloration)

b. **Pour le T.A.C.** :

Ajouter quelques gouttes de méthyle orange sur le même échantillon(orange).

Titrer l'échantillon avec la solution HCL jusqu'au virage rose orangé (noter VHCL).

➢ **Expression des résultats :**

TA=0 °f (car il n' y a pas eu de coloration, PH<8,3)

2.1.2. les analyses physiques :

a- Le pH de l'eau [23-24]:

Le terme pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement.

Dans les laboratoires de routine des usines de traitement, il est mesuré et ajusté si nécessaire pour améliorer la coagulation/floculation ainsi que pour contrôler la désinfection de l'eau, la valeur du pH

allant de 0 à 14. En dessous de 7 l'eau est considérée comme acide et au- dessus de 7 comme alcaline. L'eau au pH de 7 est neutre.

Le décret nº 2.914/ 2011 du Ministère de la Santé recommande que le pH de l'Eau soit maintenu dans la gamme de 6,0 à 9,5 dans le système de distribution. Il existe plusieurs dispositifs sur le marché de la détermination du pH. Ils sont appelés potentiomètres ou colorimètres.

Dans ce manuel est décrit le fonctionnement de base d'un potentiomètre, bien que les instructions du fabricant peuvent varier et qu'elles doivent donc être respectées.

- **Mode opératoire:**
  - On utilise le pH-mètre.
  - Etalonner l'appareil a 20 °C.
  - Plonger l'électrode dans l'eau à analyser.
  - Laissons stabiliser l'électrode pendant quelque seconde.
- **La lecture:**
  - Notons la valeur du pH affiché sur I' écran de 1'appareil,
  - Les résultats sont exprimés en unité de PH a la température de (20-25) ºC.

b- Temperature [23-24] :

- **Mode opératoire:**
  - L'appareille mesurant le pH-mètre, il donne également la température de 1'échantillon en degré Celsius (°C)
  - On introduit une électrode dans l'eau étudiée que
  - Elle se fait directement sur 1'écran de 1'appareil.



Figure II.6 : photo représente l'Appareil de pH Meter / mV & Temperature Meter

c- Turbidité :

- **Le turbidimètre :**

C'est un appareil qui permet de mesurer la turbidité d'un liquide. C'est l'indice apparent qui

montre que l'eau contient des matières en suspension (débris organiques, argiles ,organismes microscopiques...) norme: l'eau potable ne doit pas dépasser 3 NTU (Néphélométrie Turbidité Unit) On utilise un turbidimètre plus précis que les yeux pour déterminer le trouble de l'eau.



Figure II.7: photo représente l'Appareil de turbidité.

- **Mode opératoire:**
  - La turbidité se mesure par le turbidimètre.
  - On met l'échantillon dans un puits, et on le rentre ensuite dans une chambre cubique de 1'appareil, après refermer la chambre très vite.
- **La lecture:**
  - La lecture se fait sur l'appareil.
  - La turbidité est exprimée en NTU.

2.1.3. Spectrophotométrie

: a- Nitrite (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}

La présence de nitrite dans l'eau, constitue un indice de pollution.

b- Nitrate (NO_3^-) :

Les nitrates (autrefois nommés nitre, souvent synonyme de salpêtre) sont les sels de l'acide nitrique. La formule chimique de l'ion nitrate est NO_3^-.

La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais),urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle.



Figure II.8: photo représente l'Appareil de spectrométrie.

2.2. Analyse des Contaminants Microbiologiques [23]

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

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

2.2.1. Directives de l'OMS pour les Contaminants Microbiologiques [22]:

Les Directives de l'OMS pour la Qualité de l'Eau potable précisent que l'eau destinée à être bue ne doit contenir aucune contamination fécale dans tout échantillon de 100 ml.

Cependant, de nombreux pays ont développé leurs propres normes de qualité de l'eau, qui peuvent différer des Directives de l'OMS. Par exemple, le Népal a développé en 2007 des normes nationales de qualité pour l'eau potable indiquant que le taux de coliformes totaux doit être nul dans au moins 95% des cas.

Le tableau suivant indique le risque de contamination fécale de l'eau potable en prenant l'Escherichia coli (également appelée E. coli)comme indicateur. De nombreuses organisations humanitaires utilisent également ces valeurs pour déterminer la nécessité du traitement de l'eau dans les situations d'urgence (adapté de Médecins Sans Frontières, 1994).

Tableau II.1: Risque associé à la contamination fécale de l'eau de boisso

Niveau de E. coli (CFU/échantillon de 100mL)		Risque1	Action recommandée2
Unités formatrices de colonies	0-10	Qualité raisonnable	L'eau peut être consommée telle quelle
	11-100	Polluée	Traiter si possible, mais peut être consommée telle quelle
	101-1 000	Dangereuse	Doit être traitée
	>1000	Très Dangereuse	À Rejeter ou à traiter intensivement

2.2.2. Les bactéries coliformes :

- **les Coliformes totaux (bactéries coliformes) :**

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde.

- **Escherichia coli :**

Elle est considérée comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes. L'origine fécale de E. coli est incontestable et sa nature omniprésente peu probable, ce qui valide son rôle précis d'organisme indicateur de contamination tant dans les eaux naturelles que traitées. Le comptage standard des bactéries est très important pendant le processus de traitement de l'eau, car il permet d'évaluer l'efficacité des différentes étapes de traitement. Il est également important de connaître la densité des bactéries car une augmentation considérable de la population bactérienne peut nuire à la détection des organismes coliformes. Bien que la plupart de ces bactéries ne soit pas pathogènes, elles peuvent présenter des risques pour la santé, ainsi pour que la qualité de l'eau, provoquant des odeurs et saveurs désagréables.

2.2.3. Procédures d'examens bactériologiques:

- **Recherche des germes totaux :**

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définie comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites **[26].**

- **Mode opératoire :**

A partir de l'eau à analyser, porter 2 fois 1 ml dans deux boites de Pétri vide préparées à cet usage et numérotées.

Compléter ensuite chacune des boites avec environ 15ml de gélose TGEA et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.

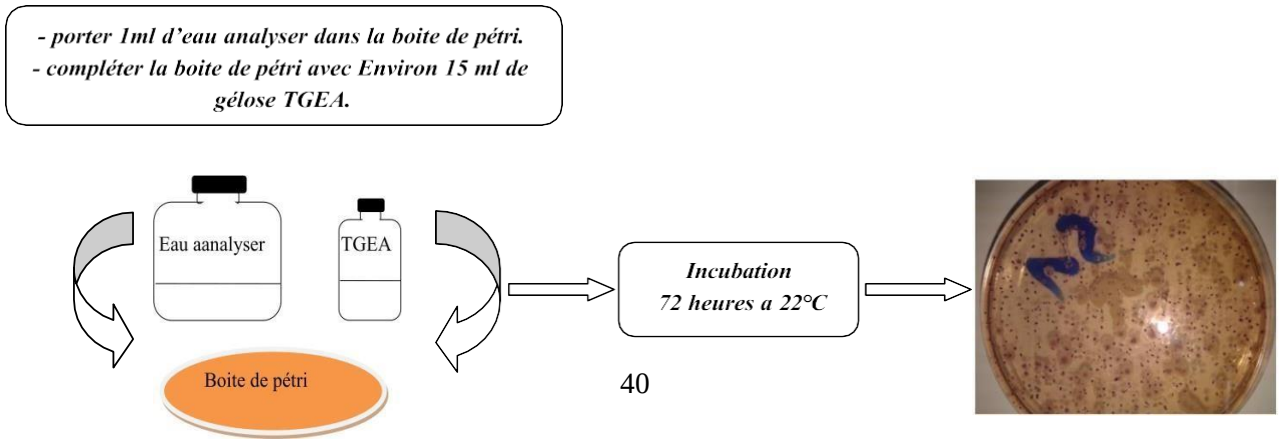
- **Incubation et lecture :**

Retourner les boites et incuber, une à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h,la lecture se fait après chaque 24h.

On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon.

- **Expression des résultats:**

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml).



Incubation 24 a 48 heures a 37° C **Dénombrement des Colonies**

Figure II.9: recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau potable.

3. Normes de qualité de l'eau potable :

3.1. Normes bactériologiques de l'eau potable :

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé et l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint l'OMS a proposé les limites maximales suivantes : **Tableau II-2 : Normes Et Recommandation Pour La Qualité Bactériologiquede L'eaupotable [27]**

Paramètres bactériologiques	Unités	Recommandation (OMS)
Germes totaux	Germe /100ml	100
Coliformes fécaux		0
Streptocoques fécaux		0
Clostridium sulfito-réducteurs	Germe /20 ml	0

3.2. Normes physico-chimiques :

Les normes visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé, une eau impropre découle souvent d'une contamination chimique ou bactériologique, les différents paramètres physico-chimiques et recommandations de l'OMS sont représentés dans Le tableau suivant.

Tableau II-3 : Paramètres avec valeurs indicatives

(Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)

Groupe de Parametre	Paramètres	Valeurs indicatives	Unités
Paramètres physico-chimiques en	PH	≥ 6.5 et ≤ 9.5	Unité pH
	Conductivité	2800	µS /cm à 20 °C
	Température	25	°C
	Dureté	200	mg/l en $CaC0_3$
	Alcalinité	500	
	Calcium	200	
	Chlorures	500	mg/l
	Potassium	12	
	Résidu sec	1500	
	Sodium	200	

relation avec la structure naturelle des eaux	Sulfates	400	
	TDS	500/1500	
	Sal	2	%
	T.A	-	°f
	T.A.C	60	
	T.H	50	
Paramètres organoleptiques	Couleur	15	mg/l Platine 1
	Turbidité	5	NTU
	Odeur 12°C	4	Taux dilution
	Saveur 25°C	4	

CHAPITRE 03 :

ÉTUDE ET ANALYSE DES PROPRIETES DE L'EAU POTABLE AU SEIN DE L'ADE

01. Aperçu général sur Entreprise ou la société.

- Présentation de L'ADE
- Présentation de l'organisme d'accueil

02. Prélèvement des échantillons.

- Analyse physico-chimique
- Analyse bactériologique
- Résultats et discussions:
  - Le Contrôle des analyses physico-chimiques .
  - Les analyses bactériologiques .
  - Discussion générale **.**

1. Aperçu général sur Entreprise ou la société [23]

1.1. Présentation de L'ADE

a. Historique de l'ADE :

L'Algérienne des Eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Créé par le décret exécutif n° 01-101 du 27 Moharrem 1422, correspondant au 21 avril 2001, cet établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau et a son siège social fixé à Alger.

L'ADE est également responsable de la maintenance préventive et de la remise à niveau des infrastructures d'assainissement. Afin d'atteindre ses objectifs en matière d'efficacité technique, économique et environnementale, elle s'engage à développer ses ressources humaines et matérielles et à adopter de nouvelles technologies. Pour ce faire, elle assure une formation continue à son personnel.

b. Missions de l'ADE :

La principale mission de l'Algérienne des Eaux (ADE) est de garantir la qualité de l'eau distribuée et de promouvoir des actions pour économiser cette ressource vitale. Cela inclut l'optimisation des réseaux de transfert et de distribution. Pour atteindre cet objectif, l'ADE s'investit dans l'introduction de technologies avancées et le développement de ses ressources humaines et matérielles.

L'ADE met également en place des campagnes de sensibilisation pour informer les usagers sur l'importance de la conservation de l'eau et les encourager à adopter des comportements responsables afin de lutter contre le gaspillage, étant donné la raréfaction croissante de cette ressource.

1.2. Présentation de l'organisme d'accueil

a. Historique et missions de la station de traitement de la Chiffa (Médéa)

La station de traitement de la Chiffa été bâtie entre 1973 et 1975 par la compagnie européenne de traitement de l'eau (**CTE**). Située à mi-chemin entre les villes de Médéa et Blida, à l'intérieur du périmètre du parc national de Chréa, qui compte plus de 105 cours d'eau, dont les plus importants sont ceux d'El Merdja, El Djir, Tamezguida, et Médéa. Cette station traite les eaux brutes en provenance de ces 4 cours d'eaux pour être pompées, ensuite, vers la ville de Médéa.

Au début, la chaine comportait deux prises d'eau (Oued El Merdja et Oued Chiffa), puiselle a été renforcée en 1980, par une troisième source d'Oued El Djir pour combler le déficit

en eau brute en période d'étiage. A partir de 1983, la chaine Chiffa alimentait uniquement la ville de Médéa puisque la ville de Berrouaghia avait bénéficié du projet de la chaine d'adduction à partir du barrage Ghrib.

Le dimensionnement de la station de traitement a été basé sur l'étude effectuée par la CTE durant trimestres et qui portaient sur certains paramètres-de la qualité de différentes eaux brutes tels que, la température, le pH, la conductivité, la matière solide, la dureté, l'alcalinité, etc., ainsi que d'autres

paramètres hydrauliques tels que les débits des oueds en période d'étiage et les apports de chaque oued pour avoir la qualité d'eau brute souhaitable.

En ce qui concerne oued Tamezguida, qui prend naissance sur les monts de Tamezguida et Dhaia, et qui passe par le village qui porte le même nom, les pouvoirs publics ont mis en place une STEP juste en aval de cette localité pour tenter de maitriser la pollution qui s'accentue de plusen plus.

Les deux autres cours d'eau, qui sont Oued El Merdja et Oued El Djir, sont située au cœur du parc national de Chréa, ont étaient épargnés par la pollution vu leurs éloignements des zones urbaines et la géographie montagneuse. Ces eaux brutes sont d'une qualité excellente, et leurs contributions est plus que valorisé dans l'équation de la production des eaux potables de la station Chiffa.

Les eaux traitées par la station Chiffa sont pompées via 2 autres stations de pompage, lastation de pompage n°02 et la station de pompage n°03, avant qu'elles soient admises au niveau du réservoir tampon (d'une capacité de10 000 m³) à Merdjechkir sur les hauteurs de Médéa. Ces eaux sont mélangées à ceux traitées et pompées par la station de Ghrib, avant qu'elles soient distribuées aux consommateurs.

b. **Organisation de la station de traitement**

La station de traitement des eaux potables de la Chiffa, a été installée pour fournir de l'eau potable aux consommateurs de la ville de Médéa. Avec ces 10 300 m3/j initialement conçus, elle représente le deuxième poumon producteur d'eau potable de la ville de Médéa après celui du Barrage Ghrib (production 28 000 m³ /jour).

Au fil du temps, la station Chiffa a beaucoup perdue de ces performances de traitement etde pompage, en raison de sa vétusté. Cette situation a eu des conséquences directes, sur la diminution des capacités de pompage, et sur le prix d'exploitation de ce produit, qui devient de Plus en plus cher. Ajoutant à cela la demande croissante en eau potable, démographie et modernité exigent, les autorités du pays ont pris conscience sur l'enjeu que représente l'eau sur l'avenir de notre pays et de notre société.

En ce qui concerne la ville de Médéa, un projet de réhabilitation et de requalification des deux usines de production d'eau existants est en cours actuellement pour faire augmenter la capacité de pompage jusqu'à 15 000 m³ /J, pour la station Chiffa, et jusqu'à 46 000 m³ /J pour la station Ghrib.

2. Prélèvement des échantillons :

Les prélèvements doivent être réalisés avec le plus grand soin et les échantillonsprélevés pour les différentes analyses doivent être conservés dans des flacons enverre lavés et rincés sur place au moment de la prise de l'échantillon. Les flacons sont remplis jusqu'au bord et bouchés de telle façon qu'il n'y ait aucun contact avec l'air et tout en inscrivant les mentions relatives à la date de la prise et l'origine du prélèvement. Aussitôt les échantillons sont acheminés vers le laboratoire via une glacière à une température ne dépassant pas 6°C et l'idéal estde procéder à l'analyse dans les deux heures qui suivent.



Figure III-01 : des prélèvements

2.1. Analyse physico-chimique

a. Paramètres physiques

Mesure électro-métrique du pH :

La mesure du pH se fait avec unappareil appelé pH mètre.

Mesure de la conductivité : La mesure de la conductivité s'effectue àl'aide d'un conductimètre.

Turbidité : La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètreoptique et électrique.



Figure III-02 : Turbidimètre



Figure III-03 :Chambre de relevage

b. Paramètres de pollution :

- **Détermination de l'azote ammoniacal :**

Introduire 40ml des échantillons dans des flacons en verre puis ajouter lessolutions suivantes et mélangé après chaque ajout :

- 4ml réactif A
- 4ml réactif B (Dichloroisocynurate de sodium)

Effectuer les mesures spectrophotométries à la longueur d'onde de655nm

- **Détermination des nitrites (NO_2^-) :**

Introduire 50 ml de l'échantillon dans une fiole en verre, ajouter 1ml du réactifmixte (a) et attendre au moins 20min. l'apparition de la couleur rose indique laprésence des (NO_2^-). Enfin, mesurer l'absorbance de chaque échantillon à la longueur d'onde d'environ 540nm.

- **Dosage des nitrates :**

Introduire 40 ml des échantillons à analyser, ajouter 1ml de réactif des nitrates R1 et 5ml de R2. Laisser environ 15 min ensuite, faire la lecture au spectromètreà la longueur d'onde de 415nm

- **Détermination des phosphates :**

Introduire 40 ml de l'échantillon, ajouter 1 ml de l'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélangé dans une fiole jaugé de 50 ml. Mesurer l'absorbance de chaqueéchantillon avec un spectromètre à une longueur d'onde de 880 nm

- **Détermination des matières oxydables**



Figure III-05 : résultat de analyse nitrates

c. Minéralisation globale :

- **Dosage du calcium**

prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde et une pincé d'indicateur (Murexide). Bien mélangé le tout. Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette, cette couleur ne doit pas changer avec l'ajoutd'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Dosage de la dureté totale A 100 ml de l'échantillon on ajoute 10 ml de NaOH, plus une pincé d'indicateur (calcons). Il se développe une couleur rose, le titrageest effectué par l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.

- **Dosage volumétrique des chlorures**

A 100 ml de l'échantillon on ajoute 0,5 ml de l'indicateur du pH plus des gouttes d'acide nitrique HNO3 jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune, puison titre avec les nitrates mercuriques Hg (NO3)2 jusqu'à l'apparition d'une coloration violette.

- **Dosage des sulfates**

Mettre 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 5 ml deréactif à l'acide chlorhydrique puis ajouter 2 ml de chlorure de barium, bien mélangé. Mesurer l'absorbance avec un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 546 nm.

- **Dosage de TA et TAC**

TA : A 100 ml d'échantillon on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine : si lacoloration est rose (TA≠ 0), on dose alors à l'aide du HCL jusqu'à décoloration.Si on n'a pas de coloration rose (TA= 0) on passe directement à TAC.

TAC : A 100 ml de l'échantillon on ajoute trois gouttes de méthyle-orange, il sedéveloppe une coloration jaune qui sera dosé par HCL jusqu'au virage jaune orange.

- **Dosage du fer :**

Ajouter à 50 ml d'eau à analyser 1ml de chlorhydrate d'hydroxylamine, 2 ml detampon d'acétate et 2 ml de phénantroline. Laisser environ 15 min puis mesurerl'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 510 nm.

2.2. Analyse bactériologique :

1. Recherche Les streptocoques fécaux :

Méthode de filtration sur membrane :

Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane de 0,45 µm deporosité ;

Placer le filtre dans un milieu gélose SLANETZ et BARTLEY ;

Incubation à 37°C pendant 48h couvercle en bas ;

2. Recherche Coliformes totaux et Coliformes fécaux :

Méthode de filtration sur membrane :

Filtration de 100 ml de l'échantillon à travers une membrane de 0,45 µm deporosité ;

Déposer la membrane dans un milieu gélosé au TTC et au tergitol 7 ;

Incubation à 37°C pendant 24h couvercle en bas ;

Première lecture ;

Repiquage des colonies caractéristiques sur milieu TSA, incubation à 44°Cpendant 24h

Deuxième lecture ;

Identification d'E. Coli par la recherche d'indole.



Figure III-06 : Filtration par membrane



Figure III-07 : quatre incubateur différent T

2.3. RESULTATS ET DISSCUSIONS :

En Algérie une eau de consommation doit répondre aux normes les plus strictesde potabilités qui sont illustrées dans le tableau suivant :

Paramètres analytiques			
Paramètre	**Valeur**	**Limite de qualité**	**Référence de qualité**
AMMONIUM (EN NH4)	<0,05 mg/L		≤ 0.1 mg/L
ASPECT (QUALITATIF)	0		
BACT. AÉR. REVIVIFIABLES À 22°-68H	<1 n/mL		
BACT. AÉR. REVIVIFIABLES À 36°-44H	<1 n/mL		
BACTÉRIES COLIFORMES /100ML-MS	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
BACT. ET SPORES SULFITO-RÉDU./100ML	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
CHLORE LIBRE *	0,29 mg(Cl2)/L		
CHLORE TOTAL *	0,31 mg(Cl2)/L		
COLORATION	<5 mg(Pt)/L		≤ 15 mg(Pt)/L
CONDUCTIVITÉ À 25°C *	940 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
COULEUR (QUALITATIF)	0		
ENTÉROCOQUES /100ML-MS	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
ESCHERICHIA COLI /100ML - MF	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
ODEUR (QUALITATIF)	0		
PH *	7,4 unité pH		≥6.5 et ≤ 9 unité pH
SAVEUR (QUALITATIF)	0		
TEMPÉRATURE DE L'EAU *	13,7 °C		≤ 25 °C
TURBIDITÉ NÉPHÉLOMÉTRIQUE NFU	<0,1 NFU		≤ 2 NFU

Figure III-08 : Le bassin de filtration.

Après avoir terminé mes taches dans l'étude d'analyse des eaux nous pourrons dire que ces méthodes d'analyse permettent du suivi et le control continu de la qualité de l'eau du barrage d'OUED ELHAMMAM destinée à la consommation

Conclusions générales

Même si l'eau est claire, cela ne veut pas forcément dire qu'il est sans danger pour nous de la boire. Il est important que nous jugions de la salubrité de l'eau en prenant en compte les trois qualités suivantes :

1. Microbiologique —bactéries, virus, protozoaires et vers

2. Chimique — minéraux, métaux et produits chimiques

3. Physique — température, couleur, odeur, goût et turbidité

Une eau de boisson salubre doit avoir les qualités microbiologique, chimique et physique suivantes :

- Sans agent pathogène
- Concentrations en produits chimiques toxiques faibles
- Claire
- Sans goût et sans couleur (pour des raisons esthétiques)

Lorsque l'on s'intéresse à la qualité de l'eau, dans la plupart des cas la contamination microbiologique est la principale préoccupation car elle est responsable de la plupart de maladies et morts liées à la consommation d'une eau insalubre.

L'organisme de l'ADE (**Algérienne Des Eaux**) est responsable à la réglementation et du suivi de l'eau tout au long du traitement jusqu'à son arrivée dans nos localisations (**Médéa**).

Nous avons fait correctement des analyses physico-chimiques et microbiologique au niveau de l'laboratoire dans L'organisme de l'ADE ,aussi nous avons fait un comparatif avec différentes eaux minérales et étude globale sur les étapes de traitement des eaux et nous avons découvrit tous les problèmes existants dans chaque étape.

D'après nos analyses personnelles physico-chimiques et bactériologiques dans cet organisme, on trouve que l'eau distribué est conforme à la réglementation de l'OMS. Donc cette eau est de bonne qualité est sans danger pour le consommateur même en ayant des taux de sels minéraux ou de turbidité plus élevés que les eaux du commerce.

Les références

[1] Mérouane BOUCHEMAL ,A.Charafeddine HAMMOUDI,Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debegh, Master II en Hydraulique, Membre du Jury : Mr. M. DJEDDOU MCB - Mr. F SEKIOU MCA -Mme. R. DAOUD MAA,Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi ,Faculté des Sciences et Sciences appliquées ,Département d'Hydraulique ,Master II en Hydraulique ,Option : Hydraulique Urbaine.

[2] CARDOT Claude. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, 1999, P : 9.

[3] DEGREMONT. Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P : 5, 24,25

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

[5] DJEMMAL S. (2008-2009), Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud-est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie

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

[7] C.R.A.A.G. (Centre de Recherches Astronomiques et Géophysiques Algérien) (2004). Etude Géophysique Par Gravimétrie De La Région D'Oued Zénati, Guelma. Rapport Interne p42.

[8] EMSALEM R. (1986). Climatologie Générale. Edition. I.P.E.N.A.G. Tome 1, p198.

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

[11] ADE 2005.

[12] Algéo (Alger Géophysique) (1997). Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne, 28 p.

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

[14] BENSACI T. (2006). Détermination De la Qualité Physico-chimique Et Bactériologiques Des Eaux De Surface: Cas du Barrage Timgad (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister, Centre Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi. P 98.

[15] DAJOZ R. (2000). Précis D'Ecologie: Cours Et Exercices Résolus,7 ième édition. Dunod, Paris, P 613.

[16] KIRATI B. et BRAHMIA N. (2006). Impact Des Eaux D'irrigation Sur Les Eaux Souterraines De La Plaine Alluviale De Guelma. Mémoire D'Ingéniorat En Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar ,Annaba, p 113.

[17] CAWST (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology - Centre pour les Technologies d'Eau et Assainissement à Faible Coût) est un organisme à but non lucratif proposant des services de formation et de conseil aux organisations qui travaillent directement avec les populations des pays en développement n'ayant pas accès à l'eau potable et à un assainissement de base.

[18] BENAOUDA ABED. Étude et analyse des propriétés de l'eau potable au sein de l'ADE. Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de MASTER 2 EN CHIMIE. Encadré par : Mme. Rahmani .M. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem Faculté Des Sciences Exactes Et De L'informatique Département de Chimie. 2015/2016

[19] Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4 eme édition, 46-68 p; (2013).

[20] GUILBERT. L, Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Scienceset des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.

[21] RODIER. J, Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer), 8ème Edition, paris, 1996, 1260 p.

[22] BERNE. F, Les traitements des eaux dans l'industrie pétroliére, Édition TECHNIP, 1972,

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