الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences Alimentaire

MEMOIRE
En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :
Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité

Intitulé

Contrôle de la perfection des étapes de traitement des eaux potables dans la station de la ville Relizane

Présenté par :
Benmazouza Aya

Devant les membres de jury :

Président : Mr. HARTANI Ahmed	Maître de conférence (A)	(U. Relizane)
Encadreur : Mr . SIDI ADDA Mustapha	Maître de conférence (B)	(U. Relizane)
Examinateur : Mr. ARAF Ali	Maître assistant (A)	(U. Relizane)

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce à la volonté d'Allah, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, qui nous a accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons toute notre gratitude à notre encadreur, **Monsieur Sidi Adda Mustapha**, *pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de diriger ce travail, pour son accompagnement, ses conseils avisés et ses encouragements tout au long de l'élaboration de ce mémoire.*

Nos remerciements vont également à , **Monsieur ARAF ALI** *pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce travail, ainsi qu'à* **Monsieur HARTANI Ahmed**, *pour avoir accepté de présider la commission d'évaluation de ce mémoire.*

Nous adressons aussi nos remerciements les plus sincères à l'ensemble des enseignants du Département des Sciences Agronomiques de l'Université de Relizane, pour leur disponibilité et la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont transmis durant notre parcours universitaire.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Au nom de Dieu le Tout-Puissant,

À mes chers parents, pour leur amour, leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel,
À mes frères et sœurs, qui ont toujours été une source de force et de réconfort,
À mes amis fidèles, pour leur encouragement et leur présence bienveillante,
À toutes les personnes qui ont cru en moi et m'ont soutenue dans ce parcours,

Je dédie humblement ce travail, avec toute ma gratitude et mon affection.

Résumé

Ce mémoire porte sur l'étude de la qualité de l'eau potable traitée à la station de traitement de l'Algérienne des eaux (ADE) de la ville de Relizane. L'objectif principal est d'évaluer l'efficacité des différentes étapes de traitement en s'appuyant sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques, afin de vérifier la conformité de l'eau produite aux normes de l'OMS. Les paramètres physico-chimiques étudiés incluent notamment le pH, dont la valeur est restée dans la norme (6.5 à 8.5), la conductivité électrique, mesurée à moins de 1000 µS/cm, bien en dessous de la limite maximale (2100 µS/cm), et les solides dissous totaux (TDS), qui se situent généralement autour de 380 à 400 mg/L, ce qui respecte la recommandation (< 500 mg/L). La turbidité, liée aux matières en suspension (MES), est inférieure à 2 NTU, ce qui indique une bonne clarté de l'eau. Le chlore résiduel libre, essentiel pour assurer la désinfection, est maintenu autour de 0.4 mg/L, dans la plage optimale de 0.2 à 0.5 mg/L. D'autres paramètres comme la température (26.5–28.2 °C) et la salinité (< 1 ‰) sont également restés dans des niveaux acceptables. Sur le plan bactériologique, l'eau traitée ne présente aucune trace de coliformes totaux ni fécaux (E. coli), ni de streptocoques fécaux ou de Clostridium sulfito-réducteurs, ce qui confirme l'absence de contamination fécale. En conclusion, les résultats démontrent que l'eau produite par la station est globalement conforme aux normes de potabilité, tant du point de vue chimique que microbiologique, soulignant ainsi l'efficacité du système de traitement mis en place. Aussi Il apparaît essentiel de renforcer les contrôles réguliers, d'intégrer des techniques analytiques plus avancées et de diversifier les méthodes de désinfection (ozonation, UV, membranes) pour répondre aux défis futurs liés à la croissance démographique, aux pressions environnementales et aux changements climatiques.

Mots-clés : Eau – Eau potable – Station de traitement – Analyses physico-chimiques – Analyses bactériologiques – ADE – Relizane – Normes OMS.

Abstract

This dissertation focuses on assessing the quality of drinking water treated at the water treatment plant of the Algerian Water Company (ADE) in the city of Relizane. The main objective is to evaluate the effectiveness of the treatment processes through physicochemical and bacteriological analyses, ensuring compliance with WHO standards. The physicochemical parameters examined include **pH**, which remained within the acceptable range (6.5 to 8.5), **electrical conductivity**, recorded below 1000 µS/cm (well under the 2100 µS/cm limit), and **Total Dissolved Solids (TDS)**, which generally ranged between 380 and 400 mg/L, in line with the recommended limit (< 500 mg/L). **Turbidity**, linked to suspended solids (MES), was found to be below 2 NTU, indicating good water clarity. **Free residual chlorine**, essential for disinfection, was maintained around 0.4 mg/L, within the optimal range of 0.2 to 0.5 mg/L. Other parameters such as **temperature** (26.5–28.2°C) and **salinity** (< 1‰) were also within acceptable levels. On the bacteriological level, no presence of **total or fecal coliforms (E. coli)**, **fecal streptococci**, or **sulfite-reducing Clostridium spores** was detected, confirming the absence of fecal contamination. In conclusion, the results demonstrate that the treated water is **generally compliant with drinking water standards**, both chemically and microbiologically, highlighting the efficiency of the treatment system in place.

Keywords: Water – Drinking water – Treatment plant – Physico-chemical analysis – Bacteriological analysis – ADE – Relizane – WHO standards.

ملخص

تركز هذه المذكرة على تقييم جودة مياه الشرب في محطة المعالجة "الجزائرية للمياه (ADE) "بمدينة غليزان، وذلك من خلال إجراء تحاليل فيزيائية-كيميائية وبكتريولوجية للتحقق من مدى مطابقة المياه المنتَجة لمعايير منظمة الصحة العالمية .(OMS)من بين المعايير الفيزيائية-الكيميائية التي تم تحليلها نذكر :**الرقم الهيدروجيني (pH)** الذي بقي ضمن النطاق المقبول (من 6.5 إلى 8.5)، و**التوصيلية الكهربائية** التي لم تتجاوز 1000 ميكروسيمينز/سم، وهي أقل بكثير من الحد المسموح به(2100 µS/cm) ، إضافة إلى **المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)** والتي تراوحت غالبا بين 380 و400 ملغ/لتر، أي ضمن الحد الموصى به 500 >) ملغ/ل). كما أظهرت نتائج **العكارة (MES)** أنها أقل من 2 وحدةNTU ، مما يدل على صفاء جيد للمياه، في حين بقيت نسبة **الكلور الحر المتبقي** في حدود 0.4 ملغ/ل، وهي نسبة مثالية للتعقيم (ما بين 0.2 و0.5 ملغ/ل). وتم كذلك تسجيل درجات حرارة للمياه تتراوح بين 26.5 و28.2°C، مع **ملوحة** منخفضة لا تتعدى 1‰. أما من الناحية البكتريولوجية، فقد أظهرت التحاليل غياب كل من **الكوليفورمات الكلية والفرعية(E. coli)** ، و**العقديات البرازية**، و**أبواغ الكلوستريديوم المختزِلة للكبريتات**، مما يؤكد خلو المياه من أي تلوث برازٍ حديث أو قديم. وعليه، تؤكد هذه الدراسة أن المياه المعالجة بالمحطة مطابقة بوجه عام لمعايير الجودة الوطنية والدولية، سواء من الجانب الكيميائي أو الميكروبيولوجي، مما يدل على فعالية مراحل المعالجة المعتمدة.

الكلمات المفتاحية

المياه – مياه الشرب – محطة المعالجة – التحاليل الفيزيائية-الكيميائية – التحاليل البكتريولوجية – ADE – غليزان – معايير.OMS

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

C° : Degré Celsius.

CE : conductivité électrique.

CF : coliformes fécaux.

CT : coliformes totaux.

MES : Matières En Suspension.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel hydrogène.

PP : poids plein.

PV : poids vide.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Total des Solides Dissous.

TGEA: Tryptone Glucose Extract agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

TTC : Chlorure de triphényltétrazolium.

UCV : Unités de Couleur Vraie.

UTN : Unités de Turbidité Néphalométriques.

UV : Ultraviolet.

µs/cm : Micro siemens/Cm.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

List des figures

Liste de Tableaux

Introduction général 1

CHAPITRE 01 : Notions générales sur l'eau

Introduction : 3

I- Le cycle de l'eau : 3

II- Définition de l'eau 4

III- Les propriétés de l'eau : 4

III-1- Les propriétés physiques de l'eau : 4

III-2- les propriétés chimiques de l'eau : 5

IV- L'eau potable : 5

IV-1 Ressource en eau potable : 5

IV-2 Définition de l'eau potable 6

IV-3 Les particules existantes dans l'eau : 6

IV-4 Les critères de potabilité : 7

IV-5 Les paramètres de qualité des eaux potable 7

V- Pollutions de l'eau : 11

V-1 Définition de la pollution de l'eau : 11

V-2 Les types de pollution : 12

V-3- Principaux polluants 12

V-4 Impact de la pollution 12

V-5 Normes de potabilité 13

CHAPITRE 02 : Les étapes de traitement physique, chimique et biologique

I- introduction 16

II- Définition des objectifs du traitement : 16
III- Filières de traitements des eaux de surface : 16
IV- Elimination des particules en suspension : 16
IV-1- Taille des particules en suspension 17
IV-2- Le dégrillage : 17
IV-3-Le tamisage : 18
IV-4-Coagulation : 19
IV-5- La floculation 21
IV-6- La Décantation 23
d, diamètre de la particule (m) 24
IV-7- La filtration 25
V- Désinfection 28
V-1- Différent modes de désinfection 28
V-2- Facteurs fondamentaux de la désinfection 29
V-3- Désinfectants 30
VI- Procédés physico-chimiques : 36
VI-1- L'adsorption et l'échange d'ions 36
VI-2- La déferrisation – démanganésation 38

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthode

I- Présentation du potentiel hydrique dans la région d'étude : 41
I-1- Les ressources hydriques superficielles : 41
I-2- Présentation de station : 41
I-3- Cadre d'étude : 42
II- Travail de laboratoire : 43
II-1- Echantillonnage prélèvement d'eau : 43
III- Analyse des propriétés physiques de l'eau : 43
IV- Analyse des propriétés chimiques : 44
IV-1- Détermination des concentrations par dosage colorimétrique à l'aide d'un Spectrophotomètre (Le résultat en mg/l) : 44
IV-3 Détermination de la concentration par oxydation à chaud en milieu acide : 48
IV-4- Détermination de la concentration par dosage volumétrique avec du HCl (à 0.1N) : 48
IV-5-Détermination de la concentration par dosage volumétrique en Ag NO_3 : 49
IV-6- Dosage des sulfates : 49
IV-7- L'ammoniac libre NH^{4+} : 49

IV-8- Nitrates NO^{3-} :.....50
IV-9- Calcium $Ca2^{+}$:.....50
IV-10- Chlorure CI^{-} :.....50
IV-11- Sulfate SO_4^{-2} :.....50
IV-12- Phosphate PO_4^{-3}:.....50
V- Analyse des propriétés bactériologiques :.....50
V-1- Recherche des germes totaux (GT) :.....51
V-2-Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) :.....51
V-3- Recherche des streptocoques :.....52
V-4- Recherche des spores des clostridiums sulfito-réducteurs :.....53

CHAPITRE 04 : Résultat et discussion

I- Résultats et discussion.....55
I-1- Paramètres physico-chimique :.....56
I-2- Paramètre bactériologique :.....62
CONCLUSION 63
GENERALE 63
REFERENCES 65
Annexe 68

List des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Le cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008)	4
Figure 2	Molécule de l'eau (BERNARDC, 2007)	4
Figure 3	Dégrilleur pour prétraitement	19
Figure 4	Tambours filtrants (pour tamisage et micro-tamisage)	19
Figure 5	Le bassin de coagulation	20
Figure 6	Le bassin de floculation	22
Figure 7	Schéma représentant les bassins de décantation	24
Figure 8	Décanteur	26
Figure 9	Schéma représentant les bassins de filtration	26
Figure 10	Pierres poreuses	27
Figure 11	Toiles métalliques	27
Figure 12	Bassin de filtration	28
Figure 13	Conteneurs d'hypochlorite de sodium	32
Figure 14	Générateur de dioxyde de chlore	33
Figure 15	Générateur d'ozone	36
Figure 16	Désinfecteur ultra-violet (UV)	37
Figure 17	Charbon actif en granulé	38
Figure 18	Charbon actif en poudre	38
Tableau 8	Les étapes d'adsorption	43
Figure 19	Schéma de station B	44
Figure 20	Équipement de laboratoire de la station de traitement de Relizane	45
Figure 21	Détermination du $[NO_3^-]$	46
Figure 22	Détermination du $[NO_2^-]$	46
Figure 23	Détermination du $[NH_4^+]$	48
Figure 24	Détermination du [TH]	48
Figure 25	Détermination du titre hydrométrique	49
Figure 26	Détermination de la concentration de matière oxydable	50
Figure 27	Détermination du titre alcalimétrique	53

Figure 28	***Les étapes d'analyse***	***54***
Figure 29	***La variation du pH***	***56***
Figure 30	***La variation de la température***	***59***
Figure 31	***La variation de la conductivité***	***60***
Figure 32	***La variation de la turbidité***	***61***
Figure 33	***La variation de la TDS***	***61***
Figure 34	***La variation de la salinité***	***62***
Figure 35	***La variation du chlore***	***62***
Figure 36	***Résultats des analyses bactériologiques***	***63***

Liste de Tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines (DEGREMONT, 1989)	5
Tableau 2	Effets des polluants de l'eau sur la santé humaine (OMS, 2004)	13
Tableau 3	Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS, 2003)	14
Tableau 4	Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS, 2003)	15
Tableau 5	Temps requis pour que les particules de densité 2,65 ; 2,0 ; 1,1 chutent dans une eau à 15 °C (Jean RODIER, 2009)	18
Tableau 6	Vitesses de chute typiques de différentes particules de floc (JEAN, 2009)	24
Tableau 7	Temps de désinfection pour différents types de micro-organismes pathogènes avec de l'eau chlorée (Raymond des Jardins, 2007)	32
Tableau 8	Les étapes d'adsorption	43
Tableau 9	Bulletin de la station de traitement (A-B) de Relizane – Août 2025	39
Tableau 10	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute et traitée durant le mois d'août 2025	56
Tableau 11	Bulletin de la station de traitement (A-B) de Relizane – Août 2025	57

Introduction général

L'eau est un élément fondamental pour la vie humaine, animale et végétale. Elle constitue une ressource indispensable non seulement pour la consommation domestique, mais aussi pour le développement économique, agricole et industriel. Toutefois, en raison des activités anthropiques croissantes – telles que l'urbanisation, l'industrialisation et l'agriculture intensive – la qualité des ressources en eau est de plus en plus menacée par divers types de polluants physiques, chimiques et biologiques (Rodier et al., 2009).

Face à cette réalité, il devient essentiel de mettre en œuvre des dispositifs de traitement performants afin de garantir une eau potable conforme aux exigences sanitaires. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte de micro-organismes pathogènes et contenir des concentrations de substances chimiques à des niveaux non nocifs pour la santé (OMS, 2017). Les paramètres de qualité de l'eau sont évalués à travers des analyses physico-chimiques – telles que le **pH**, la **conductivité électrique**, les **solides dissous totaux (TDS)**, la **turbidité**, le **chlore résiduel** – et des analyses **bactériologiques**, notamment la recherche des **coliformes totaux**, **coliformes fécaux** et **Escherichia coli**.

Dans cette optique, le présent travail vise à évaluer la qualité de l'eau potable produite par la station de traitement de l'Algérienne des Eaux (ADE) de la ville de Relizane. L'étude repose sur le suivi des différentes étapes de traitement mises en œuvre au niveau de la station et sur des analyses approfondies réalisées en laboratoire. L'objectif principal est de déterminer si l'eau traitée respecte les normes nationales et internationales de potabilité, en identifiant les éventuelles non-conformités et en proposant des pistes d'amélioration.

CHAPITRE 01 :
Notions générales sur l'eau

Introduction :

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et de sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Le caractère banal de l'eau qui nous environne, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable **(Bouchemal et Hammoudl,2016).**

I- Le cycle de l'eau :

L'eau est un élément fondamental de la vie, recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de km3 dans la biosphère. Ce volume est constant et stable depuis 3 milliards d'années. L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement à l'échelle terrestre. La source principale d'eau douce provient de l'évaporation, sous l'effet du soleil, des Océans, rivières et des lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux. **(Lelerc et al., 1977).** Cette vapeur d'eau se condense dans l'atmosphère, retombe sous forme de Précipitations pluvieuses ou neigeuses et parvient aux cours d'eau soit : directement Par ruissellement ou indirectement par infiltration : Stockage dans les nappes, les puits Et les restitutions aux cours d'eau à la faveur des exigences **(Vilagines, 2000).**

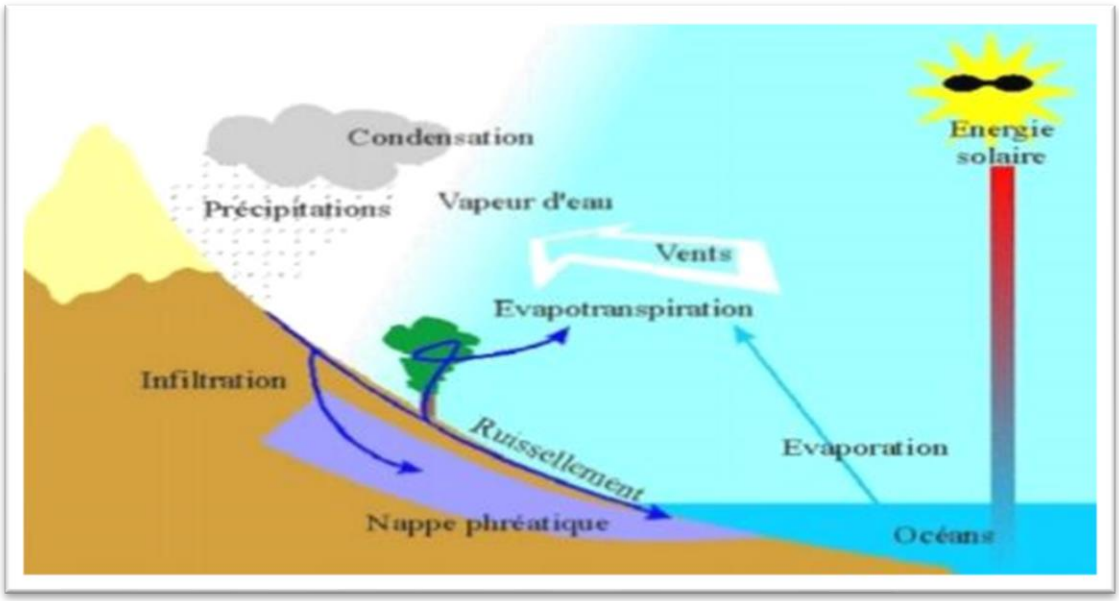


Figure 1: le cycle de l'eau **(MOUFFOK 2008).**

II- Définition de l'eau

L'eau, H_2O, molécule inodore, incolore et sans saveur, présente dans la nature sous différentes formes et elle est indispensable pour la vie des différentes êtres vivants. Pour l'homme l'eau présente environ 70% poids du corps humain. Elle est le milieu de dispersion pour plusieurs réactions chimiques et biochimiques, et avec une valeur nutritionnelle nulle, elle est classée comme un corps chimique complexe dans ces constantes physico-chimiques **(zerari et al., 2022).**

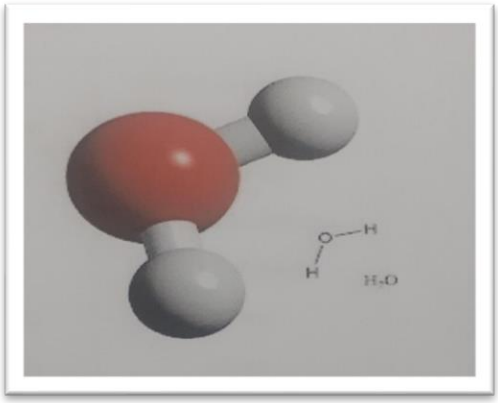


Figure 2: Molécule de l'eau **(BERNARDC,2007).**

III- Les propriétés de l'eau :

III-1- Les propriétés physiques de l'eau :

Les propriétés physiques les plus intéressantes de l'eau sont les suivantes température d'ébullition, tension superficielle, viscosité, la capillarité, la polarité, et la conductivité électrique.

1. La température d'ébullition : La température d'ébullition de l'eau est plus élevée que celle des composés hydrogénés de masse moléculaire de même ordre.

2. La viscosité : C'est la propriété qu'un liquide d'opposer une résistance aux divers mouvements soit interne, soit globaux, et elle joue donc un rôle important en traitement d'eau, elle diminue lorsque la température croit.

a. La capillarité : L'eau placée dans un tube de petit diamètre montre du fait de l'existence de force de traction entre ces molécules et la surface. Ce phénomène facilite la rétention de l'eau dans les petits interstices entre particules dans les sols.

b. La polarité :

L'eau est en raison de son caractère dipolaire à un constant diélectrique élevé, c'est-à-dire qu'elle est capable de transmettre les phénomènes électriques (Jean, 2008).

c. La conductivité : L'eau est légèrement conductrice quand, elle est vraiment pure ; la conductivité augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau. (Ali Abbou et Benmlouka, 2014.)

d. La tension superficielle :

Elle définit comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide, en tendant toujours à réduire le plus possible tendue de cette surface (Jean, 2008).

III-2- les propriétés chimiques de l'eau :

A. L'eau solvant :

Le pouvoir solvant de l'eau provoque l'altération partielle ou complète de divers liens entre les atomes (dissociation) et dans les molécules (ionisation) et du corps à dissoudre pour les remplacer par de nouveaux liens avec ses molécules propres (hydratation). Une solvatation complète est une dissociation.

B. Ionisation :

Un composé minéral dissous dans l'eau se dissocie plus ou moins avec apparition d'ions chargés négativement (anions) et positivement (cations). Le corps dissous est appelé électrolyte ; il transporte le courant électrique.

C. Oxydoréduction :

Les phénomènes d'oxydoréduction présentent une grande importance dans toutes les technologies de l'eau. L'eau elle-même peut participer, suivant des conditions expérimentales et selon certaines réactions chimiques comme un donneur d'électrons (elle est réductrice) ou un accepteur d'électrons (elle est oxydante) (Rovel, 2005).

IV- L'eau potable :

IV-1 Ressource en eau potable :

Eau est un élément essentiel au fonctionnement de tout écosystème, mais aussi des activités humaines (agriculture, industrie) et de notre vie de tous les jours, La plus grande partie des eaux du globe terrestre sont marines (97%). Les eaux douces ne représentent qu'une partie mineure. Elles constituent cependant une source importante d'eau potable (Boucenna, 2009).

IV-1-1 Les eaux de surface :

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement *(Manceur et Djaballah, 2016).*

*IV-1-2 Les eaux souterraines :*Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources essentielles : les nappes profondes et les nappes phréatiques. Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens. Par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tels que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour le consommateur (Manceur et Djaballah, 2016).

IV-1-3 Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité, la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg /A de salinité (Ayad,2017).

IV-2 Définition de l'eau potable

Une eau est considérée potable, si elle est agréable à boire et si son emploi n'entraine aucun risque pour la santé. Elle doit être limpide, incolore, et inodore ; elle doit présenter une saveur fraîche et agréable ce qui exige qu'elle contienne de l'air dissous et qu'elle soit légèrement minéralisée. Elle ne doit contenir aucun agent chimique indésirable ou toxique Susceptible de provoquer chez l'homme des troubles plus ou moins à long terme. (Rodier, 1992).

IV-3 Les particules existantes dans l'eau :

Les composés retrouvés dans l'eau sont généralement regroupés dans trois catégories : les matières en suspension, les matières colloïdales et les matières dissoutes

➤ Les matières en suspension sont d'origine minérale ou organique. Le temps requis pour décanter d'un mètre varie de quelques dixièmes de secondes à plusieurs jours selon leur diamètre et leur densité.

Tableau 1: Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines d'après **(DEGREMONT,1989).**

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 humiques...)
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	Ferro bactéries fréquentes

➤ Les matières colloïdales d'origine minérale ont une densité faible et peuvent nécessiter théoriquement jusqu'à 666000 années pour décanter d'un mètre.

➤ les matières dissoutes, quant à elles, sont généralement des cations ou anions de quelques nanomètres de diamètre, elles décantent donc encore plus lentement (Aoualmia et Gasmallah,2015).

IV-4 Les critères de potabilité :

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts fixés par le ministère de la santé algérien Les critères d'une eau "propre à la consommation" portent sur:

* La qualité microbiologique : L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

* La qualité chimique : Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables" ou "toxiques".

* La qualité physique et gustative : L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.

• Les substances "indésirables » : Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (Aoualmia et Gasmallah,2015).

IV-5 Les paramètres de qualité des eaux potable

L'eau doit répondre à des critères de la qualité très stricte fixée par le ministre de la santé algérien et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique (Zanat, 2009).

IV-5-1 Les paramètres organoleptiques :

IV-5-1-1 La couleur :

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et de substances organiques. Les substances organiques comprennent généralement des algues, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation (substances humiques, lignine). Il ne faut pas confondre couleur et turbidité. La couleur est très préjudiciable pour l'esthétique (Imken,2015).

IV-5-1-2 Odeur :

Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines, ammoniaque. Mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problèmes est généralement l'hydrogène sulfuré (H_2S) (Imken,2015).

IV-5-1-3 Goût :

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est en contact avec l'eau testée *(Imken,2015).*

IV-5-2 Les paramètres physicochimiques :

IV-5-2-1 Température :

Il est très important de connaitre la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale. La température des eaux superficielles est influencée par leur origine et par la température de l'air (Bara,2016).

IV-5-2-2 Le potentiel hydrogène pH :

Le potentiel hydrogène plus connu sous le nom du pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou base. Il est calculé à partir du nombre d'ions d'hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre. Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y'a autant de H_2O que de OH(Bara,2016).

IV-5-2-3 La conductivité électrique :

L'eau pure est peu conductrice du courant électrique car elle ne contient que très peu les particules chargées électriquement (ions), susceptible de se déplacer dans un champ électrique, l'unité de la conductivité est le microsiemens par centimètre (us/cm). La conductivité traduit la minéralisation globale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température. La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous (Bara,2016).

IV-5-2-4 Dureté :

La dureté, aussi appelée le titre hydrotimétrique (TH) dont l'origine dans l'eau douce est liée aux ions de calcium et au magnésium de ce fait on peut distinguer différents types de dureté :

-Dureté totale

-Dureté calcique

-Dureté magnésienne

-Dureté permanente ou non carbonatée

-Dureté temporaire ou carbonatée (Bouridi et al.,2016).

IV-5-2-5La turbidité :

La turbidité est due aux particules colloïdales en suspension dans l'eau, quand on sait que la majorité des toxiques, tant minéraux qu'organiques sont absorbés à 90% en moyenne, sur les matières en suspensions et colloïdales, on comprend l'importance de la turbidité (Bara,2016).

IV-5-2-6 Les chlorures :

Les chlorures sont présents en concentration faible dans les eaux de surfaces, ceci peut être attribué à la dissolution de dépôt due :

-aux effluents de l'industrie chimique

- à l'exploitation des puits du pétrole

-aux rejets des égouts

-aux drainages d'irrigation, etc. (Bouridi et al.,2016).

IV-5-2-7 La salinité :

La présence des sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau.

IV-5-2-8 Le taux de sels dissous (TDS) :

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau appelée la TDS.

IV-5-2-9 Les matières en suspension (MES) :

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique. La mesure de MES permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire (Bara,2016).

IV-5-2-10 Fer et Manganèse :

Ces deux éléments chimiques sont souvent rencontrés ensemble dans la nature, la présence de fer dans les eaux de la surface peut contenir jusqu'à 0.5mg/l qui peuvent avoir comme origine le lessivage de terrains argileux industriels (métaux) ce qui donne une coloration rouge et un goût métallique à l'eau. Par contre la présence du manganèse est liée à l'industrie (métallurgique) électrique et chimique (Bouridi et al,2016).

IV-5-2-11 Nitrate et nitrite (NO3, NO2) :

La contamination des sources d'eau potable par les nitrates et nitrites est de plus en plus fréquente à cause de leur stabilité dans l'environnement. Ils vont contaminer facilement les cours d'eau et les nappes souterraines.

La cause majeure de cette contamination est l'utilisation intensive d'engrais chimiques dans l'agriculture (Bouridi et al,2016).

IV-5-2-12 L'ammonium NH :

L'ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résultent le plus souvent de la décomposition anaérobique de la matière organique azotée. On les trouve souvent à des teneurs variantes entre 0,1 et 0,2mg/1, il n'a pas d'effet appréciable sur la santé des consommateurs, mais sa présence dans l'eau est un indicateur de pollution. L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un aliment qui peut permettre à certaines bactéries de se proliférer dans les réseaux de distribution (Bara,2016).

IV-5-2-13 Les phosphates (POr) :

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles, sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique, -il en résulte une véritable dégradation qui peut devenir irréversible. Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les canalisations de grand diamètre et les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation (Bara,2016).

IV-5-3 Les paramètres bactériologiques :

L'eau ne doit contenir ni bactérie, ni virus qui pourraient entraîner une contamination bactériologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement des bactéries consiste à rechercher des germes aérobies, autrement dit se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques.

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de staphylocoques laisse supposer une contamination fécale. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement (Bara,2016).

IV-5-3-1 Les entérobactéries :

** Les coliformes totaux :*

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol, la végétation ou l'eau, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles *(Alaimia et Bahar,2021).*

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes. Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries.

D'origine fécale, comme l'Escherichia colis (E. coli) *(Alaimia et Bahar,2021).*

**Les coliformes thermo-tolérants :*

Les coliformes thermo-tolérants proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humains et des animaux. La bactérie e-coli (Escherichia coli) appartient à cette catégorie de coliformes. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort (Atamenia et Ziaya,2020).

**Escherichia coli :*

Organisme coliforme thermotolérant, aérobie et facultativement anaérobie, qui loge généralement dans le gros intestin, chez l'homme et les animaux à sang chaud. Sa présence dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales mais aussi la présence possible de bactéries, virus et protozoaires pathogènes (Bouridi et al.,2016).

**Les streptocoques du groupe D :*

Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae, au genre Streptococcus et au groupe sérologique « D » de Lance Field. Ils sont définis comme étant des Cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz *(Alaimia et Bahar,2021).*

**Clostridium sulfito-réducteurs :*

Les bactéries sulfito-réductrices constituent un des paramètres indicateurs de qualité, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau lorsque l'eau est d'origine superficielle. Ces bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont recherchées par des méthodes normalisées. Parmi les colonies typiques développées, celles issues de spores de Clostridium sulfito-réducteurs devront être confirmées *(Alaimia et Bahar,2021).*

**Les bactéries revivifiables :*

La recherche des bactéries revivifiables n'est pas significative d'une pollution fécale, mais elle donne de bonnes indications sur l'histoire bactérienne d'une eau et en particulier d'une eau d'origine souterraine *(Alaimia et Bahar,2021).*

V- Pollutions de l'eau :

V-1 Définition de la pollution de l'eau :

La pollution comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. C'est la contamination de l'eau par les corps et substances étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres ; dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques. (SHUKURU SALULUM, 2010).

V-2 Les types de pollution :

V-2-1 Pollution agricole :

Elle est due à l'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines.

V-2-2 Pollution domestique :

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

V-2-3- Pollution d'origine naturelle :

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entrainent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes.

V-2-4- Pollution par les substances au traitement de l'eau :

La chloration de l'eau dans le but de la rendre potable est un procédé très répondu et reconnu efficace. La chloration est même considérée par les experts comme étant l'une des plus importantes initiatives de santé publique du XXe siècle. Cependant, bien qu'il soit efficace pour contrôler principalement les virus et les bactéries, le chlore, en présence de matières organiques, entraîne la formation de plusieurs sous-produits de chloration (SPC) potentiellement cancérigènes comme par exemple les trihalométhanes (THM). La toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'Alzheimer qui influe sur la mémoire et le comportement des personnes atteintes (Bouchemal et Hammoudl,2016).

V-3- Principaux polluants

- Les matières en suspension
- Les polluants organiques
- Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants
- Les matières fertilisantes
- Les sels minéraux
- Les polluants microbiologique (LAOUR,2012).

V-4 Impact de la pollution

V-4-1 Sur la santé humaine

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte. Dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, eau de loisirs ou de boisson). Dans le second cas, il survient d'aliments ou d'air contaminé par des aérosols, d'eau chaude sanitaire, de stations de traitement des eaux (DEFR ANSECHI, 1996). Selon I'OMS (2006), les contaminations hydriques sont essentiellement de nature biologique ou chimique. Les

contaminants biologiques sont des bactéries (saprophytes, opportunistes), des virus, des parasites et des algues. Le risque microbien est, de loin, le plus évident à l'échelle mondiale (DEGREMONT, 1989). Le tableau (10) ci-dessous représente les effets des polluants de l'eau sur la santé humaine.

Tableau 2: effets des polluant de l'eau sur la santé humaines **(OMS,2004)**

Polluants	Leurs effets sur la santé
Matières en suspensions	Transportent des polluants et augmente Donc le risque de contamination de l'homme
Pollution organique	Favorise le développement d'organismes pathogènes.
Azote (nitrate, phosphore)	Maladie bleue chez les enfants.
Métaux	Troubles respiratoires, digestifs, nerveux Ou cutanés Arsenic, nickel et chromes considérés comme cancérigènes.
Pesticides	Effets neurotoxiques (troubles de la reproduction). Mutagènes et cancérigènes.

V-4-2 Sur la nature

La pollution des eaux conduit à des altérations physico-chimiques des biotopes. Il en résulte des bouleversements biocénotiques qui transforment entièrement la structure de la communauté vivante. Selon RAMADE (1998), l'impact des eaux usées sur la faune se manifeste par la diminution de la diversité spécifique, le polluant élimine un nombre important d'espèces, tandis que les espèces tolérantes à la pollution se mettent à pulluler. L'impact des polluants hydriques sur la flore est différent d'une espèce à une autre. Les espèces végétales les plus sensibles sont caractérisées par un taux de mortalité très élevé dès le contact avec des polluants (il s'agit surtout d'espèces bio-indicatrices de pollution) (RAMADE, 1998).

V-5 Normes de potabilité

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur, qui permet de protéger les personnes dont la santé est les plus fragiles (Zanat, 2009).

Tableau 3: Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable **(OMS, 2003).**

Substances	Unité	Normes OMS	Normes algériennes
Turbidité	NTU	<2,5	<2
Température	C°	<25	
TA	mg/L	<15	<5
TAC	mg/L	<15	<
Calcium	mg/L	<270	<200
Magnésium	mg/L	<50	<150
Chlorure	mg/L	<250	<500
Concentration en Ions hydrogène	pH	≥ 6,5 et ≤9,5	≥ 6,5 et ≤9
Dureté	mg/L de $CaCO_3$	<500	<500
Conductivité à 20°C	µS/cm	<2100	<2800
Ammonium	mg/L	<0,5	<0,5
Potassium	mg/L	<20	<12
Aluminium	mg/L	<0,2	<0,2
Cadmium	µg/Λ	<3	<3
Cuivre	mg/L	<2	<2
Oxygène dissous	O_2	<6,5	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/L	< 1,5 mg/1(jusqu'a10)	<1,5
Fer	mg/L	<0,3	<0,3
Manganèse	mg/L	<0,4	<0,05
Nitrate	mg/L	<50	<50
Nitrite	mg/L	<0,1	<0,1
Oxydabilité	mg/L	<5	<5
Sulfate	mg/L	<400	<400
Zinc	mg/L	<3	<5
Phosphate	mg/L	<0,5	<0,5
Cyanure	mg/L	<0,07	<0,07
Résidu sec	mg/L	<1500	<2000

CHAPITRE 02 :

Les étapes de traitement physique, chimique et biologique

I- Introduction

Presque toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies (choléra, typhoïde, saturnisme (plomb), moustiques transmettant différentes maladies, diarrhées, etc.). Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée.

La filière de traitement d'une station de potabilisation de l'eau dépend d'une part de l'eau brute elle-même (provenance, substances contenues, qualité intrinsèque) et, d'autre part, du cadre législatif et réglementaire régissant l'eau de boisson de leur côté, les procédés doivent répondre chacun à des conditions particulières qui assureront leur bon fonctionnement. Tous ces éléments doivent être pris en compte dans le choix des procédés d'une chaîne de traitement. Cette approche globale s'applique aussi bien à la conception des nouvelles stations qu'à l'agrandissement ou à la modernisation des anciennes (Aoualmia et Gasmallah,2015).

II- Définition des objectifs du traitement :

Les objectifs du traitement peuvent être répartis en deux groupes :

La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques.

La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie (Djerbi et Talhi,2020).

III- Filières de traitements des eaux de surface :

Pour traiter une eau, il faut généralement combiner plusieurs traitements élémentaires dont les bases peuvent être physiques (techniques séparatives), chimiques (oxydation et désinfection) ou biologiques, qui ont pour effet d'éliminer ces matières en suspension, puis les substances colloïdales et enfin certaines substances dissoutes (minérales ou organiques). (Bouzid, 2005).

IV- Elimination des particules en suspension :

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres, de la ta dissolution de substances minérales et de la décomposition de substances organique. A cet apport naturel, il faut ajouter les déversements d'eaux d'égout domestique, industrielles et agricoles. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matières inorganique (particules de glaise et d'argile) alors que sa couleur est imputable à des particules de matière organique et d'hydroxyde de métal (le Fer) *(BIREECH,2006).*

IV-1- Taille des particules en suspension

On peut classer les particules en fonctions de leur taille. Ainsi, les particules dont le diamètre est supérieur à 1µm sont les particules de matières organiques ou inorganiques qui se déposent facilement, supérieur à particules dont le diamètre est inférieur à 1µm sont des particules colloïdales qui se déposent très lentement. Le tableau ci-dessous, indique les temps nécessaires à des particules de densité et de diamètre différents pour chuter de 1m dans une eau à 15°C.

Les particules de matières minérales de densité élevée (≈2,65) et de faible diamètre (–<0,001mm) se déposent très lentement et ne sont pas éliminées par un décanteur classique. Les particules de matières organiques, quant à elle, ont une densité faible ; elles se déposent donc encore plus lentement *(B*IREECH,2006).

Tableau 4: temps requis pour que les particules de densité 2,65 ;2,0 ;1,1 chutent de dans une eau à 15^0C **(Jean RODIER,2009).**

Type de particule	Diamètre (mm)			
		Densité de 2,65	Densité de 2,0	Densité de 1,1
Gravier	10,0	0,013 s	0,02 s	0,20 s
Sable grossier	1.0	1,266 s	2,09 s	20,90 s
Sable fin	0,1	126,66 s	3,48 min	34,83 min
Glaise	0,01	3,52 h	5,80 h	58,0 h
Bactéries	0,001	14,65 j	24,19 j	241,9 j
Colloïdales	0,0001	4,12 a	6,66 a	66,59 a
Colloïdales	0,00001	412,2 a	665,9 a	6659 a
Colloïdales	0,000001	41222,7 a	66590 a	665905 a

IV-2- Le dégrillage :

C'est le premier poste de traitement qui permet de protéger les ouvrages avals de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute (corps flottants et gros déchets tels que des branchages et des cailloux et même des animaux aquatiques, etc.), qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. L'installation de dégrillage se compose : d'un canal, de la grille du dégrilleur et d'une benne pour les déchets (Aoualmia et Gasmallah,2015).



Figure 3: Dégrilleur pour prétraitement.

IV-3-Le tamisage :

Le but de ce dispositif est de piéger les particules solides charriées par les eaux et les matières en suspension de granulométrie comprise entre 200 et 500 µm sables, graviers, feuilles ou de morceaux de plastique. Brièvement il permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage (Aoualmia et Gasmallah,2015).

L'eau passe dans des tamis de maille de plus en plus fine retenant les débris végétaux et animaux, les insectes, les mollusques, les crustacés d'eau douce, les alluvions, les herbes puis les algues et le plancton *(Alaimia et Bahar,2021).*



Figure 4: **Tambours filtrants (pour tamisage et micro-tamisage)**

IV-4-Coagulation :

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



Figure 5: le bassin de coagulation.

IV-4-1- Coagulants utilisés

Les principaux coagulants utilisent pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : le sulfate d'alumine Al2(SO4)3, l'aluminate de sodium NaAlO2, le chlorure d'aluminium AlCl3, le chlorure ferrique FeCl3, le sulfate ferrique Fe2(SO4) 3, le sulfate ferreux FeSO4, le sulfate de cuivre CuSO4 et les poly électrolytes. Les produits les plus utilisées pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer. (RAYMOND DES JARDINS., 2007)

Lorsqu'on additionne à l'eau les sels d'aluminium ou de fer, ces dernières réactions réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes, Al (OH) 3 Fe (OH) 3, insolubles et formant un précipité. Les principales réactions de l'aluminium sont (RAYMOND DES JARDINS., 2007) :

$$Al_2(SO_4)_3, 14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2 + 14H_2O \quad (II.1)$$

$$Al_2(SO_4)_3, 14H_2O + 6NaHCO_3 \rightleftharpoons 2Al(OH)3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2 + 14H_2O \quad (II.2)$$

$$Al_2(SO_4)_3, 14H_2O + 3Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 14H_2O \quad (II.3)$$

IV-4-2- Facteurs influençant la coagulation

IV-4-2-1- 1Influence du pH

Le pH est la variable la plus importante à prendre en considération au moment de la coagulation. Pour chaque eau il existe une plage de pH pour laquelle la coagulation a lieu rapidement, plage qui est fonction de la coagulation utilisée, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter, lorsque la coagulation se produit hors de cette plage optimale, il faut soit augmenter la quantité de coagulant, soit se contenter d'une eau de moins bonne qualité. (RAYMOND DES JARDINS., 2007)

Pour les sels de fer et d'aluminium, les plages de pH optimales s'étendent respectivement de 4 à 6 et de 5 à 7, pour certaines eaux, il faut parfois corriger le pH à l'aide de divers produits (acides, chaux ou soude). Pour baisser le pH, il est plus avantageux, dans certains cas, d'augmenter la quantité de coagulant. (RAYMOND DES JARDINS., 2007)

IV-4-2-2 Influence de la turbidité

La turbidité des eaux de surface est en grande partie due à la présence de particules de glaise dont le diamètre varie de 0.2 à 5.0 µm. Il s'agit donc là de grosses particules colloïdales qui peuvent se déposer naturellement. La coagulation de ces particules est assez facile à réaliser lorsqu'on maintient le PH dans sa plage optimale. On peut faire par ailleurs les constations générales suivantes : (RAYMOND DES JARDINS., 2007)

1) Il faut ajouter une concentration minimale de coagulant pour obtenir une certaine quantité de floc.

2) Lorsque la turbidité augmente, il faut augmenter la concentration de coagulant. L'augmentation de la quantité de coagulant ne varie toutefois pas de façon linéaire en fonction de l'augmentation de la turbidité.

3) Lorsque la turbidité est très élevée, la quantité de coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est très élevée. Par contre, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile.

4) La matière organique adsorbée sur les particules de glaise n'exerce aucune influence sur la quantité du coagulant nécessaire.

5) Lorsque la turbidité est due à des particules de diamètres variés, il est plus facile d'effectuer la coagulation et lorsqu'elle est imputable à des particules de diamètres sensiblement égaux.

6) La coagulation d'une faible concentration de particules de glaise dépend principalement du coagulant et de composition chimique de l'eau.

7) il est toujours plus difficile de coaguler les eaux contaminées par des eaux d'égout domestiques et industrielles, car ils exigent des concentrations de coagulant plus importantes que les eaux non contaminées.

IV-4-3- Étapes d'élimination des charges lors de la coagulation :

- Ajout du coagulant : Introduction de coagulants chimiques comme le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique ou le polychlorure d'aluminium (PAC) dans l'eau brute.

- Neutralisation des charges : Les coagulants neutralisent les charges électriques négatives des particules colloïdales présentes dans l'eau.

- Formation de microflocs (Microfloculation): Les particules neutralisées commencent à s'agglomérer en petits agrégats appelés microflocs.

- Formation de macroflocs (Macrofloculation): Les microflocs se combinent pour former des flocs plus gros et plus visibles appelés macroflocs.

- Sédimentation des flocs (Précipitation des flocs): Les macroflocs, étant plus lourds, précipitent et se déposent au fond du bassin de sédimentation (Benjamin et Lawler, 2013).

IV-5- La floculation

V-5-1- Introduction

Après avoir été déstabilisées les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquels sont provoqués par la différence de vitesse entre ces particules. Cette différence de vitesse peut être imputable :

- au mouvement brownien des particules (floculation péri cinétique) ;

- au déplacement d'une partie de fluide (floculation ortho cinétique) (Jean,2009).



Figure 6: le bassin de floculation

IV-5-2- Floculation péri cinétique

En cas de floculation péri cinétique, Fp, les contacts entre les particules sont causés par le mouvement aléatoire de celle-ci, dit mouvement brownien. (JEAN, 2009).

IV-5-3- Floculation ortho cinétique

On appelle floculation ortho cinétique, FO, la floculation provoquée par l'agitation de l'eau. L'agitation facilite l'agrégation en augmentant la probabilité des collisions entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps. En caractérise la variation de la vitesse du fluide dans l'espace à l'aide d'un gradient de vitesse, G. (JEAN, 2009).

IV-5-4- Types de floculateurs

IV-5-4-1- Floculateur à écoulement horizontal :

On peut décrire la floculation ortho cinétique dans un bassin de floculation classique (à écoulement horizontal) à l'aide de l'équation de Von Smoluchowski, soit

$$\frac{dn}{dt} = \frac{G}{6} n_1 n_2 (d_1 + d_2)^3 \quad (.10)$$

Ou dn/dt : taux de collision entre les particules de type I et de type 2

G : gradient de vitesse

n_1 : nombre de particules de type 1

n_2 : nombre de particules type 2

d_1 : diamètre des particules de type 1

d_2 : diamètre des particules de type 2

Les paramètres de type 1 peuvent être des particules responsables de la couleur de la turbidité, alors que les particules de type 2 peuvent être des particules de floc.

Dans un Floculateur classique, l'agitation est causée par un ensemble de pales parallèles à l'axe de rotation, ensemble qui tourne à une vitesse constante. (JEAN, 2009).

IV-5-4-2- Floculateur à voile de boues :

Dans un Floculateur à voile de boues, l'écoulement de l'eau à lieu vers le haut, ce qui permet de maintenir un voile de boue en suspension. Ce voile de boue est situé dans une zone de légère turbulence, ou les collisions entre les particules sont favorisées par la forte concentration de ces dernières. Les théories actuelles concernant les mécanismes de floculation dans ces conditions étant incomplètes, elles ne permettent pas de décrire adéquatement le phénomène.

Dans un Floculateur à voile de boues, comme dans un Floculateur classique, les collisions entre les particules sont favorisées par le brassage. Cependant, dans un voile de boues, la concentration de particules est beaucoup plus élevée, ce qui accroît les probabilités de collision.

Le tableau suivant présente les vitesses de chute typiques de différentes particules de floc. Il est important de signaler que Q est fonction de la vitesse de l'eau dans le Floculateur. Pour un floc d'alum ou de chaux, la valeur de facteur Q oscille entre 0.06 et 0.10. Avec un rapport de vitesse Vv/Vp-0.5, on obtient, à l'aide de l'équation ; Q=0.076, valeur qu'on peut utiliser pour le design d'un Floculateur à voile de boue (JEAN,2009).

Tableau 4: les vitesses de chute typiques de différentes particules de floc **(JEAN., 2009).**

Type de floc	Vitesse de chute à 15ºc(mm/h)
Floc d'alum fragile (couleur)	0,61-1,22
Floc d'alum moyen(algue)	1,02-1,52
Floc d'alum résistant (turbidité)	1,22-1,78
Floc résistant (adoucissement chaux-soude)	1,22-1,78
Floc (précipité de CaCO3)	2,03-3,35

IV-6- La Décantation

IV-6-1- Introduction

La décantation, procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les stations d'épuration et de traitement , a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration. (LUNA, 1972).

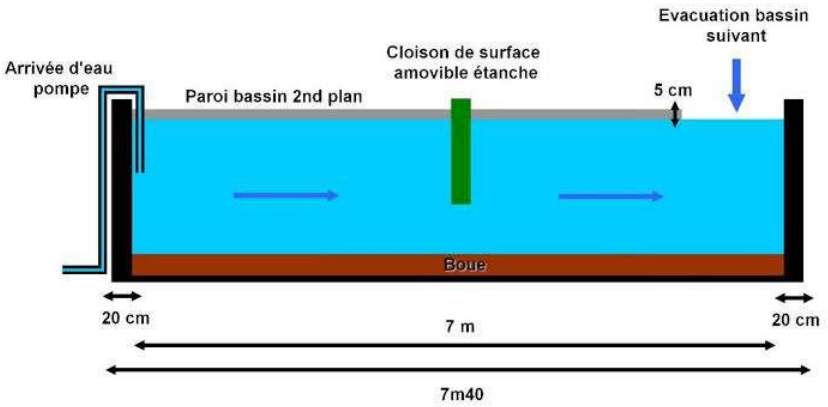


Figure 7: Schéma représente bassins de décantation

IV-6-2- Différents modes de décantation

Selon la concentration en solides et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

IV-6-2-1- Décantation de particules discrètes :

Ce type de décantation (dite discrète ou individuelle) est caractérise par le fait que les particules conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est indépendante de la concentration en solides : c'est pourquoi les lois classiques de Newton et de Stokes c'appliquent ici. On retrouve ce type de décantation dans les dessableurs. (LUNA, 1972).

IV-6-2-2- Décantation de particules floculantes :

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les Propriétés physiques de ces particules (forme, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus. On retrouve ce type de décantation dans les stations de traitement des eaux et dans les décanteurs secondaires des stations d'épuration. (LUNA, 1972).

IV-6-2-3- Décantation freinée

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et, par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant. On retrouve ce type de décantation dans la partie profonde des décanteurs (LUNA, 1972).

IV-6-2-4- Décantation en compression de boue :

Dans ce type de décantation, les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone, le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaississeurs de boues par gravité (LUNA, 1972).

IV-6-3- Principe de la décantation

Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur, qui est l'élément moteur, permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement. La force résultante en est la différence. STOKES a établi à partir de ces données, la loi qui permet de calculer la vitesse limite de chute d'une particule (*LUNA,1972).*

$$v_t^2 = \frac{4}{3}\frac{d_p(ps-pi)g}{C_{Dpi}} \quad \text{(II.4)}$$

$$C_D = aRe^n \quad \text{(II.5)}$$

Avec

v_1 : vitesse limite de chute de la particule (m/s)

d, diamètre de la particule (m)
CD : coefficient de traînée

ρ_s: masse volumique du solide (kg/m³)

ρl: masse volumique du fluide (kg/m³)

g: accélération de la pesanteur (m/s²)

a, n constantes

Re : nombre de Reynolds particulaire

Vp : vitesse de la particule (m/s)

a et n sont fonction du régime :

Laminaire (10 <Re, <1) ; a=24, n=1

Intermédiaire (1 <Re, < 10^3) ; a= 18,5, n = 0,6

Turbulent (10^3 <Re < 2.10^5) ; a = 0,44

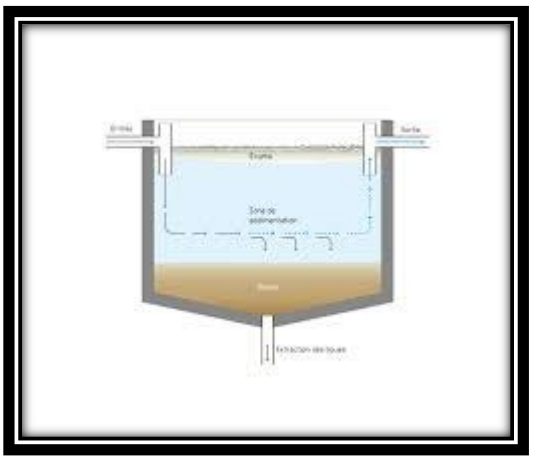


Figure 8: Décanteur

IV-7- La filtration

L'eau circule plus ou moins rapidement à travers des membranes ou des filtres constitués de matériaux comme le sable et le charbon actif. Les filtres à sable, en début de filière, retiennent notamment le fer et le manganèse. Les filtres à charbon actif, placés en fin de filière, absorbent les composés organiques résiduels (JEAN,2009).

IV-7-1-Les différents procédés de filtration :

Le but de la filtration est de séparer les constituants d'un mélange liquide -solide par passage à travers un milieu filtrant. Cette opération est beaucoup plus rapide que la sédimentation : elle est donc plus utilisée.

On récupère après filtration soit le solide, soit le liquide (récupération d'eaux usées avant traitement et après sédimentation), soit le liquide et le solide (opération de recristallisation). (JEAN,2009).

IV-7-1-1- Matériaux des filtres :

Selon le type de filtre adopté, on a recourt à divers matériaux filtrants ; on utilise ainsi :

- Des tissus de fibres, des toiles métalliques ou des pierres poreuses à interstices très fins. Ces matériaux retiennent les solides en surface ; on les utilise rarement pour traiter des quantités d'eau



Figure 9: pierres poreuses

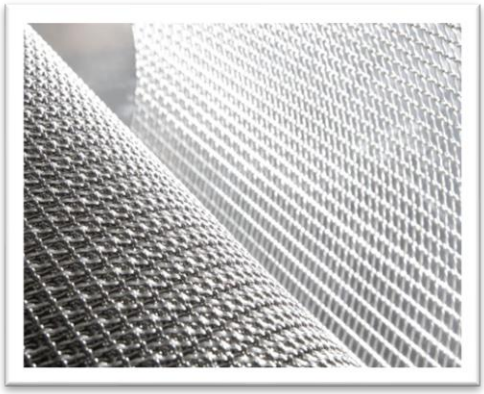


Figure 10: toiles métalliques

b) Des granules libres qui n'adhèrent pas les unes aux autres. Ces matériaux sont insolubles et inattaquables par le liquide filtré ou par les solides qui s'y déposent. La filtration a lieu soit en surface, soit en profondeur, selon les caractéristiques granulométriques du matériau filtrant et selon la grosseur et la cohésion des solides en suspension.

Le sable, l'anthracite et l'ilménite sont couramment utilisés dans les usines de traitement des eaux.

IV-7-1-2- Filtration sur sable rapides

Le filtre à sable rapide est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation. Le matériau filtrant est maintenu en place par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas. Lorsque le milieu filtrant est encrassé, on lave le filtre en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ; le milieu filtrant est alors en expansion, et les particules

d'impuretés, beaucoup moins denses que les grains de sable, sont décollées et évacuées vers l'égout à l'aide des goulottes de lavage.

Selon le cas elle se met en œuvre dans des appareils ouverts (à écoulement gravitaire) ou fermés sous pression à des vitesses allant de 4 à 50m3.h-1. m-2. On l'appelle rapide par contraste avec les anciennes installations de filtration lente. (JEAN,2009).

IV-7-1-3- Filtration à sable lents

Les filtres à sable lents doivent être construits de telle sorte que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées près de la surface du sable. Ces particules forment une couche poreuse très fine, dont la surface totale de veinules ou de pores est très grande, ce qui facilite l'adsorption des impuretés par cette couche ou par le sable sous-jacent. Cette couche poreuse est constituée de bactéries, d'algues et de protozoaires. La filtration lente combine donc les effets de processus physiques et de processus biologiques. (JEAN,2009).



Figure 11: bassin de filtration

IV-7-1-4 Filtration sur céramique:

Les filtres céramiques utilisent des membranes poreuses pour éliminer les bactéries, les protozoaires et certains virus. Ils sont souvent utilisés dans les systèmes de filtration domestique et en situation d'urgence (Sobsey et al., 2008).

Avantages :

- Élimination efficace des micro-organismes pathogènes. Longue durée de vie des membranes comparée à d'autres types de filtres.

-Peut être utilisée sans électricité dans des environnements à ressources limitées. Désavantage :

- Nécessite un nettoyage régulier pour maintenir son efficacité.

- Moins efficace pour éliminer les contaminants chimiques et les ions dissous par rapport à d'autres technologies comme l'osmose inverse.

V- Désinfection

Les maladies d'infection causées par les bactéries pathogènes, les virus, les parasites protozoaires sont parmi les plus courantes et étendent les risques sanitaires de l'eau potable. Les personnes sont contaminées par ces microorganismes à travers l'eau potable contaminée.

La plupart des microorganismes pathogènes est éliminée de l'eau lors des précédentes phases de traitement. Cependant, la désinfection de l'eau est encore nécessaire afin d'empêcher que l'eau potable soit nocive pour notre santé. La désinfection est un traitement qui permet d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma. (HASLAY,1993).

V-1- Différent modes de désinfection

Tous les procédés et les produits de désinfection n'étant pas équivalents, il faut choisir le procédé le plus approprié, compte tenu de certaines conditions particulières (caractéristiques et usages de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) et sachant qu'un désinfectant ou un procédé de désinfection doit : (HASLAY,1993).

a) Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux ;

b) être toxique, à de faibles concentrations, pour les microorganismes ;

c) être soluble dans l'eau ;

d) former avec l'eau une solution homogène ;

e) Être efficaces aux températures normales de l'eau de consommation (0 à 25°c).

f) être stable, afin de favoriser le maintien d'une certaine concentration résiduelle pendant de longues périodes de temps ;

g) ne pas réagir avec la matière organique autre que celle des microorganismes ;

h) ne pas détériorer les métaux ni endommager les vêtements lors de la lessive ;

i) éliminer les odeurs ;

j) exister en grande quantité et être vendu à un prix abordable ;

k) être facile à manipuler et ne faire courir aucun danger aux opérateurs ;

L) permettre une mesure aisée de sa concentration.

V-2- Facteurs fondamentaux de la désinfection

Le taux de destruction des microorganismes par un désinfectant est fonction de plusieurs variables : puissance du désinfectant, concentration de désinfectant, temps de contact, nombre de microorganismes à éliminer, type de microorganismes, température de l'eau, pH de l'eau et concentration de matières organiques dans l'eau. Il n'existe actuellement aucune loi mathématique connue qui permette de calculer le taux de destruction des microorganismes en fonction de ces variables. Cependant, sur la base de mesures effectuées en laboratoire, on peut énoncer certaines règles particulières (*H*ASLAY,1993).

V-2-1 Influence du temps de contact

Lors de la désinfection de certaines eaux, on a constaté que le taux de destruction des microorganismes variait avec le temps de contact. Pour tenir de ce phénomène, il est préconisé de modifier la loi de Chick comme suit :

$$dN/dt=-k.t.\ N \qquad (II.7)$$

Où k et m'sont des constantes.

En intégrant l'équation est en supposons que $N=N_0$ lorsque t=0. On obtient :

$$Ln(N/N_0)= -k\ .t/m+1 \qquad (II.8)$$

Si m <1, le taux de destruction décroit avec le temps, et si m> 1, le taux de destruction croît avec le temps. On peut évaluer les constantes k et m en traçant la variation du logarithme de [-In (N/N_0)] en fonction du logarithme du temps de contact. On a ainsi constaté que le taux de destruction des bactéries coliformes obtenu par une désinfection au chlore satisfaisait à l'équation lorsque m=1.

V-2-2- Influence de la concentration de désinfectant

Dans le cadre de certaines limites, on a observé que l'efficacité de certains désinfectants variait avec leur concentration. On peut décrire l'influence de la concentration de désinfectant à l'aide de la relation empirique suivante :

$$C.tp=cst \qquad (II.8)$$

Où :

C : concentration de désinfectant

tp : temps de contact requis pour obtenir un taux P (%) d'élimination des microorganismes

n: coefficient qui caractérise le type de désinfectant

cst : constante équivalente à chaque désinfectant

On évalue expérimentalement les constantes de l'équation II.2 en traçant la variation du logarithme de la concentration de désinfectant en fonction du logarithme du temps de contact requis, tp. La pente de la droite ainsi obtenue a une valeur de -1/n. Lorsque n> 1, on peut dire qu'une faible baisse de la concentration du désinfectant doit être compensée par une

augmentation importante du temps de contact. C'est l'inverse lorsque n < 1. Si n = 1, le temps de contact et la concentration du désinfectant ont la même importance. (HASLAY, 1993).

V-2-3- Température

La température a aussi une influence sur l'efficacité de la désinfection. Une hausse de la température augmente souvent la vitesse de la réaction et de la désinfection. Une hausse de la température peut aussi décroître la désinfection, parce que le désinfectant se désintègre et devient volatil. (HASLAY,1993).

V-3- Désinfectants

La désinfection de l'eau peut être réalisée à partir de plusieurs désinfectants. Les plus utilisés sont :

-le chlore, CL_2

-L'hypochlorite de sodium, NaOCl

-Le dioxyde de chlore, $C1O_2$

-Les chloramines, NH_2C1

-Peroxyde d'hydrogène, H_2O_2

-Ionisation cuivre/argent

- Autres désinfectants incluant l'ozone et les UV (HASLAY,1993).

V-3-1 Le Chlore

Le chlore est l'un des désinfectants les plus utilisés. Il est facilement applicable et très efficace contre la désactivation des microorganismes pathogènes. Le chlore peut être facilement appliqué, mesuré et contrôlé. Il est assez persisté et relativement bon marché.

Le chlore tue les organismes pathogènes tels que les bactéries et les virus en cassant les liaisons chimiques de leurs molécules. (HASLAY,1993).

V-3-1-1- Aspects chimiques de la chloration

Le chlore gazeux et les hypochlorites réagissent rapidement dans l'eau pour former de l'acide hypochloreux, HOC1, qui est le produit actif dans la désinfection.

- Réaction du chlore gazeux

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOC1 + Cl^- + H^+$$

- Réaction de l'hypochlorite de sodium

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOC1 + Na^+ + OH \qquad (II.10)$$

- Réaction de l'hypochlorite de calcium

$$Ca\,(OCl)_2 + 2H_2O \rightarrow 2HOC1 + Ca^{2+} + 2OH \qquad (II.11)$$

Tableau 5: temps de désinfection pour différents types de micro-organismes pathogènes avec de l'eau chloré **(Raymond des Jardins, 2007).**

E. coli bacterium	< 1 minute
Hepatitis A virus	Environ 16 minutes
Giardia parasite	Environ 45 minutes
Cryptosporidium	Environ 9600 minutes (6-7 jours)

V.*3.2. Hypochlorite de sodium NaOCl*

L'hypochlorite de sodium est un composé qui peut être utilisé efficacement dans le cadre de la purification de l'eau. Il est utilisé pour de nombreuses applications telles que la purification de surface, le blanchiment, l'élimination d'odeurs et la désinfection de l'eau. La compagnie Javel introduisit ce produit et le baptisa 'liqueur de Javel'. En additionnant de l'hypochlorite à l'eau, de l'acide hypochlorite (HOCI) est formé : (HASLAY,1993).

$NaOCl + H2O \rightarrow HOCI + NaOH-$



Figure 9: conteneurs d'hypochlorite de sodium

V-3-2-1- Avantages :

L'hypochlorite de sodium comme désinfectant a les avantages suivants :

- Il peut être facilement transporté et stocké lorsqu'il produit sur site.
- Son dosage est simple.
- Le transport et le dosage de l'hypochlorite de sodium est sûr.
- L'hypocrite de sodium est aussi efficace que le chlore gazeux pour la désinfection.
- L'hypochlorite de sodium produit des désinfectants résiduels.

V-3-2-2- Désavantages

- L'hypochlorite de sodium est une substance dangereuse et corrosive.
- Lorsque l'on travaille avec de l'hypochlorite de sodium des mesures de sécurité doivent être prises pour protéger les travailleurs et leur environnement.
- L'hypocrite de sodium ne devrait pas rester en contact avec l'air, car cela peut provoquer sa désintégration.
- L'hypochlorite de sodium et le chlore ne désactivent pas les Giardia Lambia et Cryptosporidium *(Alaimia et Bahar,2021).*

V-3-3- Dioxyde de chlore

Le traitement de l'eau potable est la principale application de désinfection du dioxyde de chlore. Grâce à ses facultés de biocide, le dioxyde de chlore est aussi utilisé dans la désinfection des eaux d'égout, les procédés industriels de traitement de l'eau, la désinfection de l'eau des tours de refroidissement, le traitement de l'air industriel, production et traitement de produits alimentaires, l'oxydation des rejets industriels et la stérilisation de gaz d'équipement médical (HASLAY,1993).



Figure 10: Générateur de dioxyde de chlore

V-3-4- Les chloramines NH_2C1

Les chloramines sont formées lors d'une réaction entre le dichlore (C12) et l'ammoniac (NH3). Ce sont des amines qui contiennent au moins un atome de chlore, qui est directement lié à un atome d'azote (N). Lorsque les chloramines sont utilisées comme désinfectant, l'ammoniac est ajouté au chlore pour traiter l'eau.

Les chloramines sont aussi efficaces que le chlore pour la partie qui concerne la désactivation de bactéries ou autres micro-organismes, cependant le mécanisme de réaction est plus lent.

Les chloramines peuvent tuer les bactéries par pénétration de la cellule et blocage du métabolisme. Les chloramines primaires sont les plus efficaces en tant que désinfectant. Elles réagissent directement avec les aminoacides présents dans l'ADN. Pendant la désactivation des microorganismes, les chloramines détruisent les cellules qui protègent les virus (HASLAY,1993).

Les chloramines restent actives plus longtemps dans les canalisations. Cela provient du fait qu'il faut un long moment avant de pouvoir les casser.

Les chloramines ne provoquent pas de gouts ou d'odeurs désagréables et sont relativement inoffensifs.

V-3-4-1- Les avantages

- Peu de sous-produits créés par la désinfection.
- Les chloramines restent actives pendant de longues périodes.
- Les chloramines améliorent le gout et l'odeur de l'eau.
- La désinfection par les chloramines peut être améliorée en augmentant la température.

V-3-4-2- Les désavantages

- Lorsque des grandes quantités de matières organiques sont présentes dans l'eau, l'azote organique permet la formation de chloramines organique.
- Le principal désavantage des chloramines est qu'ils sont moins réactifs que le chlore pour l'élimination des microorganismes pathogènes.
- Des quantités importantes d'ammoniac servent de nutriments pour les bactéries dans l'eau, ce qui peut causer des niveaux en nitrate trop importants dans l'eau.
- Lorsque les chloramines sont éliminées chimiquement, de l'ammoniac peut persister dans certains cas, et ainsi provoquer la corrosion *(Alaimia et Bahar,2021).*

V-3-5- Peroxyde d'hydrogène H_2O_2

Le peroxyde d'hydrogène est un composé polyvalent, il peut être utilisé pour beaucoup d'applications. Il peut aussi bien être utilisé pour l'air que pour l'eau, l'eau usée ou le sol. Il est parfois combiné avec d'autres agents, pour améliorer et accélérer les procédés. Le peroxyde d'hydrogène est plus communément utilisé pour éliminer les polluants de l'eau et de l'air. (HASLAY,1993).

V-3-5-1- Avantages

Contrairement aux autres substances chimiques, le peroxyde d'hydrogène ne produit pas de résidus ou de gaz La sureté de son application dépend de la concentration mise en jeu, car le peroxyde d'hydrogène est complètement soluble dans l'eau.

V-3-5-2- Désavantages

- Pour des désinfections au peroxyde d'hydrogène, des concentrations très importantes sont requises.
- Le peroxyde d'hydrogène se décompose lentement en eau et en oxygène. Une élévation de la température et la présence de pollution peuvent accélérer le procédé.
- L'efficacité du peroxyde d'hydrogène dépend de plusieurs facteurs, tels que le pH, les catalyseurs la température, la concentration en peroxyde et le temps de réaction *(Alaimia et Bahar,2021).*

V-3-6- Désinfection par l'ozone O_3

L'ozone est un gaz instable composé de molécules d'oxygène triatomique. Puisque l'ozone se décompose rapidement en oxygène, on doit le produire immédiatement avant son utilisation, grâce à l'émission d'un effluve électrique sous haute tension dans une atmosphère contenant de l'air sec. Dans la production de l'ozone, les coûts imputables à l'énergie électrique utilisée et à l'entretien sont très importants.

Le pouvoir désinfectant de l'ozone est de 10 à 100 fois supérieur à celui du chlore, et ce pour tous les types de microorganismes. Il est même efficace contre les spores et les kystes, qui sont pourtant les microorganismes les plus résistants (HASLAY,1993).



Figure 11: Générateur d'ozone

V-3-7- Désinfection par rayonnement Ultra-violet

Durant les 100 dernières années, la science a pu identifier les effets bactéricides du rayonnement UV du spectre électromagnétique.

Les longueurs d'ondes spécifiques responsables de ces effets sont celles situées entre 240 et 280 nm, avec un pic à 253.7 nm. Ces longueurs d'onde sont situées dans le domaine des UV.

Lorsqu'un micro-organisme est exposé à un rayonnement UV, le noyau de la cellule est atteint, et la duplication de l'ADN est stoppée. Les rayonnements UV ont un effet sur l'ADN, l'acide nucléique et les enzymes. Les organismes pathogènes sont donc inactivés ou détruits. (HASLAY,1993).



Figure 12: *désinfecteur ultra-violet (UV).*

VI- Procédés physico-chimiques :

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau, utilisé pour le traitement de potabilisation ou le traitement d'eau usée.

Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement : les colloïdes.

VI-1- L'adsorption et l'échange d'ions

VI-1-1- L'adsorption

L'adsorption est un phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide. Ce phénomène est utilisé pour "récupérer" des molécules indésirables de fluide (liquides ou gazeuses) dispersées dans un solvant.

L'adsorption est favorisée :

- Pour l'adsorbant, par une faible granulométrie (la taille des grains doit être proche de la taille moléculaire), donc une grande surface spécifique (la surface accessible aux solutés doit être maximale).
- Pour l'adsorber, une masse moléculaire élevée.

Principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif, obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (on dégage les cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre

(on obtient des pores de quelques um de dimension), soit sous forme de grain. Le charbon actif peut être régénéré (par désorption) selon trois procédés (à la vapeur, thermique, chimique). Le charbon actif utilisé possède une grande surface d'adsorption d'environ 900m²/g.

L'adsorption est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air.



Figure 13: charbon actif en granulé



Figure 14: charbon actif en poudre

Pour le traitement de l'eau, on utilise en général du charbon actif en grains, en raison des possibilités de réactivation. L'adsorption sur charbon actif est destinée à traiter des matières organiques réfractaires, ne se trouvant pas en quantité trop importante.

L'adsorption sur charbon actif intervient au niveau tertiaire dans les chaines de traitement des eaux (pour l'affinage), ou pour extraire des métaux lourds d'eaux résiduaires industrielles. (*Labiod et al.,2019).*

VI-1-2- Les étapes d'adsorption :

Tableau 6: Les étapes d'adsorption

Etape 1	Transfert de la particule	Très rapide
Etape 2	Déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact du charbon	Rapide
Etape 3	Diffusion à l'intérieur du charbon sous l'influence du gradient de concentration	Lente
Etape 4	Adsorption dans une micropore	Très rapide

VI-2- La déferrisation – démanganésation

VI-2-1- La déferrisation :

Dans les eaux de surface, le fer se trouve généralement sous forme ferrique et précipitée, souvent associé aux matières en suspension. On le rencontre également sous forme ferreuse dans les couches profondes de certaines réserves d'eau en l'absence d'oxygène, ou dans les eaux souterraines. Le fer réduit (Fe^{2+}) est alors dissous et souvent complexé (*labiod et al.,2019).*

VI-2-1-1- Déferrisation physicochimique :

Cette technique, avec oxydation à l'air et filtration, a longtemps été la plus couramment utilisée.

VI-2-1-2- Élimination biologique du fer

De nombreuses bactéries sont susceptibles d'oxyder biologiquement le fer, en le fixant à l'intérieur ou à l'extérieur de leurs gaines.

Ces bactéries sont susceptibles de se développer dans des conditions où l'oxydation physico-chimique du fer n'est pas possible

VI-2-2- La démanganésation :

Dans les eaux naturelles, le manganèse est généralement présent sous forme soluble ionisée Mn^{2+} et MnOH Il peut former des complexes avec les bicarbonates, les sulfates et silicates présents en même temps, ains qu'avec certaines MO. Le manganèse est souvent présent dans les eaux naturelles en association avec le fer et l'ammonium. Mais il existe aussi des cas où le manganèse est présent seul (*labiod et al.,2019).*

VI-2-2-1- Élimination physico-chimique du manganèse :

Elle se fait par diverses méthodes comme :

- Oxydation par l'oxygène.
- Oxydation par le dioxyde de chlore.
- Oxydation par le permanganate de potassium.

- Oxydation par l'ozone (*labiod et al.,2019).*

VI-2-2-2- Élimination biologique du manganèse.

De nombreuses bactéries permettent, en milieu aérobie, une oxydation biologique du manganèse par l'oxygène.

Pour certaines bactéries, l'oxydation du Mn^2 est indirecte : elle est due à une augmentation du pH liée à la croissance de ces bactéries, ce qui permet l'oxydation de Mn^2 par l'oxygène à une vitesse appréciable. Pour d'autres bactéries, elle est due à l'action d'une enzyme intracellulaire. Pour d'autres enfin, le manganèse dissous commence par s'adsorber à la surface de la membrane cellulaire. Il est ensuite oxydé par voie enzymatique. Le manganèse se concentre alors en une gaine entourant la cellule ou un groupe de cellules.

Ces bactéries exigent, pour leur développement, un milieu relativement alcalin (pH > 7,5), dont le potentiel d'oxydoréduction doit être supérieur à 400 mV (ce qui correspond à une eau au voisinage de la saturation en O_2 dissous)

En revanche, si ce potentiel diminue fortement, certaines de ces bactéries sont capables de solubiliser (passage MnO2 à Mn^{2+}) le manganèse qu'elles ont précédemment accumulé.

De même en présence de matière organique facilement assimilables, des bactéries liées au carbone peuvent entrer en compétition avec les bactéries liées au Mn^{+2} dans la consommation de l'oxygène dissous, ce qui peut se traduire par une baisse du potentiel d'oxydoréduction et un relargage de Mn^{2+}, lors de périodes d'arrêt par exemple (*labiod et al.,2019).*

CHAPITRE 03 :
Matériel et Méthode

I- Présentation du potentiel hydrique dans la région d'étude :

Située au nord-ouest de l'Algérie, la wilaya de RELIZANE occupe une superficie de 4851 Km², abrite une population de 767.774 habitants, en 2022 regroupée au sein de 38 communes. La Zone de plaine est située à une côte inférieure à 100m. Le point culminant d'une altitude de 1850 m est situé sur le massif de L'Ouarsenis au lieu-dit "Bourakba". Cette cuvette à topographie presque plaine, plus étroite à l'amont, s'évase à l'aval jusqu'à atteindre quelques dizaines de Kilomètres de largeur au niveau du point de confluence Oued Cheliff -Oued Mina (ADE,2025).

I-1- Les ressources hydriques superficielles :

En matière d'hydrographie, laWilaya de Relizane est traversée principalement d'Est en Ouest par Oued Cheliff, et du Sud au Nord par l'Oued Rhiou et Oued Mina (ADE,2025).

La wilaya est dotée par deux grandes retenues de barrages caractérisés comme suit ;

I-1-1- Barrage de Sidi M'hamedBenaouda :

D'une capacité de 235 Millions de m³ alimente les secteurs suivants

- Commune de Relizane : 2 50 l/s .
- Commune de Sidi M'hamed Ben aouda 20 l/s.
- Centre commune Ben Daoud : 10 l/s
- Village Khachab commune Ben Daoud : 20l/s (ADE,2025).

I-1-2- Barrage Gargar:

D'une capacité de 450 Millions de m³ alimente les secteurs suivants ;

- Commune El-Hamri: 25 l/s
- Commune Ben Zeniths; 25 l/s (ADE,2025).

I-2- Présentation de station :

La station est constituée d'une installation pour la préparation d'un volume horaire net d'eau potable conditionnée de 720 m 3/h, complète avec ses tuyauteries, vannes, pompes,

Ventilateurs soufflants, dosages, système d'injection de produits chimiques et stockage de l'eau. Elle est constituée de deux stations {A} et {B} :

Station A :

- 02 bassins de coagulation.
- 02 bassins de floculation.
- 02 bassins de décantation.
- 06 bassins de filtration.

Station B :

- Un poste de mélange.
- 02 pompes de dosage pour le sulfate d'aluminium.
- 02 pompes de dosage pour le lait de chaux.
- 02 pompes de dosage pour l'adjuvant.
- Bassin de coagulation à 4 unités.
- Bassin de floculation à 4 unités.
- Bassin de décantation à 4 unités.
- 04 filtres
- 01 souté à eau épurée.
- 01 cuve anticorps de bélier.
- 01 pompe à boues.
- 02 soufflantes.
- 02 pompes à eau de rinçage.
- 02 pompes à eau épurée.
- 02 pompes pour dilution de chlore.
- 02 doseurs de chlore. (ADE,2025).

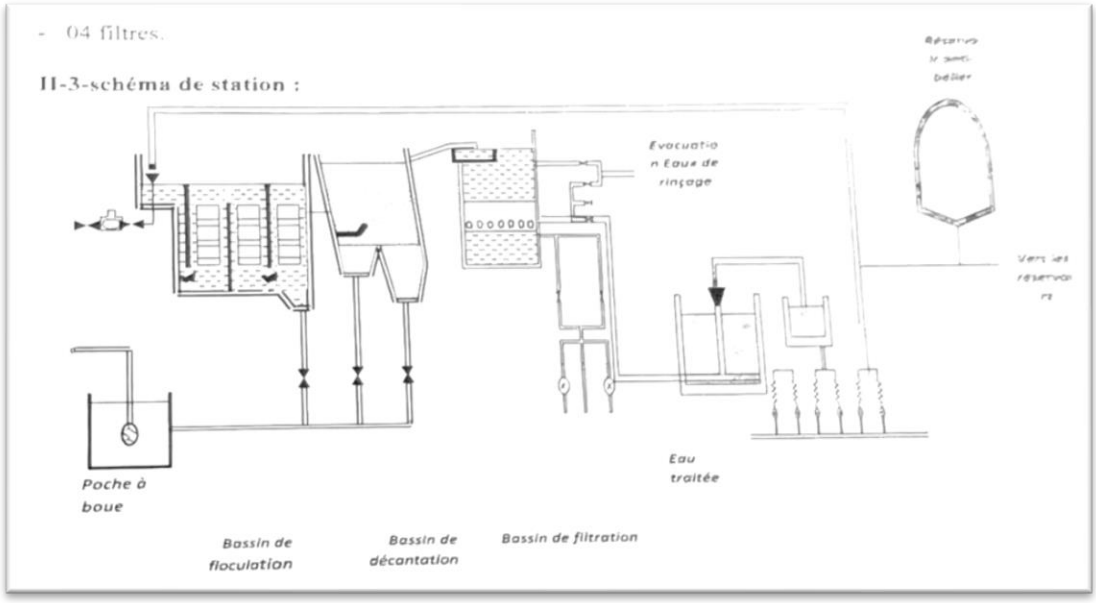


Figure 15: schéma de station B (ADE Relizane)

I-3- Cadre d'étude :

L'étude a été menée dans le laboratoire central de la qualité des eaux de l'A.D. E (Algérienne des eaux) à l'unité de Relizane ; qui est un laboratoire assure le contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau produite et distribuée à la ville de Relizane.

II- *Travail de laboratoire :*

Cette analyse se divise en deux parties distinctes : la première consiste en une analyse partielle effectuée pendant 20 jour, tandis que la deuxième porte sur une série d'analyses complète des stations A et B. L'objectif principal de ces analyses est d'assurer la bonne qualité de l'eau potable avant sa consommation.

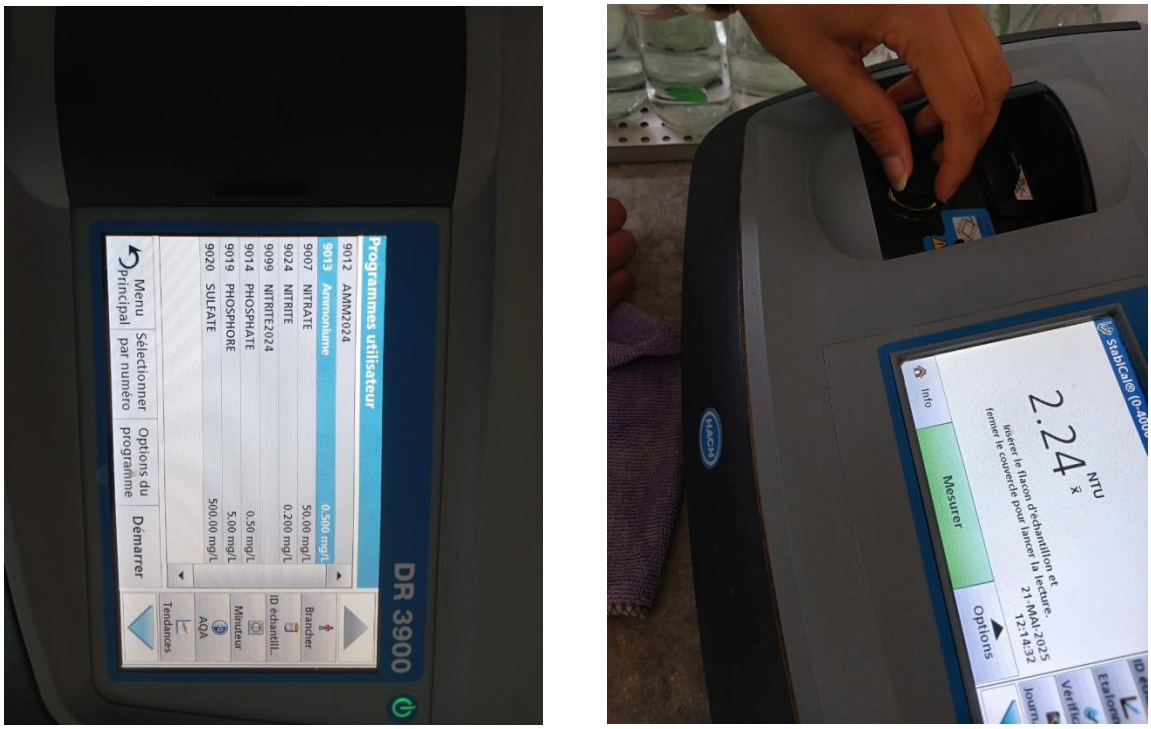


Figure 16: Equipement de laboratoire de la station du traitement de Relizane.

II-1- Echantillonnage prélèvement d'eau :

II-1-1- Prélèvement :

Le prélèvement se fait entre 8h00 et 12h30. Avant chaque prélèvement, l'eau est pompée pendant 3 à 4 minutes pour garantir le bon état de la tuyauterie. Ensuite, la bouteille de collecte et son couvercle sont rincés à trois reprises avec de l'eau, puis l'échantillon est prélevé, refermé et stocké dans la glacière. L'échantillon peut être conservé pendant quelques jours, mais il est préférable de procéder au dosage des éléments chimiques dès que possible. Pour éviter toute altération pendant la conservation, ils sont maintenus entre 1°C et 5°C.

L'étude a été menée à partir du 04 février jusqu'à le début du mois de mars 2025, au niveau L'ADE (station A et B).

III- *Analyse des propriétés physiques de l'eau :*

Ils sont effectués automatiquement et immédiatement, Il s'agit :

• Température, conductivité électrique, potentiel d'hydrogène, solide totaux dissous, salinité.

La mesure de ces derniers se fait à l'aide d'un conductimètre multifonctionnelle, tandis que le pH par le pH- mètre, selon les étapes suivantes :

✓ Allumer l'appareil, et rincer l'électrode par l'eau distillée plusieurs fois.

✓ Prendre environ 100ml d'eau à analyser dans un bécher.

✓ Tremper l'électrode dans le bécher.

✓ Laisser stabiliser un moment puis lit le résultat marqué dans l'écran de l'appareil, soit : (T°, CE, TDS, pH, sal).

• Turbidité est mesurée par turbidimètre ; Il basée sur la remplir d'une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique par l'eau à analyser bien homogénéisée et effectuer rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

• Matière en suspension est mesuré par Spectrophotomètre. Où les en Remplir une cuvette avec l'échantillon et lire directement au spectre.

IV- Analyse des propriétés chimiques :

IV-1- Détermination des concentrations par dosage colorimétrique à l'aide d'un Spectrophotomètre (Le résultat en mg/l) :

IV-1-1- Détermination du [NO^{-3}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes NaOH à 30%.
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°c pendant 8 heures.



Figure 17: Détermination du [NO^{-3}].

IV-1-2- Détermination du [NO^{-2}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 1 ml de réactif mixte.
- Laisser le mélange pendant 10 mn
- Résultat positive lorsque la coloration rose foncé
- Passer au spectrophométre à λ=543nm

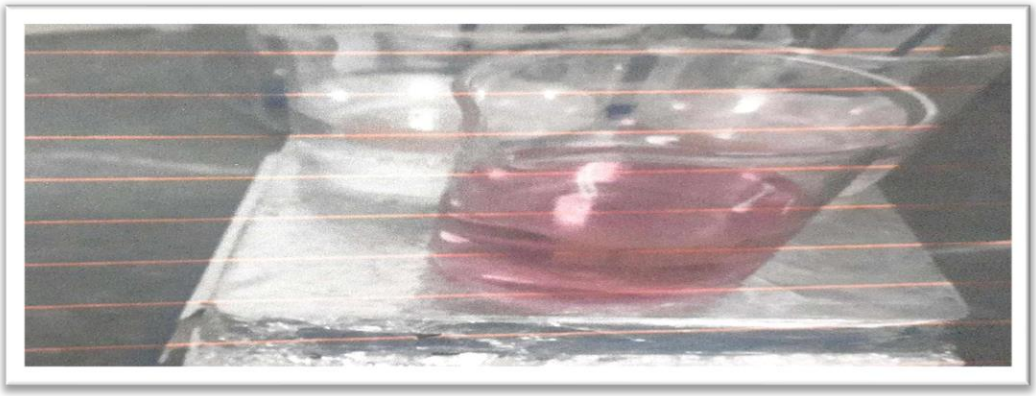


Figure 18: Détermination du [NO2-]

IV-1-3- Détermination du [NH^{4+}] :

• Mode opératoire :

- A prendre 40ml de l'échantillon et ajouter 4ml du réactif I et 4ml du réactif II.
- Ajuster à 50 ml avec H_2O distillée et attendre 1h 30.
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : $NH4^+$
- Effectuer la lecture à λ= 655nm.

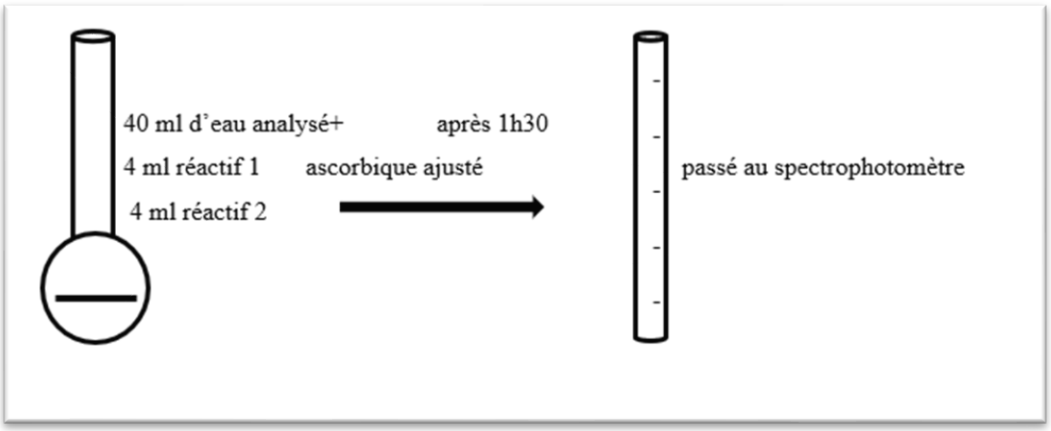


Figure 19: Détermination du [NH4+]

IV-1-4- Détermination du [SO_4^{-2}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de $Bacl_2$.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre λ=420nm.

IV-1-5- Détermination du [Fe^{2+}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 10 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 pastille de fer ferrover et agiter le mélange.
- Lire directement au spectre à une longueur d'onde (λ) :510nm.

IV-1-6- Détermination du [Al^{3+}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 pastille d'acide ascorbique, mélanger bien.
- Ajouter 1 pastille aluminium, agiter pendant 1 mn.
- Prélever 10 ml de cette solution, ajouté 1 pastille de Bleaching et agiter.
- Laisser reposer 15 mn.
- Faire la lecture au spectre à une longueur d'onde (λ) :522nm

IV-1-7- Détermination du [$PO4^{-3}$] :

• Mode opératoire :

- Prendre 40 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml du réactif mixte.
- Ajouter 1 ml acide ascorbique.
- Attendre 10-30 mn jusqu'à le développement de la couleur (bleu).
- Effectuer la lecture à Longueur d'onde λ=880 nm.

*IV-2- Détermination des concentrations par dosage volumétrique en EDTA (*acide éthylènediaminetétraacétique)*:*

*IV-2-1-Détermination du [TH] (*Titre Hydrotimétrique*) :*

• Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de NH4OH (10,1).
- Ajouter une pointe de spatule d'indicateur < Noir Erichrome > (Coloration violet).
- Et titrer avec l'E.D.T. A jusqu' au virage bleu vert.
- Le résultat est induit selon l'équation suivante : $[TH]=V_{EDTA}$*
-

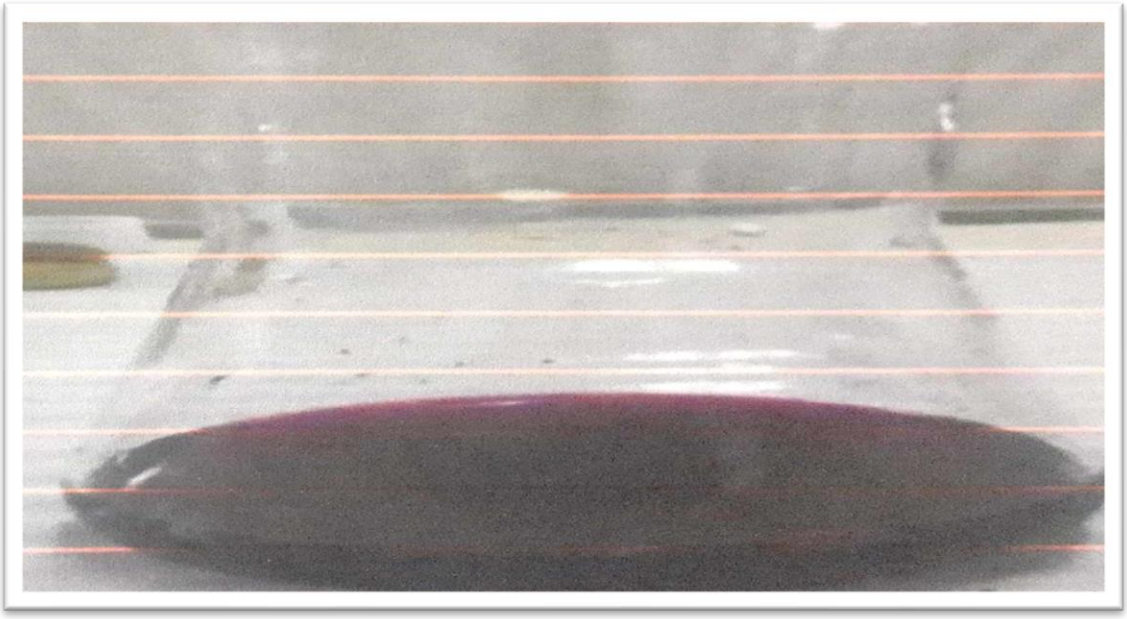


Figure 20: Détermination du [TH]

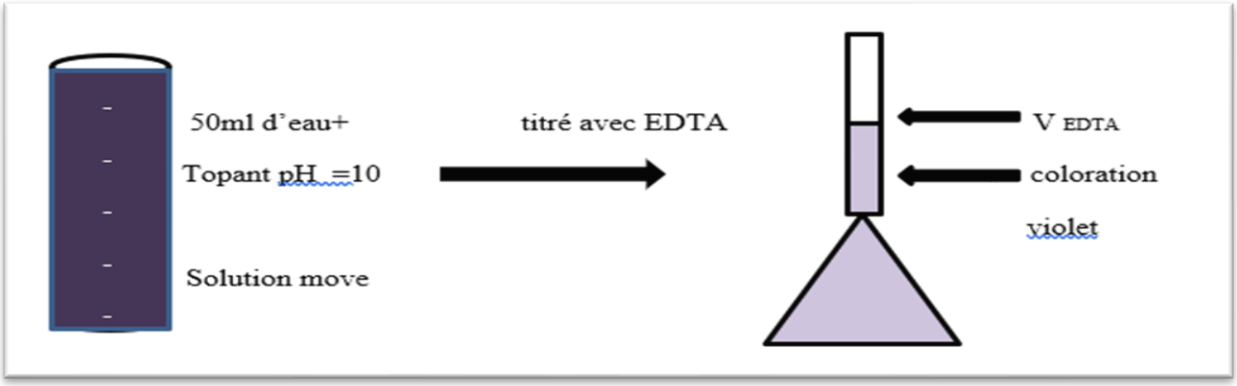


Figure 21: Détermination du titre hydrométrique

IV-2-2- Détermination du [Ca^{+2}] :

• Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N (8g de NaOH dans 100 ml d'eau distillée).
- Ajouter une petite quantité du Murexide, (Coloration rouge).
- Titrer avec l'E.D.T. A jusqu'au virage au violet.

Calculer : $[Ca^{2+}] = V_{EDTA}{}^{-8}$

IV-2-3- Détermination du [Mg^{2+}] :

Leur concentration est induite directement selon l'équation suivant :

$[Mg^{2+}] = (V_{THversé}{}^{-}V_{Ca2+}) * 12.4$

IV-3 Détermination de la concentration par oxydation à chaud en milieu acide :

IV-3-1 Détermination du [MO] :

• Mode opératoire :

- Au Blanc (eau distillé), ajuster le spectre.
- Prendre 100 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 5ml de H_2SO_4 dilué et porter à ébullition pendant 1mn.
- Ajouter 15ml de $KMNO_4$ à 0,01N sous d'ébullition pendant 10mn.
- Ajouter 15ml de $H_2C_2O_4$ à 0, 01N (Coloration jaune).
- Persiste 15 à 20 secondes. Puis calculer la concentration selon l'équation suivant : $[MO] = (V_B - V_0) * 0.8$

Telle que : V_B= volume d'eau distillé (blanc).

V_0 = Volume de $KMNO_4$.

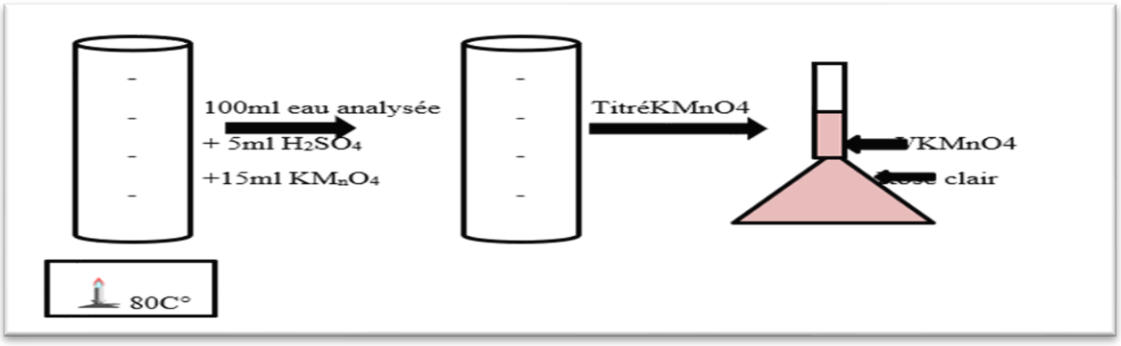


Figure 22: Détermination de concentration de matière oxydable

IV-4- Détermination de la concentration par dosage volumétrique avec du HCl (à 0.1N) :

IV-4-1- Détermination du [TA] et [TAC] :

• Mode opératoire du TA :

- Prendre 100ml d'eau à analyser.
- Ajouter 15 gouttes de phénolphtaléine.

*S'il change de couleur (Rose claire) titrer avec HCl à 0.01N jusqu'à coloration transparent.

Calculer : $TA = V_{HCl} * 60$

* s'il ne change pas de couleur donc TA=0. Alors le mélange contient des bicarbonates.

• Mode opératoire du TAC :

- Ajouter 2 gouttes de méthyle orange à la solution de TA (transparent).
- Résultat : couleur jaune orange.
- Titrer avec HCl jusqu'à coloration rose clair.

- Calculer : [TAC]=V_{HCl}*61

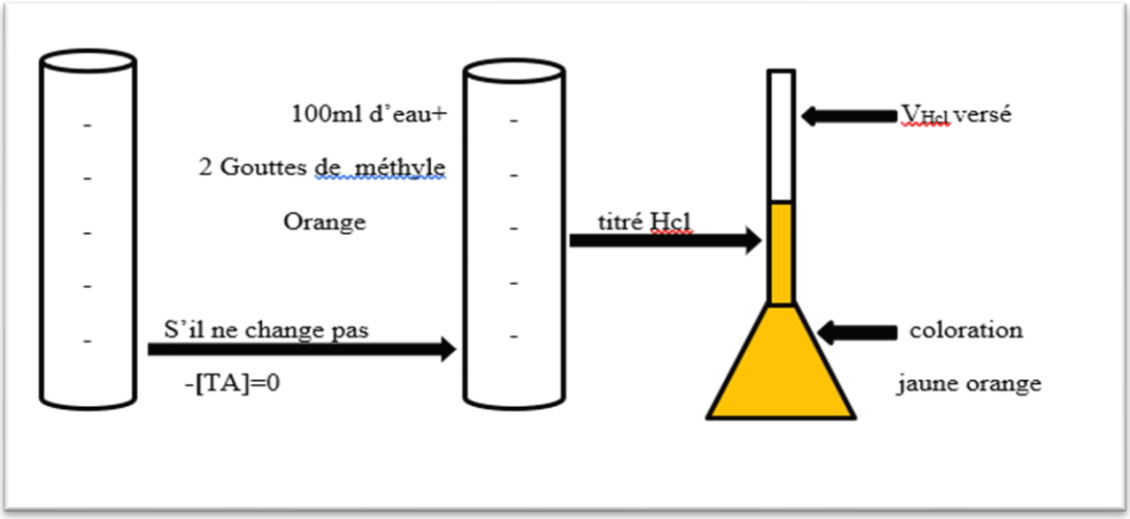


Figure 23: Détermination du titre alcalimétrique

IV-4-2- Détermination du [HCO_3^-] :

- Leur concentration est induite directement selon l'équation suivant :
  [HCO_3^-] =TAC*10

IV-5-Détermination de la concentration par dosage volumétrique en Ag NO_3 :

IV-5-1- Détermination du [CI^-] :

• Mode d'opératoire :

- Prendre 5ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 gouttes de K_2C_rO4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec Ag NO_3 à 0,01N jusqu'à coloration brunâtre.

Calculer : [CI^-] =VAgNO_3*71

IV-6- Dosage des sulfates :

Principe :

Dans un volume d'acide chlorhydrique contenant de chlorure de baryum les ions sulfates se précipitent en cristaux des sulfates de baryum mesurables par transmission à la spectrophotométrie.

IV-7- L'ammoniac libre NH^{4+} :

Principe :

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

IV-8- Nitrates NO^{3-} :

Principe :

Les nitrates présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide chromo tropique en milieu fortement acide pour former un produit de couleur jaune avec un maximum d'absorbance à 410 nm.

IV-9- Calcium $Ca2^{+}$:

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.T.D. A à pH compris entre 12-13.

Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T. A réagi tout d'abord avec les ions de calciums libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

IV-10- Chlorure Cl^{-} :

Principe :

On fait agir en milieu neutre, PH=6,7 ou 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium.

IV-11- Sulfate SO_4^{-2} :

Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de $Ba\ Cl_2$ suivants la réaction :

$BaCl2 + SO4^{-2} \Leftrightarrow BaSo_4 + 2Cl^{-}$

IV-12- Phosphate PO_4^{-3}:

Principe :

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique qu'en un complexe coloré en bleu qui présente de valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

V- Analyse des propriétés bactériologiques :

Pour le dénombrement des coliformes, les streptocoques fécaux et les spores, la technique de filtration sur membrane a été utilisée. Cette méthode consiste à faire passer un certain volume d'échantillon (dans notre étude 100ml d'eau a analysée) à travers d'une membrane filtrante (par exemple une membrane Millipore ou Sertorius ou... de 47 mm de diamètre et dont la porosité moyenne est de 0,45 mm à 0,22 mm) sur laquelle sont retenus les microorganismes recherchés. Après filtration, la membrane est alors posée sur la surface d'un milieu gélosé spécifique du germe à rechercher, face portant les micro-organismes vers le haut. Après incubation, comme dans le cas de la numération en milieu gélosé, on compte les colonies formées à la surface du filtre. Le principe de la culture sur un milieu solide est que chaque bactérie donne naissance après incubation à une colonie repérable

macroscopiquement. L'unité est exprimée en UFC/volume c'est-à-dire unité formant colonie par unité de volume.

Par contre la culture en milieu liquide consiste d'estimer la présence ou l'absence des Microorganismes.

V-1- Recherche des germes totaux (GT) :

• Mode opératoire :

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 20 gouttes dans une boite de pétri vide, compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA (tryptone Glucose Extract Agar)fondue.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier les boites sur la paillasse.

Incubation :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 å 48 heures.

Lecture :

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie lenticulaire, on calcule le nombre de ces colonies présentes en unité formant colonie dans un millilitre d'eau (UFC/ml) après 24 et 48 heures.

V-2-Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) :

• Mode opératoire :

★Pour les coliformes totaux :

- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile.

- Ensemencer la membrane qui renferme les germes, dans une boite de pétri contenant de la gélose TTC TERGITOL.

★Pour les coliformes fécaux :

- Placer s'il y a des colonies à l'aide d'une pince stérile dans le milieu Schubert.

Incubation :

- Pour les coliformes totaux :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

- Pour les coliformes fécaux (Escherichia coli) :

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture :

Après 24 heures d'incubation à 37 °C, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangés et dénombrer le nombre des colonies. Après 24 heures d'incubation à 44 °C, apparition de l'anneau rouge indiquent l'Escherichia colis.

V-3- Recherche des streptocoques :

Le milieu Slanetz est un milieu de dénombrement des streptocoques fécaux. Il contient l'azide de sodium qui inhibe les grams négatifs et sélectionne les Streptocoques. La réduction de la TTC donne une coloration rose aux bactéries. Comme pour les coliformes on utilise la technique de filtration sur membrane mais la culture se fait sur le milieu de cultures Slanetz et l'incubation se fait à 44 C° pendant 24 à 48 heures. Pour effectuer cette analyse (les deux analyses de coliformes et de streptocoques se font de même manière).

• Mode opératoire : Nous avons commencés par les six 6 premiers échantillons.

- Placer les échantillons devant les entonnoirs et toujours avoir un bec bunsen à côté. Les entonnoirs sont liés à une pompe de filtration.
- Les entonnoirs sont liés à une pompe de filtration.
- Bien stériliser les entonnoirs avec le bec bunsen avant utilisation.
- Stériliser la pince et l'utiliser à placer la membrane filtrante à l'intérieure des entonnoirs puis les biens fermés.
- Agiter bien le flacon d'eau à tester et le stériliser avant de l'ouvrir.
- Verser 100 ml d'eau dans la partie supérieure de l'entonnoir puis refermer l'entonnoir et stériliser le flacon avant de le fermer.
- Allumer la pompe de filtration et attendre quelques secondes.
- Ouvrir les entonnoirs et retirer la membrane filtrante avec une pince stérilisée.
- Placer la membrane filtrante qui contiennent les microorganismes directement dans les boites de pétri.
- Etiqueter les boite de pétri et incuber à l'autoclave a 37 Cº pendant 48 h.

Utiliser une boite de pétri de gélose tergitol et une autre de Slanetz vide comme témoin.



Figure 24: Les étapes d'analyse

V-4- Recherche des spores des clostridiums sulfito-réducteurs :

• Mode opératoire :

Au niveau de la ADE cette analyse se fait uniquement sur les puits Station A et B donc nous avons trois 3 flacons à tester.

- Prendre 20 ml de chaque échantillon à tester et le diviser par 4 tube durham, 5 ml chacun.
- Mettre les tubes durhams au bain marie pendant 15 min à 75 C°. Liquéfier la viande-foie à 100C° au bain marie.
- Retirer les tubes durhams du bain mari et laisser refroidir. Remplir les tubes avec le milieu de culture et les biens fermés.
- Remplir un tube de la gélose viande-foie et l'utiliser comme témoin.

Incubation :

L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures.

Lecture :

Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussée masse et apporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

CHAPITRE 04 :
Résultat et discussion

I- Résultats et discussion

Une compagne d'analyse physico-chimique et bactériologique a été effectuée au niveau du laboratoire de l'ADE de RELIZANE. Nous nous sommes également intéressées à la collecte afin d'établir une étude statistique relative au différent paramètre.

L'étude a été menée dans le but de faire une comparaison générale de la qualité des eaux d'AEP de la ville de RELIZANE a c'elle mentionné dans les normes nationales et internationales .

L'interprétation de ces résultats est effectuée selon le guide de la qualité de l'eau déterminée dans le contrat d'achat de l'eau. Ce guide a été établi selon les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2013) et les normes de l'eau potable selon le journal officiel algérien (J.O.R.A.D).

Tableau 7: Bulletin de station du traitement (A-B) de Relizane le mois de Aout 2025

Paramètres	Unité	Station A (ST A)	Station B (ST B)	Norme Algérienne (N.A)
Organoleptiques				
Couleur	mg/l Pt	00	00	15
Odeur à 25 °C	/	00	/	04
Saveur à 25 °C	/	00	/	04
Chlore résiduel libre	mg/l	0,5	0,5	>0,1
Physico-chimiques				
pH	/	7,56	7,54	6,5 – 9
Conductivité (25 °C)	µS/cm	791	781	2800
Température	°C	25	24,6	25
Turbidité	NTU	2	2	5
TDS	mg/l	382	382	--
Résidu sec à 105 °C	mg/l	1	0	--
Minéralisation Globale				
Calcium (Ca^{2+})	mg/l	80,8	75,2	200
Magnésium (Mg^{2+})	mg/l	46,65	44,22	-
Dureté Totale (TH) ($CaCO_3$)	mg/l	394	370	500
Sodium (Na^{+})	mg/l	34,2	27,9	200
Potassium (K^{+})	mg/l	7,1	6,5	12
Chlorures (Cl^{-})	mg/l	02,3	85,2	500
Sulfates (SO_4^{2-})	mg/l	158,96	134,62	400
Bicarbonates (HCO_3^{-})	mg/l	140,3	123,1	--
TAC (Titre Alcalimétrique Complet)	mg/l $CaCO_3$	14,03	12.81	--
Pollution				
Ammonium (NH_4^{+})	mg/l	0,044	0,027	0,5
Nitrites (NO_2^{-})	mg/l	0,002	0,002	0,2
Phosphore (P)	mg/l	0,002	0,002	5
Oxydabilité	mg/l	0,88	0,8	5

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau brute et traitée durant le mois d'août 2025

	Paramètres	*Coliformes totaux*	*Coliformes féçant*	*Streptocoques focaux*		
03.08	*E. Brute*	*>100*	*02*	*03*		
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
05.08	*E. Brute*	*>100*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
07.08	*E. Brute*	*>100*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
17.08	*E. Brute*	*>100*	*08*	*02*		
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
26.08	*E. Brute*	*>100*	*05*	*07*		
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*		
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*	*BSR*	*mésophile*
Complete 31.08	*E. Brute*	*>100*	*01*	*Absence*	*10*	*30*
	E. Traite A	*Absence*	*Absence*	*Absence*	*Absence*	*Absence*
	E. Traite B	*Absence*	*Absence*	*Absence*	*Absence*	*Absence*

I-1- Paramètres physico-chimique :

Les résultats des analyses physicochimique et bactériologiques, partiel des eaux de la station de traitement pour l'eau brute et traitée pendant 20 jours, ainsi que complète du mois février sont présente dans les tableaux n°9 et le tableaux n°10.

Tableau 11: Bulletin de station du traitement (A-B) de Relizane le mois de Aout 2025

-	*Nature d'eau*	*T°*	*PH*	*Cond*	*Turb*	*TDS*	*Sal*	*Cl_2*
		C°		*Us/Cm*	*NTU*	*mg/L*	*‰*	*mg/L*
03.08	*E. Brute*	*28.2*	*8.05*	*796*	*40.1*	*385*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*26.5*	*7.83*	*808*	*1.19*	*395*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*27.1*	*7.90*	*807*	*0.86*	*395*	*0.4*	*0.6*
04.08	*E. Brute*	*27.8*	*7.94*	*800*	*33.4*	*391*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*26.3*	*7.44*	*808*	*0.47*	*395*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*27.1*	*7.90*	*804*	*0.80*	*393*	*0.4*	*0.5*
05.08	*E. Brute*	*28.3*	*8.03*	*796*	*38.6*	*389*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*28.1*	*7.81*	*806*	*0.54*	*395*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*29.0*	*7.90*	*807*	*0.93*	*395*	*0.4*	*0.5*
06.08	*E. Brute*	*28.0*	*8.03*	*805*	*32.8*	*394*	*0.4*	*/*

	E. Traite A	*27.9*	*7.81*	*804*	*1.04*	*393*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*29.6*	*7.96*	*808*	*0.67*	*395*	*0.4*	*0.5*
07.08	*E. Brute*	*27.8*	*8.04*	*800*	*31.0*	*391*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*28.7*	*7.78*	*806*	*0.56*	*395*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*28.5*	*7.92*	*809*	*0.95*	*396*	*0.4*	*0.5*
10.08	*E. Brute*	*24.8*	*8.02*	*800*	*32.4*	*391*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*23.4*	*7.96*	*776*	*1.8*	*388*	*0.4*	*0.5*
	E. Traite B	*24.4*	*7.98*	*799*	*4.1*	*400*	*0.4*	
11.08	*E. Brute*	*26.4*	*8.04*	*801*	*30*	*393*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*25.3*	*8.00*	*798*	*2.3*	*401*	*0.4*	*1.0*
	E. Traite B	*24.9*	*7.77*	*775*	*1.5*	*396*	*0.4*	*0.8*
12.08	*E. Brute*	*27.8*	*7.78*	*830*	*28.4*	*394*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*32.4*	*7.76*	*833*	*2.3*	*395*	*0.4*	*0.8*
	E. Traite B	*26.4*	*7.64*	*800*	*1.4*	*377*	*0.4*	*1.0*
13.08	*E. Brute*	*28.1*	*7.87*	*765*	*241*	*374*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*26.4*	*7.74*	*761*	*2.1*	*378*	*0.4*	*1.0*
	E. Traite B	*27.4*	*7.77*	*778*	*1.2*	*364*	*0.4*	*1.2*
14.08	*E. Brute*	*29.4*	*7..93*	*1292*	*28.4*	*642*	*0.6*	*/*
	E. Traite A	*27.3*	*7.74*	*1004*	*2.8*	*504*	*0.5*	*0.8*
	E. Traite B	*28.3*	*7.88*	*1002*	*1.5*	*505*	*0.5*	*1.8*
17.08	*E. Brute*	*28.4*	*7.84*	*894*	*26.4*	*404*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*26.3*	*7.74*	*874*	*2.4*	*393*	*0.4*	*0.8*
	E. Traite B	*27.8*	*7.76*	*884*	*2.5*	*600*	*0.5*	*/*
18.08	*E. Brute*	*24.5*	*7.76*	*906*	*36.4*	*308*	*0.8*	*/*
	E. Traite A	*23.1*	*7.67*	*849*	*1.8*	*300*	*0.3*	*1.0*
	E. Traite B	*25.5*	*7.66*	*803*	*1.5*	*353*	*0.4*	*1.8*
19.08	*E. Brute*	*25.8*	*7.76*	*807*	*32.4*	*303*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*24.8*	*7.67*	*800*	*2.3*	*300*	*0.3*	*0.8*
	E. Traite B	*26.1*	*7.57*	*708*	*1.2*	*308*	*0.3*	*1.8*
20.08	*E. Brute*	*26.4*	*7.76*	*876*	*35.5*	*336*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*25.4*	*7.67*	*801*	*2.7*	*377*	*0.3*	*0.8*
	E. Traite B	*25.5*	*7.75*	*875*	*1.0*	*335*	*0.4*	*1.8*
21.08	*E. Brute*	*25.5*	*7.74*	*808*	*24.5*	*390*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*24.5*	*7.71*	*800*	*2.4*	*370*	*0.3*	*0.8*
	E. Traite B	*26.5*	*7.68*	*776*	*0.8*	*324*	*0.4*	*1.5*
24.08	*E. Brute*	*27.6*	*7.76*	*808*	*36.5*	*388*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*26.8*	*7.78*	*776*	*1.8*	*388*	*0.4*	*0.8*
	E. Traite B	*26.8*	*7.78*	*776*	*1.2*	*380*	*0.4*	*2.0*
25.08	*E. Brute*	*28.2*	*7.74*	*800*	*32.4*	*298*	*0.3*	*/*
	E. Traite A	*26.3*	*7.72*	*800*	*1.8*	*303*	*0.3*	*0.8*
	E. Traite B	*27.4*	*7.72*	*776*	*1.8*	*274*	*0.3*	*2.0*
26.08	*E. Brute*	*26.7*	*7.62*	*748*	*24.1*	*364*	*0.4*	*/*

	E. Traite A	*27.3*	*7.55*	*761*	*2.3*	*372*	*0.4*	*0.8*
	E. Traite B	*27.6*	*7.47*	*768*	*1.4*	*375*	*0.4*	*1.4*
27.08	*E. Brute*	*28.1*	*7.72*	*776*	*26.8*	*375*	*0.4*	*/*
	E. Traite A	*28.1*	*7.66*	*776*	*2.75*	*379*	*0.4*	*0.8*
	E. Traite B	*28.4*	*7.57*	*776*	*2.4*	*379*	*0.4*	*1.8*
28.08	*E. Brute*	*26.0*	*7.76*	*772*	*23.6*	*377*	*0.4*	*/*
	E. Traité A	*26.6*	*7.63*	*782*	*3.0*	*389*	*0.4*	*/*
	E. Traite B	*27.2*	*7.67*	*777*	*1.5*	*380*	*0.4*	*1.0*
31.08	*E. Brute*	*27.4*	*7.74*	*770*	*24.8*	*375*	*0.4*	*/*
	E. Traité A	*26.3*	*7.71*	*771*	*0.8*	*376*	*0.4*	*1.0*
	E. Traite B	*26.8*	*7.48*	*767*	*1.8*	*378*	*0.4*	*1.0*

I-1-1 Le ph

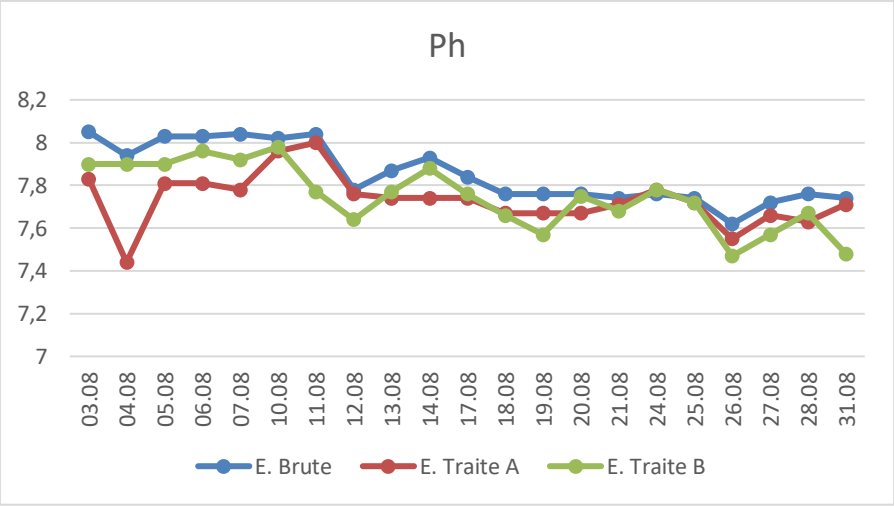


Figure 25: La variation du ph

Le pH de l'eau brute se situe dans une plage légèrement basique (7,6 à 8,05), ce qui correspond à une qualité chimique relativement stable. Après traitement, on observe une baisse légère du pH dans certains cas, en particulier dans l'eau traitée B où les valeurs descendent parfois à 7,47. Cette diminution peut être attribuée à l'ajout de réactifs chimiques (coagulants, désinfectants) au cours du processus de traitement. Toutefois, les variations restent limitées, garantissant un équilibre chimique compatible avec les normes de potabilité.

I-1-2 Température

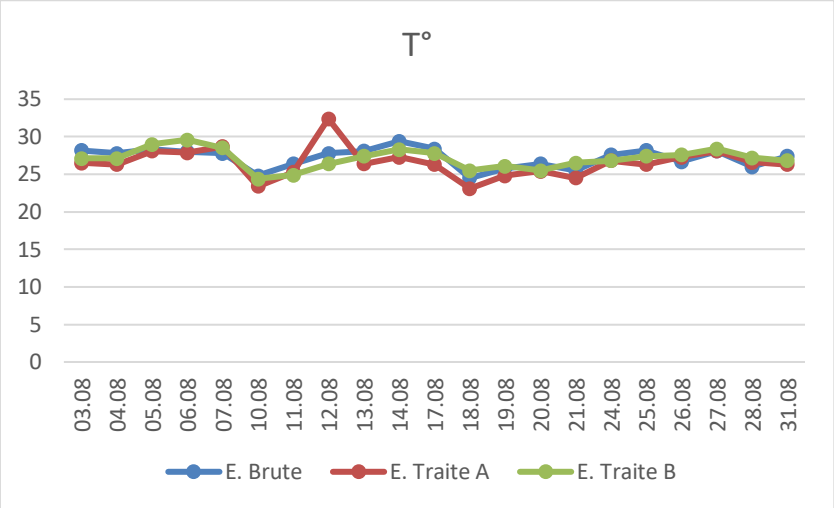


Figure 26: La variation de la température

La température de l'eau brute varie généralement entre 24,5 °C et 29,4 °C, reflétant les conditions climatiques journalières plutôt que l'influence du traitement. Les eaux traitées (A et B) suivent la même tendance avec des écarts minimes, souvent inférieurs à 1 °C par rapport à l'eau brute. Cela indique que le processus de traitement n'a pas pour objectif de modifier la température, mais que celle-ci reste stable, conditionnée surtout par les variations saisonnières et environnementales.

I-1-3 Conductivité

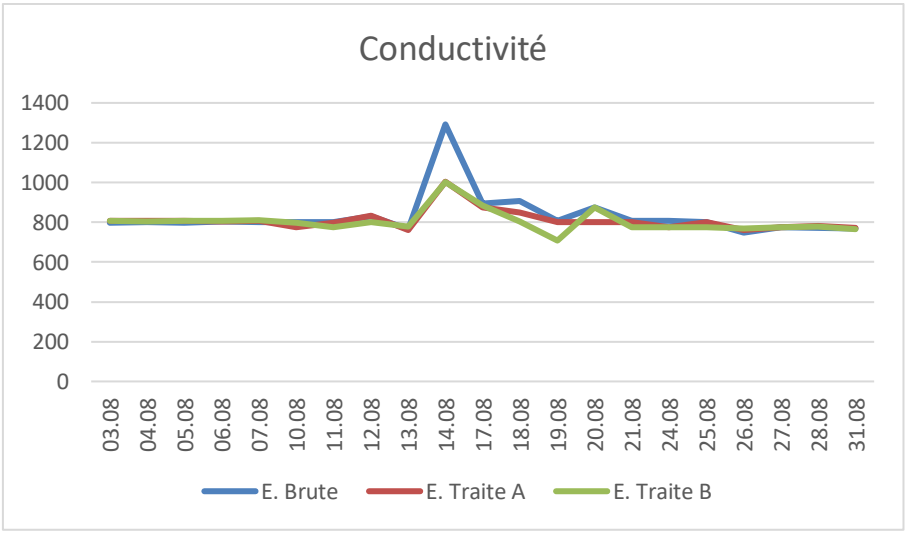


Figure 27: La variation de la conductivité

La conductivité électrique présente une variabilité marquée dans l'eau brute, oscillant entre 748 et 1292 µS/cm. Cette variation traduit la concentration en sels dissous et minéraux présents dans l'eau d'origine. Après traitement, les valeurs restent proches de celles de l'eau brute, avec une réduction très modeste. Cela montre que le traitement appliqué est essentiellement physique (clarification et désinfection), et qu'il n'agit pas significativement sur la minéralisation globale de l'eau.

I-1-4 Turbidité :

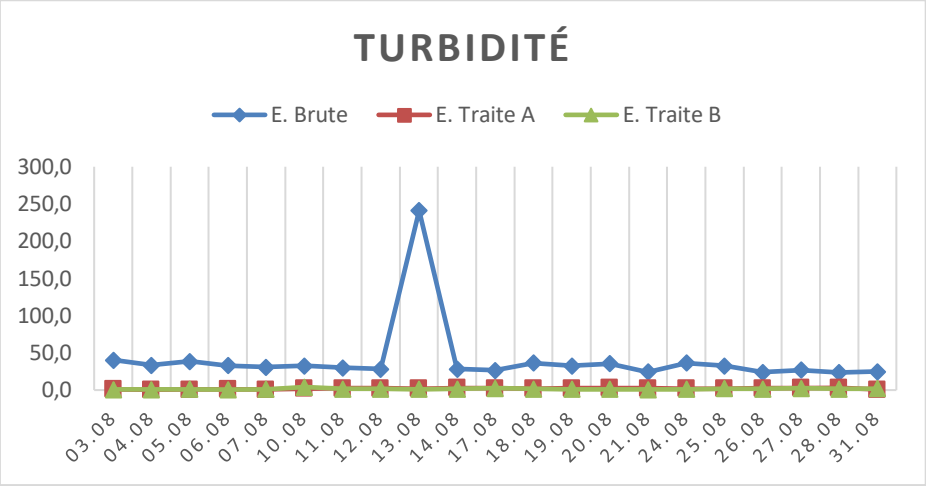


Figure 28: La variation de la turbidité

La turbidité constitue l'un des paramètres les plus impactés par le traitement. Dans l'eau brute, les valeurs atteignent parfois des pics très élevés (jusqu'à 241 NTU), traduisant une forte charge en matières en suspension et en particules colloïdales. Après traitement, les eaux A et B présentent une turbidité réduite à des niveaux quasi nuls (souvent inférieurs à 4 NTU). Cette amélioration spectaculaire illustre l'efficacité du procédé de coagulation-floculation, suivi de la filtration, qui permet d'éliminer les particules responsables de la turbidité.

I-1-5.TDS

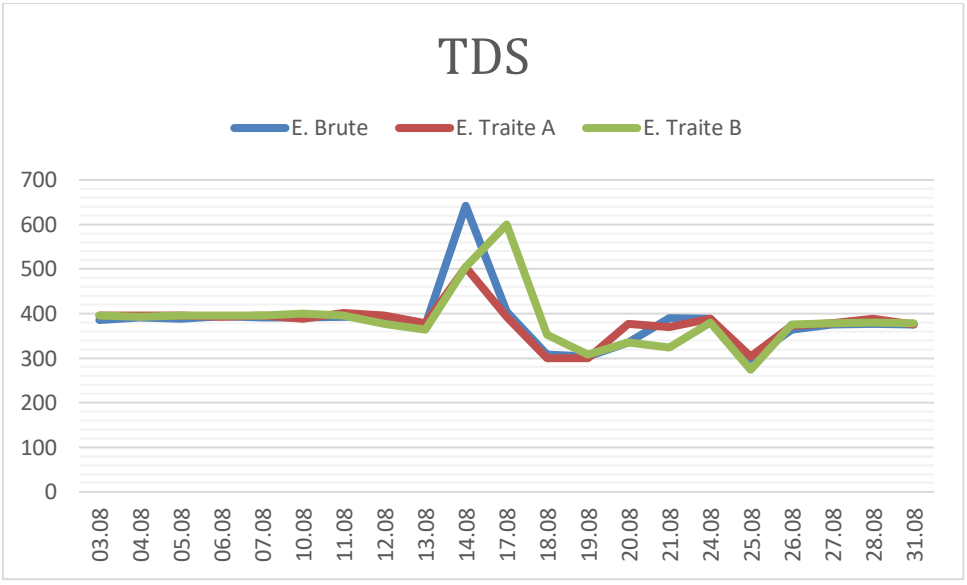


Figure 29: La variation de la TDS

Les TDS de l'eau brute varient entre 298 et 642 mg/L, reflétant la charge minérale naturelle. Après traitement, les valeurs des TDS restent très proches de celles initiales, avec parfois une légère diminution observée dans l'eau traitée A. Ceci confirme que les solides dissous, étant majoritairement des sels et minéraux, ne sont pas éliminés par les procédés conventionnels de traitement, mais restent présents en solution.

I-1-6 Salinité

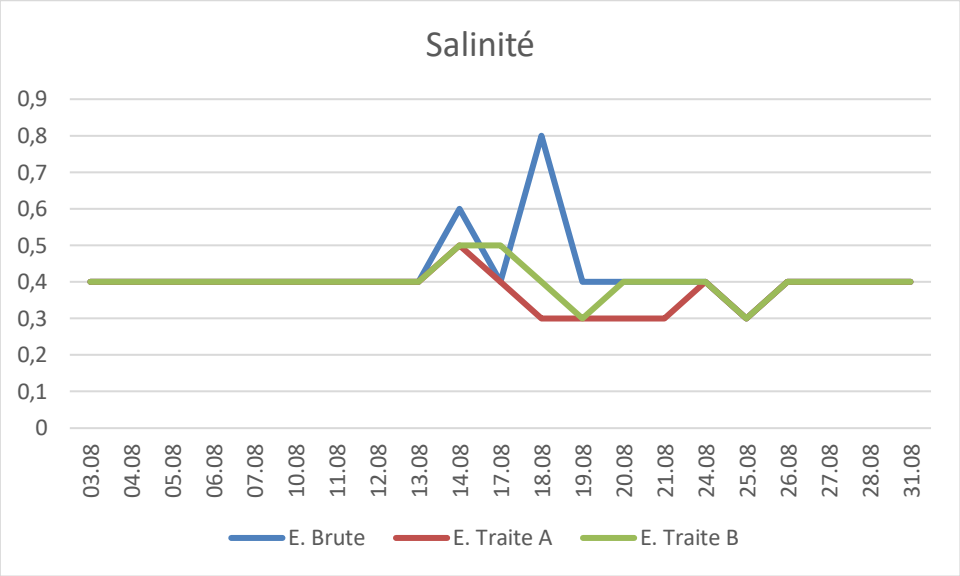


Figure 30: La variation de la salinité

La salinité de l'eau brute est globalement stable, avoisinant 0,4 ‰, avec quelques augmentations ponctuelles (jusqu'à 0,8 ‰) mais reste toujours inférieur a la norme 1‰ . Les valeurs mesurées après traitement (A et B) ne montrent aucune variation notable. Cela prouve que le traitement appliqué n'a pas d'incidence sur la salinité, qui dépend principalement de la composition minérale initiale de l'eau.

I-1-8 Chlore libre

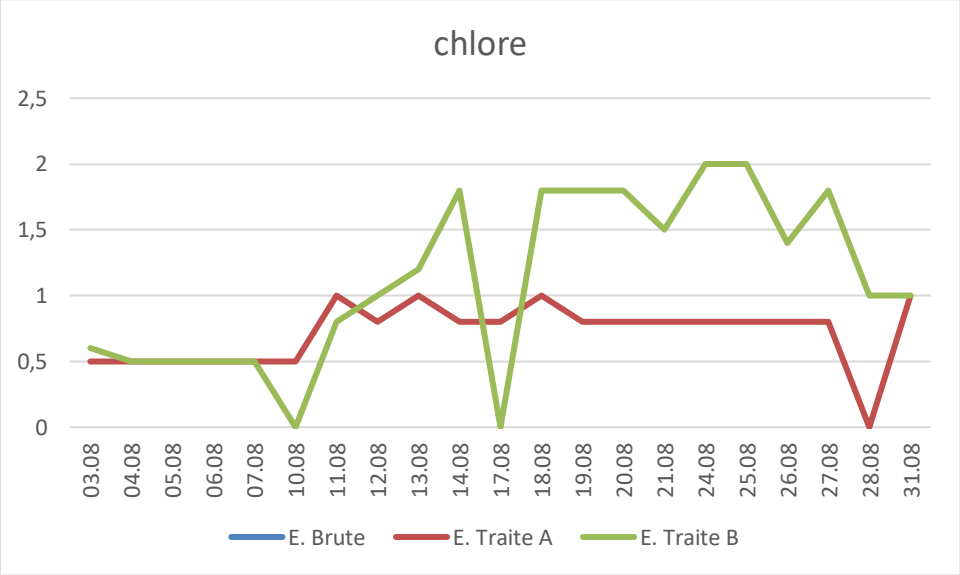


Figure 35: La variation de chlore

Le chlore est absent dans l'eau brute, ce qui est attendu puisqu'il s'agit d'une eau non désinfectée. Après traitement, les valeurs de chlore libre apparaissent systématiquement, variant entre 0,5 et 2 mg/l. Cette dernière valeur dépasse la norme de l'OMS qui est 0,5 mg/l Ce dépassement est pour des mesures de sécurités , car l'ajout de chlore vise à garantir la désinfection de l'eau et à maintenir un résiduel protecteur contre toute recontamination lors du stockage ou de la distribution. L'augmentation progressive des doses de chlore dans certaines

dates peut refléter une adaptation du traitement en fonction de la qualité microbiologique de l'eau brute.

I-2- Paramètre bactériologique :

Les analyses microbiologiques des eaux permet ainsi d'apprécier le risque dû à des microorganismes pathogènes, susceptible d'être trouvés dans les eaux consommées par les citoyens, et de ce fait, de provoquer des maladies, et permet aussi de contrôler l'efficacité des traitements de désinfection, Les résultats des analyses microbiologiques obtenus révèlent que l'eau de la région de RELIZANE est généralement propre à la consommation car ces derniers montrent que les résultats répondent aux normes algériennes de potabilité. On constate aussi l'absence totale des germes indicateurs (coliformes, streptocoques et spores), donc l'eau de la région RELIZANE est de bonne qualité bactériologique et elle est loin d'être contaminée.

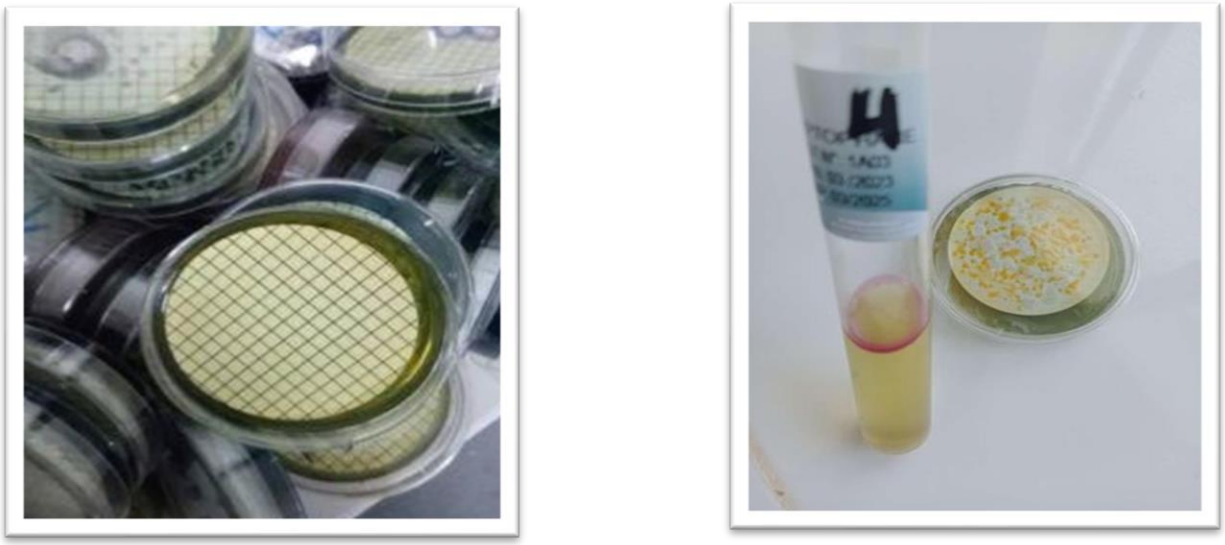


Figure 31: résultats des analyses bactériologiques.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale.

L'eau potable est une ressource vitale dont la qualité constitue un enjeu majeur de santé publique et de développement durable. Face aux multiples pressions exercées sur les ressources hydriques – pollution, changement climatique, croissance démographique – le contrôle rigoureux de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine devient une priorité incontournable.

Dans le cadre de ce travail, nous avons mené une étude approfondie sur la qualité de l'eau traitée au niveau de la station de traitement des eaux de l'Algérienne des eaux (ADE) de la ville de Relizane, en nous appuyant sur des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Les résultats obtenus ont globalement révélé une conformité de l'eau produite aux normes nationales et aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), en ce qui concerne des paramètres clés tels que le pH, la conductivité, les solides dissous totaux, la turbidité et l'absence de germes pathogènes.

Cependant, certaines fluctuations observées, notamment dans les niveaux de chlore résiduel et le TDS, soulignent la nécessité d'un ajustement permanent des procédés de traitement afin de garantir une stabilité optimale de la qualité de l'eau. Il apparaît donc essentiel de renforcer les contrôles réguliers, d'intégrer des techniques analytiques plus avancées et de diversifier les méthodes de désinfection (ozonation, UV, membranes) pour répondre aux défis futurs liés à la croissance démographique, aux pressions environnementales et aux changements climatiques.

Ainsi, cette étude met en lumière non seulement l'efficacité du système de traitement actuel, mais aussi la nécessité d'adopter une approche proactive, intégrée et durable dans la gestion des ressources en eau. Garantir un accès équitable et permanent à une eau potable de qualité demeure un objectif fondamental inscrit dans les priorités nationales et les engagements internationaux, notamment à travers les objectifs de développement durable.

REFERENCES

I- Références bibliographiques

ABBAS A, HOUARI R ET KEBIRI B. << Étude de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh >>. Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma, 2017.

ADE (Algérienne des Eaux). << Rapport sur la qualité de l'eau >>, 2025.

ALAMI, Y. BRAHIM. << Analyse de la qualité des eaux de la station de Hammam Debagh >>. Mémoire de Master Génie Chimique, Université 08 Mai 1945 Guelma, 2021.

ALI ABBOU S., ET BENMLOUKA M. << Caractéristiques physico-chimiques des eaux embouteillées algériennes et vérification d'étiquetage >>, Thèse de Master, Université des Sciences et Techniques d'Oran, 2014.

AOULMIA, A. ET GASMAILLAH KH. << Modélisation du système de coagulation-floculation cas de la station de traitement de l'eau potable Ain Dalia-Souk Ahras >>. Juin 2015.

AVAD W. << Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'El-Harrouch (Wilaya de Skikda) >>, Thèse de doctorat en microbiologie appliquée, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2017.

AZZOUG. << Découvrir de l'eau centre national de la recherche scientifique >>, Paris, 2000.

Bartram, J., & Cairncross, S. (2010). Hygiene, sanitation, and water: forgotten foundations of health. *PLoS Medicine*, 7(11), e1000367. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000367

Benjamin, M. M., & Lawler, D. F. (2013). Ingénierie de la qualité de l'eau : procédés de traitement physique et chimique. John Wiley & Sons.

BIRECH S. ET MESSAOUDI I. << La contamination des eaux par les métaux cas de Chott Ain Beida de la région de Ouargla >>, Mémoire d'Ingénieur Université Kasdi Merbah Ouargla, 2007.

BOUARFA F. ET KALIMI M. << Les traitements des eaux usées >>, Édition de l'Université Badji Mokhtar-Annaba, 2022.

BOUCHEMAL M. ET CHARAFEDDINE HAMMOUDI. << Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh >>. Mémoire de Master Hydraulique, Université Larbi Ben M'hidi-Oum El Bouaghi, 2016.

BOUROUI. << Traitement et critères de potabilité de l'eau (les normes) >>, Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma, 2017.

BOUZI B. << Adduction et dimensionnement de la station de traitement des eaux du barrage de TichiHaf >>, Mémoire de Fin d'Études, Université de Béjaïa, 2005.

CUQ J.L. << Microbiologie alimentaire >>, Sciences et Techniques du Languedoc, Université de Montpellier, 2007.

Références

DERECOMMPS. << Mémento technique de l'eau. Tome 1 & 2 >>, Collection Derecomps, ISBN 2-9503984-0-5, 1989.

HASLAY C. ET LECLERC H. << Microbiologie des eaux d'alimentation >>, Édition Technique et Documentation Lavoisier, 1993.

JOURAD. << Journal officiel 27 Rabie El Awel 1425 >>, 26 avril 2004.

LABIOD NADER ET BENZAOUCHAH ABDELMAJID. << Contrôle de la qualité des eaux du centre de la ville de Relizane >>, Mémoire de fin d'étude Master 2 en technologie agroalimentaire et contrôle de qualité, 2019.

LAMRANI M. ET BENDERRADJI R. << Cartographie de la pollution des eaux de la plaine alluviale de l'Oued Isser >>, Mémoire de Magister, Université de Boumerdes, 2022.

LUNA B. ET KENNETH S. << L'eau >>, Édition Time-Life, 1972.

OMS – Organisation mondiale de la santé. (2017). *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, 4e édition, Genève.

OMS (Organization Mondiale de la Sante). << Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality >>, 2003.

PULIM. << L'eau et la santé en Afrique tropicale >>, Colloque pluridisciplinaire, 1991.

RAIMOND DES JARDINS. << Les traitements des eaux >>, 2ème édition, 2007.

RAMADE, F. << Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau >>, Éd. Science Internationale, Paris, 1998.

RODIER, J. << Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer >>, 1996.

Rodier, J., Legube, B., & Merlet, N. (2009). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* (9e éd.). Dunod.

SHUKKUR SALLUM F. << Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales >>, Mémoire de Licence, Université officielle de Bukavu, 2010.

Sobsey, M. D., Stauber, C. E., Casanova, L. M., Brown, J. M., & Elliott, M. A. Filtration domestique à point d'utilisation : une solution pratique et efficace pour assurer un accès continu à une eau potable sûre dans le monde en développement. Environmental Science & Technology, 42(12), 4261-4267. (2008).

Annexe

Annexe I : Préparation de Gélose glucosée viande-foie (VF) :

Peptone Viande Foie.....30,0 g

Glucose……2,0 g

Amidon soluble……2,0 g

Sulfite de sodium……2,5 g

Cithare de Fer Ammoniac……0,5 g

Agar-agar Bactériologie…….....11,0 g

Eau Distillé.....1000ml

Ph de Milieu à 25°C : 7,6-0,2

Annexe II : Préparation de Milieu Mac Kenzi :

Peptone……10,0g

Lactose……10,0g

Bile……...20,0 ml

Vert brillant. ……13,0mg

PH = 7,4.

Annexe III : Préparation de Milieu TTC

Peptone……. 10,0 g

Extrait de viande……...5,0 g

Extrait de levure. ……6,0 g

Lactose……20.0 g

Tergitol……...7,10 g

TTC (chlorure de triphényltétrazolium) .....25 mg

Leu de bromothymol. ……50 mg

Agar……13,0 g

PH = 7,2

Annexe IV : Milieu de gélose de Slanetz

Agar-agar.....10 g

Peptone…….....…….20 g

Azide de sodium……. 0,4 g

Glucose.....2,0 g

TTC (chlorure de 2-3-5 triphényl-tétrazolium).0,1 g

Réactif I :

Acide dichloroisocyanurique……2,0 g

Hydroxyde de sodium (NaOH)……32 g

H_2O distillée……q.s. p1000ml

Réactif II (coloré) :

Tricitrate de sodium……130 g

Salicylate de sodium……130 g

Nitropruciate de sodium ……0,97 g

H_2O distillée……q.s. p1000ml

Réactifs mixtes : utiliser pour le dosage de NO^{-3} :

Sulfanilamides……40 g

Acide phosphorique…….....100 ml

N-1 Naphtyle éthylène diamine……2,0 g

H_2O distillée……q.s. p1000ml

Annexe V : Préparation de milieu TGEA

Tryptone ……5,0 g

Extrait de viande ……3,0 g

Glucose ……1,0 g

Agar Agar …….15g

Ph = 7

Annex VI: matériels utilisés

❖ *Verreries :*

- Flacon de 500 ml et 1L.
- Pipettes (graduée, jaugée).
- Fioles jaugées.
- Béchers.
- Erlenmeyers.
- Eprouvettes graduée.
- Burettes graduées.
- Cuvettes.

❖ *D'autres matériaux :*

- Les pissettes d'eau distillée.

❖ *Produits utilisés :*

- L'eau à analyser (échantillon étudiée).
- Hydroxyde d'ammonium (NH4OH) à10.1 N.
- Acide Ethylène Diamine Titra -acétique (E.D.T.A).
- Permanganate de potassium (KMNO4) à 0, 01N.
- Réactifs de NH+4 : contient réactif I et réactif II.
- Réactifs mixtes de NO2-
- Méthyle orange.
- Réactifs mixtes de PO4-3
- Salicylate De Sodium
- Solution de NaOH à 30%.
- Tartrate Double De Sodium Et De Potassium.
- Acide sulfurique (H2SO4).
- Chlorure De Baryum (Bacl2).
- Solution Stabilisante.
- Aluminium (Pastille).
- Acide Ascorbique (Pastille).
- Acide sulfurique (H2SO4) dilué.
- Bleaching (Pastille).
- Acide chlorhydrique (HCl).
- Hydroxyde de Sodium (NaOH) à 2N.
- Nitrate d'argent (Ag NO3) à 0,01N.
- Acide oxalique (H2C2O4) à 0,01N.
- Chromate de potassium(K2CrO4).