

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
Facultés des Sciences Biologiques et Agronomiques
Département Sciences Agronomiques



Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques

Spécialité : Eau et environnement

Thème

Etude de décontamination et de coagulation d'un effluent d'eau usée épurée par des plantes médicinales

Réalisé Par :

ABELLA IMENE

ACHILI FATIHA

Soutenu devant le jury composé de :

Président	M ^r BERRADJ O.	MCA	UMMTO
Examinatrice	M ^{me} BERROUANE N.	MAB	UMMTO
Promoteur	M ^r METAHRI S. M.	MCA	UMMTO
Co-promotrice	M ^{me} BELMIHOUB N	Doctorante	UMMTO

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et le courage de réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur, doyen de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques **M^r METAHRI M.S**, qui nous a donné la chance de réaliser ce travail, on le remercier aussi pour sa confiance et son encadrement.

Nos sincères remerciements vont aussi à notre Co-promotrice **M^{lle} BELMIHOUB Naima** doctorante, pour ses conseils et son aide précieux, qu'elle nous a apporté tout au long de ce travail, ainsi que pour les remarques constructives qu'elle nous a donnée lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous remercions aussi les membres de jury **M^r BERRADJ Omar** d'accepter de présider ce jury et **M^{me} BERROUANE Naouel**, de nos examiner, nous sommes ravies que vous ayez accepté d'intégrer ce jury.

Nos chaleureux remerciements vont aussi au directeur de l'ONA **M^r HAMADOU Kamel** de nous avoir bien accueilli et de nous ouvrir les portes de son organisme.

Notre sympathie et nos remerciements vont également au personnel de l'ONA qui a été toujours gentil et à l'écoute, en particulier **M^{me} SEMANI Rosa** qu'on remercie fortement pour l'aide qu'elle nous a apporté et pour ses conseils précieux.

Nous remercions aussi, l'ingénieur du laboratoire de traitement des eaux **M^{me} ISSAD Lynda** de nous avoir ouvrir les portes du laboratoire avec confiance et patience.

Notre profonde gratitude va particulièrement à tous les enseignants du département des sciences agronomiques.

Enfin, nos forts remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, qui m'ont doté d'une éducation digne, à mon honorable père qui a consacré tout son temps pour notre bien, à ma chère mère qui a sacrifié tout sa vie pour que rien ne nous manque, que Dieu me les garde

Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices et vos encouragements

A mon adorable sœur Yasmine, qui a été une source de courage, de soutien et de joie pour moi

A l'âme des mes grands parents, que Dieu les accueille dans son vaste paradis

A mes chers cousins : Moumouh, Amine et Ghiles

A ma cousine Fatiha et son mari Zohir et leur petit ange Walid, pour leur aide

A mon binôme, ma meilleure amie Fatiha et toute sa famille

A ma chère copine Mélissa qui a été toujours présente avec moi dans le mal et le bien

A mes copines Rania et kamelia, zohra

A ma tante Fatima et ma cousine Amira

A mes amis Mouloud et Arezki

A toute ma famille paternelle et maternelle

Iméne

Dédicace

C'est, ici, l'occasion pour dédier ce travail aux Sources de mes joies, secret de ma force, Le support de ma vie, les plus chères personnes dans le monde, **mes parents**

A mon honorable père,

qui ma appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, qui représente pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.

A la lumière de mes yeux,

l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour tous les sacrifices qu'elle me contente toute la confiance qu'elle m'accorde tout l'amour dont elle m'entoure.

**** Qu'Allah vous accorde longue vie dans la santé et le bonheur ****

À mon adorable jumelle « **Dyhia** », et son mari « **Tarik** », et son petit ange « **Enzo** »

À mes chers frères : « **Yacine** et **Massi** »

Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

À ma grand-mère et père paternelle (Dieu ait leurs âmes)

À ma grand-mère et père maternelle

À toutes les personnes de ma grande famille maternelle et paternelle

Une grande dédicace à mes chères « **Nawel , Dallila , Cerine , Mélissa , Fella** »

A ma chérie, ma sœur « ma binôme » **Iméne** et toute sa famille

À mes chères et proches amies,

Mouloud, Arezki, Rania , Zohra ,Mélissa

Fatiha

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Sommaire

Introduction 01

Synthèse bibliographique

Chapitre 01

Généralités sur les eaux usées

1. Caractéristiques d'eaux usées.....	04
1.1. Paramètres physico-chimiques.....	04
1.1.1. Température (T)	04
1.1.2. Potentiel hydrogène (pH)	04
1.1.3. Matières en suspension (MES).....	04
1.1.4. Oxygène dissout (O diss)	04
1.1.5. Conductivité électrique (CE).....	05
1.2. Paramètres organiques.....	05
1.2.1. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	05
1.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	05
1.2.3. Azote (N).....	05

1.2.4. Phosphore (P)	05
1.3. Paramètres bactériologiques.....	05
1.3.1. Coliformes.....	06
1.3.2. Staphylocoques aureus	06
1.3.3. Entérocoques intestinaux.....	06
2. Processus du traitement de l'eau usée à travers le monde	08
2.1. Traitement anaérobie.....	07
2.2. Traitement aérobie.....	07
2.2.1. Lits bactériens et disques biologiques	08
2.2.2. Boues activées	09
2.2.3. Filtration percolation	16
2.2.4. Filtration par le sol et les plantes.....	16

Chapitre 02

Généralité sur les plantes à pouvoir antibactérien

1. <i>Aloé-Vera</i>	17
1.1. Généralités.....	17
1.2. Systématique	17
2. <i>Hibiscus-Rosa-Sinensis</i>	18
2.1. Généralités.....	18
2.2. Classification.....	19
3. <i>Lantana Camara</i>	19
3.1. Généralités.....	19
3.2. Classification systématique de la plante.....	20

Partie expérimentale

Chapitre 03

Matériel Et Méthodes

1. Méthodologie	21
2. Présentation de la région d'étude : Station d'épuration Est de Tizi-Ouzou	21
2.1. Situation géographique et conception	21
2.2. Processus de fonctionnement de la station d'épuration Est Tizi-Ouzou.....	22
3. Matériel végétal.....	30
3.1. <i>Aloé Vera</i>	30
3.2. <i>Hibiscus Rosa-Sinensis</i>	30
3.3. <i>Lantana Camara</i>	30
4. Prélèvement et échantillonnage.....	31
4.1. Prélèvement pour les analyses physico-chimiques	31
4.2. Prélèvement pour les analyses bactériologique.....	31
5. Préparation des coagulants et des solutions	32
5.1. Préparations des coagulants	32
5.2. Préparation des solutions.....	34
6. Préparation des dilutions de l'échantillon mère	35
7. Protocoles des analyses effectuées	35
7.1. Protocoles des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de l'ONA.....	35
7.2. Protocoles des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de l'Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou.....	38
7.3. Protocoles des analyses bactériologiques effectuées au laboratoire de l'Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou.....	38

Chapitre 04

Résultats et discussion

1. Résultats et discussion des analyses effectuées au laboratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	42
1.1. Matières en suspension (MES).....	42
1.2. Potentiel hydrogène (pH)	43
1.3. Température (T°C).....	44
1.4. Turbidité.....	44
1.5. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	45
1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)	46
1.7. Nitrates NO ₃ ⁻	47
1.8. Nitrites NO ₂ ⁻	48
1.9. Ammonium NH ₄ ⁺	49
2. Elimination de la turbidité de l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou avec les coagulants biologiques et leurs effets désinfectant	51
2.1. Taux de réduction de la turbidité.....	51
2.2. Pouvoir désinfectant des coagulants biologiques	52
3. Analyses physico-chimique et bactériologique avant et après traitement avec l'extrait d' <i>Aloé Vera</i>	53
3.1. Analyses physico-chimiques de l'effluent secondaire	53
3.1.1. Conductivité électrique	53
3.1.2. Potentiel hydrogène	55

3.1.3. Température	56
3.1.4. Turbidité.....	56
3.1.4.1. Réduction de la turbidité par utilisation de diverses doses d'extrait d' <i>Aloé Vera</i> ..	57
3.1.4.2. Pourcentage d'élimination de la turbidité par dose de coagulant	58
3.2. Résultats et discussion des analyses bactériologiques	59
3.2.1. Coliformes totaux	59
3.2.2. Coliformes fécaux - <i>Escherichia Coli</i> -	60
3.2.3. Entérocoques	61
3.2.4. Staphylocoques.....	62
Conclusion	64
Référence bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

A.V : *Aloé Vera*.

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

APG: Angiosperm phylogeny.

D : Dose.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

EB : Eau brute.

Eq/hab : Equivalent habitant.

IANOR : Institut Algérien de Normalisation.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

JORAD : Journal Officiel de la République Algérienne.

MES : Matières en suspension.

NH₄⁺: Azote ammoniacal.

NO₂⁻ : Nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONA : Office National de l'Assainissement.

S. aureus : Staphylocoque aureus.

STEP : Station d'épuration.

T°C : Température.

UFC : Unité formant colonie.

Liste des figures

Figure n°01 : Photo de la plante Aloé Vera	17
Figure n°02 : Photo de la plante Hibiscus-Rosa-Sinensis.....	19
Figure n°03 : Photo de la plante Lantana Camara	20
Figure n° 04 : Situation géographique de la STEP Est de Tizi-Ouzou	22
Figure n° 05 : Dégrilleur grossier	23
Figure n° 06 : Dégrilleur fin.....	24
Figure n°07 : Infrastructure de déshuilage et dessablage.....	24
Figure n°08 : Bassin d'aération (biologique).....	25
Figure n°09 : Epaisseur.....	27
Figure n°10 : Lits de séchage.....	28
Figure n°11 : Schéma du procédé d'épuration de la STEP Est de Tizi-Ouzou	29
Figure n°12 : Préparation de la poudre d'Aloé Vera	32
Figure n°13 : Préparation du gel d'Aloé Vera	32
Figure n°14 : Préparation de l'extrait d'Aloé Vera.....	33
Figure n°15 : Préparation de l'extrait d'Hibiscus	33
Figure n°16 : Préparation de l'extrait de L. Camara.....	33
Figure n°17 : Phénomène de coagulation-floculation.....	35
Figure n° 18 : Evolution de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou	42
Figure n°19 : Valeurs de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	43
Figure n°20 : Variation de la température de l'eau usée brute et de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	44
Figure n°21 : Variation de la turbidité en NTU entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou	45

Figure n°22 : Comparaison de la DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou	46
Figure n°23 : Variation de la DCO entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou	47
Figure n°24 : Variation des concentrations de NO ₃ ⁻ entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	48
Figure n°25 : Variation de la concentration en nitrites NO ₂ ⁻ à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	49
Figure n°26 : Concentration de l'ammonium à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou	50
Figure n°27 : Variation de la concentration de la turbidité en fonction du type du coagulant ...	51
Figure n°28 : Variation de la conductivité électrique avant et après traitement avec les deux doses d'extrait d'Aloé Vera.....	54
Figure n°29 : Variation du pH avant et après traitement avec les doses d'extrait d'Aloé Vera .	55
Figure n°30 : Variation de la température avant et après traitement avec les doses d'Aloé Vera	56
Figure n°31 : Variation de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses d'extrait d'Aloé Vera en fonction de temps.....	57
Figure n°32 : Pourcentage d'élimination de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses d'extrait d'Aloé Vera en fonction de temps	58
Figure n°33 : Réduction des coliformes totaux avec les trois dose d'extrait d'Aloé Vera.....	60
Figure n°34 : Réduction de coliformes fécaux (E.Coli) par doses d'extrait d'Aloé Vera	61
Figure n°35 : Réduction des entérocoques par doses d'extrait d'Aloé Vera.....	62
Figure n°36 : Concentrations des staphylocoques Aureus de l'eau brute et de l'eau épurée en fonction des doses d'extrait d'Aloé Vera	63

Liste des tableaux

Tableau n° 01 : Avantages et Inconvénients de l’ozonation.....	12
Tableau n° 02 : Avantages et inconvénients des rayonnements ultra violets	13
Tableau n°03 : Comparaison entre la classification Conquist et la classification APG III.....	18
Tableau n° 04 : Pourcentage de turbidité éliminée et l’effet désinfectant de chaque plante et forme utilisée.....	53

Glossaire

Définitions

1. Eau usée

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Metahri, 2012).

Les eaux usées, domestique ou industrielle, sont collectées par un réseau d'assainissement pour être traitées dans une station d'épuration (Henri, 2004).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit les eaux usées comme des déchets liquides évacuer vers les canalisations d'égouts contenant des excréta humains et de l'eau servie (Carré, 2017).

2. Epuration

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à la dépollution l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable ; l'épuration d'eau usée consiste à éliminer les impuretés contenues dans cette eau (Adler, 2005).

3. Désinfection

La désinfection des eaux usées vise l'inactivation ou la destruction des microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées. Ce traitement est à la fois physico-chimique et biologique ; On le réalise après les traitements primaires et secondaires (Moulin *et al.*, 2013).

INTRODUCTION

L'eau est une ressource qui doit être classée comme un patrimoine universel qui se doit d'être protégée, défendue et traitée comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'humanité entière, sa survie, sa santé, son alimentation ainsi pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement (Metahri, 2012).

A travers le monde, la valeur réelle de l'eau n'est pas nécessairement associée à son prix ou son coût mais plutôt à son rôle dans l'amélioration de l'environnement, de l'économie et de la qualité de vie de la population. L'augmentation de la demande en eau, la limitation des ressources en eau et l'incertitude du changement climatique encouragent la recherche de nouvelles ressources en eau ; L'eau usée traitée constitue cette nouvelle ressource. Même les pays relativement riches en eau, doivent faire face à un déséquilibre croissant entre les ressources et les demandes en eau, à la fois pour la consommation et les besoins environnementaux (Chenowet *et al.*, 2007).

Actuellement la situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente. L'Algérie est classée parmi les pays les plus défavorisés en termes de potentialités hydriques. Cette situation est à l'origine de la recherche d'autres ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées.

Aujourd'hui, avec les conditions climatiques des régions arides et semi arides, l'eau est devenue un enjeu incontestable de ce fait l'établissement d'un équilibre entre la demande croissante en eau et la disponibilité des ressources en eaux reste un grand défi économique, social et politique (Abbabsa *et al.*, 2016). L'eau usée est une source de microorganismes (virus, bactéries et parasites) dont certains sont pathogènes car elle provient des rejets des sanitaires des populations ; les stations d'épuration de ces eaux ne sont pas toujours en mesure de réduire de façon efficace cette charge en microorganismes pathogènes (Demers, 2004). Après le traitement en station d'épuration et à la place d'un rejet direct dans le milieu naturel, les eaux usées peuvent subir une épuration supplémentaire grâce à des traitements plus spécifiques, appelés traitement tertiaire (Bourbon, 2015).

Les traitements tertiaires permettent d'éliminer les substances non voulues (nutriments, microorganismes pathogènes, etc....) pour répondre à un objectif de qualité

prédéfini. Plusieurs types de traitement sont dénombrés pour remédier à ces polluants tel que: le lagunage, la chloration, l'ozonation, rayonnement UV (Bourbon, 2015); mais ces techniques ne sont pas exploitables pour divers raisons, la raison la plus frappante c'est le coût financier qu'elles nécessitent, et comme alternative on a pensé à d'autres méthodes plus respectueuses de l'environnement, moins couteuses et évitant les problèmes associés aux coagulants et désinfectant chimique, qui consistent à introduire des coagulants et désinfectants biologiques préparés à base d'extrait des plantes médicinales.

Pendant longtemps, les plantes médicinales ont joué un rôle déterminant dans la préservation de la santé humaine et la survie de l'humanité ; Ils sont un patrimoine sacré et précieux. Les plantes médicinales sont utilisées pour leurs propriétés bénéfiques particulières pour la santé humaine qui sont : antifongique, antioxydant, antibactérien ; elles sont aussi utilisées dans divers domaine tel que : la fabrication de cosmétiques, l'agro-alimentation et l'industrie pharmaceutique; Un ou plusieurs de leurs parties peuvent être utilisées (racine, feuille et fleur) (Kebour *et al.*, 2019). D'après les propriétés de ces plantes, en particulier d'après leur effet antibactérien et antioxydant, on a décidé de tester certaines plantes (*Aloé Vera*, *Hibiscus-Rosa-Sinensis* et *Lantana Camara*) dans la coagulation et tester leur efficacité à travers un traitement tertiaire de l'eau usée épurée.

L'Aloé Vera souvent prise pour un cactus. C'est en fait une plante vivace succulente, arborescente. Elle est l'espèce la plus répandue dans l'industrie cosmétique, pharmaceutique et agro-alimentaire. *L'Aloé Vera* est une plante médicinale connue pour ses vertus anti-inflammatoires, améliore la digestion, antioxydants, immunostimulants, laxatives, antibactériens (Michayewicz, 2013).

Hibiscus-Rosa-Sinensis est un arbuste ou arbre buissonnant, à feuilles persistantes, fait partie de la famille des mauves (Malvaceae), elle est largement cultivée comme plante ornementale. Elle est bien connue par ces activités antioxydants, antibactérienne et anti-tyrosinases (Nidheesh *et al.*, 2017).

Lantana Camara est une plante exotique et elle est considérée aujourd'hui comme envahissante ; elle appartient à la famille des verbénacées ; *L. Camara* est utilisée en médecines traditionnelle pour traiter de nombreuses affections et pathologie ; elle possède également des vertus autres que médicinales notamment bio-pesticide, bio-coagulant, phyto-remediatrice et pollinisatrice (Néa, 2021).

Ces plantes possèderaient donc des vertus exceptionnelles, à tel point qu'elles sont devenues aujourd'hui une stratégie marketing. Elles sont partout, mais toutes ses propriétés légendaires sont-elles efficace pour la désinfection d'eau usée épurée ?

A fin de répondre à la problématique, on doit se situer en mettant des hypothèses qui sont comme suite :

- L'efficacité de ces plantes dans la purification d'eau usée épurée avec sa forme extrait aqueux.
- Pouvoir de réduction de la concentration des microorganismes présents dans l'eau usée épurées.
- La relation entre dose coagulant et le temps de contacté avec l'eau usée épurée avec la dépollution de l'eau

C'est dans un contexte éco-sanitaire de valorisation de cette ressource hydrique où le volume est non négligeable, et de protéger le milieu récepteur et la santé humaine dont que s'inscrit notre étude. Elle vise essentiellement à la recherche d'un désinfectant efficace, non chimique, naturel (biologique), moins couteux qu'on peut recommander dans la désinfection d'eaux usées traitées. Ce présent travail, permettra aussi de déterminer l'effet coagulant des plantes utilisées en tant que désinfectant biologique en reposant sur le principe de coagulation-floculation.

Synthèse bibliographique

Chapitre 01

Généralités sur les eaux usées

1. Caractéristiques des eaux usées

1.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques qui définissent la qualité de l'eau sont souvent soumis à des variations spatio-temporelles induites par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau et ils affectent sa qualité (Reggam, 2015).

1.1.1. Température (T)

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci (Belghiti *et al.*, 2013).

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique ; elle accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques (De Villers *et al.*, 2005).

1.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Belghiti *et al.*, 2013).

1.1.3. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets (Makhoukh *et al.*, 2011).

1.1.4. Oxygène dissout (O diss)

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau, car il indique sa qualité. C'est l'un des paramètres les plus sensibles à la pollution ; Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et donc sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (Makhoukh *et al.*, 2011).

1.1.5. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique ; Elle indique la teneur en sels dissous. La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Metahri, 2012).

1.2. Paramètres organiques

1.2.1. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅), exprimée en mgO₂/l, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux, à 20 °C et à l'obscurité, pendant 5 jours, pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée (Louagenouni, 2017).

1.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la consommation d'oxygène nécessaire à l'oxydation physico-chimique de l'ensemble des substances oxydables présentes dans l'effluent, qu'elles soient organique ou minérale. Cette détermination englobe à la fois les fractions biodégradables et les fractions non biodégradables (Yapo *et al.*, 2009).

1.2.3. Azote (N)

L'azote dans l'eau usée est présent essentiellement à l'état soluble. Il peut se trouver sous les deux formes suivantes : l'azote organique, qui provient des excréments d'animaux et humaines, et des rejets d'industries agro-alimentaires, ou bien l'azote ammoniacal, originaire des rejets industriels ou de la transformation de l'azote organique (Benameur, 2018).

1.2.4. Phosphore (P)

Le phosphore dans une eau usée peut se présenter sous trois formes : ortho-phosphate, polyphosphate et phosphate organique. L'ensemble de ces derniers forme le phosphore total. La forme assimilée par les bactéries est l'orthophosphate (PO₄³⁻) (Benameur, 2018).

1.3. Paramètres bactériologiques

L'étude des paramètres bactériologiques repose sur la quantification, la recherche et le dénombrement des indicateurs de contamination microbiologiques.

Durant notre étude, on a déterminé quatre (04) types de germes pathogènes ; sont comme suite :

1.3.1. Coliformes

Les coliformes regroupent un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae. Elles sont capables de fermenter le lactose à une température de 35°C à 37°C (24h – 48h).

Les coliformes sont répertoriés en deux groupes : coliformes totaux et coliformes fécaux (Bouharati, 2007).

- **Coliformes totaux**

Les coliformes totaux sont constitués par un certains nombre d'espèces bactériennes possédant des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37°C. ces indicateurs ne sont pas spécifiques d'une pollution fécale (Vandermeersch, 2006).

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux (aussi appelés coliformes thermo-tolérants), signifient une contamination fécale d'origine humaine ou animale ; ils présentent les même propriétés de structure et de culture que les coliformes totaux, mais après incubation à 44°C; Ils doivent êtres suivis à jour, car ils sont infectieux à faibles doses et peuvent se transmettre par l'eau et la nourriture (Agbota, 2017).

1.3.2. Staphylocoques

Les staphylocoques sont très répondeus dans L'eau, l'air, le sol, les poignées de porte, sur la vaisselle, dans les aliments et sur les animaux, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, gram (+), catalase (+), fermentant les sucres en produisant de l'acide lactique (Benameur, 2018).

1.3.3. Entérocoques intestinaux

Les entérocoques ont été confondus avec les streptocoques fécaux, leur détection peut signaler la présence d'organismes entéropathogènes qui sont nuisibles au développement de la plupart des microorganismes mésophiles ; Ils sont rejetés dans l'environnement avec les fèces

humains ou les déjections animales, donc sont recherchés et énumérés au cours des analyses d'eau.

Ces bactéries possèdent un certain nombre de caractères qui permettent de les séparer des autres cocci Gram-positifs, aéro-anaérobies facultatifs, non mobiles, à catalase négative (Sigrid *et al.*, 1997).

2. Processus de l'épuration de l'eau usée à travers le monde

Le traitement correcte des eaux résiduaires et leur retour dans l'environnement naturel (rivière et mer) est un élément clé du cycle de l'eau, car il protège la vie au sein des rivières et fait en sorte que toutes les sources d'eau soient propres et puissent être facilement utilisées pour l'approvisionnement du public ; et même les pays relativement riches en eau doivent faire face à un déséquilibre croissant entre les ressources et les demandes en eau à la fois pour la consommation et les besoins environnementaux (Chenoweth *et al.*, 2007).

Pour faire face à la pénurie d'eau et pour protéger le milieu récepteur, des techniques ont été créées et développées avec le temps ; qui sont des traitements qui sont conçus à l'origine essentiellement pour l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension, ainsi pour poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire ; par voie biologique le plus souvent.

Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, deux types de traitements :

2.1. Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries qui n'utilisent pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂. Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie. C'est une opération qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé (Metahri, 2012).

2.2. Traitements aérobie

Les micro-organismes utilisés exigent de l'oxygène. On distingue cinq méthodes essentielles : Les cultures fixes (lits bactériens et disques biologiques) Leur principe de fonctionnement,

quelques fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, qui consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée, sur un matériau de grande surface spécifique servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y forment un film plus ou moins épais, sous lequel une couche anaérobie peut se développer sous la couche aérobie, si son épaisseur est importante. Parallèlement, il existe d'autres lits bactériens appelés disques biologiques tournants. Ces disques très légers en matière plastique, de 10mm d'épaisseur et de 2 à 3 m de diamètre, sont espacés de 1 à 2 cm et montés sur un arbre horizontal, lequel est entraîné par un moteur (Metahri, 2012).

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on observe dans le milieu naturel. Trois grands types de procédés d'épuration biologique de l'eau usée sont utilisés dans le monde : les lits bactériens et les disques biologiques ; les boues activées ; les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée (Berland, 2001).

En station, les traitements varient en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur. Généralement le traitement se diffère dans l'étape du traitement secondaire (biologique) où on distingue plusieurs types.

La méthode la plus répandue de processus de traitement des eaux se décompose à plusieurs étapes qui peuvent être résumées comme suite : (Henri, 2004)

2.2.1. Lits bactériens et disques biologiques

Le principe de fonctionnement des lits bactériens parfois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée en apportant de l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Le film biologique contient des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond (Berland, 2001).

Parallèlement, il existe d'autres lits bactériens appelés **disques biologiques** tournants ; cette technique, très ancienne se rencontre dans un certain nombre de stations qui nécessitent une modernisation. Ces disques très légers en matière plastique, de 10mm d'épaisseur et de

2m à 3m de diamètre, sont espacés de 1 à 2 cm et montés sur un arbre horizontal, lequel est doté d'un moteur (Metahri, 2012).

2.2.2. Boues activées

Les boues activées constituent le traitement biologique le plus répandu, son principe c'est de faire développer une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré et alimenté en eau à épurer (Metahri, 2012).

De l'entrée de l'usine jusqu'au rejet dans le milieu naturel, les différentes étapes du traitement des eaux usées et les principales tâches effectuées sont les suivantes :

Etape 01 : Le prétraitement

Les prétraitements visent à retirer de l'eau usée les matières qui peuvent nuire à la qualité du traitement aval ou à la pérennité des ouvrages ; ces matières sont : les objets encombrants, les graisses et les huiles, les sables et les matières facilement décantables (Renou, 2006).

En station d'épuration, le prétraitement comporte trois(03) étapes qui sont les suivantes :

a. Le dégrillage

Représente l'ouvrage de réception, Le dégrillage sert à éliminer les matières volumineuses en suspension (Tharrault, 2008), charriées par l'eau brute, qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants, il permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages de ses infrastructures (Metahri, 2012).

b. Le déshuilage et le dessablage

Le déshuilage et le dessablage qui sont le plus souvent combinés dans un même ouvrage (Renou, 2006).

Les sables graviers susceptibles d'endommager les installations en aval se déposent au fond de bassins conçus à cet effet. Ils sont récupérés de différentes façons : raclage vers une fosse de collecte, pompe suceuse...

L'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage aide la remontée des huiles et des graisses en surface ou elles sont raclées vers une fosse à l'huile (Henri, 2004).

Etape 02 : le traitement secondaire (biologique)

Il s'agit d'un traitement biologique dont l'objectif est l'élimination de la matière organique. Le traitement biologique utilise la capacité auto-épuratrice de microorganismes dont l'activité est améliorée en la plaçant dans les conditions optimales. L'épuration par la biomasse peut prendre plusieurs formes : procédé aérobie ou anaérobie, systèmes à culture libre ou fixée. Quelle que soit la technologie, le principe du traitement biologique est le même (Renou, 2006).

On distingue deux sous étapes dans le traitement biologique :

A. L'aération

Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons, dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) alimenté en continu en eau à épurer. Le brassage évite les dépôts et homogénéise le mélange de la boue et l'eau usée (liqueur mixte) (Metahri, 2012).

B. Clarification

Après la mise en contact, la liqueur mixte est envoyée au clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues ; Une partie de ces derniers sont recyclées dans le bassin d'aération si c'est nécessaire pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent de boues est envoyé vers le procédé prochain qui est le traitement des boues. L'eau clarifiée est évacuée vers la sortie pour être rejetée dans le cours d'eau (Metahri, 2012).

Etape 03 : Recirculation des boues

Les boues sont généralement très liquides, contiennent une forte proportion de matière organique. Elles sont donc très fermentescibles et susceptibles de causer des nuisances.

Le traitement a pour but de les stabiliser, les épaisir, et les sécher pour enfin les stocker (Henri, 2004).

Étapes 04 : Traitement tertiaire ou désinfection

Les traitements tertiaires visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ; Le traitement tertiaire souvent considérés comme complémentaire permettant d'améliorer le traitement secondaire et d'améliorer la qualité générale de l'eau (Metahri, 2012).

Un moyen de désinfection de l'eau est considéré efficace, si il rempli cinq conditions :

- Il doit être efficace contre la plupart des microorganismes pathogènes sous différentes conditions.
- Il doit y avoir absence de sous produit indésirable formé à la suite de son utilisation.
- La désinfection ne doit pas employer quelconques produits dangereux soit pour les humains et pour la vie aquatique.
- Il doit être un moyen facile à opérer.
- La désinfection doit se faire à faible couts d'investissement et d'exploitation (Demers, 2004).

On distingue trois (03) types de procédé de traitement tertiaire privilégiés : procédé chimique, procédé physique et procédé biologique :

a. Procédé chimique

Deux techniques de désinfection ont été ciblées : la chloration et l'ozonation.

➤ Désinfection par chloration

La chloration est une technique de désinfection relativement peu couteuse qui est efficace surtout contre les bactéries, les virus et les parasites (Demers, 2004).

Elle est effectuée à partir du chlore gazeux ou des hypochlorites de sodium et de calcium.

Le temps de contact nécessaire est essentiellement lié à la cible visée, à la présence de composés interférents (MES, composés oxydables) et aux conditions d'application du chlore qui sont : Concentration en chlore libre, pH, Température de l'eau, Qualité de la mise en contact.

L'efficacité du chlore dépend de deux facteurs :

- pH.
- Température (Stavrakakis *et al.*, 2017).

➤ Désinfection par l'ozonation

L'ozonation est un type de désinfection rapide et efficace contre les microorganismes pathogènes (Demers, 2004).

L'ozone est capable d'oxyder beaucoup de substances organiques ou inorganiques dans l'eau ; sa solubilité dans l'eau (570mg/l) est 12 fois plus faible que celle du chlore.

L'action de l'ozone sur les micro-organismes dépend des conditions du milieu (pH, température, présence d'autres composés oxydables et la concentration en MES). (Stravrakakis *et al.*, 2017).

Les avantages et les inconvénients de l'ozonation sont mentionnés dans le tableau n°01.*+9

Tableau n°01 : Avantages et Inconvénients de l'ozonation (Stravrakakis *et al.*, 2017), (Demers, 2004).

	Avantages	Inconvénients
Ozonation	Réagis rapidement avec les microorganismes Génère moins de sous produits indésirables dans l'environnement. Elle est plus sécuritaire que la chloration pour les employés de l'usine.	Entraine des couts élevés d'investissement et d'exploitation.

b. Procédé physique :

Le procédé physique le plus répandu et le plus efficace est le traitement par les rayons ultraviolets.

- **Désinfection par rayonnement ultraviolets**

Ce mode de désinfection des eaux usées consiste à faire passer les eaux dans un canal ouvert muni de lampes à rayons ultraviolets (UV) (Ministère de l'environnement, 2021).

Le rayonnement utilisé en traitement de désinfection se situe dans la gamme UVC qui définit le domaine germicide.

Ce rayonnement UV est produit majoritairement à partir de lampes à gaine de quartz et à vapeur de mercure à faible ou à moyenne pression (Stavrakakis *et al.*, 2017).

Les avantages et les inconvénients des rayonnements ultraviolets sont mentionnés dans le tableau n°02.

Tableau n°02 : Avantages et inconvénients des rayonnements ultra violets (Stavrakakis *et al.*, 2017).

	Avantages	Inconvénients
UV	Les rayonnements UV appliqués en désinfection sont réputés pour leur production minimale de sous produits.	La reviviscence de certains micro-organismes peut limiter la qualité de la désinfection, en raison du développement de mécanismes capables de régénérer la structure ADN.

c. Procédé biologique

Un procédé biologique, comme son nom l'indique, est utilisé pour l'épuration d'une eau usée par des matériaux biologiques et naturels.

- ***Hibiscus Rosa-Sinensis***

Hibiscus-Rosa-Sinensis ou *Hibiscus* rouge, est un grand arbuste qui a une structure variable, avec une hauteur de 4,7 m ; Ses feuilles sont de forme ovale et mesurent de 5 à 15cm de long, disposées alternativement sur les branches, et peuvent être panachées ou vert foncé et les bords sont dentés avec des taches plus claires. Les fleurs d'hibiscus ont des étamines et le style est fusionné en une tige (Khristi *et al.*, 2016).

Les activités anti-oxydantes, anti-tyrosinases, et antibactériennes des feuilles et des fleurs d'hibiscus sont bien connues.

L'hibiscus Rosa-Sinensis a été révélée être un coagulant naturel efficace pour le traitement des eaux très turbides (Nidheesh *et al.*, 2017).

Des études ont révélé que l'hibiscus a un effet bactéricide dans l'eau ; le processus de l'ajout de quelques ml de l'extrait aqueux de l'hibiscus est efficace et moins coûteux.

Avec cet extrait, les scientifiques ont réussi d'éliminer les bactéries les plus nocives pour la santé humaine (Sunda *et al.*, 2008).

- ***Lantana Camara***

Lantana Camara est utilisée en médecine traditionnelle dans de nombreux pays du monde pour traiter une grande variété de pathologie tel que : traitement des ulcères et des vers intestinaux, la rage, les rhumatismes, la toux, les blessures, la malaria, la rougeole, l'asthme, la fièvre, la rhume, la bronchite et les maux d'estomac.

L. Camara présente un effet bactéricide dans l'eau et cela a été prouvé après l'inactivation des coliformes et d'autres bactéries après l'ajout de l'extrait aqueux de cette plante dans l'eau. (Sunda *et al.*, 2008).

- ***Moringa Oleifera***

Les graines de *Moringa Oleifera* sont connues comme coagulant dans le traitement de l'eau et possède un potentiel élevé dans la purification de l'eau.

L'étude de la désinfection de l'eau par la poudre des graines de *Moringa Oleifera* a montré un abattement assez bien de la majorité des germes présents dans l'échantillon : 80% pour les germes totaux à 22°C, 99% à 37°C, 99% pour les coliformes totaux, 100% pour les entérocoques et les staphylocoques, et pas d'effet pour les salmonelles en raison de la dose insuffisante (Arhab *et al.*, 2021).

Les résultats de l'étude de (Gaikwad *et al.*, 2019) montrent que l'enveloppe de la graine de *Moringa Oleifera* est relativement moins efficace et que la graine séchée naturellement est plus efficace pour l'élimination de la turbidité.

Moringa Oleifera réduit la turbidité lorsqu'elle est élevée, mais elle devient une pollution lorsque la turbidité n'est pas forte (Benalia *et al.*, 2021).

- ***Aloé Vera***

Selon (Hamman, 2008) l'*Aloé Vera* intervient dans plusieurs activités biologiques comme : l'immuno-stimulation, effet anti-inflammatoire, effet antibactérien, effet antiviral,

effet antifongique, activité antidiabétique et antinéoplasique, effet antioxydant, cicatrisation, promotion de la réparation des dommages causés par les radiations et stimulation de l'hématopoïèse.

De plus de l'utilisation médicinale de cette plante, de nos jours, la recherche s'est également concentrée sur une utilisation alternative de *Aloé Vera* qui est liée à des applications environnementales telles que la technologie de l'eau propre/le processus de traitement des eaux usées (Giannakoudakis *et al.*, 2018).

Aloé Vera a une importance pour une utilisation en tant que coagulant dans le traitement de l'eau car elle ne modifie pas le goût naturel de l'eau (Kamaruzaman *et al.*, 2020).

Aloé Vera est une plante de base importante qui a été traditionnellement utilisée pour le traitement des diverses maladies :

- Il a été affirmé que les polysaccharides du gel *A. Vera* ont des propriétés thérapeutiques telles que immuno-stimulation, effets anti-inflammatoires, cicatrisation des plaies, promotion de la réparation des dommages causés par les radiations, activités antibactériennes, antivirales, antifongiques, antidiabétiques et antinéoplasiques, stimulation de hématopoïèse et effets antioxydants.
- Il a été rapporté par plusieurs auteurs que différentes fractions d'*A. Vera* ainsi que des fractions non fractionnées gel entier ont des effets antioxydants. Activité peroxydative du glutathion, enzymes superoxyde dismutase et un antioxydant phénolique ont été trouvés dans le gel d'*A. Vera*, qui peut être responsable de ces effets antioxydants.
- L'activité du gel interne d'*A. Vera* contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives a été démontré par plusieurs méthodes différentes (Hamman, 2008).

- ***Cactus***

Les matériaux à base de *cactus* sont très attractifs pour le traitement des eaux usées. Les plantes de cactus sont renouvelables, abondantes, respectueuses dans l'environnement, adaptables et biodégradables.

La capacité de diverses préparations de *cactus* à éliminer les polluants ont été observés ; Le *cactus* peut être utilisé comme coagulant/floculant, comme biosorbant et comme matériau de garnissage pour biofiltre.

Le système enzymatique du *cactus* a fait un matériau potentiel intéressant pour le traitement des eaux usées textiles (Ben Rebah *et al.*, 2018).

Le *cactus* a un bel avenir d'application à grande échelle mais son utilisation encore limitée au laboratoire (Zhang *et al.*, 2005).

2.2.3. Filtration percolation

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration ; la plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible (Berland, 2001).

2.2.4. Filtration par le sol et les plantes

Le sol et les rivières, ont été depuis toujours le réceptacle naturel de la pollution engendrée par l'activité humaine. Les techniques sophistiquées actuellement mises en œuvre dans les stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines, ne constituent qu'une optimisation de l'auto épuration naturelle qui s'exerce dans ces deux milieux (Guilloteau, 1992).

On a détaillé le processus par boue activée car, actuellement, c'est le procédé biologique le plus répandu et le plus utilisé dans le monde et plus précisément le cas de la STEP Est Tizi-Ouzou.

Chapitre 02

Généralité sur quelques plantes à pouvoir antibactérien

A partir des caractéristiques antibactériennes de certaines plantes, nous avons décidé de choisir trois espèces largement utilisées en médecine (*Aloé Vera*, *Hibiscus Rosa-Sinensis* et *Lantana Camara*) à fin de les étudier et confirmer leur efficacité dans le traitement de l'eau.

1. *Aloé-Vera*

1.1. Généralités

L'Aloé Vera est une espèce originaire de l'Afrique de Sud et de l'Est, et à été introduite par la suite au Nord de l'Afrique, dans la péninsule arabique, la chine, les pays méditerranéens et les Antilles.

Le mot *Aloé* est dérivé d'un ancien mot arabe « *alloeh* », qui signifie substance amère qui brille », et que « *Vera* » est le mot latin « vrai », parce que depuis l'antiquité, cette espèce a été considérée comme efficace en médecine et en thérapie ; pour cela qu'elle avait plusieurs surnoms tel que : plante miracle, plante qui guérit, docteur vert, plante médecin, guérisseur silencieux, etc... (Michayewicz, 2013).



Figure n°01 : photo de la plante *Aloé Vera*.

1.2. Systématique

En botanique, il existe plusieurs systèmes de classification tel que : la classification CRONQUIST (1981) et la classification APG 3 (2009)

Le contenu des deux classifications botaniques utilisées aujourd'hui est illustré dans le tableau n°03.

- **Selon la classification CRONQUIST (1981)**

La classification de Cronquist est une classification des angiospermes ; elle est la dernière version de classifications majeures ; elle repose essentiellement sur des critères morphologiques, anatomiques et chimiques (Michayewicz, 2013).

- **Classification APG III (2009)**

Il s'agit de la troisième version de la classification moléculaire et cladistique des Angiospermes, établi par l'APG, version revisitée de la classification APG de 1998 et APG II de 2003. Plus récente, cette classification est basée sur deux gènes chloroplastiques et un gène nucléaire du ribosome (Michayewicz, 2013).

Tableau n°03 : Comparaison entre la classification Cronquist et la classification APG III (Michayewicz, 2013).

Classification Cronquist	Classification APG III
Règne : Plantae	Clade : Angiospermes
Division : Magnoliophyta	Clade : Monocotylédones
Classe : Liliopsida	Ordre : Asparagales
Sous classe : Liliidae	Famille : Xanthorrhoeaceae
Ordre : Liliales	Sous famille : Asphodeloideae
Famille : Aloeaceae	
Genre : <i>Aloe</i>	
Espèce : <i>vera</i>	

2. *Hibiscus-Rosa-Sinensis*

2.1. Généralités

L'herbe *Hibiscus-Rosa-Sinensis* est originaire de Chine, il est cultivé pour ses fleurs voyantes ; c'est un arbuste cultivé sous les tropiques comme plante ornementale ; contient 200 variétés, cultivé en jardin d'ornement du niveau de la mer à 500 m d'altitude. Il est utilisé

dans le traitement de : la bronchite, la ménorragie, la toux, des maladies cardiaques et nerveuses et aussi dans la fabrication des parfums (Khristi *et al.*, 2016).



Figure n°02 : photo de la plante *Hibiscus-Rosa-Sinensis*.

2.2. Classification

Royaume : Plantae-Plante

Sous-classe : Dilleniidae

Sous-domaine : Tracheobionta

Ordre : Malvales

Super division : Spermophyta

Famille : Malvaceae

Division : Magnoliophyta

Genre : Hibiscus L-Rosemallow

Classe : Dicotylédones

Espèce : *Hibiscus rosa sinensis*

(Khristi *et al.*, 2016).

3. *Lantana Camara*

3.1. Généralités

Lantana Camara est une plante généralement considérée comme plante nuisible ; Elle est très reconnue en médecine traditionnelle. Elle est très répandue dans les régions tropicales et chaudes du monde entier.

Il existe près de 650 variétés qui se diffèrent par la couleur de leurs fleurs et la forme de leurs feuilles.

D'habitude, *L. Camara* est connue sous le nom de sauge sauvage ou rouge, ainsi que mille fleurs ; elle a plusieurs synonymes comme : *Lantana Aculeata Linn*, *Lantana Antidotalis Thon*, *Lantana Antillana Rafin* et *Lantana Polyacanthus SCH* (Néa, 2021).



Figure n°03 : photo de la plante *Lantana Camara*.

3.2. Classification systématique de la plante

Selon Cronquist 1988, la plante *L. Camara* est classée dans :

Règne : Plantae

Sous- classe : Asteridae

Sous-règne : Tracheobionta

Ordre : Lamiales

Embranchement : Spermaphytes

Famille : Verbenaceae

Sous- embranchement : Angiospermes

Genre : Lantana

Division : Magnoliophyta

Section : Camara

Classe : Dicotylédones

Espèce : *Lantana Camara L*

(Néa, 2021).

Partie expérimentale

CHAPITRE 03

Matériel Et Méthodes

1. Méthodologie

A fin d'aborder et d'analyser notre problématique, on a choisi d'utiliser la méthode expérimentale déductive en mettant des hypothèses et chercher la réponse.

La méthode expérimentale est une démarche scientifique qui consiste à contrôler la validité des hypothèses (efficacité de *l'Aloé Vera* extrait dans la désinfection de l'eau, réduction de la concentration des microorganismes par *l'Hibiscus* et l'efficacité de *L. Camara* dans la réduction de la turbidité pour notre cas) au moyen d'épreuves répétées, au cours desquelles on modifie un à un les paramètres de situation afin d'observer les effets induits par ces changements ; Dans le mode déductif, le chercheur formule d'abord une hypothèse plus ou moins spécifique et infère logiquement à partir de cette dernière des implications matérielles pour ensuite colliger des données et ainsi éprouver la valeur des hypothèses. C'est aussi le raisonnement qui conduit toute proposition générale à ses implications particulières.

On a abouti à des résultats tout en utilisant des techniques (coagulation, filtration sur membrane cellulosique stérile, ensemencement, incubation) et des moyens comme : rampe de filtration, Jar test, bec bunsen, étuve, four pasteur, etc....)

2. Présentation de la région d'étude : Station d'épuration Est de Tizi-Ouzou

2.1. Situation géographique et conception

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est située sur la rive de l'Oued Sébaou à 200m en amont du pont de bougie sur le chemin de wilaya N°124 reliant Tizi-Ouzou Bejaia. La STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain ; D'une superficie de 35 591 m² dont 14 714m² bâtis.

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou a été conçue au début des années 90 et a été mise en service en Aout 2001 et transférée à l'ONA en juillet 2003. L'ONA, s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004 ou, elle a été certifiée pour la première fois en 2007. Cette distinction demeure la première à l'échelle nationale et africaine dans le domaine de la gestion et de l'exploitation des systèmes d'assainissement (Belmihoub, 2017).

Ces effluents arrivent à la station à travers un réseau unitaire par voie gravitaire (Amara *et al.*, 2018).



Figure n° 04 : Situation géographique de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

2.2. Processus de fonctionnement de la station d'épuration Est Tizi-Ouzou

Les eaux usées des agglomérations peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des phénomènes physiques, chimiques et biologiques, à des degrés d'épuration et à des coûts variables selon le niveau de qualité exigé par le milieu récepteur.

La STEP Est traite les eaux usées venants du coté Est de la ville Tizi-Ouzou, par le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge dont les étapes sont les suivantes :

Etape 01 : Le prétraitement

Cette étape est très importante en raison de la protection des conduites contre le bouchage et éviter toutes matières qui va nuire à la qualité du traitement ou à la pérennité des ouvrages ; on distingue deux(02) sous étapes :

A. Dégrillage

On distingue deux types de dégrilleur : grossier et fin :

A.1. Dégrillage grossier

L'eau dans le bassin de relevage passe dans une grille à grosses mailles (plus au moins espacées : 50 à 80mm), pour retenir les déchets les plus volumineux et flottantes (figure n° 05); ces derniers sont amenés vers une benne à déchets (ONA, 2022).



Figure n° 05 : Dégrilleur grossier.

A.2. Poste de relevage d'eau brute

Cette STEP est équipée d'un poste de relevage qui se compose de quatre (04) pompes immergées de 750m /j avec un fonctionnement alternatif.

Dans cette étape, se fait le prélèvement d'eau brute pour effectuer une série d'analyses (Ph, T°C, turbidité et les MES...) à fin d'identifier la pollution entrante à la station (ONA, 2022).

A.3. Dégrillage fin

L'eau passée par le dégrilleur grossier est directement remontée par les pompes pour passer par le dégrilleur fin qui comporte une grille automatique (figure n°06) avec des mailles moins espacées (25mm) pour retenir les petits déchets.

Ces déchets sont récupérés et transportés par la vis refus vers une ben (ONA, 2022).



Figure n° 06: Dégrilleur fin.

B. Déshuilage et dessablage

Dans la STEP Est de Tizi-Ouzou le déshuilage et le dessablage sont combinés dans un même ouvrage qui consiste à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait se déposer les sables et flotter les graisses et les huiles ; ces dernières sont raclées en surface avec le pont de raclage vers une fosse à l'huile alors que les sables sont récupérés par pompage par la vis à sable et tourne et transporte avec elle le sable vers une ben (figure n°07) (ONA, 2022).



Figure n°07 : Infrastructure de déshuilage et dessablage.

C. Soufflante by-pass

La station reçoit dans un temps à autre des effluents anormaux non biodégradables (eau industrielle), qui empêche le fonctionnement normal du bassin biologique, c'est pour cela l'effluent est évacuer vers l'oued par le by-pass (ONA, 2022).

Étape 02 : Traitement secondaire (biologique)

Le traitement secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou se fait par le procédé à boue activée dans le but d'épurée l'eau usée biodégradable avant de la rejeter dans le milieu récepteur en diminuant sa charge polluante (ONA, 2022).

A. Aération

Le bassin biologique constitue le cœur de la station d'épuration biologique. La STEP Est de Tizi-Ouzou constitue deux bassins biologiques (figure n°08) qui fonctionnent alternativement et qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Longueur : 49,50 m
- surface : 817 m²
- Largeur : 16,50 m
- volume : 3250 m³
- Hauteur moyenne : 4 m
- nombre d'aérateur : 3

Les eaux usées sont mises en contact avec la boue activée en brassant le milieu afin d'abattre la pollution carbonée et azotée ainsi qu'une partie de la pollution phosphorée, en alternant des phases d'aération et des phases anoxiques (ONA, 2022).



Figure n°08 : Bassin d'aération (biologique).

B. Clarification

Se fait avec deux bassins cylindro-conique alternativement, ces deux bassins constitués d'un pont racleur en surface pour racler les surnageant et les ramener vers le centre, et un racleur de fond pour racler les boues, et ont les caractéristiques suivantes :

- Hauteur moyenne : 3,10 m
- Surface : 530 m²
- Diamètre périphérique : 26 m
- Volume : 1700 m³

Après la séparation eau et boue ; L'eau clarifiée est évacuée directement vers la sortie et rejetée dans l'oued après une série d'analyses, et les boues se dirigent vers le post de recirculation (ONA, 2022).

- **Recirculation des boues**

Les boues décantées au niveau du clarificateur sont amenées vers le puits de recirculation des boues; une partie de ces boues sont recyclées dans le bassin biologique pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices ; l'excédent est extrait du système et évacué vers le stabilisateur pour les traiter ; le choix se fait juste après une série d'analyses effectuées au laboratoire de la STEP (ONA, 2022).

Etape 03 : traitement des boues

Le traitement des boues passe par trois (03) sous étapes :

a. Stabilisation

La STEP Est de Tizi-Ouzou contient deux bassins de stabilisation qui fonctionnent par digestion aérobie en présence d'excès d'oxygène, et qui ont les caractéristiques suivantes :

- Longueur : 49,50 m
- Volume : 2550 m³
- surface : 656 m²
- Hauteur moyenne : 4 m
- Largeur : 13,23 m

b. Epaissement

La STEP Est de Tizi-Ouzou contient un seul épaisseur (figure n°09). La boue issue de la stabilisation est épaissie et déshydratée pour éliminer la majorité de leur humidité ; cet épaisseur a les caractéristiques suivantes :

- Diamètre : 15 m
- Surface : 176 m²
- Hauteur : 4 m
- Volume : 740 m³



Figure n°09 : Epaisseur.

c. Séchage

Le séchage à la STEP Est Tizi-Ouzou est fait manuellement (figure n°10) ; les boues épaissies sont versées directement dans les lits de séchage qui possède trois couches de sable (sable grossier, moyen et fin) séparées par des grilles.

Une fois que la boue est séchée, elle est extraite manuellement pour la déplacer vers l'air de stockage des boues.

Les boues stockées peuvent être récupérées par les agriculteurs après les analyses des métaux lourds (ONA, 2022).



Figure n°10 : Lits de séchage.

Au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou, ils ne font pas le traitement tertiaire, et cela pour divers raisons (coût cher, absence d'infrastructure...)

■ Processus de traitement

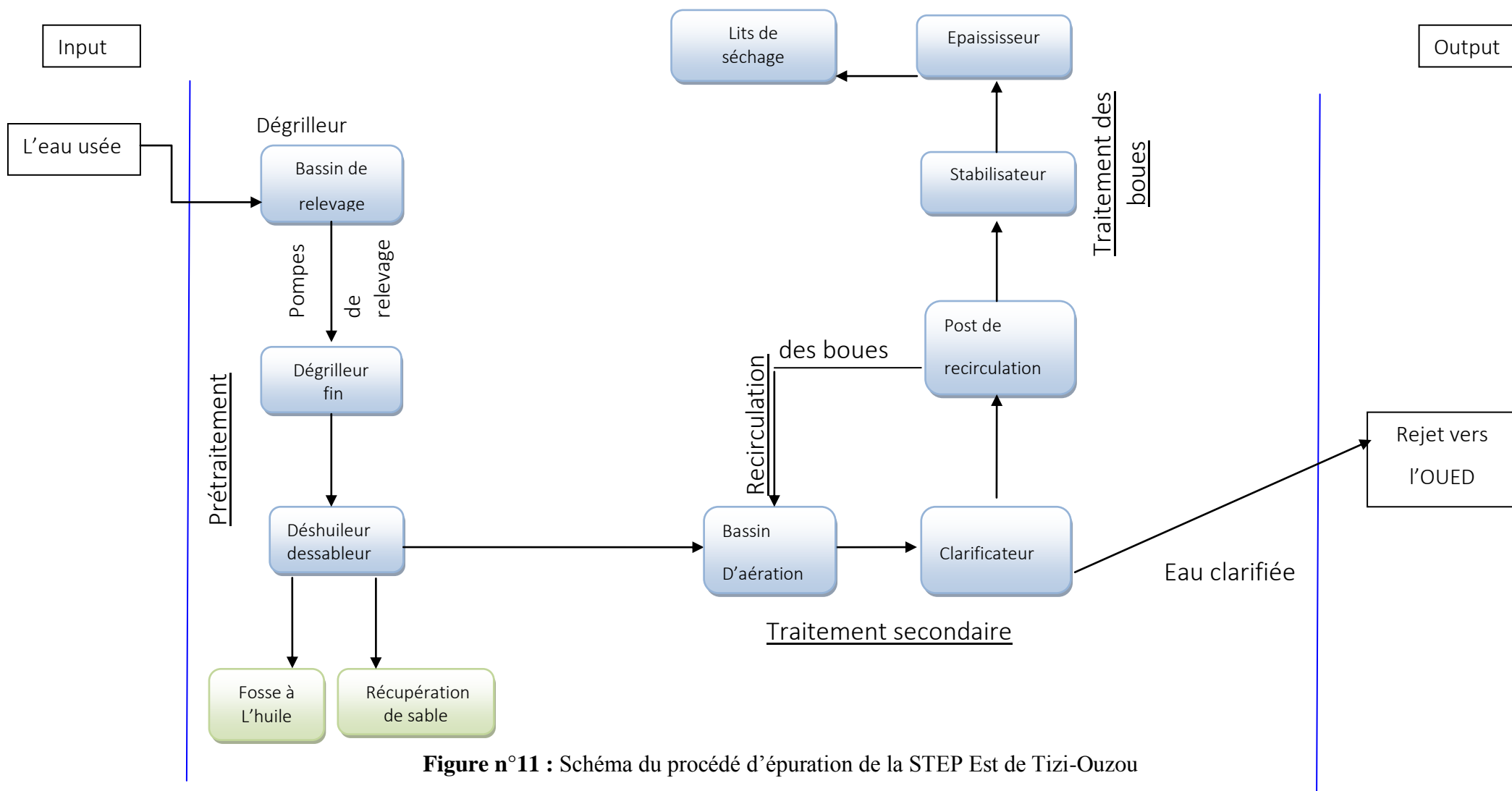


Figure n°11 : Schéma du procédé d'épuration de la STEP Est de Tizi-Ouzou

3. Matériel végétal

Parmi toutes les plantes épuratrices de l'eau, celles mentionnées précédemment, on a choisit trois plantes pour l'essai de coagulation floculation et voir sont effet sur les micro-organismes existant dans l'eau usée traitée (*Aloé Vera*, *Hibiscus Rosa-Sinensis* et *Lantana Camara*) en raison de leur composition en polyphénols, flavonoïdes.

3.1. *Aloé Vera*

L'*Aloé Vera* est plante de 60 à 80 cm de haut, aux racines peu profondes, dont les tiges très ligneuses portent un faisceau de feuilles lisses et charnues.

Les feuilles d'*Aloé Vera* sont charnues, de forme lancéolée à section triangulaire et extrémités pointues sont disposées en rosette (Kebour *et al.*, 2019).

L'*Aloé Vera* utilisée durant notre étude a été collecté trois (03) fois à Souk El Hed ; qui a les coordonnées géographiques suivantes : (36°45'31''N 4°14'57''E) 356m (Google earth).

3.2. *Hibiscus Rosa-Sinensis*

L'*hibiscus* est largement cultivé comme plante ornementale dans les régions tropicales et subtropicales ; c'est un arbuste ou un petit arbre buissonnant, à feuilles persistantes, qui poussent de 2,5 à 5 m de haut et de 1,5 à 5 m de large avec des feuilles brillantes et des fleurs solitaires rouge vif en été et en automne (Nidheesh *et al.*, 2017).

L'*hibiscus* a été collecté manuellement au village d'Abouda Bouadda avec les coordonnées suivantes (36°40'07''N 4°13'30''E) 676 m (Google earth).

3.3. *Lantana Camara*

Lantana Camara est arbuste très ramifié, a 4 mètre de haut ; ses feuilles simples sont opposées, ovale, triangulaires au sommet et régulièrement dentées sur les bords, allant de 2 à 10 cm de longueur. Elles sont de couleur verte vive sur la face supérieur et verte plus pale, poilues et fortement nervurées sur la face inférieur ; ces feuilles dégagent une odeur aromatique.

Les tiges et les rameaux secondaires sont quadrangulaires avec de petites protubérances épineuses courtes et crochues disposées sur l'arête des tiges.

Le système racinaire est très solide, avec une racine principale pivotante et de nombreuses racines latérales peu profondes.

Les fleurs sont petites, odorantes, de diverses couleurs : jaune, blanc, rose, orange ou rouge, selon la variété ; Elles poussent sur les aisselles, près de la tige (Néa, 2021).

L. Camara a été collecté à l'université Mouloud MAMMERI campus Bastos avec les coordonnées géographiques suivantes : (36°41'52"N 4° 03'19"E) 640 m (Google earth).

4. Prélèvement et échantillonnage

Le mot « échantillon » peut prendre une double signification. Au sens strict ou opérationnel, il désigne exclusivement le résultat d'une démarche visant à prélever une partie d'un tout bien déterminé ; au sens large, il désigne le résultat de n'importe quelle opération visant à constituer le corpus empirique d'une recherche (Pires, 1997).

Durant notre étude on a fait le prélèvement de l'échantillon pour deux types d'analyse comme suivant :

4.1. Prélèvement pour les analyses physico-chimiques

Les analyses physico- chimiques ont été effectuées trois fois (1 fois mois d'Avril, 1 fois mois de mai et l'autre fois en mois de Juillet), le prélèvement du mois de mai a été effectué durant notre stage qui a eu lieu du 22 ou 28 mai 2022. A la STEP Est de Tizi-Ouzou ; Le prélèvement des échantillons a été fait quotidiennement (durant toute la semaine du stage) pour les analyses quotidiennes (matières en suspension et potentiel hydrogène), et un échantillon par semaine pour les analyses complètes (température, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻ et NH₄⁺), on prend à chaque prélèvement une bouteille de l'eau de l'entrée de la STEP et une bouteille de l'eau de l'effluent traitée a la sortie de la STEP. La prise de l'échantillon pour les analyses physico-chimiques ne demande pas des procédures très précises à suivre, il suffit juste de remplir les bouteilles complètement et que le manipulateur soit bien protégé avec des gants et une blouse (ONA, 2022).

4.2. Prélèvement pour les analyses bactériologique

Le prélèvement de l'échantillon pour les analyses bactériologiques a été effectué une fois par semaine pendant le mois de mai 2022 à la STEP Est de Tizi-Ouzou ; à chaque fois on prélève un volume 10 litres de l'effluent secondaire traité ; les échantillons sont transportés

dans une glacière. L'eau prélevée doit être transportée dans des bouteilles en verre stériles rempli à la trière ; le manipulateur doit mettre une blouse et des gants pour la protection.

5. Préparation des coagulants et des solutions

5.1. Préparations des coagulants

Les différents coagulants ont été préparés comme suite :

Poudre d'A. Vera : l'A.V a été coupée en morceaux et séchée au four pasteur à 80°C (Sunda *et al.*, 2008)) pendant 24 heures, ensuite elle à été moulue à l'aide d'un moulin à grains.



Figure n°12 : Préparation de la poudre d'*Aloé Vera*.

Gel d'A. Vera : le gel d'*Aloé Vera* a été gratté à l'aide d'un couteau et écraser et conservé dans le réfrigérateur.



Figure n°13 : Préparation du gel d'*Aloé Vera*.

Extrait aqueux d'A. Vera : l'*A. Vera* à été coupée en petits morceaux, séchée au four pasteur à 80°C pendant 24 heures ; Ensuite, l'extrait à été préparé par l'ajout de 10g d'*A. Vera* séchée dans un bécher qui contient 400ml d'eau distillée, le mélange a été bouilli sur une plaque chauffante pendant 30 minutes après ébullition, après refroidissement, l'extrait à été filtré pour récupérer la solution aqueuse.



Figure n°14 : Préparation de l'extrait d'*Aloé Vera*.

Hibiscus a été séchée au four pasteur à 80°C (Sunda *et al.*, 2008) pendant 24h ; Après le séchage, l'extrait a été préparé en mélangeant 10g de la poudre d'hibiscus et 400ml d'eau distillée dans un bécher, ce dernier a été mis sur une plaque chauffante pendant 30min à partir ébullition.

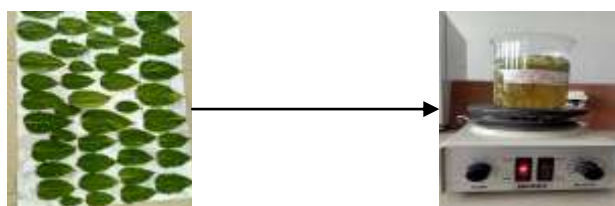


Figure n°15 : Préparation de l'extrait d'*Hibiscus*.

L. Camara a été séchée au four pasteur à 80°C (Sunda *et al.*, 2008) pendant 24 heures ; Après le séchage, 5g de *L. Camara* séchée ont été mis dans un bécher qui contient 200ml d'eau distillée, ce mélange a été bouilli sur une plaque chauffante pendant 20min à partir ébullition, ensuite l'extrait a été filtré.

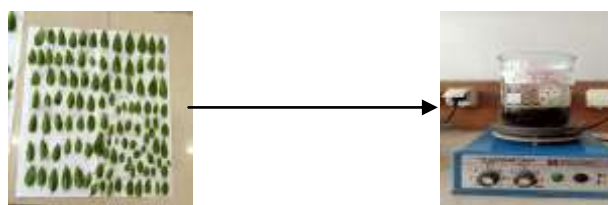


Figure n°16 : Préparation de l'extrait de *L. Camara*.

5.2. Préparation des solutions

Solution avec l'*Aloé Vera*

- **Poudre**

Différentes concentrations de solutions d'*Aloé Vera* poudre ont été préparées en dissolvant 450 mg (Arhab *et al.*, 2021) de la poudre d'*Aloé Vera* dans 1000 ml de l'échantillon (eau usée traitée) à analyser contenu dans un bécher de 1L.

- **Gel**

La solution d'*Aloé Vera* gel a été préparée par l'ajout de 2 ml du gel dans 1000 ml d'eau usée traitée dans un bécher de 1L.

- **Extrait aqueux**

La solution d'extrait d'*Aloé Vera* a été préparée en ajoutant 2 ml (D1), 4 ml (D2) et 6 ml (D3) de cet extrait dans 1000 ml d'eau usée traitée.

Solution avec *Hibiscus-Rosa-Sinensis*

La solution d'*hibiscus* a été préparée par l'ajout de 2ml d'extrait aqueux (Sunda et al, 2008) dans 1000ml d'eau usée traitée contenue dans un bécher de 1L.

Solution avec *Lantana Camara*

La solution de *L. Camara* a été préparée en ajoutant 2ml d'extrait aqueux (Sunda et al, 2008) de *L. Camara* dans 1000ml d'eau usée traitée contenue dans un bécher de 1L.

■ **Coagulation-floculation**

Les solutions préparées ont été agitées à 300 tours pendant 5 minutes, puis à 50 tours pendant 20 minutes ; ensuite elles ont été laissées reposer et décantées pendant 1 heure.

Le phénomène est illustré dans la figure n°17.



Figure n°17 : Phénomène de coagulation-floculation.

6. Préparation des dilutions de l'échantillon mère

- Préparer 6 tubes remplis d'eau physiologique, les stériliser au four pasteur.
- A l'intérieur de la zone stérile, à l'aide d'une pipette stérile, prélever 1ml de l'échantillon mère, pour le mettre dans le premier tube.
- Agiter soigneusement le premier tube, puis prélever 1ml, pour le verser dans le deuxième tube.
- Répéter la même opération jusqu'à atteindre la dernière dilution.

7. Protocoles des analyses effectuées

Durant notre étude on a fait deux types d'analyses afin d'analyser l'eau d'une manière physico-chimique et d'une manière bactériologique.

7.1. Protocoles des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de l'ONA

L'analyse physico-chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution tels que le MES, Ph, température, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻ et NH₄⁺ (Rodier, 2009). Ces paramètres ont été suivis quotidiennement (pendant 1 semaine) entre l'entrée et la sortie de la STEP. Après avoir prélevé et conservé les échantillons selon les conditions requises pour les eaux usées, les analyses ont été effectuées selon les protocoles préconisés.

- **Analyses quotidiennes**

- a. Détermination de la matière en suspension**

Le protocole de détermination de MES est comme suite :

- Prélever 25ml d'échantillon à analyser (entrée et sortie) ;
- Préparer le spectrophotomètre ;
- Régler le colorimètre au numéro de programme (94) ;
- Remplir un flacon avec 25ml d'eau distillée (le blanc), puis le placer dans l'appareil et procéder à la lecture ;
- Placer les échantillons (entrée et sortie) l'un après l'autre après agitation, ensuite passer à la lecture.

b. Détermination du potentiel hydrogène (pH)

Le protocole à suivre pour déterminer le pH est comme suite :

- Préparer le pH mètre et l'étalonner ;
- Verser une quantité suffisante d'échantillon dans un bécher ;
- Allumer le pH mètre ;
- Attendre que la mesure se stabilise pour enfin passer à la lecture.

• Analyses complètes

a. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Mode opératoire

- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20° ;
- Préparer les flacons de DBO (ombrés), les rincer avec de l'eau distillée puis avec de l'eau à analyser ;
- Introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser ;
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon ;
- Placer les flacons dans l'incubateur pendant une heure pour permettre à l'échantillon d'atteindre la température de 20°c ;
- Placer du KOH dans les couvercles (le KOH permet de fixer le CO₂ dégagé) ;
- Placer les oxytop sur les flacons et les programmer en choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi ;
- Laisser les échantillons à l'intérieur du DBO mètre à température constante (20°c) et dans l'obscurité pendant cinq (05) jours.

b. Demande chimique en oxygène (DCO)**Mode opératoire**

- Préparer :
 - Un échantillon témoin avec 10ml de solution d'hydrogénophthalate de potassium (étalon) ;
 - 10ml d'eau distillée ;
 - 10ml d'eau usée prélevée à l'entrée ;
 - 10ml d'eau usée prélevée à la sortie.
- Ajouter à chaque flacons 5ml de dichromate de potassium, 15ml d'acide sulfurique sulfate d'argent ;
- Mettre les flacons dans le réacteur à DCO pendant deux (02) heures à 150°C ;
- Après refroidissement, ajouter 45ml d'eau distillée pour chaque flacon ;
- Titrer le tout avec le sulfate de fer et d'ammonium.

c. Nitrates NO_3^- **Mode opératoire****A l'entrée**

- Verser 6ml du réactif nitraver 6 dans 10ml d'eau d'entrée avec agitation de 3 minutes et réaction de 2 minutes ;
- Prélever 10ml du dernier mélange, pour le verser dans un autre flacon et ajouter le réactif nitraver 3 et laisser réagir pendant 10 minutes ;
- Entre temps, préparer le spectrophotomètre ;
- Etalonner avec le blanc (échantillon sans réactif).

A la sortie

- Choisir le programme adapté aux nitrates ;
- Introduire 10 ml d'eau de sortie dans un flacon ;
- Ajouter le réactif nitraver 5 avec agitation pendant 1 minute et 5 minutes de réaction ; régler le zéro du spectrophotomètre avec 10ml de l'échantillon sans réactif et passer à la lecture.

d. Nitrites NO_2^- **Mode opératoire**

- Effectuer une dilution à l'eau de sortie à $\frac{1}{2}$ ou à $\frac{1}{5}$;
- Prélever 10ml d'échantillon, ajouter le réactif nitriver 3 avec agitation et réaction pendant 15 minutes ;
- Régler le spectrophotomètre en choisissant le programme et passer à la lecture en étalonnant toujours avec les blancs (échantillons sans réactifs).

7.2. Protocoles des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de l'Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, en déterminant : la conductivité électrique (CE), le potentiel hydrogène (pH) et la température, dont les protocoles sont comme suit :

- Conductivité électrique a été mesuré au laboratoire avec le conductimètre (HANNA Instruments model Hi 2314).
- Ph a été mesuré au laboratoire avec le Ph mètre (HANNA Instruments model Hi 2209).
- La température a été mesurée au laboratoire avec un ph mètre (HANNA Instruments model Hi 2209).

7.3. Protocoles des analyses bactériologiques effectuées au laboratoire de l'Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou

Les analyses bactériologiques ont pour but la recherche et le dénombrement des germes présents dans l'eau usée avoir traité à la STEP et décontaminé par l'Aloé Vera au laboratoire.

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2009).

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou en se reposant sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- Les coliformes totaux et fécaux ;
- Les streptocoques ;
- Les staphylocoques.

■ Méthodes de recherche et de dénombrement

Durant la recherche et le dénombrement des différents types de microorganismes présents dans l'eau, on a opté généralement pour la majorité des recherches la méthode de la filtration sur membrane cellulosique stérile.

A. Isolement des coliformes

❖ Méthode de filtration sur membrane

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement de *Escherichia coli*, streptocoques fécaux et des coliformes qui existent dans tous type d'eau en utilisant une rampe de filtration avec des filtres de 0,2 micromètre.

Mode opératoire

- À l'aide de la flamme des becs bunsens, stériliser l'entonnoir gradué en verre ainsi que le filtre poreux ;
- Flamber la pince et transférer dans des conditions d'asepsie la membrane poreuse de 0,2 micromètre et la mettre entre l'entonnoir et le filtre poreux ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Verser ensuite, toujours dans la zone stérile, les échantillons à analyser ;
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Après avoir filtré la quantité voulue (100ml), arrêter la pompe et retirer l'entonnoir en verre ;

Ensemencement

Retirer la membrane à l'aide de la pince stérile, et la transférer sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée.

Incubation

Retourner et incuber une série de boîtes de pétri à 37°C pendant 24h (jusqu'à 48h) pour les coliformes totaux, et incuber le reste des boîtes de pétri à 44°C pendant 24h pour les coliformes fécaux.

Lecture

Après l'incubation, considérer les colonies qui possèdent une coloration jaune comme caractéristiques des coliformes.

B. Recherche des entérocoques intestinaux**• Méthode de filtration sur membrane**

Recherche et dénombrement des entérocoques dans l'eau par la méthode de filtration sur membrane en utilisant la rampe de filtration.

Mode opératoire

La recherche des entérocoques se fait de la même manière que celle des coliformes par filtration, sauf qu'ici le milieu utilisé c'est Slantz et Bartley.

Incubation

Incuber les boîtes de pétri en les retournant, à 37°C pendant 24h.

Lecture

Après incubation, on procède au dénombrement des colonies qui présentent une coloration rouge, marron ou rose provenant de la réduction du milieu Par les entérocoques.

C. Isolement des staphylocoques à coagulase positive**Principe**

Cette méthode consiste à la recherche et au dénombrement des staphylocoques dans les eaux en utilisant la rampe de filtration et la membrane poreuse.

Mode opératoire :

La recherche des staphylocoques se déroule de la même méthode qui est décrite avant, juste ici, la membrane est transférée, à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Chapman ou Mannitol préalablement préparée.

Incubation

Les boîtes de pétri sont incubées couvercles en bas à 37°C pendant 48h.

Lecture

Après incubation, les colonies des staphylocoques sont représentées sous forme de petites colonies lisse légèrement bombées à contour régulier pigmentées soit en jaune soit en transparent.

Chapitre 04

Résultats et discussion

1. Résultats et discussion des analyses effectuées au laboratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou

Durant notre stage à la STEP Est de Tizi-Ouzou, les différents paramètres physico-chimiques à l'entrée et à la sortie de la STEP ont été contrôlés afin d'évaluer l'efficacité du traitement. A savoir, La demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, NH_4^+ , la turbidité, les MES, les nitrates, les nitrites, le pH et la température.

1.1. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension dans l'eau sont à l'origine d'une contamination physique ; En effet, ses matières sont de très fines particules en suspension (sable, argile, particules de produits polluants, etc.), qui donnent un aspect trouble à l'eau (Agbota, 2017).

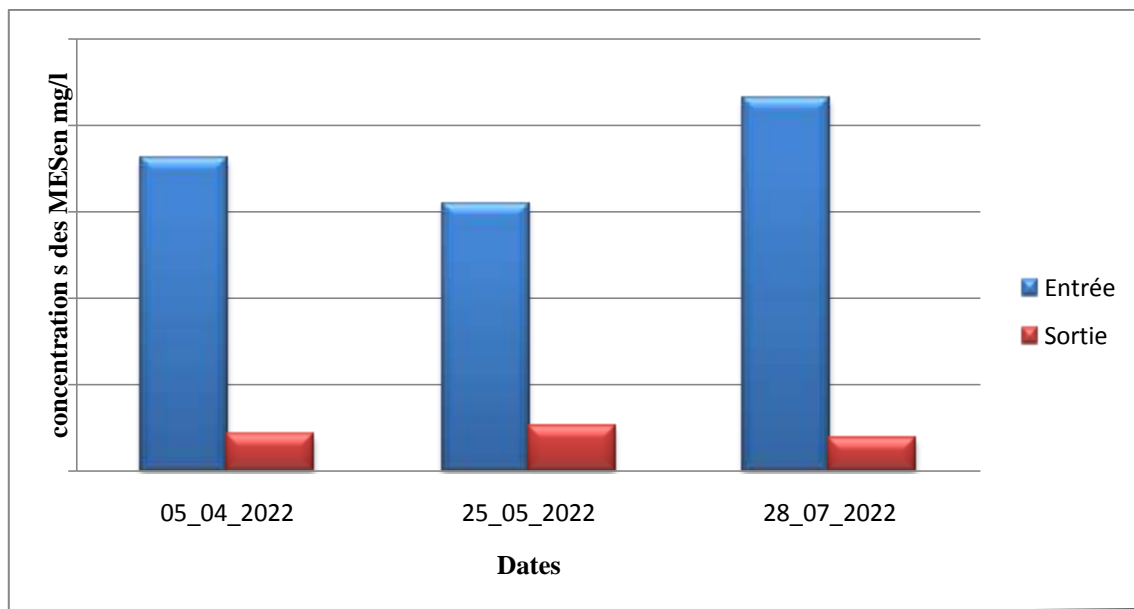


Figure n° 18: Evolution de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure n°18 représente la concentration des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou qui sont enregistrées à l'entrée dans l'intervalle de [180-250] mg/l, durant notre période de stage. Les matières en suspension sont éliminées par sédimentation de ces matières dans les différents sites de la chaîne de traitement ; Ce qui ramène leurs concentrations à une moyenne de 22 mg/l à la sortie. Cette valeurs conformes au norme de

rejet dans un milieu naturel (JORAD, 2012) et aux normes algériennes de réutilisation (IANOR, 2014), le travail de Babou *et al.*, (2018) pour ce qui concerne la concentration des MES à la sortie de la STEP de Tizi-Ouzou sont similaires à nos résultats, ce qui indique un bon fonctionnement de la station et une stabilité de processus.

1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre permettant de mesurer l'acidité, l'alcalinité d'une eau, il joue un rôle important dans l'épuration de l'eau et le développement bactériens. Les microorganismes sont très sensibles aux variations du pH (Meziani *et al.*, 2018).

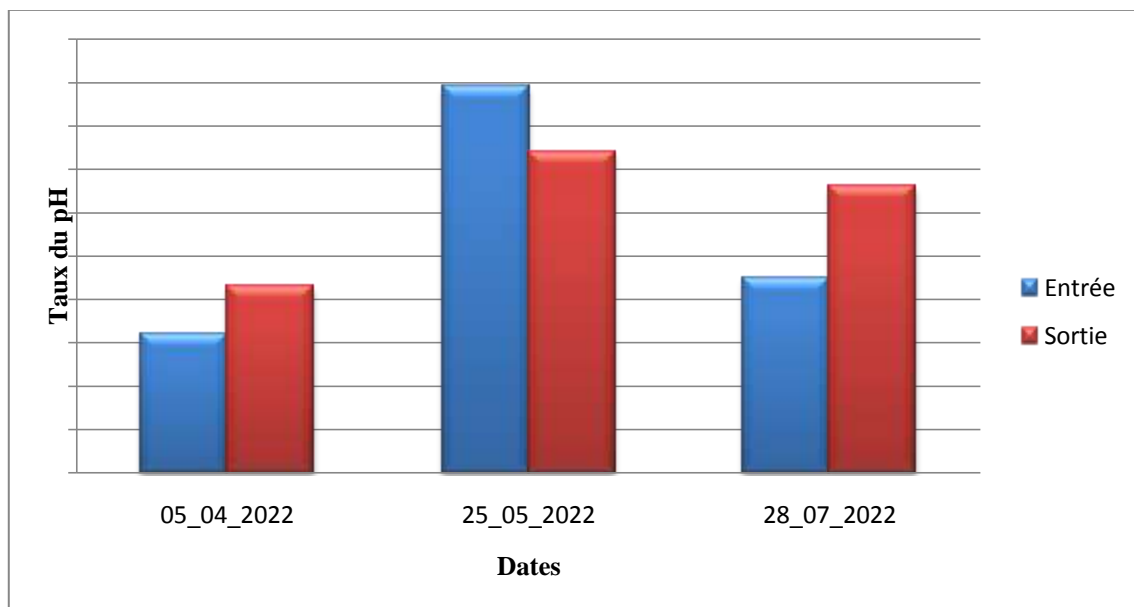


Figure n°19 : Valeurs de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure ci-dessus représente les valeurs de pH à l'entrée et à la sortie de la station qui sont comprises dans l'intervalle de [7,4-7,9] à l'entrée et dans l'intervalle de [7,4-7,8] à la sortie durant les mois de Avril, mai et juillet ; Ces valeurs sont proches à ceux trouvé par Babou *et al.*, (2018) et conformes à les limites fixées à la norme algérienne [6,5-8,5] (IANOR,2014).

Après épuration les analyses montrent que le pH est toujours neutre et conforme aux normes de rejet dans un milieu naturel, la petite fluctuation de la mesure de pH s'explique par la nature et la composition de l'affluent qui arrive à la station et aux industries variables durant cette période.

1.3. Température (T°C)

La température de l'eau est importante pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où elle peut influencer de différentes manières sur la solubilité des sels et des gaz (Benameur, 2018).

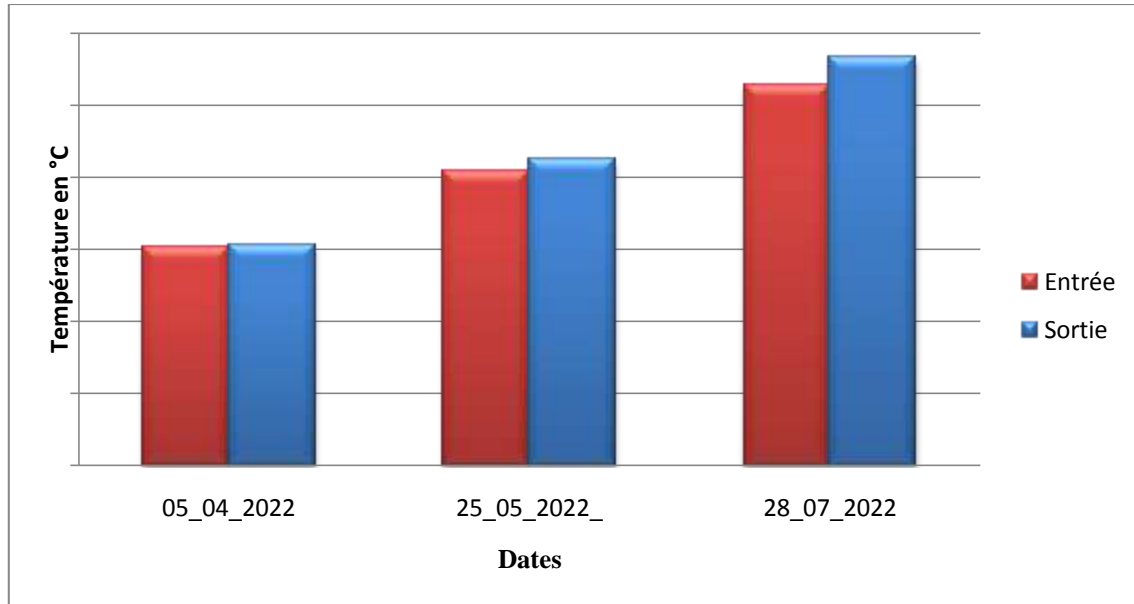


Figure n°20 : Variation de la température de l'eau usée brute et de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La température enregistrée pour l'eau usée brute et l'eau épurée est presque similaire entre l'entrée et la sortie de la station mais très variable d'un mois à l'autre. Elle passe de 15°C en mois d'Avril à 28,5 °C à la fin de mois de Juillet, cet accroissement s'explique par l'augmentation des températures saisonnière, cette augmentation est remarquée dans le travail de Babou *et al.*, (2018) pour la station Est de Tizi-Ouzou ; Il a noté que ces valeurs sont toujours en dessous de la norme de rejet vers un milieu naturel (JORAD, 2012).

1.4. Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau et indique la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension (Gribi, 2019).

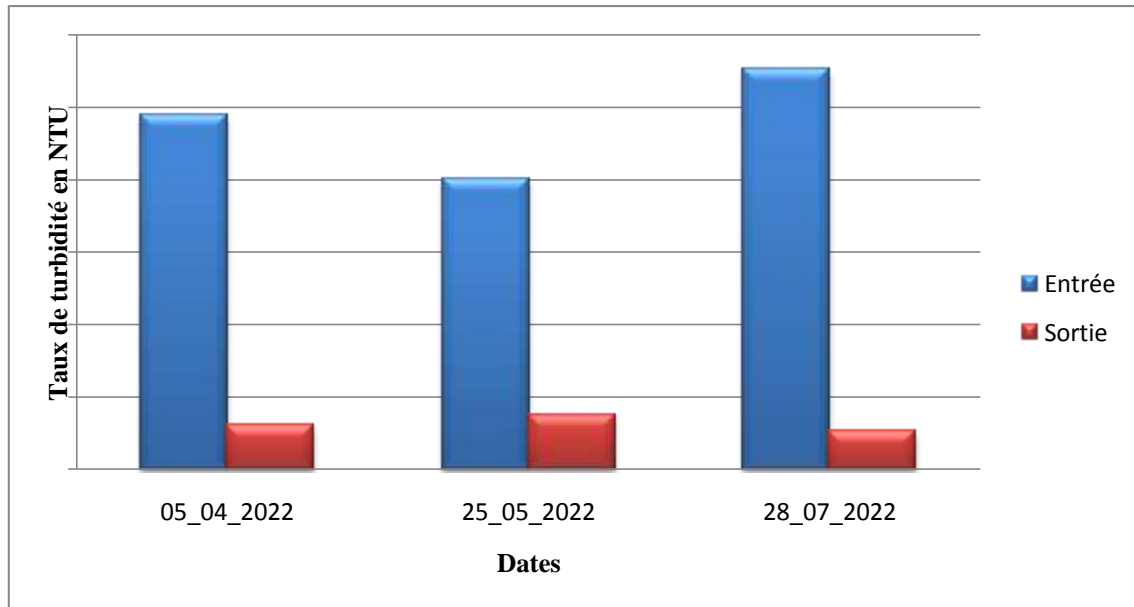


Figure n°21 : Variation de la turbidité en NTU entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure ci-dessus montre que la valeur maximale de la turbidité de l'eau usée est enregistré en juillet (277 NTU), les autres valeurs de l'eau à l'entrée de la station sont presque identiques, cette augmentation de la turbidité est expliquée par la concentration des affluents avec la fin de la période pluviométrique (les eaux usées sont diluées par les eaux de pluie). Après épuration, la moyenne de la turbidité de l'eau traitée est de 32 NTU, l'abattement important de cette pollution (MES et la matière colloïdale) expliqué par le bon fonctionnement de la station, mais insuffisant par rapport aux années précédentes Babou *et al.*, (2018), cette diminution de la performance de la station s'explique par la charge en Eq/hab qui ne cessent d'augmenter.

1.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Elle permet l'évaluation des matières organiques biodégradables (Makhoukh *et al.*, 2011).

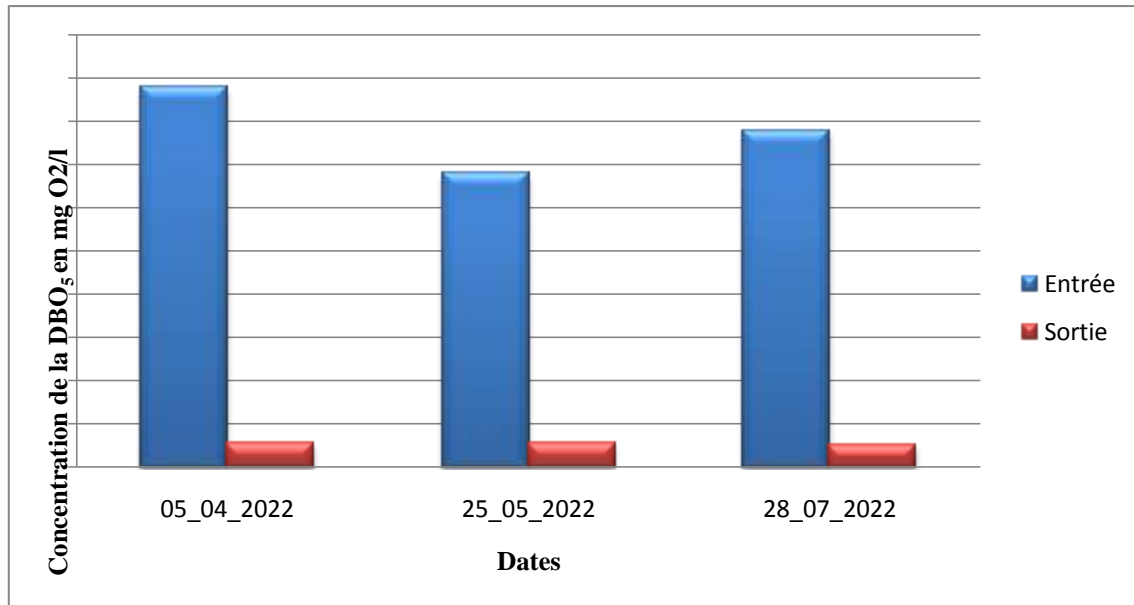


Figure n°22 : comparaison de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure n°22 représente les valeurs de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la station qui sont enregistrées à la plage de [300-450] mg/l à l'entrée et à la plage de [25-29] mg/l à la sortie, ces valeurs sont proches de l'intervalle de valeurs dans les travaux réalisés par Babou *et al.*,(2018).

L'abattement de la valeur de la DBO₅ entre l'entrée et la sortie de la station est dû à l'oxydation de la matière organique dans le réacteur biologique et sa sédimentation dans le bassin de stabilisation, et le reste de particule est sédimenter dans le clarificateur. La valeur finale de la DBO₅ signifie que l'effluent est biodégradable.

1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau ; C'est donc la teneur totale en matières oxydables de l'eau (Meziani *et al.*, 2018).

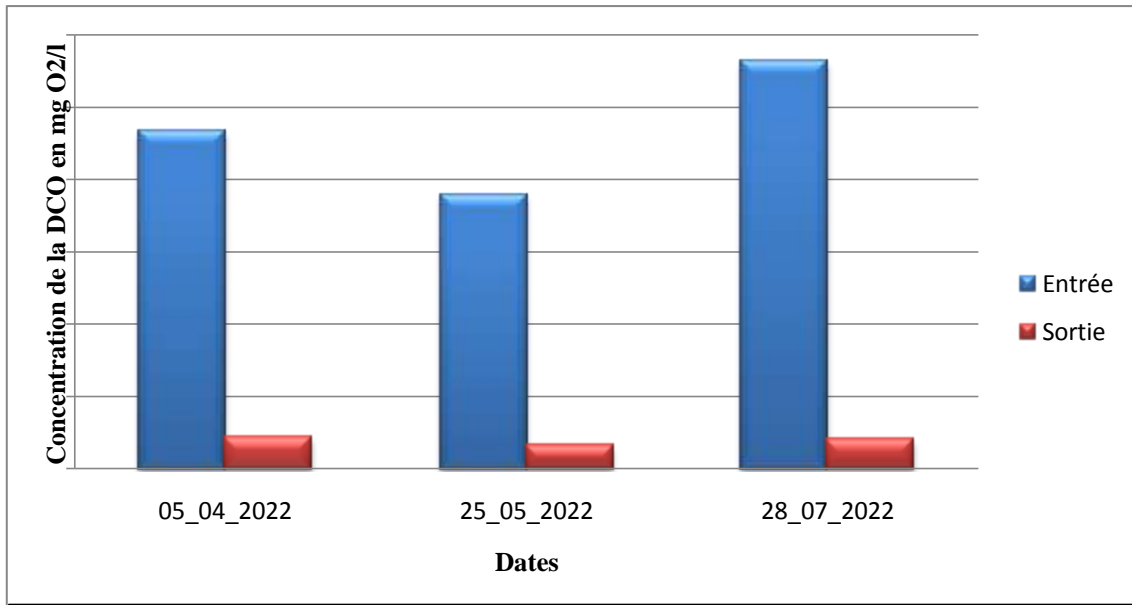


Figure n°23 : Variation de la DCO entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure n°23 montre la variation de la DCO entre l'entrée et la sortie de la STEP, qui est dans la plage de [350-600] mg/l à l'entrée et dans la plage de [30-45] mg/l à la sortie, cette variation complète les travaux de Babou *et al.*, (2018) qui montrent que les concentrations de DCO varient d'un mois à l'autre et suit la variation de la demande biochimique en oxygène.

1.7. Nitrates NO₃⁻

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier, 2009).

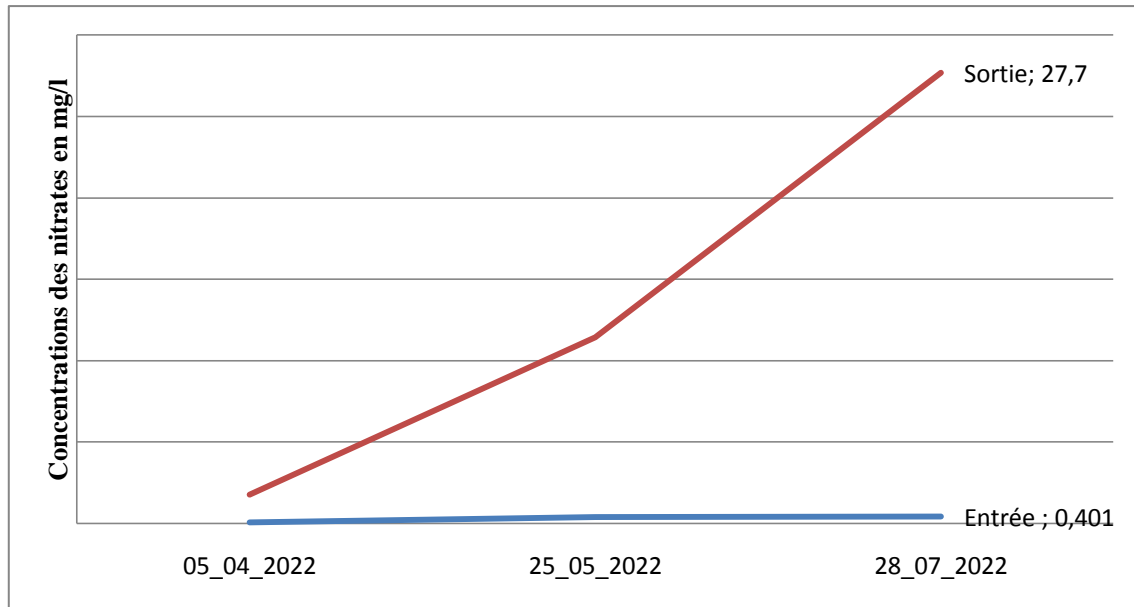


Figure n°24 : variation des concentrations de NO_3^- entre l'entrée et la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure ci-dessus représente la variation des concentrations des nitrates avant et après traitement à la station, qui sont comprises dans l'intervalle de [0,040-0,500] mg/l à l'entrée et dans l'intervalle de [1,50-28] mg/l à la sortie, ces résultats sont voisines de celles enregistrées par Babou *et al.*, (2018).

L'augmentation des concentrations de NO_3^- entre l'entrée et la sortie est traduite par l'oxydation des ions d'ammonium en nitrates par le processus de nitrification ainsi que le processus de dénitrification qui n'a pas eu lieu durant le traitement biologique ; Et d'un autre point de vu par une aération excessive dans le bassin biologique.

1.8. Nitrites NO_2^-

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux, même à de très faibles concentrations, cette toxicité augmente avec la température ; pour cette cause qu'il est primordial de ne pas les trouver dans l'eau (Zeghoud, 2014).

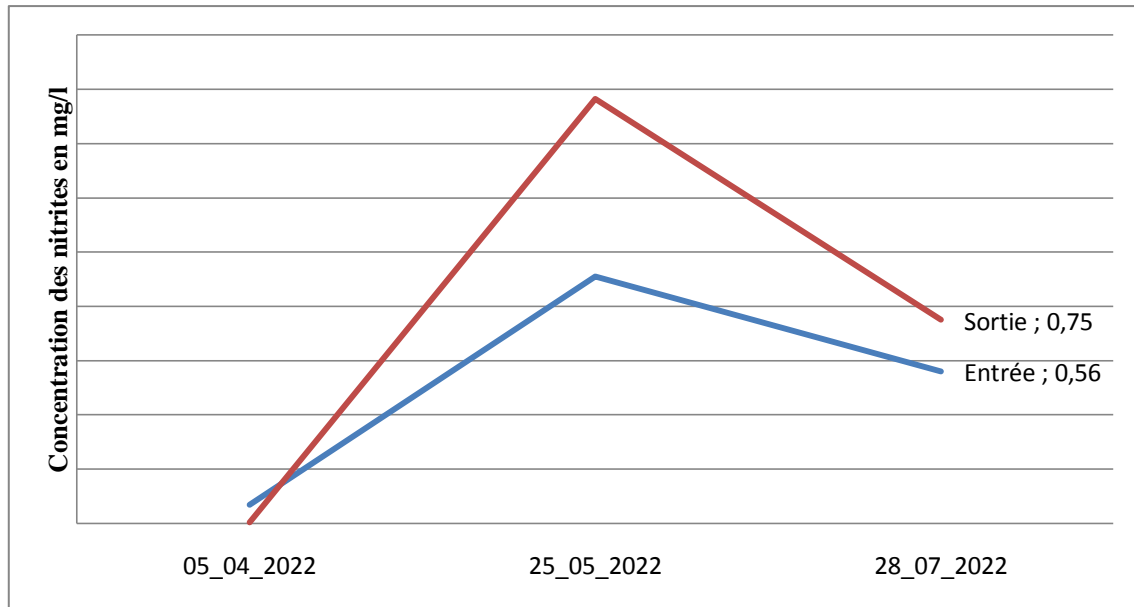


Figure n°25 : Variation de la concentration en nitrites NO_2^- à l'entrée et à la sortie de la STEP.

La figure n°25 représente la concentration des nitrites à la station qui est comprises entre 0,06 et 1 mg/l à l'entrée et entre 0,002 et 1,9 mg/l à la sortie.

La valeur maximale est enregistrée le 25/05/2022 à la sortie de la station qui est en dessus de la valeur limite autorisée pour le rejet dans un milieu naturelle (JORAD, 2012), cette augmentation est peut être due au temps de séjour court dans la station, or que le processus d'élimination de l'azote prend un temps supérieur à celui de l'oxydation de la matière organique. Les résultats du 05/04/2022 et du 28/07/2022 par contre sont proches de celles enregistrées par Babou *et al.*, (2018).

Le décroissement qui s'est réalisé entre l'entrée et la sortie est due à la transformation de nitrite en gaz moléculaire (N_2) durant le processus de dénitrification au cours de traitement biologique.

1.9. Ammonium NH_4^+

C'est un gaz soluble dans l'eau ; Il constitue un bon indicateur de la pollution car il provient de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole.

L'ammonium étant toxique pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau, est donc un élément indicateur de la pollution (N'Diaye *et al.*, 2013).

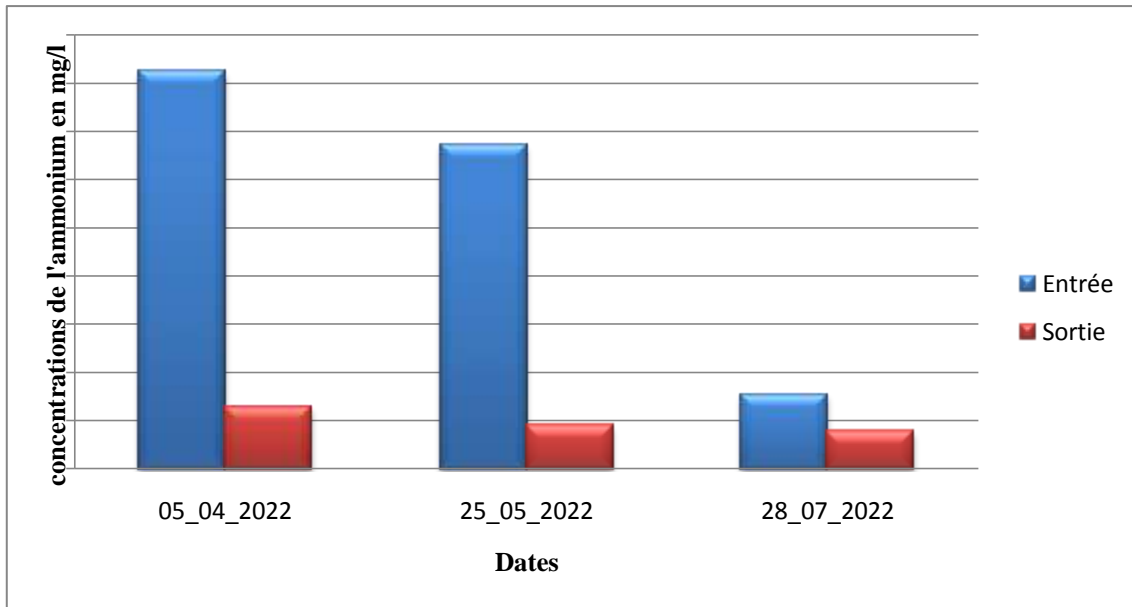


Figure n°26 : Concentration de l'ammonium à l'entrée et à la sortie de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure n°26 représente les valeurs d'ammonium qui sont dans l'intervalle de [32,5-41,5] mg/l à l'entrée et dans l'intervalle de [3,8-6,5] mg/l à la sortie, ces résultats sont proches de ceux marqués dans les travaux réalisés par Babou *et al.*, (2018) concernant la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La réduction qui s'est réalisée entre l'entrée et la sortie s'explique par la présence de l'ammonium NH_4^+ dans l'effluent brute suite au début de processus de dénitrification dans les canaux d'amener ; à la sortie on remarque que les concentrations sont faibles par rapport à l'entrée, cette diminution est due à l'oxydation d'ammonium en se transformant en nitrites puis en nitrates par nitritation et nitratisation lors du traitement biologique en conditions d'aérobie ; La différence entre les charges enregistrées à l'entrée revient à la dissemblance de concentration d'azote que contient l'effluent brute.

2. Elimination de la turbidité de l’effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou avec les coagulants biologiques et leurs effets désinfectant

L’élimination a été faite par l’ajout des différentes doses des différents coagulants naturels.

2.1. Taux de réduction de la turbidité

Les résultats de la réduction de la turbidité par l’ajout des différents coagulants naturels (*Hibiscus-Rosa-Sinensis*, *Lantana Camara*, *Aloé Vera* gel, *Aloé Vera* poudre et *Aloé Vera* extrait) sont illustrés dans la figure n°27.

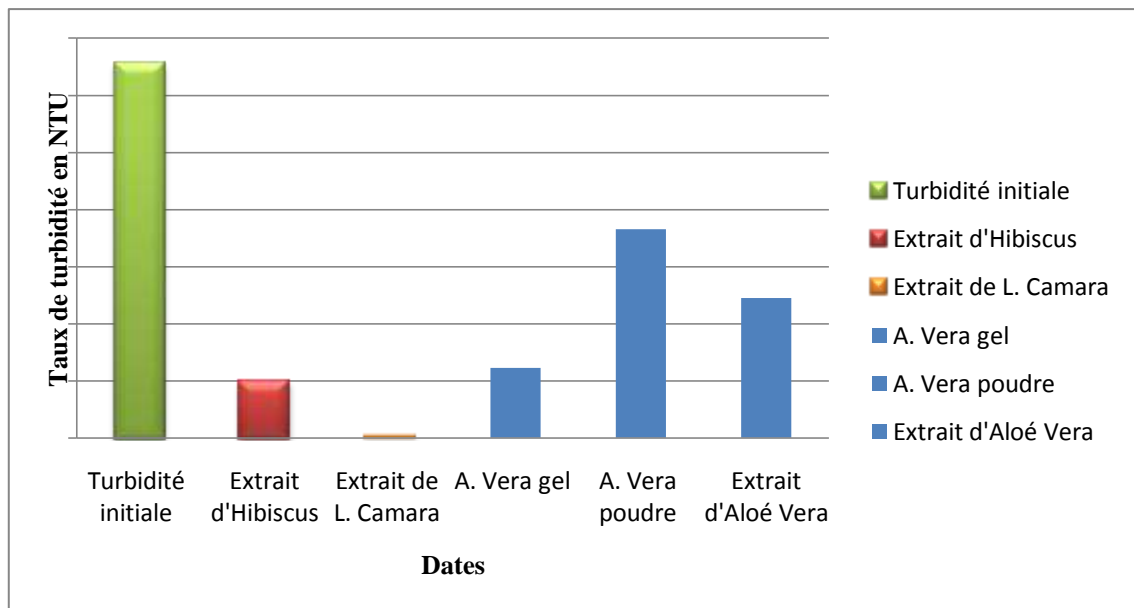


Figure n°27 : Variation de la concentration de la turbidité en fonction du type du coagulant.

La figure ci-dessus, montre que la turbidité à diminuer après l’ajout des différents bio-coagulants (Extrait d’*hibiscus*, extrait de *L. Camara*, *A. Vera* gel, *A. Vera* poudre et extrait d’*A. Vera*).

La réduction se diffère selon la puissance du coagulant ; La coagulation avec *Lantana Camara* à éliminé la plus grande quantité de turbidité, ce qui signifie une bonne dépollution de l’eau. L’*Hibiscus*, *A.Vera* gel et *A.Vera* extrait restent aussi des bons coagulants contrairement à l’*A.Vera* poudre qui devenait une sorte de pollution avec le temps.

Dans notre étude, l'*Hibiscus* a montré un effet coagulant très intéressant, vu que la turbidité a diminué de 13,6 NTU jusqu'à 2,0 NTU.

Les résultats de Kamaruzaman *et al.*, (2020), indiquent une bonne performance de l'*Aloé Vera* en tant qu'auxiliaire de coagulation où il a montré que 10 mg/l de l'*Aloé Vera* poudre élimine une moyenne de 28,23% de la turbidité, et 0,1mg/l se l'*Aloé Vera* liquide élimine 87% de la turbidité dans une eau moyennement turbide.

Selon les résultats de Nidheesh *et al.*, (2017), l'ajout de l'extrait de feuilles d'*Hibiscus* entraîne une réduction significative de la turbidité de l'eau.

Nos résultats révèlent que *Lantana Camara* est un bon coagulant, car sa présence dans l'échantillon a créé une grande diminution de la turbidité (de 13,6 NTU à 0,1 NTU).

Selon Robert *et al.*, (2018), *L. Camara* a une capacité d'élimination des métaux lourds.

Notre étude révèle plusieurs résultats pour la solution des différentes formes d'*Aloé Vera* :

Avec la poudre d'*Aloé Vera*, la turbidité a diminué légèrement de 13,6 à 7,32 (turbidité moyenne des trois (03) doses).

Avec le gel d'*Aloé Vera*, la turbidité a été réduite de 13,6 à 2,45 NTU ; Et avec l'extrait d'*A. Vera*, elle a été diminuée de 13,6 à 4,9 NTU.

2.2. Pouvoir désinfectant des coagulants biologiques

Les résultats de la turbidité maximale éliminée et l'effet bactéricide des différents coagulants utilisés sont illustrés dans le tableau n°06.

Selon Sunda *et al.*, (2008) ; *Hibiscus Rosa-Sinensis* et *Lantana Camara* ont montré un effet bactéricide contrairement à notre travail où elles ont montré un effet coagulant.

Le coagulant le plus fort c'est l'extrait de la plante *L. Camara* avec un pourcentage d'élimination de 99,24%.

En ce qui concerne la désinfection, aucune plante n'a donné effet sauf l'extrait d'*Aloé Vera* qui a donné un effet positif.

Tableau n° 04 : pourcentage de turbidité éliminée et effet désinfectant de différent bio-coagulant.

	<i>Hibiscus</i> 2 ml	<i>L. Camara</i> 2 ml	<i>Aloé Vera</i>		
			Gel 2 ml	Poudre 450 g	Extrait 2 ml
Turbidité maximale éliminée (%)	84,80	99,24	81,38	44,38	62,77
Effet désinfectant	Négatif (-)	Négatif (-)	Négatif (-)	Négatif (-)	Positif (+)

A partir du tableau n° 06, on a décidé de choisir de tester l’*Aloé Vera* en extrait aqueux avec plusieurs doses afin d’optimiser son effet coagulant et l’effet bactéricide sur des familles déférentes de bactérie (désinfectant).

3. Analyses physico-chimique et bactériologique avant et après traitement avec l’extrait d’*Aloé Vera*

3.1. Analyses physico-chimiques de l’effluent secondaire

Afin d’optimiser le pouvoir coagulant et bactéricide d’ l’*Aloé Vera* quelques analyses physico-chimiques (turbidité, pH, température et la conductivité électrique) ont été réalisées et illustrées dans les histogrammes suivants.

3.1.1. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité donne un aperçu général sur la qualité des sels dissous dans l’eau ; Cette dernière varie en fonction de la température de l’eau. En effet, l’augmentation de la température entraine également l’augmentation de la conductivité électrique (Benameur, 2018).

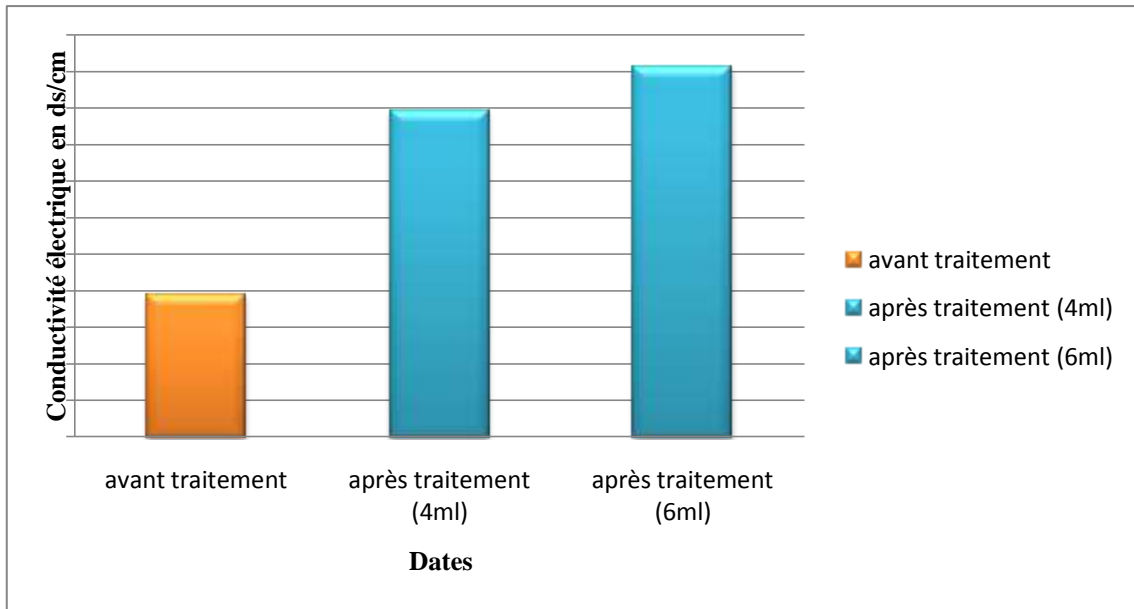


Figure n°28 : Variation de la conductivité électrique avant et après traitement avec les deux doses d'extrait d'*Aloé Vera*.

La figure n°28 représente les différentes valeurs de la conductivité électrique enregistrées avant et après traitement avec l'extrait d'*A. Vera*, tandis qu'elle est enregistrée à 898 ds/cm avant le traitement et après traitement à 999 ds/cm avec la D1=4ml, et à 1023 ds/cm avec la D2=6ml, la conductivité renseigne sur la minéralisation globale de l'eau, son augmentation indique une concentration totale, et une importante en sels dissous.

3.1.2. Potentiel d'hydrogène

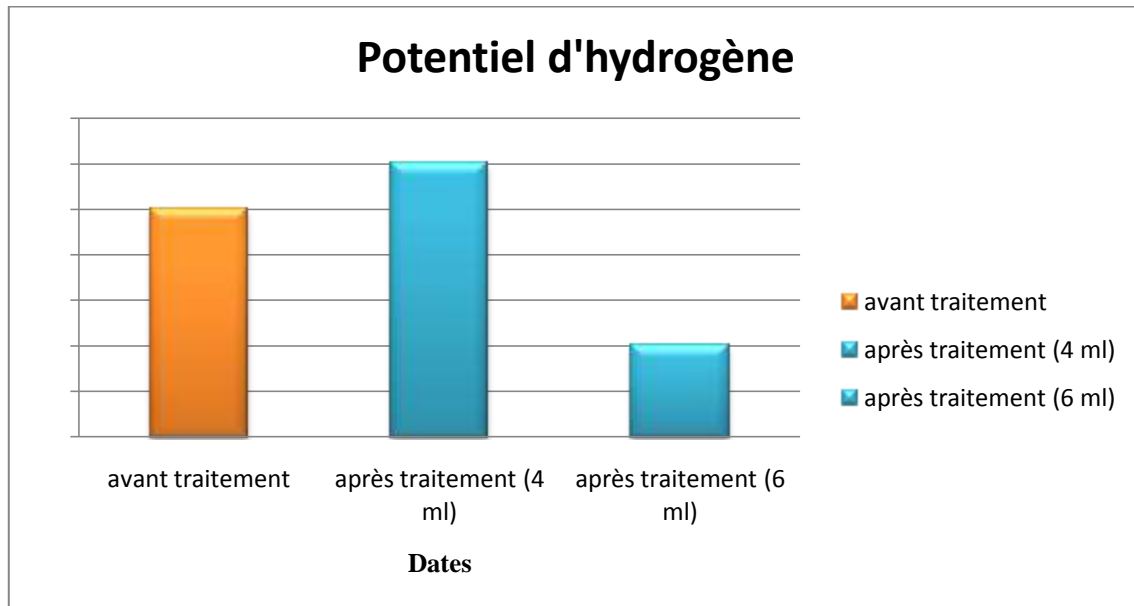


Figure n°29 : Variation du pH avant et après traitement avec les doses d'extrait d'*Aloé Vera*.

Le potentiel hydrogène (pH) a été stable, il a été à 6,79 avant le traitement, et à 6,80 après traitement avec la D1=4ml et à 6,76 après le traitement avec la D2=6ml. Cette stabilité est peut être due aux doses d'extrait d'*Aloé Vera* ajouté.

3.1.3. Température

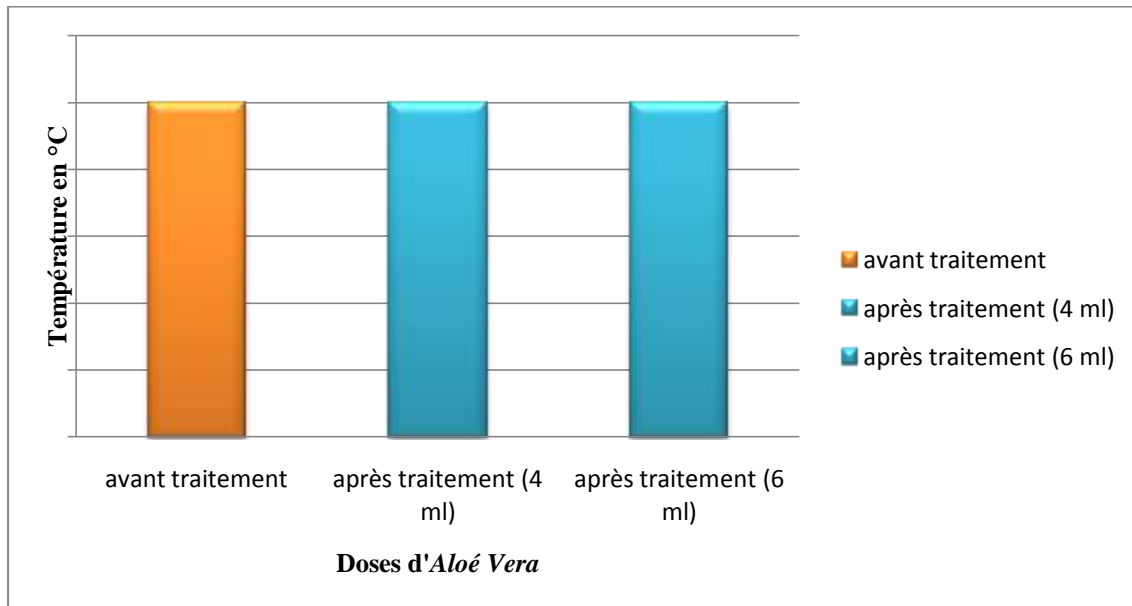


Figure n°30 : Variation de la température avant et après traitement avec les doses d'*Aloé Vera*.

La figure au dessus représente les valeurs de la température qui sont enregistrées avant et après traitement avec les deux doses d'extrait d'*A. Vera*, à 25°C. La stabilité de la température s'explique par le climat du milieu où passe l'effluent.

3.1.4. Turbidité

La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou/et à diffuser la lumière elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, ...etc (Ghazali *et al.*, 2013).

Selon (Kamaruzaman *et al.*, 2020), L'élimination de la turbidité est l'une des étapes importantes du processus de traitement de l'eau et est généralement réalisée à l'aide d'un processus de coagulation.

De nombreux coagulants ont été largement utilisés dans les procédés conventionnels de traitement de l'eau en fonction de leurs caractéristiques chimiques.

Des études récentes ont souligné plusieurs inconvénients graves liés à l'utilisation de deux coagulants les plus courants, l'aluminium et le sel de fer, tels que Maladie d'Alzheimer,

production de gros volumes de boues réduction du pH et faible efficacité de la coagulation en eau froide. De plus, leur application est inappropriée dans certains pays en développement en raison du coût élevé et Faible Disponibilité (Wan *et al.*, 2020) ; c'est pour ces raisons qu'on opte toujours pour des coagulants naturels.

L'activité des coagulants naturels est due aux longues chaînes de protéines contenues dans leurs molécules, qui sont responsables de l'agrégation des polluants et de la formation des floes (Benalia *et al.*, 2021).

En effet, les valeurs de la turbidité mesurées avant et après traitement de l'eau par l'*Aloé Vera* sont décroissantes.

3.1.4.1. Réduction de la turbidité par utilisation de diverses doses d'extrait d'*Aloé Vera*

La réduction de la turbidité par trois (03) doses d'extrait aqueux d'*Aloé Vera* (D1=2 ml, D2=4 ml et D3=6 ml) en fonction du temps sont enregistrées dans la figure n°31.

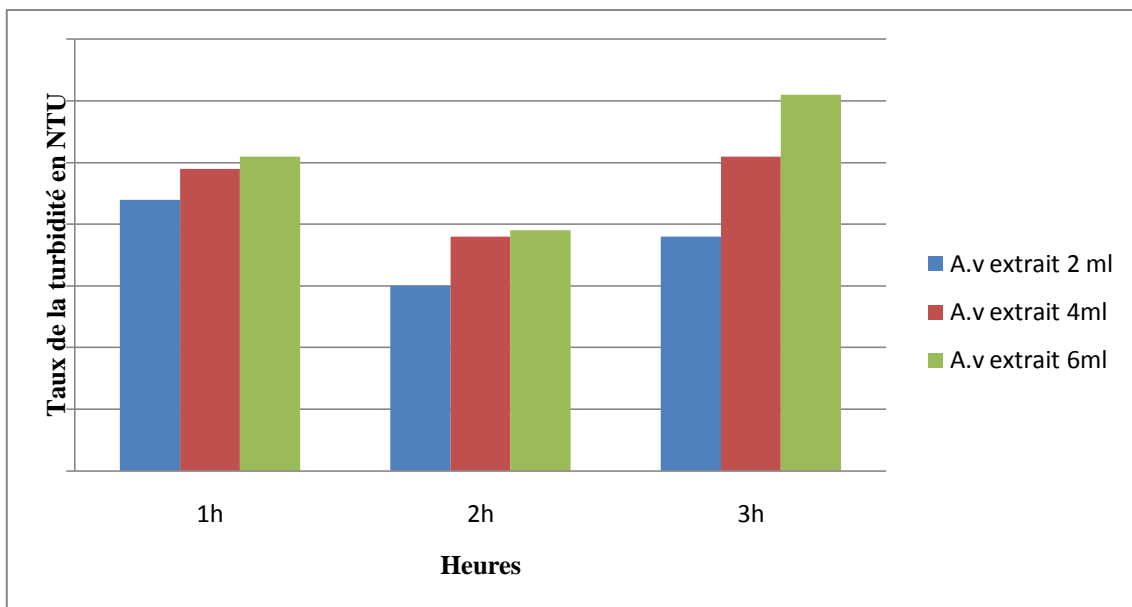


Figure n°31 : Variation de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses d'extrait d'*Aloé Vera* en fonction de temps.

En suivant l'objectif de notre étude qui est la désinfection, on a choisit l'*Aloé Vera* extrait pour la réaliser en passant par la coagulation avec le JarTest.

Après l'expérience, les résultats sont illustrés dans la figure n°31 et montrent la variation de la réduction de la turbidité en fonction du temps et de la dose ajoutée de l'extrait d'*Aloé Vera*.

La turbidité a été réduite avec la faible dose (2ml) jusqu'à 2h ; Après 2h, le coagulant commence à devenir une sorte de pollution et chaque fois qu'on double la dose la turbidité augmente.

D'après les résultats on déduit que la dose optimale pour la phase de coagulation c'est 2 ml pendant 2h.

3.1.4.2. Pourcentage d'élimination de la turbidité par dose de coagulant

Le pourcentage de la réduction de la turbidité par l'ajout des trois doses d'extrait d'*Aloé Vera* (D1, D2 et D3) est illustré en courbe dans la figure n°32.

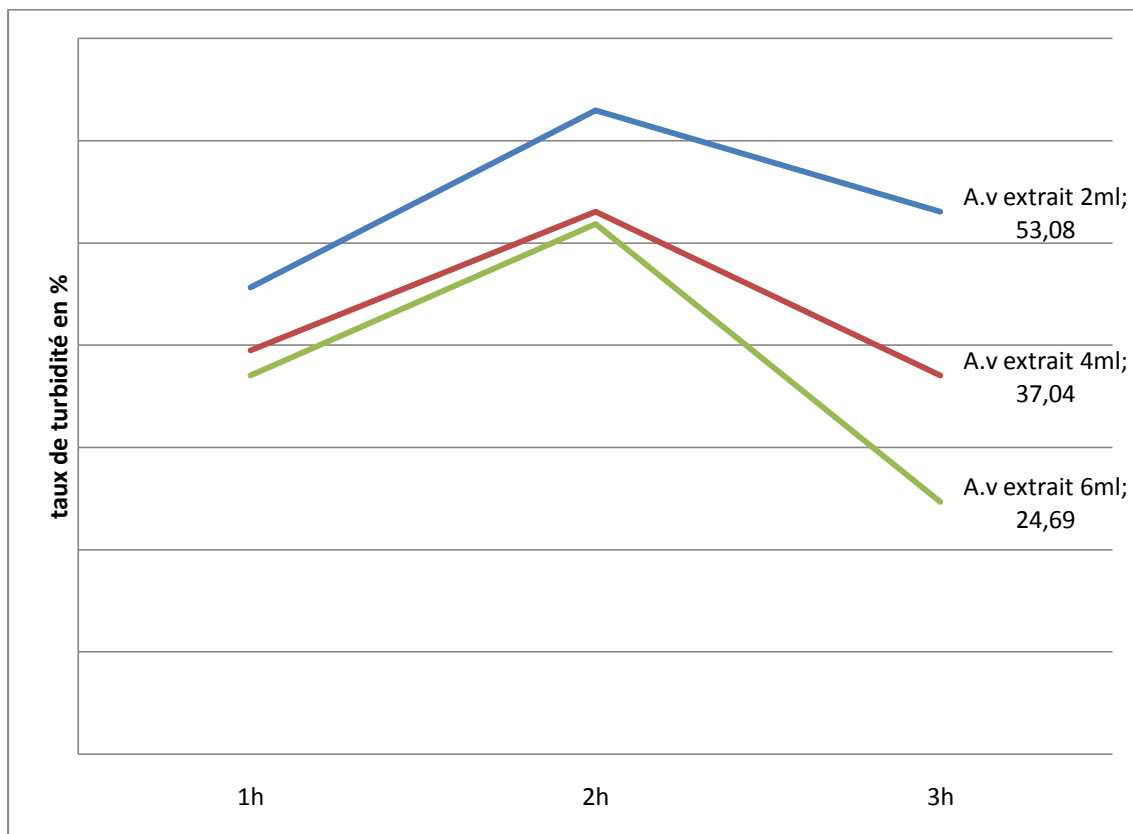


Figure n°32 : Pourcentage d'élimination de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses d'extrait d'*Aloé Vera* en fonction de temps.

La figure ci-dessus, montre le pourcentage d'élimination de la turbidité avec les différentes doses d'*Aloé Vera*, tandis que la D1=2ml a éliminé 45,68% durant la première heure, 62,96% durant la deuxième heure et 53,08% durant la troisième heure.

La D2= 4ml, a éliminé 39,51% durant la première heure, 53,08% durant la deuxième heure et 37,04% durant la troisième heure.

La D3 a éliminé 37,04% durant la première heure, 51,85% durant la deuxième heure et 24,69% durant la troisième heure.

D'après l'histogramme, la grande part de la turbidité a été éliminée par la D2= 2ml durant la deuxième heure, ce qui confirme pour la deuxième fois que la dose optimale pour la coagulation avec l'extrait d'*Aloé Vera* c'est la D2 = 2 ml.

3.2. Résultats et discussion des analyses bactériologiques

De nombreux travaux ont révélé l'effet désinfectant du gel et de la feuille d'*Aloé Vera*, c'est ce qui nous a poussés à choisir une nouvelle forme qui est l'extrait aqueux des feuilles séchées d'*A. Vera* pour l'élimination des germes pathogènes.

Les résultats de réduction des concentrations des microorganismes (coliformes totaux, coliformes fécaux -E. Coli-, entérocoques et staphylocoques aureus) sont figurés dans les histogrammes suivants (figure n°33, figure n°34, figure n°35 et figure n°36).

3.2.1. Coliformes totaux

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant (Louaguenouni, 2017).

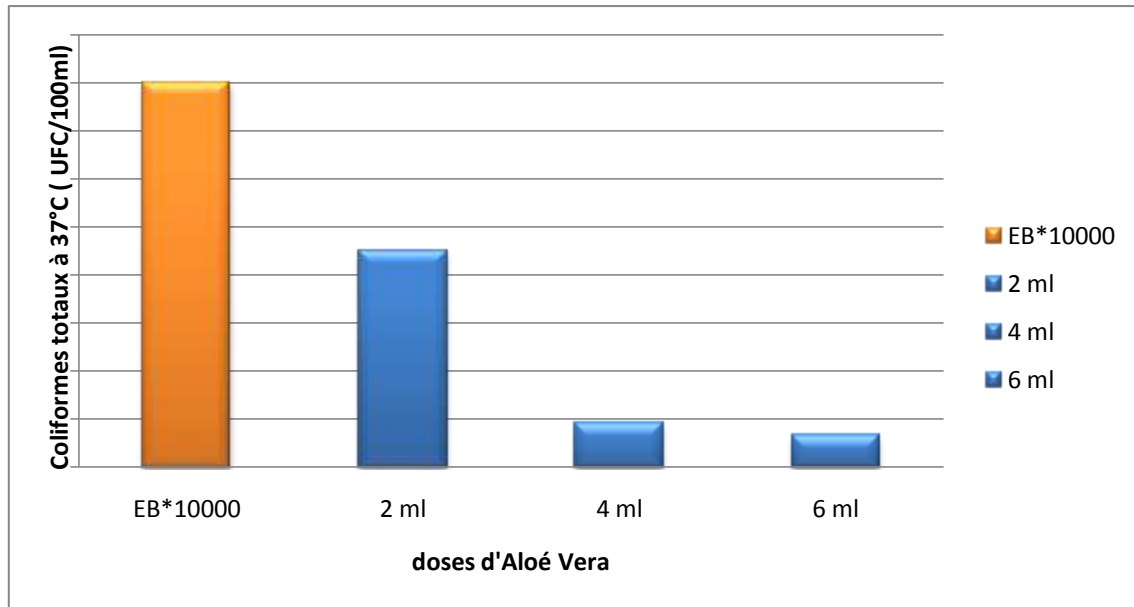


Figure n°33 : Réduction des coliformes totaux avec les trois dose d'extrait d'*Aloé Vera*.

D'après la figure n°33, on constate que le traitement avec l'extrait d'*Aloé Vera* à permis de réduire le nombre de coliformes totaux. La plus basse valeur qui est de 13 UFC/100 ml de colonies a été observée dans l'échantillon traité avec la dose D3=6 ml, ce qui signifie une bonne éliminations de ce type de germes.

Cette réduction a été prouvé par les travaux de Vera *et al.*, (2020) où il a prouvé que la résine d'*Aloé Vera* parvient à réduire la concentration des coliformes totaux jusqu'à une quantité de 13 UFC/100 ml.

3.2.2. Coliformes fécaux -*Escherichia Coli*-

Les coliformes fécaux, sont un sous-groupe des coliformes totaux pouvant formés des gaz en moins de 24h à 44,5°C. On retrouve les bactéries coliformes fécales en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud (Benameur, 2018)

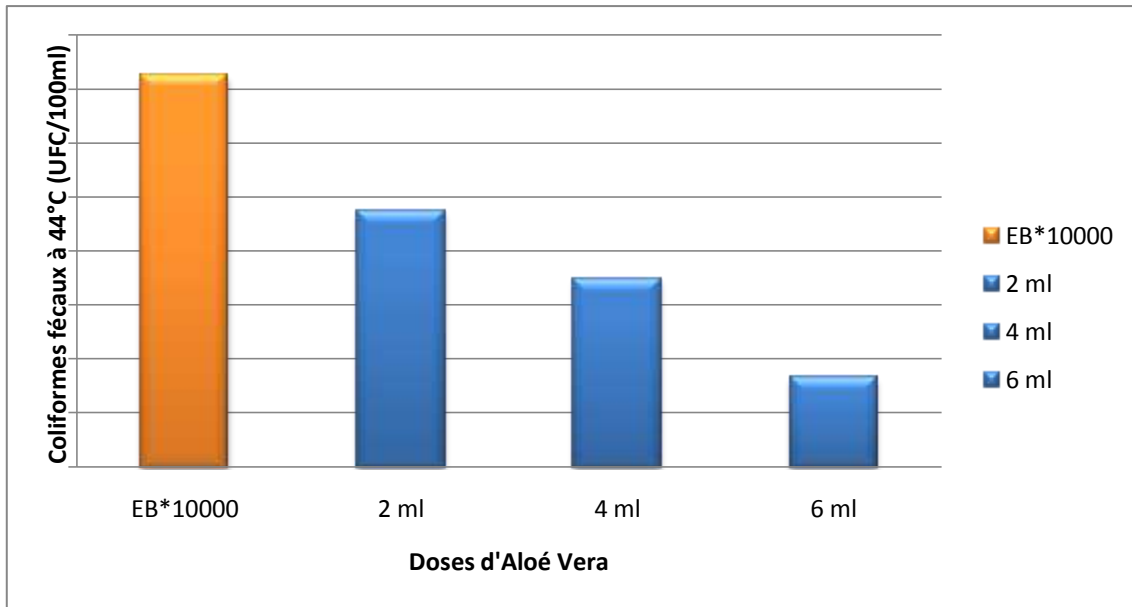


Figure n°34 : Réduction de coliformes fécaux (E.Coli) par doses d'extrait d'*Aloé Vera*.

A partir de la figure n°34, la concentration des coliformes fécaux a été réduite de 145*10000 UFC/100 ml à 33 UFC/100 ml qui a été la plus basse valeur enregistrée avec la D3=6 ml.

La désinfection avec l'extrait d'*Aloé Vera* nous a permis d'éliminer la grande part de concentration de E.Coli, ce qui a été prouvé par les travaux de (Vera *et al.*, 2020) où la dose de 45% de résine d'*Aloé Vera* a éliminé E.Coli à une quantité de 4,67 UFC/100 ml, par contre nous, la basse valeur est de 33 UFC/100 ml ce qui indique qu'on doit augmenter la dose pour une désinfection totale.

Les travaux de (Gharib *et al.*, 2021) Montre que l'extrait de racinaire d'*Aloé Vera* a un effet antibactérien contre la bactérie E. Coli, ce qui nous a aidé de choisir et d'essayer l'extrait de la feuille séchées d'*Aloé Vera*.

3.2.3. Entérocoques

Les entérocoques sont les plus résistants à la désinfection que les coliformes (Bensaada, 2016) ; Ce qui présente un intérêt en tant qu'indicateur d'efficacité de traitement.

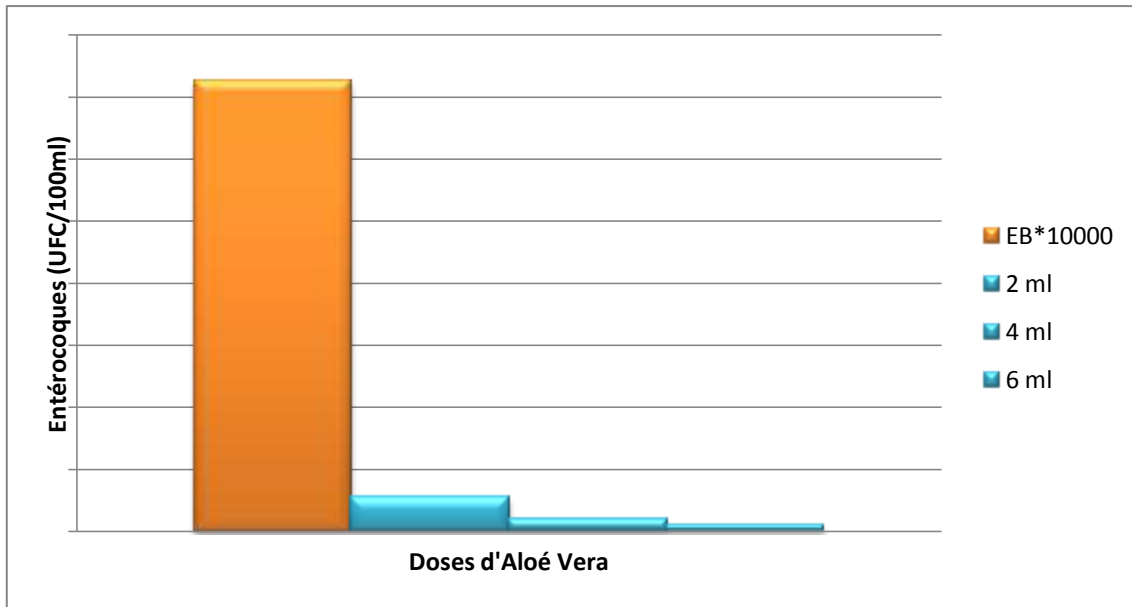


Figure n°35: Réduction des entérocoques par les doses d'extrait d'*Aloé Vera*.

Selon la figure n° 35, l'ajout des trois doses à l'échantillon brute a permis la réduction du taux des entérocoques, tandis que la basse valeur a été enregistrée à 2 UFC/100ml avec la D3=6 ml, ce qui signifie l'efficacité de l'extrait d'*A. Vera* sur l'élimination des entérocoques.

La D3 nous a permis une désinfection suprême, similairement aux travaux de (Gharib *et al.*, 2021) qui a prouvé l'efficacité d'*Aloé Vera* dans la réduction des concentrations des entérocoques en utilisant l'extrait de ses racines.

3.2.4. Staphylocoques

L'espèce type de genre *Staphylococcus aureus* est pathogène et très redoutée.

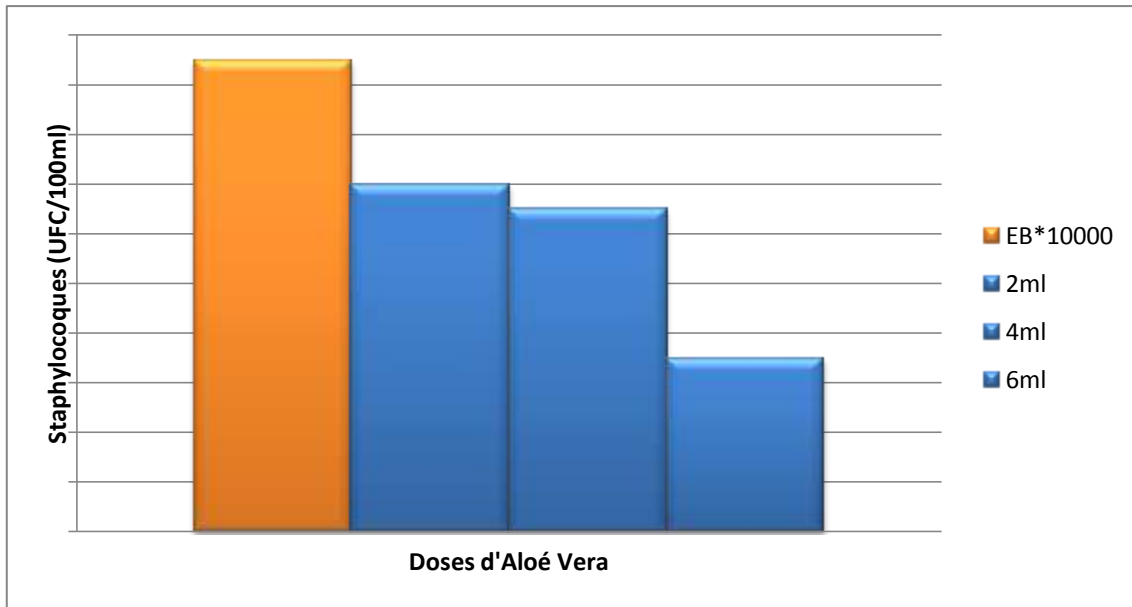


Figure n°36: Concentrations des staphylocoques Aureus de l'eau brute et de l'eau épurée avec les doses d'extrait d'*Aloé Vera*.

D'après la figure n°36, on observe que la concentration des *S. aureus* a subi une diminution de 19*10000 UFC/100 ml jusqu'à 7 UFC/100 ml, chaque fois qu'on augmente la dose leur concentration diminue.

Les résultats de (Olaleye *et al.*, 2005) ont montré que le gel et la feuille d'*Aloé Vera* ont un effet inhibiteur sur *S. aureus*. Parmi les bactéries et champignons testés dans ses travaux, le gel *A. Vera* possède le plus grand effet inhibiteur sur le *S. aureus*.

L'effet bactéricide de l'*Aloé Vera* contre *S. aureus* a été prouvé aussi par (Gharib *et al.*, 2021) dans leur étude où ils ont utilisé l'extrait de racines de cette plante comme désinfectant.

L'étude de (Roopsi *et al.*, 2019) a constaté que l'*Aloé Vera* a une action antimicrobienne très puissante, où il a prouvé que l'*Aloé Vera* inhibe la croissance de *S. aureus*.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude a permis d'une part, de confirmer la qualité physico-chimique plus ou moins propre des eaux usées épurées de la STEP Est de Tizi-Ouzou pour une réutilisation sans danger majeur de pollution sur l'environnement et pour la santé humaine, et pour un rejet sans risque dans le milieu récepteur. D'autre part, les travaux réalisés, ont mis en évidence l'efficacité d'*Hibiscus-Rosa-Sinensis* et *Lantana Camara* dans la coagulation-floculation, et l'effet coagulant et bactéricide de l'*Aloé Vera*.

Les paramètres physico-chimiques mesurés à la STEP Est de Tizi-Ouzou durant le mois de avril, mai et juillet (MES, pH, T, turbidité, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NO₂⁻ et NH₄⁺) sont enregistrés à des intervalles de [20-27] mg/l, [7,4-7,8], [15,2-28,5]°C, [30-40] NTU, [25-29] mg/l, [30-45] mg/l, [1,50-28] mg/l, [0,002-1,9] mg/l et [3,8-6,5] mg/l, respectivement, conformes aux normes algériennes pour une réutilisation agricole et donc l'eau usée de la STEP Est de Tizi-Ouzou est bien épurée, sauf les nitrites qui était un peu élevé, mais sans danger puisque c'est la forme transitoire dans le processus de dénitrification de l'azote.

Les analyses physico-chimiques effectués au laboratoires de traitement des eaux de l'Université Mouloud MAMMARI Tizi-Ouzou pour l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou et après l'ajout des bio-coagulants, ont présenter une conductivité électrique de 898 ds/cm avant le traitement et de 999 ds/cm, 1023 ds/cm après traitement avec la D1 et D2 respectivement, un pH de 6,79, 6,80 et 6,76 avant et après traitement avec la D1 et D2 respectivement, et une température de 25°C avant et après traitement, ce qui signifie que ces coagulants maintient la stabilité de la température,

Le taux d'élimination maximale de la turbidité est de 84,80% avec l'*Hibiscus*, 99,24% avec *L. Camara* et de 81,38%, 44,38% et 62,77% avec l'*Aloé Vera* gel, poudre et extrait respectivement ; d'après les résultats de la turbidité on conclut que *L. Camara* a un effet très efficace sur l'élimination de la turbidité, avec le taux est de 99,24%.

Du point de vue bactériologique l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou a une charge importante en germes indicateur de contamination fécale. Après traitement par l'extrait d'*Aloé Vera*, nos résultats nous ont permis d'observer un abattement important voir 13 UFC/100 ml pour les germes totaux, et des coliformes fécaux jusqu'à 33 UFC/100 ml avec une dose de 6ml, cette dose à contribué aussi à la réduction des entérocoques et des

Staphylocoques aureus jusqu'à 2 UFC/100 ml et à 7 UFC/ 100ml respectivement. Il est à noter aussi que les deux autres plantes utilisées (*Hibiscus* et *L. Camara*) n'ont pas donné un effet bactéricide.

D'après les résultats obtenus, on conclut que l'*Aloé Vera* est efficace pour la purification d'eau usée épurée avec sa forme extrait aqueux. *L. Camara* est efficace pour la réduction de la turbidité. L'*Hibiscus* ne réduit pas la concentration de microorganismes présents dans l'eau usée traitée et présente un pouvoir inférieur de coagulation.

Perspectives

- Extraction méthanoïque ou éthanoïque de la molécule active de l'*Aloé Vera* et optimisation de la coagulation ;
- Augmentation de la dose d'extrait d'*Aloé Vera* pour une meilleure désinfection ;
- Utilisation de souches sélectionnées à partir d'eau usée et réalisation des antibiogrammes avec les différents compartiments de la plante ;
- Commercialisation de l'extrait d'*Aloé Vera* pour une utilisation facile par les stations d'épuration.

Référence bibliographiques

Abbabsa, N., Mohammed, K., Lahbib, T., Dalila, A., Anissa, Z., & Djawhara, M. (2016). Relation Entre L'activité Biologique Et Le Comportement Hydro Physique Des Sols Dans Le Contexte Du Système Prairial Naturel Irrigué A L'eau Usée. *European Scientific Journal*, 12(5).

ADLER, E. (2005). Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement. *ACONSULT, Cours sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement-ENTPE*.

Agbota, Y. (2017). *Inactivation de la bactérie Escherichia coli dans l'eau par le jus de citron* (Article, École de technologie supérieure, Université du Québec).

Akbar, S. (2020). Handbook of 200 medicinal plants: a comprehensive review of their traditional medical uses and scientific justifications.

Amara, L., & Belkacemi, H. (2018). *Régulation des concentrations en nutriments des eaux usées secondaires pour des fins agricole: cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).

Arhab, T., & Chebli, T. (2021). Essai de décontamination de l'effluent secondaire liquide de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou avec les grains de Moringa Oleifera. (Mémoire de Master Université Mouloud MAMMERI).

Babou, L., & M'zyene, N. (2018). *Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).

Belghiti, M. L., CHAHLAOUI, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013). Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (14).

Belmihoub, N., & Bouderbala, O. (2017). *Cinétique des nutriments à l'amont et à l'aval de rejet de la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri)

Ben Rebah, F., & Siddeeg, SM (2018). Cactus un matériau écologique pour le traitement des eaux usées. *Une critique. J.Maer. Environ. Sei* , 9 , 1750-1761.

Benalia, A., Derbal, K., Khalfaoui, A., Bouchareb, R., Panico, A., Gisonni, C., ... & Pizzi, A. (2021). Use of Aloe vera as an organic coagulant for improving drinking water quality. *Water*, 13(15), 2024.

BENAMEUR, N. (2018). *Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khaider-Biskra).

Bensaada–Tadrist, T. (2016). *Contrôle de l'efficacité des procédés de traitement au niveau de la Station de Traitement d'Eau potable de «TAKSEBT»* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).

Benzahi, F., & Boudjemai, C. (2016). *Contrôle du rendement épuratoire de la STEP Est Tizi-Ouzou* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).

Berland, J. M., Boutin, C., Molle, P., & Cooper, P. (2001). *Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab): mise en oeuvre de la directive du Conseil n° 91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires= Extensive wastewater treatment processes adapted to small and medium sized communities (500 to 5000 population equivalents):*

Bouharati, S. (2018). *Détection automatique par des techniques de l'intelligence artificielle des indicateurs de contamination microbiologique dans les eaux de consommation* (Doctoral dissertation).

BOURBON, B., LAPALUS, G., LE DAHERON, V., LOUVET, C., MARAIS, J., PAGES, M., ... & BOUYER, D. (2015). Les traitements tertiaires: Pour quoi faire,. *14è Séminaire Eau*, 30.

Carré, E. (2017). *Qualité biologique des eaux usées traitées en vue de la réutilisation* (Doctoral dissertation, Université de Lyon).

Chenoweth, J., Durham, B., & Job, L. (2007). Valeur économique de l'eau usée traitée. *Techniques Sciences Méthodes*, (12), 95-109.

De villers.J., Squilbin.M &Yourassowsky.C. (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface, (Article).

Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2015). Activité antibactérienne des flavonoïdes d'une plante médicinale spontanée *Marrubium vulgare* L. de la région d'El Tarf (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 24, 29-37.

Djamila, K. E. B. O. U. R., & Karima, M. E. K. A. D. E. M. I. (2019). Valorization of Aloe vera (L) as medicinal plant: antibacterial and hemostatic activities of Aloe vera sap and gel. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 5(1), 1-17.

En ligne **Rodier, J.** (2009). L'analyse de l'eau.

Flahaut, S., Auffray, Y., & Boutibonnes, P. (1997). Les entérocoques dans l'environnement proche de l'homme. *Canadian journal of microbiology*, 43(8), 699-708.

Gaikwad, V. T., & Munavalli, G. R. (2019). Turbidity removal by conventional and ballasted coagulation with natural coagulants. *Applied Water Science*, 9(5), 1-9.

Ghazali, D., & Zaid, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12).

Giannakoudakis, D. A., Hosseini-Bandegharai, A., Tsafraïkidou, P., Triantafyllidis, K. S., Kornaros, M., & Anastopoulos, I. (2018). Aloe vera waste biomass-based adsorbents for the removal of aquatic pollutants: A review. *Journal of environmental management*, 227, 354-364.

Gribi N.E.H.(2019). Epuration des eaux d'oued Chlef à la STEP de Chlef. (Mémoire de Master, Université abdelhamid Ibn Badis Mostaganem).

Guilloteau J.A (1992). Traitement des eaux résiduaires par infiltration percolation. (Thèse Doctorat)

- Hamman, J. H.** (2008). Composition and applications of Aloe vera leaf *implementation of Council directive 91-271 of 21 may 1991 concerning urban waste water treatment* (p. 41). irstea.
- Hang, J., Zhang, F., Luo, Y., & Yang, H.** (2006). A preliminary study on cactus as coagulant in water treatment. *Process biochemistry*, 41(3), 730-733.
- Henri ,A., Collette,L.B.,& Graziella.D.** (2004). Le traitement des eaux usées, (Article, Institut National de recherche et de sécurité, Paris).
- IANOR** (2014). Institut Algérien de Normalisation.
- JORAD.** (2012). Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluent liquide. *Journal officiel de la République Algérienne*, N° 41,15 juillet 2012, Algérie.
- Kamaruzaman, W. N. B., & Zin, N. S. B. M.** Study The Effectiveness Of Biocoagulant Between Aloevera (L.). *Burm. F And Tetragonus Pad In Coagulation And Flocculation Treatment.*
- Khristi, V., & Patel, V. H.** (2016). Therapeutic potential of Hibiscus rosa sinensis: a review. *International journal of nutrition and dietetics*, 4(2), 105-123.
- Louaguenouni, K.** (2017). *Suivi de la qualité des eaux usées traitées de la STEP de Baraki pour une réutilisation agricole* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).
- Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M.** (2011). Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (9).
- Metahri, M. S.** (2012). *Elimination siultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou* (Doctoral dissertation, Universite Mouloud Mammeri).
- Meziani, H.** (2018). *Qualité des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et possibilité de valorisation agricole* (Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri).
- Michayewicz, N.** (2013). *L'Aloe vera, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Plante miracle?* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques., (2021). Désinfection des eaux usées traitées. Article.

MOULIN, S., RECHELS, D. R., & STANKOVIC, M. (2013). Traitement des eaux usées. *ATELIER L'EAU QualitéVSQuantité, Ecole normale, Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société*, 6.

N'Diaye, A. D., & Salem, K. M. M. (2013). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12).

Néa, F. (2021). Etude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire: *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae).

Nidheesh, P. V., Thomas, P., Nair, K. A., Joju, J., Aswathy, P., Jinisha, R., ... & Gandhimathi, R. (2017). Potential use of *Hibiscus rosa-sinensis* leaf extract for the destabilization of turbid water. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(1), 1-9.

Olaleye, M. T., & Bello-Michael, C. O. (2005). Comparative antimicrobial activities of *Aloe vera* gel and leaf. *African journal of biotechnology*, 4(12).

ONA. (2022). Office National d'Assainissement.

Pires, A. (1997). Échantillonnage et recherche qualitative: essai théorique et méthodologique. *La recherche qualitative. Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, 113-169,(Document, Quebec University).

Rebah, F. B., & Siddeeg, S. M. (2017). Cactus an eco-friendly material for wastewater treatment: A review. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(5), 1770-1782.

Reggam, A., Bouchelaghem, H., & Houhamdi, M. (2015). Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): caractérisation et analyse en composantes principales. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(5), 1417-1425.

Renou, S. (2006). *Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées* (Doctoral dissertation, Institut national polytechnique de Lorraine).

Robert, R. J., & Girish, C. R. (2018). The removal of cobalt, nickel, cadmium and lead from wastewater using Lantana Camara as adsorbent. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(8), 292-303.

Stavarakakis, C., Papin, M., Dupuy, B., Riou, K., Penisson, C., Nourry, M., ... & Palvadeau, H. (2017). Désinfection de l'eau de mer–DESIMER Etude des sous-produits de désinfection, (Rapport scientifique).

Sunda, M. T., Rosillon, F., & Taba, K. M. N. (2008). Contribution à l'étude de la désinfection de l'eau par photosensibilisation avec des extraits de plantes. *European journal of water quality*, 39(2), 199-209.

Tharrault, Y. (2008). *Diagnostic de fonctionnement par analyse en composantes principales: Application à une station de traitement des eaux usées* (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

Trivedi, R., Sangur, R., Bathala, L. R., Srivastava, S., Madhav, S., & Chaubey, P. (2019). Evaluation of efficacy of Aloe Vera as a disinfectant by Immersion and spray methods on Irreversible hydrocolloid impression material and its effect on the dimensional stability of resultant gypsum cast-An in vitro study. *Journal of Medicine and Life*, 12(4), 395.

Vandermeersch, S. (2006). Étude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. *Université libre de Bruxelles*.

Vera Giron, E. S., & Avalos Velasquez, R. M. (2020). Evaluación el nivel de efectividad de la Resina de Sábila (Aloe vera L.) en la inhibición de Bacterias Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y Escherichia coli en el agua de consumo humano en la Urbanización Planicie–Morales San Martin, 2019.

Yapo, B. O., Mambo, V., Séka, A., Yapi, A. D., & Houenou, P. (2009). Caractérisation par fractionnement gravimétrique de la matière organique contenue dans les eaux usées: application à l'étude de la biodégradabilité. *Journal de de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 27, 21-37.

Zed, M. T. S. C., & Idrissa, T. O. G. O. (2018). Caractérisation bactériologique des boues résiduares des stations d'épuration des eaux usées.

Zeghoud, M. (2014). Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, (*Mémoire de master, Université d'el-Oued*, P20).

Zhang, J., Zhang, F., Luo, Y. et Yang, H. (2006). Une étude préliminaire sur le cactus comme coagulant dans le traitement de l'eau. *Biochimie des procédés* , 41 (3), 730-733.

Annexes

Annexe 01

1. Protocoles d'analyses des boues

L'analyse de la boue permet de déterminer ses caractéristiques : MS, V_{30} et MVS.

1.1. Prélèvement

Le prélèvement de la boue a été fait dans plusieurs étapes du procédé de traitement : Aération, stabilisation et le post de recirculation, le 24/05/2022.

1.2. Analyses effectuées

Les analyses effectuées sont comme suite :

1.2.1. Détermination de la matière sèche

- Sécher le filtre dans le four pour bien enlever l'humidité.
- Peser le filtre pour obtenir la mesure (P_0).
- Placer l'entonnoir sur un bécher et placer au dessus le filtre, puis verser 100 ml d'eau d'usée prélevée.
- Laisser jusqu'à que toute l'eau passe par le filtre, pour mettre le filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve réglée à 105°C jusqu'à déshydratation.
- Après déshydratation, peser une autre fois le filtre pour avoir la mesure (P_1).
- Calculer la concentration de la matière sèche par la formule suivante :

$$MS = P_1 - P_2$$

1.2.2. Test de décantation

- Prenez l'eau usée prélevée dans les deux (02) bassins d'aération, les verser dans deux (02) éprouvettes graduées à 1000 ml.
- Laisser décanter pendant 30 minutes.
- Après 30 minutes, lisez le niveau de la boue décantée et noter le V_{30} .
- Si le V_{30} est inférieur à 200 ml/l, garder le niveau.
- Si le V_{30} est supérieur à 200 ml/l, calculer par dilution.

- **V₃₀ dilué**

- Dilué l'eau à 1/3.
- Prenez 330 ml de l'éprouvette, les verser dans une autre éprouvette et ajuster jusqu'à 1000 ml avec l'eau épurée.
- Après avoir fait la première dilution, refaite la même manipulation pour obtenir la deuxième dilution d'eau usée du deuxième bassin d'aération.
- Laisser décanter pendant 30 minutes.
- Après 30 minutes, lisez le niveau de la boue décantée et on note le V₃₀.

1.2.3. Détermination de la matière volatile sèche

- Peser les coupelles en porcelaine pour obtenir la mesure (P₀).
- Mettez les coupelles remplies dans une étuve à 105°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.
- Après l'évaporation, peser les coupelles pour avoir la mesure (P₂).
- Mettez les coupelles dans un four à moufle pour les incinérer à 550°C pendant 2 heures.
- Après l'incinération, les peser pour avoir le (P₃).
- Calculer la concentration de la matière volatile sèche par la formule suivante :

$$MVS = (P_2 - P_3 / P_2 - P_0) * 100 \quad (\text{unité de mesure : \%})$$

2. Résultats des analyses des boues

Les résultats obtenus par les analyses de la boue sont illustrés dans les tableaux suivants.

Type de bassin	MS (g/l)
A ₁	3,74
A ₂	3,33
S ₁	13,95
S ₂	11,64
R ₁	15,35
R ₂	11,89

Tableau n° 05: Concentration de la matière sèche dans les deux bassins d'aération.

Type de bassin	V ₃₀
A ₁	970
A ₂	970

Tableau n° 06: Résultats du volume des boues mesuré après 30 minutes de décantation.

Type de bassin	V _{30d} (1/3)
A ₁	250
A ₂	260

Tableau n°07 : Résultats du volume dilué mesuré après 30 minutes de décantation.

Type de bassin	MVS (%)
A1	68,02
A2	66,37
S1	66,27
S2	68,23

Tableau n° 08: Résultats de la matière volatile sèche en pourcentage (%).

Type de bassin	IB (ml/l)
A ₁	200,53
A ₂	234 ,23

Tableau n° 09: Résultats de l'indice de décantation.

ANNEXE 02

Tableau n° 10: récapitulatif des résultats des analyses physico-chimiques effectués à la STEP Est de Tizi-Ouzou.

paramètre	Date	Entrée	Sortie
MES (mg /l)	05/04/2022	181	21
	25/05/2022	155	26
	28/07/2022	216	19
PH	05/04/2022	7,32	7,43
	25/05/2022	7,89	7,74
	28/07/2022	7,45	7,66
T° (C)	05/04/2022	15,1	15,3
	25/05/2022	20,4	21,2
	28/07/2022	26,4	28,3
Turbidité (NTU)	05/04/2022	245	31
	25/05/2022	201	38
	28/07/2022	277	27
DBO5 (mg O ₂ /l)	05/04/2022	440	28
	25/05/2022	340	28
	28/07/2022	390	26
DCO (mg O ₂ /l)	05/04/2022	468	44
	25/05/2022	380	32
	28/07/2022	565	40
NH ₄ ⁺ (mg/l)	05/04/2022	41,28	6,45
	25/05/2022	33,64	4,51
	28/05/2022	7,74	3,87
NO ₃ ⁻ (mg/l)	05/04/2022	0,044	1,76
	25/05/2022	0,383	11,44
	28/07/2022	0,401	27,70
NO ₂ ⁻ (mg/l)	05/04/2022	0,069	0,003
	25/05/2022	0,91	1,564
	28/07/2022	0,560	0,750

• **Rendement épuratoire**

(Valeurs initiale – Valeurs finale / Valeur initiale)*100

- **Pour la DBO₅**

05/04/2022/ Rendement épuratoire = 93,64%

25/05/2022 Rendement épuratoire = 91,76%

28/07/2022 Rendement épuratoire = 93,3%

- **Pour la DCO**

05/04/2022 Rendement épuratoire = 90,60%

25/04/2022 Rendement épuratoire = 91,58%

28/07/2022 Rendement épuratoire = 92,92%

- **Pour les MES**

05/04/2022 Rendement épuratoire = 88,40%

25/04/2022 Rendement épuratoire = 83,23%

28/07/2022 Rendement épuratoire = 91,20%

Résumé

Les eaux usées traitées à la station d'épuration de l'Est de la ville Tizi-Ouzou représente des caractéristiques physico-chimiques satisfaisantes dans l'ensemble, avec des valeurs en MES, pH, DBO₅, DCO, T°, NO₃⁻, NO₂⁻ et NH₄⁺ conformes aux normes de rejet dans un milieu naturel et la réutilisation en agriculture. Le traitement des effluents secondaire de la STEP avec des coagulants biologiques (Extrait d'*Hibiscus*, extrait de *L. Camara*, gel d'*Aloé Vera*, poudre d'*Aloé Vera* et extrait d'*Aloé Vera*) a diminué la turbidité avec un taux maximum pour *L. Camara* (99,24%). Or que l'effet désinfectant est obtenu avec l'extrait d'*Aloé Vera*. Ce dernier a engendré une augmentation légère dans la CE, de 898 Ms/cm à 999 Ms/cm avec la dose 4 ml et à 1023 Ms/cm avec la dose 6 ml ; Un pH presque neutre qui était dans l'intervalle de [6,50 ; 6,80] ; Et la température reste stable à 25°C. Enfin, les analyses bactériologiques portent sur le dénombrement des germes indicateurs d'une contamination fécale présentant dans l'effluent secondaire de cette STEP, la désinfection avec l'extrait d'*Aloé Vera* a montré une réduction des germes recherchés: 13 UFC, 33 UFC, 2 UFC et 7 UFC pour les coliformes totaux, fécaux, entérocoques et staphylocoques aureus respectivement.

Mot clé : Eau usée, bio-coagulants, coagulation-floculation, désinfection, germes pathogènes.

Abstract

The treated wastewater in the sewage treatment plant East of the city Tizi-Ouzou represents satisfactory physico-chemical characteristics overall, with values in TSS, pH, BOD₅, COD, T°, NO₃⁻, NO₂⁻ and NH₄⁺ in accordance with the standards of rejection in a natural environment and the reuse in agriculture. The treatment of the secondary effluents of the WWTP with biological coagulants (*Hibiscus* extract, *L. Camara* extract, *Aloe Vera* gel, *Aloe Vera* powder and *Aloe Vera* extract) has decreased the turbidity with a maximum rate for *L. Camara* (99.24%). However, the disinfectant effect was obtained with the *Aloe Vera* extract. This last one generated a slight increase in the EC, from 898 Ms/cm to 999 Ms/cm with the 4 ml dose and to 1023 Ms/cm with the 6 ml dose; A nearly neutral pH which was in the interval of [6,50; 6,80]; And the temperature remained stable at 25°C. Finally, the bacteriological analyses concern the enumeration of germs indicative of a fecal contamination present in the secondary effluent of this WWTP, the disinfection with the extract of *Aloe Vera* showed a reduction of the germs sought: 13 CFU, 33 CFU, 2 CFU and 7 CFU for the total coliforms, fecal, enterococci and staphylococci aureus respectively.

Key word : Wastewater, bio-coagulants, coagulation-flocculation, disinfection, pathogens.