

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Eau et environnement

Décontamination de l'affluent d'eau usée de la STEP de Tizi-Ouzou par un coagulant biologique (*Moringa Oleifera*)

Réalisé par :

Mlle BEN AHMED Khedidja

Mlle CHARA Imane

Soutenu publiquement le : 21/09/2023

Devant le jury composé de :

Président	Mr BERRADJ O.	MCA	UMMTO
Examinatrice	Mme BERROUANE N.	MAB	UMMTO
Promoteur	Mr METAHRI M. S.	MCA	UMMTO
Co-promotrice	Mme BELMIHOUB N	Doctorante	UMMTO

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Dieu, merci de m'avoir donné la vie, puis la faculté d'accomplir la noble tâche d'apprendre, d'aimer le savoir, et le courage de continuer dans ce chemin, même dans les moments les plus difficiles. Pour cela, je te remercie.

Tout d'abord, nous voudrions adresser nos remerciements les plus chaleureux à notre Copromotrice, Mlle BELMIHOUB Naïma, et notre promoteur, M. METAHRI Mohammed Saïd, qui nous ont fait l'honneur de superviser ce travail avec leurs conseils pertinents, leur précieuse assistance, et leur disponibilité constante. Qu'ils trouvent ici mes sentiments de reconnaissance et de respect.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance envers M. BERRADJ, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui a eu l'honneur de présider le jury. Nous adressons nos remerciements à Mme BERROUANE N. qui a examiné, évalué, et jugé ce travail avec honneur.

Nous aimerions également remercier Mme IHADDADEN Feta, ingénieur de laboratoire de traitement des eaux de la faculté, pour sa disponibilité à notre égard dans la réalisation de ce travail. Nous exprimons également notre gratitude envers tout le personnel de la station d'épuration des eaux usées Est de la Wilaya de Tizi-Ouzou et la direction de l'ONA.

Un grand merci à Mme KHAROUBI, chef de département des sciences agronomiques, pour son soutien constant et ses encouragements tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude envers l'ensemble des enseignants de l'Université de Mouloud Mammeri qui ont contribué à notre formation et ont enrichi nos connaissances scientifiques et techniques.

En conclusion, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien dans l'élaboration de ce mémoire de fin de cycle, que ce soit de près ou de loin, directement ou indirectement. Nos amis et nos camarades de classe, en particulier nos familles et nos enseignants, méritent notre profond respect et notre amour sincère.

À tous, un grand merci.

Dédicace

Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux " Gloire à toi nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris, certes c'est toi l'omniscient, le sage " saint Coran.

Sourate 2 - Verset 32

À la mémoire de mon père et ma grand-mère maternelle,

À ma très chère mère, mes frères et mes sœurs ;

Je ne trouverais jamais les mots pour vous remercier du dévouement accompli pour mon instruction, et mon bien-être et les valeurs que vous m'avez inculquées : C'est à vous que je dois mon assurance et ma témérité.

*À toute ma famille, à tous mes proches, à une personne très chère pour moi qui m'a énormément aidé dans la rédaction de mon mémoire **SN**, à tous mes amis, à tous mes enseignants, à toute ma promotion, à tous ce qui m'aime et me sont chers. **KHEDIDJA** « Tu peux quitter l'école, mais elle ne te quittera jamais » **Andy Partridge***

Dédicace

Au nom d'ALLAH le tout miséricordieux, le très miséricordieux " Gloire à toi nous n'avons de savoir que ce que tu nous as appris, certes c'est toi l'omniscient, le sage " saint Coran.

Sourate 2 - Verset 32

À la mémoire de mon père,

*À mon petit neveu **AIDEN** ;*

*À ma petite famille, à ma grande cousine, à une personne qui m'a énormément aidé et qui ne fait plus parti dans ma vie (**A**), à tous mes proches à tous mes amis, à tous mes enseignants, à toute ma promotion, à tous ce qui m'aime et me sont chers.*

*Je ne trouverais jamais les mots pour vous remercier du dévouement accompli pour mon instruction, et mon bien-être et les valeurs que vous m'avez inculquées : C'est à vous que je dois mon assurance et ma témérité. **IMENE** « Tu peux quitter l'école, mais elle ne te quittera jamais » **Andy Partridge***

Tables des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale 01

I. Chapitre : généralité sur les eaux usées 06

I.1 Définition 06

I.2 La pollution de l'eau 06

I.3 Lutte contre la pollution des eaux 06

I.4 Les différents types de rejets 07

I.4.1 Les eaux pluviales 07

I.4.2 Les eaux domestiques (eaux ménagères) 08

I.4.3 Les eaux agricoles 08

I.4.4 Les eaux industrielles 08

I.5 Les principaux paramètres de la pollution 09

I.5.1 Paramètres organoleptiques 09

I.5.2 Paramètres physiques 10

I.5.3 Paramètres chimiques 13

I.5.4 Paramètres bactériologiques 16

II. Chapitre : Les bios coagulants	21
II.1 La bio-coagulation	21
II.2 Les bios coagulants	21
II.3 Traitement des eaux usées par la coagulation/floculation	21
II.4 Les principaux coagulants	22
II.4.1 Coagulants naturels biologiques	22
II.5 Les facteurs influençant la coagulation	22
II.6 Les bios coagulants à bases de plantes	22
II.6.1 Le <i>Moringa oleifera</i>	23
II.6.2 Description	23
II.6.3 Morphologie	24
II.6.4 Composition et propriété de <i>Moringa oliefera</i>	25
II.6.5 Composition des graines de MO	25
II.6.6 Propriété des graines de MO	25
II.6.7 Distribution géographique	26
II.6.8 Noms communs	27
II.6.9 Systématique et nomenclature	27
II.7 Utilisation	27
II.7.1 Utilisation alimentaire	27
II.7.2 Utilisation industrielle	28
II.7.3 Utilisation agricole	29
II.7.4 Utilisation médicinale	29

II.8	Distribution	29
II.9	Impact environnemental de <i>Moringa</i>	30
II.9.1	Toxicité et gestion des étangs	30
II.9.2	La purification de l'eau par <i>Moringa oleifera</i>	30
II.10	Les principaux avantages pour l'utilisation des grains de <i>Moringa Oleifera</i>	31
II.10.1	Les avantages de l'application des bios coagulants dans le traitement des eaux usées	31
III.	Chapitre : matériels et méthodes	36
III.1	Présentation de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou	36
III.2	Définition	36
III.3	Présentation et réalisation	36
III.4	La situation géographique	37
III.5	Description du site expérimental (la STEP)	37
III.5.1	L'arrivée	38
III.5.2	Prétraitement	38
III.5.3	Traitement secondaire ou biologique	41
III.6	Caractérisation et analyses bactériologiques	44
III.6.1	Prélèvements et échantillonnages bactériologiques	45
III.6.2	Période d'échantillonnage	45
III.6.3	Le transport de l'échantillon d'eau	46
III.6.4	Matériels et produits	46
III.6.5	Préparation du <i>Moringa Oleifera</i>	46

III.6.6	Coagulation floculation	47
III.6.7	Préparation des dilutions de l'échantillon mère	48
III.7	Protocoles des analyses bactériologiques.....	49
III.7.1	Isolement des coliformes	50
III.7.2	Méthode de filtration sur membrane (la norme ISO9308-1).....	50
III.7.3	Mode opératoire.....	50
III.7.4	Identification et isolements d' <i>Escherichia coli</i>	51
III.7.5	Recherche des <i>Entérocoques intestinaux</i>	53
III.7.6	Méthode de filtration sur membrane.....	53
III.7.7	Mode opératoire.....	53
IV.	Chapitre : résultats et discussion	56
IV.1	Résultats et discussion des analyses effectuées à la STEP Est de Tizi-Ouzou	56
IV.1.1	Matières en suspension (MES)	56
IV.1.2	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	57
IV.1.3	Demande chimique en oxygène (DCO).....	57
IV.1.4	Nitrates NO ₃ -	58
IV.1.5	Nitrites NO ₂ -.....	59
IV.2	Résultats et analyses physico-chimique effectués au laboratoire de traitement des eaux	
	60	
IV.2.1	Potentiel d'hydrogène (pH).....	60
IV.2.2	Température (T°C)	61
IV.2.3	Turbidité.....	62

IV.3	Résultats et analyses bactériologiques effectués au laboratoire de traitement des eaux	63
IV.3.1	Coliforme fécaux –Escherichia coli-	63
IV.3.2	Entérocoques intestinaux	64
IV.3.3	Staphylococcus aureus	65
Conclusion		65
Références bibliographiques		
Annexes		
Résumé		

Liste des abréviations

COT : Carbone organique total.

CE : Conductivité électrique.

D : Dose.

DBO5 : Demande biochimique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

E. Coli : Escherichia Coli.

EB : Eau brute.

ISO : International Standard Organization (Organisation Internationale de Normalisation).

MES : Matières en suspension.

M. O : *Moringa oleifera*.

MMS : Les matières minérales en suspension.

MVS : Les matières volatiles 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.

PH : Potentiel hydrogène.

S. aureus : Staphylocoque aureus.

STEP : Station d'épuration.

UFC : Unité formant colonie

Liste des tableaux

Tableau 1. Contaminants importants des eaux usées et leurs sources.....	09
Tableau 2. Relation entre la conductivité et la minéralisation.....	12
Tableau 3. La Composition globale des graines de <i>M. Oleifera</i>	25
Tableau 4. Propriétés physiques des gousses et des graines de <i>Moringa</i>	26
Tableau 5. La classification systématique de <i>Moringa</i>	27
Tableau 6. Tableau des matériels et produits utilisés.....	46

Liste des figures

Figure 1. Feuilles et graines de <i>Moringa oleifera</i>	23
Figure 2. Arbre de <i>Moringa oleifera</i>	24
Figure 3. La distribution de la plante <i>Moringa Oleifera</i> dans le monde	26
Figure 4. Graine de <i>Moringa Oleifera</i>	31
Figure 5. Avantages des coagulants naturels par rapport aux coagulants chimiques.....	32
Figure 6. STEP Est de Tizi-Ouzou.....	37
Figure 7. Dégrillage grossier.....	38
Figure 8. Poste de relevage.....	39
Figure 9. Dégrillage fin.....	39
Figure 10. Dessablage et déshuilage.....	40
Figure 11. Soufflante du by-pass.....	41
Figure 12. Réacteur biologique (bassin d'aération).....	41
Figure 13. Le clarificateur.....	42
Figure 14. Bassin de stabilisation.....	43
Figure 15. L'épaississeur.....	43
Figure 16. Lits de séchage.....	44
Figure 17. Graine de <i>Moringa oleifera</i>	47
Figure 18. Préparation de différentes <i>Moringa oleifera</i>	47
Figure 19. Les solutions de poudres de doses de poudre de <i>Moringa oleifera</i>	47
Figure 20. Photo de Jar-test pendant l'essai de coagulation.....	48
Figure 21. pH mètre.	48
Figure 22. Turbidimètre.....	48

Figure 23. Les étapes de dilution de l'échantillon mère.....	49
Figure 24. Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane	52
Figure 25. Schéma correspondant à la recherche d' <i>E.Coli</i> sur milieu Chromagar.....	52
Figure 26. Incubation d' <i>E.Coli</i> sur milieu Chromagar.....	52
Figure 27. Valeurs de la matière en suspension à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	56
Figure 28. Valeurs de la DBO ₅ à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	57
Figure 29. Valeurs de la DCO entre l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	57
Figure 30. Valeurs des concentrations de NO ₃ ⁻ à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou....	58
Figure 31. Valeurs de la concentration en nitrites NO ₂ ⁻ à l'entrée de la STEP.....	59
Figure 32. Variations de pH de l'échantillon traité avec les différentes doses de graines de <i>Moringa oleifera</i> en fonction de temps.....	60
Figure 33. Valeurs de la température de l'eau usée brute de la STEP Est de Tizi-Ouzou.....	61
Figure 34. Variations de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses de graines de <i>Moringa oleifera</i> en fonction de temps.....	62
Figure 35. Réduction d' <i>Escherichia coli</i> en fonction de différentes doses de poudre des grains de <i>Moringa oleifera</i>	63
Figure 36. Réduction des entérocoques en fonctions de différentes doses de poudre de <i>Moringa oleifera</i>	64
Figure 37. Réduction de <i>staphylococcus aureus</i> en fonction de différentes doses de poudre de <i>Moringa oleifera</i>	65

Introduction générale

Introduction générale

L'eau représente un élément essentiel pour l'homme. Celui-ci l'utilise pour son alimentation, ses activités domestiques et industrielles et la rejette sous forme d'eaux usées. Celles-ci contiennent des polluants chimiques très variés, ainsi que de très nombreux micro-organismes d'origine humaine et animale. Il est donc nécessaire de les épurer avant de les restituer à l'environnement. (Kebour et al, 2019).

La pollution des eaux de surface et souterraines par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et des pesticides en agriculture, à un risque de pénurie d'eau (Belaid, 2010).

Cependant, en raison de la composition variable, cette eau peut être un vecteur de divers contaminants chimiques et biologiques, en effet les eaux résiduaires urbaines, même traitées par une station d'épuration, contiennent divers micro-organismes pathogènes et des contaminants chimiques en quantité faible mais hautement significatives ; de produits chimiques industriels et des produits pharmaceutiques notamment les antibiotiques. Ces derniers sont à l'origine de l'émergence du phénomène de résistances qui actuellement un problème majeur de santé publique.

Sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée, afin de vérifier les risques et les menaces potentiels sur les usagers, le sol, l'eau et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

Selon une étude de Global Water Intelligence en 2005, seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, mais ce marché enregistre, aux États-Unis comme en Europe, une croissance d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement (Moussaoui et Benhabib, 2015).

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports pluviométriques constatée depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Hannachi et al, 2014).

Donc, le traitement des eaux usées épurées devient obligatoire, c'est pour cela de nombreuses tentatives ont été faites pour mettre en œuvre des nouvelles (Babou, L., & M'zyene, N. 2018). Technologies de traitement des effluents, mais elles n'ont pas été bien adaptées dans le contexte des pays en développement pour plusieurs raisons dont le coût élevé de l'installation des

Introduction générale

systèmes de traitement, le manque de compétences pour exploiter ces systèmes ainsi l'indisponibilité des produits chimiques locaux (Strauss et *al* ; 1997).

La coagulation et la floculation sont des procédés clés dans le traitement des eaux usées, du fait de leur efficacité, leur simplicité, et leurs faibles besoins énergétiques. Elles peuvent être appliquées seules ou en complémentarité avec d'autres techniques (Y. Sun, S. Zhou, P.-C. Chiang, K.J. Shah, 2019)

Pendant longtemps, les plantes médicinales ont joué un rôle déterminant dans la préservation de la santé humaine et la survie de l'humanité ; Dans cette optique, les graines de *Moringa Oleifera* ont été signalées comme un substitut écologique aux désinfectants largement utilisées comme coagulant dans les pays en manque de ressource en eau pure (ex : Soudan) (Ndabigengesere et al., 1995).

Des études ont montré une forte action désinfectante du coagulant provenant des graines de *Moringa oleifera* avec des performances moyennes de 82-94%, 81-100%, 94-100% pour les coliformes fécaux, *Escherichia Coli* et les streptocoques fécaux respectivement lors du traitement de l'eau destinée à la consommation (Kabore et *al* ; 2013 ; OMS,2000 ; OMS,2005 ; Buisson, Y.,2001).

La turbidité de l'eau est conventionnellement éliminée en traitant l'eau avec des produits chimiques coûteux, dont beaucoup sont importés à grands frais (Suriati ; 2019). D'un autre côté, le coagulant synthétique a un effet secondaire sur l'environnement en raison du produit chimique impliqué dans ce coagulant. Récemment, la recherche sur les plantes a utilisé des coagulants naturels pour divers systèmes de purification d'eau Le *Moringa oleifera* est un exemple de ces matières végétales généralement cultivées dans les pays en développement avec une propriété de coagulation naturelle. Les graines de *Moringa oleifera* offrent de nombreux avantages dans le traitement des eaux à moindre coût en utilisant une approche respectueuse de l'environnement (Olusola ; 2019).

Notre étude se focalise sur le traitement des effluents avec un bio coagulant issu d'extraits de plante médicinale *Moringa oleifera*.

Ce travail comporte deux parties principales :

La synthèse bibliographique est composée essentiellement de deux chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités sur les eaux usées.

Introduction générale

Le deuxième chapitre est consacré pour les bios coagulants.

La partie expérimentale porte sur la présentation du matériel et méthodes d'analyse adoptées pour montrer si les extraits de grains de *Moringa Oleifera* pourraient fournir de bon résultat s'ils étaient utilisés pour désinfecter l'effluent secondaire liquide de la station d'épuration.

Enfin, nous terminons notre étude par une conclusion générale où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

Partie théorique

Chapitre I

Généralité sur les

eaux usées

I. Chapitre : généralité sur les eaux usées

I.1 Définition

Les eaux usées sont définies comme l'eau qui a été utilisée à des fins domestiques, industrielles ou peut-être agricoles, constituant ainsi un effluent pollué. Ce dernier est rejeté dans un exutoire d'égout vers le milieu naturel (RAMADE, 2000).

I.2 La pollution de l'eau

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans l'eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit des nuisances importantes (mauvaise odeur, fermentation, inconfort divers, risques pour la santé, etc.) et qui a des répercussions, à court ou futur, sur notre organisme à travers le phénomène organique (DESJARDINS, 1997).

I.3 Lutte contre la pollution des eaux

La protection de la ressource en eau s'apprécie en termes qualitatif et quantitatif. La pollution s'entend comme une modification nocive des propriétés des eaux, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie. Il est interdit d'évacuer, de rejeter ou d'injecter dans les fonds du domaine public hydraulique des matières de toute nature et ; notamment, des effluents urbains et industriels contenant des substances solides, liquides ou gazeuses, des agents pathogènes, en quantité et concentration de toxicité susceptibles de porter atteinte à la santé publique, à la faune et à la flore ou nuire au développement économique(Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 (JO, 1993) et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 (JO, 2006).

Tout déversement ou immersion dans les fonds du domaine public hydraulique de matière ne présentant pas les risques prévus, est soumis à concession d'utilisation du domaine public hydraulique, appelée autorisation de 58 déversements. Les conditions de délivrance, de modification ou de retrait de l'autorisation de déversement sont fixées par voie réglementaire. L'autorisation de déversement est refusée notamment lorsque les matières déversées sont de nature à nuire

- à la capacité de régénération naturelle des eaux,
- aux exigences de l'utilisation des eaux réceptives,
- à la protection de la santé publique.

I.4 Les différents types de rejets

Il existe diverses sources de pollution de l'eau (tableau 1). Une des plus importantes reste son utilisation à grande échelle au niveau industriel.

On distingue généralement plusieurs catégories d'eau :

I.4.1 Les eaux pluviales

(Eaux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées) :

Il s'agit des eaux de ruissellement (eau de pluie, eau d'arrosage des voies publiques, eau de lavage des gouttières, des marchés et des cours). L'eau qui coule sur les toits, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques générales et donc les marchés comportent tous types de déchets minéraux et organiques : terre, limons, déchets végétaux, etc., et de toutes sortes. Micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc. (Desjardins, 1997).

Elles seront même l'explication d'une pollution importante des cours d'eau, notamment lors des périodes orageuses. Les eaux de pluie sont chargées d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles, particules de poussière), puis, par ruissellement, cette eau emporte les résidus déposés sur les toits et les routes des villes (huiles usagées, carburants également sous forme de pneus et résidus de métaux lourds.). De plus, lorsque le système d'assainissement est déclaré « unitaire », l'eau de pluie est mélangée aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent nécessiter le rejet de ce « mélange » très pollué dans le milieu naturel. Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces bâties rendent le sol imperméable et y ajoutent un risque d'inondation, de pollution (AUDIC, J-M., (2002).

I.4.2 Les eaux domestiques (eaux ménagères)

L'origine domestique concerne les eaux usées domestiques (salle de bain, cuisine, etc.), les eaux noires (WC, etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, les commerces, etc.

Ce sont principalement des vecteurs de pollution organique. Ils sont divisés en eaux grises, qui proviennent des salles de bain et des cuisines, et sont généralement chargées en détergents, graisses, solvants, débris organiques, etc. et en eaux "d'égout" qui sont des déchets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et germes fécaux (BAUMONT S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A, 2004).

I.4.3 Les eaux agricoles

Elle concerne par exemple les eaux surchargées en produits d'épandage (engrais, pesticides) ou les eaux contaminées par les résidus de traitement

I.4.4 Les eaux industrielles

Les eaux industrielles, comprenant les eaux de refroidissement, les effluents de lavage, les eaux de fabrication ou de processus, ainsi que les eaux domestiques, sont susceptibles de contenir divers contaminants (Tableau 1). Ils sont très différents des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, ils contiendront également des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. Une variété d'entre eux doit être prétraitée par les industries avant d'être rejetés dans les réseaux de collecte. Ils sont mélangés à l'eau domestique, mais ils ne présentent pas de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. Les grandes entreprises sont toutes équipées d'unités de traitement internes (AUDIC, J-M ; 2002).

Tableau 1. Contaminants importants des eaux usées et leurs sources.

Contaminants	Sources
Solides (en suspension notamment)	Domestiques, industries, infiltration
Matières organiques biodégradables	Domestique, industries
Matières organiques réfractaires	Industries
Métaux lourds	Industries, mines
Nutriments	Domestique, industries
Solides dissous inorganiques	Domestique, industries
Organismes pathogènes	Domestique

I.5 Les principaux paramètres de la pollution

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (METAHRI ,2012).

I.5.1 Paramètres organoleptiques

➤ La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration (RODIER, J, 2009)

Une eau propre doit être incolore, la couleur grisâtre de l'eau d'égout est d'origine domestique, une couleur noire indique une décomposition partielle, les autres teintes indiquent un apport d'eau industriel (LADJELB, 2004)

➤ L'odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur. Toute odeur est pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde (LADJELB, 2004).

I.5.2 Paramètres physiques

➤ La température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous (dioxygène) indispensable à la vie aquatique, en premier lieu à la respiration des poissons. En effet, plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous ne diminue (CPEPESC, 2017). Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier O₂) dans l'eau ainsi que, la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. La température agit aussi comme facteur physiologique sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau (Mekhalif, 2009).

➤ La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (METAHRI, 2012). On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. Avec un appareil (turbidimètre) (CPEPESC, 2017).

- NTU < 5 ⇒ Eau claire
- NTU < 30 ⇒ Eau légèrement trouble
- NTU > 50 ⇒ Eau trouble

➤ Le potentiel d'hydrogène (pH)

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (METAHRI, 2012).

➤ **L'oxygène dissous**

L'oxygène représente environ 35% des gaz dissous dans l'eau, sa solubilité est en fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. Les résultats sont exprimés soit en teneur en oxygène dissous (mg/l), soit en pourcentage de saturation. Ce dernier exprime le rapport entre la teneur effectivement présente dans l'eau et la teneur théorique correspondante à la solubilité maximale pour une température donnée, car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène est soluble :

- A 50C, maximum d'oxygène dissous : 12,3 mg/l ;
- A 100C, maximum d'oxygène dissous : 10,9 mg/l ;
- A 200C, maximum d'oxygène dissous : 8,8 mg/l. (LADJELB, 2004).

➤ **La conductivité électrique (CE)**

La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution, par comparaison de la valeur mesurée avec celle que l'on était en droit d'attendre (par exemple la conductivité locale moyenne d'un cours d'eau). Elle peut permettre de localiser un apport de pollution. Il existe une relation étroite entre la teneur en sels dissous d'une eau et la résistance qu'elle s'oppose au passage d'un courant électrique. Cette résistance se mesure à l'aide d'un conductimètre. Elle est souvent exprimée en $\mu\text{s/cm}$ ou en ms/cm (siemens par centimètre) (MENECEUR ET SAIDJ, 2013).

Le (Tableau 2) ci-dessous nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité (ONA, 2012)

Tableau 2. Relation entre la conductivité et la minéralisation

conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	Appréciation
$\text{CE} < 100 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
$100 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 200 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
$200 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 333 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentué
$333 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 666 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne
$666 \mu\text{S/cm} < \text{CE} < 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
$\text{CE} > 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation excessive

➤ **Les matières décan tables**

Leur mesure donne la quantité de solides non dissous présents dans l'eau. Pendant 30 minutes, on laisse un échantillon d'eau au repos, déposer dans un cône d'Imhoff. Ceci permet de mesurer la quantité de sédiments en mg par litre (CPEPESC, 2017).

➤ **Les matières en suspension (MES)**

On appelle matières en suspension les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. En trop grande quantité, elles constituent donc une pollution solide des eaux (CPEPESC, 2017).

Elles représentent la quantité de la pollution organique ou minérale non dissoute dans l'eau, c'est-à-dire les matières décan tables et colloïdales (AIF, 1993).

Selon METAHRI (2012), Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de la pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Les (MES) s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30 \% \text{MMS} + 70 \% \text{MVS}$$

➤ **Les matières volatiles en suspension (MVS)**

Ce paramètre est parfois utilisé. Les matières volatiles en suspensions ont celles qui sont susceptibles d'être volatilisées par test de laboratoire à une température de 550° C. Les MVS

sont généralement assimilées aux matières organiques en suspension. Les MVS se mesurent en mg/l (CPEPESC, 2017).

➤ **Les matières minérales en suspension (MMS)**

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec »,

La différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice (CPEPESC, 2017).

I.5.3 Paramètres chimiques

➤ **Potentiel d'hydrogène PH**

Le pH peut être un paramètre utilisé pour mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité de l'eau. (RODIER, 2009)

Il se mesure sur le terrain avec terrain avec des bandelettes test ou un appareil (pH-mètre), donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau. Le pH est le reflet de la concentration d'une eau en ions H⁺ : $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. L'eau des cours d'eaux avoisine en général la neutralité représentée par un pH de 7. Le pH doit être compris entre 6 et 8 pour permettre la vie aquatique.

➤ **Demande biochimique en oxygène (DBO5)**

Exprime le nombre d'oxygènes nécessaire à la destruction ou à la dégradation de la matière organique présente dans les eaux usées par les microorganismes présents dans l'environnement. Il se mesure par la consommation d'oxygène à 20 ° C dans l'obscurité pendant cinq jours d'incubation d'un échantillon préalablement inoculé, temps qui assure l'oxydation biologique de la matière organique carbonée (RODIER, 2009)

La réaction chimique se résume par la réaction suivante :

Substrat + micro-organismes + O₂ → CO₂+ H₂O + énergie + biomasse.

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la mesure du nombre d'oxygènes requis qui correspond au nombre de matériaux oxydables par l'oxygène contenus dans un effluent. Ils représentent la plupart des composés organiques (détergents, matières fécales) (RODIER, 2009).

Les valeurs de la DCO par rapport au type d'eau usée (METAHRI, 2012)

DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines ;

DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires ;

DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

➤ Rapport DCO/DBO5

La DBO5 d'une eau de surface non polluée varie entre 2 et 20 mg/l. Les mesures qui vont au-delà indiquent alors que l'eau est polluée. Le rapport DCO / DBO5 donne un indice sur la provenance et l'origine de la pollution organique.

- ✓ Les mesures se rapprochant de 1 du rapport DCO / DBO5, une très bonne biodégradabilité (lait, yaourt).
- ✓ De 1,5 à 2 : Effluents d'industries agroalimentaires (meilleure biodégradabilité)
- ✓ De 2 à 3 : Effluents urbaines domestiques.
- ✓ >3 à 4 : Effluents plus ou moins difficilement biodégradable (industrie).

La relation empirique de la matière oxydable en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante : $MO = (2DBO5 + DCO) / 3$

➤ La biodégradabilité

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO5 permet une bonne approche de la biodégradabilité, la DCO représentant la matière organique dans sa globalité et la DBO la seule fraction biodégradable dans des conditions fixées. La DBO5 représente la quantité de matières organiques présente dans l'échantillon et qui se sont dégradées en cinq jours. Si l'on poursuit la biodégradabilité pendant une période plus longue (une vingtaine de jours pour une eau résiduaire urbaine), on aboutit à un palier, qui correspond à la DBO ultime.

- Si toutes les matières organiques de l'échantillon étaient biodégradables : DBO ultime = DCO.
- De nombreuses molécules organiques présentes dans les eaux résiduaires ne sont cependant pas biodégradables ou le sont très lentement : DCO > DBO ultime.
- Le rapport DCO/DBO5 permet de se faire une idée réaliste de la biodégradabilité d'un effluent :
 - ✓ $1.5 < DCO/DBO5 < 2.5$ l'effluent est moyennement biodégradable
 - ✓ $DCO/DBO5 > 2.5$, l'effluent n'est pas biodégradable (RODIER, 2009)

➤ **Carbone total organique (COT)**

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissous et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous. Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (Z. Zbalah et A. Zbalah, 2019).

➤ **Oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous est un paramètre important dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de photosynthèse. L'eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène, tandis que l'eau chargée en matière organique dégradable par les micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique dans l'eau permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (RODIER, 2009)

➤ **L'azote**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale.

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel (F. Cherki et H. Hesses)

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont :

❖ **L'azote total de Kjeldahl (NTK)**

L'azote Kjeldahl= Azote ammoniacal+ Azote organique. Une concentration élevée en azote Kjeldahl permet d'évaluer le niveau de pollution (A. Gaid, 1984).

Les nitrates (NO₃-)

- ❖ Les nitrates des eaux souterraines et des cours d'eau proviennent (CPEPESC, 2017).
- ❖ - En second lieu, des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates). Certaines installations sont complétées par des traitements de dénitrification avant rejet.
- ❖ - Du milieu naturel, pour 3 et 7 mg/l, seulement, une quantité suffisante pour nourrir la vie aquatique des cours d'eau. (Au-delà, c'est l'indigestion, le développement des algues, l'eutrophisation...).

- ❖ Les nitrates posent un problème en raison de leur trop grande introduction dans les eaux par l'agriculture industrielle. Les résultats d'analyse exprimés en mg/l de NO₃⁻. Il faut diviser par 4,43 le poids des nitrates pour déterminer le poids d'Azote contenu par ces mêmes nitrates.
- ❖ - Principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés.

Les nitrites (NO₂⁻)

Chez les mammifères, la consommation d'eau chargée de nitrites perturbe la fixation de l'oxygène par l'hémoglobine du sang. (D'où la méthémoglobinémie ou la « maladie bleue du nourrisson »). Il ne doit donc pas avoir de nitrites dans l'eau du robinet et très peu de nitrates, car ils peuvent une fois bus se transformer en nitrites. Dans l'estomac, les nitrites, peuvent se transformer en nitrosamines, réputées cancérigènes (CPEPESC, 2017).

L'effet de toxicité des nitrites est plus rapide que par celle de l'ammoniaque, parce qu'elle entraîne la dégradation de l'hémoglobine des globules rouges et l'asphyxie des poissons. On comprend pourquoi la concentration en nitrites ne devrait pas dépasser 1 mg NO₂/l dans les rejets de stations d'épuration. (0,5 mg/l dans l'eau du robinet) (CPEPESC, 2017).

➤ Le phosphore total

C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (Rejsek, 2002).

Le phosphore total=Phosphore particulaire + Phosphore dissous

La réglementation, en ce qui concerne le phosphore, ne tient compte que de ce seul paramètre. La quantité de PT d'une eau s'exprime en mg/l (milligrammes par litre) (CPEPESC, 2017). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant (Degrémont, 2005).

I.5.4 Paramètres bactériologiques

➤ Microorganismes constituant l'eau usée

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les parasites (protozoaires, helminthes), les moisissures (Belahmadi, 2011).

✓ Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont la plupart sont des *Proteus* et des entérobactéries, 10^3 à 10^4 des *Streptocoques* et de 10^2 à 10^3 des *Clostridium*. La concentration en bactéries pathogènes est très variable et peut atteindre 10^4 germes par litre. Parmi les bactéries pathogènes les plus détectées, les *Salmonelles*, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau. En plus de ces germes les eaux usées d'une station d'épuration contiennent des espèces autochtones considérées comme acteurs majeurs des biodégradations telles que : *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* et d'autres (Belahmadi, 2011).

✓ Parasites

Selon Bounoua *et al.*(2017) Les parasites présents dans les eaux usées sont généralement des protozoaires et des helminthes. Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister majoritairement aux procédés de traitements des eaux usées

Les helminthes par contre sont des vers multicellulaires, tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10^1 à 10^3 œufs/l (Banouh et Djenane, 2017).

✓ Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Leur concentration estimée dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux, il faut citer les entérovirus, les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans

l'environnement que les bactéries, du fait qu'au cours de processus de traitement des eaux usées les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux (Belahmadi, 2011).

➤ **Bactéries indicatrices de contamination fécale**

✓ **Coliformes**

Ils sont définis comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram négatif, non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37°C.

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella et Serratia. La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes. Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5° C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres Citrobacter, Enterobacter et Klebsiella. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés (El Attiffi El Ouadrassi, 2011).

✓ ***Les coliformes totaux***

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries qui se trouvent fréquemment dans l'environnement, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains.

Elles sont capables de se développer à 37°C, elles n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique que l'eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (RODIER et al., 2004).

✓ ***Les coliformes fécaux***

C'est un troupeau de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la catégorie des entérobactéries. Ce sont des bacilles à Gram négatif, à oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de multiplier et de fermenter le lactose et

de produire du gaz, de l'acide et de l'aldéhyde. Ils sont considérés comme de bons indicateurs de contamination fécale et sont cultivés à 44 ° C. (BAUMONT et *al.*, 2004)

✓ *Streptocoques*

Les *streptocoques* appartiennent à la famille des *streptococcaceae*. Ce sont des cocci à Gram positif arrondis ou ovoïdes ou rarement allongées en bâtonnets. Les streptocoques nécessitent pour leur multiplication de nombreux facteurs de croissance qui sont présents dans la gélose au sang frais (Babou et M'zyene, 2018).

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe des streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 2004).

✓ *Clostridium sulfo-réducteurs*

Ce sont des bacilles à gram positif, anaérobies stricts, mobiles par ciliature péritriche, mais parfois immobiles et capsulés. Ils font partie de la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils sont thermorésistants, donc ils sont capables de survivre dans l'environnement et de contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées. Les espèces pathogènes du genre *Clostridium* sont impliquées dans plusieurs affections, parmi elles *clostridium perfringens* qui est un germe ubiquiste et qui est l'espèce la plus spécifique parmi les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Elle peut être isolée dans des eaux superficielles, des vases, des boues, elle est pathogène pour l'homme et les animaux. Elle est responsable de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) apparaissant 6 à 12 heures après l'ingestion d'aliments contaminés.

Elle contamine fréquemment certains aliments (viande, lait, fruits, légumes). Sa présence dans l'eau est signe d'une contamination fécale (Mezerdi, 2019).

Chapitre II

Les bios coagulants

II. Chapitre : Les bios coagulants

II.1 La bio-coagulation

La bio-coagulation est une nouvelle technologie permettant de collecter des particules extrêmement fines et diffère des procédés bien connus comme la bio-sorption la bioaccumulation et la biotransformation : dans la bio-coagulation, les particules sont très petites et solides. Pour les autres procédés, les minéraux se dissolvent et les ions sont adsorbés ou accumulés (H. Z. Kuyumcu, J. Pinka, T. Bielig, 2008)

II.2 Les bios coagulants

Les coagulants d'origine végétale sont apparus bien avant les coagulants synthétiques comme les sels chimiques, cependant, un manque de connaissances scientifiques au niveau de leurs mécanismes de fonctionnement et de leur efficacité a ralenti les recherches réalisées sur ces coagulants (Ndabigengesere et Narasiah, 1998)

Ainsi, l'utilisation des coagulants naturels a été découragée dans les pays développés sous prétexte qu'ils n'ont jamais été soumis à une évaluation scientifique rigoureuse (Jahn et Samia Al Azharia, 1981).

La coagulation et la floculation jouent un rôle très important dans de nombreux systèmes d'épuration des eaux et des eaux usées. A cause de l'interdépendance complexe de nombreux facteurs inhérents aux processus de coagulation et de floculation, une compréhension approfondie des phénomènes impliqués est essentielle.

II.3 Traitement des eaux usées par la coagulation/floculation

Les États-Unis ont d'abord proposé à appliquer la « coagulation/floculation » dans l'industrie du traitement de l'eau usée. Son objectif principal est d'améliorer le taux d'élimination des précurseurs des sous-produits de désinfection et de désinfection. L'Agence américaine de protection de l'environnement a répertorié le procédé de la coagulation/floculation comme le meilleur moyen de contrôler la matière inorganique dans la première phase des réglementations. La coagulation a deux objectifs : le premier est d'atteindre le taux d'élimination du carbone organique total (COT) et la seconde est d'éliminer complètement les substances précurseuses du sous-produit de désinfection (Y. Sun, et al 2019).

II.4 Les principaux coagulants

Les coagulants sont des produits qui neutralisent ou inversent les charges de la surface des matières.

II.4.1 Coagulants naturels biologiques

Au fil des ans, les coagulants naturels ont progressivement gagné en importance en tant qu'alternatives potentielles plus écologiques aux produits chimiques minéraux ou synthétiques. Les composés à base de plantes, d'animaux ou de micro-organismes sont les principales sources de coagulants d'origine naturelle. La disponibilité de coagulants d'origine végétale est beaucoup plus élevée que celle d'origine animale.

II.5 Les facteurs influençant la coagulation

Les facteurs les plus influençant sur le phénomène de la coagulation floculation sont :

- Le pH,
- Les sels dissous,
- La température,
- La dose de coagulant.

II.6 Les bios coagulants à bases de plantes

Il s'avère qu'il y a un grand intérêt pour l'évolution et l'utilisation de coagulants naturels à base de plantes. L'utilisation d'un matériau à base de plantes comme agent de traitement de l'eau a une longue histoire, en particulier à travers le charbon de bois car il est considéré comme un excellent adsorbant. Depuis de nombreux siècles, dans les pays en développement, des polyélectrolytes d'origine végétale sont utilisés pour la purification des eaux troubles (C.R. Schulz, D.A. Okun, 1984). Récemment, quatre principaux coagulants végétaux, à savoir : les graines de Nirmali, le Moringa oleifera, les tanins et le cactus, ont été appliqués avec succès pour le traitement des eaux de surface et des eaux usées industrielles (C.-Y. Yin, 2010). Les coagulants naturels couramment utilisés (l'Aloe Vera, le cactus, le Moringa oleifera)

II.6.1 Le *Moringa oleifera*

II.6.2 Description

Le *moringa* est un arbre tropical précieux de l'Himalaya, se propageant facilement et nécessitant peu de nutriments et d'eau après la plantation (Foidl *et al.*, 2001). Les feuilles de *moringa* (fig.1) favorisent la synthèse des protéines microbiennes dans le rumen en raison de leur teneur élevée en azote et en énergie fermentescible (Soliva *et al.*, 2005). Le *moringa* est devenu dans les années 90 dans de nombreux pays une ressource alimentaire indispensable dans lutte contre la malnutrition en inde et en Afrique.il existe plusieurs applications industrielles et médicinales et divers produits destinés à l'alimentation humaine et animale qui peut être dérivés de ses feuilles et de ses fruits. L'une des applications industrielles les plus importantes est l'utilisation des graines de *Moringa* pour purifier l'eau (Soliva *et al.*, 2005)



Figure 1. Feuilles et graines de moringa (Heuzé V *et al.* , 2017)

Il est considéré comme l'une des plantes les plus nutritives. Les feuille de *Moringa* contient naturellement et en grande quantité :

- Antioxydants
- Vitamine
- Protéine végétales
- 8 acides aminés essentiels
- Omega 3 et 6
- Minéraux

II.6.3 Morphologie

Le *Moringa* est un arbre (fig.2) à feuilles persistantes ou à feuilles caduques de petite à moyenne taille qui peut atteindre une hauteur de 10 à 12 m. Il a une couronne ouverte et étalée, généralement en forme de parapluie. Les racines sont profondes. Le fût est tordu, généralement à une seule tige mais parfois fourchu à partir de la base. L'écorce est liégeuse et grise. Les branches sont fragiles et retombantes, avec un feuillage plumeux. Les jeunes rameaux et pousses sont couverts de poils courts et denses, de couleur blanc violacé ou verdâtre. Les feuilles du *Moringa* sont alternes, longues de 7 à 60 cm, composées de manière tripennée, chaque pennée portant 4 à 6 paires de folioles vert foncé, elliptiques à obovales et mesurant 1 à 2 cm de longueur. Les inflorescences mesurent 10 à 20 cm de long et sont constituées de panicules étalées portant de nombreuses fleurs parfumées. Les fleurs du *Moringa* sont pentamères, zygomorphes, longues de 7 à 14 mm et de couleur blanche à crème. Le fruit est une capsule typiquement à 3 valves, De 10 à 60 cm de longueur, souvent appelé « cosse » et ressemblant à un pilon (d'où le nom « arbre à pilon »). Le fruit est vert lorsqu'il est jeune et devient brun à maturité. Le fruit mûr s'ouvre le long de chaque angle pour exposer les graines. La capsule contient 15 à 20 graines oléagineuses arrondies, de 1 à 1,5 cm de diamètre, entourées de 3 ailes en papier, jusqu'à 2,5 cm de long. Les graines de *Moringa* contiennent une grande quantité d'huile (FAO, 2014 ; Radovitch, 2009 ; Orwa et al., 2009 ; Bosch, 2004 ; Foidl et al., 2001).



Figure 2. Arbre de *Moringa oleifera*

II.6.4 Composition et propriété de *Moringa oliefera*

II.6.5 Composition des graines de MO

Des analyses nutritionnelles ont montré que les graines contiennent des minéraux, des acides aminés essentiels, des acides gras et d'autres composés bioactifs (Tableau 3) (Dhakar et Maurya, 2011).

Vitamines A, B, et C, une teneur élevée en fer et en protéine. Les graines contiennent également des glucosinolates, des huiles (dont triglycérides, acides gras et lipides polaires) et des polyphénols en tant que principe actif dans des compositions cosmétiques et/ou dermatologiques. Les graines contiennent des composés tels que les isothiocyanates. Le Tableau démontre la composition chimique par 100g de graine sèche (Anwar et al., 2003).

Tableau 3. La Composition globale des graines de *M. Oleifera* (Leone, 2016).

Détermination	1	2	3
Poids moyen des gousses (g)	7,60	-	4,83
Poids moyen des graines par gousse (g)	3,59	5,03	16,00
Nombre moyen de graines par gousse	12,00	17,00	30,20
Poids moyen de 100 graines (g)	29,90	29,60	22,50
Poids moyen de 100 amandes (g)	21,20	-	74,50
Poids de l'amande par rapport au poids de la graine (%)	72,50	-	25,50
Poids de la coque par rapport au poids de la graine (%)	27,50	-	6,50
Teneur en eau de l'amande (%)	4,50	-	12,90
Teneur en eau de la coque (%)	9,20	-	7,50
Teneur en eau de la graine (%)	5,80	-	

II.6.6 Propriété des graines de MO

Les graines de *Moringa* possèdent des propriétés physiques (Tableau .4) ainsi que des vertus anti-inflammatoires et antibiotiques. Pour cette raison, elles constituent un traitement efficace contre diverses infections et maladies, telles que les infections sexuellement transmissibles, la goutte, les rhumatismes et l'arthrite (Costa et al, 2017). Les graines de *Moringa* contiennent des polyélectrolytes cationiques qui ont démontré leur efficacité dans le traitement de l'eau en

remplacement du sulfate d'aluminium et d'autres flocculants. De plus, ces polyélectrolytes sont entièrement biodégradables, ce qui présente un intérêt pour la préservation de la biodiversité. En outre, la Mo-CBP3 est une protéine antifongique qui se lie à la chitine, inhibant ainsi la germination et la croissance mycélienne des champignons phytopathogènes (James et Zikankuba, 2017).

Tableau 4. Propriétés physiques des gousses et des graines de *Moringa* (Foidl et al,2001).

Les composés	g/100g	%
Les protéines	(29,4±33,3)	34,51% - 36,5%,
les huiles	(34,7±40,4)	38,62% - 40,06%,
Fibres	(6,8±8,0)	10,92% - 12,16%
Carbohydrates	(16,5±19,8)	19,00% - 20,29%
la valeur calorique		450,36 - 451,32 kcal 100 g-1

II.6.7 Distribution géographique



Figure 3 . La distribution de la plante *Moringa Oleifera* dans le monde (Saini et al, 2016)

II.6.8 Noms communs

Moringa, pilon, arbre à huile de ben, arbre à benzolivier, arbre à benzoil, raifort, arbre à raifort, ben antillais [anglais]; ben oléifère, ben ailée, moringa ailée, pois quénique [français]; moringa, marango, resedá, árbol de rábano, árbol de los espárragos [espagnol]; acácia-branca, muringueiro, quiabo-da-quina, maranga, paraíso, paraíso blanco [portugais]; Meerrettichbaum [allemand]; (Heuzé V et al., 2019).

II.6.9 Systématique et nomenclature

Tableau 5. La classification systématique de Moringa (Laleye et al, 2015).

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	dilleniidae
Ordre	Capparidales
Famille	moringaceae
Genre	moringa
Espèce	Moringa oleifera lamarck

II.7 Utilisation

II.7.1 Utilisation alimentaire

Toutes les parties du *Moringa* sont consommées comme aliment. La plante produit des feuilles pendant la saison sèche et pendant les périodes de sécheresse, et constitue une excellente source de légumes verts lorsque peu d'autres aliments sont disponibles. Le *Moringa* est principalement cultivé pour ses feuilles en Afrique, et très apprécié pour ses gousses en Asie. Les feuilles, les gousses, les racines et les fleurs peuvent être cuites comme légumes. Les racines ont été utilisées comme substitut du raifort mais peuvent être légèrement toxiques. Les feuilles sont très nutritives et riches en protéines, vitamines A, B et C et minéraux. Ils sont fortement

recommandés aux femmes enceintes et allaitantes ainsi qu'aux jeunes enfants (FAO, 2014). Ils sont généralement cuits (bouillis, poêlés) et consommés comme les épinards ou mis dans les soupes et les sauces. Les feuilles de *Moringa* sont également consommées en salade ou séchées et moulues pour obtenir une poudre de feuilles très nutritive. La poudre de feuilles de *Moringa* est utilisée pour aider à la guérison des nourrissons souffrant de malnutrition. Les fleurs de *Moringa* sont utilisées pour faire du thé, ajoutées à des sauces ou transformées en pâte et frites. Les jeunes gousses sont préparées et ont un goût d'asperge. Les gousses plus anciennes peuvent être ajoutées aux sauces et currys dans lesquels leur amertume est appréciée (FAO, 2014 ; Radovich, 2009 ; Orwa et al., 2009 ; Bosch, 2004). Les graines immatures peuvent être cuites de différentes manières tandis que les graines mûres sont grillées et consommées comme des cacahuètes. Les graines de *Moringa* contiennent environ 30 à 40 % d'une huile comestible (huile de ben), utilisée pour la vinaigrette et la cuisine, et qui peut remplacer l'huile d'olive. L'huile de ben résiste au rancissement et fournit des quantités substantielles d'acide oléique, de stérols et de tocophérols (FAO, 2014 ; Yu et al., 2005).

II.7.2 Utilisation industrielle

L'huile de *Moringa* a diverses applications industrielles. Il est utilisé dans l'industrie de la parfumerie, car il conserve facilement son parfum et n'est pas sujet au rancissement, ainsi que dans la fabrication de peintures et de lubrifiants. L'huile de *Moringa* possède les qualités nécessaires pour une matière première de biodiesel (Rashid et al., 2008). Au moment de la rédaction (décembre 2014), plusieurs projets de production de biodiesel à partir de graines de *Moringa* étaient en cours en Asie et en Afrique.

Le tourteau issu de l'extraction de l'huile des graines contient environ 1 % de protéines floculantes qui lient les particules minérales et les matières organiques lors de la purification de l'eau potable. Ils constituent une alternative naturelle à l'alumine toxique généralement utilisée pour traiter l'eau (voir **Impact environnemental** ci-dessous). Ces protéines sont également utilisées pour faciliter la sédimentation des fibres dans les industries des jus et de la bière. Le bois de *Moringa* est tendre et ne peut être utilisé que pour des constructions légères, mais il peut produire des fibres pour les cordes et les nattes ainsi que de la pâte pour l'industrie du papier. L'écorce de *Moringa* est une source de colorant (Bosch, 2004 ; Foidl et al., 2001).

II.7.3 Utilisation agricole

Il a été démontré que les phytohormones extraites des feuilles de *Moringa* ont un effet stimulant sur la croissance de diverses plantes, notamment le gramme noir, l'arachide, le soja, la canne à sucre et le café. La pulvérisation d'extrait de feuilles de *Moringa* sur les feuilles a augmenté la production végétale de 20 à 35 % (Foidl et al., 2001).

II.7.4 Utilisation médicinale

Les graines de *Moringa* contiennent de la ptérygospermine, un antibiotique puissant et un fongicide efficace contre *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Aux Philippines, en raison de leur forte teneur en fer, les feuilles de *Moringa* sont utilisées dans le traitement de l'anémie. Les racines et l'écorce de *Moringa* sont utilisées dans les problèmes cardiaques et circulatoires (Orwa et al., 2009). Les utilisations en ethnomédecine sont nombreuses et dépassent le cadre de cette fiche technique.

II.8 Distribution

Le *Moringa* est originaire des collines du sud de l'Himalaya et a été introduit dans de nombreuses zones tropicales et subtropicales, en grande partie par des populations asiatiques migrantes (Radovich, 2009 ; Bosch, 2004). L'huile de graines de *Moringa* était appréciée dans la fabrication de parfums dans l'Égypte ancienne, la Grèce antique et l'Empire romain (Orwa et al., 2009 ; Bosch, 2004). Le *Moringa* est désormais naturalisé dans la plupart des pays africains, dans les îles des Caraïbes et en Amérique centrale. Le *Moringa* est une culture importante en Inde, en Éthiopie, aux Philippines et au Soudan (FAO, 2014).

Le *Moringa* pousse du niveau de la mer jusqu'à 600 m d'altitude, mais on le trouve jusqu'à 1 000 m dans l'Himalaya, jusqu'à 1 350 m en Afrique de l'Est et jusqu'à 2 000 m au Zimbabwe (Radovich, 2009 ; Bosch, 2004). Le *Moringa* se porte bien là où les températures moyennes sont élevées, allant de 25 à 30°C. Les basses températures et le gel peuvent tuer la plante jusqu'au niveau du sol, mais la repousse se produit rapidement une fois que les températures augmentent. Le *Moringa* pousse mieux là où les précipitations annuelles sont d'environ 1 000 à 2 000 MM. Cependant, il tolère la sécheresse et survit là où les précipitations sont aussi faibles que 400 mm, bien que la production de feuillage dans de telles conditions soit réduite. Le *Moringa* a une faible tolérance à l'engorgement. Il prospère en plein soleil. Le *Moringa* se porte bien sur une large gamme de sols, avec un pH allant de 4,5 à 9, à condition qu'ils soient bien drainés (Radovich, 2009 ; Bosch, 2004). Le *Moringa* présente une certaine

tolérance au sel (jusqu'à 3 dS/m lors de la germination et 8 dS/m une fois bien établi) (Nouman et al., 2014 ; Oliveira et al., 2009).

L'Inde est le principal exportateur de *Moringa* : feuilles en conserve, fruits frais (1,2 millions de tonnes en Inde), huile et poudre de feuilles (Radovich, 2009). En Afrique, les feuilles constituent le principal produit du commerce local (Bosch, 2004).

II.9 Impact environnemental de *Moringa*

II.9.1 Toxicité et gestion des étangs

La poudre de graines de *Moringa* peut être toxique pour les animaux et notamment pour les poissons. Cette toxicité peut être utilisée dans la gestion des étangs pour contrôler les prédateurs des poissons d'élevage. La concentration létale médiane (CL50) de poudre de graines de *Moringa* chez la carpe commune était de 124,0 mg/L après 96 h et la concentration sublétales était de 12,4 mg/L. Les carpes communes exposées pendant 35 jours à cette dernière concentration présentaient des changements significatifs dans tous leurs paramètres sanguins (Kavitha et al., 2012).

II.9.2 La purification de l'eau par *Moringa oleifera*

La *Moringa* (fig.3) possède une propriété ou potentiel dans la purification puisque, les graines contiennent des PI électrolytes cationique actifs utilisés comme poly peptides naturels non toxiques, qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organique et cela selon la contribution de certains recherche pharmaceutique et étude sur la plante M.O.

Les graines de *Moringa Oleifera* comme coagulant dans le traitement de l'eau est bien connu. Est le coagulant naturel le plus étudiés, il Ya des communautés qui utilise les graines de *Moringa* pour clarifier l'eau turbide (folkard et al., 2002)



Figure 4. Graine de *Moringa Oleifera*

II.10 Les principaux avantages pour l'utilisation des grains de *Moringa Oleifera*

- Le coût de la graine de *Moringa*, est ou peut-être, dans certains pays compétitifs par rapport aux flocculants industriels. Cependant on manque de recul et d'études économiques sur ce point.
- C'est un produit d'origine tropicale, intéressant pour les pays du sud car ne faisant pas l'objet de taxes d'importation et ne nécessitant pas de paiement en devises.
- Les coagulants métalliques induisent une pollution qu'il faut contrôler, le *Moringa* ne contient pas de produits chimiques nocifs laissant des traces dans les eaux.
- Les erreurs de dosages n'induisent pas de toxicité (Suriati, 2019)

II.10.1 Les avantages de l'application des bios coagulants dans le traitement des eaux usées

La figure (4) résume les avantages de l'utilisation de coagulants naturels, comme alternative dans la purification de l'eau. Les coagulants naturels génèrent un volume de boue jusqu'à cinq fois plus faible avec une valeur nutritive plus élevée des boues, ce qui rend le traitement des boues et les coûts de manutention plus durables. Par la suite, les coagulants naturels ne consomment pas d'alcalinité contrairement à l'alun, et les ajustements de pH peuvent normalement être omis, ce qui permet des économies supplémentaires. Les coagulants naturels sont également non corrosifs, ce qui élimine les problèmes d'érosion des tuyaux (S. Maurya, A. Daverey ; 2018)

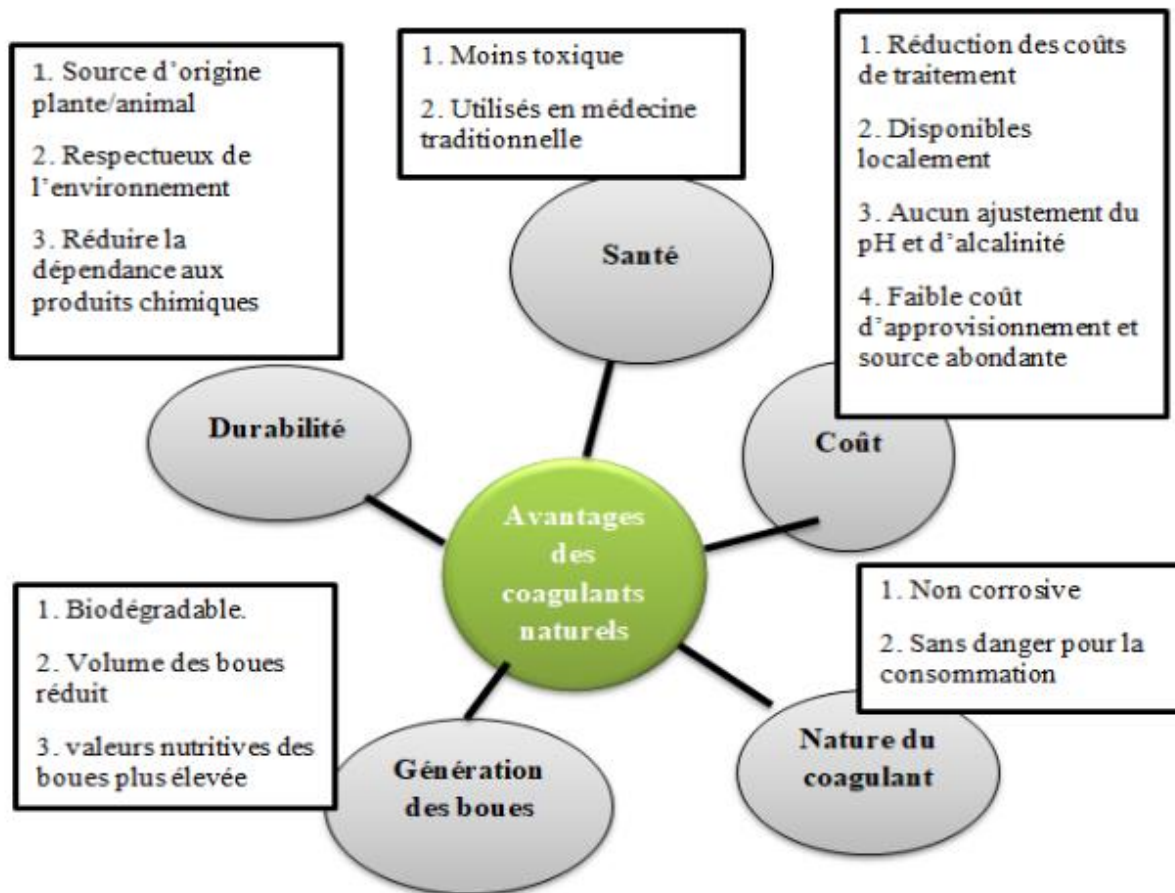


Figure 5. Avantages des coagulants naturels par rapport aux coagulants chimiques (adapté d’Ayat, A., & Arris, S. (2022)).

Dans certains pays en développement, les coûts élevés des produits chimiques importés et la faible disponibilité des coagulants chimiques rendent l'utilisation de sels d'alun traditionnels et de coagulants synthétiques inadaptés. En raison des avantages des coagulants naturels par rapport aux coagulants synthétiques ou métalliques, certains pays comme le Japon, la Chine et l'Inde, ont adopté l'utilisation de polymères naturels dans le traitement des eaux de surface pour la production d'eau potable (S. Kawamura, 2000). Un certain nombre d'études ont souligné que l'introduction de coagulants naturels en remplacement des sels métalliques peut simplifier les problèmes associés aux coagulants conventionnels. L'utilisation de sulfate d'aluminium par exemple peut augmenter la concentration de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée. Ceux-ci sont indésirables et doivent être minimisés, car ils peuvent causer des problèmes dans les systèmes de distribution d'eau et lors de la désinfection. Les concentrations accrues d'aluminium dans les eaux traitées peuvent être dues soit à des problèmes liés à sa solubilité à faible pH, soit à de basses températures. De faibles résidus de coagulant sont également justifiés en tant

qu'approche de précaution face aux effets inconnus sur la santé de l'exposition à l'aluminium dans l'eau potable. Il a été émis l'hypothèse qu'il existe un lien entre l'aluminium de l'eau potable et l'apparition de maladies neurodégénératives, telles que la maladie d'Alzheimer. Un autre problème lié à l'utilisation des coagulants chimique est la production des boues toxique ; les boues sont le sous-produit du processus de purification de l'eau par coagulation, constituées principalement d'hydroxyde d'aluminium, d'agents pathogènes et de substances organiques et inorganiques éliminées par le sulfate d'aluminium (C.C. Dorea , 2005).

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

III. Chapitre : matériels et méthodes

III.1 Présentation de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou

III.2 Définition

Une station d'épuration regroupe une série de mécanismes de traitement des eaux usées. Chacun de ses appareils est destiné à extraire un ou plusieurs polluants. L'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée (KOLLER, E., (2009).

Chaque étape de traitement est spécifiée pour la réduction du degré de polluants :

- Prétraitement pour l'élimination des pollutions en suspension (MES granulaires, graisse, huile, sable, argiles et graviers) ;
- Purification physico-chimique pour l'élimination de la pollution colloïdale (MES fines), des hydrocarbures en émulsion mécanique et chimique ;
- Purification biologique pour l'élimination de la pollution dissoute et biodégradable ;
- Purification tertiaire pour le développement de l'élimination de l'azote, du phosphore, des mauvaises odeurs et pour répondre aux normes de rejet (MES, DCO, DBO, pH, azote et phosphore) (KOLLER, E, 2009).

L'épuration des eaux usées a pour but de permettre le rejet des eaux sans risque majeur pour le milieu récepteur. (Bonin, 1986).

III.3 Présentation et réalisation

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 transféré à l'ONA en juillet 2003.

Placée sous la tutelle du ministère des ressources en eau, l'Office Nationale de l'Assainissement « ONA » qui est un établissement public national, à caractère industriel et commercial, créer par décret exécutif n°01-102 du 21 avril 2001.

L'ONA s'est engagé dans une démarche de management de l'environnement selon la norme ISO 14001 version 2004. Où elle est 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.

L'étude du projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou, en collaboration avec la société française DEGREMONT.

III.4 La situation géographique

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est implantée sur la berge de l'oued Sebaw à l'endroit du pont de bougie situé à 3 Km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou. (fig.6)

- Les coordonnées GPS de la station : 36.71730548086744, 4.0832434656459355



Figure 6. STEP Est de Tizi-Ouzou

III.5 Description du site expérimental (la STEP)

La STEP fonctionne selon le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge.

Les eaux traitées par la STEP sont les eaux usées de la ville de Tizi-Ouzou.

Les étapes d'épuration des eaux de la station sont dans l'ordre comme suite :

III.5.1 L'arrivée

Par laquelle l'eau de l'affluent urbain rentre à l'intérieur de la station.

III.5.2 Prétraitement

Le prétraitement ne concerne que les effluents hétérogènes comprenant des composés solides (particules solides, colloïdales ou dispersées) ou des liquides non miscibles. (GREGIRIO Crini, PIERRE-Marie Badot)

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs, d'endommager les équipements.

Ce traitement comprend plusieurs opérations :

➤ **Dégrillage grossier**

Il permet l'élimination des déchets les plus volumineux (fig.7).



Figure 7. Dégrillage grossier.

➤ **Poste de relevage**

Sert à relever les eaux usées au niveau de la station. Cette opération se fait à l'aide de quatre pompes submersibles (fig.8).



Figure 8. Poste de relevage

➤ **Dégrillage fin**

La station comprend deux dégrilleurs fins, l'un mécanique et l'autre manuel. Dans cette étape, l'eau subie une seconde filtration par le dégrillage fin (fig.9), l'eau circule dans les autres compartiments de la station par gravité.

La récupération des refus de grille se fait par deux modes : automatique et manuel. En mode automatique, la récupération des refus se fait grâce à une vis d'extraction horizontale (vis sans fin), et son fonctionnement est lié à celui du dégrilleur, l'arrêt étant temporisé à 2 min, afin d'assurer l'évacuation des refus.



Figure 9. Dégrillage fin

➤ Dessablage et déshuilage

La station possède deux ouvrages rectangulaires ou se fait (fig.10):

Une décantation des sables par gravité : après sédimentation, ces particules sont aspirées par une pompe. Les sables sont ensuite récupérés à l'aide d'une vis sans fin et mis en décharge.

Une flottation des huiles et des graisses : ces produits étant de densité inférieure à celle de l'eau donc l'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses et ensuite, elles seront éliminées par recyclage en surface.



Figure 10. Dessablage et déshuilage.

➤ Soufflante du by-pass

Est utilisée lors d'une arrivée d'eau brute anormalement chargée comme la présence d'huile de vidange par exemple (fig.11)



Figure 11. Soufflante du by-pass.

III.5.3 Traitement secondaire ou biologique

C'est la partie essentielle du traitement ; elle consiste à reproduire en accélérant le processus naturel. Les eaux arrivent dans un bassin où se sont développées des bactéries. Ces micro-organismes consomment les impuretés et les transforment en boues en aérobiose (le processus le plus répandu).

➤ Réacteur biologique

La station dispose de deux grands bassins d'aération (réacteur biologique)(fig.12).



Figure 12. Réacteur biologique (bassin d'aération).

➤ La clarification

Elle consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des clarificateurs (fig.13), les boues se déposent au fond du bassin où elles sont raclées.



Figure 13. Le clarificateur.

➤ La stabilisation

Elle est obtenue par des moyens biologiques au niveau des bassins de stabilisation (fig.14).

Elle permet de diminuer le pouvoir de fermentation des boues, c'est-à-dire soit de dégrader les matières organiques qu'elles contiennent, soient de bloquer leurs réactions biologiques. Cette opération peut aussi assurer une fonction de désinfection partielle, autrement dit l'élimination des agents pathogènes présents dans les boues (ce qu'on appelle le phénomène d'autodestruction).



Figure 14. Bassin de stabilisation.

➤ **L'épaississement**

Son principe consiste à enlever une partie plus en moins importante de l'eau contenue dans les boues (fig.15).

L'épaississement peut être gravitaire, il a pour objectif de réduire le volume des boues brutes et d'augmenter la concentration de la matière sèche. Il facilite en particulier les traitements ultérieurs et permet l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est récupérée en tête de la station.



Figure 15. L'épaississeur.

➤ **Séchage**

Le séchage des boues se fait sur des lits de sable (fig.16); c'est une filtration et évaporation naturelles de la boue sur une aire de séchage. La durée de séchage dépend des conditions climatiques (20 à 24 jours).

Il permet une réduction plus importante du volume des boues, il est effectué sur des boues épaissies et vise à éliminer d'une façon plus ou moins poussée leur humidité. Ces lits de séchage sont de nombre de vingt lits. Une fois séchés, ces boues sont généralement utilisées en arboriculture comme engrais.



Figure 16. Lits de séchage

III.6 Caractérisation et analyses bactériologiques

Des échantillons prélevés des eaux usées brutes et traités ont été analysés pour la recherche des germes indicateurs de la pollution et de la contamination fécale à savoir : les coliformes totaux (CT), *Escherichia coli* (E. Coli), Streptocoques fécaux (SF) et anaérobies sulfitoréducteurs (ASR).

Notre étude a visé la détermination de l'efficacité du traitement sur la qualité bactériologique des rejets.

La méthode exploitée pour la recherche des bactéries dans les eaux étudiées est basée sur la méthode dite de la membrane filtrante et selon les normes « AFNOR ».

L'analyse bactériologique a été faite du point de vue qualitatif et quantitatif par :

Recherche et dénombrement des *Coliformes Totaux* par filtration sur membrane (la norme ISO9308-1) ;

Recherche et dénombrement des *Escherichia-Coli* sur milieu CHROMagar ;

Recherche et dénombrement des *entérocoques intestinaux* par filtration sur membrane (la Norme ISO 7899-2 NA 766) ;

Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulas positive par filtration sur membrane (Norme NF ISO 7218) ;

Recherche et dénombrement des spores de bactéries *Clostridium sulfito-réductrices* par filtration sur membrane (la Norme ISO 6461/2- 1986) ;

Recherche et dénombrement des *Salmonelles* par filtration sur membrane (la Norme ISO 6340) ;

Recherche et dénombrement des *Vibriocholérique* par méthode de filtration sur membrane (Norme ISO / TS 21872-1).

Les analyses bactériologiques ont été réalisées au laboratoire de l'eau et environnement au département des sciences agronomiques à l'Université MOULOUD MAMMERI de T.O.

III.6.1 Prélèvements et échantillonnages bactériologiques

L'échantillonnage appliqué au niveau de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou consiste à prélever un volume déterminé de l'eau usée brute.

Le prélèvement se fait à l'entrée de la station avec de l'eau brute dans des flacons qui doivent être préalablement stérilisés et remplie à la trière ; le manipulateur doit mettre une blouse et des gants pour protection.

III.6.2 Période d'échantillonnage

Selon la norme ISO NF T 90-420 de février 1987. Le prélèvement ce fait une fois par semaine pendant le mois de mai 2023.

III.6.3 Le transport de l'échantillon d'eau

Selon la norme ISO NF T 90-420 de février 198. Le transport a été fait dans une glacière à 4°C pour préserver les caractéristiques initiales de l'eau.

III.6.4 Matériels et produits

Le matériel et les produits utilisés dans ce travail sont mentionnés dans le tableau (6) suivant :

Tableau 6. Tableau des matériels et produits utilisés.

Matériels utilisés	Produits utilisés
Bécher –micropipette - erlenmeyer - entonnoir	-NaCl -Eau distillée
Éprouvette gradué - verre de montre - spatule inox-papier-filtre-les boites stérilisées – balance-tubes-tamis 350 µm-	-gélose CHROMAGAR -gélose TTC

III.6.5 Préparation du *Moringa Oleifera*

III.6.5.1 Préparation de poudre et solution pour traitement de l'eau

- ✓ Les grains ont été achetés chez l'épicier (fig.17) ;
- ✓ Peler les graines, c'est-à dire les retirer de leur pelage ;
- ✓ Séchage dans une étuve à 50 °C pendant 48 h ;
- ✓ Broyage des graines séchées à l'aide d'un broyeur manuelle ;
- ✓ Tamisage de la poudre par un tamis de diamètre de 350 µm ;
- ✓ Mettre la poudre (Car) dans un dessiccateur en vue de son utilisation ;
- ✓ Préparation de différentes doses de poudre (fig.18) de *Moringa* (200 mg (D1) ; 250 mg (D2) ; 300 mg (D3) ; 350 mg (D4) ; 400 mg (D5) les mettre dans 100 ml d'eau distillée.
- ✓ La solution (fig.19) a été bien agitée puis laisser poser pendant une heure pour extraire et activer les protéines coagulantes et antimicrobiennes du *Moringa Oleifera*.
- ✓ Après une heure, chacune des concentrations a été versée dans 900 ml d'eau brute (affluent) dans un bécher de 1 litre. Et on ajoute un (D6) comme « échantillon mère » sans solution de *Moringa Oleifera*.



Figure 17. Graine de *Moringa oleifera*.



Figure 18. Préparation de différentes *Moringa oleifera*.



Figure 19. Les solutions de poudres de Doses de poudre de *Moringa oleifera*.

III.6.6 Coagulation floculation

Les solutions préparées ont été agité (fig.20) a 300 tours pendant 5minute, puis à 50 tours pendant 20minute ; dans le jar test (tchangoue et al ,2018) ensuite elles été laisser reposer et décanter pendant 2heures.

Puis on mesure le potentiel d'hydrogène (pH) avec un ph mètres (fig.21) et la turbidité avec un turbidimètre (fig.22) chaque une demi-heure de décantation.

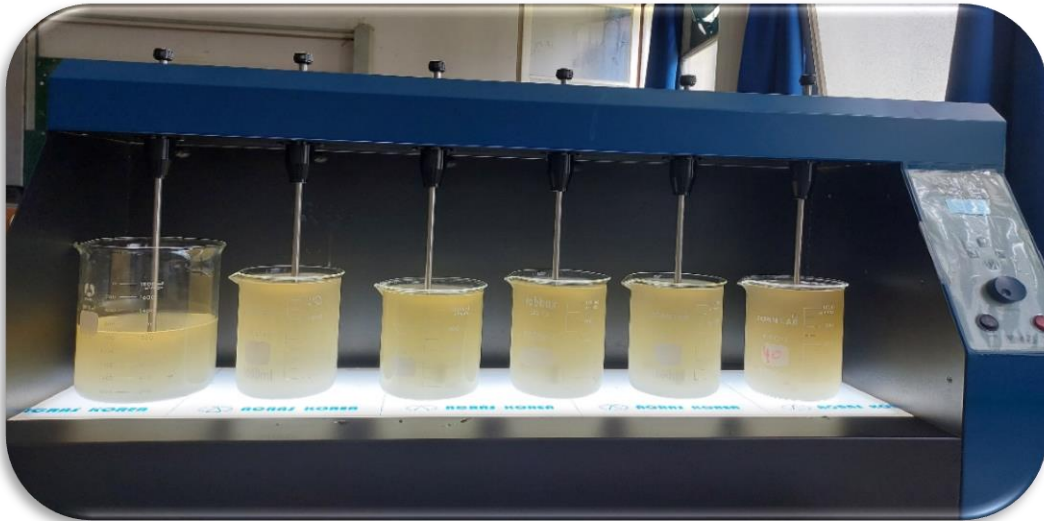


Figure 20. Photo de Jar-test pendant l'essai de coagulation.



Figure 21. pH mètre.



Figure 22. Turbidimètre.

III.6.7 Préparation des dilutions de l'échantillon mère

- Préparer 4 tubes remplis d'eau physiologique, les stériliser au four pasteur (fig.23) ;
- 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.

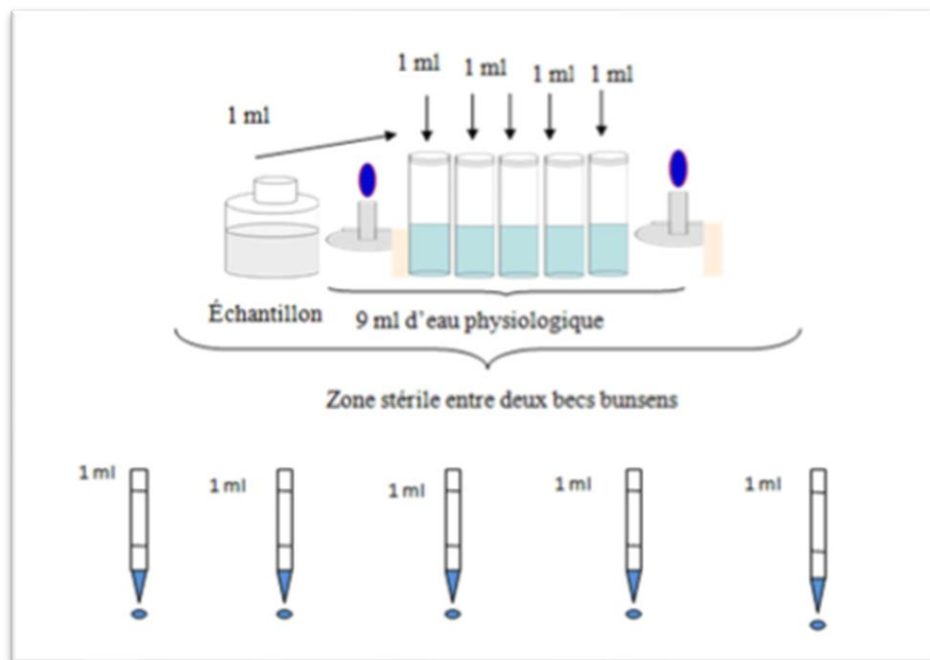


Figure 23. Les étapes de dilution de l'échantillon mère.

III.7 Protocoles des analyses bactériologiques

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 *Moringa oleifera* 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 MAMMERI de Tizi-Ouzou en se reposant sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- Les coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*) ;
- Les entérocoques intestinaux (*enterococcus*) ;
- Les staphylocoques aureus (*S. aureus*).

III.7.1 Isolement des coliformes

III.7.2 Méthode de filtration sur membrane (la norme ISO9308-1)

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.

III.7.3 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 boites de pétri à 37°C pendant 24h (jusqu'à 48h) pour les coliformes totaux, et incuber le reste des boites 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 (fig.24).



Figure 24. Méthode pour la recherche des coliformes par filtration sur membrane (la norme ISO9308-1).

III.7.4 Identification et isolements *d'Escherichia coli*

En plus de la galerie biochimique effectuée pour identifier *E. coli*, nous avons utilisé le milieu CHROMagar pour son isolement (fig.26). Dans notre expérience, nous avons isolé *E. coli* à partir des coliformes du milieu TTC en la cultivant sur le milieu CHROMagar et en effectuant plusieurs tests biochimiques pour confirmer son identification. La figure (25) représente la bactérie *E. Coli* de couleur bleu sur milieu CHROMagar.

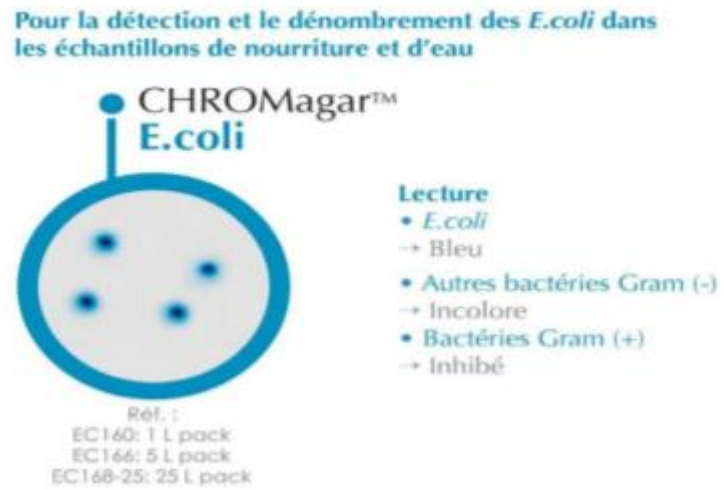


Figure 25. Schéma correspondant à la recherche d'*E.Coli* sur milieu CHROMagar



Figure 26. Incubation d'*E.Coli* sur milieu CHROMagar.

III.7.5 Recherche des *Entérocoques intestinaux*

III.7.6 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.

III.7.7 Mode opératoire

La recherche des entérocoques se fait de la même manière que celle des coliformes par filtration.

➤ **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.

a) Isolement des *Staphylococcus aureus* :

➤ **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.

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 TTC ou CHROMagar

b) 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 IV

Résultats et

discussion

IV. Chapitre : résultats et discussion

IV.1 Résultats et discussion des analyses effectuées à la STEP Est de Tizi-Ouzou

Durant notre stage à la STEP Est de Tizi-Ouzou, les différents paramètres physicochimiques 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, les MES, les nitrates, les nitrites.

IV.1.1 Matières en suspension (MES)

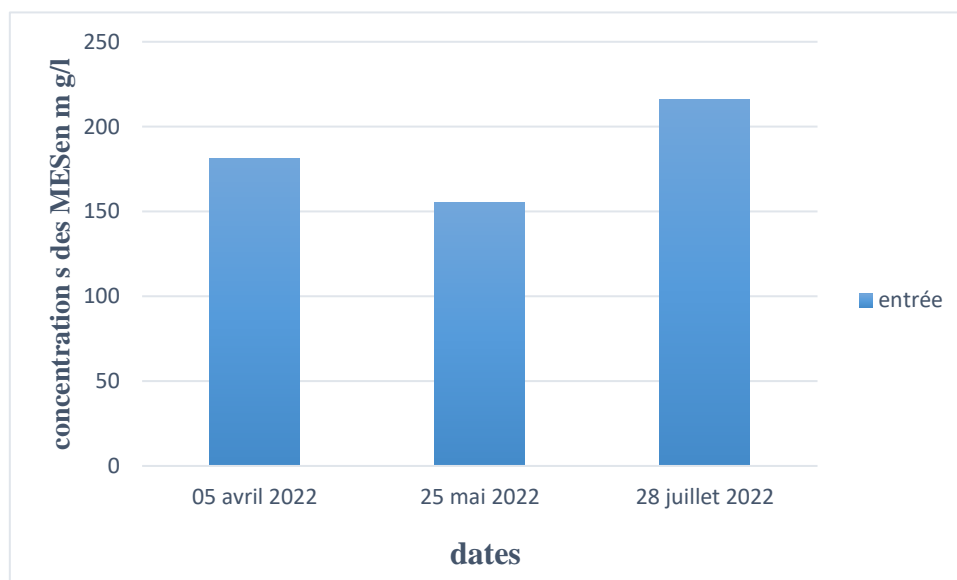


Figure 27. Valeurs de la matière en suspension à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure 27 illustre la variation de la concentration des matières en suspension (MES) dans l'eau brute à l'entrée de la station d'épuration. La concentration la plus haute (216 mg/l) a été mesurée le 28 juillet, et la plus basse (155 mg/l) le 25 mai. Le 5 avril, elle était de 181 mg/l.

IV.1.2 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

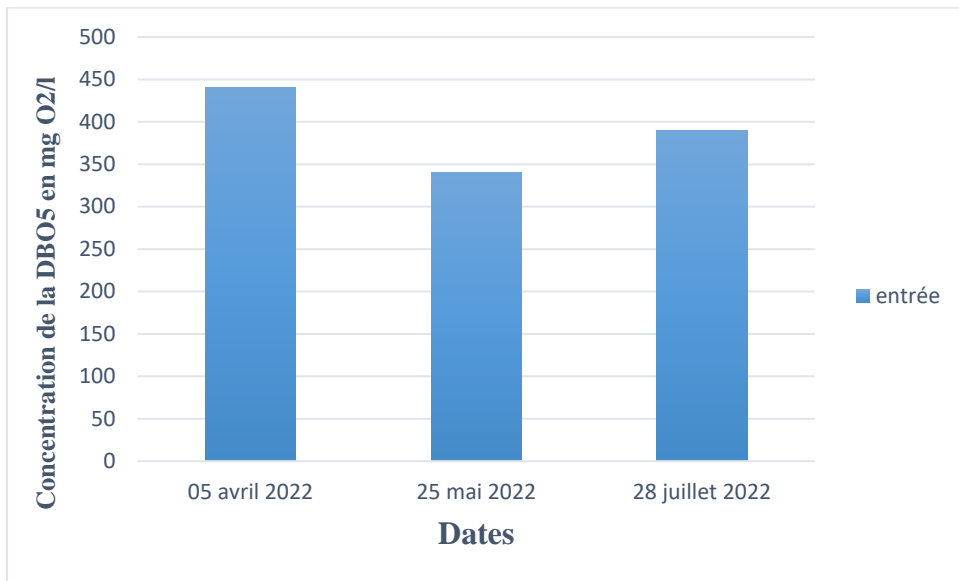


Figure 28. Valeurs de la DBO₅ à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure 28 présente la demande biochimique en oxygène (DBO₅) dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration en 2022. La plus haute (440 mg/l) a été observée le 5 avril, et la plus basse (340 mg/l) le 25 mai. Ces valeurs sont très supérieures à celles d'une eau non polluée (2 à 20 mg/l). Les valeurs de la DBO₅ à l'entrée sont proches de celles rapportées par Babou et al., (2018), qui ont utilisé le même coagulant.

IV.1.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

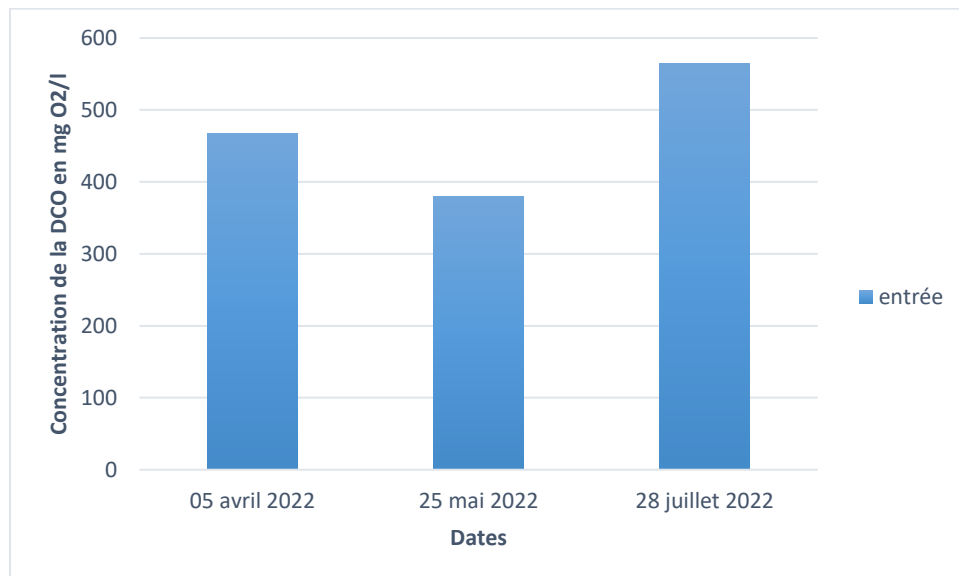


Figure 29. Valeurs de la DCO entre l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure 29 illustre l'évolution de la pollution globale de l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration sur trois dates en 2022. Cette pollution est mesurée par la demande chimique en oxygène (DCO), La valeur la plus haute (565 mg/l) a été enregistrée le 28 juillet, et la plus basse (380 mg/l) le 25 mai. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles d'une eau non polluée (10 à 40 mg/l). Les valeurs à l'entrée sont proches de celles rapportées par Babou et al., (2018).

IV.1.4 Nitrates NO₃-

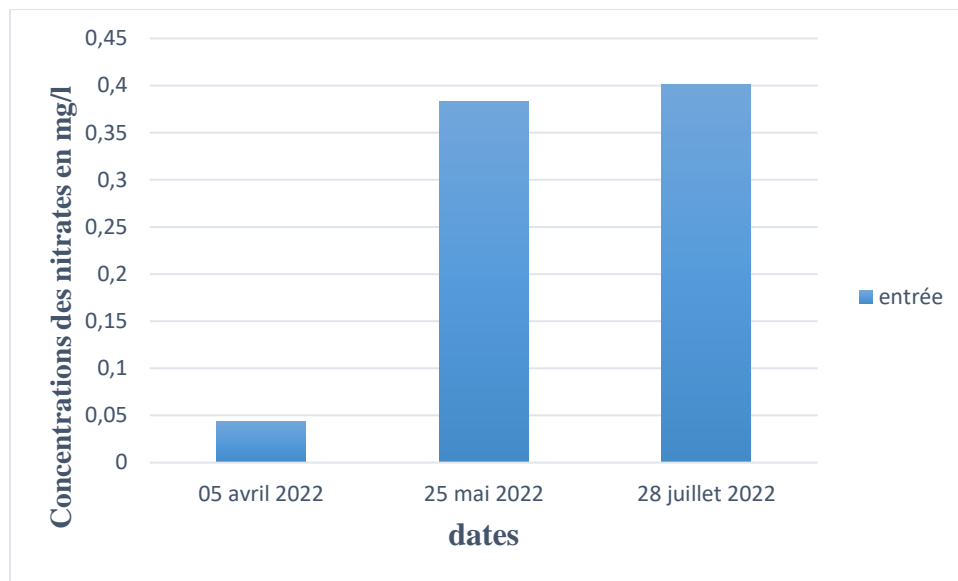


Figure 30. Valeurs des concentrations de NO₃- à l'entrée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

La figure 30 montre la concentration des nitrates dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration à trois dates en 2022. Les nitrates sont des composés azotés qui indiquent la pollution diffuse des eaux. La concentration varie selon les conditions du bassin versant. La valeur la plus élevée est de 0,401 mg/l le 28 juillet, et la plus faible est de 0,044 mg/l le 5 avril. Ces valeurs sont inférieures à celles d'une eau non polluée. Ces résultats sont voisins de ceux enregistrés par Babou et al., (2018), qui ont mesuré une concentration moyenne des nitrates de 0,350 mg/l à l'entrée de leur station d'épuration.

IV.1.5 Nitrites NO₂-

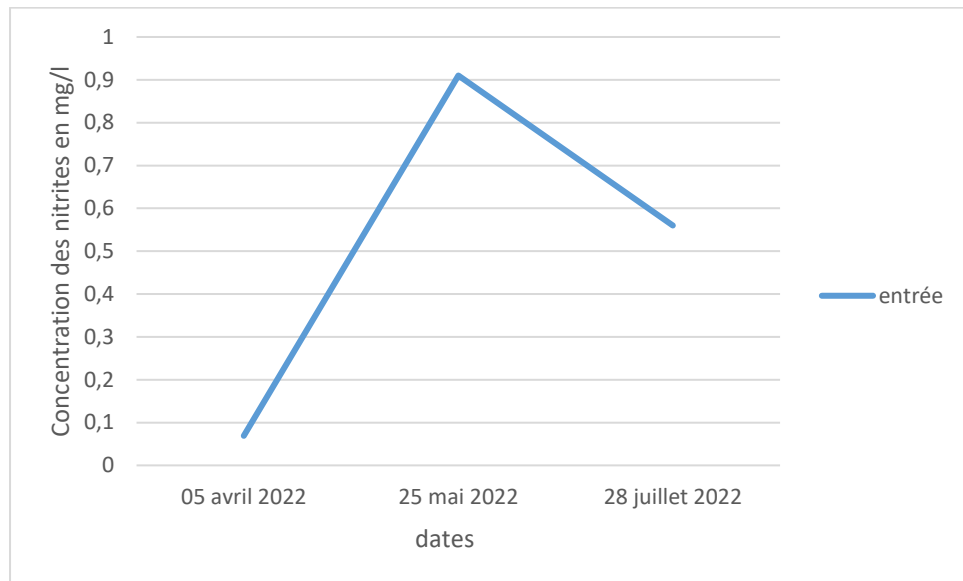


Figure 31. Valeurs de la concentration en nitrites NO₂- à l'entrée de la STEP.

La figure 31 montre la concentration des nitrites (NO₂-) dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration à trois dates en 2022. La valeur la plus élevée est de 0,91 mg/l le 25 mai, et la plus faible est de 0,069 mg/l le 5 avril. Ces valeurs sont supérieures à celles d'une eau non polluée.

IV.2 Résultats et analyses physico-chimique effectués au laboratoire de traitement des eaux

IV.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH)

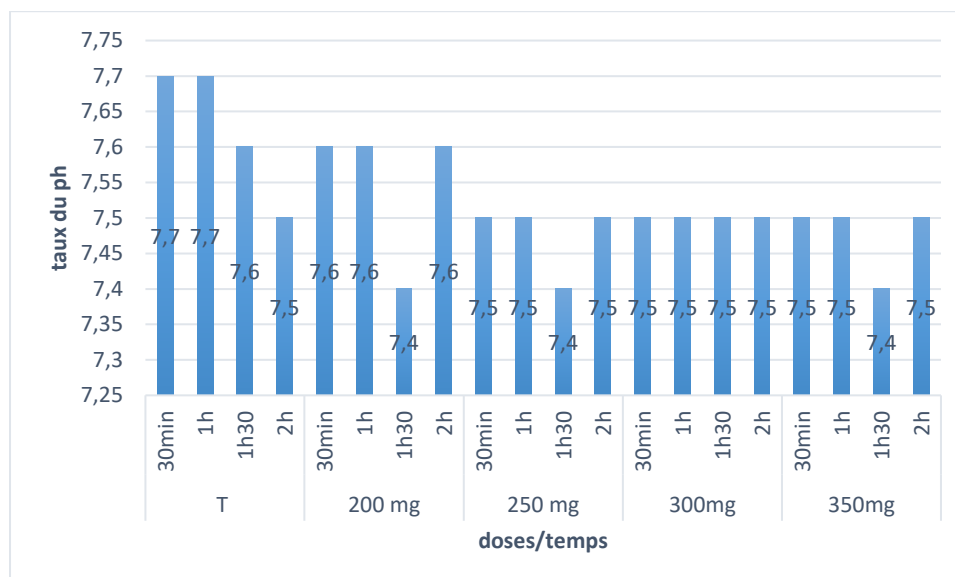


Figure 32. Variations du pH de l'échantillon traité avec les différentes doses de graines de *Moringa oleifera* en fonction de temps.

La figure 32 représente les valeurs de pH au laboratoire en fonction de temps et de différentes doses de *Moringa oleifera*. qui sont comprises dans l'intervalle de [7,4-7,7], Ces valeurs sont proches à ceux trouvés par Babou et al., (2018) et conformes à les limites fixées à la norme algérienne [6,5-8,5] (IANOR,2014).

IV.2.2 Température (T°C)

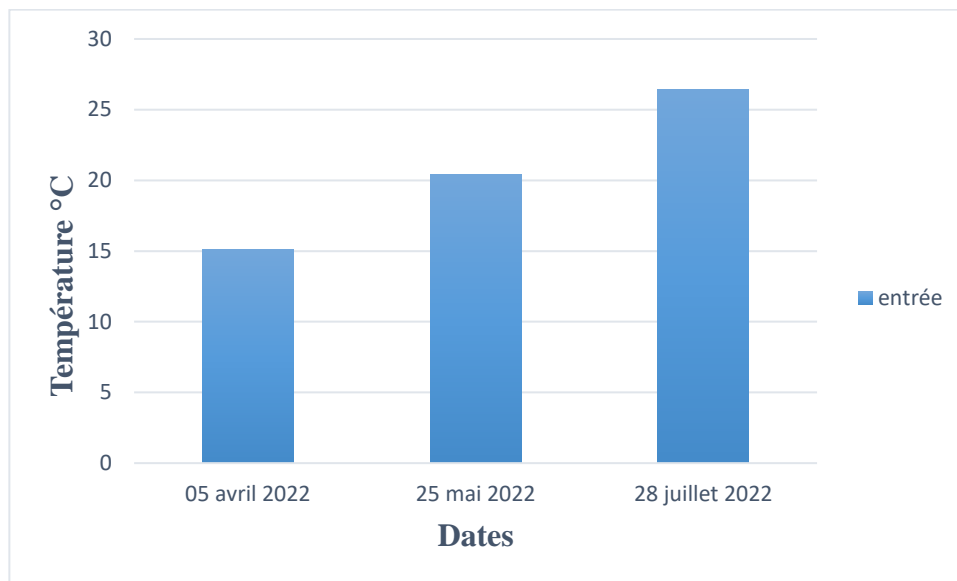


Figure 33. Valeurs de la température effectuées au laboratoire des eaux.

La figure 33 montre La température enregistrée pour l'eau usée brute 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)

IV.2.3 Turbidité

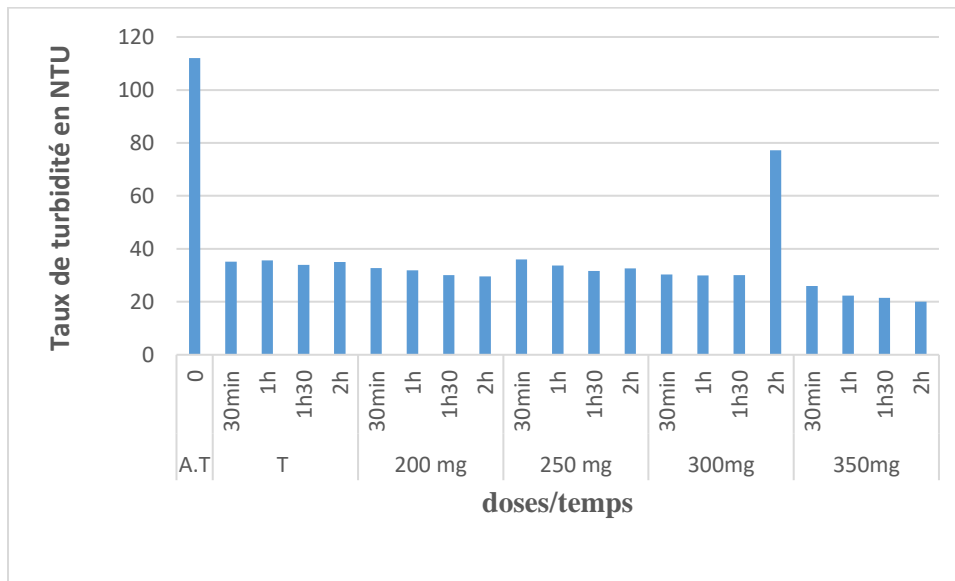


Figure 34. Variations de la turbidité de l'échantillon traité avec les différentes doses de graines de *Moringa oleifera* en fonction de temps.

La figure 34 montre la variation de la réduction de la turbidité en fonction du temps et de la dose ajoutée de poudre des graines de *Moringa oleifera*. La turbidité a été réduite avec la faible dose (350 mg) jusqu'à 2h ; Après 2h, le coagulant commence à devenir une sorte de pollution et chaque fois qu'on double la dose la turbidité diminue. D'après les résultats on déduit que la dose optimale pour la phase de coagulation c'est 350 mg pendant 2h.

IV.3 Résultats et analyses bactériologiques effectués au laboratoire de traitement des eaux

IV.3.1 Coliforme fécaux –Escherichia coli-

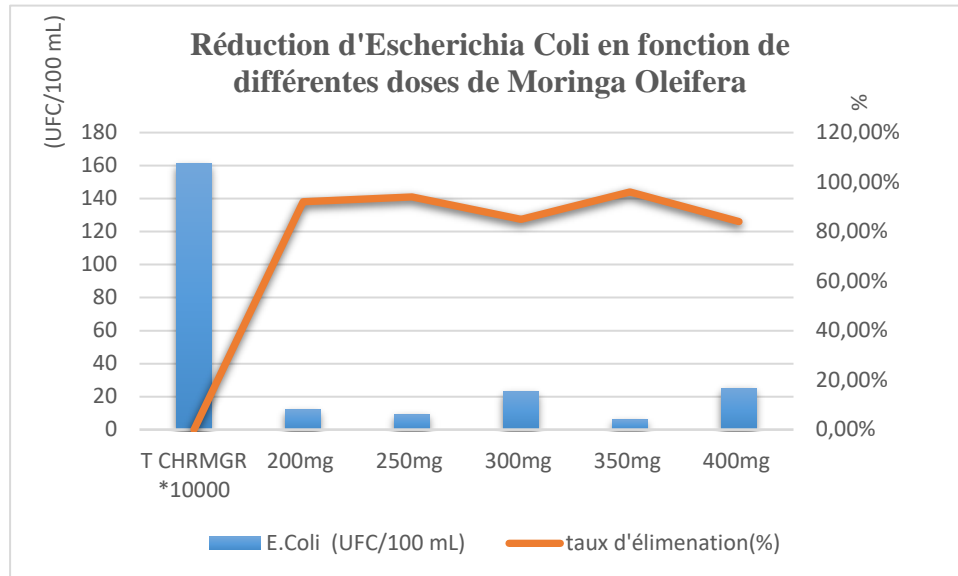


Figure 35. Réduction d'Escherichia coli en fonction de différentes doses de poudre des grains de *Moringa oleifera*

A partir de la figure 35, la concentration des coliformes fécaux a été réduite de $161 \cdot 10^4$ UFC/100 ml à $6 \cdot 10^4$ UFC/100 ml qui a été la plus basse valeur enregistrée avec la Dose de 350mg. La désinfection avec la poudre des grains la *M.Oleifera* nous a permis d'éliminer presque la totalité des *E.Coli* avec un taux de réduction de 96% semblables aux résultats trouvés par (Tchangoue,2018) avec une réduction remarquable des germes indicateurs d'une contamination fécal aussi aux résultats de (Madsen et al., 1987 ;Kabore et al., 2013 ; Omodamiro et al., 2014) où ils ont pu les éliminer jusqu'à plus de 99%. Ce taux élevé d'élimination est expliqué par le pouvoir antibactérien des extraits des grains de *M.Oleifer a* prouvée par les travaux de (Wolters et al., 1981) où ils ont trouvé la méthode correcte pour extraire et utiliser ces protéines antibactériennes solubles dans l'eau et inhibitrices de la prolifération bactérienne.

IV.3.2 Entérocoques intestinaux

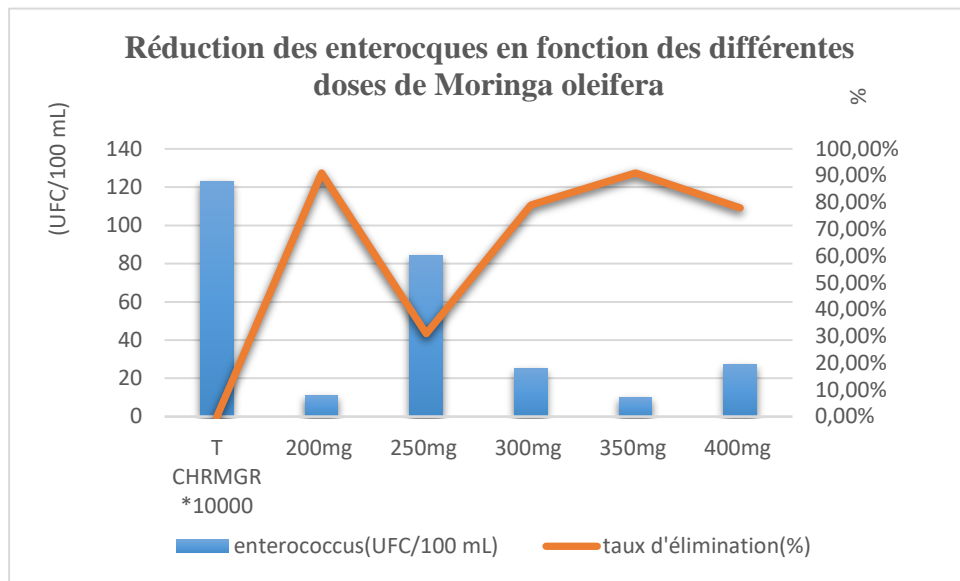


Figure 36. Réduction des entérocoques en fonctions de différentes doses de poudre de *Moringa oleifera*

Selon la figure 36, l'abattement des entérocoques est significatif au seuil de 31% ,78 % et79% dans les échantillons traités avec des doses de 250 mg/l ,400 mg/l et 300mg respectivement, la concentration de 350 mg/l conduit à un taux de rabattement de 91% des entérocoques. Cela concorde avec les résultats trouvés par (Kabore et al., 2013) où ils ont éliminé la totalité des streptocoques fécaux (entérocoques) dans le traitement des eaux de consommation avec la poudre de *M.Oleifera*. Les résultats de (Madsen et al., 1987 ;Tchangoue et al., 2018) confirment aussi son efficacité pour l'élimination des entérocoques présentant dans une eau, grâce à ses propriétés désinfectantes.

IV.3.3 Staphylococcus aureus

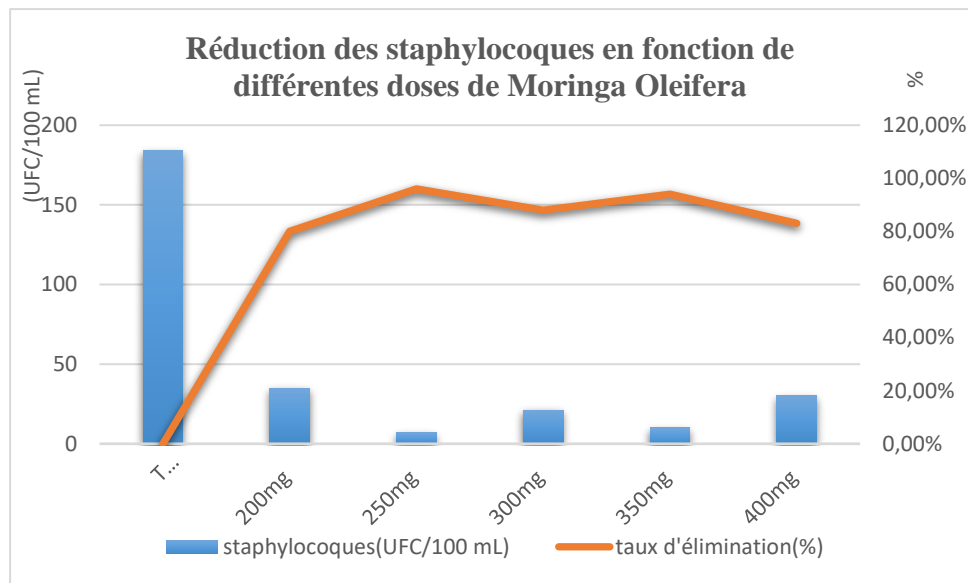


Figure 37. Réduction de staphylococcus aureus en fonction de différentes doses de poudre de *Moringa oleifera*.

D'après la figure 37 , on observe que la concentration des S. aureus a subit une diminution de $184 \cdot 10^4$ UFC/100 ml jusqu'à 7UFC/100 ml, Nous avons enregistré un taux de réduction de 96% avec la dose de 250mg. Ces résultats confirment les conclusions de (Cacers et al., 1981) sur le pouvoir des extraits de M.Oleifera d'inhiber complètement la croissance des souches staphylococcus aureus.

Conclusion générale

Notre étude s'inscrit dans une optique d'utilisation des graines de *Moringa oleifera* pour décontaminer les eaux usées brute. Elle a pour objectif principal l'évaluation de l'efficacité des grains de *Moringa oleifera* pour décontaminer l'affluent liquide de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés à la STEP Est de Tizi-Ouzou durant les mois d'avril, mai et juillet (MES, pH, T, turbidité, DBO5, DCO, NO₃⁻ et NO₂⁻) sont compris dans les intervalles suivants : [180-250] mg/l, [7,4-7,7], [15,01-26,04] °C, [201-277] NTU, [300-450] mg/l, [350-600] mg/l, [0,040-0,500] mg/l, et [0,06-1] mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes pour une réutilisation agricole. L'eau usée de la STEP Est de Tizi-Ouzou est donc bien épurée, sauf les nitrites qui sont un peu élevés, mais sans danger car ils sont une forme transitoire dans le processus de dénitrification de l'azote.

Les analyses physico-chimiques de l'eau effectués au laboratoire de traitement des eaux de l'Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou pour l'affluent de la STEP Est de Tizi-Ouzou et après l'ajout des bio-coagulants (*Moringa oleifera*), ont présenté une turbidité de 112 NTU avant le traitement et de 20,1 NTU après traitement avec la Dose 350mg respectivement, un pH dans l'intervalle de [7,4-7,7] respectivement.

Du point de vue bactériologique, l'affluent traité avec la poudre de *M.Olieifera* a permis d'enregistrer un abattement des coliformes fécaux estimé à 96 %, avec une dose de 350 mg/L de poudre de *M.oliefera*. Cette dose a également conduit à l'élimination de 91 % des entérocoques. Cependant, la dose de 250 mg/L a également contribué à un abattement de 96 % des *Staphylococcus aureus*, soit 184 x 10⁴ UFC/100 ml et 7 UFC/100 ml respectivement.

En conclusion, les résultats obtenus montrent que les eaux usées traitées par la poudre des graines de *M.Olieifera* sont d'une qualité acceptable et peuvent être envisagées pour une réutilisation agricole et pour un rejet sans risque.

➤ Perspectives

- Extraction méthanoïque ou éthanoïque de la molécule active de *Moringa olieifera* et optimisation de la coagulation ;
- Augmenter les doses de *Moringa* et le temps de contact pour avoir des taux de réduction de 100% pour tous les germes;
- Essai de décontamination avec les autres parties de l'arbre de *Moringa olieifera* (feuilles et racines);

Conclusion générale

- Essaie d'autres désinfectants naturels (l'ail) ;
- Commercialisation de l'extrait de poudre de *Moringa oliefera* pour une utilisation facile par les stations d'épuration.

Les références bibliographiques

- AIF. (1993).** Recherche et quantification des paramètres caractéristiques de...
- Anwar, F., Bhangar, M.I., & Kazi, T.G. (2003).** Relationship between rancimat and active oxygen method values at varying temperatures for several oils and fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(2), 151-155.
- Aruna, M., & Srilatha, N. (2012).** Clarification de l'eau à l'aide de *Moringa oleifera* Lam. Graine comme coagulant naturel. *Biotique actuelle*, 5(4), 472-486.
- AUDIC, J-M. (2002).** Guide de traitement des eaux usées urbaines. Édition Lyonnaise des eaux.
- Ayat, A., & Arris, S. (2022).** Biomatériaux et leurs applications comme coagulants/floculants dans le traitement des eaux usées (Doctoral dissertation, Université Constantine 3 Salah Boubnider, Faculté de génie des procédés pharmaceutiques).
- Azzi, R. (2013).** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar [Thèse de doctorat en biochimie, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen]. 179P. Disponible sur : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/2035> (page consultée le 04/02/2020).
- Baba Aissa, F. (2000).** Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb (pp. 4-77, 101-87).
- 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).
- Baricevic, D., & Bartol, T. (2000).** Pharmacology 11. The biological/pharmacological activity of the *Salvia* genus. In *The Genus Salvia* (p. 143). Disponible sur :

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.464.5042&rep=rep1&type=pdf#page=51> (page consultée le 06/02/2020).

- BAUMONT S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A (2004).** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- Belahmadi M. (2011).** Étude de la biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad (Mémoire de fin de cycle, Université de Mentouri Constantine).
- Belaid N. (2010).** Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques (Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau, Université de Sfax, Tunisie).
- Beloued, A. (2014).** Plante médicinale d'Algérie. Ben Aknoute: Edition OPU, 296 p. ISBN 978.9961.0.0304.6.
- Benalia, A., & Derbal, K.** (Année non précisée). Effet du bio-coagulant (cactus) sur la réduction de la turbidité et de MES.
- Bosch, C.H. (2004).** *Moringa oleifera* Lam. Dans Grubben, GJH; Denton, OA (éd.). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas.
- Bounoua C., Meziti K., Sahli R. (2017).** Analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Comparaison avec les normes algériennes et l'OMS) (Mémoire de fin d'étude, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.).
- Bounoua C., Meziti K., Sahli R. (2017).** Analyses physico-chimiques des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Comparaison avec les

normes algériennes et l’OMS) (Mémoire de fin d’étude, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.).

Buisson, Y. (2001). La régionalisation du transport ferroviaire : une opportunité pour une nouvelle dynamique. Dans B. Jouve (Éd.), La région, laboratoire politique. Une radioscopie de Rhône-Alpes (pp. 319-334). La Découverte.

Cherki, F., & Hesses, H. (2015). Étude de l’abattement de la charge polluante azotée en station d’épuration à boues activées, mémoire pour l’obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l’eau, département hydraulique, université Tlemcen.

Chevallier, A. (2007). Le spécialiste, Les plantes médicinales. Éditions Gründ pour l’édition française « GRUND » REMEDES. Posologie, préparations, propriétés thérapeutiques, soins.

Costa, R.A., de Sousa, O.V., Hofer, E., Mafezoli, J., Barbosa, F.G., & dos Fernandes Vieira, R.H.S. (2017). Thiocarbonates from Moringa oleifera Seeds Bioactive against Virulent and Multidrug-Resistant Vibrio Species. Hindawi BioMed Research International, 6 pages. Brazil. DOI: 10.1155/2017/7963747.

Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Review, 12, 564-582.

CPEPESC - Commission de Protection des Eaux. (2017). Les différents paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires. <https://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html> (Consulté le 14 juin 2020).

Cronquist, A. (1968). The Evaluation and Classification of Flowering Plants. London: Ed Nelson. ISBN: 9780395053461.

Degrémont Suez. (2005). Mémento technique de l’eau (2ème Tome). Edition technique et documentation Lavoisier.

- Dhakar, R.C., Maurya, S.D., Pooniya, B.K., Bairwa, N., & Gupta, M. (2011).** Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. *Chronicles of Young Scientists*. DOI: 10.4103/2229-5186.90887.
- Djerroumi, A., & Nacef, M. (2004).** 100 plantes médicinales d'Algérie. Éd. Palais du livre, pp. 135-13.
- Djerroumi, A., & Nacef, M. (2013).** 100 plantes médicinales d'Algérie. Éd. Houma.
- Dorea, C.C. (2005).** Aluminium coagulation of natural organic matter and its effect on trihalomethane formation potential in surface waters. *Water Environment Research*, 77(5), 448–454.
- Duling, E.N., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, F.R., Mitchell, K.M., Foo, L.Y., & Perry, N.B. (2007).** Extraction of phenolic and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixture. *Food Chemistry*, 101(4), 1417-1424. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.050>.
- Egbuikwem, P.N., & Sangodoyin, A. Gaid, A. (1984).** Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I. Édition OPU, Alger.
- Egbuikwem, P.N., & Sangodoyin, AY. (2013).** Efficacité de la coagulation de l'extrait de graines de *Moringa oleifera* par rapport à l'alun pour l'élimination de la turbidité et d'E. Coli dans trois sources d'eau différentes. *EUR. Int. J. Sci. Technol.*, 2(7), 13-20.
- El Attiffi El Ouadrassi, A. (2011).** La qualité microbiologique des eaux de baignade. Thèse de doctorat. Université Mouhammed V Faculté de médecine et de pharmacie – RABAT.
- El-Gohary, F., & Tawfik, A. (2009).** Decolorization and COD reduction of disperse and reactive dyes wastewater using chemical-coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process. *Desalination*, 249, 1159–1164. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.05.010>.
- Fabre, M-C., Genin, A., Merigoux, J., & Moget, E. (1992).** *Herboristerie Familiale, Des Recettes Simples, Pour Résoudre Les Problèmes Simples*, p. 93.

- FAO. (2014).** Moringa. Culture traditionnelle du mois. FAO. <https://www.fao.org/traditional-crops/moringa/fr/>.
- Farag, R.S., Salem, H., Badei, A.Z.M.A., & Hassanein, D.E. (1986).** Biochemical studies on the essential oil of some medicinal plants. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 88(2), 69-72. <https://doi.org/10.1002/lipi.19860880210>.
- Foidl, N., Makkar, H.P.S., & Becker, K. (2001).** Le potentiel du Moringa oleifera pour les utilisations agricoles et industrielles. Dans : Quel potentiel de développement pour les produits Moringa ? 20 octobre - 2 novembre 2001. Dar Es Salaam.
- Foidl, N., Makkar, H.P.S., & Becker, K. (2001).** Potentiel de Moringa oleifera en Agriculture et dans l'Industrie. Potentiel de développement des produits du Moringa, 29 octobre - 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzanie.
- Foidl, N., Makkar, H.P.S., & Becker, K. (2001).** The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses. In *What development potential for Moringa products?* (pp. 20-35). October 20 - November 2, 2001, Dar Es Salaam.
- Gaid, A. (1984).** Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I. Édition OPU, Alger.
- Ghazali, S.B., Aziz, Q., & Aziz, Z. (2019).** Preliminary Investigation of Water Treatment Using Moringa Oleifera Seeds Powder as Natural Coagulant: A Case Study of Belat River, Malaysia. *The International Journal of Engineering and Science*. ISSN. DOI: 10.9790/1813-0802017985.
- Ghorbani, A., & Esmailzadeh, M. (2017).** Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7(4), 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>.
- Hannachi, A., et al. (2016).** Essai de valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique.

- Hans, W.K. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales (p. 278). Toulouse : Terre édition pour la version française. ISBN : 978-2-35530-003-5.
- Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., & Lebas, F. (2017).** Grains de brasserie. Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO. <https://www.feedipedia.org/node/74> (Consulté pour la dernière fois le 17 août 2017).
- Ibrahim, D., & Osman, H. (1995).** Antimicrobial activity of *Cassia alata* from Malaysia. *Journal of Ethnopharmacology*, 45, 151-156.
- Jahn, S.A.A. (1981).** Traditional water purification in tropical developing countries – Existing methods and potential application. GTZ, Schriftenreihe n° 117, 483 pp.
- James, A., & Zikankuba, V. (2017).** *Moringa oleifera*: A potential tree for nutrition security in sub-Saharan Africa. *American Journal of Research Communication*, 5(4), 1-14. ISSN: 2325-4076.
- Kabore, A., Savadago, B., Rosillon, F., Straore, A., & Dianou, D. (2013).** Optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique sub-saharienne : cas des eaux du Burkina Faso. *Revue des Sciences de l'Eau/Journal of Water Science*, 26(3), 209-220.
- Kakengi, A.M.V., Shem, M.N., Sarwatt, S.V., & Fujihara, T. (2005).** Le *Moringa oleifera* peut-il être utilisé comme complément protéique pour les ruminants ? *Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(1), 42-47.
- Kavitha, C., Ramesh, M., Kumaran, S.S., & Lakshmi, S.A. (2012).** Toxicité de l'extrait de graines de *Moringa oleifera* sur certains profils hématologiques et biochimiques chez un poisson d'eau douce, *Cyprinus carpio*. *Exp. Toxicol. Pathol.*, 64(7-8), 681-687.
- Kawamura, S. (2000).** Integrated design and operation of water treatment facilities. John Wiley & Sons.

- Koller, E. (2009).** Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues (2ème édition). Dunod, 569p.
- Kuyumcu, H.Z., Pinka, J., & Bielig, T. (2008).** A novel process for sorting fine-sized sulphide minerals by bio-coagulation. Department of Mechanical Process Engineering and Solids Processing, Technical University of Berlin, Sekr. BH 11, Strasse des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany.
- Ladjel, B.F. (2004).** Exploitation d'une station d'épuration à boues activées.
- Lakušić, B.S., Ristić, M.S., Slavkovska, V.N., Stojanović, D.Lj., & Lakušić, D.V. (2013).** Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages. *Botanica Serbica*, 37(2), 127-139.
https://botanicaserbica.bio.bg.ac.rs/arhiva/pdf/2013_37_2_586_full.pdf (Consulté le 03/02/2020).
- Laleye, O.A.F., Ahissou, H., Olounlade, Ap., Azando, E.V.B., & Laleye, A. (2015).** Étude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise : *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2016).** *Moringa oleifera* Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 2141. Université de Milan, Italie.
- Mekhalif, F. (2009).** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées.
- Menecœur, R., & Saidj, K. (2013).** Caractérisation des paramètres physico.
- Metahri, M.S. (2012).** Élimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux.

- Mezerdi, D. (2019).** Analyses Physicochimique des ressources en eau de surface. Réception d'effluents d'eaux usées courants à BISKRA. Étude comparative entre oued Biskra et Zemor. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra.
- Mohd-Salleh, S.N.A., Mohd-Zin, N.S., Othman, N., Mohd-Amdan, N.S., & MohdShahli, F. (2018).** Dosage and pH optimization on stabilized landfill leachate via coagulation-flocculation process. MATEC Web Conf., 250, 06007.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201825006007>.
- Moringa Trees. (s.d.).** <https://moringatrees.org/moringa>.
- Moussaoui, & Benhabib, A. (2015).** La réutilisation des eaux usées traitées et l'agriculture : Les entreprises familiales comme une alternative de développement en Algérie.
- Murro, J.K., Muhikambe, V.R.M., & Sarwatt, S.V. (2003).** Moringa oleifera leaf meal can replace cottonseed cake in the concentrate mix fed with Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay for growing sheep. *Livestock Research for Rural Development*, 15(11).
- Ndabigengesere, A., & Narasiah, K.S. (1998).** Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. *Water Research*, 32(3), 781–791.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S., & Talbot, B.G. (1995).** Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. *Water Research*, 29(2), 703-710.
- N'Diaye, A.D., & Salem, K.M.M. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *LARHYSS Journal*, (12).
- Newall, C.A., Anderson, L.A., & Phillipson, J.D. (1996).** *Herbal Medicines: A Guide for Health Care Professionals*. Pharmaceutical Press. ISBN: 978-0853692898.
- Nouman, W., Bassorah, S.M.A., Siddiqui, M.T., Yasmée, A., Mouette, T., & Cervantes Alcayde, M.A. (2014).** Potentiel de Moringa oleifera L. comme culture fourragère pour le bétail : une revue. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 38(1), 1-14.

- Nozaic, D.J., Freese, S.D., & Thompson, P. (2001).** Long-term experience in the use of polymeric coagulants at Umgeni Water. *Water Supply*, 1, 43–50.
<https://doi.org/10.2166/ws.2001.0006>.
- Oliveira, F.R.A., Oliveira, F.A., Guimarães, I.P., Medeiros, J.F., Oliveira, M.K.T., Freitas, A.V.L., & Medeiros, M.A. (2009).** Urgece de plants de Moringa oleifera Lam irrigués avec de l'eau de différents niveaux de salinité. *Bioscience Journal*, 25(5), 66-74.
- OMS. (2004).** Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol. 2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p. 1050.
- Organisation mondiale de la Santé & Fonds des Nations Unies pour l'enfance. (2000). Rapport sur l'évaluation de la situation mondiale de l'eau et de l'assainissement en 2000.
- Organisation mondiale de la Santé. (2005).** International Health Regulations (2005) Third edition.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony, S. (2009).** Base de données Agroforestree : une référence sur les arbres et un guide de sélection version 4.0. Centre mondial d'agroforesterie, Kenya.
- Pant, A.P., Radovich, T.J., Hue, N.V., Talcott, S.T., & Krenek, K.A. (2009).** Les extraits de lombricompost influencent la croissance, les nutriments minéraux, les phytonutriments et l'activité antioxydante du pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, groupe *Chinensis*) cultivé sous lombricompost et engrais chimique. *Journal de la science de l'alimentation et de l'agriculture*, 89(14), 2383-2392.
- Preston, K., Lantagne, D., Kotlarz, N., & Jellison, K. (2010).** Réduction de la turbidité et de la demande de chlore grâce à la floculation d'alun et de moringa avant la chloration domestique dans les pays en développement. *Journal de la Santé de l'eau*, 8(1), 60-70.
- Radovich, T. (2013).** Profil de production et de commercialisation agricole et forestière du Moringa. Dans : Elevitch, C.R. (Ed.) Cultures spécialisées pour l'agroforesterie des îles du

Pacifique. Ressources agricoles permanentes (PAR), Holualoa, Hawai'i. URL :

<https://agroforestry.org/free-publications/specialty-crops-for-pacific-island-agroforestryjour>

- Radulescu, V., Silvia, C., & Eliza, O. (2004).** Capillary gas chromatography-mass Spectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. *Journal of Chromatography A*, 1027, 121-126.
- Rashida, U., Anwar, F., Moser, B.R., & Knothe, G. (2008).** Huile de *Moringa oleifera* : Une source possible de biodiesel. *Technologie des bioressources*, 99(17), 8175-8179.
- RODIER, J. (2009).** L'analyse de l'eau, 9e édition. Dunond, Paris.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009).** L'analyse de l'eau - 9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod.
- Saini, R.K., Sivanesan, I., & Keum, Y. (2016).** Phytochemicals of *Moringa oleifera*: a review of the intuitional, therapeutic, and industrial significance. *3 Biotech*, 6, 203, 14 p.
- Schulz, C.R., & Okun, D.A. (1984).** Surface water treatment for communities in developing countries. John Wiley & Sons.
- Sillanpää, M., Ncibi, M.C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018).** Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, 190, 54–71. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.113>.
- Soliva, C.R., Kreuzer, M., Foidl, N., Foidl, G., Machmüller, A., & Hess, H.D. (2005).** Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 118(1/2), 47-62.
- Strauss, M., Larmie, S.A., & Heinss, U. (1997).** Treatment of sludges from on-site sanitation—low-cost options. *Water Science and Technology*, 35(6), 129-136.

- Sun, Y., Zhou, S., Chiang, P.-C., & Shah, K.J. (2019).** Evaluation and optimization of enhanced coagulation process: Water and energy nexus. *Water-Energy Nexus*, 2, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.01.001>.
- Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005).** *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris : éditions Tec & Doc, Lavoisier. ISBN: 2-7430-0720-6.
- Verma, A.K., Dash, R.R., & Bhunia, P. (2012).** A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>.
- Verma, A.K., Dash, R.R., & Bhunia, P. (2012).** A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>.
- Vishali, S., & Karthikeyan, R. (2015).** Cactus opuntia (ficus - indica): an eco-friendly alternative coagulant in the treatment of paint effluent. *Desalination and Water Treatment*, 56, 1489-1497. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.945487>.
- Walker, J.B., Kenneth, J., Treutlein, J., & Wink, M. (2004).** *Salvia* (lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Mentheae. *American Journal of Botany*, 91(7), 1115–1125. DOI: 10.3732/ajb.91.7.1115.
- Wiley Online Library. (s.d.).** <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/047167849X.bio060>.
- Yin, C.-Y. (2010).** Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437–1441.

Yu, L., Parry, J.W., & Zhou, K. (2005). Huiles d'herbes, d'épices et de graines de fruits.

Dans : Bailey's Industrial Oil and Fat Products, sixième édition, John Wiley and Sons, Inc.

Zbalah, Z., & Zbalah, A. (2019). Recyclage des eaux de la station d'épuration zone 27 vers zone " RA1Z ".

Annexes

Les méthodes d'analyses physico-chimiques

Porter avant tout des vêtements de sécurité : gants, masque et lunettes de protection.

Analyses quotidiennes

Matières en suspension (MES) par spectrophotométrie

On mesure la concentration en matières en suspension dans l'éprouvette qui est exprimée en mg/l, la concentration en MES ne doit pas dépassé 30mg/l.

Mode opératoire

Prélever 25ml d'échantillon à analyser (entrée, sortie) ;

-Préparer le spectrophotomètre ;

-Entrer le numéro du programme ;

-Remplir un flacon de 25ml d'eau distillé (le blanc) puis le placer dans l'appareil et procéder à la lecture ;

-Placer les échantillons l'un après l'autre après agitation (entrée-sortie) et faire la lecture.

Température et pH

Il est important de mesurer la température des eaux de la station car elle influence les vitesses des réactions biochimiques et elle a aussi un rôle déterminant sur le processus biologique.

La température optimale pour l'activité microbienne se situe entre 25°C et 30°C.

Le pH à une grande influence sur l'activité des micro-organismes responsables de l'épuration biologique. Les écarts brusques importants du pH sont néfastes pour tout traitement biologique et engendre des difficultés à la clarification. Le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

Mode opératoire

-Préparer le ph mètre ;

-Verser une quantité d'échantillon (entrée, sortie) dans un bécher ;

-Allumer le ph mètre ;

- Plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon ;
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.

Turbidité

La turbidité est due à la présence des particules en suspension minérales ou organiques.

Ainsi, plus une eau est chargée en biomasse ou en particules sédimentables, plus elle est turbide.

Mode opératoire

- On prélève 25ml d'échantillon à analyser (entrée, sortie) ;
- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme ;
- On remplit un flacon de 25ml d'eau distillé (le blanc) puis on le place dans l'appareil et on procède à la lecture, ensuite on place les échantillons l'un après l'autre après agitation (entrée, sortie) et on lit.

Analyses complètes

Demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO ou demande biochimique en oxygène correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau à fin d'oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables dans l'eau.

Elle est en général calculée au bout de (jours à 20°C dans l'obscurité. On parle alors de DBO5 et la norme respectée est de 30mg d'o₂/l.

Mode opératoire

- On remplit une bouteille ombrée avec 150ml d'eau d'entrée et une autre avec 400 ml d'eau de sortie.
- On met dans chacune d'elle un oxymètre puis on les place dans un DBO mètre (enceinte réfrigérée) à température constante (20°C) et à l'obscurité pendant 5 jours. Au bout de 5 jours on procède à la lecture.

Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique contenue dans l'eau qu'elle soit biodégradable ou non.

Mode opératoire

- On commence d'abord par la préparation ;
- D'un échantillon témoin avec 10ml de la solution d'hydrogénéphthalate de potassium (étalon) ;
- 10ml d'eau distillée (le blanc)
- 10ml d'eau usée (entrée) ;
- 10ml d'eau épurée (sortie) ;
- On ajoute à chaque flacon 5 ml de dichromate de potassium, 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent.
- On ajoute ensuite deux régulateurs d'ébullition dans chaque tube ;
- On met ces derniers dans le réacteur à DCO pendant 2h de temps à 150°C ;
- Après refroidissement on ajoute pour chaque flacon 45ml d'eau distillée ;
- Puis on procède à la titration avec le sulfate de fer et d'ammonium ;
- Et en fin on fait une lecture sur la burette puis on procède au calcul.

Dosage des nitrates NO₃

Méthode : spectrophotométrie

Mode opératoire :

a) Entrée :

- Préparer le spectrophotomètre ;
- Appliquer le numéro de programmes 371 et régler la longueur d'onde à 500 nm ;
- Presser Read / Enter, l'affichage indique mg/l NO₃ ;
- Préparer une cuvette de 30ml d'échantillon à analyser puis ajouter avec précaution le réactif nitra ver 6 dans la cuvette puis bien agiter jusqu'à dissolution de réactif ;
- Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage ;

- Presser Shift Timer, pour une période de réaction de 10 min ;
- Préparer le blanc en remplissant une cuvette avec 25 ml d'échantillon ;
- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l NO₃, placer le blanc dans le puis de mesure
- Presser zéro, l'affichage indique 0 mg/l NO₃ -Essuyer la cuvette avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage
- Placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure, presser Read/ Enter le résultat s'affiche.

b) Sortie :

- Préparer le spectrophotomètre.
- Appliquer le numéro de programme 371 et régler la longueur d'onde à 500nm ;
- Prendre 25 ml d'échantillon et rajouter le réactif nitra ver 5 puis agiter pendant 1 min et attendre 5 min de réaction ;
- Préparer le blanc avec 25 ml d'échantillon ;
- Placer l'échantillon préparé dans le puis de mesure, presser Read/ Enter le résultat s'affiche. (Avec la même méthode).

Dosage des nitrites NO₂

Méthode : spectrophotométrie

Mode opératoire :

a) Entrée : on ne fait pas la dilution (25 ml)

b) Sortie : dilution de 1/2 ou 1/5

- Préparer le spectrophotomètre ;
- Appliquer le numéro de programme 371 et régler la longueur d'onde à 585nm ;
- Presser Read / Enter, l'affichage indique mg/l NO₂ ;
- Remplir une cuvette avec 25ml d'échantillon à analyser ;
- Ajouter avec précaution le réactif nitra ver 3 dans la cuvette puis bien agiter ;
- Mettre la pastille utilisée dans le récipient de stockage ;

- Presser Shift Timer pour une période de réaction de 10min ;
- Préparer le blanc en remplissant la cuvette avec 25 ml d'échantillon ;
- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l NO₂, Placer le blanc dans le puits de mesure
- Presser zéro, l'affichage indique 0 mg/l NO₂
- Essuyer la cuvette avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage
- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser Read/Enter le résultat s'affiche.

Tableau n°: récapitulatif des résultats des analyses physico-chimiques effectués à la STEP Est de Tizi-Ouzou (pour 2022).

paramètres	date	Eau brute
MES (mg/l)	05/04/2022	181
	25/05/2022	155
	28/07/2022	216
pH	05/04/2022	7,32
	25/05/2022	7,89
	28/07/2022	7,45
T° (c)	05/04/2022	15,1
	25/05/2022	20,4
	28/07/2022	26,4
Turbidité (NTU)	05/04/2022	245
	25/05/2022	201
	28/07/2022	277
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	05/04/2022	440
	25/05/2022	340

	28/07/2022	390
DCO (mg O2/l)	05/04/2022	468
	25/05/2022	380
	28/07/2022	565
NH4+ (mg/l)	05/04/2022	41,28
	25/05/2022	33,64
	28/07/2022	7,74
NO3- (mg/l)	05/04/2022	0,044
	25/05/2022	0,383
	28/07/2022	0,401
NO2- (mg/l)	05/04/2022	0,069
	25/05/2022	0,91
	28/07/2022	0,560

Résumé

Notre étude a montré une forte action désinfectante du coagulant naturel issu des graines de *Moringa oleifera*. Elle porte sur des essais réalisés pour étudier l'effet de ces extraits sur la réduction ou l'élimination des indicateurs de contamination bactériologique de l'eau usée brute de la station d'épuration (STEP) Est de la ville de Tizi-Ouzou. Différentes concentrations ont été utilisées pour déterminer la dose optimale de désinfection. Une concentration d'extraits de la poudre de *Moringa oleifera* de 350 mg a permis de réduire la concentration des indicateurs de contamination bactériologique de l'eau usée traitée (eau brute) de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Respectivement, une réduction des coliformes fécaux à un taux de 96% a été observée. Ce niveau d'élimination suggère que l'effluent traité par la poudre des graines de *Moringa Oleifera* est d'une qualité acceptable.

Mots clés: *Moringa Oleifera*, pouvoir antibactérien, désinfection.

Summary

Our study demonstrated a potent disinfectant action of the natural coagulant derived from *Moringa oleifera* seeds. This study focused on investigating the impact of these extracts on reducing or eliminating indicators of bacteriological contamination in untreated wastewater from the Eastern Wastewater Treatment Plant (STEP) in the city of Tizi-Ouzou. Various concentrations were employed to determine the optimal disinfection dosage. A concentration of 350 mg of *Moringa oleifera* powder extract effectively reduced the levels of bacteriological contamination indicators in the untreated wastewater (raw water) from Tizi-Ouzou East WWTP. Specifically, a remarkable 96% reduction in fecal coliforms was observed. This degree of elimination suggests that wastewater treated with *Moringa Oleifera* seed powder reaches an acceptable quality.

Keywords: *Moringa Oleifera*, antibacterial properties, disinfection.

ملخص

أجريت التي بالاختبارات الأمر يتعلق أوليفيرا المورينغا بذور من الطبيعية التخثر لمادة قوي مطهر عمل دراستنا أظهرت من الخام الصحي الصرف لمياه البكتريولوجي التلوث مؤشرات إزالة أو تخفيض على المستخلصات هذه تأثير لدراسة جرعة لتحديد مختلفة تراكيز استخدام تم. وزو تيزي لمدينة (STEP) الصحي الصرف مياه لمعالجة الشرقية المحطة التلوث مؤشرات تركيز تقليل ملجم 350 بمقدار أوليفيرا المورينغا مسحوق مستخلصات تركيز أتاح. المثالية التطهير لمدينة الشرقية الصحي الصرف مياه معالجة محطة من (الخام المياه) المعالجة الصحي الصرف مياه في البكتريولوجي أن إلى التخلص من المستوى هذا يشير. 96% بمعدل البرازية القولونيات في انخفاض لوحظ التوالي، على. وزو تيزي مقبولة جودة ذات أوليفيرا المورينغا بذور بمسحوق المعالجة السائلة النفايات. التطهير للبكتيريا، المضادة القوة أوليفيرا، المورينغا: **المفتاحية الكلمات**