

***REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE POPULAIRE**

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie des Procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement

Présenté par :

BOULGHOBRA MOHAMED RIAD

Thème

**Traitement Des eaux De HAOUD BERKAOUI Par
Coagulation-Floculation (Coagulant Natural)**

Date de la soutenance :10/06/2024

Bacha Oussama

MCA (UKM Ouargla)

Président

Bouaafia Hined

MCA (UKM Ouargla)

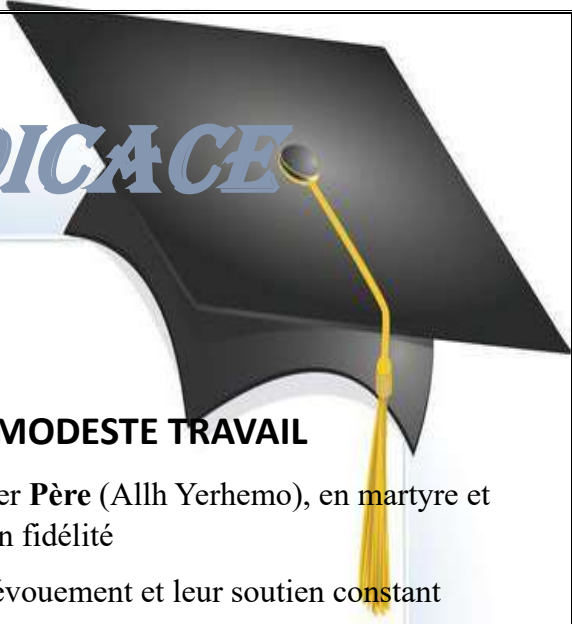
Examineur

Soulaf Ben Abdselam

Pr. (UKM Ouargla)

Encadreur

Année universitaire : 2023/2024



DÉDICACE

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

À ma chère **Mère** et à mon cher **Père** (Allh Yerhemo), en martyre et
en fidélité

Leur gratitude pour leur dévouement et leur soutien constant
Tout au long de mes années d'études et de leurs sacrifices sans fin,

Leur confort moral, pour lequel ils mettent beaucoup d'efforts

Mon éducation et mes conseils pour me voir y parvenir

Mais, malgré tout ça, et qu'est-ce qu'on ne peut pas dire, oh

Tâches illimitées.

À mes estimées sœurs et cher frère.

À toute ma famille élargie.

À ma chère famille.

À tous mes professeurs et camarades de classe

(**Bousairi.Krimo. Abdelmonaim.Samir.Otman**)

Et aussi mes amis (**RANYA .HAMZZA.TAHA**)

Surtout le professeur l'encadrure **BEN ABDESSELAME SOULAFE**

Et le docteur **RIDHA CHERAYYE**





Remerciement

Au Terme de ce modeste mémoire, je tiens à remercier Dieu, qui ma donnée le courage pour arriver au bout de mes études

Je Remercie, mon Encadreur **BEN ABDSELEM SOULAF** judicieux et ses orientations fructueuses, et le Professeur **RIDHA CHERRY**.

Je Tiens à exprimer mes remerciements à tous les travailleurs des laboratoires de la région de Houd Barkawi, en particulier les laborantins

J'adresse mon respect et mes remerciements Mme. **BEN KARA**, pour son suivi et ses conseils tous au long de la période de stage.

Je Remercie profondément tous les enseignants qui ont contribué à me transmettre l'inestimable trésor qui est le savoir.

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail dans de meilleures conditions

Résumé

En réalisant des expériences, notre objectif est de traiter les eaux industrielles provenant de la station de déshuilage de Haoud Berkaoui. Grâce aux méthodes de traitement par coagulation/floculation et décantation... où nous avons étudié l'utilisation de matières naturelles : Les éclats d'orange et l'Aloe Vera

Les résultats des expériences nous ont paru satisfaisants, car l'utilisation de l'Aloe Vera comme coagulant naturel a été plus efficace que les épluchures d'orange (la turbidité est éliminée à 64,96% pour l'Aloe Vera et à 28,25% pour les épluchures d'orange). Bien que les résultats de l'analyse ne soient pas conformes aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), il est possible d'améliorer ces résultats indépendamment, car le solvant utilisé pour préparer le coagulant était de l'eau distillée, ce qui était notre but dans cette expérience. L'objectif principal est de traiter cette eau avec des matériaux naturels sans recourir à des produits chimiques, en veillant à préserver l'environnement. Il est possible de prendre en compte ces expériences comme un point de départ pour l'utilisation de matériaux naturels comme sources de traitement de divers types d'eau, et pas seulement des eaux industrielles.

ملخص

ومن خلال إجراء التجارب، هدفنا هو معالجة المياه الصناعية القادمة من محطة إزالة الزيوت بحوض بركاوي. بفضل طرق العلاج عن طريق التبختر/التلبد والصبغ... حيث قمنا بدراسة استخدام المواد الطبيعية: قشور البرتقال والصبار. بدت لنا نتائج التجارب مرضية، لأن استخدام الألويفيرا كمخثر طبيعي كان أكثر فعالية من قشور البرتقال (يتم التخلص من العكارة بنسبة 64.96% بالنسبة للصبار ونسبة 28.25% بالنسبة لقشور البرتقال). على الرغم من أن نتائج التحليل لا تلي معايير منظمة الصحة العالمية (OMS)، إلا أنه من الممكن تحسين هذه النتائج بشكل أفضل في المستقبل، لأن المذيب المستخدم لتحضير مادة التبختر هو الماء المقطر، وهو هدفنا في هذه التجربة. والهدف الأساسي هو معالجة هذه المياه بالمواد الطبيعية دون اللجوء إلى المواد الكيميائية، مع الحرص على الحفاظ على البيئة. ومن الممكن اعتبار هذه التجارب بمثابة نقطة انطلاق لاستخدام المواد الطبيعية كمصادر لمعالجة المياه بمختلف أنواعها، وليس المياه الصناعية فقط.

Abstract

By carrying out experiments, our objective is to treat industrial water coming from the Haoud Berkaoui de-oiling station. Thanks to treatment methods by coagulation/flocculation and decantation... where we have studied the use of natural materials: Orange chips and Aloe Vera. The results of the experiments seemed satisfactory to us, because the use of Aloe Vera as a natural coagulant was more effective than orange peels (turbidity is eliminated at 64.96% for Aloe Vera and at 28.25% for orange peels). Although the analysis results do not meet the standards of the World Health Organization (WHO), it is possible to improve these results independently, because the solvent used to prepare the coagulant was distilled water, which was our goal in this experiment. The main objective is to treat this water with natural materials without resorting to chemicals, taking care to preserve the environment. It is possible to consider these experiments as a starting point for the use of natural materials as sources for treating various types of water, not just industrial waters.

List d'abréviations

MES : matières en suspension

NTU : Nephelometric unit de turbidité

SONATRACH : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures

DCO : demande chimique en oxygène

MES : matière en suspension

HBK : Haoud Berkaoui

GLA : Guellala

CFP : compagnie française de Pétrole

PPH : Puits production d'huile

PPE : Puits production d'eau

PH : Potentiel d'Hydrogène

Cond : conductivité

TDS : taux de sel

Turd : turbidité

List des tableaux

Tableau III. 1: Les valeurs des analyses initiales de l'eau usée industrielle avant le traitement.....	50
Tableau III. 2: Les valeurs résiduelles des analyses de l'eau après le traitement par le bio-coagulant 1	50
Tableau 3: Les valeurs initiale de l'eau avant le traitement.....	53
Tableau III. 4: Les valeurs résiduelles des analyses de l'eau après le traitement par Aloe vera	53

List des Figures

Figure 1 : Situation géographique de HAOUD BERKAOUI	20
Figure 2: Organigramme de la Direction Régionale HBK	21
Figure 3: Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui	22
Figure 4: Ballons de flache	23
Figure 5: Bac tampon	23
Figure 6: La cuve de floculation	24
Figure 7: Cuve d'eau traitée S-106	24
Figure 8: Schéma représentatif de la station de déshuilage	26
Figure 9: phénomène de Coagulation - floculation	27
Figure 10: Quelques feuilles utilisées comme coagulants naturels	36
Figure 11: Quelques déchets de fruit utilisés comme coagulants naturels	37
Figure 12: Quelques graines utilisées comme coagulants naturels	37
Figure 13 : Extraction et purification des agents coagulants à bases des plantes	41
Figure 14: Processus de préparation d'une solution mère de bio coagulant des épluchures d'orange	42
Figure 15: Méthode de jar test pour le coagulant naturel	43
Figure 16 Divers échantillons après le traitement par le bio-coagulant (écorces d'orange)	44
Figure 17: multiparamètre HANNA	44
Figure 18: turbidimétrie	45
Figure 19: Les différentes procédures expérimentales	46
Figure 20: Préparation de la forme poudre du coagulant	47
Figure 21: Préparation du coagulant liquide en utilisant l'eau distillée comme un solvant	48
Figure 22: Méthode de jar test pour le coagulant naturel (Aloe Vera)	49
Figure 23: Divers échantillons après le traitement par le bio-coagulant (Aloe vera)	49
Figure 24: Effet de la dose de bio- coagulant (Écorces d'orange) sur la turbidité de l'eau traité	51
Figure 25: Effet de la dose de bio- coagulant (Écorces d'orange) sur le pH de l'eau traité	52
Figure 26: Le cheminement des facteurs affectant à l'ORP	53
Figure 27: Effet de la dose de bio- coagulant sur la turbidité de l'eau traité (aloe Vera)	54
Figure 28: Effet de la dose de bio- coagulant (aloe Vera) sur le pH de l'eau traité	55
Figure 29: Effet de la dose de bio- coagulant (aloe Vera) sur les paramètres mesurés	56

Tableau de matière

Contents

DÉDICACE	II
Remerciement	III
List d'abréviations	VI
List des tableaux.....	VII
List des Figures.....	VIII
Tableau de matière	IX
Introduction Générale.....	12
Chapitre 1 :	14
Introduction.....	15
I- Généralité sur les eaux usées :	16
I.1- Définition des eaux usées :	16
I.2- Origine des eaux usées :	16
I.2.1-Les eaux usées domestiques :	16
I.2.2- Les eaux usées agricoles :	16
I.2.5- Les eaux usées industrielles :	17
I.3. Caractéristiques des eaux usées :	17
I.3.1. Les paramètres physiques :	18
I.3.1.1. Température :	18
I.3.1.2. Le pH :	18
I.3.2. Les matières en suspension (MES) :	18
I.3.3. Les paramètres organoleptiques :	18
I.3.3.1. La couleur :	18
I.4. Présentation de la région de Haoud Berkaoui :	19
I.4.1. Introduction :	19
I.4.2. Situation Géographique De La Région :	19
I.4.3. Organigramme de la Direction Régionale HBK.....	20
I.4.4. Présentation de la Station de Déshuilage du Champ De Haoud Berkaoui	21
I.4.4.1. Station de Déshuilage du Champ Haoud Berkaoui :	21
I.4.4.2-Schéma du procédé de traitement :	22
I.4.4. 3-Equipements de traitement :	22

Tableau de matière

❖ Ballons de flache :	22
❖ Bac tampon :	23
❖ La cuve de floculation :	23
❖ Cuve d'eau traitée S-106	24
❖ Cuve à boues S-107 :	25
❖ Cuve d'épaississement de boues S-105 :	25
I.4.4.4. Station de préparation et dosage de la silice activée SAC MS-112 :	25
I.4.5. Traitement des eaux huileuses Industrielles dans la Station :	26
I.4.5.1. Coagulation :	26
• Le pH :	27
• L'agitation :	27
• Les sels dissous :	27
I.4.5.2. Floculation :	27
CHAPITRE 02 :	28
Introduction	29
II.1. Processus de préparation de biocoagulants d'origine végétale :	29
I.1.1. Préparation mécanique :	30
A- Le lavage :	30
B- Le séchage :	30
C- Le Broyage et le tamisage :	31
I.1.2. Préparation chimique :	31
II.1. Influence de la préparation et du prétraitement sur propriétés physicochimiques et performances :	32
II.2/ Les paramètres influençant l'extraction des agents coagulants :	34
II.2.1/. Effet de la température :	34
II.4.2. Effet de pH :	34
II.4.3. Effet de la vitesse d'agitation :	34
II.4.4. Effet du temps d'extraction :	34
II.4.5. Effet du solvant sur le rendement d'extraction des agents coagulants et sur la coagulation :	35
II.5. Quelques bio-coagulants utilisés pour le traitement des eaux	36
II.6. Effet des coagulants organique sur paramètres physico-chimique des eaux :	37
II.6.1. La turbidité :	38
II.6.2. Le pH, conductivité et salinité :	38
II.6.3. La demande chimique en oxygène (DCO) :	39
CHAPITRE 03:	40
III.1. MÉTHODOLOGIE	41

Tableau de matière

III.1. 1. Les épluchures d'orange.....	41
III.1.1.1. Préparation de bio-coagulant.....	41
III.1.1.2. Procédure expérimentale de bio coagulation :	42
• Description de jar test	42
• La coagulation.....	43
• La floculation :	43
• Décantation :	43
III.1.3. Procédure analytique :	44
III. 1.3.1. Multi paramètre HANNA :	44
III.1.2. 2.Turbidimétrie	45
III. 1.2. Aloe Vera :	46
III.1.2.1. Extraction et purification des agents coagulants :.....	46
III.1.2.1.1. Préparation de la forme poudre du bio-coagulant :	46
III.1.2.1.2. Préparation de la forme liquide du bio-coagulant :	47
• Effet des différents solvants sur le rendement d'extraction des agents coagulants :	47
III.1.2.2. Procédure expérimentale de bio-coagulation	48
III.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION	50
III.4.1. Epluchures d'orange.....	50
III.4.2. Les feuilles d'Aloe Vera :	53
Conclusion Générale	57
LES REFERONCE:.....	58

Introduction Générale

L'eau est un partenaire quotidien de l'homme utilisée pour satisfaire ses besoins quotidiens de Consommation et d'hygiène, elle sert à la boisson, la cuisson des aliments, la production alimentaire et la transformation des produits, l'hygiène corporelle, l'assainissement du cadre de vie, la production d'électricité et l'usage récréatif. La croissance démographique et le développement économique et urbain conduisent à une augmentation de la quantité d'eau consommée. Il en résulte une importante augmentation des volumes des rejets liquides et des flux de matières organiques polluantes qu'ils engendrent. La production d'eaux usées souvent rejetées dans l'environnement naturel sans traitement préalable provoque une menace considérable pour les écosystèmes, et génère de nombreuses maladies d'origine hydrique pouvant être à l'origine de certaines épidémies. La recherche de moyens d'épuration adéquats et réutilisation des effluents d'eaux usées traitées est devenue une option attrayante et une alternative incontournable.

Le traitement des eaux industrielles est un enjeu majeur pour la protection de l'environnement et de la santé publique. En Algérie, de nombreuses stations d'épuration ont été mises en service ces dernières années pour traiter les eaux usées et produire une eau épurée réutilisable dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux. Parmi les procédés de traitement les plus utilisés, la coagulation-floculation-décantation suivie d'une filtration et d'une désinfection est très répandue. Ce procédé vise à rabattre la turbidité causée par les matières en suspension, les colloïdes, les microorganismes et les virus en neutralisant leurs charges électrostatiques pour former des floccs décantables. Cependant, l'utilisation de coagulants minéraux et de polymères synthétiques pose des problèmes environnementaux et sanitaires. L'emploi de coagulants naturels comme le chitosane issu des déchets de l'industrie de la pêche, pourrait améliorer la qualité des eaux traitées tout en étant plus respectueux de l'environnement.

Ce projet de fin d'études vise donc à étudier l'utilisation de coagulants naturels pour le traitement des eaux industrielles, les épluchures d'orange et les feuilles d'Aloevera.

Après une présentation des différentes étapes du traitement des eaux, nous détaillerons le protocole expérimental mis en place pour évaluer les performances des coagulants naturels utilisés. Les résultats obtenus permettront de conclure sur l'intérêt de cette solution écologique pour le traitement des eaux industrielles en Algérie.

Ce mémoire de fin d'études est divisé en 03 parties :

Chapitre 01 : Généralités et Caractéristiques des eaux usées et présentation de la station de déshuilage du Champ Haoud Berkaoui.

Chapitre 02 : Synthèse bibliographique de quelques bio-coagulants utilisés dans le domaine traitement des eaux.

Chapitre 03 : Une partie expérimentale dont laquelle nous avons utilisé deux types de coagulants naturels : les épluchures d'orange et l'Aloevera.

On termine le travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 :

LES EAUX USÉES INDUSTRIELLES DE HAUD BERKAOUI

Introduction

L'eau joue un rôle essentiel dans toute activité humaine. Néanmoins, la pollution de l'eau est devenue une préoccupation majeure pour l'environnement ces dernières années en raison de la croissance de la population mondiale, de la production industrielle intensive et des pratiques agricoles. Ceci a provoqué une pénurie d'eau potable, un environnement de vie humain dégradé et un développement économique limité. On estime que 80% de la population mondiale est confrontée à une menace sérieuse pour sa sécurité en eau et la quantité d'eaux usées rejetée. Dans les pays en développement, en prenant la Chine comme exemple, les rejets d'eaux usées sont passés de 22,23 millions de tonnes de rejets de DCO dans les eaux usées en 2015 à 25,64 millions de tonnes en 2020.

Le traitement des eaux usées fait face à des difficultés en raison des volumes considérables de rejets et de la consommation d'énergie élevée. Améliorer les eaux usées et diminuer les rejets d'eaux usées.

La préoccupation principale des filières de traitement est devenue l'efficacité du traitement. Les eaux usées provenant des industries représentent une part significative des eaux usées et renferment des composés inorganiques, de la matière organique, des matières en suspension, de la biomasse et d'autres contaminants tels que les substances radioactives et les sels. Elle est issue de divers domaines, tels que la fusion du fer et de l'acier. La fusion des métaux ferreux, l'industrie pétrolière, la production d'énergie, la galvanoplastie, les engrais et les usines de teinture ne sont pas concernés. Ces secteurs ont joué un rôle important dans la génération d'eaux usées, avec des polluants courants tels que le Cu^{2+} , le Zn^{2+} , le Pb^{2+} et le Ni^{2+} , ainsi que des matières organiques comme les phénols, l'huile et les colorants azoïques. Par exemple, les eaux de traitement des minéraux renferment des concentrations élevées de métaux lourds tels que Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} et Ni^{2+} , tandis que les cokeries renferment des niveaux élevés de plomb.

La production d'eaux usées phénoliques et de colorants organiques est causée par les usines à gaz et d'autres installations de traitement. Le traitement des eaux usées industrielles est principalement axé sur l'élimination des ions de métaux lourds et organiques.[1]

I- Généralité sur les eaux usées :

Les eaux usées sont un sujet de souffrance environnementale et de santé publique, reflétant une variété d'activités humaines et industrielles. Leur gestion et leur surveillance sont essentielles pour protéger la santé publique et l'environnement.

I.1- Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont définies comme des eaux provenant d'utilisations domestiques, industrielles ou même agricoles. Elles contiennent des polluants solubles ou non, ce qui en fait un effluent pollué et est rejeté dans un émetteur d'égout.[2]. Il est possible qu'ils provoquent diverses pollutions et nuisances dans l'environnement qui les reçoit.[3] Il est nécessaire de les traiter avant de les réintroduire dans les autres sources d'eau afin d'éviter toute pollution de ces autres sources.

I.2- Origine des eaux usées :

La pollution de l'eau est une modification qui rend son utilisation risquée et perturbe l'environnement aquatique et tous les organismes vivants présents dans cet environnement (ou écosystème aquatique). Elle peut s'appliquer aux eaux de surface et/ou aux eaux souterraines..[4]

I.2.1-Les eaux usées domestiques :

Les déchets domestiques sont une combinaison d'eaux renfermant des déjections humaines telles que les urines, les fèces (eaux de toilette) et les eaux ménagères (eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments). En général, ces eaux sont composées de substances organiques dégradables et de matières minérales, qu'elles soient dissoutes ou en suspension. Elles sont principalement constituées d'eaux provenant des vannes d'évacuation des toilettes et des eaux usées provenant des cuisines et des salles de bains.

I.2.2- Les eaux usées agricoles :

Ces rejets liquides et agricoles proviennent du ruissellement des eaux d'irrigation, ce qui entraîne des engrais et des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques causés par un élevage intensif.

Les pollutions causées par les activités agricoles peuvent être de différentes formes :

Contribution des nitrates et des phosphates utilisés comme engrais aux eaux de surface, à la suite du lessivage des terres perméables. Ces minéraux encouragent la multiplication des algues (eutrophisation) qui, en diminuant la concentration d'oxygène dans les eaux courantes, mettent

en danger la vie des poissons et des animaux aquatiques. Les pesticides chlorés ou phosphorés, les désherbants et les insecticides sont ajoutés. [5]

I.2.5- Les eaux usées industrielles :

Les rejets industriels sont tous ceux qui découlent d'une utilisation de l'eau autre que domestique. Les rejets des usines sont inclus dans cette définition, ainsi que les rejets d'activités artisanales ou commerciales. Ces eaux présentent une grande diversité et peuvent présenter des dangers pour la vie aquatique ou l'être humain. Les eaux résiduaires désignent les eaux utilisées dans des circuits de réfrigération pour le nettoyage ou le lavage d'appareils, de machines, d'installations, de matières premières ou de produits d'une usine. Elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées lors des processus de fabrication. Les liquides résiduaires désignent les liquides produits lors des processus de fabrication, tels que les solutions de produits chimiques, les solutions de sous-produits, ou les liquides acides issus de la vidange des cuves de décapage métallique. C'est ce genre d'eau qui attire notre attention. [6]

Il existe donc trois chemins d'évacuation pour les rejets industriels :

- Ils sont directement rejetés dans le réseau domestique.
- Ils sont prétraités avant d'être rejetés dans le réseau intérieur.
- Ils sont entièrement pris en charge sur le lieu et refusés.

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

Des critères de qualité physico-chimique et biologique sont établis par les normes de rejet des eaux usées. On évalue ce potentiel de pollution, généralement exprimé en mg/l, à travers une série d'analyses. Certains de ces paramètres témoignent des changements que cette eau pourrait apporter aux environnements naturels récepteurs. Les analyses suivantes peuvent être retenues pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels :

I.3.1. Les paramètres physiques :**I.3.1.1. Température :**

Elle joue un rôle crucial dans la capacité des sels et des gaz (notamment l'O₂) à se dissoudre dans l'eau, ainsi que dans la mesure du pH et de la vitesse des réactions chimiques. L'effet de la température sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau est également physiologique [9].

I.3.1.2. Le pH :

Il est préférable de mesurer le pH sur place, en utilisant la méthode potentiométrique. Bien que délicate, la mesure électrique peut seul fournir une valeur précise car elle est autonome par rapport au potentiel d'oxydoréduction, à la couleur du milieu, à la turbidité et aux matières colloïdales.

Le potentiel différent entre une électrode en verre et une électrode de référence (avec du calomel saturé à (KCl) dans une même solution) est linéaire en fonction du pH de celle-ci ;

$$\text{pH} = \log_{10} \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

I.3.2. Les matières en suspension (MES) :

On évalue les matières en suspension (MES) en mg/l. Il s'agit des substances insolubles présentes dans l'eau. Elles contiennent à la fois des minéraux et des composés organiques. Les microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées sont principalement liés aux (MES). Elles donnent aussi à l'eau une couleur trouble et, souvent, un goût et une odeur désagréables.

I.3.3. Les paramètres organoleptiques :**I.3.3.1. La couleur :**

En observant une eau pure sous une lumière transmise à plusieurs mètres de profondeur, on observe une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées, tandis que les longueurs d'ondes grandes (rouge) sont absorbées très rapidement [11].

On appelle vraie ou réelle la coloration d'une eau lorsqu'elle est causée par les seules substances en solution. On considère qu'elle est visible lorsque les substances en suspension y ajoutent leur propre teinte [10].

I.4. Présentation de la région de Haoud Berkaoui :

I.4.1. Introduction :

Le pétrole est une source d'énergie vitale dans le monde et il le restera vraisemblablement pour de nombreuses décennies à venir, il comblait environ 37 % des besoins énergétiques du monde, et devrait continuer de constituer un élément dominant du panier mondial d'énergies. Depuis l'indépendance, l'Algérie consciente de l'importance des hydrocarbures, a créé la Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures nommée Sonatrach.

Au fil des années, Sonatrach devient la principale source des revenus et un élément moteur dans le développement du pays ainsi qu'un acteur international majeur dans l'industrie des hydrocarbures, elle est classée première en Afrique et douzième dans le monde en 2013.

De l'exploration et le développement à l'exploitation en passant par le forage et la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés, Sonatrach s'appuie sur un ensemble varié d'applications pour accomplir ses missions.

L'un des défis de l'activité amont auxquels elle fait face se trouve dans sa capacité à déployer et à fournir l'accès à ces applications de recherche, d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures.

Or, en raison de la nature du pétrole, la qualité d'un brut dépend de ses caractéristiques propres, de sa composition ainsi des impuretés qu'il contient. Ces dernières sont essentiellement l'eau, les sédiments et les sels.

Pour faire face à des contraintes lors du transport, stockage, raffinage et même pour répondre à ses engagements commerciaux, la direction générale de Sonatrach via l'activité de transport TRC exige de ses régions de production dans le sud de fournir des pétroles avec des caractéristiques bien déterminées.

I.4.2. Situation Géographique De La Région :

La Direction Régionale **Haoud Berkaoui** fait partie de la Division Production de l'activité Amont de Sonatrach et représente l'une des dix zones principales productrices des hydrocarbures du Sahara Algérien. Sur la route **RN° 49** dite des pétroliers reliant **Ghardaïa** à **Hassi Messaoud**, et à 35Km au sud-ouest d'**Ouargla**, un carrefour indique la présence d'un champ pétrolier, il s'agit de la région de **HAUD BERKAOUIL**. Cette région est située à 142Km de **HASSI Messaoud**, à 770Km au sud de la Capitale (**ALGER**), elle est importante en raison de sa part de production des Hydrocarbures du pays. Elle s'étend du sud est de Ghardaïa jusqu'au champ extrême de **Boukhzana**, près de la route de **Touggourt**.

les eaux usées industrielles de Haoud Berkaoui

Chapitre 01

A ce jour, 118 puits sont en exploitation, répartis sur l'ensemble des champs, dont 68 puits en Gaz lift, et 29 éruptifs. Puits injecteurs l'eau : 21 puits. La production cumulée depuis l'origine est de 86 millions de m³, pour des réservoirs globaux en place de 472 millions de m³.

Toutes les quantités d'huiles et de gaz récupérés sont acheminées vers les différents centres de production de la région. Il existe 3 centres principaux de production situés à **Haoud Berkaoui**, **Benkahla** et **Guellala**.

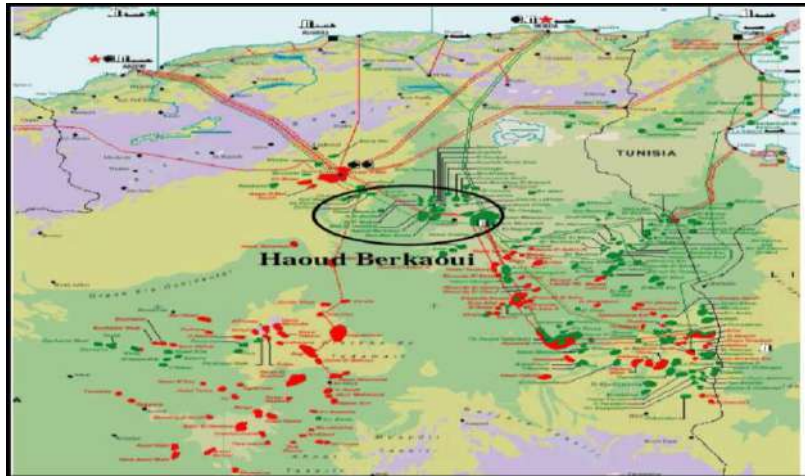


Figure 1 :Situation géographique de HAOUD BERKAOUI

I.4.3. Organigramme de la Direction Régionale HBK

La direction régionale HBK se compose de 09 divisions et chaque division comporte plusieurs services. (Figure I.2)

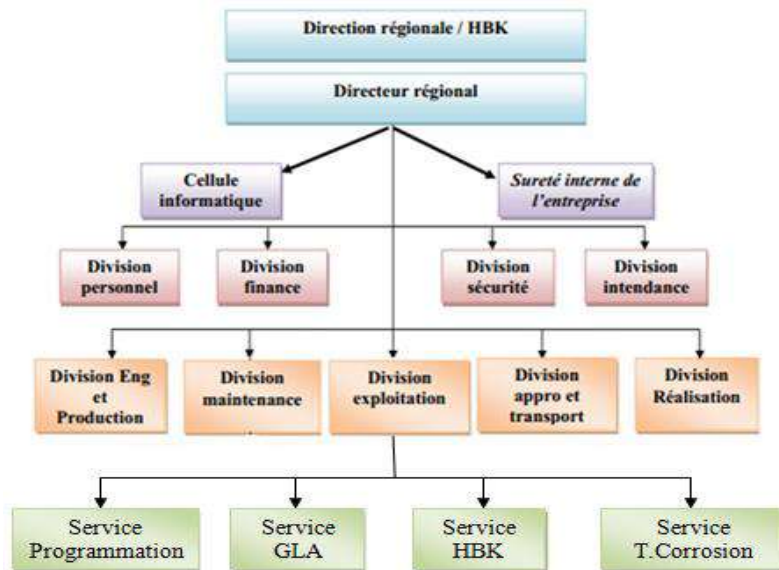


Figure 2: Organigramme de la Direction Régionale HBK

I.4.4. Présentation de la Station de Déshuilage du Champ De Haoud Berkaoui

I.4.4.1. Station de Déshuilage du Champ Haoud Berkaoui :

La station de déshuilage du champ Haoud Berkaoui garantit la récupération des hydrocarbures et la production d'eau réinjectée.

Les valeurs caractéristiques sont une teneur en hydrocarbures inférieure à 5 mg/l et une teneur en matières en suspension inférieure à 30 mg/l.

La teneur en hydrocarbures doit être inférieure à 30 mg/l, les matières en suspension (MES) doivent être comprises entre 6,9 et 7,5, le pH doit être compris entre 6,9 et 7,5. [7]



Figure 3: Station de déshuilage du champ de Haoud Berkaoui

I.4.4.2-Schéma du procédé de traitement :

Selon la figure (I.4), le schéma de traitement utilisé dans la station indique que l'élimination des hydrocarbures et des matières en suspension (MES) est réalisée en utilisant des méthodes purement physicochimiques dans la cuve CPI. On sépare les particules fines en les coagulant et en les floculant. Le déshuileur à disques rotatifs MS-126 récupère l'huile surnageant à une vitesse de 5 m³/h et 4 bars, puis elle est envoyée vers la cuve d'huile S-108 par les pompes p-104 A/B à une vitesse de 100 m³/h. On déshydrate les matières solides régénérées sous forme de boues, puis on les enfouit dans des tranchées de décharge de boues imperméables.

I.4.4. 3-Equipements de traitement :

Ce qui suit résume les principales caractéristiques et le fonctionnement des équipements de la station :

❖ Ballons de flache :

La capacité de ce séparateur est de 40 m³ / h et il reçoit les eaux huileuses. De l'unité de production haute-moyenne-base pression et du bac de stockage sont séparés par des séparateurs. Le bac tampon contient les eaux huileuses dégazées à une pression d'un bar, puis le gaz dégagé est brûlé à la torche.



Figure 4: Ballons de flache

❖ **Bac tampon :**

Les effluents du ballon de flache sont recueillis dans ce bac de 12 mètres de diamètre et d'une capacité de 500 m³/h. On extrait de l'eau la couche d'huile qui surnage en utilisant des patins racleurs. Par la suite, elle est dirigée vers la cuve d'huile. Les boues sont collectées par un racleur de boues MS-101, qui sera envoyé vers la cuve à boues grâce à la vanne automatique.



Figure 5: Bac tampon

❖ **La cuve de flocculation :**

La Cuve est d'une capacité de 25 m³/h recevant l'effluent du S-102 auquel sont additionnés un coagulant (silice activée) à la sortie de la CPI et un flocculateur (kurifix) à la sortie de flocculateur. Ces deux agents chimiques sont fournis par les unités de dosage chimique MS 112 et MS-113.



Figure 6: La cuve de floculation

❖ Cuve d'eau traitée S-106

Cuve de dimensions (2,5 x 5,5 x 2,5) avec une capacité de 34 m³/h. Elle est constituée de deux sections, chacune équipée de deux pompes. L'eau traitée est renvoyée vers les puits injecteurs d'eau grâce aux P-101 A/B. Une partie de l'eau traitée est recyclée par les P-102 A/B vers les ballons d'aturation à air R-103, où elle est mélangée au fluide qui sort de la cuve de floculation S-103.



Figure 7: Cuve d'eau traitée S-106

❖ Cuve d'huile S-108 :

Les déshuileurs à disques rotatifs MS-106 et MS-107 alimentent la cuve (2 x 2,75 x 2) avec une capacité de 11 m³/h, respectivement du bac tampon S-101 et de la CPI S-102. Les pompes P-104 A/B recyclent l'huile récupérée à une vitesse de 10 m³/h avec une pression de 2 bars vers les bacs de stockage.

❖ Cuve à boues S-107 :

La cuve de 2 x 2,75 x 1,5 est alimentée par les vannes automatiques XV-101, XV-102 et XV-103, qui proviennent respectivement des fonds des S-101, S-102 et S-104. Les pompes P-103A/B expulsent ces boues à une vitesse de 10 m³/h et à un niveau de 1,5 bar vers l'épaississeur de boues S-105.

❖ Cuve d'épaississement de boues S-105 :

Les boues provenant des diverses cuves sont regroupées dans la cuve S-105, où le racleur MS-105 garantit une concentration homogène des boues, puis elles sont envoyées vers la centrifugeuse MS-110 à l'aide des pompes P-105 A/B à une vitesse de 6m³/h et 2,5 bars pour être déshydratées.

❖ Centrifugeuse MS-110 :

La déshydratation des boues sera assurée par la pelleteuse à une vitesse de 4m³/h, puis envoyées à l'extérieur du hangar H-101 pour être ensuite enfouies dans des tranchées imperméables S-111 A/B/C.

I.4.4.4. Station de préparation et dosage de la silice activée SAC MS-112 :

Inclut la conservation, la dilution et la combinaison des réactifs. Les cuves S-112/1 et S-112/2 contiennent respectivement de l'acide sulfurique (H₂SO₄) et du silicate de sodium (Na₂SiO₃) qui sont ensuite transportés vers la cuve S-112/3 qui comprend une cuve de réaction, une cuve de maturation et une cuve tampon. On pompe la silice activée à un débit de 360 l/h vers la cuve de floculation S-103.

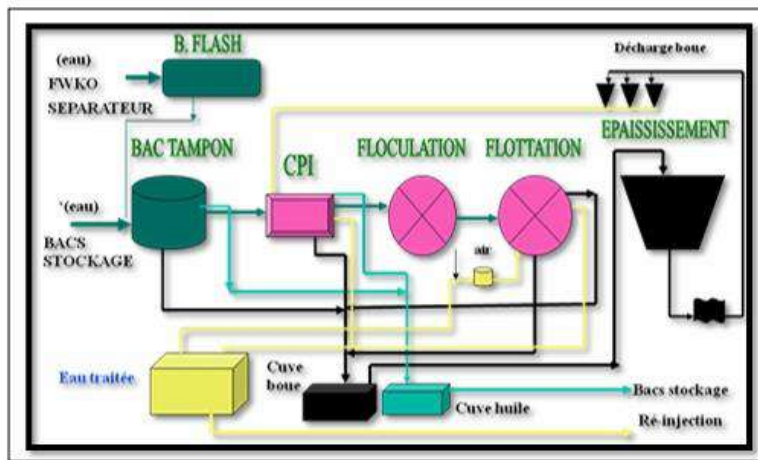


Figure 8: Schéma représentatif de la station de déshuilage

I.4.5. Traitement des eaux huileuses Industrielles dans la Station :

Après le processus de production et de séparation dans la station de production du Haoud Barkaoui, l'eau est dirigée vers la station de déshuilage, où les eaux industrielles sont traitées avant d'être rejetées. Le traitement est effectué par deux méthodes chimiques sont :

I.4.5.1. Coagulation :

Le terme "coagulation" est dérivé du latin "coagulare", qui signifie "agglomérer". La coagulation implique l'incorporation d'un réactif dans l'eau afin de déstabiliser les particules en suspension en neutralisant leurs charges négatives, ce qui entraîne un maintien stable de la suspension, c'est-à-dire l'annulation du potentiel zêta.

Il est important de souligner que la coagulation ne fonctionne correctement qu'à l'intérieur d'une zone de pH spécifique (un pH supérieur à 4 pour les chlorures de fer et un pH compris entre 6 et 7 pour le sulfate d'aluminium). Elle nécessite également une dispersion immédiate du coagulant dans l'eau pour obtenir une décharge uniforme des charges électriques des colloïdes, ce qui permet aux particules de s'agglomérer et de décanner plus rapidement.

Les facteurs les plus importants affectant le processus de coagulation sont :

- **Le pH :**

Le pH joue un rôle essentiel dans le processus de coagulation. Effectivement, chaque eau présente une plage de pH où la coagulation se produit rapidement. La variété de ces options varie en fonction de la nature du coagulant employé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter. En cas de coagulation en dehors de cette plage optimale, il est nécessaire d'augmenter la quantité de coagulant.

- **L'agitation :**

Il y a deux étapes pour mélanger les coagulants : Un mélange rapide de courte durée (60 s au maximum) afin de disperser les produits dans l'ensemble du volume d'eau à traiter. Un processus de mélange lent (30 à 60 minutes) afin de favoriser la mise en contact des particules déstabilisées. Un mélange inapproprié peut entraîner une augmentation de la quantité de coagulants.

- **Les sels dissous :**

Les sels présents dans l'eau ont un impact sur la coagulation en entraînant :

- Une variation de la plage de pH optimale.
- Un changement dans la quantité de coagulant.
- Un changement dans la durée nécessaire pour la floculation.

I.4.5.2. Floculation :

L'objectif de la floculation est d'accroître la capacité de contact entre les particules déstabilisées par coagulation, ce qui entraîne la formation de flocs. Il s'agit de floculants qui, dans leur grande majorité, sont des floculants. Les polymères à poids moléculaire élevé présentent des groupes réactifs dont la charge est inverse à celle de la suspension à traiter.[8]

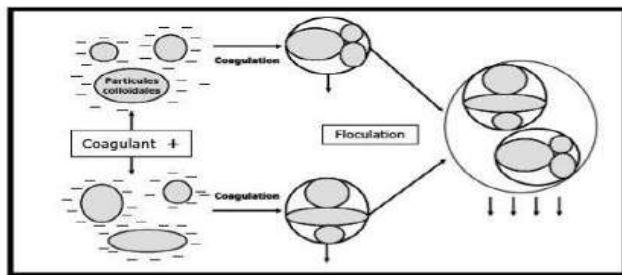


Figure 9: phénomène de Coagulation - floculation

CHAPITRE 02 : LE CHOIX DU BIOCOAGULANT

Introduction

Les biocoagulants ont attiré l'attention comme alternative aux coagulants chimiques dans le traitement de l'eau et des eaux usées en raison de leur capacité à éliminer les paramètres polluants tels que la turbidité, les matières en suspension, la couleur et les composés organiques. Les biocoagulants d'origine végétale sont actuellement les plus prometteurs en raison de leur disponibilité abondante et de leurs performances fiables. Une préparation appropriée de biocoagulants à base de plantes est nécessaire pour garantir que les composés actifs des plantes puissent être extraits. Les matières premières végétales sont transformées en biocoagulants par séchage, broyage, extraction et purification.

II.1. Processus de préparation de biocoagulants d'origine végétale :

La préparation de biocoagulants à base de matières végétales est couramment effectuée en utilisant le séchage et le broyage. La fonction du séchage et du broyage est d'obtenir de la poudre à partir des matières végétales. Différentes tailles de matières végétales peuvent donner des résultats différents pendant le traitement.

Des particules bi coagulantes plus fines présentent de meilleures performances d'élimination, comme indiqué par Putra et Airun (2021)[9], la taille de 150 mesh de graines de papaye Carica séchées a donné une élimination de la turbidité de 89,3 %, alors qu'elle augmentait à 92,2 % avec une taille plus fine de 250 mesh.

De même, Siddique et al. (2016)[10] ont également souligné que la noix la plus fine. Une coque de 50 mesh a donné un retrait significativement plus élevé par rapport à 30 et 40 mailles. En raison de la grande diversité des espèces végétales utilisées comme biocoagulants, plusieurs prétraitements sont souvent également nécessaires pour extraire le composé actif des matières premières. Kurniawan [11]et coll. (2022) ont mentionné que les groupes hydroxyle, amine, carboxyle et protéine sont les biocoagulants les plus utilisés dans le processus de coagulation-floculation.

Les extractions à l'acide, à la base, au solvant, au sel et à l'eau sont mentionnées comme étant Utilisés comme prétraitement des biocoagulants d'origine végétale pour extraire leurs composés actifs. Différentes méthodes d'extraction pour le même matériel végétal peuvent présenter des performances d'élimination différentes (Ahmad et al., 2022a)[11].

Benalia et coll. (2018) ont mentionné l'utilisation d'eau, de NaOH, de NaCl et de HCl pour extraire les feuilles de gland, a montré une élimination de la turbidité de 84,77 %, 85,92 %, 91,07 % et 92,92 %, respectivement. De même, Abidin et al. (2013) ont utilisé de l'eau, du NaOH et du NaCl pour extraire les graines de *Jatropha curcas*, ce qui a permis d'éliminer respectivement 99,4 %, 99 % et 91,4 % de la turbidité.

Il existe de nombreuses revues discutant l'utilisation de produits à base de plantes. Biocoagulants pour le traitement de l'eau et des eaux usées, tels que ceux de Ider et coll. (2021), qui ont examiné les avantages et les inconvénients des coagulants d'origine végétale par rapport au chitosane en se concentrant sur le traitement des eaux usées de l'aquaculture.

Owodunni et Ismail (2021), ont examiné l'application de biocoagulants d'origine végétale pour le traitement des eaux usées industrielles. De plus, Ahmad et al. (2022a) ont discuté de plusieurs méthodes d'extraction, tandis que Leiviska et Santos (2023) ont examiné les techniques de purification comme prétraitements pour préparation de biocoagulants d'origine végétale[11].

I.1.1. Préparation mécanique :

A- Le lavage :

Le lavage est généralement la première étape avant un traitement ultérieur pour préparer un biocoagulant. Le lavage est effectué pour éliminer les contaminants, tels que les impuretés des grains de sable ou de la terre, afin d'éviter la présence des champignons et les levures et pour améliorer la phase de l'extraction du biocoagulant (Ang et Mohammad, 2020 ; Sowmeyan et al, 2011). Le lavage peut être effectué à l'eau du robinet ou avec des solutions plus spécifiques, comme l'eau distillée (Ahmad et al., 2021a ; Kurniawan et al., 2020).

B- Le séchage :

Le séchage est l'une des principales étapes de la préparation du biocoagulant. Le séchage est principalement utilisé pour éliminer l'eau et l'humidité à l'intérieur des matières premières (Mahmood et Zaki, 2019). Le séchage peut être effectué naturellement en utilisant la lumière du soleil (Ahmad et al., 2021a ; Kristianto, 2017) ou assisté par un four/micro-ondes (Ibrahim et al., 2021). Le séchage a un effet critique sur les caractéristiques des biocoagulants. Pour avoir un séchage approprié, la température et le temps doivent être analysés avant d'effectuer cette étape pour garantir qu'aucun composé actif, tel que les protéines, ne soit défectueux par ce processus (Kurniawan et al., 2022). En plus de la destruction des composés actifs, des températures de séchage trop élevées peuvent provoquer le phénomène de « cémentation » dans lequel la partie extérieure des matériaux est séchée trop vite et durcit (Ibrahim et coll., 2021)

C- Le Broyage et le tamisage :

Le broyage et le tamisage sont deux étapes non séparées pour obtenir une taille de la poudre bio coagulante (Ahmad et al, 2022a ; Anju etMophin-Kani, 2016). Le biocoagulant en poudre est préférable, car, la plus petite taille de poudre du biocoagulant permet aux matériaux d'avoir plus de contact avec la solution de support plus tard au cours de l'utilisation (Beyene et al., 2016 ; Mohamed et al.,2015). Putra etAirun (2021) ont rapporté que la plus petite taille de particules de250 mesh de biocoagulant produit à partir de graines de papaye Carica ont montré une efficacité plus élevée pour éliminer la turbidité des eaux usées par rapport à 150 mesh. Ce résultat a été obtenu grâce au contact plus élevé de principes actifs du biocoagulant avec la solution support pendant dissolution.

Globalement, la préparation mécanique a été réalisée pour obtenir de la poudre brute (en se concentrant sur le changement de forme physique) avec altération minimale des propriétés chimiques.

I.1.2. Préparation chimique :

Un coagulant naturel d'origine végétale peut être utilisé après une simple préparation en poudre ou modifiée chimiquement pour extraire sa compo active et ainsi améliorer son activité coagulante. Comme cela a été largement souligné, les protéines sont un élément crucial dans le mécanisme naturel de coagulation (Kurniawan et al., 2023, 2021b).

Les recherches sur l'extraction et la purification des composants actifs commencent à se développer.

Pour la préparation chimique, des résultats différents de l'utilisation les solvants chimiques pour extraire les composés actifs des plantes et cela selon les espèces et les parties de la plante. (Ahmad et al., 2021a ; Salem et Bachmann, 2019).

L'extraction par l'eau est une méthode très courante pour obtenir une forme liquide de biocoagulants et permet d'extraire certains composés actifs hydrosolubles (par exemple, certains groupes fonctionnels) (Ndabigengesere et al., 1995).

Des solutions de sel et d'alcool ont été utilisées comme substituts à l'eau pour la préparation des coagulants, car on pense qu'elles produisent un coagulant avec de meilleures performances (Ahmad et al., 2021b).

Malgré ses excellentes performances, les inconvénients du coagulant liquéfié extrait chimiquement est sa courte durée de conservation qui doivent être stockés à – 18°C pour conserver ses caractéristiques (Ueda Yamaguchi et al., 2021). Alors que mécaniquement le

coagulant préparé peut durer jusqu'à 12 mois sans détérioration, mais cela pourrait augmenter la turbidité de l'eau traitée ((Lim et al., 2018). Une alternative pour prolonger la durée de conservation du coagulant extrait est de le stocker sous forme de précipité solide lyophilisé, qui peut durer plus de 19 mois à température ambiante (Ueda Yamaguchi et al., 2021).[11]

II.1. Influence de la préparation et du prétraitement sur propriétés physicochimiques et performances :

En général, la préparation mécanique est réalisée afin d'obtenir des biocoagulants avec des particules de petite taille et sèches. En obtenant des particules de petite et fine taille, la surface sera plus étendue, ce qui entraînera une augmentation de la vitesse de réaction. L'efficacité de l'élimination des polluants est influencée par la taille des particules du biocoagulant. Il est démontré par des études menées par Novita et ses collègues (2019) qui ont utilisé un biocoagulant à base de graines de Moringa oléifera pour traiter les eaux usées du café. Les tailles du biocoagulant ont varié entre 60,70 et 80 mesh. L'expérience a révélé que la taille de 80 mesh a une efficacité d'élimination de la turbidité supérieure à celle de 70 et 60 mesh, respectivement à 91,35 %, 88,93 % et 88,15 %.

Il est nécessaire d'éliminer l'eau présente dans le matériau biocoagulant afin de ne pas perturber le processus d'extraction.

Le tableau II. 1 montre l'utilisation de quelques biocoagulants naturels d'origine végétale.

Tableau II.1: Performance de quelques biocoagulants d'origine végétale dans le traitement des eaux usées

Nom de la plante	Type de plante	Type d'eaux usées	État opérationnel	État optimal	Suppression Les performances	Réf.
Charger la papaye	Graines	Textile	100 tr/min pendant 5 min puis 40 tr/min pendant 4 min suivi de 60 min de sédimentation	1000 mg/250mL	Turbidity: 92.2 %	[9]
Cassia obtusifolia	Graines	Effluents des usines d'huile de palme	Mélange rapide 150 tr/min pendant 5 min et mélange lent 50 tr/min pendant 15 min suivi de 60 min de sédimentation	2.5 g/L	TDS: 87 %	[12]

Moringa Oléifère	Graines	Textile	150 tr/min pendant 2 min puis 50 tr/min pendant 25 min suivi de 60 min de sédimentation	5 g/100 mL	Turbidity: 70.4 % Color: 44.5 %	[13]
Moringa Oléifère	Graines	Eaux usées synthétiques	Agitation élevée 100 tr/min pendant 2 min, agitation faible 30 tr/min Pendant 15 min, temps de stabilisation 20 min	5 g/100 mL	Turbidity: 91.63 %	[14]
Moringa Oléifère	Graines	Eaux usées du marché	Agité 40 tr/min pendant 20 min	100 mL/L, pH 7.40	Turbidity: 88.03 %	[15]
Moringa Oléifère	Graines	Eaux usées synthétiques	1 min pour 100 tr/min et 30 min pour 30 tr/min	0.4–0.6 mL/L	Turbidity: 88 %	[16]
Moringa Oléifère	Graines	Usine d'enrichissement du charbon Effluent pour	Mélanger 15 min, décantation 30 min	8 mL/L	TDS: 97.40 % Turbidity: 97.48%	[17]
Moringa Oléifère	Graines	Eau trouble synthétique		40 wt% fraction de bio coagulant	Turbidity: 93 %	[18]
Moringa Oléifère	Graines	Eaux usées domestiques Traitement tertiaire	Mélange rapide 1200/s pendant 30 s et mélange lent 50/s pendant 15 min	600 mg/L	Turbidity: 94 % Color: 73 % Bacterial load: 99 %	[19]

Il est nécessaire d'éliminer l'humidité contenue dans la matière première bio coagulante car elle peut avoir un impact sur les protéines hydrosolubles. Il est nécessaire d'avoir des conditions de séchage idéales afin de préserver les composés actifs à l'intérieur du biocoagulant. Selon Ibrahim et ses collègues (2021), le séchage à l'air chaud à une température de 50 °C pendant 6,5 heures réduisait jusqu'à 67,8 % de l'humidité des graines de *M. olivera* par rapport à une valeur d'humidité plus faible à 40 et 60 °C. En complément du processus de séchage, Putra et Airun (2021) ont également indiqué que la taille du biocoagulant de 250 mesh était plus efficace dans l'élimination du TDS par rapport aux mailles 150 et 200 mesh, ce qui suggère que la plus petite taille de particules du biocoagulant offre des résultats plus importantes.[11]

II.2/ Les paramètres influençant l'extraction des agents coagulants :

Différents facteurs influencent le rendement d'extraction des agents coagulants : pH, température, vitesse de réaction, concentration du solvant, nature du solvant, temps de contact entre la matière végétale et le solvant, rapport liquide/ solide (solvant/plante). Il est donc essentiel de repérer et de choisir de manière adéquate les facteurs qui influencent l'opération d'extraction des agents coagulants.

II.2.1/. Effet de la température :

L'extraction des agents coagulants est influencée par la température. Lorsque la température est basse, leur activité est entravée, les changements structuraux sont qualifiés de discrets et la dénaturation est réversible. Malgré la rupture des liaisons hydrogène à des températures élevées (cuisson, stérilisation, etc.), les coagulants ne peuvent pas retrouver leur conformation initiale et la dénaturation est inévitable.[20, 21]

II.4.2. Effet de pH :

De manière générale, l'extraction de l'agent coagulant est plus efficace à un pH très alcalin qu'à un pH acide. En réalité, un pH extrêmement alcalin peut provoquer la dissociation et la détérioration de l'agent coagulant. La solubilisation vise à déplacer la majorité des agents coagulants de la matière première végétale vers la phase aqueuse. Par exemple, les protéines possèdent une charge neutre à un pH isoélectrique. À ce pH, il y a une répulsion électrostatique intense entre les groupements ionisés dans les protéines, ce qui encourage la dénaturation de ces macromolécules.[20]

II.4.3. Effet de la vitesse d'agitation :

L'agitation garantit l'uniformisation du milieu en ce qui concerne sa composition et sa température.

II.4.4. Effet du temps d'extraction :

Il s'agit de laisser la poudre du coagulant ajoutée dans le solvant pendant une certaine période après l'agitation et l'homogénéisation, afin de permettre l'extraction. Le processus d'extraction est influencé par le temps de macération, la quantité d'agents coagulants augmente avec le temps d'extraction, et la concentration maximale est atteinte à un moment précis, qui est le temps de macération optimal[11]. Il est possible d'expliquer cette augmentation par l'augmentation de la solubilisation de l'agent coagulant présent dans la plante.[22]

II.4.5. Effet du solvant sur le rendement d'extraction des agents coagulants et sur la coagulation :

Diverses études ont mentionné l'emploi de divers solvants pour extraire les agents coagulants à base de plantes. Il est évident que l'extraction à l'aide d'eau distillée (H₂O) est la solution la plus adaptée en raison de sa disponibilité et de sa rentabilité [23]. En plus, Différentes solutions ont été employées dans le processus d'extraction afin d'améliorer le rendement, notamment les solutions salines (NaCl, KCl, BaCl₂, MgCl₂) [24, 25],[26, 27] les acides et les bases [27].

Le Tableau II.2 présente l'impact de divers coagulants organiques sur la turbidité éliminée en utilisant différentes solutions comme agents extracteurs.

Lors de l'utilisation des solutions salines pour la préparation des coagulants, l'extraction est améliorée et cette amélioration est due à l'augmentation de la concentration en sel, comme le souligne la théorie de Debye-Hacker (augmentation du pouvoir solvant).

La solubilité des agents coagulants dans l'eau augmente lorsque la teneur en sel est faible [28]. L'effet de relargage a également été mis en évidence par le principe de John Gamble Kirkwood, qui montre que de fortes concentrations de sel diminuent la solubilité des agents coagulants dans l'eau [28].

La déshydratation des agents coagulants par l'ajout de sel peut également expliquer l'effet de salage (relargage de cette manière)[29].

Selon Megersa et ses collègues, une diminution modérée de la force ionique du sel entraîne la rupture des liaisons, notamment la liaison protéine-protéine, ce qui entraîne une augmentation de la solubilité et une amélioration de l'activité de coagulation par *Moringa oleifera* [23].

Tableau II.2. Impact de divers coagulants organiques en fonction des solvants utilisés.

Coagulant organique	Solution	Turbidité initial (NTU)	Reduction de la turbidité (%)	Références
Moringa Oleifera	KCl	1674	83	[30]
	NaCl	1674	89	[30]
	Eau distillée	1674	45	[30]
	CaCl₂	25,3	57,9	[31]
Gel d'Aloe Vera	Eau distillée	186.8	72	[32]
Fava bean	Eau distillée	20	38	[33]
		45	54	[33]
		90	48	[33]

Cactus	NaCl	7,76	Environ de 80	[26]
	H ₂ SO ₄	9,5	66,31	[34]
	NaOH	9,5	89,26	[34]
	Eau distillée	7,76	27,68	[26]
	BaCl ₂	7,76	78,43	[26]
Chestnut	Eau distillée	35	Environ de 80	[35]
Graine de Phaseolus vulgaris	NaOH	500	Environ de 85	[36]
	NaCl	500	Supérieur à 85	[36]

II.5. Quelques bio-coagulants utilisés pour le traitement des eaux

La recherche de coagulants organiques non toxiques et biodégradables a été encouragée par les désavantages liés à l'utilisation des coagulants minéraux, dont on prétend généralement qu'ils sont plus respectueux de l'environnement en ce qui concerne leur production et utilisation.

D'abord, les femmes rurales du Soudan ont utilisé des coagulants organiques pour traiter l'eau potable en utilisant des graines de poudre de *Moringa oleifera* [37]. Depuis lors, plusieurs études ont été menées sur l'utilisation des bio-coagulants dans le domaine de l'agriculture. Selon le nombre de publications, le domaine du traitement des eaux usées, potables et industrielles est très développé. Jusqu'à présent, les coagulants naturels à base de plantes ont été étudiés dans quatre catégories : les graines, les déchets de fruits (pelures, graines), les fruits et les feuilles.

Les données essentielles et les caractéristiques physicochimiques de différents coagulants végétaux offrent une vision de leurs caractéristiques et des éléments actifs qui sont responsables de la coagulation.



Manihot esculenta



Aloe Vera



Eucalyptus

Figure 10: Quelques feuilles utilisées comme coagulants naturels

**Pelure d'Orange****Pelure de Banane****Pelure de Mango***Figure 11: Quelques déchets de fruit utilisés comme coagulants naturels***Fèves Carica****Papaya****Moringa oleifera***Figure 12: Quelques graines utilisées comme coagulants naturels*

II.6. Effet des coagulants organique sur paramètres physico-chimique des eaux :

Avant d'être traitée, l'eau contaminée peut présenter des propriétés physiques, chimiques et biologiques différentes. Afin de faire face à ces différences, la conception de la station peut utiliser différentes méthodes de traitement [38]. En règle générale, il existe trois catégories d'eau :

- les eaux usées qui présentent une DCO élevée, des concentrations en phosphate, des microorganismes, des métaux lourds...
- Les eaux industrielles qui contiennent des métaux lourds,
- Les eaux de surface et souterraines, qui constituent généralement la principale source d'eau potable.

Ces eaux sont caractérisées par la turbidité, le TAC, le TH, la conductivité, la salinité, les éléments bactériologiques... etc. Pour éliminer ces différents polluants, on peut utiliser différents processus chimiques, physiques et biologiques [39]. Parmi ces techniques, le procédé de coagulation-floculation à base des coagulants naturels d'origine végétales [40, 41]

II.6.1. La turbidité :

La présence de turbidité dans l'eau est due à des substances colloïdales ou des particules en suspension qui entravent la lumière dans l'eau. Il est possible que cela soit provoqué par des substances organiques ou minérales, ou une combinaison des deux. En général, les particules sont étroitement liées aux micro-organismes (virus, bactéries et protozoaires).

La dégradation de la qualité de l'eau est principalement causée par les matières en suspensions (MES), ce qui entraîne une hausse des frais de traitement de l'eau et une détérioration écologique du milieu aquatique. Les MES entraînent des modifications physiques telles qu'une réduction de la pénétration de la lumière, des variations de température.

On peut mentionner différentes méthodes pour diminuer la turbidité, telles que la coagulation floculation, la filtration, la décantation, l'adsorption, etc [34]. Il serait préférable d'atteindre un niveau de turbidité inférieur à 5 NTU pour les eaux destinées à la consommation [42].

La coagulation floculation permet d'éliminer les matières en suspension en utilisant des coagulants chimiques à base de fer ou d'aluminium tels que le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique [34].

II.6.2. Le pH, conductivité et salinité :

Le pH est un indicateur de la quantité d'ions hydrogène présents dans une solution, également connu sous le nom de degré d'acidité. Il joue un rôle crucial dans les traitements des eaux car certains procédés et techniques de traitement nécessitent un pH spécifique afin d'être efficaces. Quand le pH d'un échantillon change, il peut y avoir plusieurs processus de précipitation et de sorption qui peuvent entraîner des changements dans la composition chimique de cet échantillon, ce qui a également un impact sur les procédés biologiques [38, 43].

La conductivité électrique (CE) est un élément électro physique qui permet d'évaluer la capacité des substances à transporter du courant électrique. En règle générale, la conductivité électrique est associée à la concentration totale de soluté et peut servir d'expression quantitative de la concentration de sel dissous dans l'eau, bien qu'il soit également influencé par la mobilité, la valence et la concentration relative des ions individuels solubles[44].

La salinité désigne la présence dans des échantillons aqueux des principaux solutés inorganiques dissous, tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-) [2].

II.6.3. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO représente la quantité d'oxygène équivalente de matières organique et inorganiques présentes dans un échantillon d'eau qui peut être oxydée par un oxydant chimique puissant. Le test DCO des eaux naturelles permet de déterminer la quantité totale d'oxygène requise pour transformer une substance en dioxyde de carbone (CO_2) et en eau [45]. L'augmentation des niveaux de DCO indique une augmentation de la quantité de matière organique oxydable présente dans l'échantillon, ce qui diminue les niveaux d'oxygène dissous (OD).

Une diminution de l'oxygène dans l'eau peut entraîner des conditions anaérobies, ce qui est néfaste pour les formes de vie aquatiques supérieures, ainsi que l'émergence de diverses maladies (choléra, gastro-entérite, etc.). En général, les niveaux de DCO observés dans les ressources en eau de surface varient de 20 mg/L ou moins dans les eaux non polluées à plus de 200 mg/L dans les eaux qui reçoivent des effluents. Les débits de CO des eaux usées industrielles peuvent varier de 100 mg/L à 60 000 mg/L [46].

CHAPITRE

03:

PARTIE

EXPÉRIMENTALE

III.1. MÉTHODOLOGIE

L'objectif de l'étude expérimentale est la détermination de l'efficacité des parties de deux plantes (feuilles d'Alovera et épluchures d'orange) comme bio-coagulant ou coagulant naturel pour l'élimination voire réduction de la turbidité produite par la présence des huiles contenues dans l'eau usée industrielle de Haoud Berkaoui, tout en évaluant la dose optimale de biocoagulant, le pH optimal pour chaque bio-coagulant utilisé.

III.1. 1. Les épluchures d'orange

III.1.1.1. Préparation de bio-coagulant

Les étapes de préparation des biocoagulants sont résumées dans le schéma, le matériel utilisé est rassemblé dans le paragraphe suivant:

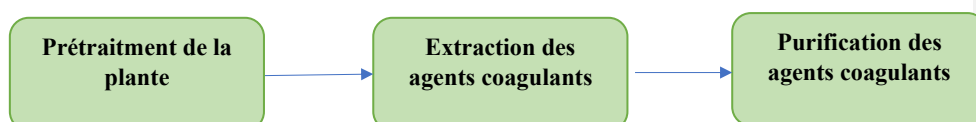


Figure 13 : Extraction et purification des agents coagulants à bases des plantes

Les écorces d'orange ont été collectées et lavées plusieurs fois avec de l'eau pour les nettoyer des poussières et d'autres impuretés.

Ensuite, les écorces ont été séchées à l'air pendant 2 heures, puis coupées à la main en petits morceaux, les écorces ont été réparties sur des plateaux et séchées au four à une température de 103C° à 110C° degrés Celsius pendant 24 heures. Les écorces séchées ont été broyées en poudre et tamisées à l'aide d'un tamis d'une de maille de 400 µm. La poudre obtenue est conservée dans un récipient hermétique.

Ensuite, on prend 10 grammes de poudre, on les mélange avec 1000 ml (1 litre) d'eau distillée et on obtient la solution mère de bio coagulant : écorce d'orange.

La figure suivante montre le processus de préparation de bio coagulant d'écorce d'orange :



A) Peler la peau d'orange



B) Les pelures ont été séchées à l'air pendant 2 heures



C) Séchage au four à 103°C pendant 24h



F) Poudre des épluchures d'orange mélangée à 1000 ml d'eau distillée



E) Poudre d'épluchures d'orange tamisée



D) Résultat après 24 h au four

Figure 14: Processus de préparation d'une solution mère de bio coagulant des épluchures d'orange

III.1.1.2. Procédure expérimentale de bio coagulation :

Les tests de bio coagulation sont effectués dans un appareil appelé « Jar-test »

• Description de jar test

Le jar-test consiste à simuler à petite échelle les phénomènes qui se déroulent dans une station de traitement pendant la coagulation-floculation. Grâce à ces tests, il est possible d'améliorer divers paramètres tels que la quantité de coagulant, le type de coagulant, le pH optimal, les temps de coagulation-floculation, la vitesse de coagulation-floculation et le temps de décantation.

Il s'agit d'un banc jar-test composé de six béchers d'un litre chacun, tous munis d'un axe avec une lame rotative à l'extrémité. L'axe est connecté au même moteur pour maintenir la même vitesse dans chaque bécher.

Toutes les expériences de jar test passent par trois étapes :

- **La coagulation** : demande une vitesse rapide car elle implique l'ajout de différentes concentrations de bio-coagulant (comme les épluchures d'orange ou l'Aloe Vera), qui entraîne une déstabilisation des particules colloïdales, une augmentation des charges répulsives et la possibilité d'attraction des particules colloïdales.
- **La floculation** : Une vitesse plus lente que celle de la coagulation est requise afin de permettre au bio-coagulant d'entrer en contact avec le polluant (comme les particules colloïdales) sans rompre les floccs formés. L'ajout de petites quantités de floculant est également nécessaire, notons que dans cette étude, ont été employés comme coagulants/floculants (aucun floculant n'a été ajouté). Au paravant déstabilisées, les particules de la suspension se regroupent pour créer des floccs de densité adéquate pour se décanter.
- **Décantation** : La vitesse d'agitation est nulle à cette étape afin de permettre aux matières en suspension floculées de se déposer. Après avoir identifié la décantation, on prélève le surnageant de chaque bécher afin de procéder aux différentes analyses requises.

Dans nos expériences de bio-coagulation, les échantillons d'eau ont été versés dans 6 b  chers d'un volume de 300 ml, chaque bécher contient un volume de 200 ml d'eau industrielle. On ajoute le mélange préalablement préparé d'écorces d'orange (coagulant naturel). Avec les quantités : 3 ml, 6 ml, 9 ml, 12 ml, 15 ml et 18 ml pour chaque bécher.

Puis, on place les échantillons dans Jar- test.

On Agite les b  chers à 100 tr/min rapidement pendant 2 minutes puis lentement à 40 tr/min pendant 20 minutes suivi d'une décantation pendant 30 min.

On prend des échantillons des surnageants des b  chers, et on mesure les paramètres : pH, TDS, Turbidité,.....Voire la figure III.3.

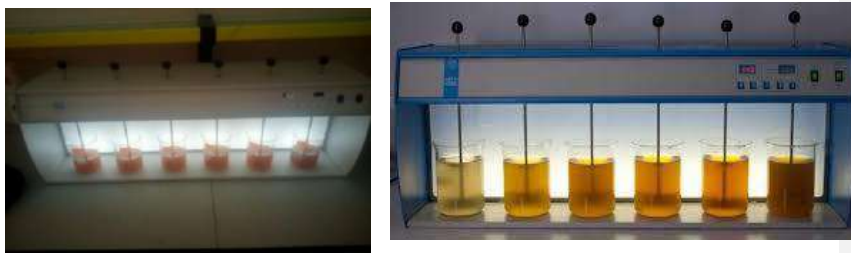


Figure 15: Méthode de jar test pour le coagulant naturel

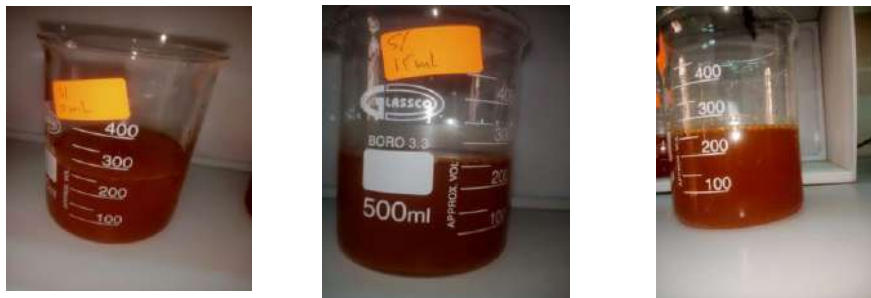


Figure 16 Divers échantillons après le traitement par le bio-coagulant (écorces d'orange)

III.1.3. Procédure analytique :

Les paramètres mesurés avant et après traitement de l'eau huileuse de Haoud Berkaoui sont le pH, ROP, conductivité,les appareils utilisés sont :

III. 1.3.1. Multi paramètre HANNA :

Multi paramètre professionnel pour la qualité de l'eau avec sonde autonome. Mesure et affiche jusqu'à 12 paramètres. PH /pH en mV / Rédox / EC / TDS / Résistivité / Salinité / Gravité spécifique eau de mer / turbidité / Oxygène dissous / Température / Pression atmosphérique.

Son principe de travail est le suivant :

Ce multiparamètre portable intègre la fonction BPL (Bonnes Pratiques de Laboratoire) avec mémorisation des données des 5 derniers étalonnages ainsi que la mémorisation automatique ou à la demande, jusqu'à 60000 mesures pour un transfert sur PC. Fonctionne avec piles rechargeables (piles et kit de recharge fournis).



Figure 17: multiparamètre HANNA

III.1.2. 2. Turbidimétrie

Appareil pour mesurer la turbidité. Il s'agit généralement d'un récepteur photoélectrique mesurant la lumière diffusée par le liquide.

La mesure de la turbidité fait partie de la photométrie des milieux troubles. Elle est déterminée grâce à un système optique, en général un spectrophotomètre classique, qui mesure la diminution, due à l'absorbance, de l'intensité d'un rayon lumineux de longueur d'onde connue traversant la suspension



Figure 18: turbidimétrie

III. 1.2. Aloe Vera :

Dans la deuxième partie de Ce chapitre et celui-ci sont dédiés à afficher diverses procédures expérimentales. Il a été mis en œuvre dans le cadre de cette recherche, qui a été clarifiée dans le programme. Ci-dessous :

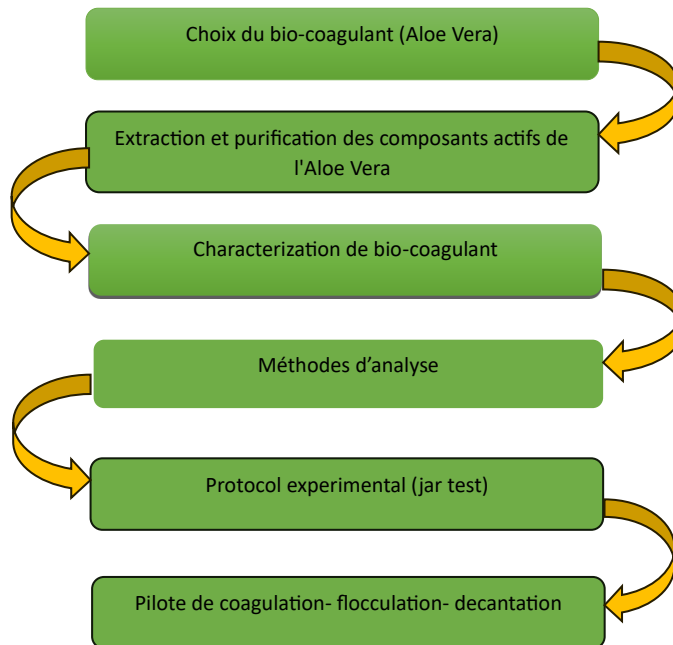


Figure 19: Les différentes procédures expérimentales

III.1.2.1. Extraction et purification des agents coagulants :

III.1.2.1.1. Préparation de la forme poudre du bio-coagulant :

Les feuilles de l'Aloe Vera. Avant d'être utilisés comme un coagulant organique sous formes poudres, Elle a été traitée comme suit (figure III.6) :

1. Lavage à l'eau du Robinet.
2. Découpage à des petits morceaux.
3. Séchage à une température relativement basse de 50°C pour éviter la décomposition des agents coagulants.
4. Broyage.
5. Tamisage à travers un tamis à pores de 0,35 mm



A/Aloe Vera



B/Lavage à l'eau du robinet



C/Découpage à des petits morceaux



E/ Broyage et tamisage



D/ Séchage à 50°C pendant 24h

Figure 20: Préparation de la forme poudre du coagulant

III.1.2.1.2. Préparation de la forme liquide du bio-coagulant :

- Effet des différents solvants sur le rendement d'extraction des agents coagulants :

On a ajouté de petites quantités de poudre fine (25 g) à 1000 ml de différentes solutions

- Eau distillée ;

Dans cette expérience, nous avons utilisé de l'eau distillée car l'objectif principal de ce travail est de préserver l'environnement de manière naturelle et de n'utiliser aucune substance ou produit chimique lors du traitement. Nous avons utilisé 5 g de poudre d'aloë Vera dans 200 ml d'eau distillée, On a agité la suspension avec un agitateur magnétique pendant 40 minutes à 350 rpm pour extraire les agents coagulants actifs de l'Aloë Vera. Après 30 minutes de macération,

Partie expérimentale

Chapitre 03

on a passé le surnageant à travers un papier filtre standard (avec une porosité inférieure à $8\text{ }\mu\text{m}$). Les solutions de filtrat ont été stockées dans une chambre froide à une température de $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ afin d'être utilisées ultérieurement (pour préparer les bio-coagulants).



**A/ poudre d'aloë
Vera**



**B/Agité a vitesse
350rpm Pendant 40min**



C/filtration



E/bio-coagulants



**D/Placer la solution au
réfrigérateur -/+4**

Figure 21: Préparation du coagulant liquide en utilisant l'eau distillée comme un solvant

III.1.2.2. Procédure expérimentale de bio-coagulation

Dans cette étude, nous avons utilisé la même eau que celle utilisée dans l'étude précédente.

Les échantillons d'eau ont été versés dans 6 béchers d'un volume de 300 ml, chaque bécher ayant un volume de 250 ml. On ajoute le mélange préalablement préparé d'Aloe Vera et d'eau distillée (coagulant naturel) en quantités : 3 ml, 6 ml, 9 ml, 12 ml, 15 ml et 18 ml pour chaque bécher, puis on place les échantillons dans le Jar- test. Agiter à 100 tr/min pendant 2 minutes puis mélanger lentement à 40 tr/min pendant 20 minutes suivi d'une décantation pendant 40 min. Après mesurés respectivement à l'aide d'un multi paramètre Hanna et d'un turbidimètre.



Figure 22: Méthode de jar test pour le coagulant naturel (Aloe Vera)

Après 40min décantation, on obtient les résultats :



Figure 23: Divers échantillons après le traitement par le bio-coagulant (Aloe vera)

Après 40min de la décantation, la première chose que nous remarquons que la couleur des échantillons a changée et est devenue moins trouble avant traitement. Cela varie d'un bécher à l'autre et forme un groupe de floes dont les tailles varient d'un bécher à l'autre.

On remarque également la formation d'une couche d'huile en surface.

III.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

III.4.1. Epluchures d'orange

Les valeurs initiale (tableau 01) et résiduelle (tableau 02) du pH, ORP, TDS, Conductivité et la turbidité pour les échantillons 1, 2,3,4,5 et 6 sont indiquée à titre de référence.

Nous avons remarqué après avoir terminé la bio-coagulation, la couleur de l'eau dans les échantillons n'a pas changé, au contraire, la couleur des échantillons est passée à l'orange. Nous interprétons cette couleur par la présence des caroténoïdes, notamment du bêta-carotène. De plus, une couche d'huile spéciale se forme dans le bécher 06, qui contient 18 ml de coagulant naturel. Des grumeaux se forment également dans tous les échantillons, mais la quantité de grumeaux varie d'un bécher à l'autre, et même la couche d'huile varie d'un bécher à un autre...

Tableau III. 1: Les valeurs des analyses initiales de l'eau usée industrielle avant le traitement

Paramètre	Valeur	Unité
pH	5.66	/
ORP	128.2	mvORP
TDS	100.3	PPT TDS
Conductivité	196	ms/cm
Turbidité	807	NUT/FUT
Température	22.39	C°
Salinité	70	Psu

Tableau III. 2: Les valeurs résiduelles des analyses de l'eau après le traitement par le bio-coagulant 1

Paramètre	B01 (03ml)	B02 (06ml)	B03 (09ml)	B04 (12ml)	B05 (15ml)	B06 (18ml)
pH	5.6	5.36	5.36	5.29	5.29	5.22
ORP	128.2	118.6	110.9	98.3	87.1	71.9
TDS	98.22	97.27	97.02	96.6	94.3	92.12
Conductivité	196	194.4	193.9	193.1	188.5	184.6
Turbidité	804	801	755	702	634	579
Température	22.39	22.39	22.39	22.39	22.39	22.39
Salinité	70	68.02	66.02	62.8	58.3	57.05

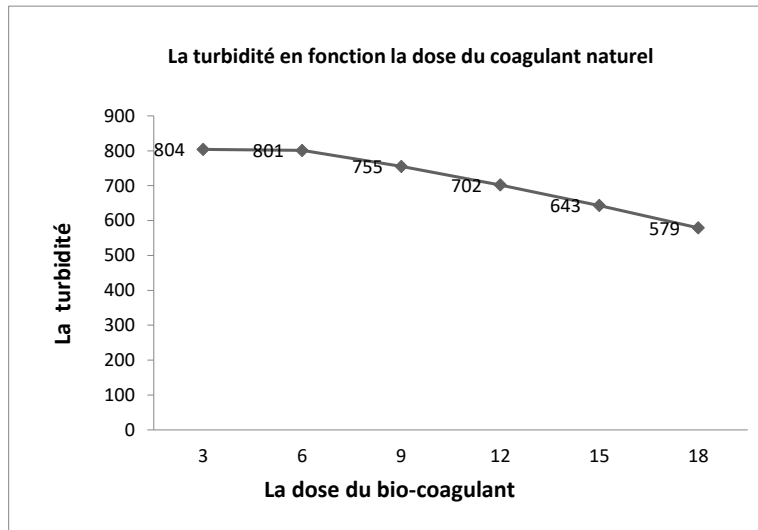


Figure 24: Effet de la dose de bio- coagulant (Écorces d'orange) sur la turbidité de l'eau traité

La courbe de la figure24 représente la valeur de turbidité en fonction de la dose de bio-coagulant. Dans cette figure, nous remarquons que la valeur de turbidité diminue à mesure que la quantité de coagulant naturel dans l'eau augmente, car la quantité de coagulant augmentait à une valeur fixe, soit 3 ml de turbidité. C'est le pourcentage d'augmentation. Remarquez que la valeur de turbidité diminue jusqu'à ce qu'elle n'atteigne pas la valeur autorisée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Mais on remarque le résultat de cette situation dans la diminution de la quantité de turbidité dans l'eau. On peut dire que ce coagulant peut être développé pour obtenir de meilleurs résultats de manière indépendante.

Dans cette étude, nous visons à utiliser des matériaux plus naturels pour traiter l'eau et obtenir de bons résultats

Cependant, on peut dire que ce coagulant a prouvé son efficacité sur les eaux industrielles, comme en témoigne la diminution de la valeur de turbidité de 807 NUT à 579NUT.

$$\text{Réduction de la turbidité \%} = \frac{(Ti - Tr) * 100}{Ti} = \frac{(807 - 579) * 100}{807} = 28.25\%$$

Dans cette expérience la réduction de la turbidité est : 28.25%

Commenté [rm1]:

La courbe 02 : représente la valeur de pH en fonction de la dose de Bio-coagulant

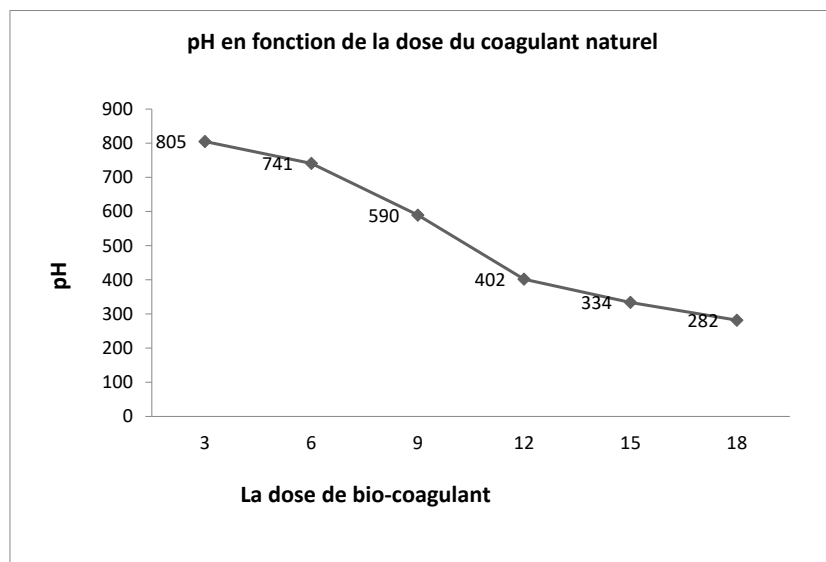


Figure 25: Effet de la dose de bio- coagulant (Écorces d'orange) sur le pH de l'eau traité

La courbe illustrée dans la figure 25 représente la valeur de pH en fonction de la dose du bio-coagulant, Dans cette étude, nous remarquons que la valeur de pH ne change pas dans tous les échantillons, sa valeur varie entre 5,3 et 5,6.

D'autre part, le coagulant naturel a joué un rôle dans la diminution de la valeur de ORP.

Par ailleurs, d'autres facteurs liés au traitement de l'eau peuvent affecter l'ORP, comme l'ajout de désinfectants oxydants (chlore, ozone, etc..), ou la présence de substances organiques ou inorganiques, ou d'échange de gaz avec de l'eau. Mais les vers orange eux-mêmes ne semblent pas être un facteur déterminant dans la valeur ORP de l'eau, et cela se voit dans la valeur ORP qui a diminué de 128,2 mvORP à 71,9mvORP. Ceci confirme l'efficacité du bio-coagulant dans le traitement des eaux industrielles.

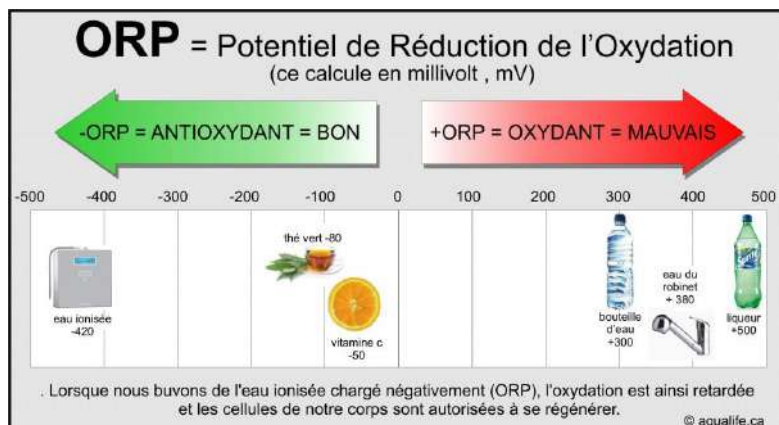


Figure 26:Le cheminement des facteurs affectant a l'ORP

III.4.2. Les feuilles d'Aloe Vera :

Les valeurs initiale (tableau 03) et résiduelle (tableau 04) du pH, ORP, TDS, Conductivité et la turbidité pour les échantillons 1, 2,3,4,5et 6 est indiquée à titre de référence dans Tableau 3.

Tableau 3: Les valeurs initiale de l'eau avant le traitement.

Paramètre	Valeur	Unité
pH	5.66	/
ORP	128.2	mvORP
TDS	100.3	PPT TDS
Conductivité	196	ms/cm
Turbidité	807	NUT/FUT
Température	22.39	C°
Salinité	70	Psu

Tableau III. 4: Les valeurs résiduelles des analyses de l'eau après le traitement par Aloe vera

Paramètre	B01 (03ml)	B02 (06ml)	B03 (09ml)	B04 (12ml)	B05 (15ml)	B06 (18ml)
PH	5.66	5.72	5.88	6.1	6.3	6.65
ORP	128.01	110.5	103.5	96.3	85.1	68.9

TDS	100.3	99.5	98.02	97.6	95.3	93.12
Conductivité	200	200	200	200	200	185.6
Turbidité	805	741	590	402	334	282
Température	22.39	22.39	22.39	22.39	22.39	22.39
Salinité	70	70	70	70	70	70

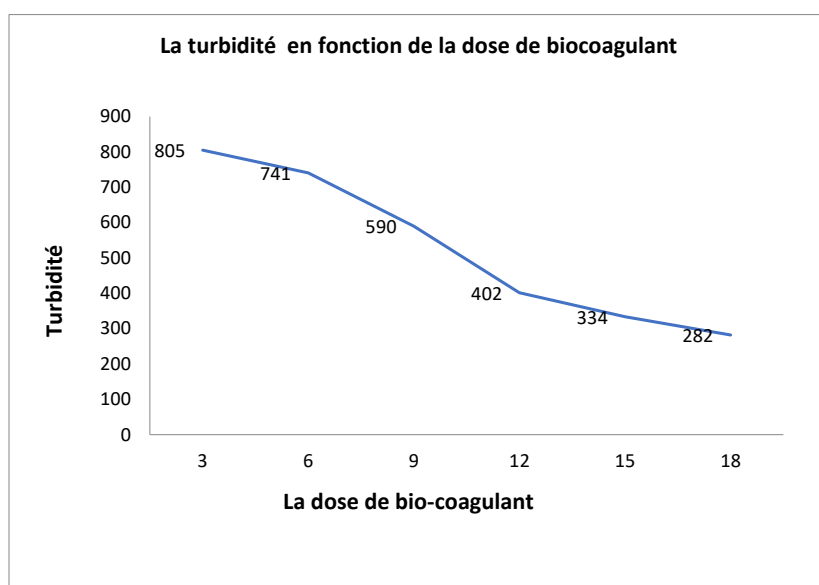


Figure 27: Effet de la dose de bio- coagulant sur la turbidité de l'eau traité (aloe Vera)

La courbe présentée dans la figure 27 représente la valeur de turbidité en fonction de la valeur naturelle du coagulant, nous remarquons que la valeur de turbidité diminue à mesure que la quantité de coagulant naturel dans l'eau augmente. Remarquez que la valeur de turbidité diminue jusqu'à ce qu'elle n'atteigne pas la valeur autorisée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) 282 NUT. Mais on remarque le résultat de cette situation dans la diminution de la

Partie expérimentale

Chapitre 03

quantité de turbidité dans l'eau. On peut dire que cette bio-coagulant eu un meilleur résultat que la précédente (écore d'orange).

$$\text{Réduction de la turbidité}\% = \frac{(Ti-Tr)*100}{Ti} = \frac{(805-282)*100}{805} = 64.96\%$$

Donc, la réduction de la turbidité est de : 64.96%

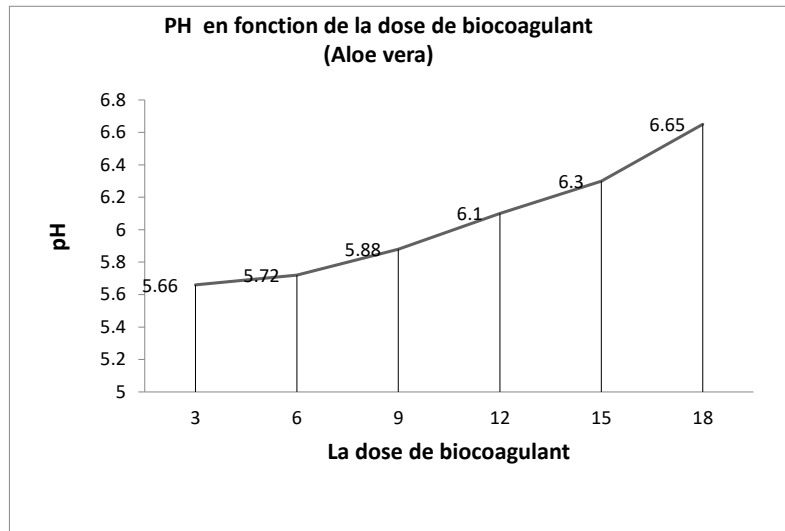


Figure 28: Effet de la dose de bio- coagulant (aloe Vera) sur le pH de l'eau traité

La courbe présentée par la figure 28 représente la variation de pH de l'eau traitée en fonction de la dose du bio-coagulant (aloe Vera), Dans cette étude, nous remarquons une augmentation de la valeur de pH dans les 06 tasses depuis 5.66 à 6.65.

L'augmentation du pH de l'eau après le traitement à l'aloe Vera comme coagulant naturel peut être expliquée par plusieurs facteurs. L'aloe Vera contient des composés naturels, tels que l'acide ascorbique, qui peuvent influencer le pH de l'eau traitée. De plus, l'utilisation de l'aloe Vera comme coagulant naturel peut entraîner des réactions chimiques qui modifient le pH de l'eau. Les études ont montré que l'aloe Vera peut avoir un effet désinfectant sur l'eau, ce qui peut également contribuer à des changements de pH. En outre, des ajustements de pH peuvent être nécessaires pour optimiser l'efficacité du processus de coagulation-floculation impliquant l'Aloe Vera.

Partie expérimentale

Chapitre 03

Quant aux autres paramètres, comme l'ORP, on remarque que sa valeur diminue mieux que l'expérience précédente, de 128,01 à 68,9. Cela est dû à l'efficacité du coagulant (Aloe Vera)

Nous notons également que la valeur TDS n'est pas davantage affectée par le coagulant car il n'a aucun rôle dans l'influence des solides dissous dans l'eau.

Stabilité de la valeur de conductivité et la salinité dans tous les échantillons.

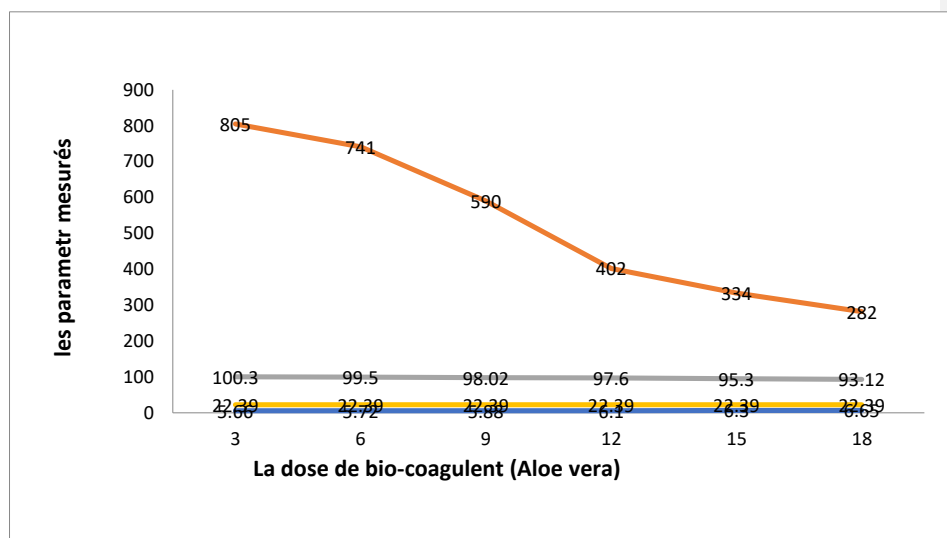


Figure 29: Effet de la dose de bio-coagulant (aloe Vera) sur les paramètres mesurés

Conclusion Générale

Le traitement des eaux industrielles par coagulation-floculation est un processus essentiel pour éliminer les matières en suspension (MES) et les colloïdes, ainsi que les micropolluants associés. Les coagulants naturels offrent une alternative écologique aux coagulants minéraux et synthétiques conventionnels. Dans ce contexte, notre étude a porté sur l'utilisation de coagulants naturels pour le traitement des eaux industrielles.

A travers les expériences que nous avons menées, qui visent à traiter les eaux industrielles de station de Déshuilage de Haoud Berkaoui. En utilisant les techniques de traitement par coagulation/ la floculation et décantation ... dans lesquelles nous avons utilisé de manière étudiée des matières naturelles : épluchures d'orange et Aloe Vera.

Les expériences nous ont semblé satisfaisantes, car l'utilisation de l'Aloe Vera comme coagulant naturel était meilleure en termes de résultats par rapport aux épluchures d'orange (Turbidité est éliminée à 64,96% pour l'Aloe vera et à 28,25% pour les épluchures d'orange), même si les résultats de l'analyse n'étaient pas proches des normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), mais ces résultats peuvent être améliorés indépendamment, car le solvant utilisé dans la préparation du coagulant était de l'eau distillée, et c'était notre objectif dans l'expérience. Traiter cette eau avec des matériaux naturels sans utiliser de produits chimiques, avec la protection de l'environnement comme objectif principal. Ces expériences peuvent être prises en considération comme point de départ pour utiliser des matériaux naturels comme sources de traitement de différents types d'eau, et pas seulement des eaux industrielles.

LES Référence:

- [1] J. Li *et al.*, "Solar-driven interfacial evaporation for water treatment: advanced research progress and challenges," vol. 10, no. 36, pp. 18470-18489, 2022.
- [2] Y. Nizar and M. J. P. R. Igouzal, "Assessment of urban wastewater pollution discharged by the Moroccan city of Kenitra at the Sebou river estuary," vol. 41, no. 2, pp. 153-162, 2022.
- [3] N. R. BENLAMOUDI and K. M. BEY AHMED, "Déshuilage des eaux usées de Haoud Berkaoui, «étude comparative», " Université KASDI-MERBAH Ouargla.
- [4] A. BALASKA, "TRAITEMENT DE L'EAU USEE DE LA LAITERIE EDOUGH-ANNABA PAR DES PROCEDES PHYSICOCHIMIQUES ET BIOLOGIQUES," Université Badji Mokhtar de Annaba, 2005.
- [5] C. BETTAYEB and I. AMIRA, "OPTIMISATION DE QUELQUES PARAMETERES DE POLLUTION DES EAUX USEES EN UTILISATION UN BIOMATERIAU," Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [6] M. Mori, "Caractérisation rhéologique de boues liquides issues de l'épuration biologique des eaux usées," Aix-Marseille 3, 2007.
- [7] Z. J. M. d. M. e. G. C. U. O. Chaich, "Optimisation de procédés de déshuilage dans la région Houad Berkaoui," 2012.
- [8] H. R. H. De León, "Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable," INSA de Toulouse, 2006.
- [9] R. Putra and N. Airun, "The effect of particle size and dosage on the performance of Papaya seeds (*Carica papaya*) as biocoagulant on wastewater treatment of batik industry," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1087, no. 1, p. 012045: IOP Publishing.
- [10] M. Siddique *et al.*, "Removal of turbidity from turbid water by bio-cogulant prepared from walnut shell," vol. 6, no. 2, pp. pp66-68, 2016.
- [11] S. B. Kurniawan, A. Ahmad, N. S. M. Said, K. Gustinasari, S. R. S. Abdullah, and M. F. J. E. A. Imron, "The influence of preparation and pretreatment on the physicochemical properties and performance of plant-based biocoagulants in treating wastewater," p. 100441, 2023.
- [12] S. L. Lim, T. Y. Wu, P. N. Lim, K. P. Y. J. J. o. t. S. o. F. Shak, and Agriculture, "The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics," vol. 95, no. 6, pp. 1143-1156, 2015.
- [13] M. Ibrahim, N. Ismail, B. Chua, and A. Adnan, "Drying and extraction of *Moringa Oleifera* and its application in wastewater treatment," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2120, no. 1, p. 012002: IOP Publishing.
- [14] A. Q. Zaid, S. B. Ghazali, N. S. A. Mutamim, and O. A. J. S. A. S. Olalere, "Experimental optimization of *Moringa oleifera* seed powder as bio-coagulants in water treatment process," vol. 1, pp. 1-5, 2019.
- [15] U. Magaji, D. Sahabi, M. Abubakar, and A. J. I. Muhammad, "Biocoagulation activity of *Moringa oleifera* seeds for water treatment," vol. 4, pp. 19-26, 2015.
- [16] D. W. Skaf, V. L. Punzi, J. T. Rolle, and E. J. J. o. E. C. E. Cullen, "Impact of *Moringa Oleifera* extraction conditions on zeta potential and coagulation effectiveness," vol. 9, no. 1, p. 104687, 2021.
- [17] G. Kapse and S. J. J. o. E. M. Samadder, "*Moringa oleifera* seed defatted press cake based biocoagulant for the treatment of coal beneficiation plant effluent," vol. 296, p. 113202, 2021.
- [18] S. Dhoke, J. Ekale, and P. J. Y. Kapse, "Profile of the farmers in disadvantaged districts of Marathwada region in relation with indigenous technology knowledge," vol. 41, p. 17.09, 2021.

Les référence

- [19] P. V. Andrade, C. F. Palanca, M. A. C. de Oliveira, C. Y. K. Ito, and A. G. J. J. o. W. P. E. dos Reis, "Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation," vol. 40, p. 101859, 2021.
- [20] D. Selmane, "Etude de l'extraction des protéines de coproduits d'abattage et de leur valorisation comme ingrédients fonctionnels," Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, 2010.
- [21] K. Preece, N. Hooshyar, N. J. I. F. S. Zuidam, and E. Technologies, "Whole soybean protein extraction processes: A review," vol. 43, pp. 163-172, 2017.
- [22] A. Jovanović, P. Petrović, V. Đorđević, G. Zdunić, K. Šavikin, and B. J. L. s. Bugarski, "Polyphenols extraction from plant sources," no. 37, pp. 45-49, 2017.
- [23] M. Megersa, W. Gach, A. Beyene, A. Ambelu, L. J. S. Triest, and P. Technology, "Effect of salt solutions on coagulation performance of Moringa stenopetala and Maerua subcordata for turbid water treatment," vol. 221, pp. 319-324, 2019.
- [24] S. Vishali, S. Roshini, M. Samyuktha, K. J. E. m. Ashish Anand, and assessment, "Towards zero waste production in the paint industry wastewater using an agro-based material in the treatment train," vol. 190, pp. 1-9, 2018.
- [25] J. Dotto, M. R. Fagundes-Klen, M. T. Veit, S. M. Palácio, and R. J. J. o. c. p. Bergamasco, "Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater," vol. 208, pp. 656-665, 2019.
- [26] S. Vishali, R. J. D. Karthikeyan, and W. Treatment, "Cactus opuntia (ficus-indica): an eco-friendly alternative coagulant in the treatment of paint effluent," vol. 56, no. 6, pp. 1489-1497, 2015.
- [27] A. Benalia, K. Derbal, A. Panico, and F. J. W. Pirozzi, "Use of acorn leaves as a natural coagulant in a drinking water treatment plant," vol. 11, no. 1, p. 57, 2018.
- [28] R. L. J. B. j. Baldwin, "How Hofmeister ion interactions affect protein stability," vol. 71, no. 4, pp. 2056-2063, 1996.
- [29] A. Benalia *et al.*, "Use of Aloe vera as an organic coagulant for improving drinking water quality," vol. 13, no. 15, p. 2024, 2021.
- [30] P. P. Nayak *et al.*, "Natural Plant Extracts Microalgae harvesting," ed: INDIAN ACAD SCIENCES CV RAMAN AVENUE, SADASHIVANAGAR, PB# 8005, BANGALORE ..., 2019.
- [31] M. Carvalho, B. Alves, M. Silva, R. Bergamasco, L. Coral, and F. J. C. E. J. Bassetti, "CaCl₂ applied to the extraction of Moringa oleifera seeds and the use for Microcystis aeruginosa removal," vol. 304, pp. 469-475, 2016.
- [32] N. Y. A. E. Irma *et al.*, "Evaluation of Aloe vera leaf gel as a natural flocculant: phytochemical screening and turbidity removal trials of water by coagulation flocculation," vol. 2277, p. 2502, 2016.
- [33] D. V. Kukić, M. B. Šćiban, J. M. Prodanović, A. N. Tepić, and M. A. J. E. E. Vasić, "Extracts of fava bean (Vicia faba L.) seeds as natural coagulants," vol. 84, pp. 229-232, 2015.
- [34] A. Benalia and K. Derbal, "Etude expérimentale et modélisation du processus de la coagulation floculation," 2015.
- [35] M. Šćiban, M. Klačnja, M. Antov, and B. J. B. t. Škrbić, "Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn," vol. 100, no. 24, pp. 6639-6643, 2009.
- [36] G. Muthuraman, S. J. J. o. I. Sasikala, and E. Chemistry, "Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants," vol. 20, no. 4, pp. 1727-1731, 2014.
- [37] S. A. Jahn and H. J. W. S. Dirar, "Studies on natural water coagulants in the Sudan, with special reference to Moringa oleifera seeds," vol. 5, no. 2, pp. 90-106, 1979.
- [38] A. Benalia, K. Derbal, A. Khalfaoui, A. Pizzi, and G. J. J. o. R. M. Medjahdi, "The use of as natural coagulant in algerian drinking water treatment plant," vol. 10, no. 3, p. 625, 2022.
- [39] F. Valiron, *Gestion des eaux: alimentation en eau, assainissement*. Ecole nationale des Ponts et chaussées, 1985.
- [40] G. Degremont, *Mémento technique de l'eau*. Ed. Techniques Ingénieur, 1972.
- [41] H. E. Inc., *Handbook of public water systems*. John Wiley & Sons, 2001.

Les référence

- [42] A. J. J. O. Boutteflika, "Paramètres de Qualité de L'eau de Consommation Humaine," vol. 18, pp. 6-9, 2011.
- [43] J. K. Trick, M. Stuart, and S. Reeder, "Contaminated groundwater sampling and quality control of water analyses," in *Environmental geochemistry*: Elsevier, 2008, pp. 29-57.
- [44] J. J. M. o. s. a. P. C. m. Rhoades, "Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids," vol. 5, pp. 417-435, 1996.
- [45] A. K. J. I. R. J. o. N. Dwivedi and A. Sciences, "Researches in water pollution: A review," vol. 4, no. 1, pp. 118-142, 2017.
- [46] S. Jain and V. J. D. i. W. S. Singh, "Water quality modeling," vol. 51, pp. 743-786, 2003.