

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

PRODUCTION D'AGENTS DE CONDITIONNEMENT A
PARTIR DE MICROALGUES CULTIVÉES SUR EAUX USEES
(UNE APPROCHE DE VALORISATION)

Présenté par

M^{elle} Ben KHARFALLAH Mouni

M^{elle} CHERTOUT Amel Hadil

M^r DAMMENE DEBBIH Ahmed Seddik

M^r ESSEID Othmane

M^{elle} SIHAMDI Lyna

M^r KHEMIS Amine

Dirigé par :

Dr ZAMOUCHE-ZERDAZI Rania

Maitre de Conférence A

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Remerciement	3
Sommaire.....	12

Introduction..... 19

CHAPITRE I Revue Bibliographique..... 13

I.1	La coagulation-floculation dans le traitement des eaux	15
I.2	Définition et principes de base	15
I.2.1	Importance du traitement des eaux industrielles	16
I.3	Problématiques liées aux coagulants/ floculant chimiques	16
I.4	Les bio-coagulants : Définition et avantages.....	17
I.4.1	Origine et types de bio-coagulants	17
I.4.1.1	Bio-coagulants d'origine végétale.....	17
I.4.1.2	Bio-coagulants d'origine microbienne	17
I.4.1.3	Bio-coagulants d'origine algale.....	18
I.4.2	Mécanismes d'action des bio-coagulants	18
I.4.3	Comparaison entre bio-coagulants et coagulants chimiques.....	18
I.5	Historique de l'utilisation des biocoagulants d'origine algale pour la déshydratation des boues	19
➤	Premiers travaux.....	19
➤	Transition vers des solutions durables.....	19
➤	Avancées récentes	19
I.6	Espèces de microalgues concernées	19
I.6.1	Les Cyanobactéries : à citer.....	20
I.6.2	Les Microalgues vertes : à citer.....	21
I.6.3	Cyanobactéries bleues :	22
I.6.4	Autres espèces :	22
I.7	Système de culture des microalgues	23
I.7.1	Systèmes ouverts (étangs ou bassins) :.....	23
I.7.2	Systèmes fermés (photobioréacteurs) :	24
I.8	Fonctionnement des microalgues	24
I.8.1	Définition des micro-algues :	25
I.8.2	Fonctionnement des microalgues : principes, types et classification :	26
I.8.2.1	Fonctionnement :	26
I.8.2.2	Types d'organisation cellulaire :	27
I.9	Les facteurs influençant le développement et l'activité des microalgues	30
I.9.1	Les Facteurs environnementaux :	30
I.9.1.1	Le Facteur de Lumière :	30
I.9.1.2	Le Facteur de température	32
I.9.1.3	Le Facteur de pH :	34
I.9.1.4	Le Facteur de salinité :	36

I.9.1.5 Le facteur de nutriments :	37
I.9.2 Les Facteurs biologiques :	39
I.9.2.1 Interactions des Microalgues avec d'Autres Microorganismes	39
I.9.2.2 Applications et Optimisation des Facteurs Biologiques en Culture de Microalgues	42
I.10 Facteurs influençant le développement et l'activité des micro-algues et stratégies de stress pour améliorer la sécrétion des exopolysaccharides (EPS)	43
I.10.1 Facteurs abiotiques influençant le développement des EPS des micro-algues	43
I.10.1.1 Lumière et photosynthèse :	43
I.10.1.2 Température et adaptations métaboliques :	43
I.10.1.3 Nutriments et limitation stratégique :	43
I.10.1.4 Salinité et stress osmotique :	44
I.10.2 Stress abiotiques et biotiques pour optimiser la sécrétion d'EPS	44
I.10.2.1 Stress lumineux	44
I.10.2.2 Stress nutritionnel	44
I.10.2.3 Stress thermique	44
I.10.2.4 Interactions microbiennes	45
I.10.3 Rôles multifonctionnels des EPS	45
I.10.3.1 Protection cellulaire	45
I.10.3.2 Applications en biorestauration	45
I.10.4 Valorisation industrielle	45
I.11 Processus de floculation et de clarification	45
I.12 Vers une production industrielle durable	45

CHAPITRE II La déshydratation des boues (Etude de terrain) 47

II.1 Traitement des boues (ligne des boues)	46
II.1.1 Épaississement des boues	46
II.1.2 Stabilisation des boues	47
II.1.2.1 Stabilisation biologique :	47
II.1.2.2 Stabilisation chimique	47
II.1.3 Déshydratation	47
II.1.3.1 Types d'eau contenue dans les boues	47
II.1.3.2 Les Techniques de déshydratation	48
II.1.3.3 Facteurs influençant la déshydratation : Plusieurs facteurs peuvent influencer les performances de déshydratation	48
II.1.3.4 Conditionnement des boues par polymères	48
II.1.4 Valorisation ou élimination des boues	49
II.1.4.1 Valorisation :	49
II.1.4.2 Élimination :	50
II.2 La station de Bougherdaine :	50
II.2.1 Aperçu de la station de Boughardaine :	50
II.3 Processus de Traitement :	51
II.3.1 Prétraitement :	51
II.3.1.1 Grillage mécanique (Tamisage) :	51
II.3.1.2 Dessablage :	51
II.3.1.3 Déshuilage :	51
II.3.2 Traitement biologique :	51
II.3.2.1 La chaîne biologique :	51
II.3.2.2 Clarificateur secondaire :	52
II.4 Gestion et traitement des boues résiduelles :	52

II.4.1	Épaississement :	52
II.4.2	Déshydratation :	53
II.5	Suivi de la déshydratation dans la station de Bouguerdaine	56
II.6	Programme d'application du polymère durant les deux années de suivi	57
	Jours de rupture	57
II.7	Comparaison des indicateurs clés	58
II.8	Fournisseur du polymère cationique dans les stations d'épuration locales	61
II.9	Conclusion	62

Chapitre III : Étude des eaux usées destinée à la culture des microalgues. 63

III.1	Introduction	64
III.2	Sélection du type d'eaux usées destinées à la culture de biomasse algale	64
III.3	Recensement et estimation des eaux usées issues des abattoirs de la wilaya de Constantine	65
III.4	Prélèvement et échantillonnage	68

CHAPITRE IV : Processus de culture et de production des microalgues 76

IV.1	Introduction	77
IV.2	Espèce de microalgue	77
IV.3	Préparation et stérilisation du matériel d'incubation	77
IV.4	Substrats utilisés et modalités de préparation	78
	IV.4.1 Préparation des mélanges de culture	80
	IV.4.2 Les mélanges solution de culture/ biomasse algale	81
	IV.4.3 Les programmes expérimentaux réalisés	82
IV.5	Les paramètres de suivi des différents photobioréacteurs incubés	83
IV.6	Résultats et discussions	84
	IV.6.1 Première expérience	84
	IV.6.2 Deuxième expérience	94
	IV.6.3 Troisième expérience	95
	IV.6.4 Quatrième expérience	96
	IV.6.5 Cinquième expérience	98
	IV.6.6 Sixième expérience	103

CHAPITRE V : Elaboration et application d'un biofloculant microalgale 106

V.1	Facteurs de stress imposés	107
V.2	Application des stress	108
V.3	Concentration des suspensions récupérées	111
V.4	Test de conditionnement	112
V.5	Effet de l'agent de conditionnement chimique sur les performances de déshydratation de boues	112
	V.5.1 Effet de l'agent de conditionnement à base d'algue sur les performances de déshydratation de boues	114

Références Bibliographique..... 119

Résumé

Dans un contexte mondial où la préservation de l'environnement est devenue une priorité, le traitement des eaux usées représente un enjeu majeur pour limiter les impacts des rejets industriels sur les milieux aquatiques. Si les coagulants chimiques sont couramment utilisés pour leur efficacité, ils présentent néanmoins plusieurs inconvénients : génération de boues toxiques, risques pour la santé, coût élevé et effets négatifs sur l'écosystème.

Face à ces limites, la présente étude s'inscrit dans une logique d'économie circulaire en valorisant des bio-coagulants (agent de conditionnement) naturels extraits de microalgues, cultivées sur un substrat innovant à base de sang, un déchet organique abondant et riche en nutriments.

L'étude repose sur une série d'expérimentations visant à produire, extraire et évaluer l'efficacité de ces agents de conditionnement dans le processus de déshydratation des boues. Les microalgues ont été soumises à différents types de stress (thermique, lumineux, mécanique), afin de stimuler la production de polymères extracellulaires. Les extraits obtenus ont ensuite été appliqués sur des échantillons de boues issues de stations d'épuration locales.

Les résultats obtenus sont très prometteurs. Une comparaison directe avec un polymère chimique utilisé dans une station d'épuration a révélé que le bio-coagulant à base de microalgues présente des performances intéressantes tout en étant biodégradable et issu d'une ressource renouvelable.

Cette approche permet à la fois de valoriser un sous-produit d'abattoir, de produire une biomasse utile, et de proposer une alternative écologique, économique et durable aux coagulants conventionnels. Ce travail confirme la faisabilité d'un traitement des eaux usées plus respectueux de l'environnement, et ouvre la voie à des solutions locales adaptées aux besoins et aux ressources disponibles en Algérie.

Mots clé : Rejet d'abattoir, Bio coagulant, Agent de conditionnement , Déshydratation , Microalgue.

Abstract

In a global context where environmental preservation has become a priority, wastewater treatment represents a major challenge in limiting the impact of industrial discharges on aquatic ecosystems. While chemical coagulants are widely used for their effectiveness, they present several drawbacks: generation of toxic sludge, health risks, high costs, and negative environmental effects.

In response to these limitations, the present study adopts a circular economy approach by valorizing natural bio-coagulants (conditioning agents) extracted from microalgae, cultivated on an innovative substrate based on blood, abundant organic waste rich in nutrients.

The study is based on a series of experiments aimed at producing, extracting, and evaluating the effectiveness of these conditioning agents in the sludge dewatering process. The microalgae were subjected to different types of stress (thermal, light, mechanical) to stimulate the production of extracellular polymers. The resulting extracts were then applied to sludge samples from local wastewater treatment plants.

The results are very promising. A direct comparison with a chemical polymer used in a treatment plant revealed that the microalgae-based bio-coagulant delivers comparable, if not better, performance while being biodegradable and derived from a renewable resource.

This approach not only allows the valorization of slaughterhouse by-products and the production of useful biomass, but also offers an ecological, economical, and sustainable alternative to conventional coagulants. This work confirms the feasibility of a more environmentally friendly wastewater treatment process and opens the way for local solutions tailored to the specific needs and resources available in Algeria.

Keywords: Slaughterhouse wastewater, Bio-coagulant, Conditioning agent, Dewatering, Microalgae.