

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



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :.....

Série :.....

Mémoire

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

MODÉLISATION DU COLMATAGE MEMBRANAIRE :
DÉVELOPPEMENT DE MODÈLE MATHÉMATIQUE DANS UN
BIORÉACTEUR A MEMBRANE IMMERGÉE A FAIBLE CHARGE
ORGANIQUE

Présenté par :

OUILI GHADA

HARKAT HAYAM

SALHI AMINA

Dirigé par :

Mme Benaliouche Hana

Maitre de conférences

Année universitaire

2019-2020

Session : Septembre

Sommaire

Liste des figures	I
Liste des tableaux	III
Liste des abréviations	V
Résumé	VII
Introduction générale	01

Chapitre I : synthèse bibliographique

I .Les Bioréacteurs à Membrane	04
I.1. Un peu d'histoire	04
I.1.1.L'apparition des bioréacteurs à membranes.....	04
I.1.2 : Principe des Bioréacteurs à Membrane	05
I.1.2.1 : Définitions	05
I.1.2.2 : Utilisations de BRM pour le traitement des eaux usées	05
I.3 : Les différentes Configurations des Systèmes de BRM	05
I.3.1 : Les Avantages et Limites des BRM	07
I.3.1.1 : Les Avantages	07
I.3.1.2 : Les limites	09
I.4 : Le colmatage dans les bioréacteurs à membrane	10
I.4.1 : Formulation mathématique	10
I.4.2 : Différents mécanisme de colmatage	11
I.5 : Modélisation du colmatage	12
I.5.1 : Modèles classiques	12
I.6 : Formation de la masse du gâteau	18
I.6.1 :L'évolution de performance membrane et les calculs des résistances	21
I.7 : Les méthodes d'analyse de colmatage : (caractérisation).....	24
I.8 : Les Méthodes d'analyse	25

Chapitre II

Introduction. .

I . Les exopolymères (EPS).....	28
I .1. Définition des EPS.....	28
I .2. Localisation et les types des EPS.....	28
I .3. Production des EPS liées et solubles	29
I .4. Caractérisation des floccs (EPSliées)	29
I .5. Description de la structure physique du flocc (EPS liées)	30

I .6. Les analyses des EPS.....	31
I .6.1. Les méthodes destructives.....	31
I .6.2. Les méthodes non destructives.....	31
I .7. Extraction et dosages d'EPS liées et EPS _{solubles}	32
I .7.1. Extraction des substances polymériques extracellulaires liées(EPS).....	32
I .7.2. DosagedesEPS.....	33
II . Les produits microbienssolubles(SMP).....	34
II .1. Définition et classificationdesSMP.....	34
II .2. La production des SMP dans les bioréacteurs.....	34
II .3. Rôle des SMP dans le colmatage.....	35.
II .4. Relation des SMP dans le colmatageparDOM.....	36
II .5. Méthodes de caractérisation des SMP.....	37
II .5.1.Méthodes colorimétriques.....	37
II .5.1.1. Détermination de la concentration en protéines.....	38.
II .5.1.2. Détermination de la concentration en polysaccharides.....	38
II .5.2. Spectroscopie de fluorescence3D (3DEEM).....	39
II .5.2.1. Spectres de fluorescence.....	39
II .5.2.2. Dilution et linéarité pour la quantification.....	41
II .5.3.LC-OCD-OND.....	41
II .5.3.1.Mesures.....	41
II .5.3.2. Quantification des groupements fonctionnels par THM-GC/MS.....	42
III. Caractérisation des produits microbiens solubles SMP (BAP-UAP).....	43
III.1. Description.....	43
III.2. Expériences par lots pour la production de BAP et UAP.....	45
Conclusion.....	47

Chapitre III : matériels et méthode

III. 1. Matériel et Méthodes	48
III .1.1. Description du système expérimental	48
III.1.2. Le module membranaire	48

III.2.Fonctionnement de MBR	49
III.3 .Les Méthodes d'analyse (Les analyses Statistique)	49
III.3.1 Les Différent Types des Analyses Statistiques	49
III.3.2. Analyse de la variance (ANOVA)	50
III.3.3.1RÉGRESSION LINÉAIRE	51
III.3.3.1.Régression linéaire multiple	51
III.3.4.Analyse en Composants Principales (CPA)	52
III.3.4.1.Description de la méthode CPA	52
III.3.5.L'équation structurelle	52
III.3.5.1 Introduction	52
III.4.Logiciels de Simulation	53
III.4.1. IBM SPSS	53
III.4.2.Origin Lab 2020	54

Chapitre IV : Résultats et Discussions

IV .1 Identification des relations entre les facteurs du colmatage membranaire et les résistances du colmatage membranaire	55
IV.1.1 Méthode MLR.....	55
IV.1.1.1. L'analyse de corrélation (coefficient rp).....	62
IV.1.2. Méthode CPA	65
IV.1.3. Modélisation par équations structurelle (MES)	69
IV.1.3. 1.Les modèles SEM	70
IV .2. Développer modèle mathématique : Relation Rcake-OUR	73
IV .2.1.Modèle mathématique.....	74
IV.2.2.Validation du modèle	77
Conclusion	62
Références bibliographique	64

Résumé

Les systèmes bioréacteur à membrane dans l'épuration des eaux usées présentent plusieurs avantages par rapport aux processus classiques à boues activées. Par contre l'un des principaux inconvénients est le colmatage de la membrane. Diverses stratégies sont mises en œuvre pour combattre le colmatage. Dans ce travail l'objectif est identifier des relations entre les facteurs du colmatage membranaire et les résistances du colmatage membranaire aussi de simuler la masse du gâteau, et pour finir le développement de modèle mathématique basée sur les résultats d'analyse statistique multivarié des paramètres active pour deux TSB fixé à 40 et 60 jours, avec une faible charge organique ($C/N=3.5$). La validation de modèle et l'interprétation des résultats de simulation a été faite par les plus précises méthodes d'analyses statistique tels que : la regression linéaire multiple (MLR), l'analyse composantes principale (ACP) et la modélisation par equations structurelle (SEM).à l'aide des deux logiciels Origin et AMOS SPSS. L'analyses statistiques des résultats expérimentaux ont montré une corrélation inverse entre (R_{cake} / R_{foul}) et OUR. Basé sur les trois méthodes de corrélation (MLR CPA SEM), un modèle mathématique été formulé. Le modèle a ensuite été validé par des données expérimentales observées dans le SMBR. Les résultats simulés du modèle concordent bien avec les résultats expérimentaux.

Mots clés : bioréacteur à membrane, eaux usées, boues actives, colmatage, colmatage membranaire, résistances, masse de gâteau, analyse statistique, MLR, SEM, ACP, ANOVA ONE WAY,

Abstract:

The systems with membrane in the wastewaters treatment have several advantages compared with traditional processes at activated sludge. On the other hand one of the principal disadvantages is the fouling of the membrane. Various techniques were used to reduce membrane fouling. In this work the objective is identify the relation between the membrane fouling factors and the membrane fouling resistances, also to simulate the cake mass, and finally the development of a mathematical model based on the results of multivariate statistical analysis of the active parameters for two TSB set at 40 and 60 days, with low organic load ($C/N=3.5$).

The model validation and the interpretation of the simulation results were done by the most accurate statistical analysis methods such as: multiple linear regression (MLR),