

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES

DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :.... .

Série :.... .

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

THEME

**ETUDE EXPERIMENTALE ET SIMULATION PAR LE LOGICIEL SUPER
PRO DESIGNER DU TRAITEMENT DES EAUX COLOREES
PAR COAGULATION-MICROFILTRATION**

Dirigé par:

Dr. M^{me} **CHIKHI.F**

Grade : Maître de Conférences

Présenté par :

BOUDJEMAI marwa

ZEGGAR choubaila

Année Universitaire 2016/2017.

Session Juin.

Sommaire

| | |
|------------------------------------|-----|
| Liste des tableaux | VI |
| Liste des figures | VII |
| Nomenclature | XIV |
| Introduction générale | 1 |

Chapitre I : Généralité sur les colorants

| | |
|--|---|
| I.1.Introduction..... | 3 |
| I-2 Historique des colorants..... | 3 |
| I-3 Classification des colorants..... | 4 |
| I-3-1 Classification technologique ou (appellation usuelle)..... | 4 |
| I-3-2 Classification technique..... | 4 |
| I-3-3 Classification chimique..... | 4 |
| I-3-4 Classification tinctoriale..... | 5 |
| I-4 Utilisation des colorants..... | 6 |
| I-5 Procédés d'élimination des colorants..... | 7 |
| I-5-1 Procédés chimiques..... | 7 |
| I-5-2 Procèdes physiques..... | 7 |
| I-5-3 Méthodes physico- chimiques..... | 8 |
| I-5-4 Méthodes biologiques de traitement..... | 8 |
| I-6-Toxicité des colorants..... | 8 |
| I-6-1 Toxicité sur la santé humaine..... | 8 |
| I-6-2 Toxicité sur les milieux aquatiques..... | 9 |
| I-7 Travaux réalisés sur l'élimination de colorants..... | 9 |

Chapitre II : Généralités sur les membranes

| | |
|-------------------------------------|----|
| II-1 Introduction..... | 11 |
| II-2 Définition de la membrane..... | 12 |
| II-3 Procédés membranaires..... | 12 |
| II-3-1 Osmose Inverse (OI)..... | 12 |
| II-3-2 Nanofiltration (NF)..... | 13 |

| | |
|--|----|
| II-3-3 Ultrafiltration (UF)..... | 13 |
| II-3-4 Microfiltration (MF)..... | 14 |
| II-4 Configuration des modules..... | 14 |
| II-4-1 Les modules tubulaires..... | 14 |
| II-4-2 Les modules fibres creuses..... | 15 |
| II-4-3 Les modules plans..... | 15 |
| II-4-4 Les modules spirales..... | 16 |
| II-5 Types de membranes..... | 17 |
| II-5-1 Selon leur nature..... | 17 |
| II-5-2 Selon leur porosité..... | 17 |
| II-5-3 Selon leur fabrication..... | 18 |
| II-6 Caractéristiques des membranes..... | 19 |
| II-6-1 Pression transmembranaire PTM..... | 19 |
| II-6-2 Flux du perméat (Jv)..... | 20 |
| II-6-3 Résistance et Perméabilité hydraulique de la membrane (R, Lp)..... | 20 |
| II-6-4 Taux de rétention (rejection coefficient) et Transmission du soluté (TR)..... | 22 |
| II-6-5 Seuil de coupure (Molecular weight cut - off (MWCO))..... | 23 |
| II-7 Mise en œuvre des membranes..... | 23 |
| II-7-1 Écoulement frontal..... | 23 |
| II-7-2 Écoulement tangentiel..... | 24 |
| II-8 Colmatage d'une membrane..... | 25 |
| II-9 Mécanismes de colmatage – approche phénoménologique..... | 25 |
| II-9-1 Formation de dépôt ou de gel..... | 25 |
| II-9-2 Blocage des pores..... | 26 |
| II-9-3 Adsorption..... | 26 |
| II-9-4 Polarisation de concentration..... | 26 |
| II-9-5 Synthèse..... | 27 |
| II-10 Nettoyage des membranes..... | 27 |
| II-10-1 Nettoyage mécanique..... | 28 |
| II-10-2 Nettoyage chimique..... | 28 |
| II-10-3 Nettoyage enzymatique..... | 28 |

Chapitre III : Généralités sur le simulateur SuperPro Designer

| | |
|--|----|
| III-1 Introduction..... | 29 |
| III-2 Définition de logiciel SuperPro Designer..... | 29 |
| III-3 Principales caractéristiques de SuperPro Designer..... | 30 |
| III-4 Les étapes de logiciel SuperPro Designer..... | 31 |

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

| | |
|---|----|
| IV-1 Introduction..... | 41 |
| IV-2 Produits utilisés..... | 41 |
| IV-2-1 les colorants..... | 41 |
| IV-2-1-1 Bleu de Méthylène..... | 41 |
| IV-2-1-2 Bleu Turquoise..... | 43 |
| IV-2-2 Les coagulants..... | 43 |
| IV-2-2-1 Chlorure Ferrique..... | 44 |
| IV-2-2-2 Sulfate d'aluminium..... | 44 |
| IV-2-3 Préparation des solutions..... | 45 |
| IV-2-4 Détermination de la courbe d'étalonnage..... | 45 |
| IV-3 Méthodologies utilisées..... | 47 |
| IV-3-1 Coagulation..... | 47 |
| IV-3-1-1 Jar-tests..... | 47 |
| IV-3-1-2 Mode opératoire de coagulation-floculation..... | 48 |
| IV-3-2 Méthode de mesure du pH..... | 48 |
| IV-3-3 La microfiltration..... | 49 |
| IV-3-3-1 Protocole expérimental de la microfiltration..... | 49 |
| IV-4 Procédés d'analyses utilisés..... | 50 |
| IV-4-1 Spectroscopie d'absorption dans l'UV-visible..... | 50 |
| IV-4-1-1 Définition..... | 50 |
| IV-4-1-2 Principe..... | 50 |
| IV-4-1-3 Loi d'absorption de la lumière - loi de beer-lambert..... | 51 |
| IV-4-1-4 Analyses du BM et BT par spectrophotométrie dans le visible..... | 52 |
| IV-4-2 Spectroscopie infrarouge..... | 53 |

| | |
|--|----|
| IV-4-2-1 Définition..... | 53 |
| IV-4-2-2 Principes de la spectroscopie infrarouge..... | 53 |
| IV-4-3 Turbidimétrie..... | 54 |
| IV-4-3-1 Turbidité..... | 54 |
| IV-4-2-1 Turbidimètre..... | 54 |
| IV-4-2-3 Méthode de Mesure de turbidité..... | 55 |
| IV-4-2-4 Analyses du BM et BT par Turbidimètre..... | 55 |
| IV-5 Nettoyage de la membrane..... | 56 |
| IV-5-1 Nettoyage chimique..... | 56 |

Chapitre V : Résultats et discussions

| | |
|---|----|
| V-1 Introduction..... | 57 |
| V-2 Bleu de méthylène..... | 57 |
| V-2-1 Coagulation du colorant Bleu de méthylène..... | 57 |
| V-2-1-1 Détermination de la dose optimale du coagulant..... | 57 |
| V-2-1-2 Détermination du pH optimum..... | 58 |
| V-2-2 Variation du flux de perméat d'une solution colorée en fonction du temps (sans addition de coagulants)..... | 59 |
| V-2-3 Variation du flux de perméat en fonction de pression transmembranaire (PTM)..... | 60 |
| V-2-4 Variation de la concentration du perméat et du concentrât en fonction du temps..... | 61 |
| V-2-4 Variation de la concentration du perméat et du concentrât en fonction de la PTM..... | 65 |
| V-2-5 Comparaison des résultats expérimentaux de microfiltration et de coagulation-microfiltration..... | 67 |
| V-2-6 Variation de la turbidité du concentrât et de perméat..... | 69 |
| V-3 Le colorant Bleu Turquoise..... | 73 |
| V-3-1 Coagulation du colorant Bleu Turquoise (BT)..... | 73 |
| V-3-1-1 Dose optimale du coagulant..... | 73 |
| V-3-1-2 pH optimal | 74 |
| V-3-2 Variation du flux du perméat en fonction du temps..... | 74 |
| V.3.3 Variation du flux du perméat en fonction du PTM..... | 75 |
| V-3-4 Variation de la concentration du perméat et du concentrât en fonction du temps..... | 76 |

| | |
|---|------------|
| V-3-5 Variation de la concentration du perméat et du concentrât en fonction de la PTM.... | 81 |
| V-3-6 Variation de la concentration du perméat et du concentrât en fonction du Ph..... | 82 |
| V-3-7 Variation de la turbidité..... | 86 |
| V-3-8 Variation de taux de rétention de la membrane en fonction de temps et de la PTM..... | 93 |
| V -3-9 Comparaison des résultats expérimentaux et calculées..... | 96 |
| V-4 Analyses du BT par la spectroscopie infrarouge..... | 102 |
| Conclusion générale..... | 107 |
| Références Bibliographiques..... | 109 |
| Résumé | |

Résumé

Notre travail porte sur l'élimination de deux colorants (bleu turquoise : BT et bleu de méthylène : BM) qui sont très utilisés dans l'industrie de textile et pharmaceutique par un procédé membranaire (microfiltration et coagulation-microfiltration), l'étude a été réalisée en plusieurs étapes, commençant par la détermination des conditions optimales de coagulation (dose du coagulant et pH de la solution), ensuite une étude approfondie a été réalisée sur la séparation des colorants par les deux procédés microfiltration et coagulation-microfiltration en déterminant la variation du flux de perméat, la concentration et la turbidité du perméat et du concentrât en fonction du temps et de la pression transmembranaire (PTM), le taux de rétention a été aussi déterminé ; une étude complémentaire a été achevée en utilisant le simulateur SuperPro Designer pour confirmer nos résultats expérimentaux. L'ensemble des résultats montre que le colorant BT a été très bien retenu par la membrane de microfiltration à cause de la diminution du flux de perméat en fonction du temps, et la différence importantes entre les concentrations et les turbidités du perméat et du concentrât au pH neutre, et aussi à cause des valeurs élevés des taux de rejet ($> 70\%$) surtout lorsque la coagulation est utilisée, contrairement à ce qu'il a été observé pour le colorant BM. Le logiciel SuperPro Designer donne des résultats comparables avec ceux obtenus expérimentalement.

Mots clés :

Microfiltration, coagulation, Bleu Turquoise, Bleu de Méthylène, SuperPro Designer.

المخلص

يشمل عملنا إزالة اثنين من الأصباغ (الفيروز الأزرق (BT) والميثيلين الأزرق (BM)) والتي تستخدم على نطاق واسع في صناعة الغزل والنسيج والأدوية من خلال عملية الغشاء (التخثر و الترشيح الدقيق) ، وهذه الدراسة قد أجريت في العديد من الخطوات بدءا من تحديد شروط التخثر المثلى (جرعة التجلط ودرجة الحموضة المحلول)، وبعدها تم إجراء دراسة موسعة على فصل الأصباغ من قبل كل من التخثر وطرق التخثر-الترشيح عن طريق تحديد تغيير في تدفق المحلول والتركيز وتعكر المحلول المعالج بدلالة الزمن الضغط (PTM)، ونسبة نزع الغشاء أيضا تم تحديدها ; وقمنا بدراسة تكاملية باستخدام مصمم المحاكاة (SuperPro Designer) من أجل تأكيد نتائجنا التجريبية تظهر النتائج الإجمالية أن الصبغة (BT) قد حفزت بشكل جيد للغاية من قبل غشاء الترشيح الدقيق بسبب انخفاض تدفق المحلول المعالج بدلالة الزمن ، والفرق كبير بين تركيزات وتعكر المحلول المعالج و كذلك بسبب القيم المرتفعة لنسبة نزع الغشاء (>70%)، وخصوصا عندما يستخدم التخثر، على عكس ما لوحظ على الميثيلين الأزرق. SuperPro Designer يعطي نتائج مماثلة لتلك التي تم الحصول عليها تجريبيا.

الكلمات المفتاحية

الترشيح الدقيق،التخثر الفيروز الأزرق، الميثيلين الأزرق و SuperPro Designer.

Abstract

Our work focuses on the removal of two dyes (turquoise blue: BT and methylene blue: BM), which are widely used in the textile and pharmaceutical industry by a membrane process (microfiltration and coagulation-microfiltration) (Coagulation dose and pH of the solution), followed by a thorough study on the separation of the dyes by the two microfiltration and coagulation-microfiltration processes, determining the Variation in permeate flux, concentration and turbidity of the permeate and concentrate as a function of time and transmembrane pressure (PTM), the retention rate was also determined; A complementary study was completed using the SuperPro Designer simulator to confirm our experimental results. All the results show that the BT dye was retained very well by the microfiltration membrane because of the decrease in the permeate flux as a function of time and the significant difference between the concentrations and the permeate and concentrate turbidities at pH neutral, and also because of high values of rejection rates (> 70%) especially when coagulation is used, contrary to what was observed for BM dye. The SuperPro Designer software gives results comparable to those obtained experimentally.

Keywords

Microfiltration, Coagulation, Turquoise Blue, Methylene Blue, SuperPro Designer.