

**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 DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :.... ..

Série :.... ..

## **Mémoire**

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

**EXTRACTION DE LA RHODAMINE B PAR**  
**MEMBRANE LIQUIDE EMULSIONNÉE, ETUDE**  
**EXPERIMENTALE, MODELISATION PAR PLAN**  
**D'EXPERIENCE ET OPTIMISATION DE LA**  
**STABILITE DE L'EMULSION**

**Présenté par :**

**MECHATI Sabrina**  
**CHEMCHMI Rayene**  
**LAGGOUN Zakaria**

**Dirigé par :**

**ZAMOUCHE Meriem**  
**Grade : MCA**

**Année universitaire**

**2020-2021 Session : Juillet**

### Résumé

Le présent travail a pour but l'étude de l'extraction par membrane liquide émulsionnée (MLE) d'un colorant cationique qui est la Rhodamine B à partir de solutions aqueuses. Le travail se divise en trois parties.

La première partie, c'est l'étude de la stabilité de la membrane, qui est une étape fondamentale dans les procédés par MLEs. Elle consiste en l'optimisation des conditions et paramètres influençant la stabilité et le maintien de l'émulsion, par calcul de taux de rupture (Tr). L'étude a dévoilé que l'émulsion est stable avec un très faible Tr pour les conditions optimales suivantes : la concentration de l'acide nitrique (dans la phase aqueuse interne) égale à 0.5M; le pourcentage massique de Span 80 est 2%, l'hexane comme diluant, un temps d'émulsification égale à 3 min, le rapport volumique de la phase interne/la phase organique égal à 3/4, le rapport volumique de la phase émulsion sur la phase externe est de 0.15/1 et enfin une vitesse d'agitation égale à 250 tr/min.

Dans la deuxième partie, on s'est appuyé sur la modélisation par plan d'expérience (BOX Benhken) pour déterminer les optimales des facteurs suivants : temps d'émulsification, le rapport volumique de la phase interne sur la phase organique, le rapport volumique de la phase émulsion sur la phase externe. Après modélisation, nous avons trouvé que le temps d'émulsification optimal est égal à 3 min, le rapport phase interne sur la phase organique est égal à 1,283/1, alors que le rapport volumique de la phase émulsion sur la phase externe est égal à 0,435/1.

La troisième partie qui représente la partie cruciale de ce travail, c'est l'extraction du colorant la RhB par membrane liquide émulsionnée. Ainsi, plusieurs paramètres ont été testés et vérifiés, pour l'obtention d'un rendement d'extraction maximal d'une part et la vérification de la validité des conditions optimales trouvées lors l'étude la stabilité de la membrane. les résultats obtenus révèlent qu'une extraction quasi totale (100%) est atteinte pour une concentration d'acide nitrique en phase aqueuse interne de 0.5M, une concentration massique de Span 80 égale à 2%, un temps d'émulsification de 3min, le type de diluant c'est l'hexane, le rapport volumique de la phase interne sur la phase externe égal à 3/4, le rapport volumique de la phase émulsion sur la phase externe c'est 0.15/1, une vitesse d'agitation de 250tr/min, la concentration de Rhodamine B est 20mg/L et la concentration de sel dans la phase externe est égale à 25mg/L.

**Mots clés : Membrane Liquide Emulsionnée, Stabilité, Extraction, Rhodamine B, Span 80, BOX Benhken.**

## Sommaire

Introduction général .....	(1)
----------------------------	-----

### Chapitre I : Revu bibliographique

I.1 Introduction.....	(3)
I.2 Extraction par membrane liquide.....	(3)
I.2.1 Définition d'une Membrane.....	(3)
I.2.2 Les procédés membranaires.....	(4)
I.2.2.1 Microfiltration (MF).....	(4)
I.2.2.2 Ultrafiltration (UF).....	(5)
I.2.2.3 Nano filtration (NF).....	(5)
I.2.2.4 Osmose inverse (OI).....	(5)
I.2.3 Extraction par membrane liquide.....	(5)
I.2.3.1 Définition de Membrane liquide.....	(5)
I.2.3.2 Types de membranes liquides.....	(5)
I.2.3.2.1 Membrane liquide supportée.....	(5)
I.2.3.2.2 Membrane liquide épaisse.....	(6)
I.2.3.2.3 Membrane liquide émulsionnée.....	(7)
I.2.4 Les membranes liquides émulsionnées.....	(7)
I.2.4.1 La phase interne.....	(7)
I.2.4.2 La phase externe (phase source ou la phase d'alimentation).....	(8)
I.2.4.3 La phase organique.....	(8)
I.2.5 Mécanisme de transport dans les membranes liquides émulsionnées.....	(8)
I.2.5.1.1 Système de transfert de type I (absence d'extractant).....	(9)
I.2.5.1.2 Système de transfert de type II.....	(9)
I.2.6 Procédés d'extraction par membrane liquide émulsionnée.....	(10)
I.2.6.1 Préparation de l'émulsion.....	(10)
I.2.6.2 Extraction du soluté.....	(10)
I.2.6.3 La désémulsifiassions.....	(10)
I.2.7 Diffèrent composant de la membrane.....	(11)
I.2.7.1 Les tensioactifs et ou surfactant.....	(11)
I.2.7.2 Diluant (solvant organique).....	(14)
I.2.7.3 Transporteur ou extractants.....	(15)
I.2.8 Stabilité des émulsions.....	(15)
I.2.9 Avantage et convenions de l'extraction.....	(18)

<b>I.2.9.1</b>	<b>Les avantages.....</b>	<b>(18)</b>
<b>I.2.9.2</b>	<b>Les conventions.....</b>	<b>(19)</b>
<b>I.3</b>	<b>Les colorants.....</b>	<b>(19)</b>
<b>I.3.1</b>	<b>Définition.....</b>	<b>(19)</b>
<b>I.3.2</b>	<b>Composition d'un colorant.....</b>	<b>(19)</b>
<b>I.3.3</b>	<b>Classification des colorants.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.3.1</b>	<b>Classification technique.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.3.1.1</b>	<b>Colorant naturel.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.3.1.2</b>	<b>Colorant synthétiques.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.3.2</b>	<b>Classification chimique.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.3.3</b>	<b>Classification tinctoriale.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.4</b>	<b>Application des colorants.....</b>	<b>(20)</b>
<b>I.3.5</b>	<b>Toxicité des colorants .....</b>	<b>(21)</b>
<b>I.3.5.1</b>	<b>Toxicité et impact environnemental .....</b>	<b>(21)</b>
<b>I.3.5.2</b>	<b>Toxicité sur la santé humaine.....</b>	<b>(23)</b>
<b>I.3.5.3</b>	<b>Législation.....</b>	<b>(23)</b>
<b>I.3.6</b>	<b>Traitement des effluents colorés.....</b>	<b>(23)</b>
<b>I.3.6.1</b>	<b>Traitement chimique.....</b>	<b>(24)</b>
<b>I.3.6.2</b>	<b>Traitement physique.....</b>	<b>(25)</b>
<b>I.3.6.3</b>	<b>Traitement biologique.....</b>	<b>(26)</b>
<b>I.3.7</b>	<b>Aperçu sur le Rhodamine B.....</b>	<b>(27)</b>
<b>I.3.7.1</b>	<b>Application.....</b>	<b>(28)</b>
<b>I.3.7.2</b>	<b>Toxicité.....</b>	<b>(28)</b>
<b>I.4</b>	<b>Plan d'expérience.....</b>	<b>(29)</b>
<b>I.4.1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>(29)</b>
<b>I.4.2</b>	<b>Méthode traditionnelle des essais-erreurs.....</b>	<b>(29)</b>
<b>I.4.3</b>	<b>Définition de plan d'expérience (PEX).....</b>	<b>(30)</b>
<b>I.4.4</b>	<b>Démarche d'un plan d'expérience.....</b>	<b>(31)</b>
<b>I.4.5</b>	<b>Stratégie de choix les plans d'expériences.....</b>	<b>(32)</b>
<b>I.4.5.1</b>	<b>Les plans de criblage.....</b>	<b>(32)</b>
<b>I.4.5.2</b>	<b>Les plans de modélisation.....</b>	<b>(32)</b>
<b>I.4.5.3</b>	<b>Les plans de mélange.....</b>	<b>(32)</b>
<b>I.4.6</b>	<b>Les types des plans d'expériences.....</b>	<b>(32)</b>
<b>I.4.7</b>	<b>Généralité sur les plans d'expériences.....</b>	<b>(33)</b>

<b>I.4.7.1</b>	<b>Les facteurs.....</b>	<b>(33)</b>
<b>I.4.7.1.1</b>	<b>Définition .....</b>	<b>(33)</b>
<b>I.4.7.2</b>	<b>Réponse.....</b>	<b>(33)</b>
<b>I.4.7.3</b>	<b>Erreur.....</b>	<b>(33)</b>
<b>I.4.7.4</b>	<b>Interaction.....</b>	<b>(34)</b>
<b>I.4.8</b>	<b>Les avantages des plans d'expériences.....</b>	<b>(34)</b>
<b>I.5</b>	<b>Plan d'optimisation BOX BENKEHN.....</b>	<b>(34)</b>
<b>I.6</b>	<b>Les logiciels utilisés .....</b>	<b>(34)</b>
<b>I.7</b>	<b>Synthèse de quelques travaux sur l'extraction par membrane liquide émulsionnée .....</b>	<b>(35)</b>

## **Chapitre II : Procédure expérimentale**

<b>II.1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>(38)</b>
<b>II.2.</b>	<b>Protocole expérimentale.....</b>	<b>(38)</b>
<b>II.2.1.</b>	<b>Réactifs utilisés.....</b>	<b>(38)</b>
<b>II.2.2.</b>	<b>Matériels et verreries utilisés.....</b>	<b>(39)</b>
<b>II.2.3.</b>	<b>Préparations des solutions.....</b>	<b>(39)</b>
<b>II.2.4.</b>	<b>Préparations d'émulsion.....</b>	<b>(39)</b>
<b>II.2.5.</b>	<b>Procédures d'extraction.....</b>	<b>(40)</b>
<b>II.2.6.</b>	<b>Méthode d'analyse.....</b>	<b>(41)</b>
<b>II.2.7.</b>	<b>Détermination de la longueur d'onde maximale.....</b>	<b>(41)</b>
<b>II.2.8.</b>	<b>Courbe d'étalonnage de la Rhodamine B .....</b>	<b>(42)</b>
<b>II.2.9.</b>	<b>Stabilité de la membrane.....</b>	<b>(42)</b>
<b>II.2.10.</b>	<b>Les conditions optimales pour l'étude de l'effet de la stabilité la membrane... </b>	<b>(44)</b>
<b>II.2.11.</b>	<b>Détermination des conditions optimales pour l'étude de l'extraction.....</b>	<b>(44)</b>
<b>II.2.12.</b>	<b>Les conditions d'utilisation de plan d'expérience.....</b>	<b>(45)</b>
<b>II.2.12.1.</b>	<b>Définition du logiciel MINITAB.....</b>	<b>(45)</b>
<b>II.2.12.2.</b>	<b>Ouverture de MINITAB.....</b>	<b>(46)</b>
<b>II.2.12.2.1.</b>	<b>Démarrage.....</b>	<b>(46)</b>
<b>II.2.12.2.2.</b>	<b>Accès aux plans d'expériences .....</b>	<b>(46)</b>
<b>II.2.12.2.3.</b>	<b>Définir le plan d'expérience.....</b>	<b>(47)</b>
<b>II.2.12.2.4.</b>	<b>Analyse le plan d'expérience.....</b>	<b>(49)</b>

## **Chapitre III : étude de la stabilité de l'émulsion**

<b>III.1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>(51)</b>
---------------	--------------------------	-------------

III.2. Contrôle de la stabilité de l'émulsion.....	(51)
III.3. Résultats et discussion.....	(53)
III.3.1. Effet de concentration de la phase interne.....	(53)
III.3.2.Effet de concentration de tensioactif.....	(54)
III.3.3.Effet de temps d'émulsion.....	(56)
III.3.4. Effet du rapport de la phase interne sur la phase organique.....	(57)
III.3.5. Effet du rapport volumique de la phase émulsion sur la phase externe.....	(59)
III.3.6 Effet de vitesse d'agitation.....	(60)
III.3.7. Effet de présence de sel.....	(61)
III.4. Conclusion.....	(62)

## Chapitre IV : Modélisation de plan d'expérience

IV.1 Introduction.....	(64)
VI.2 Paramètres et niveaux pour l'extraction de la Rhodamine B.....	(64)
VI.3 Plan Box-Benhken.....	(65)
VI.4 Analyse statistique.....	(66)
VI.4.1 La variance.....	(66)
VI.4.2 Modèle mathématique.....	(67)
VI.4.3 Les facteurs.....	(67)
VI.4.4 Diagramme des interactions.....	(69)
VI.5 Teste de normalité.....	(70)
VI.5.1 Rendement théorique en fonction de rendement expérimental.....	(70)
VI.5.2 Graphique de surface et de contour des réponses.....	(70)
VI.5.2.1 Graphique de contour de réponse.....	(70)
VI.5.2.2 Graphique de la surface de réponse.....	(72)
VI.6 Optimisation .....	(73)
VI.7 Conclusion .....	(74)

## Chapitre V : Extraction du colorant Rhodamine B par membrane liquide émulsionnée

V.1 Introduction.....	(75)
V.2 Résultats et discussion.....	(75)
V.2.1 Effet de la concentration de la phase interne.....	(75)
V.2.2 Effet du pourcentage de tensioactif.....	(77)
V.2.3 Effet de temps d'émulsification .....	(78)

<b>V.2.4</b>	<b>Effet du rapport volumique de la phase interne sur phase organique .....</b>	<b>(80)</b>
<b>V.2.5</b>	<b>Effet du rapport volumique de phase émulsion sur phase externe .....</b>	<b>(81)</b>
<b>V.2.6</b>	<b>Effet de la vitesse d'agitation .....</b>	<b>(82)</b>
<b>V.2.7</b>	<b>Effet de type de diluant .....</b>	<b>(83)</b>
<b>V.2.8</b>	<b>L'influence de sel dans la phase externe.....</b>	<b>(84)</b>
<b>V.2.9</b>	<b>Effet de la concentration de la phase externe.....</b>	<b>(85)</b>
<b>V.2.10</b>	<b>Effet de type de tensioactif.....</b>	<b>(86)</b>
<b>V.2.11</b>	<b>Effet du pourcentage de tensioactif organique.....</b>	<b>(87)</b>
<b>V.3</b>	<b>Comparaison entre les résultats du plan d'expériences et les résultats expérimentaux.....</b>	<b>(88)</b>
<b>V.3.1</b>	<b>Effet du temps d'émulsification .....</b>	<b>(89)</b>
<b>V.3.2</b>	<b>Effet du rapport volumique de la phase interne sur la phase organique.....</b>	<b>(89)</b>
<b>V.3.3</b>	<b>Effet du rapport volumique de phase émulsion sur phase externe.....</b>	<b>(89)</b>
<b>V.4</b>	<b>Explication des différences entre le plan d'expérience et l'expérimental.....</b>	<b>(90)</b>
<b>V.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>(91)</b>
	<b>Conclusion général.....</b>	<b>(93)</b>
	<b>Références .....</b>	<b>(95)</b>