

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 DE GENIE PHARMACEUTIQUE

N° d'ordre :.... ..

Série :.... ..

Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Pharmaceutique

Intitulé

**DEVELOPPEMENT D'UN SAVON BIO À BASE DE PLANTES A
DES FINS THÉRAPEUTIQUES**

Dirigé par :

LAMMARI Narimane

Maître conférence A

Présenté par :

BENIDIR Chaima

BOULCHERAB Amel

BOUSSAA Souheila

Année universitaire 2024/2025

Table des matières

Liste des figures	x
Liste des tableaux	xi
Liste des abréviations	xii
Introduction	1
CHAPITRE 1. APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. Aperçu général sur les plantes étudiées	3
1.1.1. Chardon marie	3
1.1.1.1. Description botanique	3
1.1.1.2. Dénomination	4
1.1.1.3. Répartition géographique	4
1.1.1.4. Composition du chardon marie.....	4
1.1.1.5. Activités pharmacologiques.....	4
1.1.2. Citronnelle.....	5
1.1.2.1. Description botanique.....	5
1.1.2.2. Dénomination.....	6
1.1.2.3. Répartition géographique.....	6
1.1.2.4. Composition de la citronnelle.....	7
1.1.2.5. Activités pharmacologiques.....	7
1.1.3. Chlorelle.....	8
1.1.3.1. Description botanique.....	8
1.1.3.2. Dénomination.....	8
1.1.3.3. Répartition géographique.....	8
1.1.3.4. Composition de la chlorelle.....	9
1.1.3.5. Activités pharmacologiques.....	9
1.2. Techniques d'extraction.....	10
1.2.1. Principe.....	10
1.2.2. Méthodes d'extraction.....	10
1.2.2.1. Macération.....	10
1.2.2.2. Hydrodistillation.....	10
1.3. Plans d'expériences.....	11
1.3.1. Définition.....	11

1.3.2. Facteur.....	11
1.3.3. Réponse.....	12
1.3.4. Types des plans d'expériences.....	12
1.3.5. Validation des modèles.....	12
1.4. Aperçu général sur le savon.....	14
1.4.1. Origine du savon.....	14
1.4.2. Définition du savon.....	14
1.4.3. Saponification.....	15
1.4.4. Composition du savon.....	15
1.4.4.1. Corps gras (huiles et beurres).....	15
1.4.4.2. Eau.....	16
1.4.4.3. Soude caustique.....	16
1.4.4.4. Surgras.....	16
1.4.4.5. Additifs et ingrédients de luxe.....	16
1.4.5. Procédés de préparation du savon.....	16
1.4.6. Indice de saponification.....	19
1.4.7. Caractéristiques du savon	19
1.4.7.1. Pouvoir nettoyant	19
1.4.7.2. Dureté	19
1.4.7.3. Emollience	19
1.4.7.4. Pouvoir moussant.....	19
1.4.7.5. Onctuosité	20
1.4.7.6. Indice d'iode.....	20
1.4.7.7. pH.....	20
1.4.8. Calculateur du savon	20
1.4.8.1. Définition.....	20
1.4.8.2. Principe de base.....	21
CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES	
2.1. Objectif.....	22
2.2. Matériel.....	22
2.2.1. Matériel du laboratoire.....	22
2.2.2. Equipements.....	22
2.2.3. Produits.....	23

2.2.4. Matière végétale.....	24
2.2.5. Souches bactérienne et milieu de culture.....	25
2.3. Méthodes.....	25
2.3.1. Extraction de l'huile essentielle de la citronnelle.....	25
2.3.2. Analyse de l'huile essentielle par GCMS.....	26
2.3.3. Extraction de la chlorelle et du chardon marie.....	27
2.3.3.1. Extraction par macération.....	27
2.3.3.2. Optimisation de la macération par Box-Behnken.....	28
2.3.3.3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	29
2.3.3.4. Détermination du rendement de la masse extraite	30
2.3.4. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	30
2.3.5. Evaluation de l'activité antioxydante.....	32
2.3.5.1. Préparation des dilutions.....	32
2.3.5.2. Piégeage du radical libre DPPH.....	32
2.3.5.3. Piégeage du radical libre ABTS.....	33
2.3.5.4. Pouvoir réducteur d'ions ferriques (FRAP).....	33
2.3.6. Evaluation de l'activité chélatrice des métaux.....	33
2.3.7. Préparation du savon.....	34
2.3.7.1. Composition du savon.....	34
2.3.7.2. Etapes de la préparation du savon.....	36
2.3.7.3. Contrôle de qualité du savon.....	38
CHAPITRE 3. RESULTATS ET DISCUSION	
3.1. Introduction.....	40
3.2. Optimisation de la macération par Box Behnken.....	40
3.2.1. Etablissement du modèle mathématique	41
3.2.2. Etude de la signification des effets des facteurs et des interactions.....	41
3.2.4. Analyse graphique du modèle.....	44
3.2.5. Détermination des paramètres optimaux.....	45
3.3. Résultat de l'analyse de l'huile de citronnelle par GC MS.....	45
3.4. Résultats de l'étude de l'activité antimicrobienne.....	46
3.5. Résultats de l'étude de l'activité antioxydante.....	48
3.5.1. Résultats du piégeage du radical libre DPPH.....	49
3.5.2. Résultats du piégeage du radical libre ABTS.....	49

3.5.3. Résultats du piégeage du radical libre FRAP.....	50
3.6. Résultats de l'activité chélatrice des métaux.....	51
3.7. Contrôle de qualité du savon.....	51
CONCLUSION.....	54
BIBLIOGRAPHIE.....	56
ANNEXES.....	61

Résumé

Ce travail vise à formuler un savon multifonctionnel enrichi en extraits végétaux aux propriétés chélatrices, antioxydantes et antibactériennes. Trois plantes ont été sélectionnées : le chardon-marie, la chlorelle et la citronnelle. L'huile essentielle de citronnelle, extraite par hydrodistillation, s'est révélée particulièrement efficace contre *Escherichia coli*, en raison de sa richesse en géraniol et néral. Les extraits hydroalcooliques du chardon-marie et de la chlorelle ont été optimisés par un plan Box-Behnken ; le chardon-Marie a montré une forte capacité antioxydante (FRAP) et chélatrice ($IC_{50} = 19 \mu\text{g/mL}$). Le savon obtenu présente des caractéristiques physicochimiques équilibrées (pH, mousse, douceur) et répond aux attentes en matière de protection cutanée contre les polluants environnementaux. Ces résultats confirment l'intérêt de combiner des extraits naturels dans des formulations dermocosmétiques actives.

Mots clés : Fleur de chardon-marie, chlorelle, citronnelle, savon, activité antioxydante, Activité chélatrice, Activité antibactérienne.

المخلص

يهدف هذا العمل إلى تطوير صابون متعدد الوظائف مُعزَّز بـ مستخلصات نباتية تمتلك خصائص مخلبية للمعادن الثقيلة، ومضادة للأكسدة، ومضادة للبكتيريا. تم اختيار ثلاث نباتات هي: زهرة الحرشف البري، والكلوريلا، وعشبة الليمون. أظهرت الزيت العطري لعشبة الليمون، المستخلص بالتقطير المائي، فعالية كبيرة ضد *Escherichia coli*، وذلك لغناه بمرغبي الجيرانيل والنيرال. أما مستخلصا الكلوريلا والحرشف البري، المحضَّران بالنقع في مذيبات مائية كحولية، فقد تم تحسين شروط استخراجهما باستخدام مخطط Box-Behnken التجريبي. وقد أظهر مستخلص الحرشف البري قدرة مضادة للأكسدة (اختبار FRAP) ومخلبية للمعادن ($IC_{50} = 19 \mu\text{g/mL}$) مرتفعة. الصابون النهائي أظهر خصائص فيزيوكيميائية متوازنة (درجة الحموضة، الرغوة، النعومة) وهو مناسب لحماية البشرة من الملوثات البيئية. تؤكد هذه النتائج أهمية دمج المستخلصات الطبيعية في تركيبات جلدية-تجميلية فعالة.

الكلمات المفتاحية : زهرة الحرشف البري، الكلوريلا، عشبة الليمون، صابون، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مخلب، نشاط مضاد للبكتيري.

Abstract

This work aims to formulate a multifunctional soap enriched with plant extracts possessing chelating, antioxidant, and antibacterial properties. Three plants were selected: milk thistle, chlorella, and lemongrass. The essential oil of lemongrass, extracted by hydrodistillation, proved particularly effective against *Escherichia coli*, due to its high content of geraniol and neral. Hydroalcoholic extracts of milk thistle and chlorella were optimized using a Box-Behnken experimental design; milk thistle showed strong antioxidant activity (FRAP) and metal-chelating capacity ($IC_{50} = 19 \mu\text{g/mL}$). The resulting soap exhibited balanced physicochemical properties (pH, foaming, softness) and meets expectations for skin protection against environmental pollutants. These findings highlight the value of combining natural extracts in the development of active dermocosmetic formulations.

Keywords : Milk thistle flower, chlorella, lemongrass, plant extracts, soap, antioxidant activity, chelating activity, antibacterial activity.