REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie pharmaceutique

Par : BENKORTBI Fedoua et BENROKIA M'hamed Amine

Thème :

Formulation et caractérisation d'une crème parapharmaceutique

Soutenu publiquement le : 18/06/2023, Devant le jury composé de :

Pr. LEFNAOUI Sonia	Prof	UYFM	Présidente
Dr. YAHOUM Madiha Melha	MCA	UYFM	Examinatrice
Dr. REBOUH Samia	MCA	UYFM	Encadreur
Dr. TOUMI Selma	Docteur	UYFM	Co-encadreur

Année Universitaire

2022-2023

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier, en premier lieu, الله (le bon Dieu) le tout puissant qui nous a donné la force et le courage pour accomplir notre projet.

Nous tenons tout d'abord

A remercier notre promotrice de mémoire, ***Dr. REBOUH Samia****, Maitre de Conférence classe A à l'université de Médéa, d'avoir accepté d'encadrer ce travail. Pour tout le temps qu'elle nous a réservé, sa disponibilité et l'amabilité dont elle nous a fait preuve, pour nous avoir guidé tout au long de la réalisation de ce travail.*

Nous vous présentant une vive reconnaissance et un profond respect.

Un grand merci à notre Co-promotrice Madame ***TOUMI Selma****, pour ses critiques, ses orientations, ses conseils etcorrections qu'elle nous a prodigué durant la conduite de ce travail.*

À notre jury de soutenance pour avoir accepté de juger ce travail,

Pr. LEFNAOUI Sonia*, Professeur à l'université de Médéa pour avoir accepté de présider ce jury, et encore nous la remercions pour sa disponibilité, sa modestie, sa gentillesse, sa richesse d'expériences, qui nous ont guidés dans notre travail, ainsi son encouragement.*

On adresse également nos remerciements au ***Dr. YAHOUM Madiha Melha*** *Maitres de conférences classe A à l'université de Médéa pour avoir accepter d'examiner ce travail et encore pour son encouragement, ses informations et ses conseils.*

On tient aussi à exprimer nos sincères remerciements, également à tous ceux qui ont participéde près ou de loin à la réussite de ce travail.

A tous et à toutes, un grand merci et une reconnaissance infinie.



Amine et Fedoua

Dédicace

« الحمد لله قبل كل شيء »

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

***A mon chèr père** « BENKORTBI Toufik »*

Le brave homme que je suis fière d'être sa fille

Merci pour ton aide qui m'a été si précieuse, ton soutien, confiance, tes conseils et surtout tes sacrifices durant toute ma vie d'études et surtout pour avoir toujours cru en moi, qu'Allah te prete une longue vie.

***A la raison de ma vie, maman** « BENIDIR Lamia »*

Ma chère, sans toi, je ne serais jamais arrivée jusqu'au là, tu n'as jamais hésité à te sacrifier pour ma réussite et mon bonheur. Que dieu t'accorde une longue vie pour qu'à mon tour je puisse te témoigner ma gratitude. Merci pour votre soutien, amour, vos conseils, vos prières et vos sacrifices faits pour moi tout au long de ma vie d'études, qu'ALLAH te protège.

***A mes chères sœurs** « Farah et Faten »*

Je suis très reconnaissante pour leur amour, leur aide et leur encouragements. Je leur souhaite du bonheur durant leur vie.

***A toute ma famille** « la famille BENKORTBI » et « la famille BENIDIR »*

***A ma grand-mère** « Atika » et **mon grand-père** « Djeloul »* رحمهما الله

***A ma grand-mère** « Safia » et **mon grand-père** « Mohammed »*

***A mes oncles parternel** « Hacen » et « Youcef »*

***A mes tantes parternelle** « Zakia » et « Nadjet »*

***A mes oncles marternel** « Sidahmed » et « Abderezak »*

***A mes cousins et mes cousines** « Imene, Nesrine, Abdelmalek, Abdelghani, Rahaf, Mohammed, Eline, Sanaa, Ouanis »*

***A ma copine** « Mounira »*

Du fond du cœur je vous remercie pour votre soutiens et votre sincerité Je vous souhaite beaucoup de succés et de bonheurs dans votre vie.

A ma copine *« Racha »*

Je vous exprime toute mon affection et ma tendresse.Merci d'avoir toujours été présente quand j'avais besoin.

A ma copine *« Imene »*

On se souvient d'agréables moments passés en témoignage de notre amitié. Je t'exprime par ce travail mon affection et j'espère que notre amitié restera intacte et durera pour toujours.

A tous mes chères amies *« Khadidja, Yasemine, Hadjer, Sarah, Khadidja, Amina, Nabila, Sarah, Ichrak »*

Qui m'ont donnée la force et le courage et qui m'ont apportée leur soutient et encouragement. Que Dieu les gardes.

A tous mes amies de la promo 2023 de spécialité Chimie pharmaceutique*, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

A Mon Chère Binôme *« Amine »*

Avec qui j'ai partagé de meilleurs souvenirs au cours de la réalisation de ce travail.

A tous mes enseignants du primaire, du secondaire, et du supérieur

Je vous suis très reconnaissante pour les connaissances que patiemment et avec dévouement vous m'avez transmises.

A toutes les personnes *qui ont contribué pour transmettre le savoir scientifique durant toute la durée de notre formation universitaire.*

A ma promotrice *« Dr. REBOUH Samia »* et ***ma co-promotrice*** *« TOUMI Selma ».*



Fedoua

Dédicace

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

A ma mère,

La personne la plus chère à mes yeux qui a tout sacrifié pour ses enfants, qui a veillé à notre éducation, qui sans elle je ne serai pas ce que je suis, Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie.

A mon père, **رحمه الله**

La seule personne qui s'est battue pour moi, Qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, et grâce à son travail acharné et ses efforts, j'ai atteint ce niveau et atteint ce que je suis. Ce sont des jours difficiles sans vous. Ta mort inattendue et rapide laisse un grand vide parmi tous ceux qui t'ont àimé, tu laisses un vide immense derrière toi. Mon amour pour vous restera éternel et toujours, je t'aimerai du ciel comme je t'ai aimé sur terre.

A mes chères sœurs, *« Souhila, Meriem, Hayet, Imene, Nina »*

Merci pour votre appui et encouragement, Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour

A mes chères frères, *« Mondhir, Aissa, Abddelnour »*

A mon neveu *« Mohame Abdellah »*

A ma niece *« Nour el imane »*

A toute ma famille *« La famille BENROKIA » et « La famille SOUALHI »*

A tous mes chères amies *« Redhouane, Younes, Ziad , Rafik, Fateh , Zoubir, Hamza »*

A tous mes amies de la promo 2023 de la spécialité Chimie pharmaceutique.

A ma promotrice *« Dr. REBOUH Samia » et* ***A ma co-promotrice*** *« TOUMI Selma »*

Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité mon profond respect. Je vous remercie pour votre accueille et vos conseils.

A ma binome « *BENKORTBI Fedoua »*

Avec qui j'ai passé l'une des meilleures années durant mon cursus universitaire.

A toutes les personnes qui me reconnaissent et qui mon aidé et contribué a la réalisation de ce travail. Je vous dédie ce modeste travail.



Amine

ملخص:
يهدف هذا العمل إلى توصيف جذور CC(*Carthamu caeruleus L*) من خلال توصيف فيزيائي-كيميائي وتطوير تركيبات للاستخدام الموضعي. تحقيقا لهذه الغاية، تم إجراء المعالجة المسبقة ثم توصيف مسحوق CC أولاً. بعد ذلك، تم إجراء صياغة وتوصيف المستحضرات شبه الصلبة، في شكل مراهم وكريمات قائمة على CC، للاستخدام الموضعي المحتمل. أتاحت المعالجة المسبقة لجذور CC، بما في ذلك الطحن والغربلة والتجفيف، الحصول على مسحوق ناعم، بمحتوى رطوبة بنسبة 4.3٪ وحجم جسيم متجانس أقل من 40 ميكرومتر. سمح تحليل FTIR بالحصول على فكرة عالمية عن التركيب الكيميائي لمسحوق CC. تشير نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية إلى درجة انصهار (179.825 ± 8.63) درجة مئوية، ومعدل مادة غير عضوية مقدرة بـ 14.36٪، ومعدل مادة عضوية 85.64٪ ومحتوى مادة معدنية حوالي 0.001٪. حدد التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية رؤية امتصاص قصوى عند 310 نانومتر. أظهرت المراهم المحضرة من مسحوق CC تركيبات متجانسة وثابتة تتميز بسهولة الانتشار المنتظم دون احتكاك أو تقطيع وغياب كامل للجراثيم الميكروبيولوجية. المستحلبات التي تم الحصول عليها لها قوام كريمي متجانس، ينتشر بسهولة، مع درجة حموضة قريبة من الحياد ونقاء ميكروبيولوجي صحيح. لوحظ استقرار أفضل ومؤشر كريمة منخفض في الصيغ (F2 وF5 وF8 وF11)، والتي تحتوي على صمغ الزانثان وتوين 80. أظهر التحليل الريولوجي سلوكًا رقيقًا للقص للمستحلبات.

الكلمات المفتاحية: *Carthamus Caeruleus L*، التوصيف، التركيب، الأشكال الموضعية، العلاج بالنباتات، الجروح، الحروق، آثار جرح في الجسم (ندبات).

Résumé :
Ce travail vise à caractériser les racines du *Carthamu caeruleus L* (CC) par une caractérisation physico-chimique et le développement de formulations pour un usage topique. A cet effet, le prétraitement puis la caractérisation de la poudre de CC ont été tout d'abord effectuées. Par la suite, la formulation et la caractérisation de préparations semi-solides, sous forme de pommades et de crèmes à base de CC, pour un éventuel usage topique ont été réalisées. Le prétraitement des racines de CC, incluant le broyage, le tamisage et le séchage a permis l'obtention d'une poudre fine, avec un taux d'humidité de 4.3% et une granulométrie homogène inférieur à 40µm. L'analyse FTIR a permis d'avoir une idée globale sur la composition chimique de la poudre de CC. Les résultats des analyses physico-chimiques indiquent un point de fusion de (179.825 ± 8.63) °C, un taux en matières inorganique évaluée à 14.36%, un taux de matière organique de 85.64% et une teneur en matières minérales de l'ordre de 0.001%. L'analyse spectroscopique UV-vis a permis d'identifier un maximum d'absorption à 310 nm. Les pommades préparées à base de la poudre de CC ont montré des formules homogènes, stables, caractérisées par un étalement facile et régulier, sans friction ni coupure et une absence totale des germes microbiologique. Les émulsions obtenues présentent une texture crémeuse et homogène, qui s'étale facilement, avec un pH proche de la neutralité et une pureté microbiologique correcte. Une meilleure stabilité et un indice de crémage faible ont été observées dans les formules (F2, F5, F8 et F11), qui contiennent la gomme Xanthane et le Tween 80. L'analyse rhéologique a révélé un comportement rhéofluidifiant des émulsions.

Mots clés : *Carthamus Caeruleus L*, Caractérisation, Formulation, Formes topiques, Phytothérapie, Plaies, Brulures, Cicatrisation.

Abstract:
This work aims to characterize the roots of *Carthamus Caeruleus L* (CC) through physicochemical characterization and the development of formulations for topical use. For this purpose, the pre-treatment and characterization of CC powder were initially carried out. Subsequently, the formulation and characterization of semi-solid preparations, such as ointments and creams based on CC, for potential topical use were conducted. The pre-treatment of CC roots, including grinding, sieving, and drying, allowed for obtaining a fine powder with a moisture content of 4.3% and a homogeneous particle size below 40µm. FTIR analysis provided an overall idea of the chemical composition of CC powder. The results of the physicochemical analyses indicate a melting point of (179.825 ± 8.63) °C, an inorganic matter content evaluated at 14.36%, an organic matter content of 85.64%, and a mineral content on the order of 0.001%. UV-vis spectroscopic analysis identified a maximum absorption at 310 nm. The ointments prepared with CC powder have shown homogeneous and stable formulations, characterized by easy and regular spread ability, without friction or cutting, and a total absence of microbiological contamination. The obtained emulsions presented a creamy and homogeneous texture that spreads easily, with a pH close to neutrality and satisfactory microbiological purity. Improved stability and a low creaming index were observed in formulations (F2, F5, F8, and F11), which contain Xanthan Gum and Tween 80. Rheological analysis revealed a shear-thinning behavior of the emulsions.

Keywords: *Carthamus Caeruleus L*, Characterization, Formulation, Topical Forms, Phytotherapy, Wounds, Burns, Healing.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles et des abréviations

Introduction……. Page 1

Chapitre I : Les formes pharmaceutiques à application cutanée

I.1. La voie cutanée……. Page 3
I.1.1. Définition de la voie cutanée……. Page 3
I.1.2. Avantage et inconvénient de la voie cutanée…… Page 3
I.2. La constitution de la peau……. Page 3
I.2.1. Définition……... Page 3
I.2.2. Conséquences de la structure de la peau sur l'action des médicaments…… Page 4
I.2.3. Anatomie et propriétés du tissu cutané…….. Page 4
I.2.4. Les types de peau…….. Page 6
I.2.5. Facteur intervenant dans l'absorption cutanée…….. Page 6
I.3. Activité Anti-brulure et cicatrisante……. Page 7
I.3.1. Plaie……... Page 7
I.3.1.1. Définition…… Page 7
I.3.1.2. Type de plaie…….. Page 7
I.3.1.3. Les causes des plaies…….. Page 7
I.3.1.4. Classification des plaies……. Page 7
I.3.1.5. Traitements des plaies…… Page 8
I.3.2. Brulures……. Page 8
I.3.2.1. Définition…… Page 8
I.3.2.2. Principaux types des brulures……. Page 9
I.3.2.3. classification des brulures…….. Page 9
I.3.3. Cicatrisation……... Page 10
I.3.3.1. Définition…… Page 10
I.3.3.2. Les étapes de la cicatrisation…….. Page 11
I.3.3.3. Facteur influençant la cicatrisation……. Page 12
I.4. Formes pharmaceutique transdermiques…….. Page 13
I.4.1. Définition…….. Page 13
I.4.2. Les préparations semi-solides……... Page 13
I.4.2.1. Les gels……... Page 13
I.4.2.2. Les pates……. Page 13
I.4.2.3. Les crèmes…….. Page 13
I.4.2.4. Les pommades…… Page 14
I.4.2.4.1. Définition……. Page 14

I.4.2.4.2. Classification des pommades…….. Page 14
I.4.2.4.3. Intérêt thérapeutique des pommades……... Page 15
I.4.2.4.4. Préparation des pommades…….. Page 15
I.4.2.4.5. Utilisation des pommades……... Page 16
I.4.2.4.6. Avantages et inconvénients……..……... Page 16
I.4.2.5. Les émulsions……. Page 16
I.4.2.5.1. Définition……. Page 16
I.4.2.5.2. Composition des émulsions……. Page 17
I.4.2.5.3. Les étapes types des émulsions……... Page 17
I.4.2.5.4. Stabilisation de l'émulsion…….. Page 18
I.4.2.5.5. Instabilité des émulsions……. Page 19
I.4.2.5.6. Caractérisation des émulsions……. Page 22

Chapitre II : Les plantes médicinales

II.1. La phytothérapie et les plantes médicinales…… Page 24
II.1.1. La phytothérapie…….. Page 24
II.1.1.1. Définition……. Page 24
II.1.1.2. Différent types de la phytothérapie…….. Page 24
II.1.1.3. Principe de la phytothérapie……. Page 25
II.1.1.4. Intérêt de la phytothérapie…… Page 25
II.1.1.5. Avantages de la phytothérapie…… Page 26
II.1.1.6. Inconvénients de la phytothérapie……. Page 26
II.1.2. Généralité sur les plantes médicinales……. Page 26
II.1.2.1. Définition…….. Page 26
II.1.2.2. Origines des plantes médicinales…….. Page 27
II.1.2.3. Importance des plantes médicinales…….. Page 27
II.1.2.4. Parties de plantes médicinales utilisées et leur cueillette…….. Page 28
II.1.2.5. Séchage et conservation des plantes médicinales……. Page 29
II.1.2.6. Préparation des plantes pour la phytothérapie…….. Page 29
II.1.2.7. Différents modes d'utilisation des plantes médicinales…… Page 32
II.2. Carthamus Caeruleus L…….. Page 33
II.2.1. Genre carthamus…….. Page 33
II.2.2. Etude de la plante……. Page 33
II.2.3. Classification…… Page 33
II.2.4. Description botanique…….. Page 35
II.2.5. Distribution géographique…… Page 35
II.2.6. Action et utilisation traditionnel…….. Page 36
II.2.7. Actions et utilisation médicinales…… Page 36
II.2.7.1. Activité antioxydant……. Page 36
II.2.7.2. Propriété cicatrisante……. Page 36
II.2.8. Composition chimique……. Page 36
II.2.8.1. Polyphénols……... Page 36
II.2.8.2. Amidon……. Page 39
II.2.8.3. Mucilages…….. Page 39
II.2.8.4. Acides gras…… Page 39
II.2.8.5. Saponines…….. Page 39

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1. Objectif du travail…….. Page 40
III.2. Matériel et produits…… Page 40
III.2.1. Equipements et matériel de laboratoire……... Page 40
III.2.2. Matériel végétal biologique…… Page 42
III.3. Méthodes et principes…… Page 43
III.3.1. Obtention de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*…… Page 43
III.3.1.1. Prétraitement de l'extrait végétal……. Page 43
III.3.1.2. Tamisage…….. Page 44
III.3.1.3. Séchage…… Page 45
III.3.2. Caractérisation de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC)……..….... Page 46
III.3.2.1. Caractère organoleptique (sensoriel)……... Page 46
III.3.2.2. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR)……. Page 46
III.3.2.3. Point de fusion……. Page 47
III.3.2.4. Taux d'humidité…… Page 48
III.3.2.5. Résidu à la calcination……. Page 48
III.3.2.6. Cendres sulfuriques……. Page 49
III.3.2.7. Analyse du pH…….. Page 50
III.3.2.8. Analyse spectroscopique UV-Vis…… Page 51
III.3.3. Formulation de la pommade à base de *Carthamus Caeruleus L*…… Page 54
III.3.3.1. Préparation de la pommade……. Page 54
III.3.3.2. Caractérisation de la pommade…… Page 55
III.3.3.2.1. Aspect macroscopique…….. Page 55
III.3.3.2.2. Test d'étalement…… Page 56
III.3.3.2.3. Mesure de la viscosité des pommades…….. Page 56
III.3.3.2.4. Contrôle de la qualité microbiologique des pommades…… Page 57
III.3.4. Formulation de la crème à base de *Carthamus Caeruleus L*…….. Page 60
III.3.4.1. Préparation des émulsions…… Page 60
III.3.4.2. Caractérisation des émulsions……. Page 61
III.3.4.2.1. Aspect macroscopique…….. Page 61
III.3.4.2.2. Aspect microscopique…….. Page 62
III.3.4.2.3. Sens des émulsions……... Page 62
III.3.4.2.4. pH des émulsions…….. Page 62
III.3.4.2.5. Stabilité des émulsions à la centrifugation…… Page 62
III.3.4.2.6. Indice de crémage……. Page 64
III.3.4.2.7. Test d'étalement…..……. Page 64
III.3.4.2.8. Analyse rhéologique……. Page 64
III.3.4.2.9. Contrôle de la qualité microbiologique des émulsions……. Page 65
III.4. Conclusion……. Page 65

Chapitre IV : Résultats et Discussions

IV.1. Prétraitement de l'extrait végétal……... Page 66
IV.1.1. Tamisage de la poudre de *Cartamus Caeruleus L*…….. Page 66
IV.1.2. Séchage de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*……..……... Page 67
IV.2. Caractérisation de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*……...……... Page 68
IV.2.1. Caractère organoleptique (sensoriel)…….. Page 68
IV.2.2. L'analyse infrarouge à transformée de Fourier RTIR……..…… Page 69

Table des matières

IV.2.3. Point de fusion…… Page 70
IV.2.4. Taux d'humidité……. Page 72
IV.2.5. Résidu à la calcination…… Page 72
IV.2.6. Cendres sulfuriques……...……. Page 73
IV.2.7. Analyse pH……. Page 74
IV.2.8. Analyse spectroscopique UV-Vis…….. Page 75
IV.3. Formulation de la pommade à base de *Carthamus Caeruleus L*…..…… Page 77
IV.3.1. Caractérisation de la pommade…….. Page 77
IV.3.1.1. Aspect macroscopique……. Page 77
IV.3.1.2. Test d'étalement…….. Page 78
IV.3.1.3. Etude de la viscosité des pommades…… Page 79
IV.3.1.4. Contrôle de la qualité microbiologique des pommades…….. Page 80
IV.4. Formulation d'une crème à base de *Carthamus Caeruleus L*……...…… Page 81
IV.4.1. Caractérisation des émulsions…… Page 82
IV.4.1.1. Aspect macroscopique……. Page 82
IV.4.1.2. Sens des émulsions…….. Page 84
IV.4.1.3. Analyse du pH des émulsions formulées……. Page 84
IV.4.1.4. Test d'étalement…….. Page 86
IV.4.1.5. Aspect microscopique……. Page 87
IV.4.1.6. Etude de la stabilité à la centrifugation…….. Page 89
IV.4.1.7. Indice de crémage…… Page 90
IV.4.1.8. Analyses rhéologiques des émulsions…….. Page 92
IV.4.1.9. Contrôle de la qualité microbiologique des émulsions…… Page 94
IV.5. Conclusion……. Page 98

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1. Structure de la peau……. Page 4

Figure I.2. Classification des bruleurs en fonction de leur profondeur…… Page 9

Figure I.3. Les phases de la cicatrisation…….. Page 11

Figure I.4. Structure d'une émulsion phase dispersante-dispersée……..... Page 16

Figure I.5. Les différents types d'émulsion……. Page 18

Figure I.6. Structure d'une molécule amphiphile……. Page 18

Figure I.7. Phénomène de sédimentation et crémage……..... Page 20

Figure I.8. Phénomène de floculation……..... Page 20

Figure I.9. Phénomène de coalescence……. Page 21

Figure I.10. Phénomène de murissement d'Ostwald…… Page 21

Figure I.11. Phénomène d'inversion de phase…….. Page 21

Chapitre II :

Figure II.1. Phytothérapie des plantes……. Page 24

Figure II.2. Plantes médicinales……..... Page 27

Figure II.3. infusion des feuilles……. Page 29

Figure II.4. Décoction des tiges et feuilles……..... Page 30

Figure II.5. Préparation des macérât……... Page 30

Figure II.6. Extrait des plantes…… Page 31

Figure II.7. Poudre des plantes…… Page 31

Figure II.8. Crèmes et onguents des plantes…… Page 32

Figure II.9. Photographie des différentes parties de *Carthamus caeruleus L*..... Page 35

Figure II.10. Structure de base des flavonoïdes…….. Page 37

Figure II.11. Structure des acides hydroxy-benzoïques et hydroxy cinnamiques… Page 37

Figure II.12. Structure chimique des flavan-3-ols…… Page 38

Figure II.13. Structure des stilbènes……..... Page 38

Figure II.14. Exemples de quelques lignines…… Page 39

Chapitre III :

Figure III.1. Racines de *Carthamus Caeruleus L (CC)*…… Page 43

Figure III.2. Images des opérations de prétraitement : Broyage et Tamisage…….. Page 44

Figure III.3. Tamiseuse (RETSCH AS 200 BASIC)…… Page 45

Figure III.4. Séchage de la poudre de CC dans l'étuve (MEMMERT)…….. Page 45

Figure III.5. Schéma représentant le principe d'un spectromètre IR……. Page 46
Figure III.6. L'appareil pour l'analyse du point fusion (BUCHI)……. Page 47
Figure III.7. pH mètre (HANNA)……..... Page 51
Figure III.8. Schéma représentant le principe de la spectrophotométrie UV-Vis… Page 52
Figure III.9. Spectrophotomètre UV-Vis (SHIMADZU)…… Page 53
Figure III.10. Viscosimètre à mobile tournant (BROOKFIELD)…… Page 57
Figure III.11. Centrifugeuse (marque HETTICH EBA 20)……. Page 63

Chapitre IV :

Figure IV.1. Analyse granulométrique de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC) Après broyage et tamisage……. Page 66
Figure IV.2. Cinétique de séchage de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC)... Page 67
Figure IV.3. Spectres FTIR de la poudre des racines de *Carthamus Caeruleus L* (CC)…… Page 70
Figure IV.4. Image de la poudre de CC à l'intérieur des tubes en verre capillaires : **(a)** avant le point de fusion, **(b)** après le point de fusion……... Page 71
Figure IV.5. Résultats du balayage UV-Vis (200nm-800nm) des solutions de *Carthamus Caeruleus L* (CC), à des concentrations de 0.1% **(a)** et 1% **(b)**..... Page 75
Figure IV.6. Courbe d'étalonnage par spectroscopie UV-Vis de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC) à 310 nm……. Page 76
Figure IV.7. Aspect macroscopique des pommades formulées (F1-F4) à base de *Carthamus caeruleus L* (CC) ……. Page 78
Figure IV.8. Résultats du test d'étalement des pommades (F1-F4) ……. Page 79
Figure IV.9. Courbes de viscosité des pommades (F1-F4)……... Page 80
Figure IV.10. Aspect macroscopique des émulsions (F1-F12)……. Page 83
Figure IV.11. Résultats de la conductivité électrique des émulsions formulés (F1-F12)……. Page 84
Figure IV.12. Résultats de pH des émulsions (F1-F12)…… Page 85
Figure IV.13. Test d'étalement des émulsions (F1-F12)……... Page 86
Figure. IV.14. Aspect microscopique des émulsions : F2, F3, F5, F6, F8, F9, F11 et F12…….. Page 88
Figure IV.15. Résultats de l'indice de crémage……. Page 92
Figure IV.16. Courbes d'écoulement de crèmes à base de poudre de racine de

Liste des figures

Carthamus Caeruleus L (F2, F5, F8, F11)…….. Page 93
Figure IV.17. Dénombrement des germes aérobies totaux (DGAT)
sur le milieu TSA dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11)……. Page 95
Figure IV.18. Dénombrement des moisissures et levures (DMLT) dans les
émulsions sur le milieu SAB, dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11)……... Page 96
Figure IV.19. Aspect macroscopique de l'absence des colonies de Staphylococcus
Aureus sur le milieu mannitol-sel (CHAP), dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11). Page 97
Figure IV.20. Aspect macroscopique de l'absence des colonies de Pseudomonas
Aeruginosa sur le milieu cétrimide agar base (CAB)……. Page 97

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1. Rôle des parties constituantes le tissu cutanée……..... Page 4
Tableau I.2. Classification des plaies selon le stade……..... Page 8
Tableau I.3. Coupe des tissus cutanée…….. Page 10
Tableau I.4. Les phases de cicatrisation……..... Page 11

Chapitre II :

Tableau II.1. Différentes formes galéniques de phytothérapie……. Page 32
Tableau II.2. Classification de la plante Carthamus caeruleus L. ….……... Page 33
Tableau II.3. Les différentes appellations vernaculaires de C. caeruleus L……. Page 34

Chapitre III :

Tableau III.1. Liste de la verrerie utilisée …….. Page 40
Tableau III.2. Appareillage utilisés……. Page 41
Tableau III.3. Réactifs utilisés au sein de laboratoire…….…… Page 42
Tableau III.4. Désignation et origine des milieux de culture utilisés…….. Page 42
Tableau III.5. Composition des pommades à base de *Carthamus Caeruleus L*….. Page 54
Tableau III.6. Critères d'acceptation de la qualité microbiologique des formes pharmaceutiques non stériles administrée par voie cutanée…….. Page 58
Tableau III.7. Composition des émulsions…….. Page 60

Chapitre IV :

Tableau IV.1. Caractère organoleptique de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*... Page 68
Tableau IV.2. Paramètres de la courbe d'étalonnage par spectroscopie UV-Vis de la poudre de Carthamus Caeruleus L (CC)……. Page 76
Tableau IV.3. Résultats des tests microbiologiques des pommades formulées (F1-F4)…….. Page 81
Tableau IV.4. Résultats du test de stabilité par centrifugation des émulsions…….. Page 90
Tableau IV.5. Résultats de l'indice de crémage des émulsions…… Page 91
Tableau IV.6. Résultats de la qualité microbiologique des émulsions (F2, F5, F8 et F11)……. Page 95

Liste des symboles et abréviations

Liste des symboles et abréviations

CAB : Cétrimide agar base

CC : Carthamus Caeruleus L

CHAP : Milieu mannitol-sel

CMC : Concentration Micellaire Critique

cm : centimètre

d : Diamètre

DGAT : Dénombrement des germes aérobies totaux

DMLT : Moisissures et levures totales

E/H : Emulsion Eau/Huile

Eq : Equation

F : Force

FTIR : Spectroscopie infrarouge à transformée de fourier

g : Gramme

h : Heurs

H_2SO_4 : Acide sulfurique

H_3O^+ : Ion hydronium

H% : Teneur en eau

H/E : Emulsion Huile/Eau

HLB : Hydrophile Lipophile Balance

m : la masse

m^2 : Mètre ^{2}

M-H : Gélose Mueller-Hinton

MM : Matière minéraux

MO : Matière organique

mm : Millimètre

min : Minutes

m/s : Mètre/Seconde

Liste des symboles et abréviations

N : Newton

nm : Nanomètre

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : poids

PA : Principe Actif

PEG : Polyéthylène glycol

pH : Potentiel d'Hydrogène

R^2 : Coefficient de détermination

S : Surface

SAB : Sabouraud dextrose

SM : Solution mère

TSA : Peptones de caséine et de soja

Tr : Tour

UFC : Unité formant colonie

UV-Vis : Ultra-Violet visible

ηapp : Viscosité apparente

$\dot{\gamma}$: Vitesse du cisaillement

λ : Longueur d'onde optimale

µm : Micromètre

°C : Degré Celsius

Introduction générale

Introduction générale

À travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales pour objectif d'améliorer la santé humaine. [01]

De nos jours, les vertus thérapeutiques des plantes médicinales présentent un regain d'intérêt grâce à l'amélioration des techniques extractives, et aux progrès des méthodes d'analyse structurales pour la découverte de nouveaux principes actifs. [02]

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le but de se soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7.000 ans avant notre ère par les hommes et sont à la base de la phytothérapie. Leur efficacité relève de leurs composés, très nombreux et très variés en fonction des espèces, qui sont autant de principes actifs différents. [03]

L'Algérie, par la richesse et la diversité de sa flore, constitue un véritable réservoir phylogénétique, avec environ 4000 espèces et sous-espèces de plantes vasculaires. Cependant, la flore médicinale algérienne reste méconnue jusqu'à nos jours, car sur les quelques milliers d'espèces végétales, seules 146 sont dénombrées comme médicinales. [04]

Les traumatismes et les brulures de la peau représentent un vrai problème sanitaire, dont 24000 morts par an dans la région européenne selon OMS. Les soins des blessures dans l'ancienne médecine et spécialement les brulures a été fait par les plantes qui contiennent des composantes bioactives qui réagit au cœur des mécanismes de la cicatrisation. [76] [77]

Dans certaines régions d'Algérie, la médecine naturelle occupe toujours une place de choix dans le traitement de nombreuses pathologies. Parmi ces ressources locales, *Carthamus caeruleus L.*, dont les racines sont traditionnellement utilisées comme un cicatrisant qui contribue à guérir les brûlures, a suscité notre intérêt. [03]

On a tenté de ce fait de caractériser *Carthamus caeruleus L,* après extraction de la poudre par séchage et broyage de la racine de plante, la réalisation d'un essai de formulation d'une pommade et crème cicatrisante, et la caractérisation des formulations.

La pommade est une préparation 100% à base naturelle avec des excipients inertes comme la vaseline et l'huile de vaseline avec la poudre extraite à partir les racines de la plantes *Carthamus caeruleus L,* et ça pour étudier leur effet thérapeutique sur les cicatrices.

Introduction générale

La crème réaliser est une émulsion H/E basée sur l'addition des excipients suivants : Eau (phase aqueuse), Huile de vaseline (phase huileuse), Tween 80 (tension actif), Gomme Xanthane (stabilisant et émulsifions), Glycérine (conservateur ou humectant) avec la poudre extraite.

Ce travail s'insère dans un projet de mémoire fin d'étude dans l'université Yahia Fares de Médéa, notre travail a été réalisé au niveau de laboratoire de l'université.

Notre mémoire est structuré comme suite :

- Une première partie bibliographique comportant deux chapitres :
  - ✓ Le premier chapitre a été consacré pour des généralités sur la peau, les brûlures et la cicatrisation, et aussi sur les médicaments à usage transdermique dont lequel nous avons traité profondément :
    - Les pommades : leur intérêt thérapeutique, préparation et l'utilisation.
    - Les émulsions : les types des émulsions, la stabilité et l'instabilité, caractérisation et contrôle.
  - ✓ Le deuxième chapitre a renfermé une présentation botanique et phytochimique du genre *Carthamus* et sur notre plante *Carthamus caeruleus L*.
- Une deuxième partie expérimentale comportant deux chapitres :
  - ✓ Le troisième chapitre c'est le matériel et méthode qui contient :
    - Caractérisation de la matière première (poudre) *Carthamus caeruleus L*.
    - Formulation et caractérisation de la pommade
    - Formulation et caractérisation des émulsions
  - ✓ Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus et leurs interprétations.
- Enfin, nous avons conclus notre travail par les principaux résultats obtenus, ainsi nous avons dégagé quelques perspectives.

Chapitre I : Les formes pharmaceutiques à application cutanée

I.1. La voie cutanée

I.1.1. Définition de la voie cutanée

La voie cutanée est une voie d'administration sans effraction du tissu. Son franchissement par des principes actifs est fonction de l'interaction entre la peau, barrière de protection très efficace, et ces derniers :

- Nature et physico-chimie du PA: Masse moléculaire, hydrophilie, lipophilie, stabilité…
- Formulation du médicament : Excipients lipophiles, hydrophiles, amphiphiles, promoteurs d'absorption
- Nature et l'état de la peau : Localisation, âge, épaisseur (1 à 8 mm…), vascularisation... [05]

I.1.2. Avantage et inconvénient de la voie cutanée

- Avantages :

- Facilité d'utilisation ;
- Action locale : PA au site d'action ;
- Action à différents niveaux de profondeur et de structure ;
- Action systémique possible (ex : patch à la nicotine).

- Inconvénients :

- Pas adaptée à tous les PA;
- Temps de latence ;
- Fonction de l'état de la peau. [05]

I.2. La constitution de la peau

I.2.1. Définition

La peau est l'organe le plus important de l'organisme, elle constitue d'une barrière protectrice efficace vis-à-vis de nombreux agents physiques, chimiques ou bactériens. Elle contient des terminaisons nerveuses responsables des sensations du toucher, de la température et de la douleur.

I.2.2. Conséquences de la structure de la peau sur l'action des médicaments

- Faible passage des PA
- Temps de latence
- Fortes concentrations en PA des formes galéniques
- Risque de sensibilisation
- Effet réservoir de la couche cornée avec libération prolongée des principes actifs lipophiles. [06]

I.2.3. Anatomie et propriétés du tissu cutané

❖ **Anatomie :**

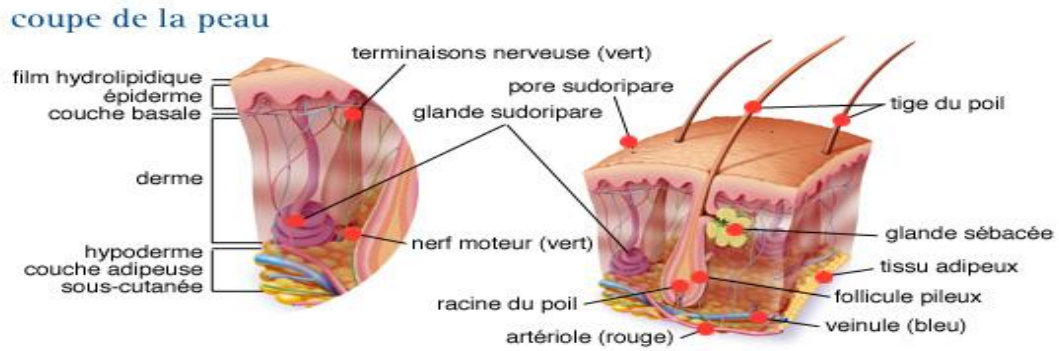


Figure I.1. Structure de la peau [07]

❖ **physiologie du tissu cutané :**

Le tableau I.1 présente l'ensemble des parties constituant le tissu cutané, ainsi que le rôle de chacun.

Tableau I.1. Rôle des parties constituantes le tissu cutané [08] [09]

Les parties	Localisation	Rôles
L'épiderme	L'épiderme est un épithélium pavimenteux pluristratifié et kératinisé en perpétuel renouvellement. Il se renouvelle en 28 jours. De sa surface au derme on retrouve 5 ou 6 couches, basées sur les propriétés des cellules.	▪ Est de protéger l'organisme de la perte en eau et des agressions externes diverses (UV, pollution, micro-organismes). ▪ La fonction barrière, est principalement assurée par la couche cornée (stratum corneum).

Le derme	Le derme est un tissu conjonctif constitué d'une substance fondamentale dans laquelle baignent des cellules, des fibres de collagène et des fibres élastiques. Contrairement à l'épiderme le derme contient des vaisseaux sanguins et lymphatiques et des nerfs.	▪ Rôle primordial dans la thermorégulation, et par sa vascularisation importante, dans la cicatrisation. ▪ La résistance et la fermeté de la peau sont assurées par ses fibres de collagène (ou de soutien). ▪ l'élasticité et la souplesse de la peau sont assurées par les fibres d'élastine (ou élastiques).
L'hypoderme	L'hypoderme est la couche la plus profonde de la peau et constitue 15 à 20 % du poids corporel. C'est un réseau de cellules graisseuses (adipocytes).	▪ Rôle important dans la thermorégulation du fait du caractère isolant de la graisse. ▪ Rôle de réserve énergétique. ▪ protège l'organisme des chocs.
Les annexes cutanées : Dans le derme et dans la partie supérieure de l'hypoderme se trouvent des annexes cutanées. Les annexes sont présentes sur tout le corps mais leur nombre varie beaucoup selon l'endroit.		
Les glandes sudoripares	constituées par un long tube qui s'enfonce dans l'épiderme en s'enroulant,	▪ secrètent la sueur, indispensable à la constitution du film hydrolipidique, à la thermorégulation de l'organisme et à sa détoxification
Les glandes sébacées	A chaque poil est annexée une glande sébacée	▪ qui fabrique et excrète du sébum à la surface de la peau. ▪ le sébum participe avec la sueur à la composition du film hydrolipidique.
Le poil ou le cheveu	Le cheveu et le poil sont composés: ➢ Une partie invisible : la racine ➢ Une partie visible : la tige	▪ Les poils sont plus abondants partout où la peau est en contact direct avec l'os, sans interposition musculaire.

I.2.4. Les types de peau

- **Peau normale :** ne demande pas de soins particuliers à part l'hygiène rationnelle.
- **Peau sèche:** demande beaucoup plus de précaution et de soins, très sensibles aux facteurs agressifs extérieurs du fait qu'elle se trouve privée.
- **Peau grasse:** présente l'inconvénient majeur de retenir la poussière, de s'encrasser rapidement mais elle est moins irritable et mieux protégée que la peau sèche par la présence d'une couche huileuse apportée par l'hyperactivité des glandes sébacées.
- **Peau mixte:** partie grasse et partie sèche. [10]

I.2.5. Facteurs intervenant dans l'absorption cutanée

- **Facteurs biologiques :**

- Variabilités anatomiques
- Hydratation cutanée et occlusion
- Age : âge et pathologie

- **Facteurs physicochimiques des composants des systèmes médicamenteux** :

- **La nature du principe actif :** Amphiphile,
- **Excipient:** l'affinité de la molécule pour la couche cornée, mais aussi pour son véhicule.
- **Les promoteurs d'absorption chimiques :** (solvants, kératolytiques, surfactants) qui modifient les lipides du stratum corneum.
- **Les promoteurs d'absorption physiques :** à l'étude pour favoriser l'absorption de certaines molécules de haut poids moléculaire comme les polypeptides.
- **pH**: les molécules ionisables, les modifications du pH conditionnent la diffusion percutanée : la forme non dissociée, non ionisée, est plus diffusible. [06]

I.3. Activité Anti-brulure et cicatrisante

I.3.1. Plaie

I.3.1.1. Définition

Ouverture ou déchirure des tissue causée par un traitement tel qu'une blessure ou une coupure. Les plaies se referment grâce à la formation de tissue fibreux et granuleux qui constituent une cicatrice. [11]

I.3.1.2. Type de plaie

Selon l'ampleur du traumatisme subite par le derme, nous distinguons deux types de plaies :

- Les plaies superficielles : dans lesquelles le derme profond est intact. Donc la cicatrisation se fait uniquement par épidémisation.
- Les plaies profondes : où la totalité du derme est atteint. [12]

I.3.1.3. Les causes des plaies

Il existe plusieurs causes de plaies au niveau de notre tissu cutané :

- Les plaies traumatiques liées à l'effet d'un objet tranchant ou à une contusion importante du tissu cutané menant à une rupture de son intégrité.
- Les brûlures, qu'elles soient physiques par température ou chimiques par
- réaction.
- Les morsures et les piqûres d'animaux.
- Des tensions excessives au niveau des tissus menant à une déchirure de ceux-ci. [13]

I.3.1.4. Classification des plaies

Il y a plusieurs classifications des plaies **(Tableau I.2)** selon les stades en fonction de sa couleur et le dommage tissulaire.

Tableau I.2. Classification des plaies selon le stade [14]

Stade	Caractéristiques de la plaie
Stade I	Zone d'érythème avec décoloration de la peau, chaleur et œdème.
Stade II	Perte tissulaire partielle touchant l'épiderme, le derme ou les deux avec absence de nécrose et a contours rouges, chauds, partiellement indurés.
Stade III	Perte tissulaire totale atteignant le tissu sous-cutané et pouvant Présence de nécrose et inflammation.
Stade IV	Perte tissulaire totale atteignant le muscle, l'os et les structures de soutien, telles que tendon et capsule articulaire avec destruction et nécrose importantes. Une infection systémique est possible
Stade V	Escarrification jaunâtre ou tissu nécrosé noir épais recouvrant le lit de la plaie (limite et évaluation de l'extension de la plaie). Il faut enlever l'escarre et les tissus morts afin d'évaluer le vrai stade de la plaie.

I.3.1.5. Traitements des plaies

Le traitement de la plaie est différent selon le stade on détermine :

- Le nettoyage des plaies diminue les facteurs inhibant la cicatrisation.
- On doit assurer la protection contre les bactéries et l'humidité de la plaie, par le pansement.
- On utilise les produits antiseptiques et les antibiotiques pour tuer les microorganismes ou inactiver certains virus.

I.3.2. Brulures

I.3.2.1. Définition

La définition du mot « brûlure » est « une destruction du revêtement cutané et, occasionnellement, des tissus sous-jacents ». Il suggère une brûlure de la peau. La lésion est dynamique et change au cours de plusieurs minutes, voire heures.

I.3.2.2. Principaux types des brulures

- **Brulures thermique :**

La plus fréquente : 80% des cas, peut donner des brulures profondes et circulaires.

- **Brulure électrique :**

Par courant électrique deux types : superficielle et profond.

- **Brulure physique :**

Par rayons ultraviolets ou infrarouge.

- **Brulure chimique :**

Ce type des brulures est généralement plus lent qu'un accident avec un agent thermique ou électrique. Différents produits chimiques quel que soit acides ou bases sont capable de léser la peau plus ou moins rapide et profonde. [15]

I.3.2.3. Classification des brulures

- **Profondeur :**

La brûlure est une lésion dynamique, et la zone d'ischémie peut évoluer vers la nécrose ou l'hyperémie, respectivement, selon la façon dont les choses se passent. **La Figure I.2** représente les classifications des bruleurs en profondeur

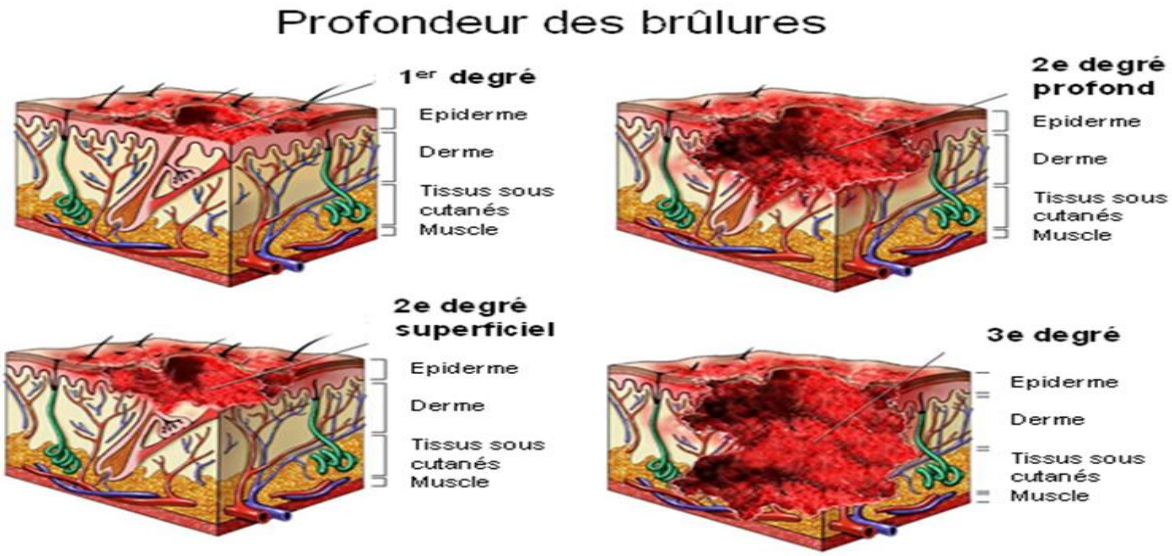


Figure I.2. Classification des bruleurs en fonction de leur profondeur

Tableau I.3. Coupe des tissus cutanés [16]

Superficielles	**1er degré**	Nécrose d'une partie de l'épiderme	-Chaleur -Erythème douloureux (en coups de soleil)	-Cicatrisation spontanée en 2 à 4 jours
	2ème degré superficiel	Nécrose de tout l'épiderme et d'une partie de la membrane basale du Malpighi	-Phlyctènes remplis d'exsudats -Peau rouge exsudative très douloureuse -La pression entraine une décoloration très nette	-Cicatrisation spontanée en 2 semaines (20 jours maximum)
Intra-intermédiaire	**2ème degré profond**	Nécrose de tout l'épiderme, de la membrane Basale de Malpighi et du derme superficiel	-Peau rose ou blanchâtre avec des piquetés rouges très peu sensibles. -La pression entraine une décoloration minime.	-Cicatrisation spontanée en 3 semaines à 2 mois ou bien approfondissement des lésions.
Profonde	**3ème degré**	Nécrose de tout l'épiderme, de la membrane Basale, et de tout le derme +/- nécrose musculaire et osseuse (on parle de brulure au 4ème degré = carbonisation)	-Aspect cartonnée, induré sec et insensible allant du blanc nacré ou noir en passant par le marron. -La pression n'entraine pas de décoloration.	-Pas de cicatrisation spontanée, la couverture chirurgicale est indispensable. -Les complications sont également présentes.

I.3.3. Cicatrisation

I.3.3.1. Définition

La cicatrisation d'une plaie est un phénomène biologique naturel. Cette aptitude du tissu humain à réparer des lésions localisées est cependant tributaire de certaines données. [17]

I.3.3.2. Les étapes de la cicatrisation

Il y a quatre phases de cicatrisation tels que mentionnée dans **la Figure I.3** et **Le Tableau I.4** :

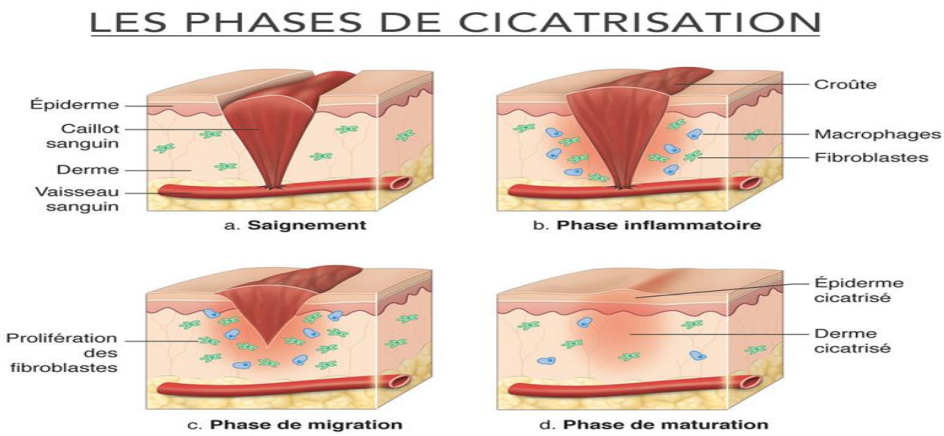
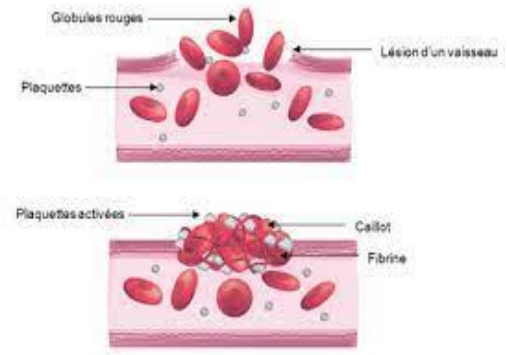
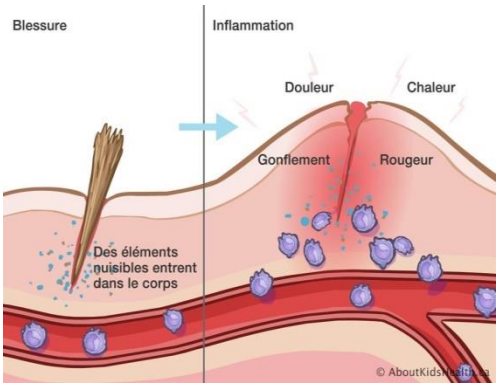
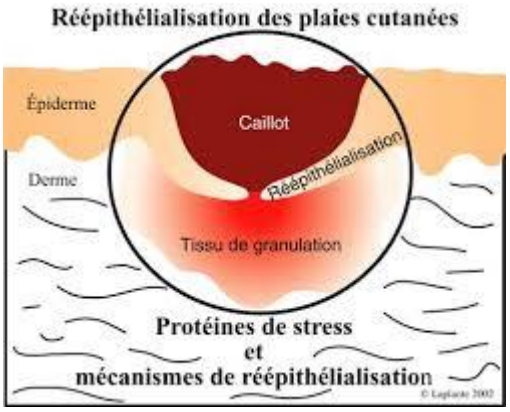
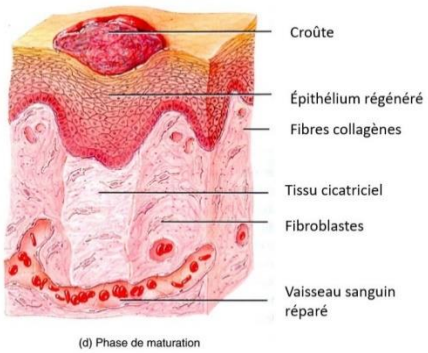


Figure I.3. Les phases de la cicatrisation [18]

Tableau I.4. Les phases de cicatrisation [19]

Phases de cicatrisation	Mécanisme d'action	Durée relative	Schéma
Vasculaire	- Libération des facteurs de croissances et des cytokines par les plaquettes.	24-48 h	
Inflammatoire (détersion)	- Les neutrophiles et les macrophages sont attirés dans la plaie. - Les neutrophiles et les macrophages digèrent les bactéries et libèrent des facteurs de croissance, des cytokines et des protéases.	24 h-15 jrs	

Granulation Epidermisation (bourgeonnement ou migration)	- Les fibroblastes et les cellules endothéliales sont attirés dans la plaie et produisent des facteurs de croissances. - Fibroblastes ⟶ myofibroblastes. - Synthèse de matrice extracellulaires et des nouveaux vaisseaux. - Formation du tissu de granulation puis migration des kératinocytes pour l'épidermisation.	Plusieurs semaines	
Maturation (remodelage)	- Les fibroblastes orchestrent le remodelage et la maturation de la cicatrice. - Apoptose des cellules immunitaires et endothéliales en excès ⟶ diminution de la densité cellulaire	Mois, années	

I.3.3.3. Facteur influençant la cicatrisation

Le processus de cicatrisation peut être influencé par plusieurs facteurs, parmi lesquels :

❖ **Facteurs liés à la plaie :**

Son site, son environnement, son hydratation, son degré de contamination et sa vascularisation ou bonne vascularisation est importante pour une bonne cicatrisation. [20]

❖ **Facteur généraux :**

La malnutrition comme la carence en albumine, en fer, en zinc et en vitamine C, l'âge, le diabète, l'obésité, le tabagisme (hypo-vascularisation) entrainent une diminution des processus de réparation. [20]

I.4. Formes pharmaceutique transdermiques

I.4.1. Définition

Ce sont des préparations pharmaceutiques souples, de dimension variable, qui servent de support à un ou plusieurs principes actifs. Placés sur la peau non lésée, ils sont destinés à libérer et diffuser un ou plusieurs principe actifs dans la circulation générale après passage de a barrière cutanée. [05]

I.4.2. Les préparations semi-solides

Les préparations semi-solides pour application cutanée sont destinées à être appliquées sur la peau ou sur certaines muqueuses afin d'exercer une action locale ou transdermique de principes actifs.

- Elles sont également utilisées pour leur action émolliente ou protectrice.
- Elles présentent un aspect homogène.

Les préparations semi-solides pour application cutanée qui sont destinées à être appliquées sur des plaies ouvertes importantes ou sur une peau gravement atteinte doivent être stériles.

I.4.2.1. Les gels :

Ce sont des préparations semi-solides destinées à être appliquée sur la peau et les muqueuses ils sont constitués par des liquides gélifiés à l'aide d'agents gélifiants appropriés. On distingue :

- Les gels hydrophiles
- Les gels hydrophobes

I.4.2.2. Les pâtes :

Les pâtes sont des préparations semi-solides contenants de fortes proportions de poudres finement dispersées dans l'excipient.

I.4.2.3. Les crèmes :

Les crèmes sont des préparations multiphasiques composées d'une phase lipophile et d'une phase aqueuse. On distingue :

- Les crèmes hydrophiles
- Les crèmes hydrophobes

I.4.2.4. Les pommades :

I.4.2.4.1. Définition :

Ce sont des préparations semi-solides destinées à être appliquées sur la peau ou les muqueuses se composent d'une base monophasique dans laquelle peuvent être dispersées des substances liquides ou solides.

I.4.2.4.2. Classification des pommades :

On distingue trois types des pommades:

❖ **Pommades hydrophobes ou lipophiles :**

Elles n'absorbent pas ou de très petites quantités d'eau. Leur caractère hydrophobe leur donne un fort pouvoir occlusif (ne laisse pas respirer la peau). Elles forment une barrière à la surface de la peau, limitant ainsi l'évaporation de l'eau et augmentent son hydratation. Elles sont peu ou pas pénétrantes, ce qui permet de freiner la pénétration des composés toxiques et limiter les agressions extérieures. Elles sont généralement réservées aux affections de surface, pour les lésions sèches et/ ou squameuses. Elles ne sèchent pas et restent en surface pour une longue durée. Les excipients les plus fréquemment utilisés sont :

- ✓ Les hydrocarbures : vaseline, huile de paraffine (solide ou liquide)
- ✓ Les huiles végétales : huiles d'amande douce, d'olive...
- ✓ Les graisses animales
- ✓ Les huiles de silicone
- ✓ Les cires : cire d'abeille, cire synthétique

❖ **Pommades absorbant l'eau :**

Sont des préparations hydrophobe, On utilise des excipients identiques que ceux utilisés pour les pommades hydrophobes, auxquels on ajoute des émulsifiants amphiphiles de type « eau dans huile » tel que la lanoline. On peut également incorporer des émulsifiants de type « huile dans eau » tel que l'alcool gras.

❖ **Pommades hydrophiles :**

Elles sont constituées d'excipients miscibles à l'eau. Généralement, il s'agit d'un mélange de polyéthylène glycol (PEG), liquide ou solide, de masses moléculaires élevées. Elles peuvent contenir des quantités d'eau appropriées. [21]

I.4.2.4.3. Intérêts thérapeutiques des pommades :

Les pommades en plus de leurs actions émollientes et protectrices sur la peau, règlent le potentiel d'hydrogène (pH) cutané à la normale. Elles ont une action générale par voie cutanée sans passer par le foie. En plus de leur application dermique, elles peuvent être appliquées sur les muqueuses rectales, vaginales, conjonctivales. [22]

I.4.2.4.4. Préparation des pommades :

La fabrication de pommade peut être effectuée soit à l'officine, soit à l'échelle industrielle. L'objectif est de fabriquer une préparation onctueuse et homogène dans laquelle des composants insolubles, s'il y en a, sont parfaitement dispersés.

❖ **A l'officine**

On utilise un mortier et un pilon pour mélanger les différents ingrédients. Les poudres sont préalablement broyées. Pour incorporer des solides, on commence toujours par triturer une petite quantité de base avec une petite quantité de poudre, volume à volume jusqu'à l'épuisement des ingrédients.

❖ **Industriellement**

On utilise des mélangeurs malaxeurs à mouvement planétaire et racloir, munis d'une double paroi pour le chauffage et le refroidissement du mélange. La température de fusion du mélange doit être supérieure au point de fusion le plus élevé.

Après les étapes de refroidissement, de lissage et de mûrissement, la pommade est mise dans un conditionnement adapté. Il est important de limiter toute contamination, surtout pour les pommades qui contiennent des phases aqueuses. [21]

I.4.2.4.5. Utilisation des pommades :

- Pour le traitement des lésions ou affections de surface, la pénétration étant assez faible
- Pour un effet protecteur, pour isoler des agressions extérieures, pour palier à la faiblesse où à l'absence de la couche hydrolipidique physiologique.

I.4.2.4.6. Avantages et inconvénients :

❖ **Avantage :**

✓ Destinées aux traitements des atteintes locales, régionales et générales,

✓ Ne nécessitant pas un mode d'administration particulier,

✓ Absence du premier passage hépatique.

❖ **Inconvénient :**

✓ Effets secondaires,

✓ Si le mode d'application est variable, l'effet pharmacologique est inconstant.

I.4.2.5. Les émulsions :

I.4.2.5.1. Définition :

Les émulsions sont des systèmes hétérogènes dans lesquels deux liquides non-miscibles sont dispersés sous forme de gouttelettes. Ce système est thermodynamiquement instable et nécessite l'addition d'un stabilisant, appelé émulsifiant. **(Figure I.4)**

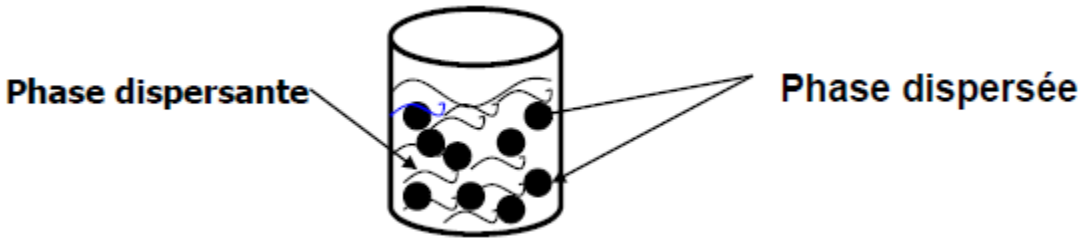


Figure I.4. Structure d'une émulsion phase dispersante – dispersée [05]

I.4.2.5.2. Composition des émulsions :

La composition principale d'une émulsion est une phase huileuse (lipophile) et une phase aqueuse (hydrophile) :

- **Phase huileuse :** appelée également phase grasse, phase lipophile ou phase organique, comporte des huiles, d'origine végétale, animale ou minérale.
- **Phase aqueuse :** ou phase hydrophile contient l'eau et divers composants hydrosolubles. Les solutés de la phase aqueuse sont de nature diverse : ions minéraux, acides, bases, vitamines, glucides, protéines.

I.4.2.5.3. Les différents types d'émulsions :

Il y a généralement deux types d'émulsion : les émulsions simples et les émulsions multiples

❖ Emulsion simple :

Il s'agit d'une dispersion de deux phases liquides non miscibles, phase lipophile, phase hydrophile et d'un émulsifiant, on distingue :

- Les émulsions Eau dans Huile (E / H) : Dans ce type d'émulsions, la taille des particules est d'environ 1 μm, l'huile est en phase externe et l'eau en phase interne.
- Les émulsions Huile dans Eau (H / E) : Elles sont les plus nombreuses. L'eau représente la phase externe et la taille des particules huileuses dispersées varie entre 1 μm et 100 μm.
- Les microémulsions : Ce sont des émulsions simples dans lesquelles les particules dispersées sont si fines qu'elles paraissent solubilisées dans la phase aqueuse. En effet, la taille des particules, qui est comprise entre 10 et 100 nm. [23]

❖ Emulsion multiples :

Il s'agit de dispersions dans l'eau d'une émulsion E / H (émulsion E / H /E) ou dans l'huile d'une émulsion H/E (émulsion H / E / H). Ces types d'émulsions offrent une meilleure protection des substances actives incorporées. [23]

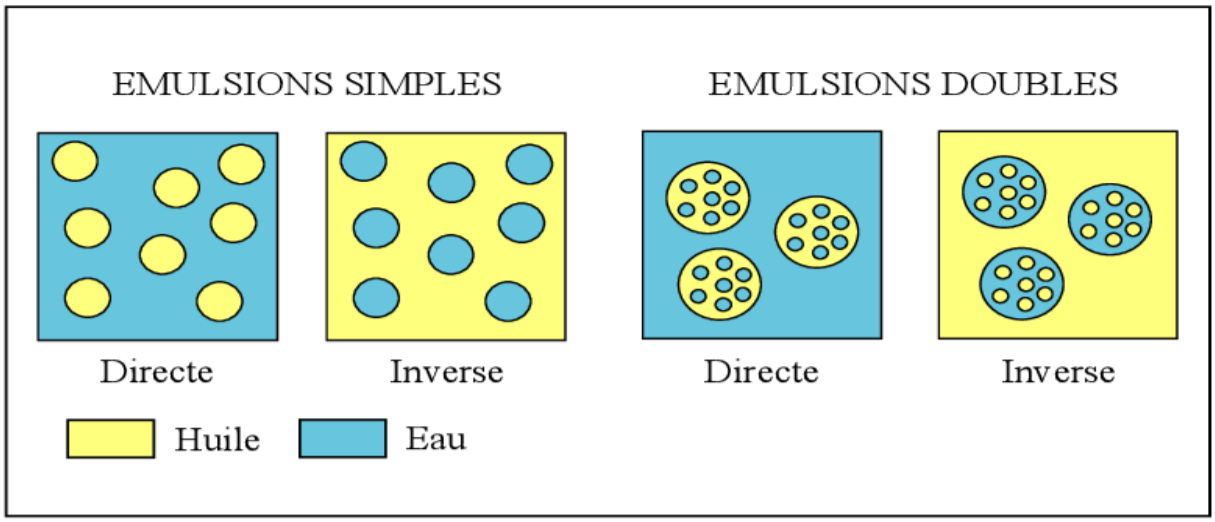


Figure I.5. Les différents types d'émulsions [24]

I.4.2.5.4. Stabilisation de l'émulsion :

❖ Par le procédé chimique :

- Le tensioactif :

Ou encore surfactifs, est une molécule amphiphile constituée de deux parties, une partie polaire (hydrophile) et partie apolaire (lipophile), le tensioactif a la propriété de s'adsorber aux interfaces eau/huile, et donc de diminuer la tension interfaciale. On distingue :

- Tensioactifs anioniques
- Tensioactifs cationique
- Tensioactifs non-ionique
- Tensioactifs zwitterioniques ou amphotères

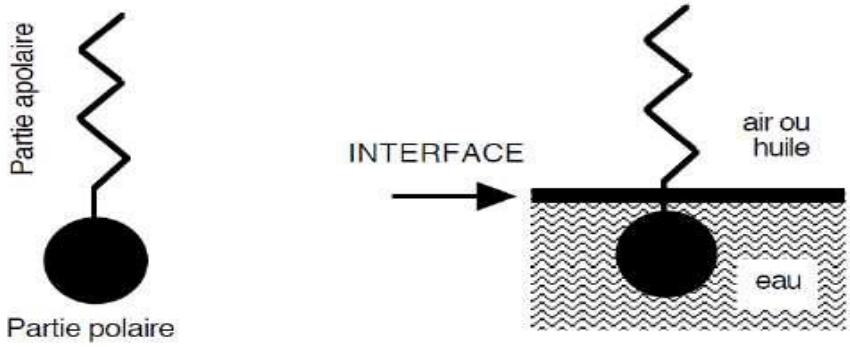


Figure I.6. Structure d'une molécule amphiphile [25]

- Hydrophile lipophile balance (HLB) :

Le concept HLB, permet de formuler, d'une manière particulièrement rationnelle, des émulsions stables. La méthode HLB est basée sur une classification des tensioactifs par hydrophilie croissante.

Les valeurs sont déterminées selon une échelle arbitraire allant de 0 à 20 dans laquelle on admet que les émulsionnants présentant une valeur de :

- HLB entre 0 et 8 sont lipophiles,
- HLB compris entre 8 et 12 sont dits « intermédiaires »
- HLB entre 12 et 20 hydrophiles [26]

- La concentration micellaire critique (CMC) :

La concentration à partir de laquelle un composé tensioactifs s'auto associe sous forme de micelles en solution aqueuse est appelée concentration micellaire critique.

La valeur de la CMC est une caractéristique du tensioactif et dépend de la longueur de la chaîne lipophile et la nature de la tête polaire.

❖ **Par le procédé physique :**

L'émulsion ne doit pas montrer de démixtion. Une démixtion peut être provoquée par la coalescence (on recueille de la phase dispersée) ou par un phénomène de crémage/sédimentation (la phase continue apparait mais la phase interne peut être redispèrsée). La stabilité physique inclut aussi une invariance du comportement rhéologique et de la granulométrie. [27]

I.4.2.5.5. Instabilité des émulsions :

Les émulsions sont des systèmes thermodynamiquement instables. Cette instabilité peut se distinguer en cinq façons différentes

- Crémage ou sédimentation :

C'est un phénomène réversible résulte de la différence de densité entre la phase dispersée et la phase continue.

On parle de crémage lorsque les particules de la phase dispersée déplacent vers le haut et de sédimentation lorsque ses particules se rassemblent à la partie inférieure. [28]

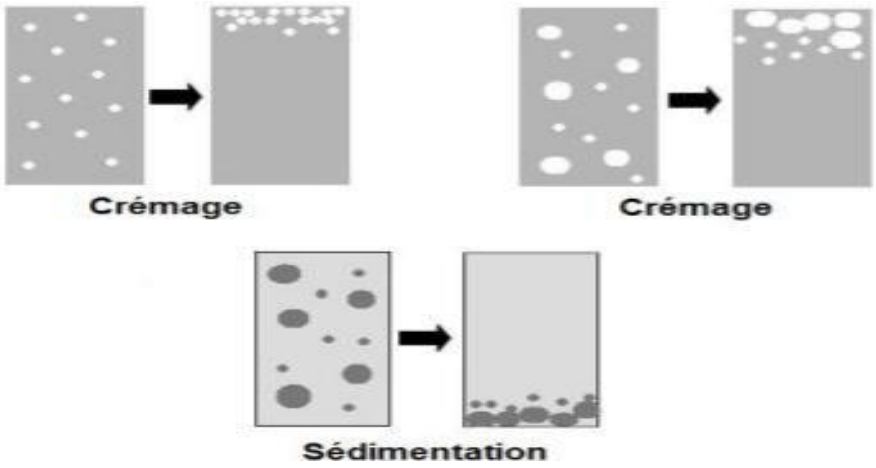


Figure I.7. Phénomène de sédimentation et de crémage. [29]

- Floculation :

C'est une forme d'instabilité qui résulte d'agrégation d'un nombre plus ou moins grand des particules de la phase dispersée. Ses particules s'assemblent pour former un flocon mais chacune d'entre elles conserve son individualité. Ce phénomène n'est pas toujours facilement réversible. [28]

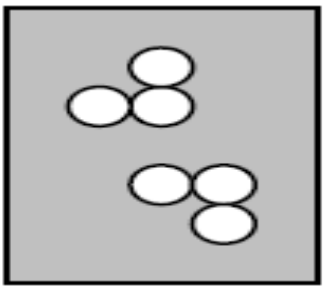


Figure I.8. Phénomène de floculation [30]

- Coalescence :

C'est un phénomène qui est toujours irréversible, résulte de la fusion complète de plusieurs globules préalablement floculés, qui finissent par perdre leur individualité pour donner un seul et même globule. A la limite se traduit par la séparation de l'émulsion en deux couches. [29]

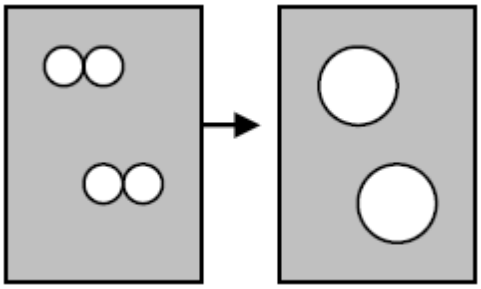


Figure I.9. : Phénomène de coalescence [30]

- Murissement d'Ostwald :

C'est un phénomène irréversible, pendant lequel les plus petites gouttelettes en solution dans la phase continue se dissolvent et se déposent sur des gouttelettes plus grosses. Ces petites gouttes se vident au profit des grosses, et la granulométrie se modifie puisque les classes de faible taille disparaissent. [29]

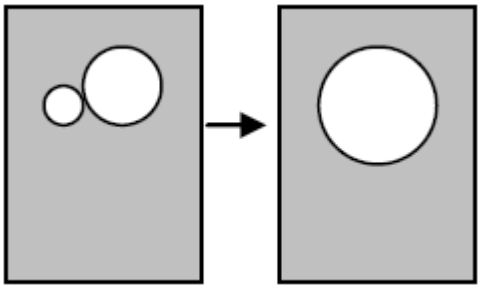


Figure I.10. Phénomène de murissement d'Ostwald [30]

- Inversion de phase :

L'inversion de phase est un phénomène qui se traduit par un changement du sens de l'émulsion, c'est-à-dire la transformation d'une émulsion E/H en une H/E ou inversement.

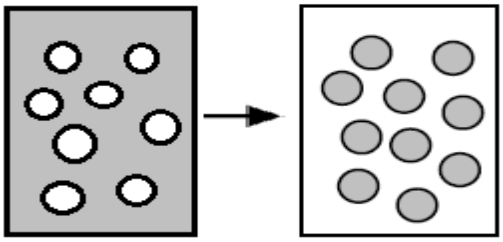


Figure I.11. Phénomène d'inversion de phase [30]

I.4.2.5.6. Caractérisation des émulsions :

Le type, la viscosité, la taille des gouttelettes et la stabilité se caractérise une émulsion, cette caractérisation est toujours utile.

- **Contrôle macroscopique :**
  - Aspect : il dépend de la nature des phases constituantes et de l'état du principe actif, il peut être brillant, satiné ou mat ou bien transparent, translucide ou opaque.
  - Consistance : elle revêt différents qualitatifs, il est possible par exemple de décrire une rigidité compacte ou filante ou une gélification, ferme ou tremblante.
  - Homogénéité : elle est primordiale et doit être vérifié au niveau de l'aspect qui est lisse ou granuleux et de la couleur. [31]
- **Contrôle microscopique :**

L'examen microscopique est le premier essai effectué pour identifier les systèmes obtenus. Il constitue un excellent moyen pour suivre la stabilité de ces systèmes lors du vieillissement. Le microscope optique est une méthode d'analyse usuelle pour la multiplicité des systèmes, cette méthode permet d'avoir une idée sur la taille des globules aqueux internes souvent de l'ordre du micromètre. [32]

- **Détermination du sens de l'émulsion :**

La phase continue d'une émulsion peut être de l'eau (émulsion H / E) ou de l'huile (émulsion E / H). Trois tests cités pour déterminer le sens d'émulsions sont fondés respectivement sur :

- Méthode de coloration : la coloration de l'une des phases (par exemple, addition d'un colorant hydrosoluble qui permet d'identifier la phase aqueuse).
- Méthode de dilution : la dilution par addition d'eau qui montre si ce liquide est compatible ou non avec la phase continue.
- Méthode par la mesure de conductivité : la mesure de la conductivité de phase externe est plus précise. En effet, une phase continue aqueuse a une conductivité plus élevée qu'une phase huileuse. [33]

❖ Granulométrie d'émulsion :

La granulométrie d'une émulsion correspond à la taille des gouttelettes de la phase dispersée : distribution de la taille et le diamètre moyen. C'est un paramètre très important qui est lié au processus de formulation.

❖ Contrôle de stabilité :

La stabilité d'une émulsion peut être appréciée dans une éprouvette graduée, par l'observation à intervalles réguliers de la sédimentation, de crémage, de la coalescence et de la séparation de phase.

❖ Contrôle microbiologique :

Les émulsions de type H/E peuvent être contaminées puisqu'elles contiennent des hautes teneurs en eau qui favorise la prolifération bactérienne.

❖ Détermination de pH :

Ce contrôle n'est pas spécifique. Cette détermination se fait avec des réactifs colorés ou des pH mètres. La valeur du pH est souvent importante pour la conservation.

❖ Contrôle de la consistance :

La détermination de la viscosité permet d'établir une caractéristique supplémentaire de l'émulsion que l'on suivra au cours du vieillissement.

❖ Analyse rhéologique :

Pour caractériser la consistance des émulsions, est importante de faire une analyse rhéologique. Elles sont requises dans le contrôle de la qualité, et dans la production.

L'analyse rhéologique est réalisée à l'aide d'un rhéomètre où une fine couche de fluide est enfermée entre deux plaques d'une surface A (m^2). La plaque supérieure est forcée à se déplacer par une force F (N), avec la vitesse dx (m / s), tandis que la plaque inférieure est fixe. [34]

Chapitre II : Les plantes médicinales

II.1. La phytothérapie et les plantes médicinales

II.1.1. La phytothérapie

II.1.1.1. Définition

Le terme de phytothérapie provient du grec phyton "plante" et therapeia "traitement". Elle se définit donc comme l'utilisation des plantes pour soigner les maladies. [35]

La phytothérapie est la science des plantes médicinales, elle est basée sur l'étude de la composition et les effets des substances naturelles d'origine végétales. A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales.



Figure II.1. Phytothérapie des plantes [36]

II.1.1.2. Différent types de la phytothérapie

Il y a deux types de la phytothérapie se devise lors de l'utilisation des plantes, ils se basent sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. D'autres se basent sur les connaissances biochimiques et l'action des principes actifs des plantes. On distingue :

- **Aromathérapie :**

Est une thérapeutique qui utilise les essences des plantes, ou huiles essentielles, substances aromatiques secrétées par de nombreuses familles de plantes, ces huiles sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau.

- **Gemmothérapie :**

Se fonde sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux tels que les bourgeons et les radicelles.

- **Herboristerie :**

Correspond à la méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne. L'herboristerie se sert de la plante fraiche ou séchée ; elle utilise soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau : décoction, infusion, macération. Ces préparations existent aussi sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche que le sujet avale.

- **Homéopathie :**

A recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive ; les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale

- **Phytothérapie pharmaceutique :**

Utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant. Ces extraits sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats. [37]

II.1.1.3. Principe de la phytothérapie

La phytothérapie repose sur l'utilisation de plantes médicinales à des fins thérapeutiques. La logique de traitement est également différente entre la médecine classique et la phytothérapie. En phytothérapie, les plantes sont également utilisées comme des médicaments pour réguler les fonctions du corps.

II.1.1.4. Intérêt de la phytothérapie

La phytothérapie se pratique sous différentes formes et uniquement dans le cas de maladies « bénignes ». Se soigner par les plantes représente une alternative reconnue par la médecine et dénuée de tout effet toxique pour l'organisme.

II.1.1.5. Avantages de la phytothérapie

- L'avantage majeur de la phytothérapie est de diminuer les effets secondaires grâce aux faibles concentrations. Elles ne provoquent que très peu d'effets indésirables
- D'après l'O.M.S, le traitement traditionnel « enlève le mal » de manière définitive alors que le traitement moderne « calme la maladie ».
- Les plantes médicinales sont facilement accessibles.
- Lors de la décroissance des médicaments telles que mes antibiotiques, les traitements à base de plantes reviennent au premier plan (adaptation des bactéries).

II.1.1.6. Inconvénients de la phytothérapie

- Selon l'O.M. S, l'absence de contrôle de la qualité et du manque d'informations des consommateurs ainsi que l'utilisation erroné des préparations à base de plantes, des effets secondaires peuvent être signalé. [38]
- Risque des réactions allergiques et d'intoxication.
- Risque des effets contradictoires lors de la multiplicité des composants.

II.1.2. Généralité sur les plantes médicinales

II.1.2.1. Définition

On appelle plante médicinale toute plante, dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses renferment de nombreux principes actifs (plus de 250) qui ont des activités thérapeutiques complémentaires ou synergiques. Ces principes actifs ont été étudiés et reproduits chimiquement pour être incorporés de nos jours dans de nombreux médicaments. [39]



Figure II.2. Plantes médicinales [40]

II.1.2.2. Origines des plantes médicinales

Les plantes peuvent provenir de deux origines, cultivées ou spontanées "sauvages".

- **Les Plantes spontanées :**

De nombreuses plantes médicinales importantes se trouvent encore dans la nature. Les plantes naturelles représentent encore aujourd'hui une part importante du marché, leur répartition dépendant du sol et surtout de l'habitat.

Dans certains cas, certaines espèces végétales prospèrent dans des conditions éloignées de leur habitat naturel.

- **Les Plantes cultivées :**

L'existence des plantes cultivées est due à l'homme où la sélection des espèces cultivées est liée à leur richesse en substances actives. L'objectif de cette culture est d'offrir une quantité suffisante en matière première, principe actif, qui répond aux besoins humains, les drogues préparées à base de ces principes ont un aspect et composition chimique homogènes. [39] [03]

II.1.2.3. Importance des plantes médicinales

Depuis plusieurs années, l'utilisation d'herbes ou de préparations à base de plantes a de plus en plus de succès. Tout d'abord, il est intéressant de noter qu'environ 30% des médicaments prescrits par le médecin sont d'origine naturelle, alors que ce ratio est de 50% dans les médicaments en vente libre. La plupart des espèces végétales cultivées dans le monde ont des vertus thérapeutiques. Car ils contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme.

Ils sont utilisés à la fois en médecine classique et en phytothérapie ; Ils ont des avantages que les médicaments n'ont souvent pas.

II.1.2.4. Parties de plantes médicinales utilisées et leur cueillette

La bonne période de la cueillette des plantes médicinales est celle où elles sont développées jusqu'à pleine maturation de leur potentiel. [41] Le moment idéal varie selon les plantes et la partie prélevée comme suit :

- Feuilles: elles représentent la partie la plus utilisée en médecine, car elles produisent les hétérosides et la plupart des alcaloïdes. Leur récolte s'effectue après leur développement complet et si possible avant la floraison. [42] [43]
- Tiges: rarement récoltées seules, et ne représente qu'un couloir de transit entre les racines et les feuilles. Elles peuvent contenir des principes actifs et particulièrement dans l'écorce. [42]
- Racines: accumulent souvent des sucres, parfois des vitamines et des alcaloïdes. La récolte des plantes annuelles est faite à la fin de la période végétative, alors que les plantes bisannuelles se fait à la fin du repos végétatif de la première année et avant la reprise de la deuxième année. Les plantes vivaces, leur collecte est réalisée au cours de la deuxième ou troisième année avant qu'elles ne deviennent trop dures et fibreuses (lignification). [42] [43]
- Fleurs: la récolte est faite immédiatement avant leur épanouissement total. Les pétales colorés sont riches en pigments, la corolle contient des flavonoïdes, alors que celle de la rose rouge contient des tanins. [42] [43]
- Fruits: la récolte est faite à la maturité ou très légèrement avant leur séchage. Les fruits des charnus représentent une réserve de vitamines, d'acides organiques et de sucres, elles reforment aussi des huiles essentielles. [42] [43]
- Graines ou semence: la récolte est faite lorsqu'elles perdent la majorité de leur eau, c'est-à-dire à la maturité ou très légèrement avant le séchage complet des fruits. [43] [44]

II.1.2.5. Séchage et conservation des plantes médicinales

- Il s'agit d'étaler les végétaux (feuilles, fleurs, semences ou graines) et d'établir une bonne circulation d'air pour éviter les fermentations ou les pourrissements, afin d'obtenir un séchage rapide. [45]
- Pour conserver les plantes, il faut s'assurer qu'elles soient parfaitement séchées avant de les stocker, elles doivent être placées dans des récipients secs ou des sacs en papier. [46]
- Les plantes doivent être conservées à l'abri de certains agents pouvant entraîner leur altération, et protégées contre l'air, l'humidité, la lumière, les champignons et les insectes. [47]
- L'action médicale s'affaiblit lorsque les plantes sont conservées trop longtemps. [48]

II.1.2.6. Préparation des plantes pour la phytothérapie

Il y a plusieurs modes de préparation des plantes, selon l'usage que l'on veut en faire. Les modes de préparation les plus courants sont :

- **Infusion :** L'infusion est obtenue en plongeant la plante dans de l'eau bouillante pendant 5 à 15 minutes dans un récipient couvert. Avant utilisation, la perfusion doit être filtrée.



Figure II.3. Infusion des feuilles [49]

- **Décoction :** la décoction est obtenue par une longue cuisson de la plante à feu doux. La plante est placée dans de l'eau froide, puis portée à ébullition entre 2 et 15 minutes puis passée.



Figure II.4. Décoction des tiges et feuilles [50]

- **Macération :** elle consiste à laisser une plante dans un solvant (eau, vin, alcool ou huile) à froid pendant un temps assez long. La macération doit se faire dans un récipient à l'abri de l'air et de la lumière. Une fois le temps écoulé, il suffit de filtrer le mélange à travers un papier filtre, ou du coton hydrophile non tissé et de stocker le macérât obtenu dans un récipient bien bouché.



Figure II.5. Préparation des macérât [51]

- **Extraits :** il existe différents types d'extraits. L'extrait fluide s'obtient en plongeant une plante dans une masse d'eau ou d'alcool égale à plusieurs fois la masse de plantes, puis en laissant s'évaporer jusqu'à ce que le poids du liquide soit égal à celui de la masse de la plante initiale. L'extrait mou, est basé sur le même principe, sauf que l'on pousse l'évaporation jusqu'à ce que le produit ait la consistance du miel. Les autres intermédiaires entre ces deux niveaux d'évaporation sont appelés simplement extraits.



Figure II.6. Extrait des plantes [52]

- **Poudre :** Elle s'obtient en pulvérisant une plante, soit au moulin à café, soit au mortier et au pilon. La pulvérisation peut être facilitée en passant la plante au four à feu très doux pendant quelques instants.



Figure II.7. Poudre des plantes [53]

- **Crèmes et onguents :** ce sont des préparations d'aspect crémeux réalisées à base d'huile et de tout autre corps gras, dans lesquelles les principes actifs des plantes sont dissous, on les applique sur les plaies pour empêcher l'inflammation. Les onguents sont efficaces contre les hémorroïdes les gerçures des lèvres ou l'érythème fessier des nourrissons, la méthode la plus simple à préparer un onguent crémeux consiste à utiliser de la vaseline ou de la paraffine ramollie. [54]



Figure II.8. Crèmes et onguents des plantes [55]

II.1.2.7. Différents modes d'utilisation des plantes médicinales

Les modes d'utilisation des plantes sont divers, et selon lesquels plusieurs formes galéniques sont prescrites**.** Elles peuvent être choisies en fonction de la composition chimique de la plante.

Tableau II.1. Différentes formes galéniques de phytothérapie [56]

Présentation	**Formes galéniques**
Forme solide	Gélules Comprimés
Forme liquide	Extraits fluides Teintures, alcoolatures, alcoolats Teinture mère SIPF (Suspensions Intégrales de Plantes Fraîches) Macérats glycérinés Digestés huileux et huiles infusées Sirops, eau distillée, élixirs floraux Huiles essentielles Décoction, tisane
Formes destinées à l'usage externe	Pommades Liniments Gel

II.2. Carthamus caeruleus L

II.2.1. Genre carthamus

Le genre botanique *Carthamus* regroupe des plantes angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Astérales, et à la famille des Composacées ou Asteraceae. Ce sont des plantes presque toutes méditerranéennes, qui ressemblent aux chardons.

Les carthames sont des plantes vivaces, bisannuelles ou annuelles généralement épineuses qui produisent des fleurs tubulées groupées en capitules solitaires, entourés d'un involucre de bractées épineuses, avec de nombreuses bractées externes foliacées. Il regroupe environs 26 espèces dont *Carthamus Caeruleus L*. [57]

II.2.2. Etude de la plante

Le nom *Carthamus* signifie « teinture » et *Caeruleus* s'applique aux fleurs « de la couleur du ciel ». Elle fait partie de 14 espèces du genre *Carthamus* de la famille des Astéracées. C'est une plante à fleurs qui a des rapports avec les chardons dont la période de floraison est du mois d'Avril jusqu'au juillet. [57]

II.2.3. Classification

Plusieurs catégories ont été attribuées à cette plante en raison de sa réputation négative et de sa composition structurelle complexe. La classification de *Carthamus Caeruleus L*. est présentée dans le **Tableau II.2** :

Tableau II.2. Classification de la plante *Carthamus Caeruleus L.* [58]

Règne	Plantae
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae

Sous famille	Carduoideae
Genre	Carthamus
Espèce	Carthamus caeruleus

❖ Noms communs :

Plusieurs noms vernaculaires sont attribués à *C.Caeruleus L* dans le **Tableau II.3** :

Tableau II.3. Les différentes appellations vernaculaires de *C.Caeruleus L*

Langue	**Nom vernaculaire**
Français	Cardoncelle bleue.
Anglais	Blue thistle.
Espagnol	Cardonsato azul.
Italienne	Cardoncello azzurro.
Arabe	Kenjar, gergga, Qartum, Merghes Chers.
Berbère	Taga lekhla, amersgus.

❖ Nomenclature :

Plusieurs synonymes sont accordés au Carthamus caeruleus L. parmi :

- Carduncellus caeruleus (L.) Less ;
- Carthamodes caeruleus (L.) Kuntze ;
- Kentrophyllum caeruleum (L.) Godr ;
- Onobroma caeruleum (L.) Gaertn ;
- Carduncellus caeruleus (L.) C.Presl.

II.2.4. Description botanique

Plante vivace de 2 à 6 dm de haut, simple ou peu rangée, dressée et angulaire. Elle a quelques feuilles pubescentes qui sont initialement sessiles, semi-embarrassantes, subauriculées, lobées ou dentées, suivies de feuilles pétiolées, lyre-pinnatifides ou oblongues-lancéolées, dentées.

Il présente un large involucre subglobuleux avec des feuilles épineuses, et le fruit est un akène pâle qui est lisse de bas en haut et recouvert de soies considérablement plus longues que l'akène lui-même. C'est une fleur bleue.



Figure II.9. Photographie des différentes parties de *Carthamus Caeruleus L*.

II.2.5. Distribution géographique

C'est une espèce peu commune qu'on peut rencontrer dans les terrains maigres de Provence et de corse. Elle préfère les lieux secs et ensoleillés du bassin méditerranéen, et est originaire du Sud - Ouest de l'Asie, d'Orient, mais répandue dans le reste de l'Asie, en Afrique du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie), en Australie, dans les deux Amériques, ainsi qu'en Europe. [59]

En Algérie, elle se trouve dans les régions côtières méditerranéennes ; Tipaza, Annaba, Bejaia, Boumerdes, Sidi bel-abbés et Bouira ainsi que dans les hauts plateaux comme Sétif.

II.2.6. Action et utilisation traditionnel

En médecine traditionnelle, la *Carthamus Caeruleus L*, ou plus précisément, ses rhizomes, sont fréquemment utilisés pour traiter les affections cutanées comme agent de guérison qui aide également à la récupération des brûlures et de l'inflammation des articulations. Ces rhizomes étaient utilisés pour fabriquer une crème, qui était ensuite régulièrement appliquée directement sur la zone brûlée ou la plaie. Des résultats étonnants ont été observés

II.2.7. Actions et utilisation médicinales

II.2.7.1. Activité antioxydant

L'extrait de racine de *Carthamus Caeruleus L* est un inhibiteur efficace de xanthine oxydase, et il a des propriétés antioxydants significative de piégeage de radicaux libres, à cause de sa richesse en acides phénoliques et des flavonoïdes.

II.2.7.2. Propriété cicatrisante

Des expériences de guérison de la peau d'animaux brûlés, où ayant subi une incision, par l'application de la crème de *Carthamus Caeruleus L*, après observation macroscopique a montré qu'il y a une guérison presque complète après 15 jours. [60]

II.2.8. Composition chimique

Le screening photochimique de rhizome du *Carthamus Caeruleus L*. a fait ressortir une richesse en polyphénols (flavonoïdes, tanins, anthraquinones…), mucilages, amidon … [61]

II.2.8.1. Polyphénols

Une classe importante de composés organiques appelés polyphénols se trouve en abondance dans tout le règne végétal. Leur accumulation dans les plantes diffère en quantité et en qualité entre les différentes espèces végétales ainsi que dans différentes sections de plantes. Les polyphénols sont classés comme suit :

- **Flavonoïdes :**

La classe primaire des polyphénols, les flavonoïdes, contient plus de 9000 produits chimiques distincts et est largement dispersée dans toutes les plantes vasculaires.

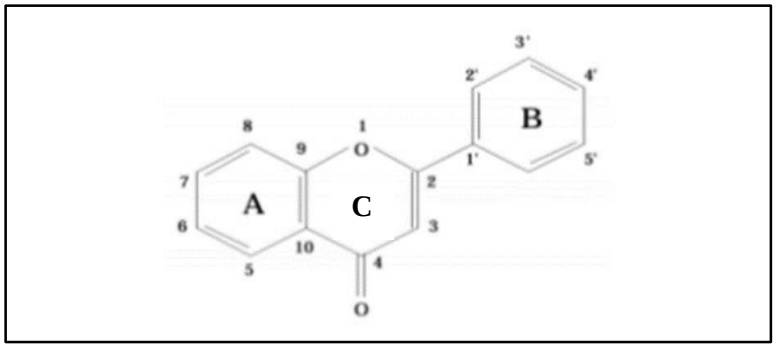


Figure II.10. Structure de base des flavonoïdes. [62]

- **Acide phénolique :**

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques et se séparent en deux grands groupes distincts qui sont :

- Les acides hydroxy-benzoïques
- Les acides hydroxy-cinnamiques

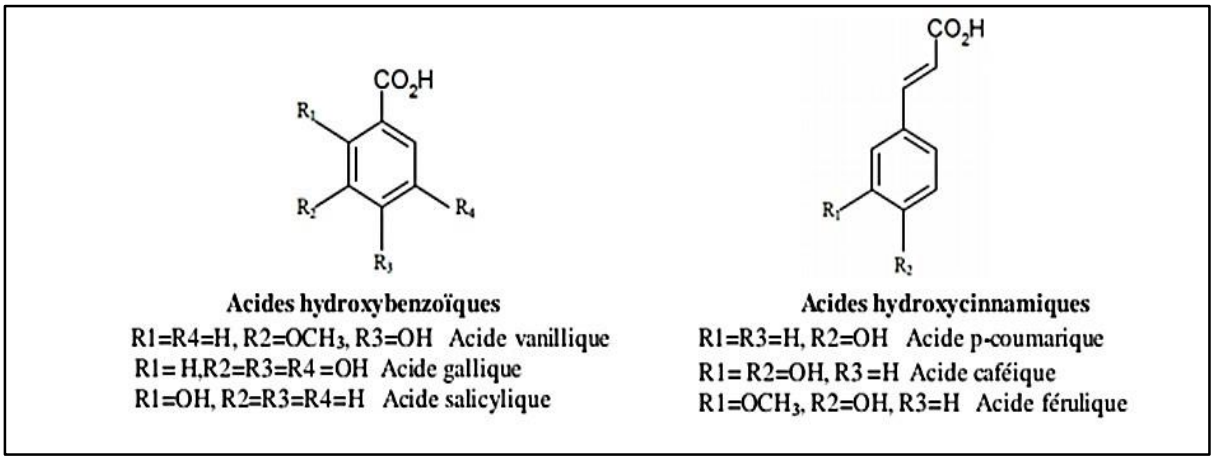


Figure II.11. Structure des acides hydroxy-benzoïques et hydroxy cinnamiques. [62]

- **Tanins :**

Les tanins sont des composés phénoliques solubles dans l'eau. Ils ont la capacité de précipiter d'autres protéines comme la gélatine et sont colorés par des sels ferriques.

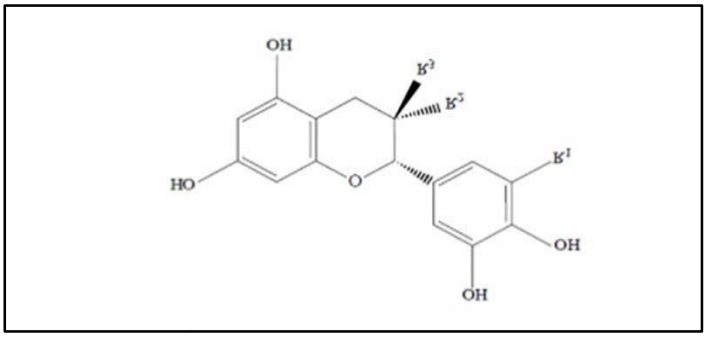


Figure II.12. Structure chimique des flavan-3-ols. [63]

- **Stilbènes :**

Ces composés sont en très petite quantité dans notre alimentation. Le plus connu d'entre eux est le resveratrol, qui a été largement étudié pour ses propriétés anticancéreuses mises en évidence lors de l'étude des activités biologiques de plantes médicinales.

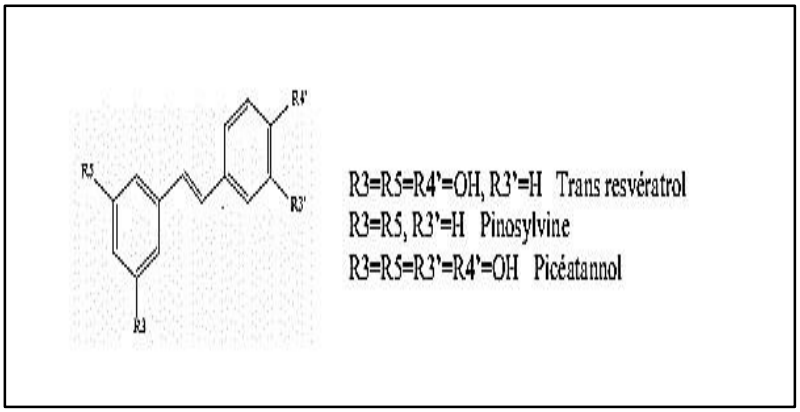


Figure II.13. Structure des stilbènes. [62]

- **Lignines :**

Les lignines sont des polymères principaux composants du bois avec la cellulose et l'hémicellulose, leurs principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition. Ils sont constitués de deux unités de phénylpropanes.

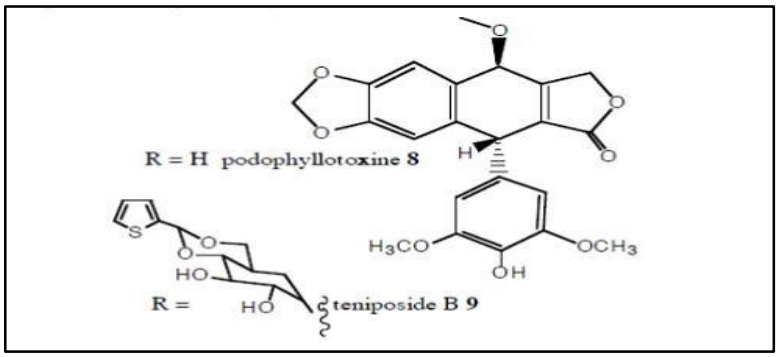


Figure II.14. Exemples de quelques lignines. [63]

II.2.8.2. Amidon

La principale réserve de polysaccharides dans les plantes supérieures est l'amidon, qui est biosynthétisé sous forme de grains dont la taille, la forme et la structure cristalline dépendent de leur origine botanique.

II.2.8.3. Mucilages

Sont des macromolécules biologiques facilement solubles ou dispersibles dans l'eau, qui produisent des solutions avec des viscosités extrêmement élevées et, dans certaines circonstances, des gels à de faibles concentrations.

II.2.8.4. Acides gras

Les acides gras sont les constituants élémentaires des lipides. Ils sont composés d'une chaine hydrocarbonée comportant à une extrémité un groupement méthyle CH3 et à l'autre extrémité un groupement carboxyle COOH.

II.2.8.5. Saponines

Le nom saponine dérive du mot latin « sapo », qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Ils se composent d'aglycones non polaires liés à un ou à plusieurs sucres. Une saponine est un glycoside de stéroïdes ou de tri-terpène. On distingue fondamentalement, des saponines stéroïdiques et des saponines tri-terpéniques dérivent tous deux, bio synthétiquement de l'oxydosqualène.

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1. Objectif du travail

Ce présent travail expérimental a pour principaux objectifs :

- La caractérisation de la matière biologique (poudre) de *Carthamus Caeruleus L* (CC).
- La formulation et l'optimisation d'une pommade à base de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* pour le traitement des brûlures, des plaies et des cicatrices.
- La formulation et l'optimisation d'une crème à base de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* pour le traitement des brûlures, des plaies et des cicatrices.
- Les caractérisations physicochimiques et microbiologiques des formulations étudiées.

Les expérimentations entreprises dans ce mémoire se sont déroulées au niveau du laboratoire de chimie et de microbiologie de l'université Yahia Farés Médéa.

III.2. Matériel et produits

III.2.1. Equipements et matériel de laboratoire

- **Verrerie :** La verrerie utilisée **(Tableau III.1)** a été soigneusement nettoyée et séchée avant chaque manipulation.

Tableau III.1. Liste de la verrerie utilisée

▪ Béchers	▪ Fioles jaugées
▪ Pipettes graduées	▪ Entonnoir en verre
▪ Erlenmeyers	▪ Pro-pipette
▪ Spatules en inox	▪ Eprouvettes graduées
▪ Verre à montre	▪ Mortier
▪ Tubes à essais	▪ Dessiccateur
▪ Pipettes pasteur	▪ Boites de pétrie

- **Appareillage :** Les appareils utilisés **(Tableau III.2)** dans ce travail sont bien étalonnées avant chaque manipulation.

Tableau III.2. Appareillage utilisé

Appareils	Marques
Spectrophotomètre Infrarouge à Transformée de Fourrier (FTIR)	SHIMADZU
Etuve	MEMMERT
Agitateur magnétique	OVAN
Spectroscopie UV-Vis	SHIMADZU
Plaque d'étalement en verre	/
Broyeur électrique	SONASHI
Four à moufle	NBERTHERM
Centrifugeuse	HETTICH EBA 20
Homogénéiseur ultra turrax	IKA T18 BASIC
Tamiseuse de laboratoire	RETSCH
Plaque chauffante thermostatée	OVAN
Balance analytique	KERN
Conductimètre	HANNA
pH mètre	HANNA
Appareil pour la détermination du point de fusion	BUCHI
Bec bunsen	/
Viscosimètre	BROOKFIELD
Microscope optique	OPTIKA
Rhéomètre	ANTON PAAR MCR 302

- **Réactifs :** Tous les réactifs utilisés **(Tableau III.3)** sont de grade analytique.

Tableau III.3. Réactifs utilisés au sein de laboratoire

Réactifs	**Fournisseurs/ Pays**
Vaseline	LAMBERT CHEMICALS SRL (Belgique)
Eau distillé	Fraichement distillée au niveau du laboratoire
Tween 80	LINOSA Ltd. (Angleterre)
Huile de vaseline	LAMBERT CHEMICALS SRL (Belgique)
Glycérine	MERCK (Allemagne)
Gomme Xanthane	ANTIBIOTICAL-SAIDAL (Algérie)
Acide sulfurique	SIGMA ALDRICH Chemicals (Allemagne)

Les milieux de culture utilisés lors du contrôle de qualité des formulations étudiées sont regroupés dans le **tableau III.4.**

Tableau III.4. Désignation et origine des milieux de culture utilisés.

Milieux de culture	**Fournisseurs/ Pays**
Cétrimide agar base (CAB)	PanReac Applichem (France)
Peptones de caséine et de soja (TSA)	PanReac Applichem (France)
Sabouraud dextrose (SAB)	Condalab (Espagne)

III.2.2. Matériel végétal biologique

Le choix de la plante CC est basé sur une étude ethnobotanique préliminaire que nous avons effectuée. Cette étude a montré les vertus thérapeutiques formidables de cette plante médicinales pour le traitement des pathologies cutanées.

La plante CC a été récoltée en printemps (mois d'avril 2022) dans sa période de floraison dans la région de Médéa. Le matériel végétal ainsi récolté a été trié, lavé et nettoyé, puis coupé.

Après séparation, les racines ont été mises à sécher quelques jours à une température relativement stable de 36±1° C. Cette partie a été, ensuite, finement broyées à l'aide d'un mortier en porcelaine.

La poudre obtenue est conservée dans un flacon opaque, pour la préparation de la pommade cicatrisante.

III.3. Méthodes et principes

III.3.1. Obtention de la poudre de Carthamus Caeruleus L

Afin d'obtenir une poudre pour usage pharmaceutique et l'utiliser dans les formulations de pommades et de crèmes, un traitement de l'extrait végétal de *Carthamus Caeruleus L* (CC) est nécessaire. Les différents traitements appliqués à l'extrait végétal de CC sont décrit ci-après.

III.3.1.1. Prétraitement de l'extrait végétal

Une quantité de rhizome (racines) de *Carthamus Caeruleus L* (CC) est tout d'abord trié, rincé, épluché puis coupé en petits morceaux **(Figure III.1).** Par la suite, la masse obtenue est séchée à 35±1 °C à l'abri de la lumière du soleil pendant une semaine Le produit obtenu après séchage est pilée à l'aide d'un mortier puis passer à travers un tamis pour avoir une poudre fine et homogène. La poudre obtenue est conservée dans un flacon en verre opaque, dans un endroit sec en vue de procéder aux différentes manipulations. La figure III-01 illustre les étapes de l'obtention de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC).



Figure III.1. Racines de *Carthamus Caeruleus L (CC).*

Enfin, pour assurer que la poudre soit très fine, on réalise une opération de broyage avec un broyeur électrique, suivie d'un tamisage **(Figure III.2)**.



Figure III.2. Images des opérations de prétraitement : Broyage et Tamisage

III.3.1.2. Tamisage

Pour obtenir une poudre très fine, elle doit passer par une série de tamis de différents diamètres à l'aide d'une tamiseuse **(Figure III.3)**. L'ouverture de mailles des différents tamis varient comme suivant: 4 mm ; 2 mm ; 1 mm ; 500 µm ; 250 µm ; 125 µm ; 63 µm et 40 µm.

L'appareil est réglé à un temps de 10 min et à une amplitude de 4. A la fin de l'opération, on mesure le poids de la poudre dans chaque tamis.

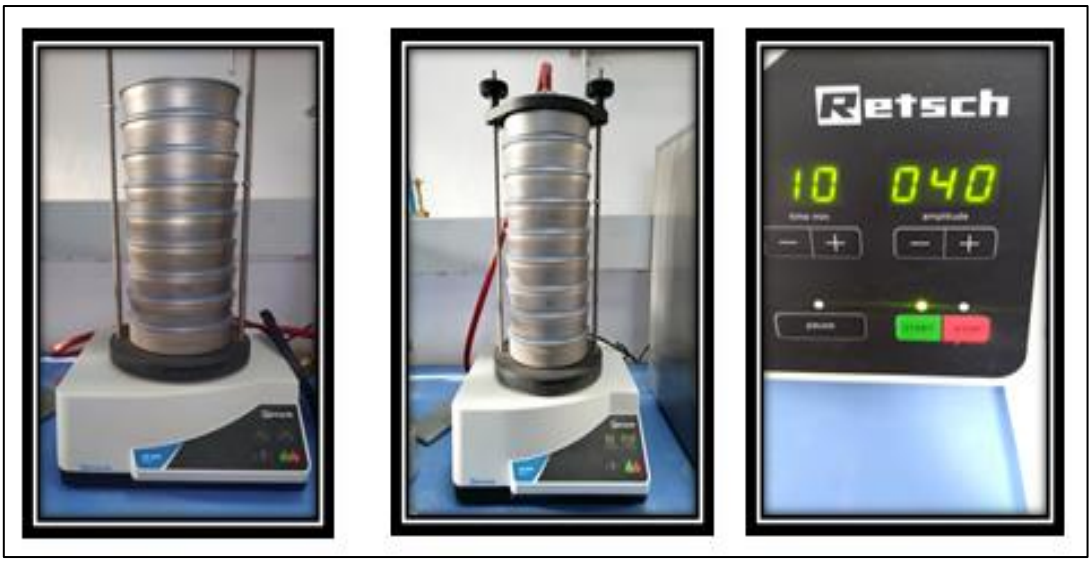


Figure III.3. Tamiseuse (RETSCH AS 200 BASIC)

III.3.1.3. Séchage

Afin d'obtenir une poudre sèche, on utilise une étuve thermostatée à 60°C **(Figure III.4)**. A l'aide d'une balance analytique, l'échantillon de poudre est pesé avant le séchage et des pesée sont effectuées chaque 30 min, jusqu'à l'obtention d'un poids constant.



Figure III.4. Séchage de la poudre de CC dans l'étuve (MEMMERT)

III.3.2. Caractérisation de la poudre de *Carthamus Caeruleus L (CC)*

III.3.2.1. Caractère organoleptique (sensoriel)

L'analyse sensorielle descriptive permet de décrire qualitativement et quantitativement les produits de manière objective, afin d'établir leur profil sensoriel. L'objectif de la caractérisation sensorielle est de décrire, avec un minimum de mots et un maximum d'efficacité, le produit à analyser, de manière à lui donner une carte d'identité précise, reproductible et compréhensible [64]. A cet effet, une détermination de l'aspect, la couleur et l'odeur de l'extrait végétale par une analyse visuelle est effectuée.

III.3.2.2. Analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR)

Le principe de la spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. Cette absorption correspond spécifiquement aux liaisons présentes dans la molécule. Avec un spectromètre **(Figure III.5)**, cette absorption du rayonnement infrarouge par le matériau de l'échantillon est mesurée en fonction de la longueur d'onde (sous la forme de nombres d'onde, typiquement de 4000 à 600 cm^{-1}).

Le résultat est un spectre qui donne une "empreinte chimique" distinctive qui peut être utilisée pour visualiser et identifier des échantillons organiques et inorganiques [65].

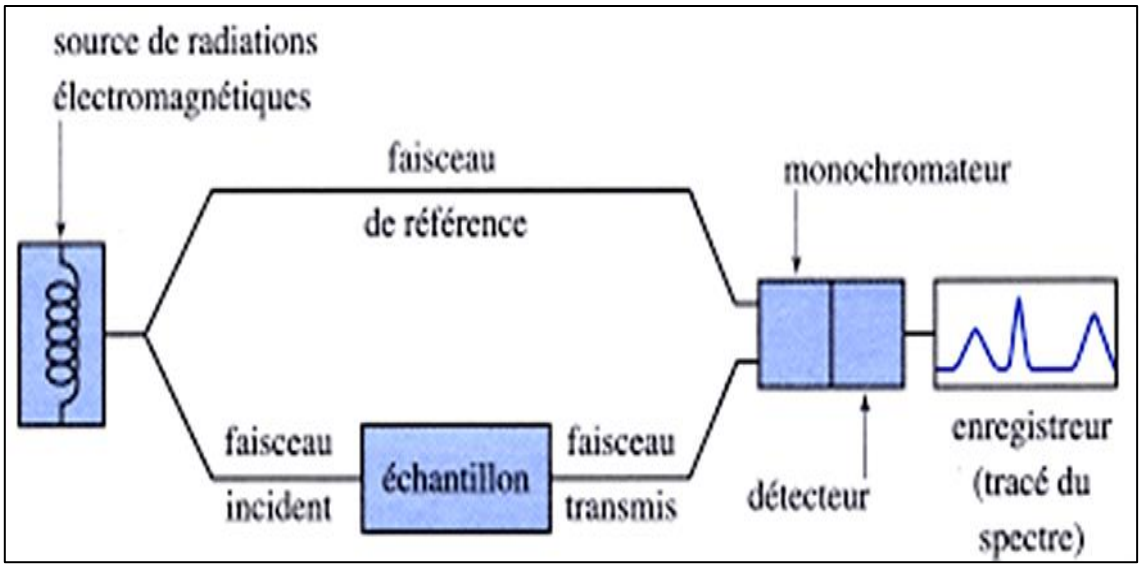


Figure III.5. Schéma représentant le principe d'un spectromètre IR.

Mode opératoire :

1. La poudre de CC est broyé avec du bromure de potassium (KBr).
2. Pressé le mélange sous forme de pastile.
3. Le spectrophotomètre FTIR est allumé.
4. Les spectres d'absorption infrarouge ont été enregistrés dans la gamme de nombres d'onde comprise entre 400 et 4000 cm^{-1}.

III.3.2.3. Point de fusion

Le point de fusion est une propriété caractéristique d'une substance cristalline solide. Il s'agit de la température de passage de l'état solide à l'état liquide. Ce phénomène se produit lorsque la substance est chauffée. Lors du processus de fusion, toute l'énergie ajoutée à la substance est consommée sous forme de chaleur de fusion, et la température reste constante.

La mesure du point de fusion est généralement réalisée dans des tubes capillaires fins en verre d'un diamètre interne de 1 mm et d'une épaisseur de paroi de 0,1 à 0,2 mm, placé dans un appareil pour l'analyse du point fusion **(Figure III.6)**.

L'échantillon finement broyé est placé dans le tube capillaire jusqu'à un niveau de remplissage de 2 à 3 mm, puis introduit dans un support chauffé. La température du support est augmentée à une vitesse fixe programmable par l'utilisateur. Le processus de fusion est inspecté visuellement afin de déterminer le point de fusion de l'échantillon [66].



Figure III.6. L'appareil pour l'analyse du point fusion (BUCHI)

III.3.2.4. Taux d'humidité

La détermination de l'humidité (dénommée également détermination de l'eau) est l'une des analyses effectuées le plus fréquemment dans les laboratoires du monde entier. Ceci n'est, cependant, pas étonnant, car la teneur en eau dans de nombreux produits a une influence déterminante sur leur qualité, la possibilité de traitement, leur conservation et stabilité [67].

La détermination de la teneur en eau de la plante a été réalisée par séchage à l'étuve à 103°C, pendant 2 heures.

- **Mode opératoire :**
  - On pèse une quantité de 2 g de la poudre CC.
  - La teneur en eau est déterminée par séchage à l'étuve à 103°C, pendant 2 heures.
  - Après 2h, l'échantillon est retiré de l'étuve et mis dans un dessiccateur pendant 30 min.
  - On pèse le poids final de la poudre de CC après séchage.
  - Le taux d'humidité (H%) est déterminé en utilisant la formule (Eq.III.1)

Le taux d'humidité est évalué selon la formule (Eq.III.1) suivante :

$$\mathbf{H\% = \frac{m1-m2}{m1} \times 100} \qquad \textbf{(Eq.III.1)}$$

Avec

m1 : masse de l'échantillon avant dessiccation (g)

m2 : masse de l'échantillon après dessiccation (g)

H% : Teneur en eau

III.3.2.5. Résidu à la calcination

La calcination est une méthode utilisée pour décomposer les matières organiques en les chauffant à des températures élevées en l'absence d'air ou en présence d'air limité. Le résidu obtenu après la calcination d'une poudre de plante est le matériau qui reste après que la matière organique a été brûlée ou décomposée. Ce résidu est généralement composé de sels minéraux inorganiques, tels que des oxydes, des carbonates et des phosphates.

Cette méthode est utilisée pour la détermination de la matière organique par incinération (perte au feu ou perte par calcination). Le domaine d'étalonnage se situe entre 1 et 50 % de matière organique [68].

Mode opératoire :

Le mode opératoire de la calcination de la poudre de CC est le suivant [68] :

La poudre de CC est placée dans une capsule en platine résistante à la chaleur.

1. Le récipient est placé dans un four et chauffé dans un four à moufle à une température élevée de 500°C.
2. Le récipient est maintenu à cette température pendant une période de temps de 4 heures.
3. La chaleur provoque la décomposition de la matière organique présente dans la poudre de plante, qui se consume ou se transforme en gaz.
4. Le résidu restant après la calcination est récupéré et peut être utilisé pour des analyses chimiques, telles que la détermination de la teneur en minéraux ou la composition chimique de la plante.

Les résultats sont calculés à partir de les équations (Eq.III.2) et (Eq.III.3) :

$$\textbf{MO \%} = \frac{\textbf{Poids d'échantillon sec}(g) - \textbf{Poids d'échantillon incinéré}\ (g)}{\textbf{Poids d'échantillon sec}(g)} \times \mathbf{100} \qquad \textbf{(Eq.III.2)}$$

$$\textbf{MO \%} = \frac{((P1-P0)-(P2-P0))}{(P1-P0)} \times \mathbf{100} \qquad \textbf{(Eq.III.3)}$$

Où : MO : matière organique; P0 : poids du creuset vide; P1 : poids final; P2 : poids du creuset contenant les cendres.

III.3.2.6. Cendres sulfuriques

Les cendres sulfuriques sont une méthode d'analyse courante utilisée pour déterminer la teneur en minéraux de la poudre de CC. Cette méthode implique la combustion de la poudre de CC avec de l'acide sulfurique concentré pour convertir tous les composants organiques en carbone, libérant ainsi les minéraux sous forme de cendres [68].

- **Mode opératoire :**

Le mode opératoire des cendres sulfuriques appliqué à la poudre de CC est le suivant [68] :

1. La poudre de CC est pesée avec précision et placée dans un creuset en porcelaine.
2. Le creuset est chauffé progressivement à une température de 450°C à 550°C dans un four pour éliminer toute humidité ou matière organique résiduelle.

3. Le creuset est retiré du four et refroidi à température ambiante.
4. Le creuset est pesé à nouveau avec la poudre de CC calcinée.
5. De l'acide sulfurique concentré est versé sur la poudre de CC calcinée jusqu'à ce que tout le matériau soit humecté.
6. Le creuset est chauffé progressivement en augmentant la température de 100°C par heure jusqu'à atteindre une température de 600°C, et maintenu à cette température pendant environ 4 heures.
7. Le creuset est retiré du four et refroidi à température ambiante, puis pesé.

La différence de poids avant traitement et après traitement est calculée par l'équation suivante (Eq. III.4) et (Eq. III.5) :

$$\textbf{MM \%} = \frac{\textbf{Poids d'échantillon sec}(g) - \textbf{Poids d'échantillon incinéré}\ (g)}{\textbf{Poids d'échantillon sec}(g)} \times \mathbf{100} \qquad \textbf{(Eq.III.4)}$$

$$\textbf{MM \%} = \frac{((P1-P0)-(P2-P0))}{(P1-P0)} \times \mathbf{100} \qquad \textbf{(Eq. III.5)}$$

Où : MM : matière minérales ; P0 : poids du creuset vide; P1 : poids final; P2 : poids du creuset contenant les cendres.

III.3.2.7. Analyse du pH

Le potentiel d'hydrogène noté pH est défini par la mesure de l'état acido-basique d'une solution contenant des ions oxonium [H_3O^+]. Il est lié à la concentration de ces derniers par la relation suivante :

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

[H_3O^+] est exprimé en mol.L^{-1} et le « log » désigne le logarithme décimal.

- **Mode opératoire :**

❖ Solution de 1% :

- Une prise d'essai de 1g de la poudre de CC est soigneusement pesée et placée dans une fiole, puis compléter à 100ml avec de l'eau distillé.
- La fiole est placée sous agitation magnétique pendant 1h.
- La solution obtenue est filtrée sur un filtre en papier (0.45µm).
- Le pH de la solution filtrée est mesuré à l'aide d'un pH mètre (HANNA).

- Solution de 0.1% :
  - Une prise d'essai de 0.1g de la poudre de CC est soigneusement pesée et placée dans une fiole, puis compléter à 100ml avec de l'eau distillé.
  - La fiole est placée sous agitation magnétique pendant 1h.
  - La solution obtenue est filtrée sur un filtre en papier (0.45µm).
  - Le pH de la solution filtrée est mesuré à l'aide d'un pH mètre (HANNA).



Figure III.7. pH mètre (HANNA).

III.3.2.8. Analyse spectroscopique UV-Vis

L'analyse spectroscopique UV-Vis est une technique courante utilisée pour étudier la composition chimique des substances. Elle est basée sur l'absorption de la lumière par les molécules d'une substance à différentes longueurs d'onde dans la région de l'ultraviolet et du visible du spectre électromagnétique **(Figure III.8)**. La spectrophotométrie UV-Vis concerne les transitions électroniques des électrons périphériques en fonction des orbitales moléculaires.

Lorsqu'une substance absorbe l'intensité lumineuse maximale à une longueur d'onde spécifique, cela indique qu'il existe une relation unique entre cette substance et le spectre UV-Vis. Cette relation permet notamment de réaliser :

- ✓ Une analyse qualitative pour déterminer la présence de certaines substances.
- ✓ Une analyse quantitative pour déterminer la quantité de certaines substances.

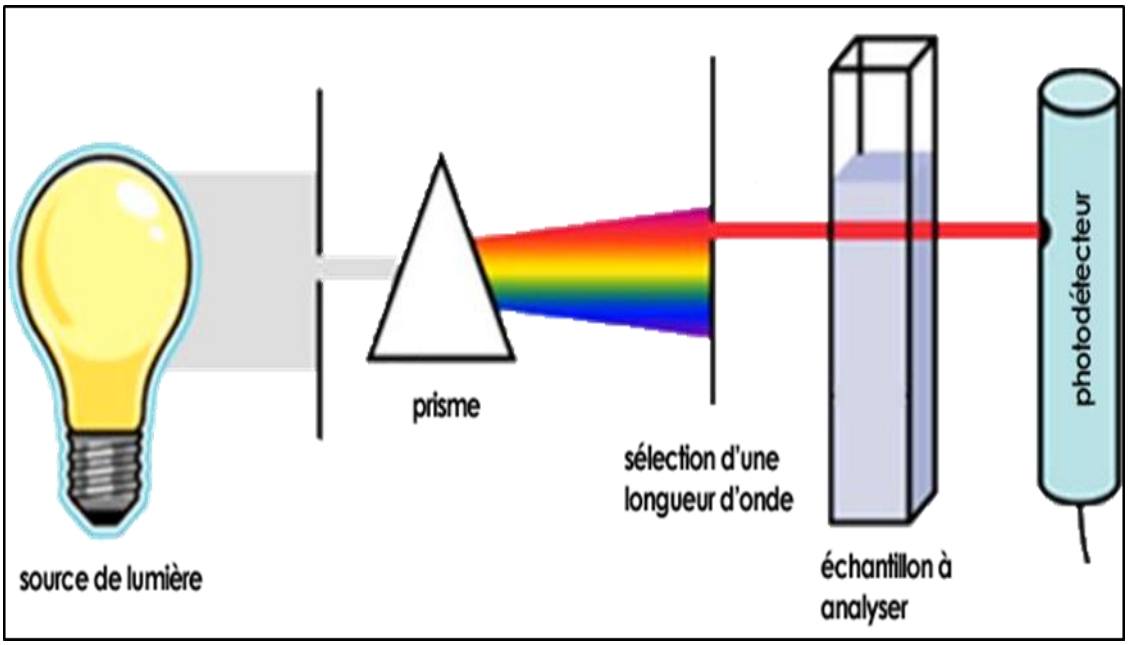


Figure III.8. Schéma représentant le principe de la spectrophotométrie UV-Vis

- **Mode opératoire :**

Le mode opératoire de l'analyse spectroscopique UV-Vis de la poudre de CC:

1. La poudre de CC est préparée sous forme d'une solution dans un l'eau distillée.
2. La concentration des solutions varient entre 0.1% (p/v) et 1% (p/v).
3. Le spectromètre UV-Vis est allumé et la lampe de calibration est activée.
4. Le solvant utilisé pour dissoudre la poudre (eau distillée) est placé dans le compartiment de référence du spectromètre, tandis que la solution de la poudre de CC est placée dans le compartiment de mesure.
5. La longueur d'onde de démarrage est sélectionnée, à partir de 200 nm, et la mesure de l'absorbance est initiée.
6. La mesure est effectuée à différentes longueurs d'onde dans la plage de 200 à 800 nm pour obtenir un spectre d'absorption.
7. Le spectre est enregistré et la valeur de l'absorbance maximale est enregistrée.

Le spectrophotomètre l'UV-Vis utilisé lors de cette analyse est présenté dans la **Figure III.9**.



Figure III.9. Spectrophotomètre UV-Vis (SHIMADZU)

Il est important de noter que la préparation des solutions de la poudre de CC doit être effectuée avec soin pour assurer une dissolution complète de la poudre et minimiser la contamination. Les mesures de contrôle de qualité doivent être effectuées pour assurer la précision des résultats.

III.3.3. Formulation de la pommade à base de Carthamus Caeruleus L

Le *Carthamus Caeruleus L* (CC), également connue sous le nom de carthame bleue, est une plante médicinale largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés curatives, en particulier pour les affections cutanées.

La formulation d'une pommade à base de *Carthamus Caeruleus L* permettrait d'exploiter les bienfaits de cette plante pour les soins de la peau. La pommade peut être utilisée pour traiter une variété de problèmes de peau tels que l'eczéma, le psoriasis, les brûlures, les plaies, les éruptions cutanées, les cicatrices et les marques.

La formulation de la pommade peut être réalisée en combinant la poudre de *Carthamus Caeruleus L* avec d'autres ingrédients bénéfiques pour la peau, tels que des agents hydratants, et des émollients.

L'objectif de cette partie de l'étude est de développer une formulation de pommade à base de *Carthamus Caeruleus L* qui soit sûre, et efficace pour une utilisation en soins de la peau. Les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques de la pommade seront évaluées pour garantir la qualité et la sécurité du produit final. En outre, les tests de stabilité seront effectués pour évaluer la durée de conservation du produit.

III.3.3.1. Préparation de la pommade

La formulation d'une pommade à base de *Carthamus Caeruleus L,* peut nécessiter une combinaison d'ingrédients bénéfiques pour la peau et une évaluation minutieuse de la qualité et de la sécurité du produit final et offrir une solution naturelle et efficace pour les soins de la peau, en exploitant les propriétés médicinales de cette plante.

Pour la formulation de la pommade à base de *Carthamus Caeruleus L*, quatre formules de pommade avec des concentrations différentes en poudre de CC ont été préparé **(Tableau III.5).**

Tableau III.5. Composition des pommades à base de *Carthamus Caeruleus L*

Composition	F1	F2	F3	F4
Poudre de *Carthamus caeruleus L*	0.5	1	1.5	2
Vaseline	60	60	60	60
Huile de vaseline	39.5	39	38.5	38

Mode opératoire :

Pour préparer 100g des pommades, on a suivi les étapes :

- Dans un bêcher en verre, les quantités de vaseline et d'huile de vaseline sont pesées.
- Le bêcher est placé sur une plaque chauffante (OVAN), porté à 60°C, sous agitation magnétique à700 tr/mn jusqu'à fusion totale et homogénéité du mélange.
- La poudre de CC est ensuite dispersée sous agitation magnétique.
- Ensuite, le chauffage est arrêté en continuant l'agitation magnétique jusqu'à ce que le mélange atteigne la température ambiante.
- A la fin, on obtient une pommade naturelle à base de CC, homogène et visqueuse.

III.3.3.2. Caractérisation de la pommade

La caractérisation de la pommade à base de *Carthamus Caeruleus L* est une étape essentielle pour garantir sa qualité, son efficacité et sa sécurité pour une utilisation en soins de la peau. La caractérisation implique l'évaluation des propriétés physiques, chimiques et microbiologiques du produit final, ainsi que sa stabilité et sa durée de conservation.

Les propriétés physiques de la pommade, telles que sa texture, sa couleur, son odeur et sa viscosité, sont importantes car elles peuvent affecter l'applicabilité et l'acceptabilité du produit par les utilisateurs. La caractérisation des propriétés physiques peut être effectuée en utilisant des tests de texture, des analyses visuelles et olfactives, et des mesures de viscosité.

La caractérisation microbiologique est également importante pour garantir la sécurité de la pommade en termes de contamination bactérienne et fongique.

Enfin, les tests de stabilité de la pommade peuvent évaluer la durée de conservation et la capacité du produit à maintenir ses propriétés physiques, chimiques et microbiologiques sous différentes conditions de stockage.

III.3.3.2.1. Aspect macroscopique

Le test de l'aspect macroscopique des pommades consiste à examiner visuellement la pommade pour évaluer sa couleur, sa texture, son odeur et sa transparence, après 24h de leurs préparations. Ce test peut être effectué à l'œil nu.

- Lors de l'examen visuel, la couleur de la pommade peut être évaluée pour déterminer si elle correspond à la couleur attendue en fonction des ingrédients utilisés dans la formulation.

- La texture peut être évaluée en fonction de la consistance et de la dureté de la pommade, qui peuvent influencer l'application et l'absorption du produit sur la peau.
- L'odeur peut être évaluée pour déterminer si elle est agréable ou désagréable, car cela peut influencer l'acceptabilité du produit par les utilisateurs.
- La transparence peut être évaluée pour déterminer si la pommade est claire ou opaque.

III.3.3.2.2. Test d'étalement

Le test d'étalement des pommades est un test physique effectué pour mesurer la facilité avec laquelle une pommade se répartit uniformément sur la surface de la peau lorsqu'elle est appliquée.

Une prise d'essai de l'émulsion a été placée au centre d'une plaque en verre sur laquelle une seconde plaque en verre a été placée, sans glissement des plaques. On met sur elles un poids de 1kg pendant 1mn. Après 1mn, le poids a été retiré et le diamètre de l'échantillon *(d)* a été mesuré [69]. Les résultats sont exprimés en termes de surface d'étalement selon l'équation (Eq.III.6):

$$S = d^2 \times \frac{\pi}{4} \qquad \textbf{(Eq.III.6)}$$

Dans laquelle S est la surface d'étalement (cm^2) résultant de la masse appliquée, et d est le diamètre moyen (cm) atteint par l'échantillon.

III.3.3.2.3. Mesure de la viscosité des pommades

La mesure de la viscosité des pommades peut être effectuée à l'aide d'un viscosimètre. La viscosité des pommades peut varier en fonction de la température, de la composition de la pommade et de la méthode de préparation utilisée [70]. Il est important de mesurer la viscosité des pommades pour s'assurer que la consistance de la pommade est appropriée pour son application et pour garantir sa qualité. Pour mesurer la viscosité des pommades obtenues, on a utilisé un viscosimètre à mobile tournant **(Figure III.10)**, permettant ainsi d'obtenir la viscosité apparente, représentant la contrainte de cisaillement divisée par la déformation de cisaillement [71].

L'évaluation de la viscosité apparente en fonction de la vitesse de rotation pour les pommades préparées a été effectuée à différentes vitesses de cisaillement (1.5, 3, 6, 12, 30, 60 tr/mn) à l'aide d'un viscosimètre à mobile tournant de marque BROOKFIELD.



Figure III.10. Viscosimètre à mobile tournant (BROOKFIELD)

III.3.3.2.4. Contrôle de la qualité microbiologique des pommades

Le contrôle de la qualité microbiologique des pommades est un aspect essentiel de la production de produits cosmétiques et pharmaceutiques pour garantir la sécurité et l'efficacité du produit. Les pommades sont des formulations semi-solides qui peuvent offrir un environnement propice à la croissance des micro-organismes, tels que les bactéries, les levures et les moisissures.

Le contrôle microbiologique des pommades comprend une série de tests et d'analyses visant à identifier et à quantifier les micro-organismes présents dans le produit final. Les tests peuvent inclure la détermination de la charge microbienne totale et l'identification des micro-organismes spécifiques.

Le but est de vérifier l'absence de contamination bactérienne et fongique des pommades formulées par la méthode de dénombrement sur milieux gélosés, en recherchant des germes spécifiques.

Afin de vérifier la qualité microbiologique des pommades à base de *Carthamus Caeruleus L*, différents tests sont réalisés dans le but de rechercher et de dénombrer les microorganismes suivants

- Des germes aérobies mésophiles, ce sont des microorganismes aptes à se multiplier à des températures ambiantes.

- Des levures et des moisissures, qui sont responsables de nombreux phénomènes d'altération d'enzymes hydrolytiques.
- Des germes spécifiques «*Pseudomonas Aeruginosa* » et « *Staphylococcus aureus* ».

La recherche de ces microorganismes proposée par la pharmacopée européenne sur le produit pharmaceutique est basée sur la mise en culture, en utilisant la méthode de dénombrement sur plaque. Tous les tests sont réalisés dans des conditions permettant d'éviter toute contamination microbienne extrinsèque du produit à examiner, sous hotte à flux laminaire et matériel et milieux de culture stériles [72].

Tableau III.6. Critères d'acceptation de la qualité microbiologique des formes pharmaceutiques non stériles administrée par voie cutanée [72].

Voie d'administration	**Cutanée**
DGAT (UFC.g^{-1} ou ml^{-1})	10^2
DMLT (UFC.g-1 ou ml^{-1})	10
Microorganismes spécifiés	Absence de *Staphylococcus aureus* Absence de *Pseudomonas aeruginosa*

La qualité microbiologique de pommades étudiées contenant la poudre de *Carthamus Caeruleus L* a été évaluée selon les normes de la pharmacopée européenne [72], en comptant le nombre de germes aérobies viables totaux, de moisissures et de levures, et de *Pseudomonas Aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* suivant les étapes suivantes :

a) **Préparation des échantillons :** Une prise d'essai de 10 g de l'émulsion a été désinfectée avec l'éthanol, et exposée à la lumière UV sous une hôte à flux laminaire pendant 20 min. Puis, l'émulsion a été diluée dans 100 ml de myristate d'isopropyle et chauffée à 40 ± 0.5 °C (Solution A).

Dénombrement des germes aérobies totaux (DGAT) et des moisissures et levures totales (DMLT) : Un volume de 0.1 ml de la solution A a été étalé à la surface de deux boites de Pétri, dont la première contient un milieu gélosé aux peptones de caséine et de soja (TSA) pour le dénombrement des germes aérobies totaux (DGAT), et la deuxième contient un milieu Sabouraud dextrose gélosé (SAB) pour le dénombrement des moisissures et levures totales (DMLT). La première boite de Pétri a été incubée à 30 – 35

°C pendant 3 – 5 jours et la deuxième a été incubée à 20 – 25 °C pendant 5 – 7 jours. Le comptage du nombre d'unité formant colonie (UFC) a enfin été effectué par gramme.

b) Recherche de *Staphylococcus Aureus :* Un volume de 10 ml de la solution A préparé a été ensemencé avec 90 ml du milieu liquide aux peptones de caséine et de soja. Le flacon contenant le mélange a été agité et incubé à 30 – 35 °C pendant 18 à 24 h. Ensuite, un repiquage a été effectué sur un milieu mannitol-sel ou milieu Chapman (CHAP), qui a été incubé à 30 – 35 °C pendant 72 h.

c) Recherche de *Pseudomonas Aeruginosa :* Un volume de 10 ml de la solution A préparé a été ensemencé avec 90 ml du milieu liquide aux peptones de caséine et de soja. Le flacon contenant le mélange a été agité et incubé à 30 – 35 °C pendant 18 à 24 h. Ensuite, un repiquage a été effectué sur un milieu cétrimide agar base (CAB), qui a été incubé à 30 – 35 °C pendant 72 h.

III.3.4. Formulation de la crème à base de *Carthamus Caeruleus L*

La formulation de la crème à base de *Carthamus Caeruleus L* est un processus qui implique l'utilisation de cette plante précieuse pour créer une crème bénéfique pour la peau. Ces composés ont des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et hydratantes, ce qui en fait des ingrédients idéaux pour les soins de la peau.

III.3.4.1. Préparation des émulsions

Le principe est d'obtient une crème contre les brulures, la plais et la cicatrisation. Nous avons préparées 12 formules d'émulsions de type Huile/ Eau (H/E), dont les compositions sont détaillées dans le tableau ci-après **(Tableau III.7)**.

Tableau III.7. Composition des émulsions

Formule N°	Composition (%, p/p)					
	Poudre (CC)	**Huile de vaseline**	**Tween 80**	**GX**	**Glycérine**	**Eau purifiée**
F1	0.5	20	7.5	-	20	QSP
F2	0.5	20	7.5	1	20	QSP
F3	0.5	20	-	1	20	QSP
F4	1.0	20	7.5	-	20	QSP
F5	1.0	20	7.5	1	20	QSP
F6	1.0	20	-	1	20	QSP
F7	1.5	20	7.5	-	20	QSP
F8	1.5	20	7.5	1	20	QSP
F9	1.5	20	-	1	20	QSP
F10	2.0	20	7.5	-	20	QSP
F11	2.0	20	7.5	1	20	QSP
F12	2.0	20	-	1	20	QSP

Mode opératoire :

Pour préparer 100g d'émulsions, on a suivi les étapes :

- Préparation de la phase aqueuse (80%): sur une plaque chauffante, on met dans un bécher de 100ml l'eau distillé avec le Tween 80 (s'il est présent), la Gomme Xanthane (si elle est présente), le Glycérine et la poudre de CC sous l'agitation magnétique, à 60°C.
- Préparation la phase huileuse (20%) : sous l'agitation magnétique, à 60°C, on fait dissoudre l'huile de vaseline.
- Verser la phase huileuse sur la phase aqueuse sous agitation jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.
- Homogénéiser avec un ultra-turrax à 22000tr/mn pendant 5mn, pour l'obtention d'émulsions homogènes et crémeuses.
- Conserver les émulsions obtenues couverte, à l'abri de l'air et de la lumière et laisser reposer pendant 24h.

III.3.4.2. Caractérisation des émulsions

Les émulsions à base de *Carthamus Caeruleus L* peuvent avoir des propriétés hydratantes, anti-inflammatoires et antioxydantes. La caractérisation de ces émulsions est donc importante pour optimiser leur potentiel thérapeutique et cosmétique.

La caractérisation des émulsions à base de CC implique l'analyse de différents paramètres physico-chimiques, tels que la taille des gouttelettes, la stabilité de l'émulsion, la viscosité, la rhéologie, la capacité d'étalement, la distribution de la taille des particules, ainsi que la pureté microbiologique.

III.3.4.2.1.Aspect macroscopique

L'aspect macroscopique des émulsions est une caractéristique importante qui peut influencer la perception visuelle et l'acceptabilité des produits par les consommateurs. Les émulsions étudiées ont été observé à l'œil nu pour évaluer leurs apparences générales, telle que la couleur, la texture, la brillance, la transparence et l'uniformité, directement après la formulation.

III.3.4.2.2. Aspect microscopique

La microscopie optique est une technique très performante pour la caractérisation des systèmes colloïdaux dont la taille est supérieure à 200 nm. Elle permet d'obtenir des informations, certes qualitatives, mais souvent essentielles à la compréhension générale des systèmes. Cette technique permet d'évaluer la taille des gouttes, d'observer leur forme, d'estimer les dispersions de tailles, de déterminer l'état d'agrégation, et d'identifier certaines instabilités comme la coalescence ou l'inversion de phase.

Pour effectuer cette analyse, une goutte d'émulsion est déposée sur une lame en verre et recouverte d'une lamelle, puis soumise au contrôle microscopique.

III.3.4.2.3. Sens des émulsions

Grâce à sa précision et sa rapidité, la conductivité électrique a été adoptée comme technique pour la détermination du sens de l'émulsion de chaque formule en utilisant un conductimètre.

La conductivité de chaque émulsion est déterminée sur une solution de 1% dans l'eau distillée, à température ambiante.

III.3.4.2.4. pH des émulsions

La mesure du pH doit être déterminée par potentiométrie à l'aide d'un pH mètre digital. Le pH est déterminé sur une solution à 1% des émulsions dans l'eau distillée, à température ambiant

III.3.4.2.5. Stabilité des émulsions à la centrifugation

La stabilité des émulsions à la centrifugation est un test commun utilisé pour évaluer la stabilité des émulsions. La centrifugation est utilisée pour simuler les forces de séparation qui peuvent se produire pendant le stockage des émulsions **(Figure III.11)**.

Une émulsion stable ne doit pas montrer de séparation significative après la centrifugation. Si l'émulsion est instable, elle peut subir une séparation partielle ou complète, ce qui peut entraîner une perte de qualité du produit.



Figure III.11. Centrifugeuse (marque HETTICH EBA 20)

Afin de vérifier la stabilité des émulsions formulées, elles ont été soumises à plusieurs tests :

- ✓ ***Test de centrifugation :*** La centrifugation est basé sur le principe de l'utilisation de la force centrifuge qui permet de séparer des constituants de taille et de masse très variables contenus dans un liquide, depuis des molécules jusqu'à des cellules entières [73]. Un volume d'environ 5 ml de chaque émulsion est introduit dans un tube à centrifuger, équilibrer les pots à centrifuger 2 à 2, puis centrifuger pendant (5, 10, 15, 20, 25, 30 minutes) à une vitesse de 3000tr/mn.
  - Observer l'aspect des émulsions et noter les instabilités éventuelles :
    - *Crémage :* remontée des globules de la phase dispersée vers la surface : Phénomène réversible
    - *Sédimentation :* précipitation des globules vers le fond du tube : Phénomène réversible
    - s*éparation de phases (stade plus avancé) :* Phénomène réversible
    - *coalescence : fusion des globules = rupture de l'émulsion :* Phénomène irréversible

      La réversibilité des phénomènes observés est appréciée en retournant brutalement l'émulsion 3 fois. Le phénomène est considéré comme réversible si l'émulsion reprend alors un aspect uniforme [74].

III.3.4.2.6. Indice de crémage

Pour déterminer l'indice de crémage (H), un test de stabilité accéléré en utilisant la méthode de centrifugation a été effectuée [75]. Dix millilitres de chaque émulsion préparée ont été centrifugé (Hettich EBA 20) à 2000, 4000 et 6000 tr / min pendant 10 min. Ensuite, l'indice de crémage (H) a été calculé selon l'équation:

$$\mathbf{H(\%) = \frac{Hs}{He} \times 100} \qquad \textbf{(Eq.III.7)}$$

Avec Hs et He correspondant à la hauteur du sérum transparent formé au fond du tube et la hauteur totale de l'émulsion, respectivement.

III.3.4.2.7. Test d'étalement

Une prise d'essai de l'émulsion a été placée au centre d'une plaque en verre sur laquelle une seconde plaque en verre a été placée, sans glissement des plaques. On met sur elles un poids de 1kg pendant 1mn. Après 1mn, le poids a été retiré et le diamètre de l'échantillon *(d)* a été mesuré [69]. Les résultats sont exprimés en termes de surface d'étalement selon l'équation déjà vu (Eq.III.6).

III.3.4.2.8. Analyse rhéologique

L'analyse rhéologique est une méthode courante pour évaluer les propriétés mécaniques des émulsions. Cette méthode mesure la réponse de l'émulsion à une contrainte appliquée, telle qu'une pression, une tension ou un cisaillement [70] [71].

Le comportement rhéologique des émulsions à base de *Carthamus Caeruleus L* a été évalué à l'aide d'un rhéomètre (Anton Paar MCR 302) à géométrie cône-plan CP60 (angle 1°, diamètre 60 mm) à 25 ± 0.5 °C. Les courbes d'écoulement ont été déterminées par la variation de la viscosité apparente (η_{app}) en fonction de la vitesse du cisaillement ($\dot{\gamma}$) dans un intervalle de 0.001-1000 s-1 en régime continue.

III.3.4.2.9.Contrôle de la qualité microbiologique des émulsions

La présence de certains micro-organismes dans des produits pharmaceutiques consiste un danger potentiel. Pour cette raison, la qualité microbiologique des médicaments est un des majeurs soucis de préoccupation lors de la formulation, afin d'assurer la bonne conservation et la stabilité de la forme pharmaceutique préparée. À cet effet, le contrôle microbiologique permet de détecter toute anomalie qualitative et quantitative de la population microbienne pouvant altérer la qualité de médicament en minimisant les pertes dues aux mauvaises conditions de fabrication [72].

Afin de vérifier la qualité microbiologique des émulsions à base de *Carthamus caeruleus L*, différents tests sont réalisés dans le but de rechercher et de dénombrer les microorganismes suivants

- Des germes aérobies mésophiles, ce sont des microorganismes aptes à se multiplier à des températures ambiantes.
- Des levures et des moisissures, qui sont responsables de nombreux phénomènes d'altération d'enzymes hydrolytiques.
- Des germes spécifiques «*Pseudomonas Aeruginosa* » et « *Staphylococcus aureus* ».

La recherche de ces microorganismes proposée par la pharmacopée européenne sur le produit pharmaceutique est basée sur la mise en culture, en utilisant la méthode de dénombrement sur plaque comme indiquer dans la section (III.3.3.2.4).

III.4.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le matériel et les produits utilisés pour obtenir et caractériser la poudre de *Carthamus caeruleus L.* Ensuite, nous avons fourni une description détaillée de la formulation des pommades et des crèmes à base de cette poudre, ainsi que les tests de caractérisation physico-chimique et microbiologique qui ont été effectués. Les résultats de ces tests seront présentés et discutés dans le prochain chapitre.

Chapitre IV : Résultats et Discussions

Dans ce chapitre, nous examinerons attentivement les résultats obtenus lors de notre étude sur les racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC). Nous analyserons ces résultats à la lumière des objectifs de notre recherche et les interpréterons, en discutant de leur signification et de leurs implications.

Ainsi, nous présenterons les principaux résultats obtenus pour chaque paramètre étudié, notamment la composition chimique, les formulations obtenues et leurs stabilités pour les applications potentielles des racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC).

IV.1. Prétraitement de l'extrait végétal

IV.1.1. Tamisage de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*

Le tamisage de la poudre des racines de la plante *Carthamus Caeruleus L (CC)* a été une étape importante de notre étude. Ce traitement a permis d'obtenir des informations sur la granulométrie de la poudre et de caractériser la répartition des particules selon leur taille.

Lors du tamisage, nous avons utilisé différents tamis de tailles variées pour séparer les particules de la poudre de racines de CC en fonction de leur dimension. Nous avons ensuite mesuré la quantité de matière retenue sur chaque tamis, ce qui nous a permis de construire un histogramme de distribution granulométrique (**Figure IV.1**). Cette analyse nous a donné un aperçu de la répartition des particules de différentes tailles dans la poudre de racines.

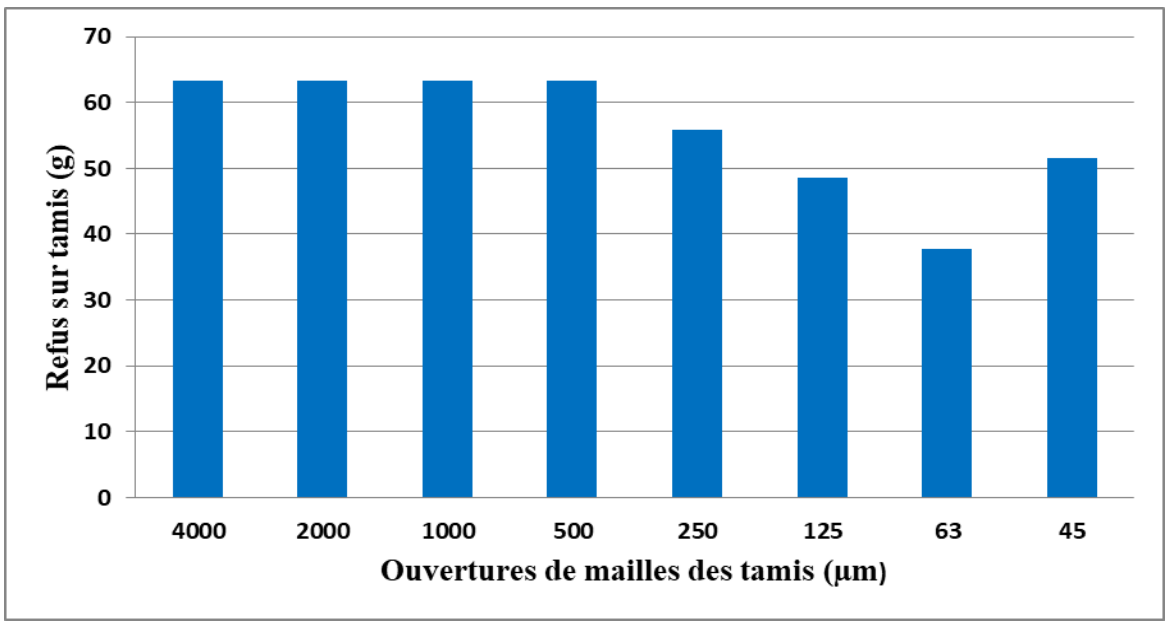


Figure IV.1. Analyse granulométrique de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC) Après broyage et tamisage.

Les résultats ont montré que la poudre de racines de CC présente une distribution granulométrique relativement homogène, avec une majorité de particules se situant dans une plage de taille spécifique (45 µm). Cependant, nous avons également observé la présence de quelques particules de taille plus importante, qui ont été retenues sur les tamis de plus grande ouverture. Cependant, il convient de noter certaines limitations de notre étude de tamisage. Tout d'abord, la technique du tamisage ne fournit qu'une mesure approximative de la taille des particules, sans fournir d'informations détaillées sur leur forme ou leur structure.

Afin de permettre une Lors de la formulation des pommades et des crèmes à base de CC, la fraction isolée de poudre de taille inferieurs à 45µm a été utilisée.

IV.1.2. Séchage de la poudre de *Carthamus Caeruleus L*

Le séchage de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* après le tamisage visait à éliminer l'humidité résiduelle de la poudre pour obtenir un produit sec et stable. Les résultats obtenus lors du processus de séchage ont révélé des informations importantes sur les caractéristiques physiques de la poudre de racines de CC.

Lors du séchage, nous avons utilisé une méthode spécifique pour éliminer l'humidité de la poudre. Les échantillons de poudre tamisée ont été placés dans un environnement contrôlé où la chaleur et la circulation de l'air étaient optimisées pour favoriser l'évaporation de l'humidité. Après un certain temps de séchage, nous avons mesuré le poids de la poudre pour évaluer la quantité d'eau éliminée, jusqu'à poids constant de l'échantillon (**Figure IV.2**).

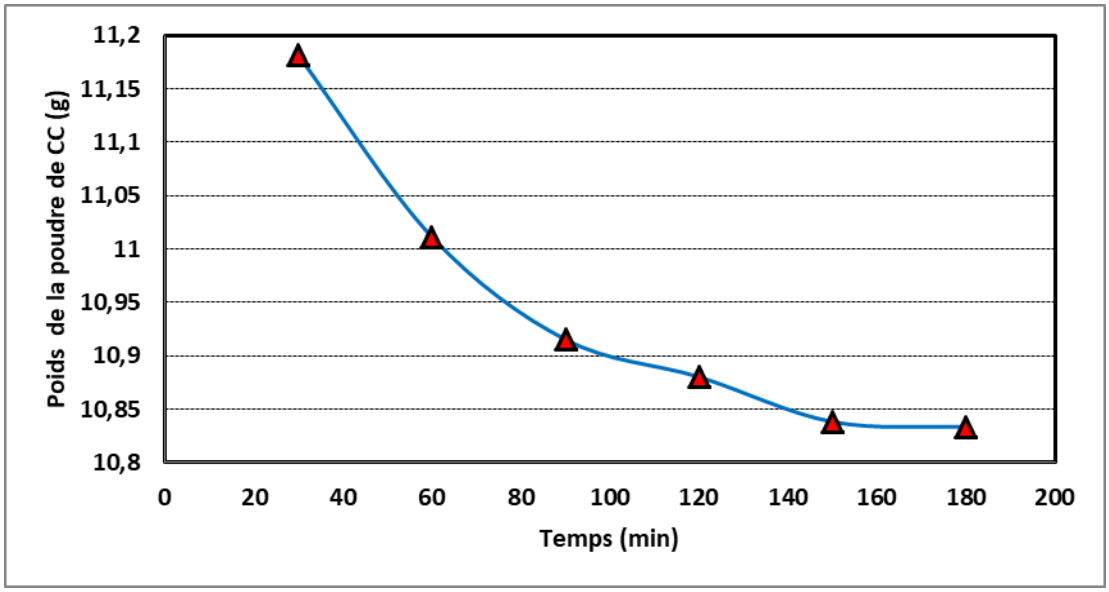


Figure IV.2. Cinétique de séchage de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC)

Les résultats ont montré que le processus de séchage a été efficace pour réduire l'humidité de la poudre de racines de CC. Nous avons observé une diminution significative du poids de la poudre après le séchage, indiquant une évaporation réussie de l'eau présente initialement. Cela confirme que le séchage a été un processus essentiel pour obtenir une poudre de racines de CC dans des conditions optimales de conservation, et éviter toute altération de la composition chimique, des changements de couleur ou une modification de la structure cristalline de la poudre.

IV.2. Caractérisation de la poudre de Carthamus Caeruleus L

Une caractérisation physicochimique a été effectuée sur la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC), afin de pouvoir par la suite l'utiliser pour les essais de formulation comme pommades et crèmes à usage dermique.

IV.2.1. Caractère organoleptique (sensoriel)

L'évaluation du caractère organoleptique, c'est-à-dire sensoriel, de la poudre de racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a été une composante essentielle de notre étude. Cette évaluation nous a permis de recueillir des informations sur les caractéristiques sensorielles de la poudre, telles que l'aspect visuel, l'odeur et la texture, afin de mieux comprendre son profil sensoriel global.

Ainsi, l'évaluation du caractère organoleptique de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* (CC) a fourni des informations précieuses sur les caractéristiques sensorielles de ce produit, résumé dans le **tableau IV.1**. Les résultats obtenus peuvent être utilisés pour mieux comprendre l'expérience sensorielle associée à l'utilisation de la poudre de racines de CC et guider les décisions relatives à son utilisation dans diverses applications.

Tableau IV.1. Caractère organoleptique de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC)

Aspect	Couleur	Odeur
Poudre fine	Beige	Agréable

Les résultats de l'évaluation sensorielle ont révélé des informations intéressantes sur les caractéristiques organoleptiques de la poudre de racines de CC. Sur le plan visuel, la poudre peut présenter une certaine couleur, une texture fine et des variations dans la granulométrie. Ces caractéristiques visuelles peuvent jouer un rôle important lors de la formulation galénique.

En ce qui concerne l'odeur, notre évaluation sensorielle a révélé des nuances spécifiques qui peuvent être associées à la poudre de racines de CC. Nous avons pu détecter des arômes distincts et décrire leur intensité et leur qualité. Ces informations sensorielles peuvent être utiles pour évaluer l'acceptabilité et la compatibilité de la poudre de racines de CC dans différents contextes d'utilisation, tels que des applications parapharmaceutiques et/ou cosmétiques.

IV.2.2. L'analyse Infrarouge à Transformée de Fourier FTIR

L'analyse FTIR de la poudre de racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a fourni des résultats significatifs pour caractériser la composition chimique de la poudre (**Figure IV.3**). Cette technique nous a permis d'identifier les groupes fonctionnels présents dans la poudre des racines de CC et d'obtenir des informations sur les liaisons moléculaires et les structures chimiques.

Les résultats FTIR ont révélé un certain nombre de bandes caractéristiques qui correspondent à des groupes fonctionnels spécifiques dans la poudre des racines de CC. Ainsi, nous avons observé des bandes d'absorption à des nombres d'onde particuliers qui sont associées à des liaisons carbonyle, hydroxyle, amine ou sulfate, entre autres. Ces résultats indiquent la présence de composés tels que des polysaccharides, des phénols, des flavonoïdes ou des acides aminés dans la poudre de racines de CC.

Cependant, il est important de noter que l'analyse FTIR fournit une vue d'ensemble de la composition chimique de la poudre, mais ne permet pas toujours une identification précise des composés spécifiques. Pour une identification plus approfondie, des techniques supplémentaires, telles que la chromatographie ou la spectrométrie de masse, peuvent être nécessaires.

De plus, il convient de souligner que la composition chimique de la poudre de racines de CC peut varier en fonction de différents facteurs, tels que la région de croissance, les conditions environnementales ou les méthodes de récolte et de transformation. Ces variations doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats FTIR.

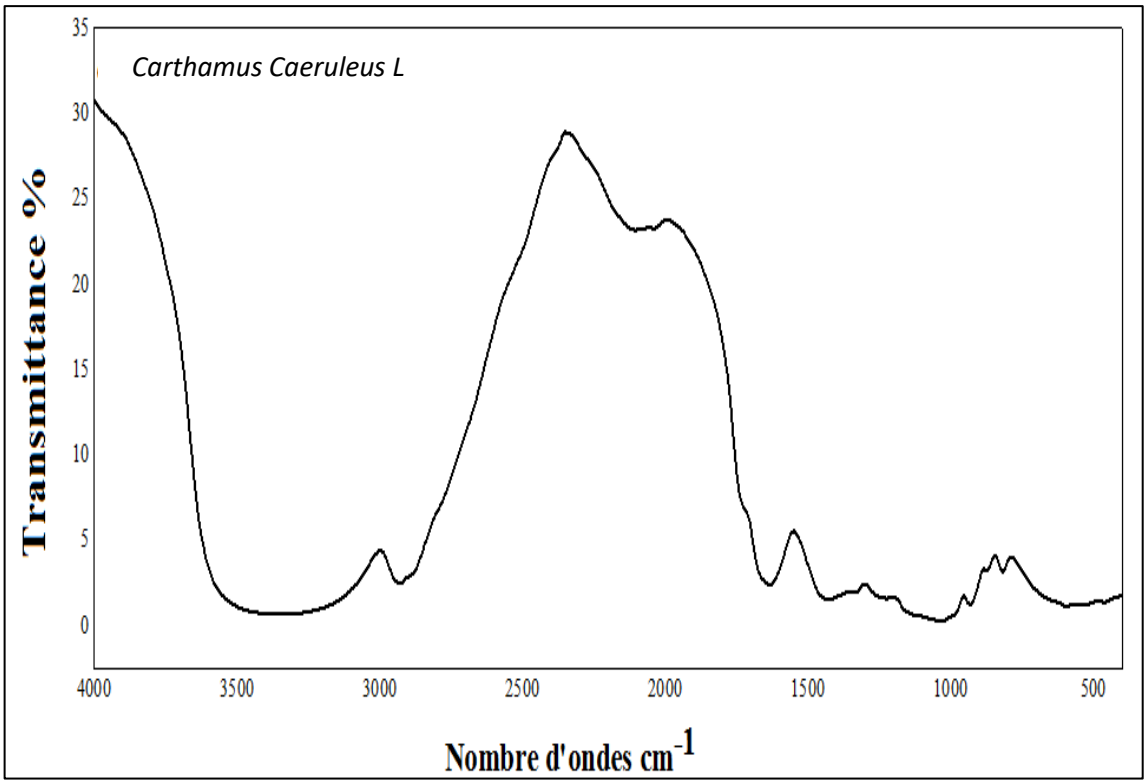


Figure IV.3. Spectres FTIR de la poudre des racines de *Carthamus Caeruleus L* (CC)

En conclusion, l'analyse FTIR de la poudre des racines de *Carthamus Caeruleus L* (CC) a permis de caractériser la composition chimique de manière globale, en identifiant les groupes fonctionnels présents. Ces résultats fournissent des informations précieuses sur la nature chimique de la poudre de racines de CC et peuvent contribuer à une meilleure compréhension de ses propriétés et de son potentiel d'application. Des études complémentaires sont nécessaires pour approfondir notre connaissance des composés spécifiques présents dans la poudre de racines de CC et leur impact sur ses propriétés biologiques et thérapeutiques.

IV.2.3. Points de fusion

Le point de fusion de la poudre des racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a été étudié dans le cadre de notre recherche. Cette mesure est essentielle pour évaluer la stabilité thermique de la poudre et comprendre ses propriétés physiques à des températures élevées.

Pour déterminer le point de fusion, nous avons utilisé une méthode de fusion par élévation de la température contrôlée. Les échantillons de poudre de racines de CC ont été soumis à une augmentation progressive de température. L'intervalle de température sélectionné pour nos essais était de 80 à 200 °C, avec une vitesse de chauffe de 10 °C par minute. Plusieurs essais

ont été réalisés, les changements physiques observés ont été enregistrés. À travers cette expérience, nous avons pu identifier la plage de température à laquelle la poudre de racines de CC se liquéfie ou de se carbonise.

Les résultats expérimentaux ont révélé que la poudre de racines de CC présente un point de fusion distinct de l'ordre de (179.825 ± 8.63 °C). Lors de l'augmentation de la température, nous avons observé un changement de phase dans la poudre, passant d'un état solide à un état liquide carbonisé à une température spécifique (**Figure IV.4**). Ce point de fusion indique la température à laquelle la structure moléculaire de la poudre est altérée, entraînant sa transition vers un état liquide.

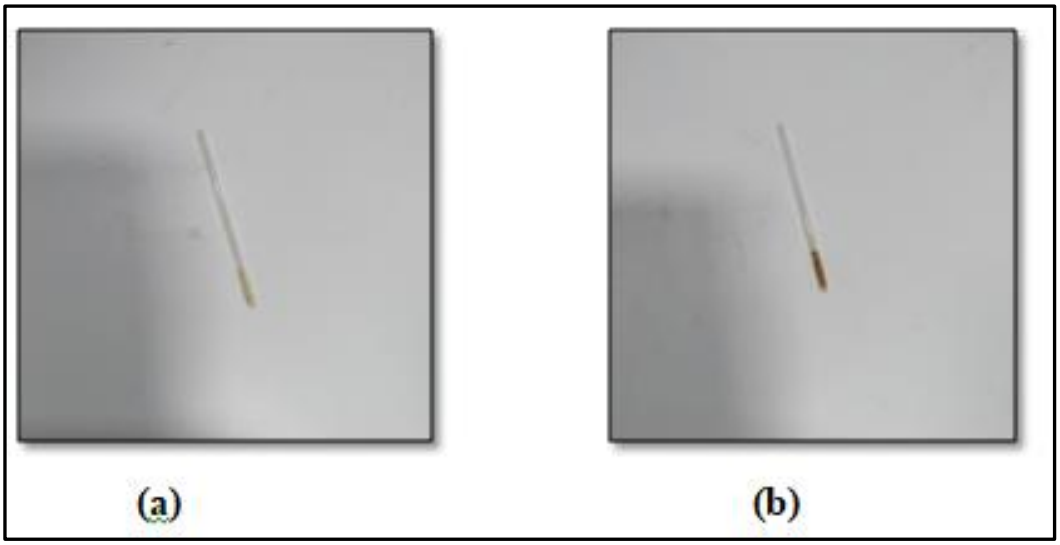


Figure IV.4. Image de la poudre de CC à l'intérieur des tubes en verre capillaires : **(a)** avant le point de fusion, **(b)** après le point de fusion

Enfin, il est important de prendre en compte les facteurs qui peuvent influencer le point de fusion de la poudre de racines de CC. La composition chimique de la poudre, les conditions de séchage, ainsi que d'autres variables environnementales peuvent avoir un impact sur ce paramètre. Les résultats obtenus permettent de confirmer la stabilité thermique de la poudre lors de son utilisation en formulation galénique.

IV.2.4. Taux d'humidité

L'analyse du taux d'humidité de la poudre des racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a été une mesure importante dans notre étude. L'humidité est un paramètre critique car elle peut avoir un impact sur la stabilité, la qualité et les propriétés physiques de la poudre. Pour déterminer le taux d'humidité, nous avons utilisé une méthode de séchage à l'étuve à 103°C. Des échantillons de poudre de racines de CC ont été prélevés et soumis à un processus de séchage contrôlé, où l'humidité contenue dans la poudre a été éliminée. Après avoir atteint un état de séchage constant, nous avons mesuré le poids de la poudre et calculé le taux d'humidité en fonction de la différence de poids avant et après le séchage.

Les résultats ont révélé un taux d'humidité initial relativement élevé dans la poudre de racines de CC. Cela indique que la plante conserve une quantité significative d'eau dans ses racines, même après le processus de récolte et de prétraitement. Cependant, après le séchage, nous avons observé une réduction considérable du taux d'humidité, indiquant une évaporation réussie de l'eau présente initialement dans la poudre et un taux d'humidité de 4.3%.

Il est important de souligner que le taux d'humidité peut avoir un impact sur la qualité et la stabilité de la poudre de racines de CC. Une teneur en humidité élevée peut favoriser la croissance de microorganismes indésirables et entraîner une dégradation accrue des composés actifs présents dans la plante. Par conséquent, le séchage est une étape cruciale pour garantir une poudre de racines de CC de qualité optimale et pour prolonger sa durée de conservation.

IV.2.5. Résidu à la calcination

Le résidu à la calcination de la poudre des racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a été examiné afin de déterminer la quantité de matière inorganique présente dans la poudre après le processus de calcination. Les résultats obtenus lors de cette analyse fournissent des informations clés sur la composition chimique de la poudre de racine de CC et permettent une évaluation plus approfondie de ses propriétés.

Lors de la calcination, les échantillons de poudre de racine de CC ont été soumis à des températures élevées dans un environnement contrôlé. Cette technique permet de brûler la matière organique présente dans la poudre, laissant derrière elle un résidu principalement composé de matière inorganique. Après le processus de calcination, nous avons mesuré le poids du résidu pour évaluer la quantité de matière inorganique qui y était présente.

Les résultats de l'analyse du résidu à la calcination ont montré que la poudre de racine de CC contenait une quantité significative de matière inorganique évaluée à 14.36%, et un taux de matière organique de 85.64%. Le poids du résidu obtenu après la calcination était considérable, indiquant une concentration élevée de composés minéraux dans la poudre. Ces résultats suggèrent que la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) peut contenir des minéraux essentiels ou d'autres composés inorganiques d'intérêt.

L'identification précise des composés minéraux présents dans le résidu nécessite une analyse supplémentaire, telle que la spectroscopie ou la diffraction des rayons X. Cela permettrait d'identifier les minéraux spécifiques présents dans la poudre de racine de CC et de mieux comprendre leur contribution à ses propriétés.

De plus, l'origine et la qualité de la poudre de racine de CC peuvent influencer la quantité de matière inorganique présente. Des variations dans les conditions de croissance, les techniques de récolte ou de transformation peuvent entraîner des différences dans la composition minérale de la plante. Il est donc important de prendre en compte ces facteurs lors de l'interprétation des résultats et de la comparaison avec d'autres études.

IV.2.6. Cendres sulfuriques

Les résultats concernant les cendres sulfuriques de la poudre de racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) ont fourni des informations importantes sur la composition minérale de la poudre. L'analyse des cendres sulfuriques est une méthode couramment utilisée pour déterminer la teneur en minéraux, en particulier en soufre. Lors de notre étude, nous avons procédé à la combustion contrôlée de la poudre de racines de CC, suivie de la mesure de la quantité de cendres produites. Les résultats obtenus ont révélé une teneur en matières minérales MM de l’ordre de 0.001%, indiquant un taux faible en composés sulfurés provenant du sol ou d'autres sources, tels que les sulfates. Ces résultats suggèrent que la poudre de racines de CC contient des minéraux contenant du soufre.

Il convient de noter que la présence de cendres sulfuriques peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que les conditions de croissance de la plante, la qualité du sol, les pratiques agricoles, etc.

Les résultats des cendres sulfuriques obtenus implique également de considérer l'importance des minéraux contenant du soufre dans la poudre de racines de CC. Le soufre est un élément essentiel pour de nombreux processus biologiques et peut jouer un rôle important dans les propriétés pharmacologiques ou thérapeutiques de la plante. Par conséquent, l'identification et la quantification des minéraux sulfuriques dans la poudre de racines de CC fournissent des informations précieuses pour comprendre son potentiel d'utilisation.

IV.2.7. Analyse du pH

Nous avons mesuré le pH des solutions préparées à partir de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* (CC) pour évaluer l'effet de la concentration sur le pH de la solution. Les résultats montrent que la solution 1% à un pH de 4.95, tandis que la solution 0,1% à un pH de 5.65. Ces résultats indiquent que la concentration de la solution a un effet significatif sur le pH de la solution. Une concentration plus élevée de la poudre de racines de CC dans la solution a pour effet de diminuer le pH de la solution. Ceci peut être expliqué par la présence de composés acides dans la poudre qui réagissent avec l'eau pour produire des ions H^+, responsables de l'abaissement du pH de la solution aqueuse de CC.

Il est important de noter que le pH de la solution peut influencer l'efficacité de la poudre des racines de CC dans diverses applications. Par exemple, certains processus nécessitent un pH spécifique pour obtenir une réaction chimique optimale. Ces résultats peuvent donc être utiles pour optimiser l'utilisation de la poudre de racines de CC dans différentes applications.

Ces résultats peuvent être utilisés pour guider l'utilisation de la poudre des racines de CC dans différentes applications où le pH est un facteur critique, telles que les pommades et crèmes à usage dermiques formulées dans notre présente étude.

IV.2.8. Analyse spectroscopique UV-Vis

L'analyse UV-Vis des solutions à 1% et 0.1% de la poudre de racines de la plante *Carthamus Caeruleus L* (CC) a été réalisée afin d'étudier les propriétés d'absorption de la poudre de CC dans le domaine de l'UV-Vis.

En utilisant un spectrophotomètre UV-Vis, nous avons mesuré l'absorbance des solutions préparées à différentes concentrations de la poudre des racines de CC. Les données obtenues ont été analysées pour déterminer les longueurs d'onde d'absorption maximale (λmax) et les profils d'absorption caractéristiques de la poudre.

Les résultats du balayage dans le domaine UV-Vis, entre 200 nm et 800 nm, indique un maximum d'absorption à une longueur d'onde optimale de 310 nm. En effet, l'analyse a révélé des pics d'absorption significatifs des solutions à des concentrations allant de 0,1% à 1% (p/v) de la poudre des racines de CC, indiquant la présence de composés ayant une absorbance spécifiques à cette longueur d'onde optimale (λmax = 310nm) **(Figure IV.5)**.

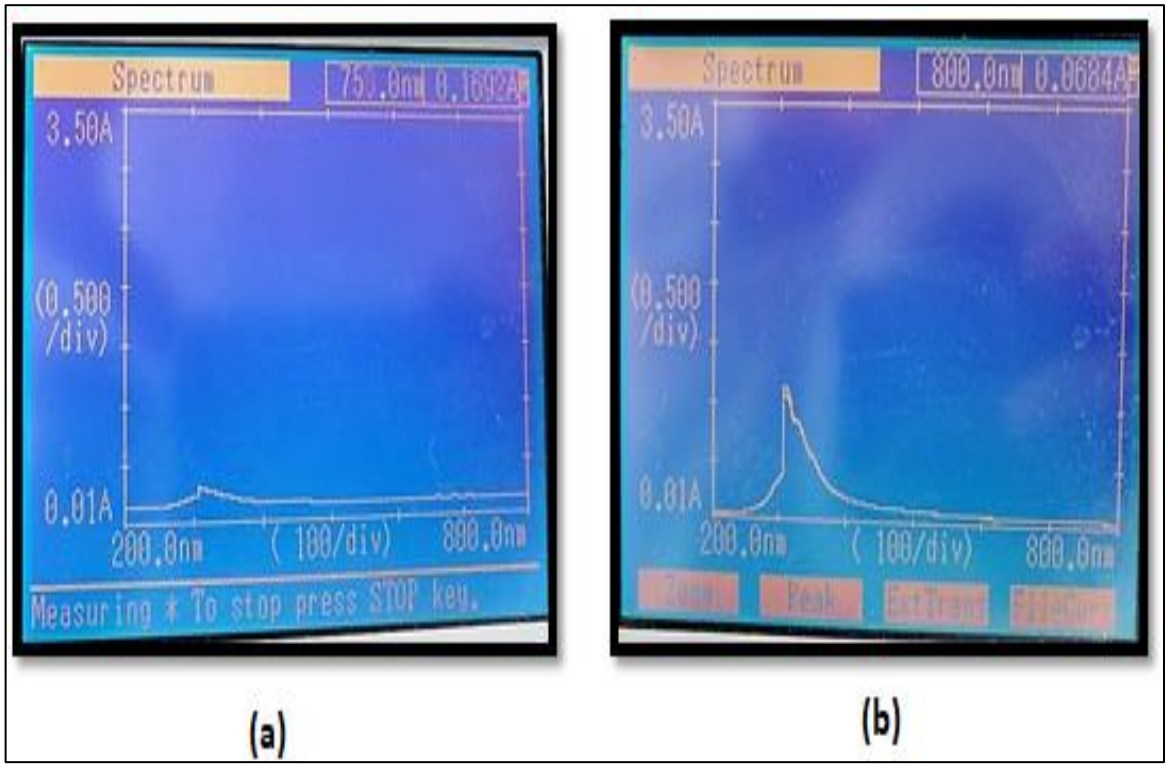


Figure IV.5. Résultats du balayage UV-Vis (200nm-800nm) des solutions de *Carthamus Caeruleus L* (CC), à des concentrations de 0.1% **(a)** et 1% **(b).**

Une courbe d'étalonnage à la longueur d'onde optimale (310 nm) a été tracé **(Figure IV.6)**,en utilisant une gamme de concentration de la solution de CC allant de 0.1% (p/v) à 1% (p/v). Les résultats indiquent une droite dont les paramètres sont indiqués dans le tableau IV.2 :

Tableau IV.2. Paramètres de la courbe d'étalonnage par spectroscopie UV-Vis de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC).

Equation	Coefficient de détermination (R^2)	Longueur d'onde optimale (λmax)
Y= 1.0712 x+0.1419	0.966	310 nm

Le coefficient de détermination linéaire de Pearson, noté R^2, est une mesure de la qualité de la prédiction d'une régression linéaire. Le coefficient de détermination se situe entre 0 et 1. Plus il est proche de 1, plus la régression linéaire est en adéquation avec les données collectées.

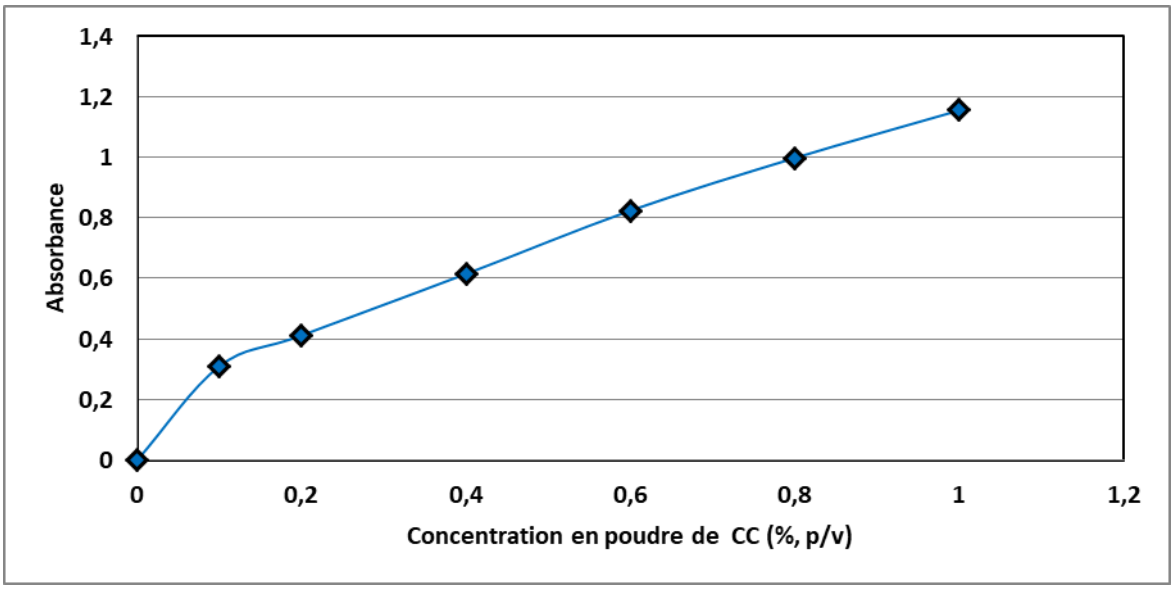


Figure IV.6. Courbe d'étalonnage par spectroscopie UV-Vis de la poudre de *Carthamus Caeruleus L* (CC) à 310 nm.

IV.3. Formulation de la pommade à base de Carthamus Caeruleus L

La formulation de produits topiques à base de plantes médicinales est une pratique courante depuis des siècles. Les propriétés thérapeutiques des plantes sont exploitées pour créer des produits tels que les pommades, qui peuvent être appliquées localement pour traiter diverses affections cutanées. Dans cette partie de l'étude, nous nous concentrons spécifiquement sur la formulation d'une pommade à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L*.

L'objectif principal de cette formulation est d'exploiter les composés actifs présents dans la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* pour développer un produit topique efficace pour le traitement de certaines affections de la peau. La poudre de racine de cette plante contient divers composés bioactifs tels que des flavonoïdes, des terpénoïdes et des composés phénoliques, qui ont démontré des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et cicatrisantes.

Dans cette étude, nous allons examiner de près les aspects de la formulation de la pommade à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L*. Nous évaluerons les différentes composantes nécessaires à la formulation, telles que les excipients et les agents de texture, afin de garantir la stabilité et l'efficacité du produit final.

En plus de la formulation elle-même, nous discuterons également des méthodes de caractérisation de la pommade, telles que l'évaluation de la stabilité, de la viscosité et de l'homogénéité du produit final.

La formulation soigneuse et la caractérisation approfondie de quatre formules de pommade permettront d'évaluer son potentiel thérapeutique et de fournir des informations précieuses pour son utilisation future en tant que traitement cutané.

IV.3.1. Caractérisation de la pommade

Les quatre formules de pommades obtenues ont été soumises au test de caractérisation afin de confirmer leurs propriétés physicochimiques et évaluer leurs stabilités.

IV.3.1.1. Aspect macroscopique

Lors de l'examen macroscopique de la pommade, il est essentiel de noter la couleur globale du produit. La présence de la poudre des racines de *Carthamus Caeruleus L* peut influencer la couleur de la pommade, qui peut varier en fonction de la concentration et de la nature des composés actifs présents. Il est également important de rechercher toute présence de particules ou de grumeaux visibles, ce qui pourrait indiquer une mauvaise dispersion ou une incompatibilité des ingrédients.

Au vu des résultats de la formulation, les pommades obtenues (F1-F4) présentent une texture lisse et homogène, sans présence de grumeaux, de phases séparées ou de variations de texture indésirables. Une consistance appropriée, ni trop rigide ni trop fluide avec une couleur beige pâle a été observée **(Figure IV.7)**.

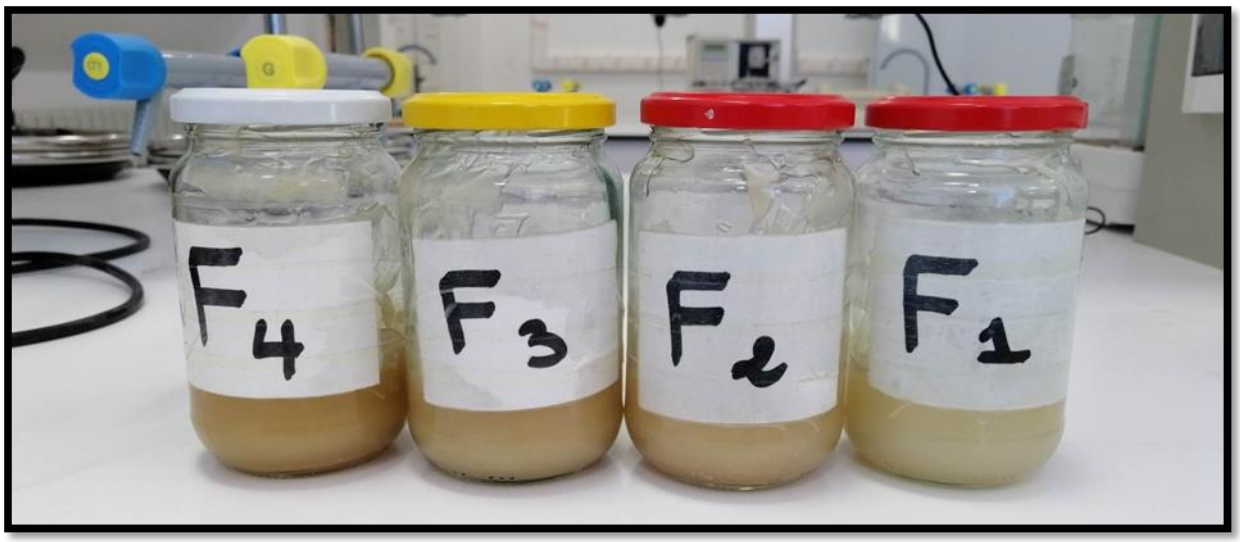


Figure IV.7. Aspect macroscopique des pommades formulées (F1-F4) à base de *Carthamus caeruleus L* (CC)

IV.3.1.2. Test d'étalement

Le test d'étalement de la pommade à base de poudre de racine de *Carthamus caeruleus L* a été réalisé pour évaluer sa texture et sa capacité à s'étaler uniformément sur la peau. Ce test est essentiel pour déterminer la facilité d'application du produit et sa couverture sur la zone à traiter.

Les résultats du test d'étalement des pommades (F1-F4) à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* ont montré une bonne capacité d'extension et une texture adaptée à une application sur la peau. La pommade s'est étalée de manière uniforme sur la surface, formant un film mince et couvrant **(Figure IV.8)**. Cela indique que la pommade possède une consistance adéquate pour une application facile et une bonne répartition sur la peau.

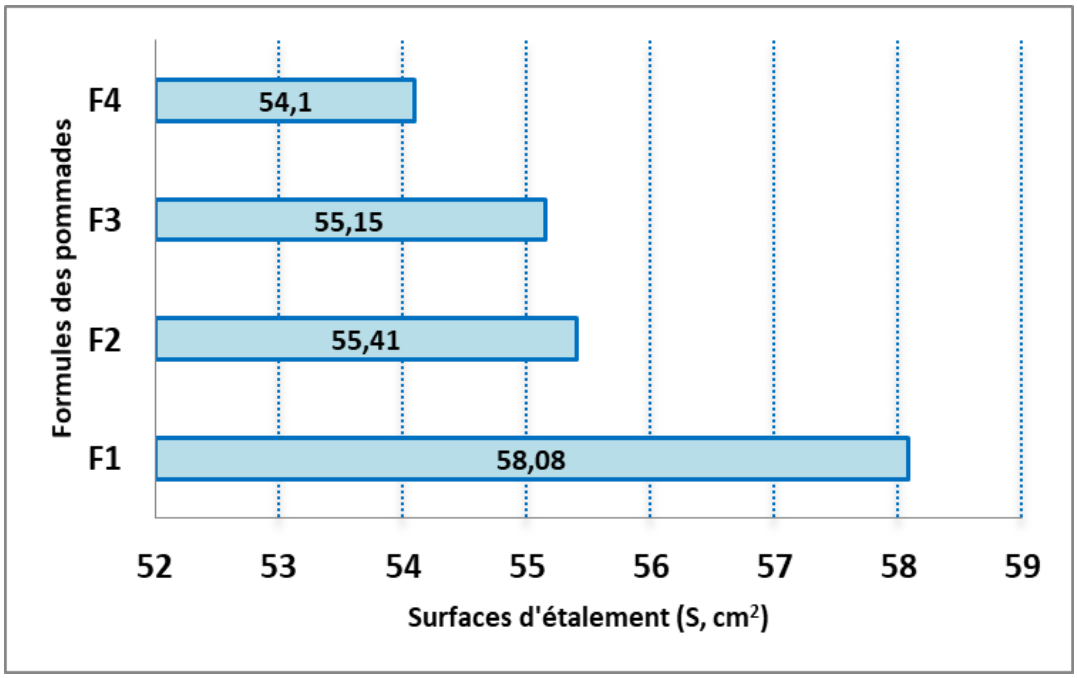


Figure IV.8. Résultats du test d'étalement des pommades (F1-F4)

IV.3.1.3 Etude de la viscosité des pommades

La viscosité des pommades à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* est particulièrement importante car elle permet de déterminer la stabilité et la texture de ces produits.

L'évaluation de la viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement a été réalisée à l'aide d'un viscosimètre à mobile tournant. Différentes vitesses de cisaillement ont été testées, allant de 1.5 à 60 tr/mn. Les résultats obtenus ont montré que la viscosité apparente des pommades préparées variait en fonction de la vitesse de cisaillement du viscosimètre **(Figure IV.9)**. À des vitesses de cisaillement plus élevées, la viscosité apparente diminuait, ce qui indique une meilleure fluidité de la pommade.

Ces observations sont essentielles pour ajuster la formulation des pommades et garantir une texture optimale. Une viscosité trop élevée pourrait rendre l'application du produit difficile, tandis qu'une viscosité trop faible pourrait compromettre la stabilité de la pommade.

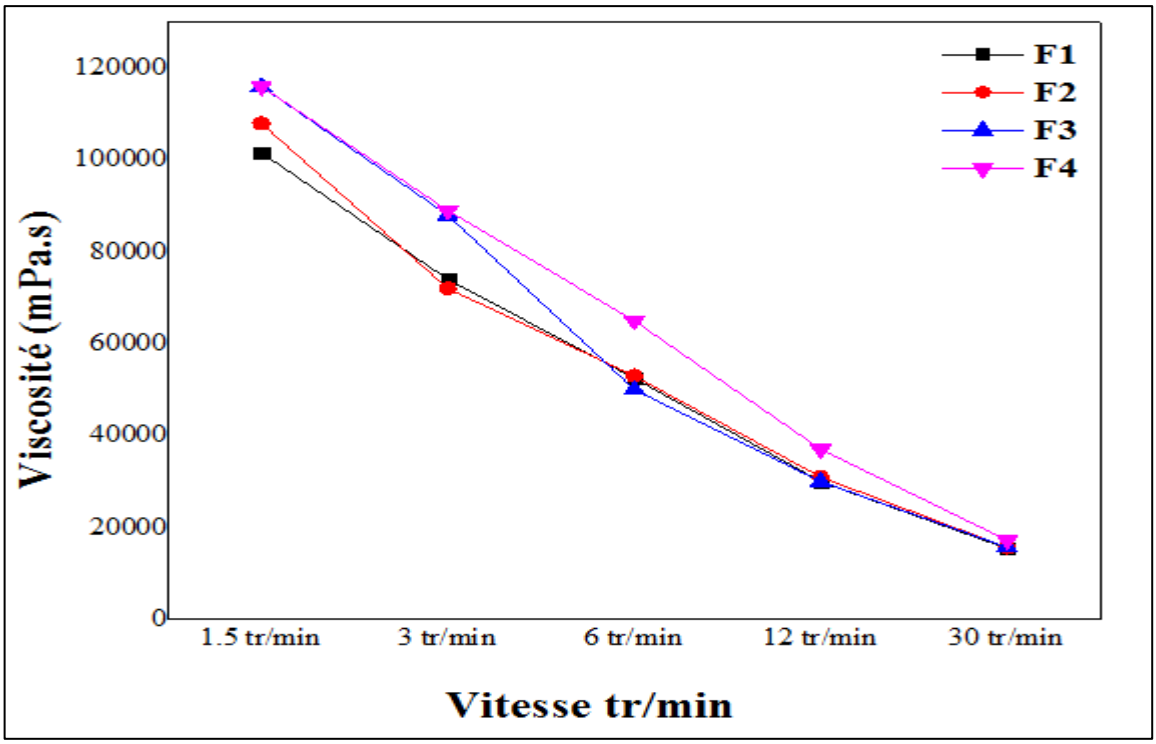


Figure IV.9. Courbes de viscosité des pommades (F1-F4).

IV.3.1.4.Contrôle de la qualité microbiologique des pommades

Le contrôle de la qualité microbiologique des pommades à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* est une étape cruciale pour garantir la sécurité et l'efficacité du produit final. Dans cette étude, nous avons réalisé des tests microbiologiques pour évaluer la présence de micro-organismes pathogènes ou indésirables dans les échantillons de pommades.

Les résultats de notre analyse microbiologique ont révélé des données importantes concernant la qualité microbiologique des pommades à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L*. Nous avons effectué des tests de dénombrement des colonies pour évaluer la présence germes mésophiles, les moisissures, les levures et de certaines bactéries spécifiques aérobies « *Pseudomonas Aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ».

Les résultats obtenus ont démontré que toutes les pommades étaient conformes aux critères microbiologiques établis par la pharmacopée Européenne [72]. Aucune contamination significative n'a été détectée, ce qui indique que les procédures de fabrication et les conditions de stockage ont été efficaces pour maintenir la qualité microbiologique des pommades **(Tableau IV.3)**.

Il est essentiel de souligner que le contrôle microbiologique doit être une priorité lors de la formulation de pommades à base de plantes. Les micro-organismes indésirables peuvent non seulement compromettre l'efficacité du produit, mais aussi présenter un risque pour la santé des utilisateurs. Par conséquent, les tests microbiologiques réguliers sont nécessaires pour garantir la qualité microbiologique tout au long de la durée de conservation des pommades.

Tableau IV.3. Résultats des tests microbiologiques des pommades formulées (F1-F4).

Présence de microorganismes UFC. g^{-1}	**Présence de microorganismes (UFC.g-1)**				**Normes**
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	
DGAT	0	0	0	0	≤ 100 UFC / g
DMLT	0	0	0	0	<10 UFC/g.
Staphylococcus aureus	0	0	0	0	Absence
Pseudomonas aeroginosa	0	0	0	0	Absence

IV.4. Formulation d'une crème à base de Carthamus Caeruleus

La formulation des crèmes à base de plantes médicinales est une approche courante dans le domaine des soins de la peau. Ces crèmes combinent les bienfaits des ingrédients naturels avec les propriétés hydratantes et protectrices de la base crème pour offrir des produits polyvalents et bénéfiques pour la santé cutanée. Dans cette étude, la formulation de crèmes, de type émulsion H/E, à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L*, sera effectuée.

L'objectif principal de cette formulation est d'exploiter les composés actifs présents dans la poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L*, afin de développer une crème efficace pour le traitement et la protection de la peau. La poudre de racine de cette plante contient divers composés bioactifs tels que des flavonoïdes, des terpénoïdes et des composés phénoliques, qui ont démontré des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et cicatrisantes. Différents excipients nécessaires à la formulation, tels que les émulsifiants, les agents de texture, seront évaluer pour garantir la stabilité et l'efficacité du produit final. Ainsi 12 formules différentes d'émulsion de type H/E à base de poudre de CC ont été formulés.

Après la formulation, les formules (F1 –F12) ont été caractérisées par des méthodes physicochimiques et microbiologiques afin d'évaluer leurs conformité ainsi que leurs stabilités.

IV.4.1. Caractérisation des émulsions

La caractérisation des émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* a permis d'évaluer des paramètres tels que la stabilité, la viscosité et la taille des gouttelettes pour garantir la qualité et l'efficacité du produit final. Ces caractérisations ont fourni des informations précieuses sur les propriétés physiques et la texture des émulsions, ce qui a contribué à optimiser leur formulation et à assurer une application aisée et une absorption optimale sur la peau.

IV.4.1.1. Aspect macroscopique

L'aspect macroscopique des émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* a révélé des caractéristiques distinctives. Les émulsions présentaient une texture crémeuse et homogène, avec une couleur caractéristique allant du blanc crème à une teinte légèrement jaunâtre **(Figure IV.10)**.

Les émulsions étaient lisses et s’étale facilement, avec une bonne consistance, ce qui les rendait agréables à appliquer sur la peau. Les émulsions ne présentaient pas de séparation de phases ou de grumeaux visibles lors de la formulation, ce qui indiquait une bonne stabilité immédiate. L'aspect macroscopique attrayant des émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* en faisait des formulations visuellement plaisantes et prometteuses pour une utilisation topique.



Figure IV.10. Aspect macroscopique des émulsions (F1-F12).

IV.4.1.2. Sens des émulsions

Le sens des émulsions par conductivité est une méthode couramment utilisée pour évaluer les propriétés physiques et confirmer le sens des émulsions obtenues. Cette technique repose sur la mesure de la conductivité électrique de l'émulsion, qui est influencée par plusieurs facteurs tels que la concentration des phases dispersées et continues, la taille des gouttelettes et la stabilité de l'émulsion.

Les résultats obtenus ont montré que les émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L.* présentaient des conductivités spécifiques suggérant une bonne stabilité de l'émulsion **(Figure IV.11)**. De plus, le sens des émulsions par conductivité peut être un outil précieux pour évaluer rapidement la stabilité des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L.*

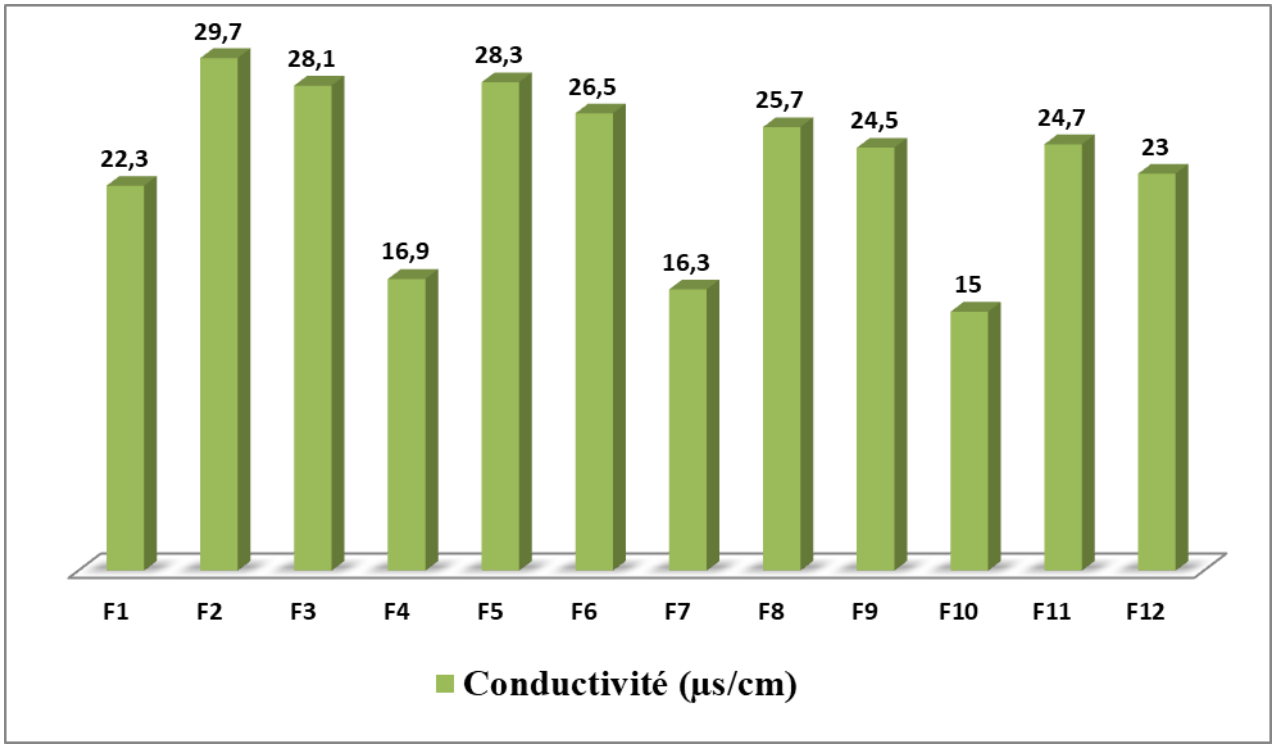


Figure IV.11. Résultats de la conductivité électrique des émulsions formulés (F1-F12).

IV.4.1.3. Analyse du pH des émulsions formulées

Le pH des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* est un paramètre important à prendre en compte lors de la formulation dermique. Le pH joue un rôle crucial dans la stabilité, l'efficacité et la tolérance cutanée des émulsions.

Lors de notre étude, nous avons mesuré le pH des émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* pour évaluer leur acidité ou alcalinité. Les résultats obtenus ont révélé des valeurs de pH généralement proches de la neutralité, autour de 6 à 7 **(Figure IV.12)**, ce qui est considéré comme compatible avec la peau humaine.

Maintenir un pH proche de celui de la peau est crucial pour préserver l'équilibre du manteau cutané et éviter des irritations ou des réactions indésirables. Un pH inapproprié peut perturber la barrière cutanée naturelle, entraînant une sécheresse, une sensibilité accrue ou même des infections cutanées.

En obtenant des valeurs de pH des émulsions dans une plage appropriée, nous pouvons assurer une bonne tolérance cutanée et une meilleure absorption des composés actifs de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L.* Cela permet également de préserver la stabilité de l'émulsion et d'éviter toute dégradation ou altération des principes actifs.

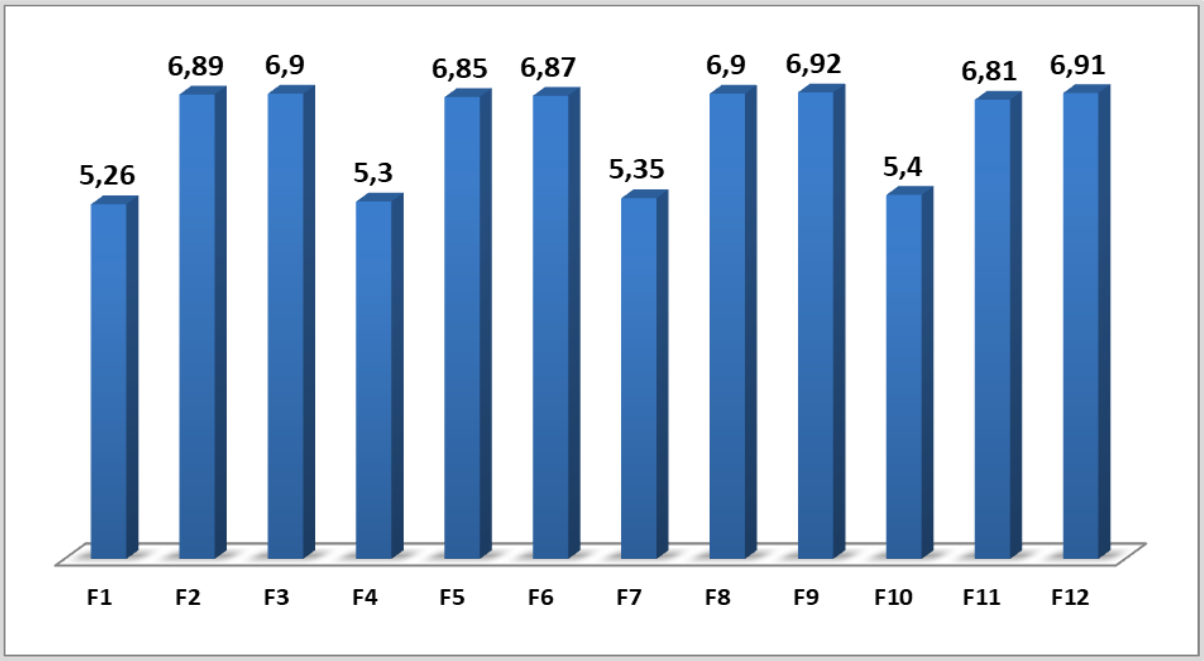


Figure IV.12. Résultats de pH des émulsions (F1-F12).

IV.4.1.4. Test d'étalement

Le test d'étalement des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus* a été réalisé pour évaluer la capacité des émulsions à se propager uniformément sur la peau. Ce test fournit des informations sur la viscosité, la consistance et l'efficacité de l'application des émulsions. La **Figure IV.13** représente les résultats de test d'étalement exprimés en unité de surface. Les résultats obtenus ont montré que les émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* se sont étalées de manière homogène sur la surface de la peau. L'étendue de l'étalement a été mesurée et a révélé une bonne répartition du produit sur la zone d'application. Cela suggère que les émulsions ont une viscosité appropriée, ce qui facilite une application facile et uniforme sur la peau.

De plus, la capacité d'étalement des émulsions est un aspect essentiel pour assurer une couverture uniforme de la peau et une absorption optimale des principes actifs. Un bon étalement permet de maximiser l'efficacité du produit et d'optimiser ses effets thérapeutiques.

Il est également important de souligner que la formulation des émulsions, y compris le choix des émulsifiants et des agents de texture, peut avoir un impact sur les propriétés d'étalement. Une formulation soigneusement sélectionnée peut garantir une consistance appropriée, favorisant ainsi une application uniforme et une expérience agréable pour l'utilisateur.

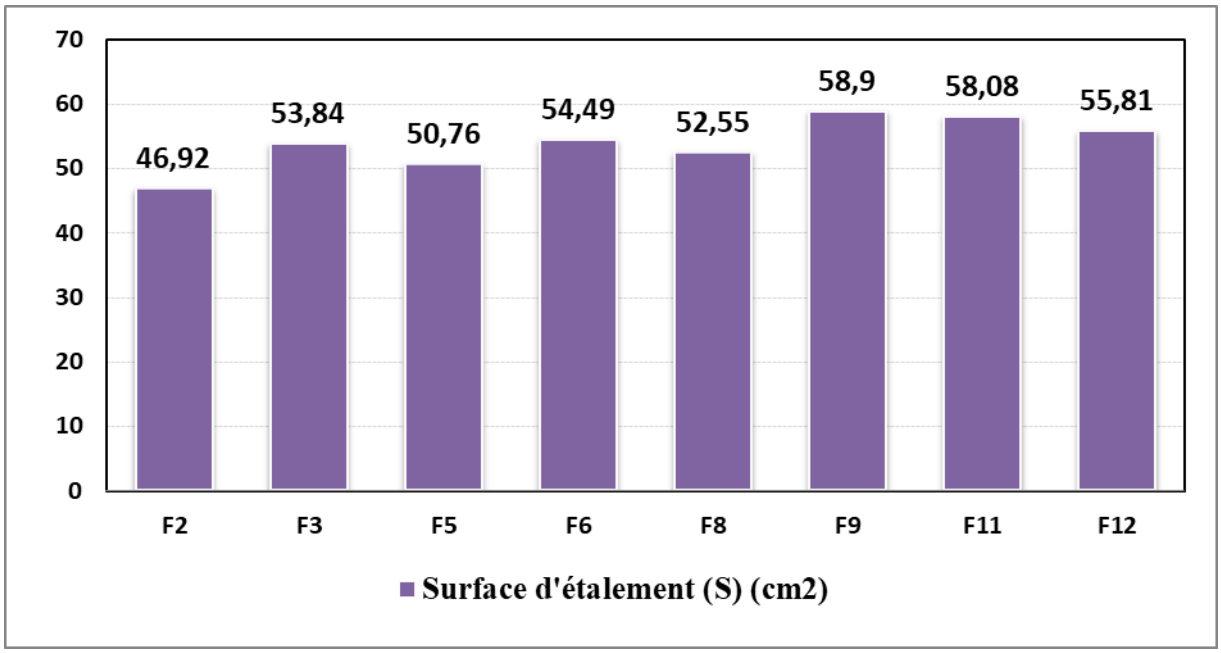


Figure IV.13. Test d'étalement des émulsions (F1-F12).

IV.4.1.5. Aspect microscopique

L'examen de l'aspect microscopique des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* est une étape essentielle pour évaluer la dispersion et la stabilité des particules dans la formulation. En utilisant un microscope optique, les analyses ont révélé que les émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus* présentaient une dispersion plus ou moins uniforme des particules dans la phase aqueuse de l'émulsion. Les particules de la poudre de racine étaient bien réparties et ne présentaient pas de signes évidents d'agglomération ou de sédimentation.

Par ailleurs, l'examen microscopique a permis de confirmer l'homogénéité des formulations (F2, F3, F5, F6, F8, F9, F11 et F12), avec une absence de séparation de phases ou de microgouttelettes d'huile visibles à l'œil nu **(Figure IV.14)**. Cela indique que les émulsifiants et les agents de stabilité utilisés dans les formulations citées ont été efficaces pour maintenir une dispersion uniforme.

Par contre, les émulsions F1, F4, F7 et F10 ont présentées une forme d'instabilité en raison de l'agglomération des particules de la poudre, ce qui a entraîné une séparation de phases. L'instabilité de ces émulsions (F1, F4, F7 et F10) est probablement causée par l'absence de la gomme Xanthane, qui joue le rôle d'agent gélifiant et stabilisant dans la formulation. Ainsi, ces formules (F1, F4, F7 et F10) ont été écartées pour le reste de cette étude.

Au niveau microscopique, l'absence de l'agent gélifiant conduit à une faible viscosité de la phase continue. Cela signifie que les molécules de la phase continue ont une mobilité élevée et peuvent facilement se déplacer, provoquant une diffusion rapide des gouttelettes de la phase dispersée. Les gouttelettes peuvent alors se coalescer, fusionner entre elles et former des gouttes plus grandes, ce qui entraîne une séparation des phases.

De plus, sans agent gélifiant pour assurer la stabilité de l'interface entre les deux phases, les forces de tension superficielle peuvent devenir prédominantes. Les molécules de la phase continue exercent une tension sur l'interface, ce qui peut entraîner la rupture des gouttelettes et la coalescence ultérieure. La diminution de la surface spécifique des gouttelettes contribue également à une diminution de la stabilité de l'émulsion.

Enfin, en l'absence de l'agent gélifiant, il n'y a pas de structure tridimensionnelle pour piéger et stabiliser les gouttelettes de la phase dispersée. Par conséquent, les mouvements browniens aléatoires des molécules dispersées peuvent facilement perturber la distribution des gouttelettes, favorisant ainsi leur agglomération et leur séparation de la phase continue.

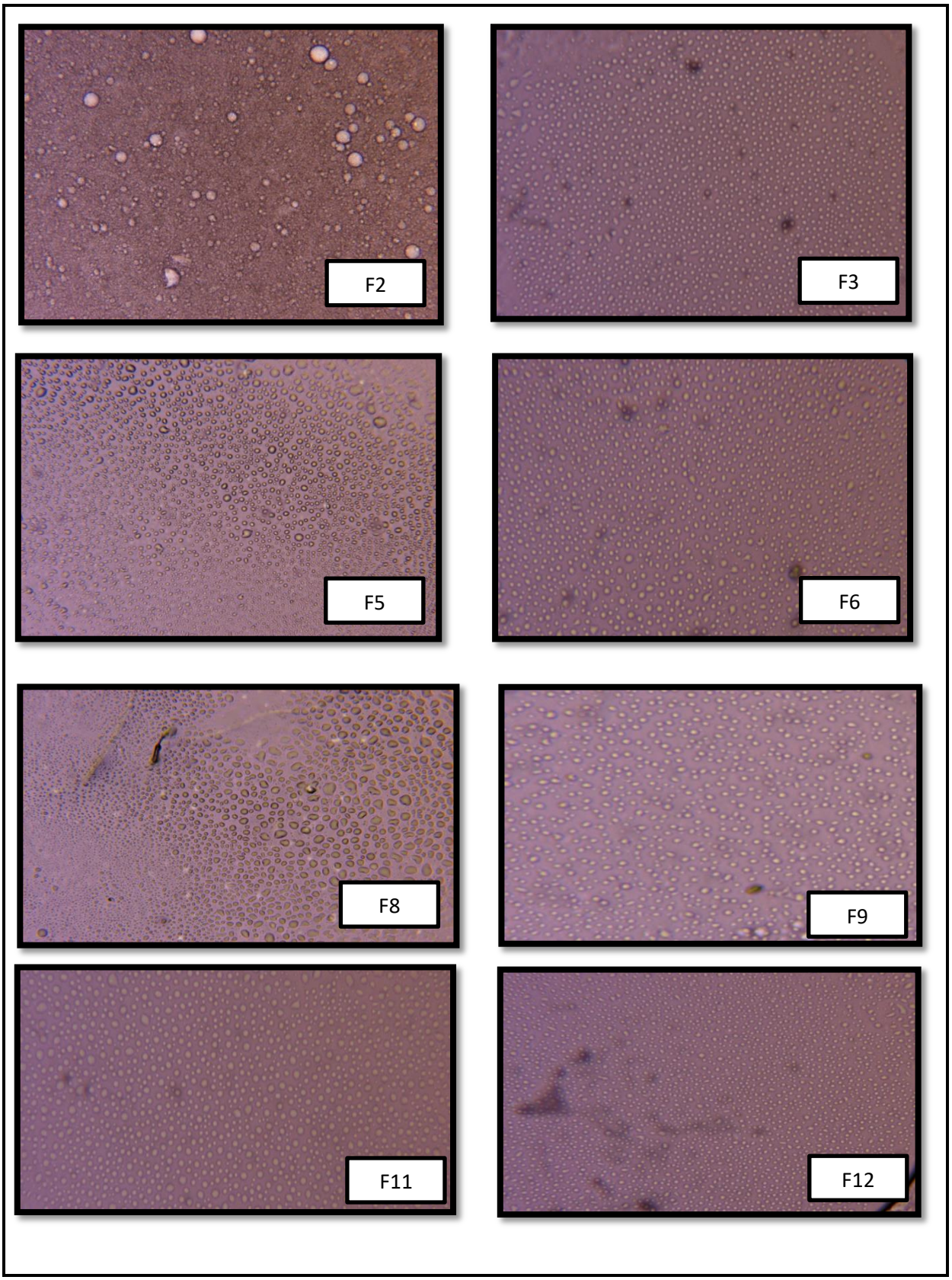


Figure. IV.14. Aspect microscopique des émulsions : F2, F3, F5, F6, F8, F9, F11 et F12.

IV.4.1.6. Étude de la stabilité à la centrifugation

La stabilité à la centrifugation des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* a été évaluée pour déterminer leur résistance aux forces de séparation lors de la centrifugation. Cette étape est cruciale pour évaluer la stabilité physique des émulsions et leur capacité à maintenir leur structure lorsqu'elles sont soumises à des conditions de stress.

Les émulsions (F2, F3, F5, F6, F8, F9, F11 et F12) ont été centrifugées à des vitesses spécifiques pendant une durée déterminée. Ensuite, une évaluation visuelle a été effectuée pour détecter tout signe de séparation de phases, de sédimentation ou de coalescence (**Tableau IV.4)**.

La stabilité à la centrifugation est un indicateur de qualité des émulsions formulées. Elle suggère que les agents émulsionnants et gélifiants utilisés ont été efficaces pour former et maintenir une dispersion stable. De plus, cela souligne la capacité des émulsions à conserver leur homogénéité même lorsqu'elles sont soumises à des forces de séparation élevées.

Les résultats ont démontré une excellente stabilité à la centrifugation des émulsions F2, F5, F8 et F11. Aucune séparation de phases visible n'a été observée après la centrifugation, ce qui indique que ces émulsions ont pu maintenir leur structure intacte et éviter la coalescence des gouttelettes. Ces dernières contiennent du xanthane et du tween 80 comme agents gélifiants, et stabilisants.

Par contre, les formules F3, F6, F9 et F12 ont présenté une légère instabilité avec coalescence après le test de la centrifugation. Cela peut être à l’origine d’une diminution de la stabilité globale des émulsions, induisant une éventuelle séparation de phases. À cet effet, les formules F3, F6, F9 et F12 ont été écarté du reste de cette étude.

Au vu des résultats obtenus, les émulsions F2, F5, F8 et F11 ont été les formules maintenues pour être évaluées du point de vue rhéologique et microbiologique.

Il convient de noter que la stabilité à la centrifugation est une caractéristique essentielle pour les émulsions topiques, car elle garantit une distribution uniforme des ingrédients actifs et une application cohérente du produit sur la peau. La stabilité des émulsions est également importante pour assurer leur durée de conservation et leur efficacité à long terme.

Tableau IV.4. Résultats du test de stabilité par centrifugation des émulsions

Formule N°	Composition (%, p/p)		Résultats					
	Poudre CC	GX	Centrifugation 3000 tr/mn					
			5 mn	10 mn	15 mn	20 mn	25 mn	30 mn
F1	**0.5**	**-**	-	-	-	-	-	-
F2	**0.5**	**1**	+	+	+	+	+	+
F3	**0.5**	**1**	+	+	+	+	-	-
F4	**1.0**	**-**	-	-	-	-	-	-
F5	**1.0**	**1**	+	+	+	+	+	+
F6	**1.0**	**1**	+	+	+	+	-	-
F7	**1.5**	**-**	-	-	-	-	-	-
F8	**1.5**	**1**	+	+	+	+	+	+
F9	**1.5**	**1**	+	+	+	+	-	-
F10	**2.0**	**-**	-	-	-	-	-	-
F11	**2.0**	**1**	+	+	+	+	+	+
F12	**2.0**	**1**	+	+	+	+	-	-

(+) : Stable ; (-) : Instable

IV.4.1.7. Indice de crémage

L'indice de crémage (n) est un paramètre important utilisé pour évaluer la stabilité des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L*. Cet indice mesure la vitesse de séparation des phases de l'émulsion. Un indice de crémage élevé indique une séparation rapide des phases, ce qui peut compromettre la stabilité du produit.

Les résultats obtenus ont révélé des indices de crémage faibles pour les émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* contenant du xanthane du Tween 80 au même temps **(Tableau IV.5)**. Ces deux excipients offrent une bonne stabilité aux émulsions. Cette stabilité peut être attribuée aux propriétés émulsionnantes du Tween 80 et les propriétés gélifiantes du xanthane, qui agit comme un agent stabilisant pour empêcher la coalescence des gouttelettes d'huile

.

L'indice de crémage élevé de F1, F4, F7 et F10 indique une séparation de phase significative **(Figure IV.15)**. Ces émulsions montrent une tendance à former une couche supérieure d'huile ou de phase grasse distincte de la phase aqueuse ou continue. Cela peut être le résultat de la coalescence des gouttelettes d'huile, d'une instabilité de l'émulsion ou d'un déséquilibre dans la formulation.

La stabilité des émulsions est un facteur essentiel pour assurer l'efficacité et la durée de conservation des produits topiques. Des indices de crémage faibles indiquent que les émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* peuvent être utilisées en toute confiance, car elles sont moins susceptibles de se séparer ou de perdre leur homogénéité au fil du temps.

Cependant, il est important de noter que d'autres facteurs, tels que la concentration de la poudre de racine, les conditions de stockage et les procédés de fabrication, peuvent également influencer la stabilité des émulsions. Par conséquent, une optimisation continue de la formulation et des conditions de fabrication est nécessaire pour maintenir la stabilité des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L.*

Tableau IV.5. Résultats de l'indice de crémage des émulsions

Formule N°	Composition (%, p/p)		Résultats		
	Poudre CC	GX	Indice de crémage (%)		
			2000 tr/mn	4000 tr/mn	6000 tr/mn
F1	0.5	-	19.56	19.56	32.60
F2	0.5	1	0	0	0
F3	0.5	1	0	0	0
F4	1.0	-	19.56	10.86	30.43
F5	1.0	1	0	0	0
F6	1.0	1	0	0	0
F7	1.5	-	23.91	19.56	30.43
F8	1.5	1	0	0	0
F9	1.5	1	0	0	0
F10	2.0	-	23.91	15.21	28.26
F11	2.0	1	0	0	0
F12	2.0	1	0	0	0

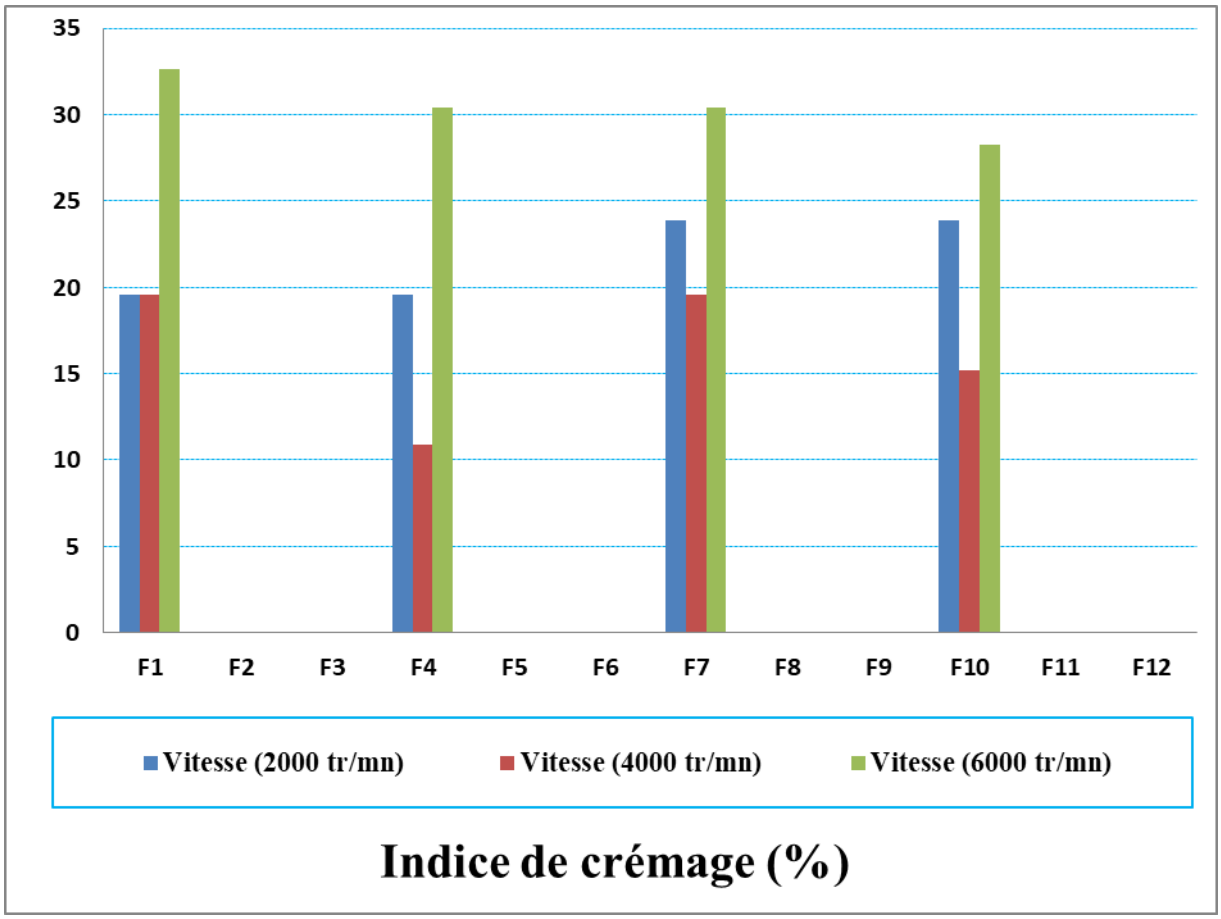


Figure IV.15. Résultats de l'indice de crémage

IV.4.1.8. Analyses rhéologiques des émulsions

Les émulsions F2, F5, F8 et F11 à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L*, de Tween 80 et de gomme Xanthane ont été soumise à des tests rhéologiques (écoulement).

Les autres émulsions n'ont pas été incluses dans cette étude vu qu'elles ont manifesté des instabilités lors des tests de caractérisations physicochimiques (coalescence avec modification de la distribution granulométrique des globules).

L'étude rhéologique des crèmes à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* a été réalisée à l'aide d'un rhéomètre avec une géométrie cône-plan CP60, présentant un angle de 1° et un diamètre de 60 mm. Les mesures ont été effectuées à une température de 25 ± 0.5 °C.

Les courbes d'écoulement ont été obtenues en mesurant la viscosité apparente (η_{app}) en fonction de la vitesse du cisaillement ($\dot{\gamma}$), dans une plage allant de 0.001 à 1000 s^{-1}, en régime continu **(Figure IV.16)**.

Cette étude a permis de déterminer le comportement rhéologique des crèmes à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L.* Les courbes d'écoulement obtenues ont révélé différents régimes d'écoulement en fonction de la vitesse de cisaillement appliquées.

À faible vitesse de cisaillement, la viscosité apparente était élevée, indiquant une viscosité importante de la crème. Cependant, à mesure que la vitesse de cisaillement augmentait, la viscosité apparente diminuait progressivement, témoignant d'une fluidité accrue de la crème et présentent des propriétés non Newtoniennes, avec un comportement rhéofluidifiant, du fait que la viscosité diminue avec l'augmentation du taux de cisaillement. On a aussi remarqué que la viscosité augmente avec l'augmentation de la concentration de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L.*

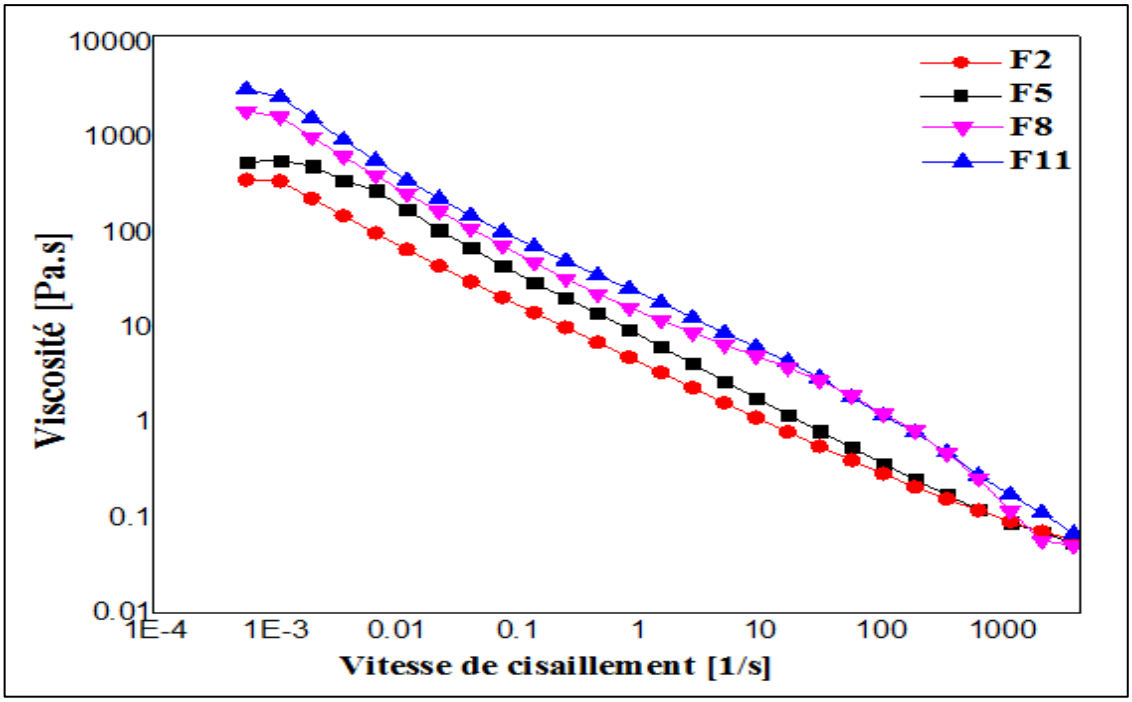


Figure IV.16. Courbes d'écoulement de crèmes à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L* (F2, F5, F8, F11).

IV.4.1.9. Contrôle de la qualité microbiologique des émulsions

Le contrôle de la qualité microbiologique des émulsions à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus* est une étape essentielle pour assurer la sécurité et la qualité du produit fini. Dans cette étude, nous avons réalisé des tests microbiologiques afin d'évaluer la présence de micro-organismes indésirables dans les échantillons d'émulsions.

Uniquement les émulsions F2, F5, F8 et F11 ont été soumis à des tests microbiologiques, étant donné que les autres émulsions ont manifesté des instabilités lors des tests de caractérisations physicochimiques (coalescence avec modification de la distribution granulométrique des globules).

Des tests de dénombrement des colonies ont été effectués pour évaluer la présence la présence germes mésophiles, les moisissures, les levures et de certaines bactéries spécifiques aérobies « *Pseudomonas Aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* ».

Nous avons constaté avec satisfaction que les émulsions F2, F5, F8 et F11 se sont révélées conformes aux critères microbiologiques établis. Aucune contamination significative n'a été détectée, ce qui témoigne de l'efficacité des procédures de fabrication, des conditions de stockage pour maintenir la qualité microbiologique des émulsions.

Ces résultats sont encourageants et démontrent la rigueur du processus de fabrication des émulsions à base de poudre de racine de *Carthamus Caeruleus L*.

Il convient de noter que le contrôle de la qualité microbiologique doit rester une préoccupation constante tout au long de la durée de conservation des émulsions. Les micro-organismes indésirables peuvent compromettre l'efficacité et la stabilité du produit, ainsi que présenter des risques pour la santé des utilisateurs. Par conséquent, des tests microbiologiques réguliers sont nécessaires pour maintenir la qualité microbiologique des émulsions pendant toute leur durée de vie. Les résultats sont regroupés dans le **Tableau IV.6.**

Tableau IV.6. Résultats de la qualité microbiologique des émulsions (F2, F5, F8 et F11).

Microorganismes UFC. g^{-1}	Présence de microorganisme (UFC.g-1)				Normes
	F2	F5	F8	F11	
DGAT	12	12	11	0	≤ 100 UFC / g
DMLT	6	5	6	0	<10 UFC/g.
Staphylococcus aureus	0	0	0	0	Absence
Pseudomonas aeroginosa	0	0	0	0	Absence

Les germes aérobies mésophiles renseignent sur la charge bactérienne globale (bactéries, levures et moisissures), qui se développent en présence d'air (aérobie) à température moyenne (25–30°C). Ces germes sont également appelés germes d'altération. Les résultats du dénombrement des germes aérobies totaux (DGAT) dans les émulsions (**Figure IV.17)** montrent que la charge microbiologique des échantillons est inférieure à la limite maximale (≤100 UFC/g), selon les normes de la pharmacopée européenne [72].

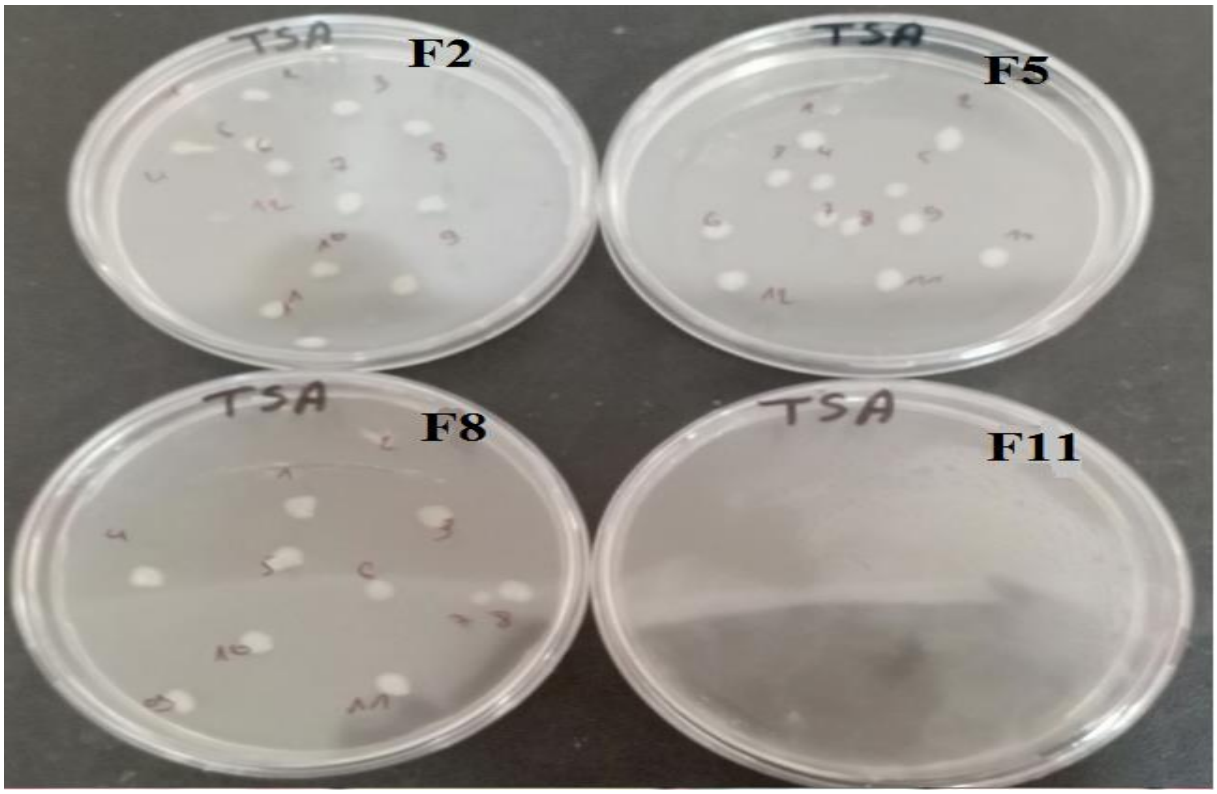


Figure IV.17. Dénombrement des germes aérobies totaux (DGAT) sur le milieu TSA dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11).

Les moisissures sont des champignons pluricellulaires de morphologie filamenteuse, organisés en filaments longs, fins et ramifiés à structure cellulaire appelés hyphes dont l'ensemble forme un mycélium, tandis que les levures sont des champignons unicellulaires généralement cylindriques, pouvant présenter des pseudo mycéliums (se présentant sous formes des cellules attachées) et elles possèdent un seul noyau. Les résultats du dénombrement de ces microorganismes (DMLT) indiquent que les émulsions avaient des résultats acceptables et conformes aux normes de la pharmacopée européenne **(Figure IV.18)** dont le maximum autorisé est de 10 UFC/g.

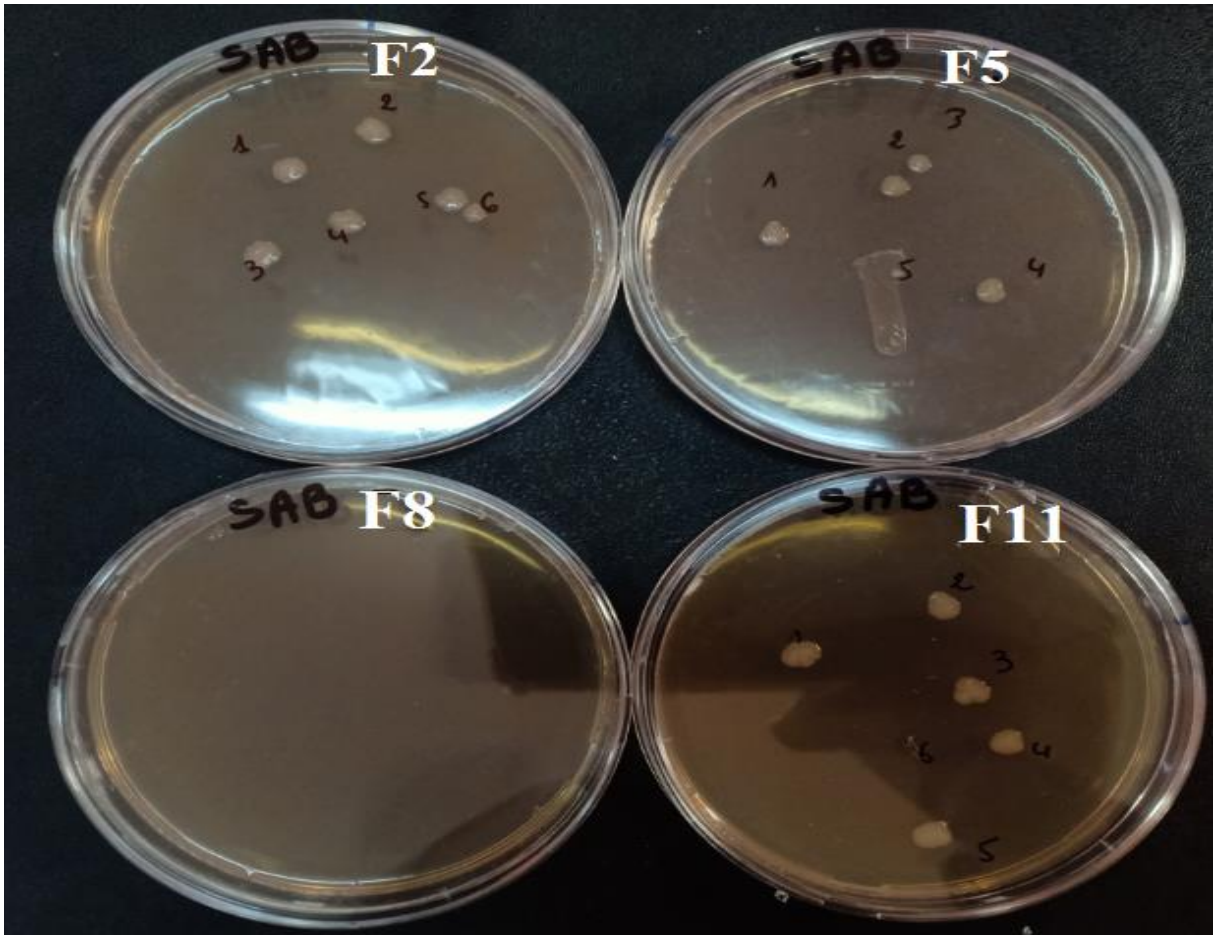


Figure IV.18. Dénombrement des moisissures et levures (DMLT) dans les émulsions sur le milieu SAB, dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11).

La **figure IV.19** représente les résultats du repiquage sur un milieu mannitol-sel (CHAP), incubé à 30 – 35 °C pendant 72 h pour les émulsions. *Les Staphylococcus Aureus* sont des cocci à Gram positif aéro-anaérobie facultatif qui tendent à se grouper en amas. Il s'agit de l'espèce la plus pathogène du genre Staphylococcus. Les résultats obtenus montrent l'absence de *Staphylococcus Aureus* dans les émulsions, ce qui répond à la pharmacopée européenne.

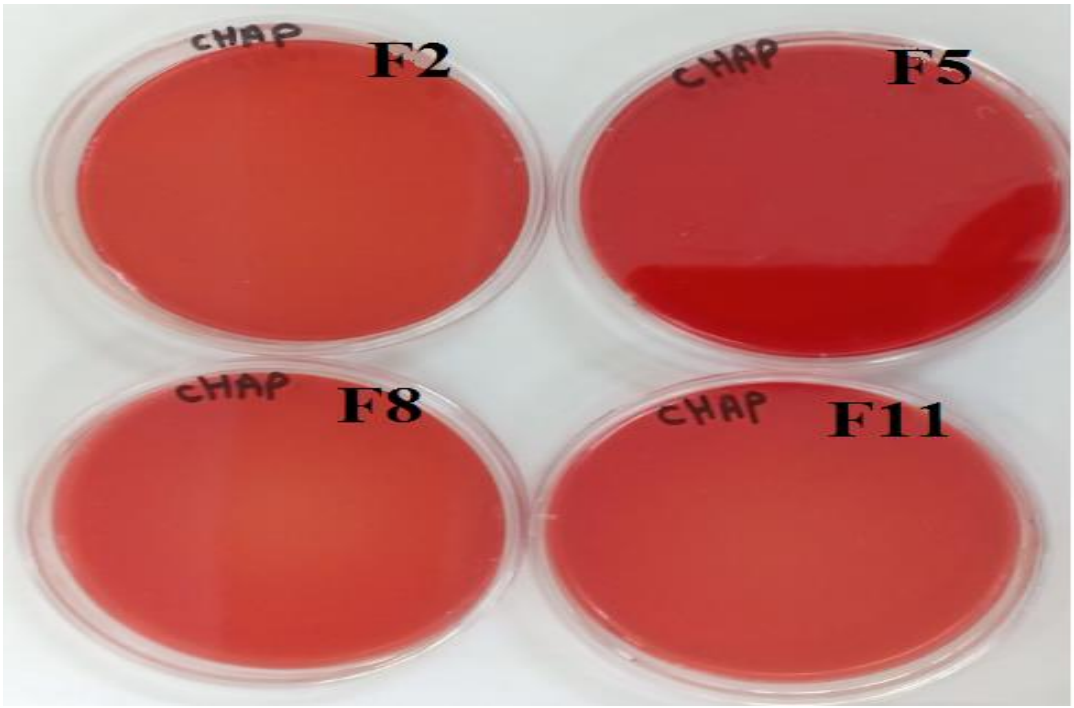


Figure IV.19. Aspect macroscopique de l'absence des colonies de Staphylococcus Aureus sur le milieu mannitol-sel (CHAP), dans les émulsions (F2, F5, F8 et F11).

En ce qui concerne les Pseudomonas Aeruginosa, ce sont des bactéries à Gram négatif du genre *Pseudomonas*. La **figure IV.20** représente les résultats du repiquage sur un milieu cétrimide agar base (CAB) incubé à 30 – 35 °C pendant 72 h pour les émulsions. Les résultats obtenus montrent l'absence de *Pseudomonas Aeruginosa* dans les émulsions, ce qui est conforme à la pharmacopée européenne.

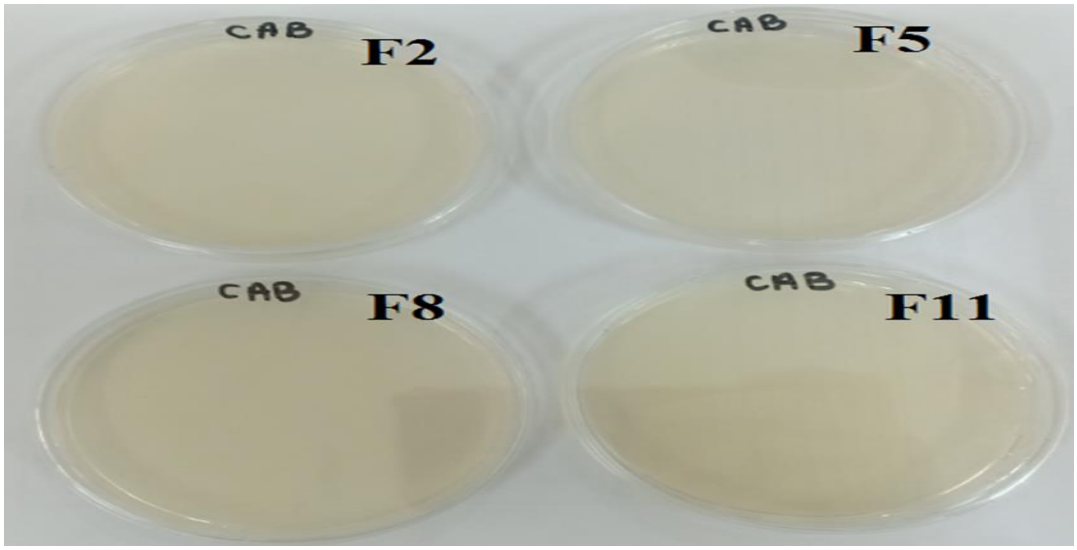


Figure IV.20. Aspect macroscopique de l'absence des colonies de *Pseudomonas Aeruginosa* sur le milieu cétrimide agar base (CAB).

IV.5. Conclusion

En conclusion, cette étude a examiné les propriétés de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* et son utilisation potentielle dans la formulation des pommades et des crèmes. Les résultats ont démontré que la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* possède des propriétés intéressantes. Ces composés peuvent contribuer à l'efficacité de la poudre de racines de CC dans le traitement des affections cutanées inflammatoires.

La mise en formulation de la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* sous formes de pommades et de crèmes dermiques a été réalisée avec succès. Ainsi, l'évaluation des propriétés physico-chimiques et microbiologiques des pommades et des crèmes formulés a conduit à des résultats satisfaisants. Les résultats de l'analyse du pH indiquent que toutes les formulations ont un pH compatible avec celui de la peau, ce qui les rend appropriées pour des applications cutanées sans risque d'irritation. Les tests d'étalement appliqués à l'ensemble des formulations obtenues ont démontré que les pommades et les crèmes à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* s'étalent facilement, uniformément et de manière régulière, sans causer de friction ou de coupure.

Les pommades (F1, F2, F3 et F4) et les crèmes (F2, F5, F8 et F11) à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* ont également démontré une stabilité acceptable, ainsi qu'une qualité microbiologique satisfaisante, sans inclure aucun agent antimicrobien lors de la formulation.

Ainsi, la préparation de la poudre des racines de *Carthamus Caeruleus L* et son utilisation comme substance biologique active sous forme dermique, comme pommade ou crème offre une approche prometteuse pour exploiter l'efficacité de cette poudre dans le traitement des affections cutanées inflammatoires et permettra de mettre en évidence les bienfaits de cette plante dans le domaine des soins cutanés. Les formulations obtenues pourraient potentiellement être utilisées pour traiter des affections telles que l'eczéma, les dermatites et les irritations cutanées.

Cette étude préliminaire suggère que la poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* a un potentiel intéressant pour le développement de pommades et de crèmes destinées au traitement des affections cutanées inflammatoires. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et explorer davantage les applications potentielles de cette plante dans le domaine des soins de la peau.

Cependant, il est important de souligner que des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer l'efficacité et la sécurité de ces formulations sur des modèles animaux et des essais cliniques. Il convient également de prendre en compte d'autres facteurs tels que la stabilité de la poudre de CC dans les formulations, ainsi que la compatibilité avec les différents excipients.

Conclusion générale

Conclusion générale

La phytothérapie ou la médecine douce a connu un grand succès vis-à-vis des maladies du siècle comme le stress, la perte du sommeil, l'obésité et même en dermatologie pour traiter les brûlures et les plaies. Les végétaux notamment les plantes médicinales ont sans doute une importance particulière comme source de molécules bioactives ayant une grande valeur pharmaceutique et des propriétés thérapeutiques pour la santé humaine. Parmi ces plantes, le *Carthamus caeruleus L*, qui est très utilisée en médecine traditionnelle algérienne vis-à-vis de plusieurs maladies pour ses vertus thérapeutiques, principalement dans le traitement des brûlures.

L'objectif principal de notre étude était d'explorer les propriétés et les caractéristiques des racines de *Carthamus caeruleus L* (CC). A cet effet, la caractérisation de la poudre végétale des racines de *Carthamus caeruleus L* (CC) a été tout d'abord réalisée. Par la suite, la formulation et la caractérisation de préparations semi-solides, sous forme de pommades et de crèmes à base de CC, pour un éventuel usage topique ont été effectuées.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre des racines de CC ont permis de caractériser le produit actif végétal obtenu des racines de *Carthamus caeruleus L*. Le prétraitement des racines de CC, incluant le broyage, le tamisage et le séchage a permis l'obtention d'une poudre fine, avec un taux d'humidité de 4.3 % et une granulométrie homogène inférieur à 40µm. L'analyse FTIR de la poudre de CC a permis de caractériser la composition chimique de manière globale, en identifiant les groupes fonctionnels présents. La mesure du point de fusion de la poudre de CC (179.825 ± 8.63) °C, a permis de confirmer la stabilité thermique de la poudre lors de son utilisation en formulation galénique. Les résultats de l'analyse du résidu à la calcination ont montré que la poudre des racines de CC contenait une quantité significative de matière inorganique évaluée à 14.36%, et un taux de matière organique de 85.64%. Les résultats des cendres sulfuriques obtenues ont révélé une teneur en matières minérales de l'ordre de 0.001%, indiquant un taux faible en composés sulfurés provenant du sol ou d'autres sources, tels que les sulfates. L'analyse spectroscopique UV-VIS a permis d'identifier un maximum d'absorption de la poudre de CC à une longueur d'onde optimale de 310 nm. Ces résultats fournissent des informations précieuses sur la nature chimique de la poudre de racines de CC et peuvent contribuer à une meilleure compréhension de ses propriétés thérapeutiques et de son potentiel d'application.

Les pommades préparées à base de la poudre de CC ont montré des formules homogènes, caractérisées par un étalement facile et régulier, sans friction ni coupure. La viscosité des pommades à base de poudre de racines de *Carthamus Caeruleus L* a permis de déterminer la stabilité et la texture de ces produits. Ainsi, l'évaluation de la viscosité apparente

des pommades diminuait en fonction de la vitesse de cisaillement, ce qui permet une meilleure fluidité de la pommade lors de son application dermique. Une viscosité trop élevée pourrait rendre l'application du produit difficile, tandis qu'une viscosité trop faible pourrait compromettre la stabilité de la pommade. Tous ces résultats ont été essentiels pour ajuster la formulation des pommades et garantir une texture optimale.

Les résultats du contrôle de la qualité microbiologique des pommades obtenues ont démontré que toutes les formules étaient conformes aux critères microbiologiques établis par la pharmacopée Européenne. Aucune contamination significative n'a été détectée, ce qui indique que les procédures de fabrication et les conditions de stockage ont été efficaces pour maintenir la qualité microbiologique requise des pommades.

La formulation des crèmes à base de la poudre de CC a été une seconde approche pour atteindre une meilleure application de soins de la peau. Ces crèmes combinent les bienfaits des ingrédients naturels avec les propriétés hydratantes et protectrices de la base crème pour offrir des produits polyvalents et bénéfiques pour la santé cutanée. Ainsi, la formulation de douze (12) crèmes cicatrisantes anti-brulures, utilisant la poudre de CC, le Tween 80, la gomme Xanthane, la glycérine, l'eau distillé et l'huile de vaseline a été réalisée avec succès. Les émulsions obtenues présentaient une texture crémeuse et homogène, ce qui les rendait agréables à appliquer sur la peau. Les émulsions ne présentaient pas de séparation de phases ou de grumeaux visibles lors de la formulation, ce qui indiquait une bonne stabilité immédiate. L'analyse de la conductivité de toutes les crèmes formulées a confirmé que les émulsions obtenues sont de type Huile dans Eau (H/E). L'étude du pH a révélé des valeurs de pH proches de la neutralité, pH considéré comme compatible avec la peau humaine et assure une bonne tolérance cutanée et une meilleure absorption des composés actifs des pommades.

Le test d'étalement révèle des émulsions qui s'étalent facilement, de façon homogène et régulière. L'étude de la stabilité accélérée par la centrifugation des crèmes montre que les émulsions qui contiennent de la gomme xanthane (F2, F5, F8 et F11) sont les plus stables. En effet, des indices de crémage faibles pour les émulsions contenant du xanthane et du Tween 80 au même temps ont été obtenus, ce qui indique une bonne stabilité. Cette dernière peut être attribuée aux propriétés émulsionnantes du Tween 80 et aux propriétés gélifiantes du xanthane. En effet, le xanthane agit comme un agent stabilisant pour empêcher la coalescence des gouttelettes d'huile.

L'analyse rhéologique a révélé un caractère non Newtonien, avec un comportement rhéofluidifiant des émulsions. Il a été constaté également que les émulsions sont conformes

aux critères microbiologiques établis par la pharmacopée Européenne. Ainsi, aucune contamination significative n'a été détectée lors du test de pureté microbiologique.

Enfin, les résultats obtenus lors de cette étude permettent de conclure que les racines de *Carthamus caeruleus L* offrent de nouvelles propriétés permettant une large utilisation selon l'objectif du galéniste dans un éventail de formulations pharmaceutiques selon les besoins attendus, spécialement dans les formes dermiques.

Plusieurs perspectives peuvent être proposées pour la poursuite de ce travail de recherche, tel que :

- Une caractérisation physicochimique de la poudre des racines de CC en utilisant des techniques plus performantes : DRX, MEB, RMN…etc.
- L'étude de la compatibilité de la poudre de CC avec les différents excipients pharmaceutiques utilisés.
- Des études complémentaires pour évaluer l'efficacité et la sécurité de ces formulations sur des modèles animaux et ainsi que des essais cliniques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[01] : Djabou , Nassim. Sambucus Nigra L., une plante de la pharmacopée traditionnelle Nord-africaine. Thèse de magistère en chimie. Tlemcen : Université AbouBekr Belkaid, Tlemcen, 143p.2006.

[02] : Saffidine , K., F,Sahli ., Zerroug, M M. Antimicrobial activity of an Algerian medicinal plant:Carthamus caeruleus L. Pharmacognosy Communications, 3(4), 71-76.2013.

[03] : Chabrier J-Y.Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. Thèse de Doctorat en Sciences pharmaceutiques. Université Henri Poincare - Nancy 1 Sciences, Nancy, France. Pp46. 2010

[04] : Hamlet T, Sadou S, Seridi R, Boukhedir S, Boulemtafes A. Pratiquetraditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la pénisule de l'Edough (nord-est algérien). Algérie : Université Badji Mokhtar Annaba.

[05] : Denis. P, Djewe. W, chapitre 7 Formes galénique administrées par voie cutanées, université Joseph Fourier de greonoble, année universitaire, 2010/2011.

[06] : Y. Med Ali, Formes galéniques administrées par voie cutanée, Cours pharmacie Galénique, 3éme année pharmacie Année 2013-2014

[07] : https://www.arcagy.org/infocancer/localisations/autres-types-de-cancers/melanome/maladie/la-peau.html/(11/11/2022)

[08] : J. Frelichowska, Emulsions stabilisées par des particules solides études physicochimiques et évaluation pour l'application cutanée, Pharmaceutical sciences. Université Claude Bernard - Lyon I, French, 2009.

[09] : H.V.Tran, Caractérisation des propriétés mécaniques de la peau humaine in vivo via l'IRM, Université de Technologie de Compiègne, 2007, French.

[10] : Pluridictionaire Larousse (le dictionnaire des collegiens), 1987.

[11] : Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 99. © 1993 - 1998 Microsoft Corporation

[12] : Martini.M.C. « Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie ».3ème Edition : Lavoisier. (2011).P : 165, 169, 216, 355,377.

[13] : Pr. P. WAUTHY - La cicatrisation des plaies – Année académique 2012-2013

[14] : National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP). Prevention and Treatment of Pressure Ulcers: Quick Reference Guide. Cambredge Media, Perth, Australia.2014.

[15] : David Jacob, 2008.

[16] : Kebir ZA, 2015.

[17] : Charlotte F. « Iso pathologientmécanisme de la cicatrisation », (1995).P :60, 61, 63.

Références bibliographiques

[18] : https://www.aurismagnetic.com/fr/content/23-comment-bien-cicatriser-avec-des-aimants(15/11/2022)

[19] : Lucinda Brigas-Dos Santos, Teddy Cittee, Rachel Le Trocquer, Delphine Pain., BIEN DÉBUTER - PLAIES, CICATRISATION ET PANSEMENTS., Elsevier Masson SAS., Paris.,2018

[20] : Monique R. Plaies, cicatrisation et pansements. Bonnes pratiques infirmier en fiche. Fiche 3. Elsevier Masson. France.2019.

[21] : Gravlo, L. Reformulation d'un produit historique : la Pommade MERCIER®.2017

[22] : Koné. S. Contribution à la formulation de pommades dermiques à base d'extraits de plantes à propriétés antifongiques et antibactériennes. Thèse de Doctorat en Pharmacie - Bamako, 85 pages.1993

[23] : M. TOÉ Siessina Lawaldlia Natacha Tchaida, ESSAIS DE MISES AU POINT DE FORMULATION DE CREMES ET LAITS CORPORELS A BASE DU BEURRE DE KARITE DU BURKINAFASO, thèse Grade de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat), 2003-2004

[24] : J.Guery ; Emulsions doubles cristallisables : stabilité, encapsulation et relargage ; 2006.

[25] : Raquel antón-salager ; contribution a l'étude du Comportement de phase des systèmes : Mélanges de surfactifs-eau-huile, l'Université de Pau et des pays de l'Adour.1992.

[26] : O. Doumeix. Opérations unitaires en génie biologique. Tome 1: Les Émulsions CRDP d'aquitaine.2011.

[27] : M. CHABNI, ETUDE DE LA STABILITE PHYSIQUE DES SYSTEMES DISPERSES, THESE DE DOCTORAT, 2012.

[28] : D. Rachid. Cours de pharmacie galénique. Alger : Edition office des publications universitaires ; 2014.

[29] : P. Nadine. Préparation d'émulsion par inversion de phase induite par agitation [thèse]. Nancy, France: Université HENRI Poincare, faculté de pharmacie ; 2010.

[30] : Lu L., Characterization of oil-in-water (O/W) emulsions containing different types of milk fats prepared using rhamnolipids as emulsifires, New Zealand, 2009.

[31] : "Emulsions, micro émulsions, émulsions multiples PORE J." [Online]. Available: https://www.lavoisier.fr/livre/industries-chimiques/emulsions-micro-emulsions-emulsions-multiples/pore/descriptif_2269276.(01/12/2022)

[32]: Felton L., Remington., Essentials of pharmaceutics . Pharmaceutical press, Philadelphia, 448- 449 p, 2013.

Références bibliographiques

[33] : P. Suttiprasit, K. Al-Malah, and J. McGuire. "On evaluating the emulsifying properties of protein using conductivity measurements," Top. Catal., vol. 7, no. 3, pp. 241–253.1993.

[34] : R. Brummer. "Rheology Essentials of cosmetics and food emulsions.2006.

[35] : Roger, M. Utiliser les Plantes Médicinales à Bon Escient Broché.1990.

[36] : https://www.pharma-gdd.com/fr/phytotherapie-soin-par-les-plantes(26/01/2023)

[37] : C. Strang. Larousse médical : Ed Larousse (26p).2006.

[38] : S. Gahbiche. LA PHYTOTHERAPIE .Certificat Thalassothérapie section hydro - thermothalassothérapie. Sousse.2009.

[39] : S. Boutefnouchet, P. Champy, C. Girard, O. Grovel, T. Hennebelle, E. Poupon, et E. Seguin. Pharmacognosie: Obtention et propriétés des substances actives médicamenteuses d'origine naturelle. Elsevier Health Sciences. 504p.2020.

[40] : https://jardinsdeverone.com/plantes-medicinales-mediterraneennes/(26/01/2023)

[41] : A. Limonier. La Phytothérapie de demain : les plantes médicinales au coeur de la pharmacie. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université AIX Marseille, Marseille, France. Pp.27-34.2018.

[42] : B. Boughrara. Inventaire et étude ethnobotanique et chimique des plantes à intérêts thérapeutique et nutritif du Parc national El- Kala. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie. Pp.5-16.2016.

[43] : R. Zeguerrou, H. Guesmia, et S. Lahmadi, Recueil des plantes medicinales dans la region des Ziban. Centre de recherche scientifique et technique sur les regions arides Omar El Barnaoui: 3-5.2010.

[44] : E. Pasdeloup Grenez. Phytothérapie - exemples de pathologies courantes à l'officine : Fatigue, Insomnie, Stress, Constipation, Rhume, Douleur et Inflammation. Récolte (BPAR) relatives aux plantes médicinales. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Lille, Lille, France. Pp.29.2019.

[45] : L. DELILLE, Les plantes médicinales d'Algérie. Éd.BERTI, Alger, 122 P.2007.

[46] : M. WICHTL, ANTON R.Plantes thérapeutiques –Tradition,pratique officinale, science et thérapeutique, 2ème édition, Ed. TEC & DOC.2003.

[47] : A. Ghestem, E. Seguin, M. Paris, AM. Orecchioni. Le préparateur en pharmacie dossier 2 émeEd Techniques et documentation. Paris, p. 275.2001.

[48] : P. Iserin. Encyclopédie des plantes médicinales. Édition Larousse, 335p.2001.

[49] : https://anaca3.com/blog/linfusion-de-thym-a-t-vertus-diuretiques/(26/01/2023)

Références bibliographiques

[50] : https://www.gammvert.fr/conseils/glossaire-jardinage/decoction(26/01/2023)

[51] : https://www.eolesens-aroma.fr/content/146-la-maceration-des-huiles-vegetales(26/01/2023)

[52] : https://fr.freepik.com/photos-premium/extrait-absinthe-plantes-medicinales-mise-au-point-selective-nature_3779090.htm(26/01/2023)

[53] : http://www.adplaboratoire.com/side-navigation/plantes/poudre-de-plantes/(26/01/2023)

[54] : Larousse, Encyclopédie des plantes médicinales, 2éme édition, 335pages.2007.

[55] : https://www.labottineauxherbes.com/cremes-onguents(26/01/2023)

[56] : A. Limonier. La Phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université AIX Marseille, Marseille, France. Pp.27-34.2018.

[57] : DE NIORT K. Le genre Carthame- Carthamus.2007.

[58] : P. Quézel. et S. Santa. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Paris : Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1170 p.1962.

[59] : B. Boullard. Plantes médicinales du monde: Réalités et Croyances. Estem, 636 p.2001.

[60] : P. Mioulane, Encyclopédie universelle des 15000 plantes et fleurs de jardin. Larousse.2004.

[61] : F. Hamadi, K. Boudif, H. Gougam, A. Djouab, T. Allane, A. Benmounah, S. Benamara. Caractérisation d'une préparation semi-solide traditionnelle anti-brûlure ; 2014.

[62] : K. Safdine. Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de CarthamusCearuleus L.et DE Plantago Major L [thèse]. Université Ferhat Abbas Sétif ; 2015.

[63] : M.M. Dahmani. Évaluation de l'activité biologique des polyphénols de Carthamus caeruleus L. (Asteraceae). [Thèse]. Université de Mohamed BOUGUERA Boumerdes. 2018/2019.

[64] : S. Sutour. ETUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'HUILES ESSENTIELLES ET D'EXTRAITS DE MENTHES DE CORSE ET DE KUMQUATS [thèse]. Université de CORSE PASCAL PAOLI, faculté des sciences et techniques.2010.

[65] : NOTIONS DE BASE DE LA SPECTROSCOPIE Guide de la spectroscopie infrarouge

[66] :https://www.mt.com/ca/fr/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Thermal_Values/melting-point-determination.html(30/03/2023)

Références bibliographiques

[67] : K. Twidwell E. J. Wagner J. et J. Thiex Nancy. Use a Microwave Oven determine moisture content of frages ExEx8077.p2.2002.

[68] : CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC, Détermination de la matière organique par incinération, Agdex 533, Méthode MA-2,1p. juin 1988.

[69] : T. Wuryandari, N. Sugihartini, and K. Kintoko, "Emulgel Formulation of Purified Extract of Moringa (Moringa oleifera L.) Leaf," FMI, vol. 55, no. 1, p. 17, Apr. 2019.

[70] : R. Brummer. "Rheology Essentials of cosmetics and food emulsions.2006.

[71] : F. Steffe."Rheological Methods in Food Process Engineering - James Freeman Steffe - Google Livres," .1992.

[72] : Council of Europe, European Pharmacopoeia Commission, and European Directorate for the Quality of Medicines & Healthcare, European pharmacopoeia.2019.

[73] : G. Camus. "La centrifugation | Planet-Vie." [Online]. Available: https://planet-vie.ens.fr/thematiques/manipulations-en-laboratoire/la-centrifugation.(10/04/2023)

[74] : Travaux Pratiques Pharmacie Galénique - Préparation des émulsions." [Online]. Available:http://untori2.crihan.fr/unspf/2010_Lille_Barthelemy_Decaudin_Odou_TP_pharmacie/co/Emulsion.html.(10/04/2023).

[75] : M. Shahin, S. A. Hady, M. Hammad, and N. Mortada, "Development of stable O/W emulsions of three different oils," Int J Pharm Stud Res, vol. 2, pp. 45–51, 2011.

[76] : OMS. Médecine traditionnelle.2003

[77] : Lecerf, J.Huiles végétales. Journal de la phytothérapie.2010