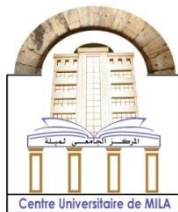


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie végétale

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master
(Start-up)**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Remède naturel contre les brûlures : contribution d'une plante du terroir
algérien**

Présenté par :

- BOUGHADI Amal
- FENGHOUR Chems

Devant le jury :

BELDI Hakima	MCB	Présidente
HIMOUR Sarra	MCA	Examinatrice
BELATTAR Hakima	MCA	Promotrice
TORCHE Yacine	MCA	Co-Promoteur
ACHOURI Brahim	MCA	Co-Promoteur
Daoudi Hamza	MCA	Expert de l'incubateur

Année Universitaire : 2024/2025



REMERCIEMENTS

Louange à Dieu, Maître des mondes, qui nous a guidés et accordé la force d'achever ce travail. C'est par Sa grâce que les efforts aboutissent et que les objectifs se réalisent.

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante **Dr .Belattar Hakima**, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et son encadrement constant tout au long de ce travail. Sa disponibilité, sa patience et son exigence scientifique ont été des piliers essentiels dans la réalisation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à **Dr. Torche Yacine**, pour ses remarques pertinentes, son soutien et son encadrement scientifique de qualité qui ont considérablement enrichi ce travail.*

*Nous remercions tout particulièrement **Madame Zineb Bouamrane**, pour son aide précieuse et son soutien constant. À ses côtés, nous exprimons également une reconnaissance toute spéciale à **Madame Kouicem Khadija**, et **Lina**, ainsi qu'à **Madame Nesrine** (du Centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques de Constantine – CRSPC), pour leur bienveillance, leur accompagnement et leur assistance généreuse à différents stades de notre projet.*

*Nos sincères remerciements vont aussi à **Monsieur le Maître Assistant Achouri Ibrahim**, pour son implication active, notamment dans l'aspect économique de notre étude, et pour ses conseils techniques et méthodologiques qui ont contribué à affiner notre réflexion.*

*Nous exprimons également notre reconnaissance à **l'ensemble de l'équipe pédagogique de la filière Biotechnologie** et au personnel du **Laboratoire des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Mila**, pour leur encadrement tout au long de notre parcours académique, ainsi que pour les moyens mis à notre disposition durant les travaux pratiques.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à **l'équipe du Centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques de Constantine (CRSPC)** pour leur accueil chaleureux et leur collaboration dans la réalisation de la partie expérimentale de ce mémoire.*

*Nos remerciements vont aussi aux **membres du jury à commencer par la présidente Dr. BELDI Hakima**, l'examinatrice **Dr. Himour Sarra** et L'expert **De incubateur Daoudi Hamza** pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour le temps qu'ils nous consacrent.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement **l'ensemble de nos enseignants**, qui nous ont transmis leur savoir et leur passion tout au long de notre formation universitaire. Leur contribution à notre parcours intellectuel et personnel est inestimable*

Enfin, nous adressons notre gratitude à toutes les personnes – proches, amis, collègues – qui, par leur soutien moral ou leurs encouragements, ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Dédicace

À l'Avant tout, louange à Dieu,

Lui qui, par Sa grâce, rend les choses possibles. Qui m'a accordé la force, la patience et la lumière tout au long de ce chemin.

Sans Sa volonté, rien de tout cela n'aurait été possible.

À ceux qui ont été mon soutien, ma force, ma lumière dans chaque étape...

*À mon cher père, **Abdelhafid**, source de sagesse et de courage,*

*À ma précieuse mère, **Rachida**, tendresse infinie et pilier de mon cœur,*

Merci pour votre amour inconditionnel, vos prières silencieuses et votre patience inépuisable.

À mes frères et sœurs bien-aimés :

***Yousra**, douceur et réconfort, **Nesrine**, ton rire m'a souvent apaisée, **SIF Eddine**, ton énergie m'a portée, **Abd Araouf**, ta candeur a illuminé mes jours. Chacun de vous occupe une place unique dans mon cœur. A toute ma famille :*

*Les familles **Fenghour et Mekhnache**,*

Merci pour vos racines solides, votre présence bienveillante et votre soutien discret mais profond.

À mes chères amies de cœur :

Siham, Zineb, Mariem, Wiam,

Et à toutes mes amies, une à une, chacune par son nom, chacune à sa façon,

Merci pour vos sourires, votre soutien et votre présence indélébile.

*À ma complice de route et d'âme, **Amal Boughadi**,*

Tu es une présence rare, une lumière constante,

Ton amitié sincère et ta présence fidèle ont fait de ce chemin un espace plus doux.

Merci d'avoir été là, pas après pas, dans les silences comme dans les mots.

À tous ceux qui m'ont connue et soutenue,

D'une manière directe ou indirecte, par un geste, une parole ou même un simple regard,

Je vous adresse toute ma gratitude et ma reconnaissance sincère.

« La réussite est le fruit de l'amour, de la patience et des prières... »

À ceux qui ont marché à mes côtés, vous avez tous une part dans cet accomplissement. »

Chems

Dédicace

Chaque Tout d'abord, louange à Allah, qui m'a guidée sur le droit chemin tout au long de ce travail, qui m'a inspiré les bonnes décisions et les réactions justes. Sans Sa miséricorde, ce travail n'aurait jamais pu aboutir. Je dédie humblement ce modeste travail :

En particulier, à mes chers parents Yasmina et El Mahfoud, qui m'ont tout donné sans jamais rien attendre en retour, et qui ont toujours cru en moi. C'est grâce à eux que j'ai pu atteindre cette étape de ma vie. Je vous aime profondément.

À mes frères et sœurs : Nadia, Jawida, Ayoub, Issam, Ramzi, Hassan et Mohamed, qui m'ont toujours insufflé du courage et ont été présents à mes côtés dans les moments difficiles. Je leur souhaite plein de réussite dans leur vie future. Vous êtes la lumière de ma vie, et sans vous, je n'aurais jamais pu avancer.

À toute la famille Boughadi et Hitoum,

À tous mes enseignants, depuis l'école primaire, qui ont contribué à forger ma personnalité et ont exercé une grande influence sur mon parcours. Une mention particulière à Madame Bouskine Hamida, dont l'impact dans ma vie fut remarquable.

À mes amies chères, avec qui j'ai partagé des moments inoubliables : Chaïma, Ahlam, Nesrine, Ikram et Sabrina.

*À ma complice de route et d'âme,
Chems Fenghour*

Tu es une présence rare, une lumière constante,

Ton amitié sincère et ta présence fidèle ont fait de ce chemin un espace plus doux.

Je vous remercie du fond du cœur.

Aux petits : Kaïs, Lynn, Kholoud, Sajid, Ali, Mona et Retaj,

À ma cousine Chaïma,

À toutes les personnes qui me connaissent, à tous ceux qui m'ont aidée, de près ou de loin, directement ou indirectement, dans la réalisation de ce mémoire.

Que Dieu nous protège tous.

Amal

Résumé

Cette recherche a pour objectif d'analyser les caractéristiques biologiques de l'extrait hydro-éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus* L. Le taux d'extraction a été de 10,30 %, ce qui indique une extraction réussie. Les études phytochimiques ont révélé une concentration élevée en polyphénols ($42,308 \pm 2,466$ mg GAE/g) et en flavonoïdes ($57,625 \pm 1,237$ mg QE/g), mesurées par des techniques spectrophotométriques.

L'évaluation de l'activité antioxydante a été réalisée à l'aide des tests DPPH et ABTS. Les résultats ont montré une activité antiradicalaire significative avec des valeurs d'IC₅₀ de $0,210 \pm 0,016$ mg/ml (DPPH) et de $0,093 \pm 0,001$ mg/ml (ABTS), bien que ces valeurs soient supérieures à celles de l'acide ascorbique utilisé comme référence.

L'efficacité antibactérienne a été évaluée par la technique de diffusion en puits sur quatre souches : *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Les extraits ont montré une efficacité variable selon la souche et la technique d'extraction, l'extrait hydro-éthanolique étant le plus efficace, notamment contre *Bacillus cereus* (zone d'inhibition > 28 mm).

Enfin, l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vitro*, basée sur l'inhibition de la dénaturation de l'albumine (BSA), a indiqué une activité intermédiaire de l'extrait, avec un IC₅₀ de $3,824 \pm 0,191$ mg/ml, comparé au diclofénac sodique (IC₅₀ = $0,072 \pm 0,017$ mg/ml).

Carthamus caeruleus L. présente des propriétés antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires prometteuses, ce qui valide son utilisation traditionnelle et ouvre la voie à de potentielles applications médicales.

Mots clés : *Carthamus caeruleus* L., activité antioxydante, activité antibactérienne, activité anti-inflammatoire

Abstract

This study aims to analyze the biological characteristics of the hydroethanolic extract of *Carthamus caeruleus* L. roots. The extraction yield was 10.30%, indicating a successful extraction. Phytochemical analyses revealed a high concentration of polyphenols (42.308 ± 2.466 mg GAE/g) and flavonoids (57.625 ± 1.237 mg QE/g), as determined by spectrophotometric techniques.

The antioxidant activity was assessed using the DPPH and ABTS assays. The results demonstrated significant free radical scavenging activity, with IC_{50} values of $0,210 \pm 0,016$ mg/mL (DPPH) and $0,093 \pm 0,001$ mg/mL (ABTS), although these values were higher than those of ascorbic acid used as a reference standard.

Antibacterial efficacy was evaluated using the well diffusion method against four bacterial strains: *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*. The extracts exhibited variable efficacy depending on the strain and the extraction method, with the hydro ethanolic extract showing the highest activity, particularly against *Bacillus cereus* (inhibition zone > 28 mm).

Finally, the *in vitro* anti-inflammatory activity, based on the inhibition of albumin denaturation (BSA), indicated that the extract possesses moderate activity, with an IC_{50} of $3,824 \pm 0,191$ mg/mL, compared to diclofenac sodium ($IC_{50} = 0,072 \pm 0,017$ mg/mL).

Carthamus caeruleus L. demonstrates promising antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory properties, supporting its traditional use and offering potential for future medical applications.

Keywords: *Carthamus caeruleus* L., antioxidant activity, antibacterial activity, anti-inflammatory activity.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص البيولوجية للمستخلص الهيدروإيثانولي لجذور *Carthamus caeruleus* L. وقد بلغت نسبة الاستخلاص 10.30%، مما يدل على نجاح عملية الاستخلاص. أظهرت التحاليل الفيتوكيميائية تركيزاً مرتفعاً من البوليفينولات (2.466 ± 42.308 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غرام) والفلافونويدات (1.237 ± 57.625 ملغ مكافئ كيرسيتين/غرام)، وذلك باستخدام تقنيات القياس الطيفي.

تم تقييم النشاط المضاد للأوكسدة من خلال اختباري DPPH و ABTS، حيث أظهرت النتائج قدرة معتبرة على التخلص من الجذور الحرة، بقيم IC_{50} بلغت $0,210 \pm 0,016$ ملغ/مل (DPPH) و $0,093 \pm 0,001$ ملغ/مل (ABTS)، رغم أن هذه القيم كانت أعلى من تلك الخاصة بحمض الأسكوربيك المستخدم كمعيار مرجعي.

كما تم تقييم الفعالية المضادة للبكتيريا باستخدام تقنية الانتشار في الآبار ضد أربع سلالات بكتيرية: *Escherichia coli*، *Bacillus cereus*، *Pseudomonas aeruginosa*، و *Staphylococcus aureus*. وقد أظهرت المستخلصات فعالية متفاوتة حسب السلالة وطريقة الاستخلاص، حيث كان المستخلص الإيثانولي الأكثر فعالية، لا سيما ضد (*Bacillus cereus*) منطقة تثبيط $28 > \text{مم}$.

وأخيراً، أظهر تقييم النشاط المضاد للالتهاب في المختبر، بناءً على تثبيط تحويل الألبومين (BSA)، أن المستخلص يمتلك نشاطاً متوسطاً، بقيمة IC_{50} بلغت $3,824 \pm 0,191$ ملغ/مل، مقارنةً بدواء ديكلوفيناك الصوديوم ($IC_{50} = 0,072 \pm 0,017$ ملغ/مل).

تُظهر نبتة *Carthamus caeruleus* L. خصائص واعدة كمضاد للأوكسدة، ومضاد للبكتيريا، ومضاد للالتهاب، مما يدعم استخدامها التقليدي ويفتح آفاقاً واعدة لتطبيقات طبية مستقبلية.

الكلمات المفتاحية: *Carthamus caeruleus* L. النشاط المضاد للأوكسدة، النشاط المضاد للبكتيريا، النشاط المضاد للالتهاب.

Liste des figures

Figure 1 : Différentes parties de <i>Carthamus caeruleus</i> L. a : plante entière ; b : racine ; c : tige d: feuille ; e : fleur	7
Figure 2 : Aspect de la crème traditionnelle de <i>Carthamus caeruleus</i> L.....	10
Figure 3 : Brûlure thermique par retour de flamme	19
Figure 4 : Brûlures électriques.	20
Figure 5 : Brûlure profonde par Alcalins..	20
Figure 6 : Différents degrés de brûlure	21
Figure 7 : Protocole d'extraction par macération des composés phénoliques	25
Figure 8 : Préparation de milieu Mueller-Hinton.....	30
Figure 9 : Préparation de milieu gélose nutritive.	30
Figure 10 : Préparation de l'eau physiologique.	31
Figure 11 : Stérilisation du matériel.....	31
Figure 12 : Repiquage des souches bactériennes.	32
Figure 13 : Différentes concentrations des extraits.....	32
Figure 14 : Préparation du milieu de culture.....	33
Figure 15 : Ensemencement des bactéries.	34
Figure 16 : Découpage et remplissage des puits.	35
Figure 17 : Incubation et lecture.	35
Figure 18 : Préparation de la phase huileuse.....	38
Figure 19 : Fabrication de crème	39
Figure 20 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	41
Figure 21 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.	42
Figure 22 : Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique testé à différentes concentrations.	43
Figure 23 : Pouvoir réducteur d'extrait de <i>Carthamus caeruleus</i>	44

Figure 24 : Pouvoir de réduction de l'ABTS d'extrait de <i>Carthamus caeruleus</i>	45
Figure 25: Aspect des zones d'inhibition des différents extraits racinaires de <i>Carthamus caeruleus</i> .L vis-à-vis de différentes souches bactériennes.....	52
Figure 26 : Aspect des zones d'inhibition de gentamicine vis-à-vis les souches bactériennes.	53
Figure 27: Courbe dose-réponse de l'inhibition de la dénaturation de la BSA par le Diclofénac de sodium <i>in vitro</i>	54
Figure 28: Courbe dose-réponse de l'inhibition de la dénaturation de la BSA par l'extrait hydroéthanolique de Carthame <i>in vitro</i>	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tests phytochimiques des racines de <i>Carthamus caeruleus</i> L .	9
Tableau 2 : Récapitulatif de l'activité antioxydante	13
Tableau 3 : Récapitulatif des résultats de l'activité antibactérienne retrouvée dans les articles de recherche à propos des feuilles et/ou des racines de <i>Carthamus caeruleus</i> L.	15
Tableau 4 : Caractéristiques des souches bactériennes utilisées.	29
Tableau 5 : Activité antibactérienne des extraits de <i>Carthamus caeruleus</i> L.vis-à-vis des souches bactériennes.	47
Tableau 6 : Activité inhibitrice du Diclofénac de sodium sur la dénaturation thermique de la BSA <i>in vitro</i> .	54
Tableau 7 : Activité inhibitrice de l'extrait hydroéthanolique de <i>Carthamus</i> sur la dénaturation thermique de la BSA <i>in vitro</i> .	55

Liste des abréviations

BSA : Albumine Sérique Bovine

- : Absence d'activité

% : Pourcentage

μL : Microlitre

ABTS : 2,2'-azinobis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique).

AlCl₃ : Chlorure d'Aluminium

B. cereus : *Bacillus cereus*

BN : Bouillon Nutritif

BSA : Albumine sérique bovine.

°C : Degré Celsius

CMB : Concentration minimale bactéricide

DMSO : Diméthyle sulfoxyde

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

E. coli : *Escherichia coli*

E-OH : éthanol

Eq AG : Equivalent d'acide gallique

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

Ext : Extrait

FeCl₃ : Chlorure ferrique

FC : Folin-Ciocalteu

g/l : gramme par litre

IC₅₀ : Concentration inhibitrice 50%

mg Eq AG/g MS : Milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche

mg : Milligramme

MH : Mueller Hinton

Min : Minutes

ml : Millilitre

mm : Millimètre

mM : Millimole

Ms : Matière sèche

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium

NaCl : Chlorure de Sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NH₄OH : Hydroxyde d'ammonium

O₂: Oxygène

P. aeruginosa: *Pseudomonas aeruginosa*

K₂S₂O₈ : persulfate de potassium.

Pc : poids corporel

PH : Potentiel hydrogène.

PPT : Polyphénols totaux

R : Rendement

S : Seconde

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

T- : Témoin négatif

T+ : Témoin positif

V : Volume

µg : Microgramme

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table des matières

Introduction 1

Partie 1 Recherche Bibliographique

Chapitre I Présentation de *Carthamus caeruleus* L.

1. Classification systématique selon APGIII de <i>Carthamus caeruleus</i>	5
2. Différentes appellations de <i>Carthamus caeruleus</i> L	5
3. Description botanique	5
4. Habitat et distribution géographique	8
5. Composition phytochimique	8
6. Utilisation traditionnelle.....	9

Chapitre II Activités biologiques de *Carthamus caeruleus* L.-les Brûlures

1. Activité antioxydante	12
2. Activité antibactérienne.....	13
3. Activité anti-inflammatoire	16
4. Activité cicatrisante.....	17
5. Brûlures	18
5.1. Définition.....	18

5.2. Classification des brûlures.....	18
5.2.1. Brûlures thermiques	18
5.2.2. Brûlures électriques	19
5.2.3. Brûlures chimiques	20
5.2.4. Brûlures par irradiations	21
5.3. Facteurs de gravité.....	21

Partie 2 Recherche expérimentale

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal.....	24
1.1. Préparation du matériel végétal	24
2. Extraction des composés phénoliques.....	24
3. Analyse quantitative.....	25
3.1. Dosage des polyphénols totaux	25
3.2. Dosage des flavonoïdes	26
4. Activités biologiques.....	27
4.1. Activité antioxydante.....	27
4.2. Activité antibactérienne	28
4.2.1. Souches bactériennes	28
4.2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	29
4.3. Activité anti-inflammatoire	35
4.3.1. Réactifs et préparations.....	36
4.3.2. Préparation des solutions et dilutions	36
4.3.3. Préparation des blancs.....	36
4.3.4. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire par inhibition de la dénaturation des protéines	36
4.3.5. Calcul du pourcentage d'inhibition	37

4.3.6. Calcul de la valeur IC50	37
5. Fabrication de la crème	37
5.1. Préparation de la phase huileuse.....	37
5.2. Préparation de la phase aqueuse	38
Résultats et discussions	
1. Résultats	41
1.1. Détermination du rendement	41
1.2 Analyse quantitative	41
1.2.1. Dosage des polyphénols totaux.....	42
1.2.2. Dosage des flavonoïdes.....	42
1.3. Evaluation de l'activité antioxydante	43
1.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au radical 2,2-Diphenyl-1 picrylhydrazyl (DPPH)	43
1.3.2. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au 2,2'-azino-bis (3- éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) (ABTS).....	44
1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne	45
1.4.1. Pouvoir antibactérien des extraits	46
1.4.1.1. Pouvoir antibactérien de <i>Carthamus caeruleus</i> L. vis-à-vis de <i>Escherichia coli</i>	50
1.4.1.2. Pouvoir antibactérien de <i>Carthamus caeruleus</i> vis-à-vis de <i>Bacillus cereus</i> ..	50
1.4.1.3. Pouvoir antibactérien de <i>Carthamus caeruleus</i> vis-à-vis de <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	50
1.4.1.4. Pouvoir antibactérien de <i>Carthamus caeruleus</i> vis-à-vis de <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i>	51
1.4.2. Résultats de l'antibiogramme.	52
1.5. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire	53
1.5.1. Activité anti-inflammatoire du Diclofénac de sodium.....	54

1.5.2. Activité anti-inflammatoire de l'extrait hydro éthanolique de <i>Carthamus caeruleus</i>	55
2. Discussion	57
Conclusion.....	64
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales ont toujours constitué une source précieuse de composés bioactifs, utilisées dans la prévention et le traitement de nombreuses affections. La phytothérapie, ou traitement à base de plantes, repose sur l'utilisation d'extraits végétaux comme approche thérapeutique à la fois traditionnelle et complémentaire **(Bernard, 2003)**. Reconnue pour sa relative innocuité comparée aux traitements chimiques, elle s'impose particulièrement dans les contextes à ressources sanitaires limitées.

L'Algérie, riche d'une biodiversité remarquable avec près de 4000 espèces de plantes vasculaires, demeure pourtant sous-explorée scientifiquement. À ce jour, seules 146 espèces ont été répertoriées pour leurs propriétés médicinales confirmées **(Dobignard et Chatelain, 2013 ; Benkortbi et Benrokia, 2023)**. Ce patrimoine végétal, combiné à un savoir-faire traditionnel ancestral, représente une opportunité prometteuse pour le développement de traitements naturels innovants.

Parmi les pathologies nécessitant une prise en charge efficace figurent les brûlures, qui provoquent des lésions cutanées souvent graves, causées par des agents thermiques, chimiques ou radiatifs. Ces lésions peuvent entraîner des douleurs intenses, des risques infectieux élevés, et une régénération tissulaire lente. Une prise en charge rapide et appropriée est essentielle pour limiter les complications. L'usage des plantes médicinales dans le traitement des brûlures est bien documenté, notamment pour leurs effets anti-inflammatoires, antibactériens et antioxydants **(Han et al., 2022)**.

Malgré l'usage traditionnel de *Carthamus caeruleus* L. (connue localement sous le nom de Mers'gouss) dans le traitement des brûlures en Algérie, notamment par application du rhizome sous forme semi-solide, ses propriétés pharmacologiques n'ont pas encore été rigoureusement validées scientifiquement. En l'absence de données précises sur sa composition chimique et ses effets biologiques, son utilisation reste confinée au domaine empirique.

Ce travail de recherche a pour objectif d'identifier, d'analyser et d'évaluer l'efficacité des composés naturels extraits des racines de cette plante, en vue de proposer et de développer une alternative thérapeutique naturelle, efficace et sans danger pour le traitement des brûlures issue de cette plante.

Il est supposé que les racines de *Carthamus caeruleus* L. renferment des composés naturels bioactifs dotés de propriétés anti-inflammatoires et antibactériennes, leur conférant

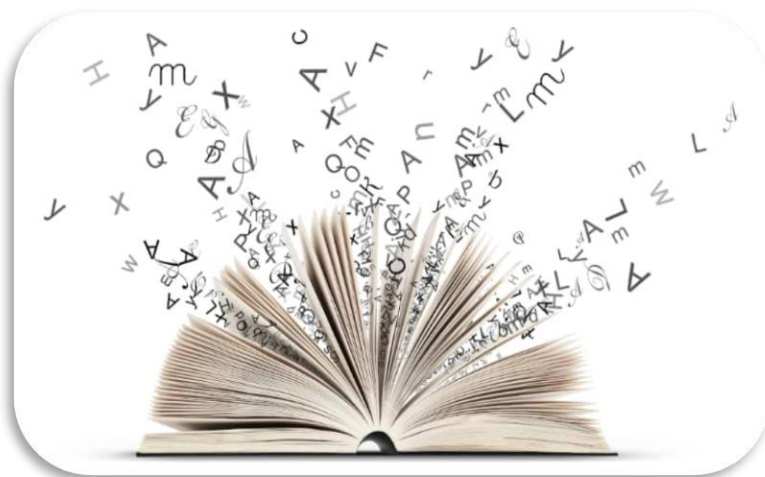
une efficacité potentielle dans la lutte contre les infections et les inflammations liées aux brûlures. Ces composés contribueraient également à la réduction du stress oxydatif au niveau cellulaire, créant ainsi un environnement propice à la régénération des tissus cutanés. Sur la base de ces éléments, ce remède peut être envisagé comme une alternative naturelle prometteuse et sûre aux traitements topiques chimiques actuellement utilisés dans la prise en charge des brûlures. Cette recherche a été divisée en deux parties :

Première partie (théorique) : Revue détaillée de la plante *Carthamus caeruleus* L. (classification botanique, répartition géographique, usages traditionnels), suivie d'un rappel sur les brûlures, leurs classifications, ainsi que les étapes biologiques de la cicatrisation cutanée.

Deuxième partie (expérimentale) : Extraction, identification et évaluation des composés bioactifs des racines de la plante. Cette section comprend des analyses physico-chimiques et biologiques pour tester leurs propriétés antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires.

Partie 1

Recherche Bibliographique



Chapitre I

Présentation de *Carthamus*

caeruleus L.

1. Classification systématique selon APGIII (GROUP, 2009) de *Carthamus caeruleus* est la suivante

Règne : Plantae ;

Embranchement : Spermaphytes ;

Classe : Magnoliopsida ;

Ordre : Asterales ;

Famille : Asteraceae ;

Sous famille : Carduoideae ;

Groupe : Cardueae ;

Sous-groupe : Centaureinae ;

Genre : *Carthamus* ;

Espèce : *Carthamus caeruleus* L.

2. Différentes appellations de *Carthamus caeruleus* L (Mioulane ,2004 ; SADOU et al.,2020).

Le *Carthamus caeruleus* L est connu sous différentes appellations :

Nom français : Cardoncelle bleue.

Nom Anglais : Blue Thistle.

Nom arabe: Kenjdar, Gergaa, Qartum.

Nom berbère : amersgus, Taga lekhla.

3. Description botanique

Carthamus caeruleus L. désigné également sous le nom de la carduncelle bleue ,est une plante vivace à tige ascendante simple ou très peu rameuse de 20 à 60cm, glabre, dressée et velue (Quezel et Santa, 1963 ; Balmey et Grey-Wilson, 2000).

Son Rhizome est composé de racine principale qui évolue horizontalement et des racines secondaires sortent de racine principale évoluent verticalement (Figure.1b). (Freire, 2004).

Les feuilles, glabres ou pubescentes, sont fortement nervurées et ont une forme ovale ou lancéolée (Figure.1c). Les feuilles inférieures sont pétiolées et dentelées, tandis que les feuilles supérieures sont sessiles amplexicaules ou dentées-épineuses (**Dahmani,2019**).

Les fleurs sont bleues violettes, en capitules gros de 3 cm de large sur 3-4 cm de long, solitaires au sommet de la tige et des rameaux, globuleux ou ovoïdes. Les corolles sont bleues tubuleuses que prolongent 5 dents à valeur de courts lobes sommitaux. La période de floraison s'étale du mois d'avril au mois de juillet. (**Gacem, 2019**).

Les fruits, connus sous le nom d'akènes, sont de teinte blanchâtre, rugueux et présentent des écailles au sommet, tandis que le reste est lisse, surmonté de soies beaucoup plus longues que l'akène lui-même. (**Tas, 2023**).

Les graines germent généralement vers fin mars début avril. Les racines participent aussi à la reproduction, car elles drageonnent régulièrement. La pollinisation peut être soit entomophile (par les insectes), soit anémophile (par le vent) (**Mihoub et al., 2017 ; Dahmani,2019**).

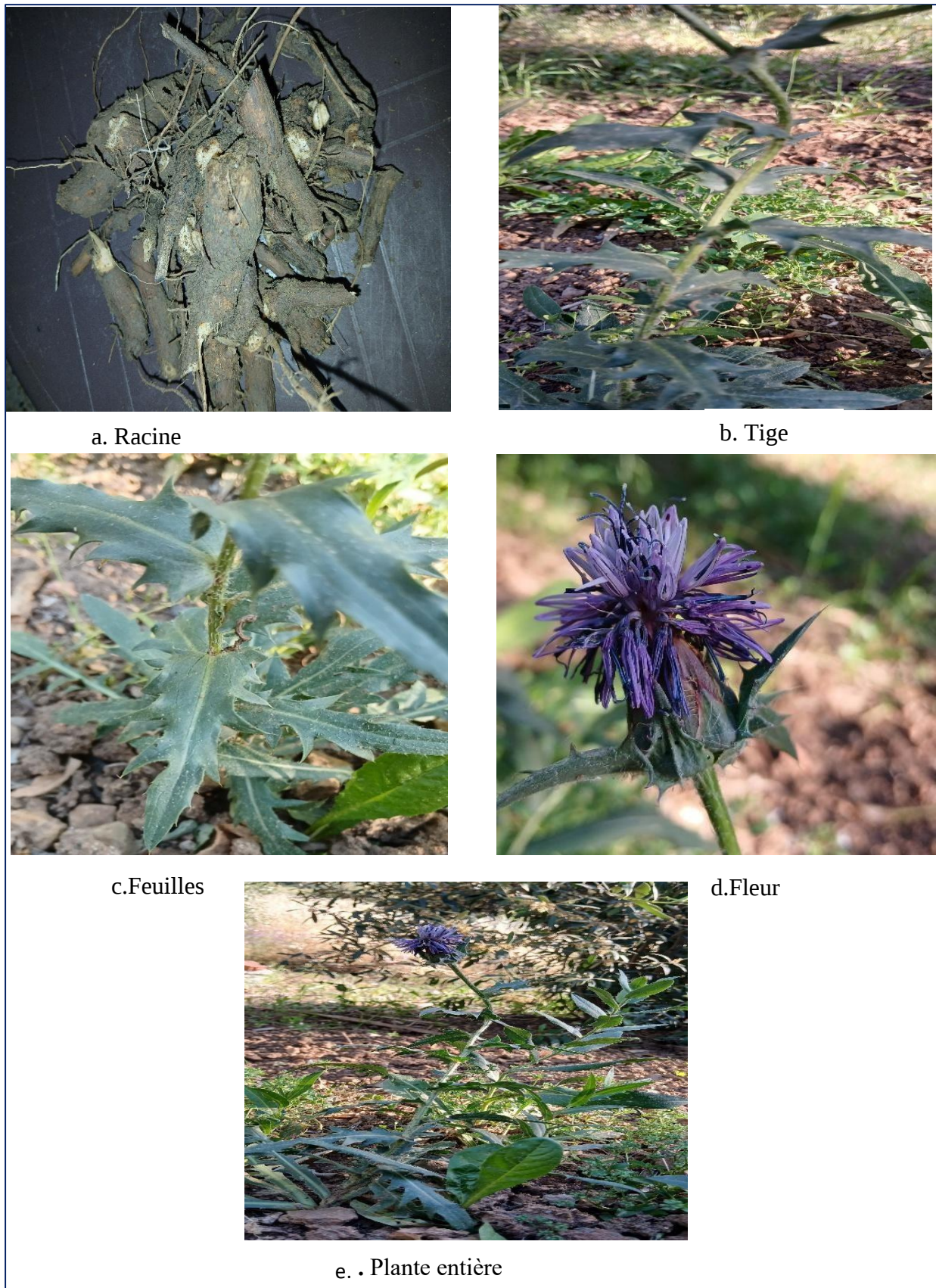


Figure 1 : différentes parties de *Carthamus caeruleus* L. a : plante entière ; b : racine ; c : tige ; d : fleur ; e : fleur (photographie originale)

4. Habitat et distribution géographique

La plante *Carthamus caeruleus* L. est considérée comme une plante rudérale, poussant sur des sols humifères et légers. On la retrouve dans les chemins, les coupes de bois, les champs et les jardins bien fertilisés. Elle a la capacité de s'adapter à divers types de sols, en particulier ceux riches en matières organiques fraîches. **(Sadou et al.,2020).**

Elle est originaire du Sud-Ouest de l'Asie (Milouane,2004), elle est répandue en Afrique de l'Est et du Nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye), en Australie et aux Amériques, ainsi qu'en Europe (Grèce, Italie, France, Portugal, Espagne) **(Benhamou, 2013).**

En Algérie, cette espèce est présente dans presque toutes les wilayas du nord, s'étendant des zones pré-littorales jusqu'aux hautes plaines telliennes, sur des terres non cultivées. Les wilayas où sa présence a été confirmée incluent : Tlemcen, Mostaganem, Chlef, Tissemsilt, Tipaza, Blida, Médéa, Alger, Boumerdès, Bouira, Tizi-Ouzou, Bejaïa, Sétif, Jijel, Skikda, Constantine, Souk Ahras et Taraf. **(Benkhalifa ,2024).**

5. Composition phytochimique

Cette espèce est très riche en différents métabolites secondaires, L'analyse phytochimique des extraits de rhizomes de *Carthamus caeruleus* L. a révélé que cette plante possède une composition chimique riche et diversifiée en composés bioactifs. Plusieurs métabolites secondaires importants ont été identifiés, notamment : les flavonoïdes, caroténoïdes, terpénoïdes, stéroïdes, saponines, coumarines, alcaloïdes, quinones, anthraquinones combinées, protéines, glycosides, anthocyanines et leuco-anthocyanines **(Amari et al., 2021 ; Benhamou et Fazouane, 2013).**

Elle contient également de l'amidon (0.23 ± 0.01 g/g de masse humide), les stérols (à effet hypocholestérolémiant), et aussi les acides gras polyinsaturés et mucilages (pouvoir calmant sur les tissus irrités) **(Hamadi et al., 2014).**

Elle a une richesse importante en tanins (tanins totaux et tanins galliques) avec leurs propriétés de former des complexes avec les protéines, présentent des propriétés antidiarrhétiqes, antibactériennes et antifongiques **(Dahmani, 2018).**

Tableau 1 : Tests phytochimiques des racines de *Carthamus caeruleus* L. (Dahmani, 2018).

Substances	Précipitation ou une coloration par des réactifs spécifiques
Tanins totaux	+++
Tanins catéchiques	-
Tanins galliques	++
Flavonoïdes	+++
Anthocyanes	+++
Leuco anthocyanes	+++
Sénosides	+++
Amidon	+
Quinones Libres	+++
Saponosides	+++
Glucosides	+++
Mucilage	+++
Iridoïdes	-
Coumarines	+++

(-) : absence de substance ; (+) : faible présence de substance ; (++) : moyenne présence de substance ; (+++) : forte présence de substance.

6. Utilisation traditionnelle

Carthamus caeruleus L est une plante médicinale utilisée dans la pharmacopée traditionnelle algérienne pour soigner les maladies de la peau (Dahmani, 2019).

Les études ethnobotaniques sur *C. caeruleus* ont montré que la majorité de la population locale (74,98%) utilisent les racines de cette plante pour la guérison des brûlures de divers degrés. La partie utilisable est le rhizome, sous forme de poudre ou de crème préparée dans l'eau, ou dans le lait (**Benhamou et Fazouane, 2013**).

Des rhizomes frais sont utilisés pour préparer la crème traditionnelle ; les rhizomes sont nettoyés, épluchés et coupe dans de petits morceaux et bouillis dans l'eau, puis écrasées et filtrées pour obtenir une crème semi-solide destinée à être appliquée directement sur les brûlures cutanées (**Amari et al., 2021**).



Figure 2 : Aspect de la crème traditionnelle de *Carthamus caeruleus* L (**Benhamou et Fazouane, 2013**).

Chapitre II

Activités biologiques de Carthamus caeruleus L. - les brûlures

1. Activité antioxydante

Carthamus caeruleus est une plante médicinale célèbre pour sa teneur en métabolites secondaires comme les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les anthocyanes, qui dotent ses extraits d'une forte capacité antioxydante. Nombreuses recherches ont examiné cette activité par le biais de méthodes colorimétriques classiques comme DPPH, FRAP et la capture du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), en parallèle avec des antioxydants de référence tels que l'acide ascorbique ou le BHT (butylhydroxytoluène).

D'après **Bendou (2025)**, les fractions dérivées du dichlorométhane (DCM) ont présenté une activité antioxydante notable, marquée par une faible concentration inhibitrice (IC_{50}). D'autres recherches, notamment celles **d'Ayoune (2022)** et de **Dahmani (2019)**, ont révélé que les extraits polyphénolique provenant des racines possédaient une forte capacité antioxydante, grâce à leur richesse en tanins galliques, flavonoïdes et anthocyanes, capables de neutraliser efficacement les radicaux libres, protégeant ainsi les cellules contre le stress oxydatif.

Les travaux de **Dahmani (2018)** ont montré que l'extrait de *Carthamus caeruleus* en méthanol avait une capacité antiradicalaire plus élevée que l'acide ascorbique dans le test DPPH, affichant un taux d'inhibition de 37 %, corrélativement à sa forte concentration en polyphénols. Ce test a prouvé être le plus sûr pour analyser les extraits riches en composés phénoliques.

L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode FRAP (Pouvoir antioxydant réducteur du fer) a également validé cette efficacité, l'extrait polyphénolique des racines montrant un pouvoir réducteur plus élevé (37 %) que celui de l'acide ascorbique (30 %), ce qui confirme les résultats de **Zhang et Tsao (2016)**. En outre, lors du test de piégeage du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), l'extrait méthanolique a montré une réduction significative de la concentration en H_2O_2 , présentant un effet dépendant de la dose.

De plus, **Bellabes (2018)** a examiné les caractéristiques antioxydantes des huiles essentielles et des extraits d'hydrolats produits par entraînement à la vapeur. Grâce aux méthodes DPPH, FRAP et à la technique de décoloration du β -carotène/acide linoléique, l'auteur a démontré que les huiles essentielles pouvaient diminuer le radical DPPH• de 70 % même à faibles concentrations. Les hydrolats ont montré une grande capacité antioxydante avec une IC_{50} de 50,3 % pour une concentration de seulement 2,6 mg/L.

Dans la technique de décoloration du β -carotène, les extraits naturels de *C. caeruleus* ont bloqué la peroxydation lipidique avec un pourcentage d'inhibition atteignant 19,9 %, surpassant celui du BHT (17,3 %). Ces résultats mettent en évidence l'efficacité remarquable de ces extraits à faibles concentrations (3 mg/L), validant leur potentiel en tant qu'antioxydants naturels.

Tableau 2 : Récapitulatif de l'activité antioxydante

Partie	Type d'extraction	Analyse	Composés	% d'inhibition Test DPPH	Région	Référence
Racines	Macération dans le méthanol 95%	CGMS	Polyphénols	Forte activité (37%)	Boumerdes	Dahmani (2018)
	Éthanol Hexane Méthanol		Composées phénoliques totaux Sesquiterpènes Acides gras	Meilleurs résultats obtenus avec l'éthanol 66,67 % (bonne solubilités)	Alger	Toubane et al. (2017)
	-Méthanol -Hexane -Acétate -aqueux		Polyphénols totaux	Extraits aqueux plus efficace (75.71%)	Boumerdes	Baghiani et al. (2010)

2. Activité antibactérienne

Les extraits de *Carthamus caeruleus* ont montré une activité antibactérienne encourageante contre diverses souches bactériennes à Gram positif et à Gram négatif. Cette

action est généralement liée à la présence de flavonoïdes, de saponines et de composés phénoliques dans les racines et les feuilles de la plante. D'après les recherches de **Saffedine et al. (2015)**, en appliquant la méthode de diffusion en milieu gélosé sur agar Mueller-Hinton, des zones d'inhibition supérieures à 10 mm ont été notées contre des bactéries telles que *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* et *Acinetobacter baumannii*.

L'activité antibactérienne a été évaluée sur douze souches bactériennes Gram (+) et Gram (-), en expérimentant diverses fractions provenant d'extraits hydro éthanoliques, hydro éthanoliques et aqueux, tant des feuilles que des racines. Il en découle que l'efficacité dépend non seulement de la fraction employée, mais aussi de la source végétale de l'extrait (racine ou feuille). Les fractions organiques (Ac1, Bu1 provenant de l'extrait hydro éthanolique, et Ac2, Bu2 provenant de l'extrait hydro éthanolique) ont révélé des effets antibactériens notables, avec des diamètres de zones d'inhibition dépassant 10 mm, seuil jugé actif selon **Biyiti et al., (2004)**.

Parmi les résultats les plus notables, *Staphylococcus aureus* a montré une grande sensibilité aux fractions aqueuses Aq1 et AqF, avec des zones d'inhibition atteignant 20 mm. *Escherichia coli* a montré une réponse positive à la fraction acétate d'éthyle des feuilles avec une zone d'inhibition significative de 23 mm, tandis que l'extrait racinaire acétate d'éthyle (Ac1) n'a présenté qu'une faible activité (7 mm). Pour *Enterococcus faecalis*, une inhibition intermédiaire de 11,5 mm a été observée avec Ac1.

En ce qui concerne *Acinetobacter baumannii* et *Bacillus cereus*, les fractions organiques (Ac1, Ac2, Bu1, Bu2) des racines ont révélé une activité antibactérienne notable, avec des diamètres d'inhibition atteignant 20 mm et 15 mm, respectivement. La fraction aqueuse des feuilles a également montré une forte activité contre *Acinetobacter baumannii*, avec une zone d'inhibition mesurant 20 mm.

En revanche, aucune activité antibactérienne significative n'a été constatée contre des souches comme *Serratia marcescens*, *Salmonella typhimurium*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Proteus mirabilis* et *Pseudomonas aeruginosa*, sauf une inhibition marginale de 10 mm de la souche *P. aeruginosa* par la fraction aqueuse des feuilles.

Ces résultats montrent que l'activité antibactérienne des extraits de *Carthamus caeruleus* est largement influencée par le solvant d'extraction, la partie de la plante utilisée et la nature de la souche bactérienne évaluée.

Tableau 3 : Récapitulatif des résultats de l'activité antibactérienne retrouvée dans les articles de recherche à propos des feuilles et/ou des racines de *Carthamus caeruleus* L. **Ayoune (2022)**

Organe exploité	Type d'extraction	Méthode Analyse	Composés identifiés	Noms de souches microbiennes utilisées	Résultats Diamètre en mm
Feuilles	Méthanol/ eau	Diffusion sur disque et micro-dilution	Composés phénoliques	<i>Staphylococcus aureus</i>	20±1
			Polyphénols	<i>Escherichia coli</i>	23±1
			Flavonoïdes	<i>Bacillus cereus</i>	10±0,6
Racines	Ethanol Méthanol	Diffusion sur disque et micro-dilution	Flavonoïdes	<i>Staphylococcus aureus</i>	12
			Saponines	<i>Escherichia coli</i>	11±1
				<i>Bacillus cereus</i>	13
Racines	Méthanol	Diffusion en milieu gélosé	Polyphénols	<i>Staphylococcus aureus</i>	20
			Flavonoïdes	<i>Escherichia coli</i>	11,5±1
				<i>Bacillus cereus</i>	20 ±1,5
Feuilles	Ethanol Méthanol	Diffusion en milieu gélosé	Flavonoïdes	<i>Staphylococcus aureus</i>	20±1
			Polyphénol	<i>Escherichia</i>	23±1

				<i>coli</i>	
				<i>Bacillus cereus</i>	10±1
Racines	Ethanol	Diffusion en milieu gélosé	Flavonoïdes	<i>Staphylococcus aureus</i>	25±1
	Méthanol		Composées phénoliques	<i>Acinetobacter baumannii</i>	26

3. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation constitue une réponse biologique cruciale du corps face à une agression, qu'elle soit d'origine externe (traumatismes, infections, brûlures, allergies) ou interne (maladies auto-immunes, tumeurs) (**Iwalewa et al., 2007**). Elle a pour objectif d'éliminer les agents pathogènes et de rétablir l'homéostasie des tissus altérés (**Barton, 2008**). Dans ce cadre, de nombreuses études ont démontré l'activité anti-inflammatoire marquée des extraits de *Carthamus caeruleus* L., notamment ceux provenant des racines, qui sont abondants en composés bioactifs comme les flavonoïdes, les tanins et les polyphénols (**Gonzalez-Gallego et al., 2010 ; Gallego et al., 2007 ; Kim et al., 2004**).

L'évaluation expérimentale selon **Winter et al. (1962)** a montré que l'injection intra-péritonéale de l'extrait méthanolique des racines a entraîné une inhibition de l'œdème atteignant 92,2 %, surpassant l'effet du Diclofénac en tant que référence (82,05 %) (**Dahmani et al., 2018**). De même, **Ferhat et Belhadi (2016)** ont démontré que l'extrait polyphénolique aqueux a réduit l'inflammation à 81,39 %, tandis que la fraction flavonoïque a atteint 64,17 % et l'indométacine 57,22 %. Ces résultats montrent que la fraction riche en polyphénols est plus efficace pour diminuer l'œdème.

De plus, la recherche menée par **Bouhenni et Benkablila (2019)**, appliquant diverses doses orales de l'extrait aqueux des racines chez des souris, a démontré une réponse en fonction de la dose : une inhibition de 21,74 % à 150 mg/kg et 31,95 % à 300 mg/kg, contre 31,58 % pour le Diclofénac. Cela indique un effet amplifié de l'extrait avec l'augmentation de la posologie.

Les flavonoïdes contenus dans la plante diminuent la libération d'histamine par les basophiles et les mastocytes, bloquent certaines enzymes inflammatoires, et restreignent l'infiltration des

cellules immunitaires vers la zone enflammée (Kim et al., 2004 ; Iwalewa et al., 2007). De cette manière, l'extrait de *Carthamus caeruleus* L. diminue non seulement l'œdème et la douleur, mais il encourage aussi la guérison, ce qui renforce son utilisation traditionnelle pour traiter les brûlures et les maladies cutanées (Slimani, 2017).

4. Activité cicatrisante

De nombreux auteurs décrivent le potentiel réparateur des éléments phénoliques des plantes médicinales grâce à leurs propriétés antibactériennes, antioxydantes et anti-inflammatoires (Saffedine et al., 2013 ; Kazemian et al., 2018). Il a été prouvé que les végétaux thérapeutiques présentant des capacités de guérison possèdent souvent une concentration élevée de phytostérols (Davis et al., 1994). Le genre *Carthamus* est réputé pour sa forte teneur en stérols (Hamrouni et al., 2007). De nombreuses recherches ont démontré que le madécassoside favorise et contrôle la production de collagène. Matrice fibreuse essentielle à la guérison des blessures (Brinkhaus et al., 2000). Cela qui demeure supposer que les saponosides présents dans cette plante pourraient renforcer l'effet des cellules chargées de la production de collagène et de la gestion de la dégradation des tissus.

Pour évaluer cette activité, les auteurs ont choisi la méthode de Süntar et al., (2013). Le concept repose sur l'utilisation du produit à évaluer sur des blessures induites. Il s'agit d'une pommade faite avec de la poudre de racine de *Carthamus caeruleus*. Le taux de remise le calcul de la contraction de la plaie en % se fait par la formule suivante : Surface guérie/surface globale*100. Pour chaque échantillon examiné, trois mesures ont été effectuées et les résultats ont été présentés sous la forme : moyenne $\pm$ écart-type. Des analogies des analyses ont été réalisées en utilisant le test T apparié. Les écarts ont été notables à $P \leq 0,05$. Les valeurs des IC50 ont été déterminées à l'aide du logiciel Graph Pad Prisma.

Les recherches de Dahmani (2018), réalisées sur 6 rats mâles de la souche *Wistar*, pesant entre 200 et 230 grammes, afin d'évaluer l'effet réparateur de la crème dérivée de la poudre des racines de *Carthamus caeruleus*. Les demandes sont effectuées chaque jour, à une fréquence d'une fois par jour, durant 15 jours. Les rats ont été divisés en 3 groupes : le premier a reçu un traitement avec NaCl 0,9 %, le deuxième traitement par le Madécasol® (produit de référence), dont le résultat est de 87% par rapport à 95% obtenu avec le troisième échantillon traité avec la crème à base de la plante. Les conséquences de cette les recherches s'accordent avec les études réalisées sur la même plante médicinale collectée à Boumerdes (Benhamou et Fazouane, 2013).

Farhat et Belhadi (2016) ont réalisé cette évaluation *in vivo* sur des rats albinos soumis à Trois produits distincts ont été analysés, et ils ont réussi à établir que le taux de contraction des blessures soignées par la crème de *Carthamus* est plus marquant que les blessures soignées par le Madécasol. Ils disposent analyser la capacité d'accélération de la régénération des tissus dermiques après l'application crème fabriquée à partir des racines de *Carthamus* pour des cicatrices superficielles. Le groupe en question La pommade de *Carthamus caeruleus* présente un pourcentage de contraction de la plaie le plus élevé, atteignant 98,33 %, comparativement aux groupes traités avec la crème de référence (Madécasol®) ou simplement avec de l'eau physiologique. Le protocole adopté est celui exposé par **Pourrat (2003)** qui a été ajusté en fonction des circonstances disponibles. La fréquence d'utilisation de ces crèmes sur les blessures est déterminée par une seule application par jour pendant huit jours. L'observation macroscopique s'effectue avant chaque nouvelle application

Gaci et Lahiani (2017) ont démontré, à travers deux tests de guérison, que la crème classique préparée à partir des racines de *C. caeruleus* La présente une efficacité supérieure en matière de cicatrisation par rapport aux traitements alternatifs tels que la poudre végétale ou les extraits saponosidiques (obtenus avec un solvant de méthanol à 70 %). Toutefois, l'extrait saponosidique des feuilles de *C. caeruleus* L a montré une capacité de cicatrisation inférieure à celle du produit témoin Madécassol®, ce qui serait probablement dû à la faible concentration en saponines dans l'extrait des racines (environ 0,44 %)

5. Brûlure

5.1. Définition

L'un des traumatismes cutanés les plus répandus représentant un véritable problème de la Santé publique est les brûlures. La brûlure cutanée est définie comme étant une perte de substance partielle ou totale de la Peau voire des tissus sous-jacents, ayant, souvent dans le cas de brûlures graves, des Conséquences majeures sur l'organisme d'ordre physique et /ou psychologique. Les agents responsables des lésions peuvent être d'origine thermique, chimique, électrique ou Radioactive (**Lafoucarde,2015**).

5.2. Classification des brûlures (**Sadou et al.,2020**).

Selon l'agent causal, les brûlures sont classées :

5.2.1. Brûlures thermiques

Sont les plus fréquentes et représentent 90% des brûlures voire plus. Elles sont définies par la Triade suivante : nature de l'agent brûlant, température et le temps de contact (**Figure 03**).

Les origines possibles de ce type de brûlure sont :

- L'ébouillantage par des vapeurs ou liquides brûlants ;
- Le contact avec des flammes ;
- Les explosions.
- Le contact avec un solide brûlant ;
- Les gelures (lors d'exposition à des températures inférieures au point du gel de la Peau saine) ;
- Flash électrique.

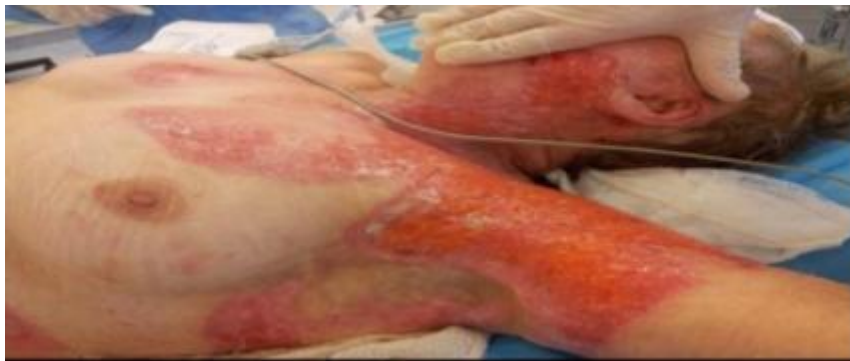


Figure 3 : Brûlure thermique par retour de flamme (Lafoucarde,2015).

5.2.2. Brûlures électriques

Elles représentent 5% à 7% des causes des brûlures ; Lors de l'électrisation, le courant électrique traverse le corps entre un point d'entrée et un Point de sortie, et en fonction du voltage les conséquences seront plus ou moins importantes (Figure 04).

On distingue:

- Les brûlures à basse tension : moins de 1000 Volts ; les accidents seront Essentiellement domestiques ;
- Les brûlures à haute tension : plus de 1000 Volts ; les accidents du travail, on Peut aussi parler des personnes foudroyées lors d'orages.



Figure 4 : Brûlures électriques (Lafoucarde,2015).

5.2.3. Brûlures chimique

Représentent environ 2% des brûlures. Ces brûlures sont provoquées par des acides, Des bases et des chélateurs projetés sur la peau lors d'accidents du travail en Laboratoire, d'accidents domestiques ou d'agressions (Figure 05). Les lésions sont presque toujours profondes, graves et sérieuses.



Figure 5 : Brûlure profonde par Alcalins. (Lafoucarde,2015).

5.2.4. Brûlures par irradiations

Les accidents d'irradiation résultent le plus souvent d'accidents d'exposition Industriels ; on retrouve aussi des accidents radiologiques ou des brûlures à la suite D'une radiothérapie.

5.3. Facteurs de gravité

➤ Profondeur

La profondeur de la brûlure dépend de l'agent vulnérant et de la durée d'exposition à celui-ci. Il existe quatre degrés de profondeur pour les brûlures : Le premier degré, Le deuxième degré superficiel, Le deuxième degré profond, Le troisième degré.

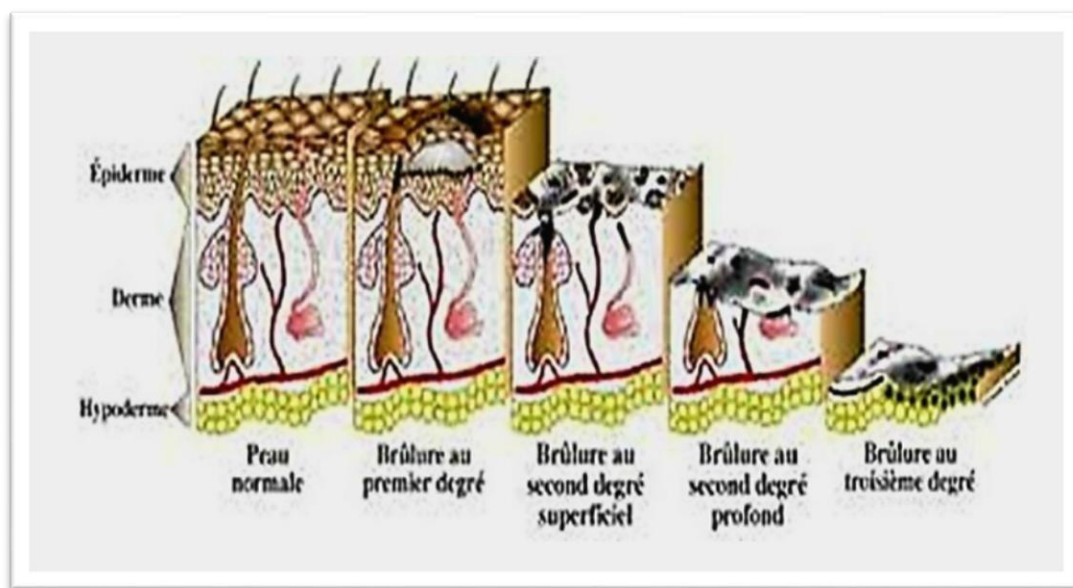


Figure 6 : Différents degrés de brûlure

➤ Surface de la brûlure

C'est le paramètre le plus critique ; il dépend de la surface de contact entre l'agent vulnérant et la peau. Il peut être calculé en pourcentage de la surface corporelle standard, selon différentes règles et logiciels. (Lafoucarde,2015).

Partie 2

Recherche expérimentale

Matériels et méthodes

1. Matériel végétal

1.1. Préparation du matériel végétal

Notre étude a été réalisée sur les racines *Carthamus caeruleus* L., La collecte a été réalisée dans leurs habitats naturels au mois de février 2025, dans la région de Lentia, commune de **Tassadane Haddada**, wilaya de Mila (Algérie).

Les racines de la plante ont été sélectionnées pour les différentes analyses biologiques. Pour faciliter l'extraction des composés phénoliques deux opérations préliminaires ont été effectuées sur ces racines : le séchage et le broyage.

Séchage Après la récolte, les racines ont été soigneusement épluchées et lavées à l'eau distillée pour éliminer les impuretés, puis séchées à l'air libre pendant trois (03) jours dans un endroit aéré et à l'abri de la lumière directe, puis placées dans une étuve du laboratoire de recherche pédagogique du centre universitaire Mila à une température constante de 40 °C pendant 24 heures afin d'assurer un séchage complet tout en préservant les composés bioactifs.

Broyage : Une fois séchées, les racines ont été d'abord pilées manuellement à l'aide d'un mortier propre, puis finement broyées à l'aide d'un moulin à café. La poudre obtenue a été conservée dans des bouteilles en verre hermétiquement fermés, à l'abri de la lumière et de l'humidité, jusqu'à son utilisation.

2. Extraction des composés phénoliques

L'extraction a été réalisée au niveau des laboratoires de biologie du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf (Mila). Les composés phénoliques ont été extraits des racines de *Carthamus caeruleus* L.

➤ Principe

L'étape d'extraction est considérée comme une phase essentielle pour l'analyse et l'identification des molécules bioactives. L'extraction des produits naturels est généralement de type solide-liquide. Des méthodes dites traditionnelles, telles que la macération ou la décoction, sont couramment utilisées et restent des techniques de référence pour l'extraction des composés naturels (**Mendiola, 2007**).

Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour une méthode d'extraction : L'extraction par macération dans une solution hydro éthanolique (70%).

La macération est une méthode d'extraction simple, consistant à laisser reposer le matériel végétal broyé dans un solvant, un mélange d'éthanol 70 % et d'eau distillée 30 %, afin d'extraire les composés phénoliques (Laneza et al., 2009).

Cette extraction a été réalisée en suivant le protocole décrit par Adil et al. (2012), avec quelques modifications (Figure 07).

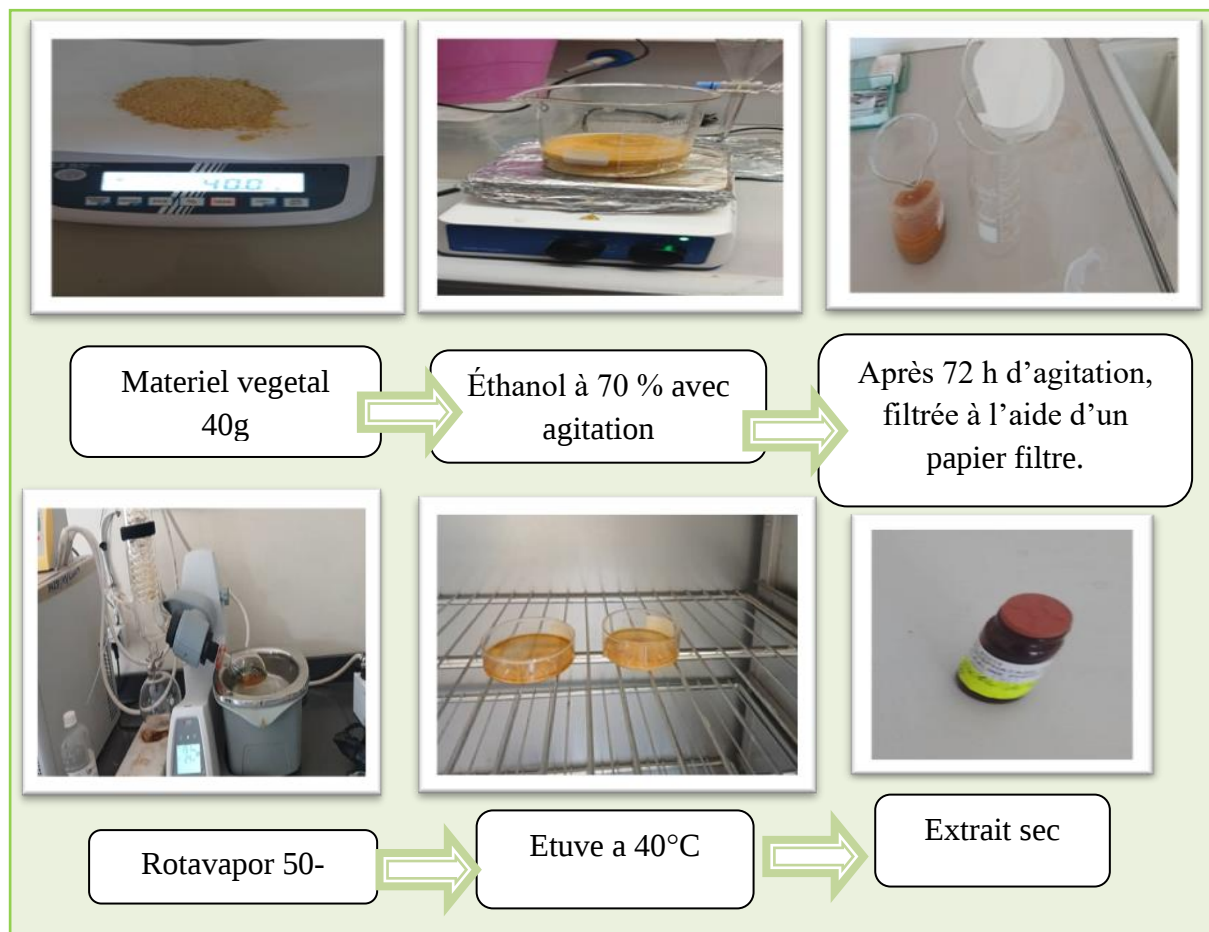


Figure 7 : Protocole d'extraction par macération des composés phénoliques (Adil et al., 2012)

3. Analyse quantitative

3.1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux dans l'extrait hydro-éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus* a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) décrite par Boizot et al. (2006), en y apportant de légères modifications.

- Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Lors de l'oxydation des composés phénoliques, ce réactif subit une réduction, aboutissant à la formation d'un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribéreau-Gayon, 1968). La coloration résultante, dont le pic d'absorption se situe entre 725 et 760 nm, est directement proportionnelle à la concentration de polyphénols présents dans les extraits végétaux.

- Mode opératoire

200 μl d'extrait de *Carthamus Caeruleus* L. sont mélangés à 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois dans de l'eau distillée) et à 800 μL de Carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant deux heures. L'absorbance est mesurée à 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression d'une gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (0-200mg/ml), dans les mêmes conditions opératoires que les extraits. Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalents d'acide gallique par gramme (g) de matière végétale (mg EAG/g d'extrait).

3.2. Dosage des flavonoïdes

- Principe

La formation d'un complexe jaunâtre, lors de l'ajout du chlorure d'aluminium, est due à la fixation des ions Al^{3+} sur les atomes d'oxygène, présents en position 4 et 5 des cycles flavonoïdiques. La quantité des flavonoïdes dans un extrait devrait être déterminée en fonction du flavonoïde prédominant, cependant la quercétine est largement utilisée comme standard pour la détermination de la teneur des flavonoïdes dans un échantillon. (Kiranmai et Ibrahim, 2011).

➤ Mode opératoire

La détermination quantitative des flavonoïdes est effectuée selon la méthode du trichlorure d'aluminium de Bendimerad et Bougandoura (2012). 1 ml de l'échantillon est ajouté à 1 ml de la solution d' AlCl_3 (2% dans le méthanol), avec une agitation vigoureuse du mélange. Après 15 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est lue à 430 nm contre un blanc (même solution sans extrait).

La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine (0-200mg/ml). Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) d'équivalent de quercétine par gramme (g) de matière sèche (mg Eq Qu/ g d'extrait).

4. Activités biologiques

4.1. Activité antioxydante

- Activité anti-radicalaire au DPPH

- Principe

Le DPPH est considéré comme un radical libre relativement stable. Cette technique repose sur l'évaluation du piégeage des radicaux libres de DPPH (1,1-Diphényle-2-picrylhydrazyl, une substance violette). Lorsque des molécules qualifiées d'antioxydantes sont présentes, le DPPH se transforme en sa version réduite (diphényle picryl-hydrazine : de couleur jaune), ce qui entraîne une réduction de l'absorbance (**Mansouri et al., 2005**). La capacité des molécules bioactives à réduire le DPPH est proportionnelle à la décoloration de celui-ci.

- Mode opératoire :

Selon le protocole décrit par (**Blois 1958**). La solution de DPPH est préparée en dissolvant 6 mg de ce composé dans 100 ml de méthanol. Ensuite, 40 µL de l'extrait, à différentes concentrations (0,002 - 0,2 mg/ml), sont ajoutés à 160 µL de la solution de DPPH dans une plaque à micro-puits (micro plate). Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 minutes, puis l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 517 nm contre un blanc composé de 40 µL de méthanol et 160 µL de la solution de DPPH.

L'acide ascorbique a été testé comme substance de référence dans les mêmes conditions opératoires.

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$I\% = [(Abs\ contrôle - Abs\ échantillon) / Abs\ contrôle] \times 100$$

Activité anti-radicalaire à l'ABTS

- Principe

L'ABTS (2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) est un composé chimique utilisé en biochimie pour évaluer l'activité antioxydante des substances. Ni est fréquemment employé dans les tests de capacité antioxydante totale (TAC) en raison de sa réaction avec les

radicaux libres. L'analyse spectrophotométrique de l'activité des extraits capables de piéger les cations ABTS⁺ a été réalisée selon la méthode de **Re et al. (1999)**. L'activité antioxydante totale d'une molécule est déterminée par sa capacité à inhiber le radical ABTS⁺, qui est dérivé de l'ABTS. La formation du radical cation de couleur bleu-vert se produit lorsque l'ABTS (qui est incolore) entre en contact avec du persulfate de potassium (K₂S₂O₈).

Le radical ABTS⁺, en contact avec un donneur de H⁺ conduit à l'ABTS et à la décoloration à 734 nm de la solution bleue verte.

- Mode opératoire :

Le radical-cation ABTS a été produit par le mélange de 1 ml d'une solution de persulfate de potassium (K₂S₂O₈) avec 5 ml d'une solution d'ABTS. Ce mélange a été conservé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant une durée de 16 heures afin de permettre la formation du radical cation. La solution bleu-vert résultante a ensuite été diluée dans de l'éthanol pour atteindre une absorbance de $0,7 \pm 0,02$ à 732 nm. Un volume de l'extrait, à différentes concentrations (0,013 - 0,2 mg/ml) a été incorporé à la solution d'ABTS diluée. Le mélange a été incubé pendant 6 minutes dans l'obscurité, après quoi les absorbances ont été mesurées à 734 nm. L'acide ascorbique a servi de standard, dans les mêmes conditions opératoires.

Le pourcentage de réduction de l'ABTS a été calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$PI (ABTS^+) = [(AC - AE) / AC] \times 100$$

- **PI (ABTS⁺)** : pourcentage (%) d'inhibition du radical ABTS⁺.
- **AE** : absorbance de l'échantillon ou standard testé.
- **AC** : absorbance du contrôle sans extrait.

4.2. Activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne se font au laboratoire de biologie de Mila. L'évaluation exige une manipulation dans des conditions aseptisées strictes pour prévenir les risques de contamination. De plus, le matériel, les solutions et les milieux de culture doivent être soumis à une stérilisation par autoclavage.

4.2.1. Souches bactériennes

Les souches bactériennes utilisées dans l'essai sont des lots de l'ATCC (American Type Culture Collection) : *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 11303)

et *Pseudomonas aeruginosa* (27853) ; *Bacillus cereus* (ATCC10987). Proviennent du Dr. Ben Serradj Wafaa Université Mentouri -Constantin.

Tableau 4 : Caractéristiques des souches bactériennes utilisées.

Famille	Genre et espèce	Gram	Référence
Micrococcacées	<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	ATCC 25923
Pseudomonadacées	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Négatif	ATCC 27853
Enterobacteriacées	<i>Escherichia coli</i>	Négatif	ATCC 11303
Bacillacées	<i>Bacillus cereus</i>	Positif	ATCC 10987

4.2.2. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de *Carthamus caeruleus* L. a été réalisée par la méthode de diffusion en milieu gélosé à l'aide des puits (**well diffusion méthode**), conformément à la méthode décrite par **Magaldi et al. (2004)**, avec quelques modifications Trois types d'extraits ont été testés :

- **Extrait éthanolique** (par macération dans l'éthanol à 70 %),
- **Extrait mâché** : a été obtenu après mastication orale de l'échantillon, suivie d'une filtration afin de récupérer les composés ayant interagi avec la salive.
- **Extrait non mâché** : a été préparé en broyant directement l'échantillon végétal, puis en le filtrant sans ajout de solvant.

❖ Préparation des milieux

Selon **Bauer et al., (1966)**. La préparation des milieux a été réalisée par les méthodes suivantes :

- **Préparation de milieu MH (Mueller Hinton)**

Le milieu de Mueller-Hinton a été préparé dans le but de repiquer les souches bactériennes et d'évaluer leur activité antibactérienne. Pour sa préparation, 38 g de Mueller-Hinton ont été ajoutés à 1 litre d'eau distillée. Ce mélange a été agité continuellement à une

température élevée sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition. Ensuite, le milieu a été réparti dans des flacons en verre.

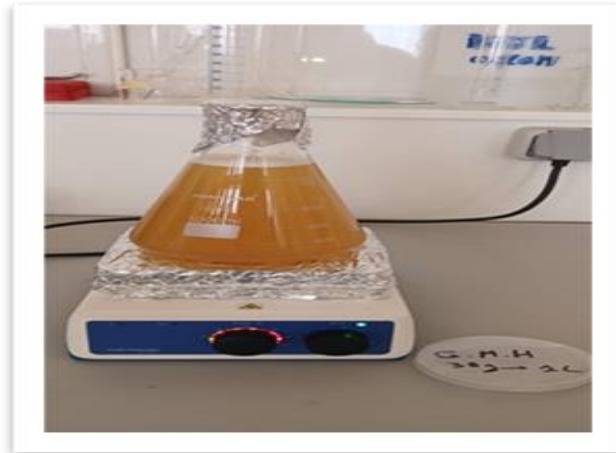


Figure 8 : Préparation de milieu Mueller-Hinton (photographie originale).

- **Préparation de milieu GN (Gélose nutritif)**

La gélose nutritive a été préparée pour le but de la réactivation et l'entretien des souches bactériennes par l'ajoute de 20g de GN à 1l d'eau distillée sous agitation pendant quelques minutes, la solution sera divisée dans des tubes en verre à visse.

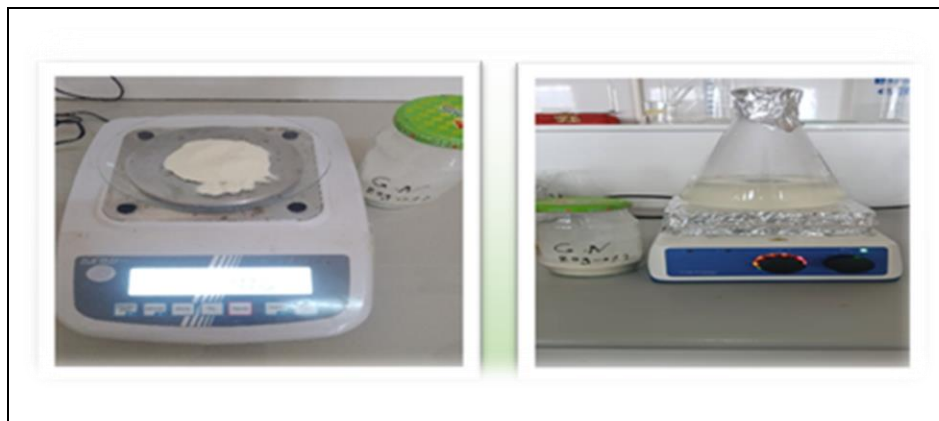


Figure 9 : Préparation de milieu gélose nutritive (photographie originale).

- **Préparation d'eau physiologique**

L'eau physiologique est préparée pour l'ensemencement des souches en dissolvant 0,9 g de NaCl dans 100 ml d'eau distillée. Le mélange est agité pendant quelques minutes jusqu'à dissolution complète, puis il est réparti dans des tubes en verre à vis.



Figure 10 : Préparation de l'eau physiologique (photographie originale).

❖ Stérilisation du matériel

Les milieux de culture (Mueller Hinton, gélose nutritive), l'eau distillée, l'eau physiologique, les tubes à vis vides, les micro-tubes Eppendorf, ainsi que les embouts, ont été emballés dans du papier aluminium puis stérilisés à l'autoclave à 121 °C pendant 2 heures, conformément aux conditions appliquées dans le laboratoire.



Figure 11 : Stérilisation du matériel (photographie originale).

❖ Repiquage des souches bactériennes

Les différentes souches bactériennes ont été repiquées par la méthode des stries sur gélose nutritive en boîte de pétri. A l'aide d'une anse de platine stérile, puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures.

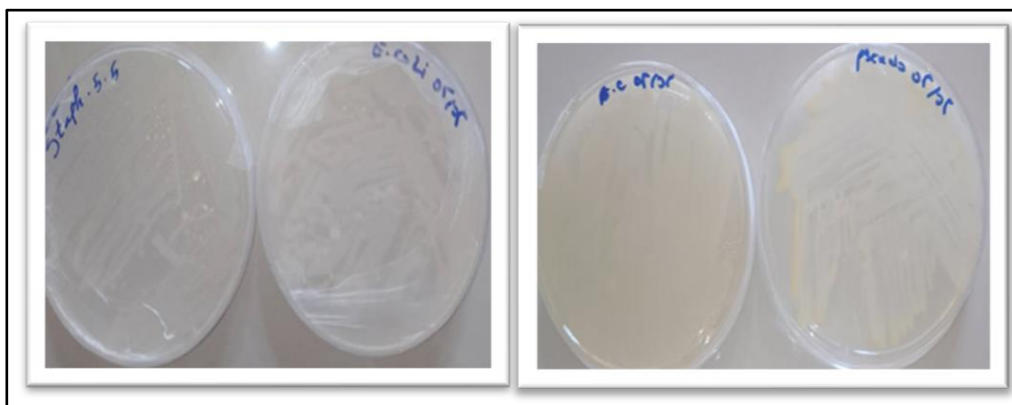


Figure 12 : Repiquage des souches bactériennes (photographie originale).

❖ Préparation des dilutions des extraits

Les extraits ont été repris avec le diméthyle sulfoxyde (DMSO), les dilutions des extraits sont réalisées, selon les méthodes suivantes :

- Solution mère (SM) : 100mg d'extrait avec 1ml de DMSO [100%].

-T^{3/4} : 0,75ml de SM avec 0.25ml de DMSO [75%].

-T^{1/2} : 0.5ml de SM avec 0.5ml de 1DMSO [50%].

-T^{1/4} : 0.25ml de SM avec 0.75ml de DMSO [25%].

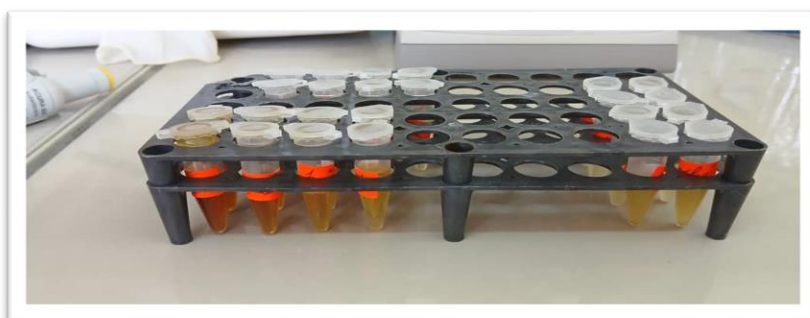


Figure 13 : Différentes concentrations des extraits (photographie originale).

❖ Préparation du milieu de culture

Le milieu de culture Mueller-Hinton est d'abord stérilisé, puis maintenu en surfusion à l'aide d'un bain-marie pendant 30 minutes à 60 °C pour éviter la solidification. Ensuite, le milieu est versé dans des boîtes de Pétri à une épaisseur uniforme d'environ 4 mm. Les boîtes

sont ensuite laissées à température ambiante pendant quelques minutes jusqu'à solidification complète du milieu.



Figure 14 : Préparation du milieu de culture (photographie originale).

❖ Préparation de l'inoculum bactérien

Après la stérilisation de zone de travail avec l'eau de javel. Les souches bactériennes conservées sur gélose incliné sont d'abordensemencées sur gélose nutritive et incubées à 37 °C pendant 24 heures.

A l'aide d'une anse de platine stérile quelque colonies bien isolées et identiques de chaque souche bactérienne à tester sont raclées, puis un écouvillon est déposé dans 9 ml d'eau physiologique stérile à 0.9 %, bien homogénéiser la suspension bactérienne à l'aide d'un vortex.

La lecture de la suspension bactérienne à une densité optique de 0.08 à 0.10 a été lue à la 625 nm (**Younsi et al., 2010**).

❖ Ensemencement des bactéries

Après la préparation et l'identification des boîtes de pétri nous avons fait l'ensemencement des bactéries : L'ensemencement a été réalisé par écouvillonnage sur les boîtes de Pétri, un écouvillon est trempé dans la suspension bactérienne, puis essoré en pressant fermement sur la paroi interne du tube. L'écouvillon est frotté sur la totalité de la surface gélosée, de haut en bas en stries serrées. L'opération a été répétée deux fois en tournant la boîte de 60° à chaque fois, l'ensemencement est fini en passant l'écouvillon une dernière fois sur toute la surface gélosée. L'écouvillon a été rechargé à chaque fois qu'on ensemence plusieurs boîtes de Pétri avec la même souche (**Figure15**)

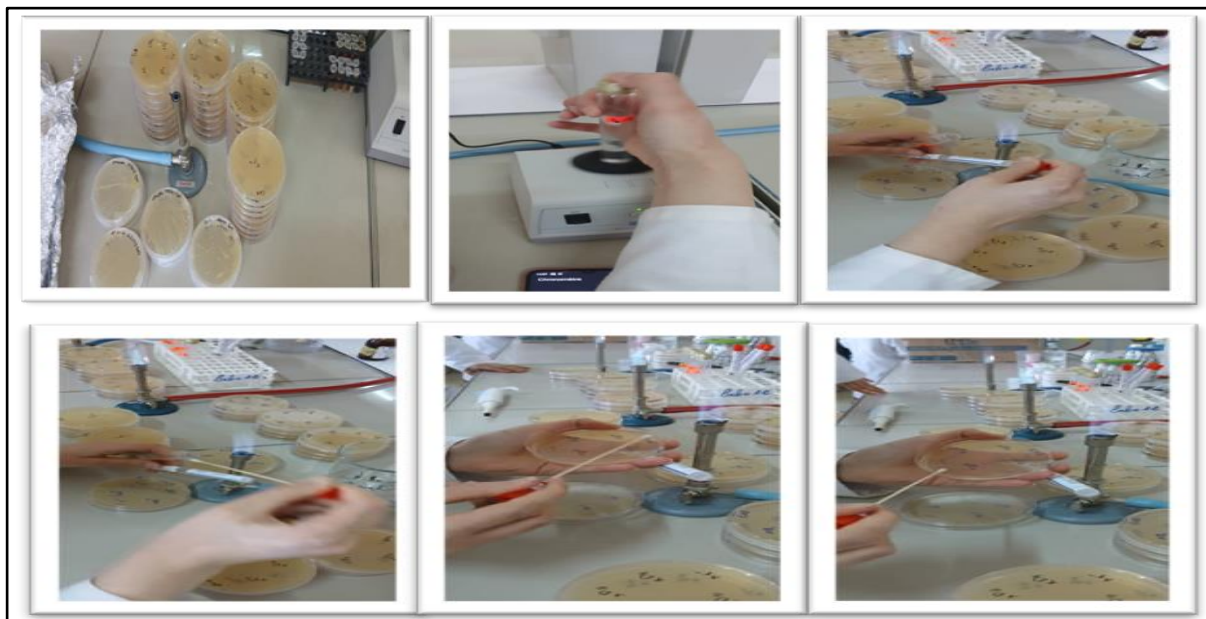


Figure 15 : ensemencement des bactéries (photographie originale).

❖ Découpage et remplissage des puits

Après l'ensemencement, des puits de 6 mm de diamètre sont réalisés dans le milieu de culture à l'aide de pipettes Pasteur stériles. Chaque puits est ensuite rempli avec 25 μ l d'extrait éthanolique (mâchés ou non mâchés), aux concentrations de 100 %, 75%, 50 % et 25 %. Le DMSO est utilisé comme contrôle négatif, et la gentamicine comme contrôle positif.

Cette méthode de diffusion en puits est basée sur des principes établis dans l'évaluation de l'activité antibactérienne, tels que décrits par **Magaldi et al. (2004)**.

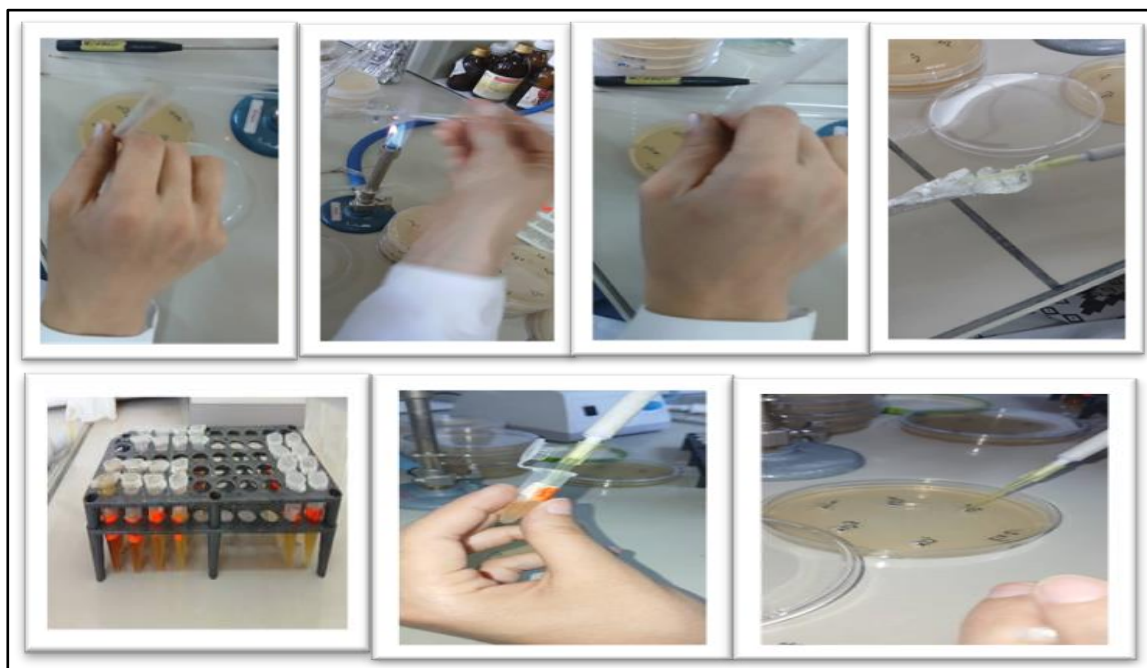


Figure 16 : Découpage et remplissage des puits (photographie originale).

❖ Incubation et Lecture

Après incubation pendant 24 à 48 heures à 37°C dans l'étuve, Les résultats sont observés en mesurant les diamètres d'inhibition (**Boudjouref, 2011**) (**Figure17**).



Figure 17 : Incubation et Lecture (photographie originale).

4.3. Activité anti-inflammatoire

L'effet anti-inflammatoire *in vitro* a été évalué au Centre de Recherche en Sciences Pharmaceutiques (CRSP) de Constantine, suivant la méthode de **Kandikattu et al. (2013)**

avec quelques modifications mineures. Le principe repose sur la capacité des extraits à inhiber la dénaturation de l'Albumine Sérique Bovine (BSA) provoquée par la chaleur (72°C).

4.3.1. Réactifs et Préparations

1. Tampon Tris-HCl 0.05M pH 6.6 : 1.2144g de Tris-HCl ont été dissous dans 200 ml d'eau bidistillée. Le pH a ensuite été ajusté à 6.6 avec du HCl.

2. BSA (Bovine Serum Albumin) : Une solution de BSA à 0.2% a été préparée en dissolvant 0.2 g de BSA dans 100 ml de tampon Tris-HCl (pH 6.6).

3. Diclofénac de sodium (Standard) : Différentes concentrations de Diclofénac sodique (forme injectable) ont été préparées dans de l'eau distillée à partir d'une solution mère de 500 ppm.

4. Extrait de plante (*Carthamus caeruleus* L) : Différentes concentrations de l'extrait hydro-éthanolique ont été préparées à partir d'une solution mère de 10 000 ppm.

4.3.2. Préparation des solutions et dilutions :

Pour les extraits et le standard, une série de dilutions a été préparée pour obtenir les concentrations finales utilisées dans l'expérience.

4.3.3. Préparation des blancs

- **Blanc d'extrait :** Pour chaque concentration d'extrait de plante, un blanc d'extrait a été préparé en ajoutant 1 ml d'extrait à 1 ml de Tris-HCl. Ce blanc vise à soustraire l'absorbance inhérente de l'extrait des résultats obtenus.

- **Blanc BSA (contrôle négatif de la dénaturation totale) :** Un blanc BSA a été préparé contenant 1 ml de la solution de BSA ajouté à 1 ml du solvant utilisé pour les extraits. Le résultat obtenu pour ce blanc correspond à la dénaturation totale de la BSA en absence de substance inhibitrice.

4.3.4. Mode opératoire (Évaluation de l'activité anti-inflammatoire par inhibition de la dénaturation des protéines)

Les étapes suivantes ont été suivies pour chaque échantillon (extrait hydro-éthanolique de *Carthamus caeruleus* L ou Diclofénac de sodium) et chaque concentration :

1. 1 ml de chaque concentration d'extrait ou du standard a été ajouté à un tube à essai.
2. 1 ml de solution de BSA à 0.2% (préparée dans le Tris-HCl pH 6.6) a été ajouté au même tube.

3. Les tubes ont été incubés à 37°C pendant 15 minutes.
4. Ensuite, les tubes ont été transférés dans un bain-marie à 72°C pendant 5 minutes pour induire la dénaturation des protéines.
5. Après refroidissement, la turbidité a été mesurée à 660 nm dans un spectrophotomètre à cuve.
6. Toutes les mesures ont été effectuées en répliquas (trois répliquas) pour obtenir des moyennes fiables.

4.3.5. Calcul du pourcentage d'inhibition

Le pourcentage d'inhibition (% Inhibition) pour chaque échantillon a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Inhibition \%} = \left(\frac{A \text{ contrôle} - A \text{ échantillon}}{A \text{ contrôle}} \right) \times 100$$

Où :

- A contrôle : l'absorbance du blanc BSA (dénaturation complète, sans extrait inhibiteur).
- A échantillon : l'absorbance de l'échantillon testé (après soustraction de l'absorbance du blanc d'extrait correspondant)

4.3.6. Calcul de la valeur IC50

La valeur IC50 (Concentration Inhibitrice Médiane) a été déterminée à partir de la courbe dose-réponse en traçant le logarithme de la concentration de la substance en fonction du pourcentage d'inhibition. Microsoft Excel a été utilisé pour analyser les données et déterminer la valeur IC50.

5. Fabrication de la crème

5.1. Préparation de la phase huileuse

Dans un bécher, l'huile et la cire ont été introduits, puis chauffés au bain-marie à une température constante de 70°C pendant 30 minutes. Cette étape, particulièrement délicate, nécessite une grande attention, car elle vise à fusionner les composants de la phase huileuse en un mélange homogène, garantissant ainsi la cohérence et la stabilité du produit final (**Figure18**).

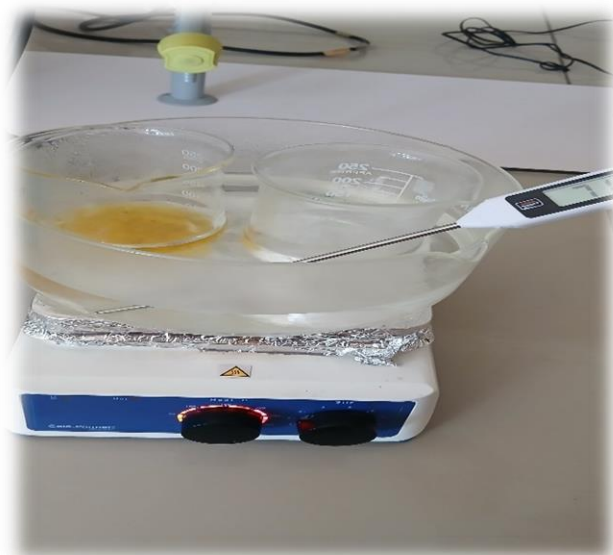


Figure 18 : Préparation de la phase huileuse (photographie originale).

5.2. Préparation de la phase aqueuse

Parallèlement, de l'eau distillée a été ajoutée avec précaution dans un autre bécher et soumise au même traitement thermique au bain-marie à 70°C pendant également 30 minutes. Cette phase est cruciale pour assurer une préparation correcte de la phase aqueuse, contribuant à l'homogénéité et à la stabilité globale de la crème. Les deux phases ont été chauffées simultanément, nécessitant une synchronisation rigoureuse afin de maintenir la cohérence du processus de formulation.

Une fois les deux phases prêtes, la phase huileuse a été incorporée goutte à goutte à la phase aqueuse tout en restant dans le bain-marie, avec un mélange constant à l'aide d'un agitateur mécanique. Cette opération méticuleuse vise à favoriser la formation d'une émulsion stable et homogène, essentielle pour obtenir une texture uniforme de la crème.

Après le retrait du mélange du bain-marie, sa température a été surveillée à l'aide d'un thermomètre jusqu'à ce qu'elle descende en dessous de 40°C. À cette température critique, l'extrait végétal ainsi que les huiles essentielles ont été ajoutés, puis soigneusement incorporés jusqu'à obtention d'une crème parfaitement homogène (**Figure19**).

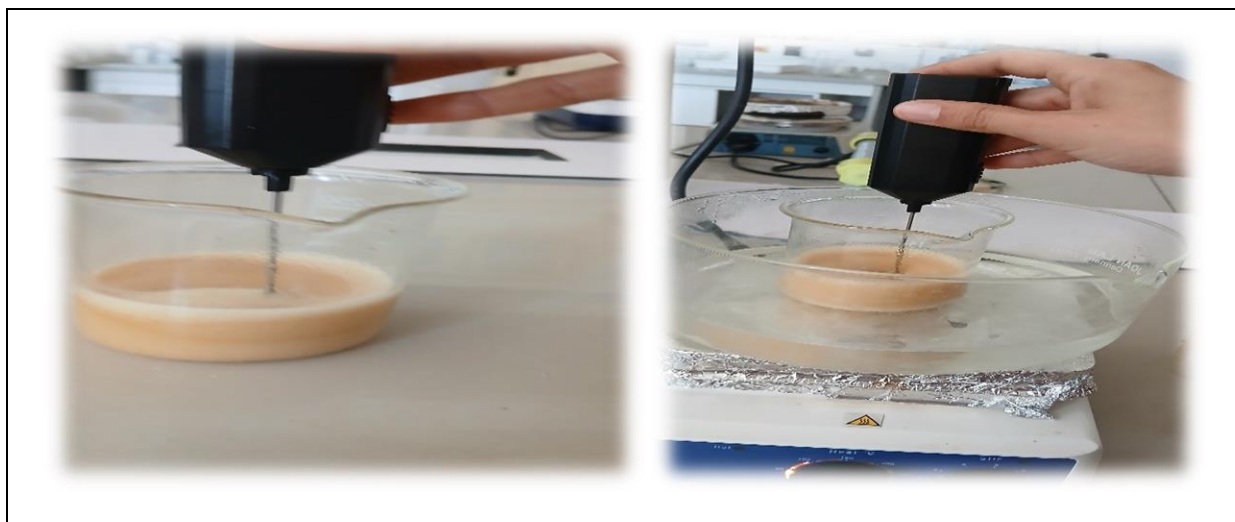


Figure 19 : Fabrication de crème

Enfin, la crème obtenue a été transférée délicatement dans un pot en verre préalablement stérilisé, puis conservée au réfrigérateur à une température constante de 4°C. Cette dernière étape est indispensable pour préserver la fraîcheur, l'intégrité des composants actifs et garantir une durée de conservation prolongée du produit.

- **Chauffage de la phase huileuse :** Fusion de l'huile et de la cire au bain-marie à 70°C pendant 30 minutes.
- **Chauffage de la phase aqueuse :** Chauffage de l'eau distillée de la même manière.
- **Mélange des deux phases :** Incorporation progressive de la phase huileuse dans la phase aqueuse avec agitation continue pour former une émulsion.
- **Refroidissement du mélange :** Abaisser la température en dessous de 40°C.
- **Ajout des composants sensibles :** Incorporation de l'extrait végétal et des huiles essentielles jusqu'à homogénéité.
- **Conditionnement et conservation :** Transfert de la crème dans un pot en verre stérilisé, puis stockage au réfrigérateur à 4°C.

Résultats et discussions

1. Résultats

1.1. Détermination du rendement

L'extrait hydro-éthanolique préparé à partir de 20 g de racines sèches de *Carthamus caeruleus* présente un poids d'environ 2.0603g, avec un rendement de l'ordre de 10.3015%.

1.2. Analyse quantitative

Les composés phénoliques sont reconnus comme des éléments essentiels des activités biologiques des plantes, notamment en ce qui concerne leurs propriétés antioxydantes et antibactériennes. En conséquence, des analyses des polyphénols totaux et des flavonoïdes ont été réalisées sur l'extrait préparé, en recourant à des méthodes spectrophotométriques, et en appliquant les équations de régression linéaire dérivées des courbes d'étalonnage.

- Les phénols totaux

Les analyses quantitatives des phénols totaux sont réalisées à partir d'une courbe d'étalonnage construite avec de l'acide gallique, qui sert de standard. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg Eq AG/g d'extrait).

La formule de régression linéaire de cette courbe d'étalonnage est $y = 0,0027x + 0,0881$, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9984$. La courbe d'étalonnage de l'acide gallique est illustrée dans (Figure 20).

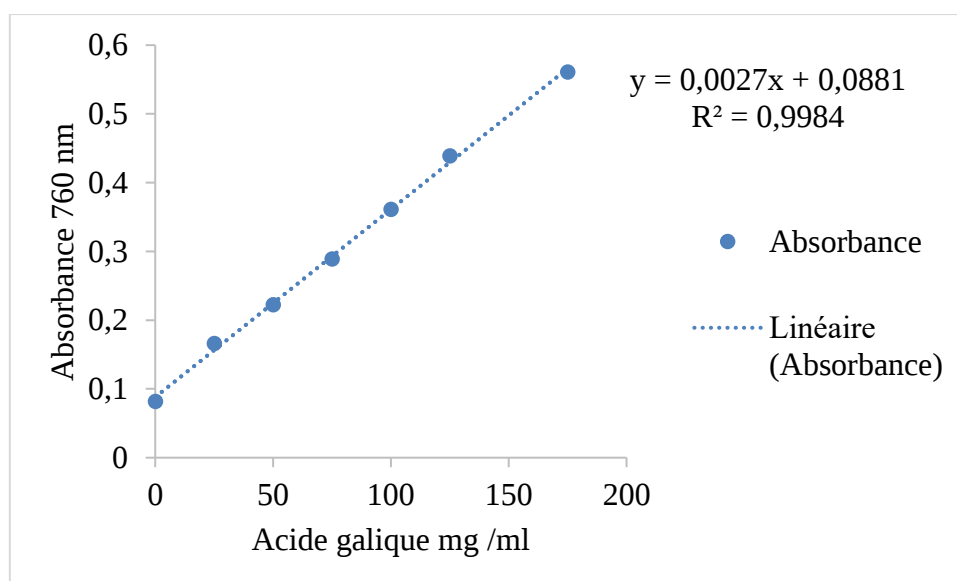


Figure 20 : Courbes d'étalonnage de l'acide gallique.

➤ Les flavonoïdes

Les analyses quantitatives des flavonoïdes sont réalisées à partir de courbes d'étalonnage établies avec de la quercétine (standard). Les résultats obtenus sont exprimés en milligrammes équivalents de quercétine par gramme d'extrait (mg Eq Qu/g d'extrait).

La formule de régression linéaire de cette courbe d'étalonnage est $y = 0,008x + 0,068$ avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9968$. La courbe d'étalonnage de la quercétine est illustrée dans la (Figure 21)

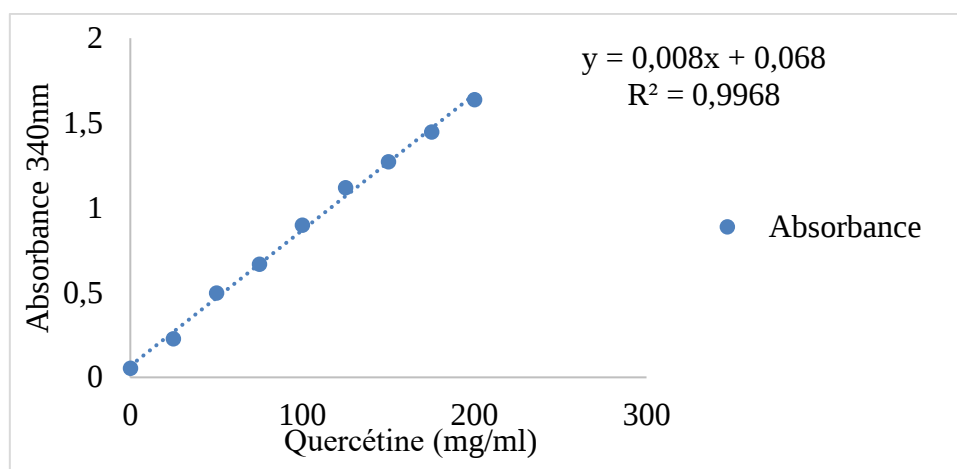


Figure 21 : Courbes d'étalonnage de la quercétine.

1.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Après l'ajout du réactif de Folin-Ciocalteu et de carbonate de sodium, une couleur bleue est obtenue dont l'intensité varie en fonction de la concentration phénolique de l'extrait de la plante.

Les résultats de la quantification des polyphénols totaux indiquent que l'extrait hydro-éthanolique contient une quantité significative des polyphénols, estimée à $42,308 \pm 2,466$ mg GAE/g d'extrait.

1.2.2. Dosage des flavonoïdes

Après l'addition du chlorure d'aluminium, un complexe jaune verdâtre est formé. L'intensité de cette coloration est fonction de la concentration de l'extrait.

Les résultats de la quantification des flavonoïdes indiquent que l'extrait hydro-éthanolique contient une quantité significative des flavonoïdes, estimée à $57,625 \pm 1,237$ mg Eq Qu/g d'extrait.

1.3. Evaluation de l'activité antioxydant

1.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au radical 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

L'activité de piégeage de DPPH a été exprimée en IC50 qui correspond la concentration d'extrait nécessaire pour induire une inhibition de 50 % de radical DPPH. Une valeur d'IC50 Inférieure fait référence à une activité antioxydante plus élevée de l'extrait de plante. Les Valeurs des IC50 sont calculées à partir de l'équation de régression linéaire des pourcentages d'inhibition en fonction de la concentration des différents extraits testés.

La formule de la régression linéaire de cette courbe d'étalonnage est de $y = 298,73x + 17,575$ avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9895$. Le pouvoir réducteur de l'acide ascorbique est représenté dans la (Figure22).

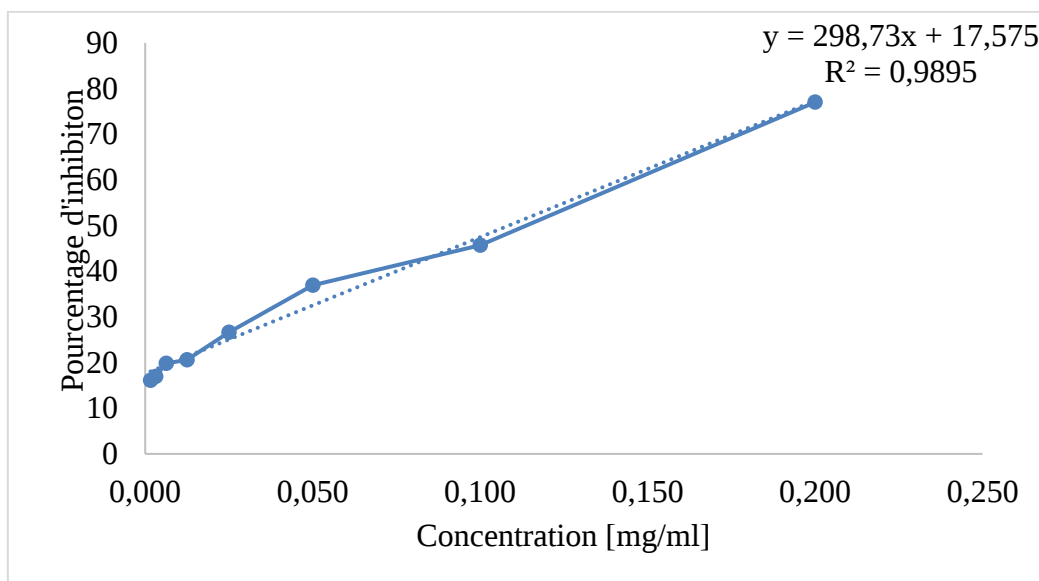


Figure 22 : Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique testé à différentes concentrations.

Les résultats du pouvoir réducteur des extraits sont présentés dans la figure 23.

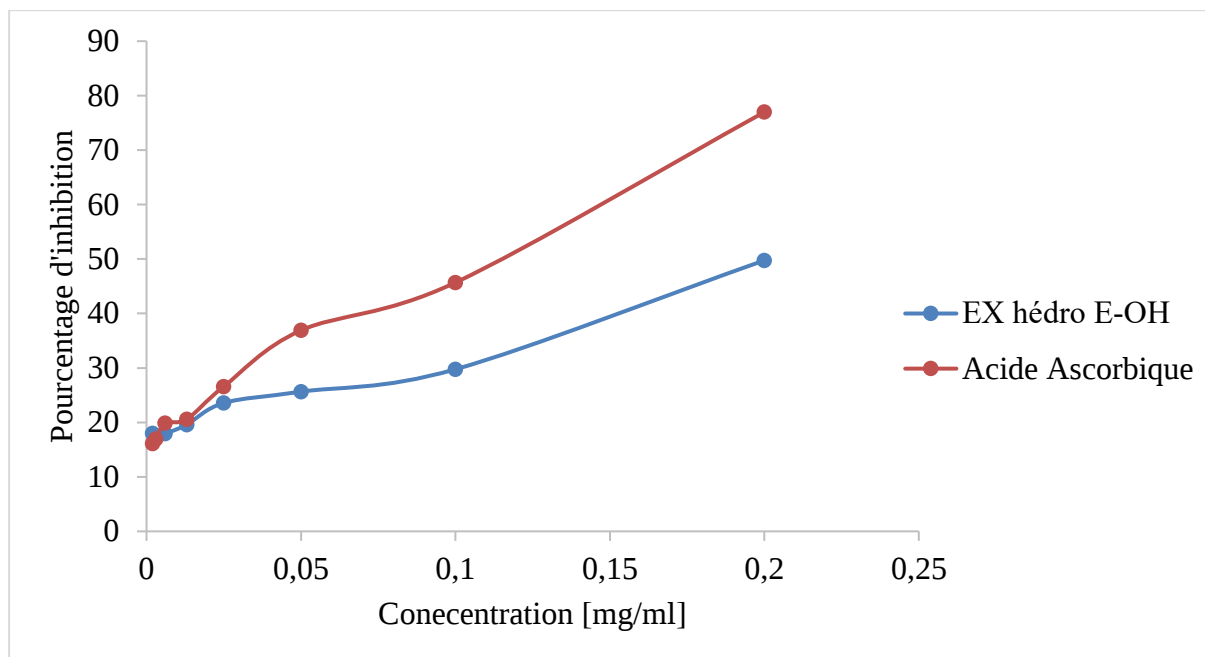


Figure 23 : Pouvoir réducteur d'extrait de *Carthamus caeruleus*

D'après les résultats obtenus le pourcentage de réduction de DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait hydro-éthanolique. Cela indique que l'activité antioxydante de L'extrait est proportionnelle à leur concentration, autrement dit, elle est dose-dépendante. Une valeur d'IC₅₀ = 0,210±0,016 mg/ml a été obtenue pour l'extrait hydro-éthanolique de *Carthamus caeruleus*.

D'après les résultats de l'analyse quantitative, l'extrait hydro-éthanolique présente une activité anti-radicalaire intéressante, comme en témoigne sa valeur relativement faible d'IC₅₀ dans le test DPPH. Cela reflète sa capacité à réduire le radical DPPH. Cependant, la valeur d'IC₅₀ de cet extrait demeure supérieure à celle de l'acide ascorbique (0,109 ± 0,004mg/ml), ce qui suggère que son activité réductrice est inférieure à celle de l'acide ascorbique.

1.3.2. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au 2,2'-azino-bis (3-thylbenzothiazoline-6-sulphonique) (ABTS)

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par la méthode ABTS+, qui mesure leur capacité à décolorer le radical ABTS+. Les valeurs des IC₅₀ sont déterminées à l'aide de l'équation de régression linéaire des absorbances en fonction de différentes concentrations de l'extrait.

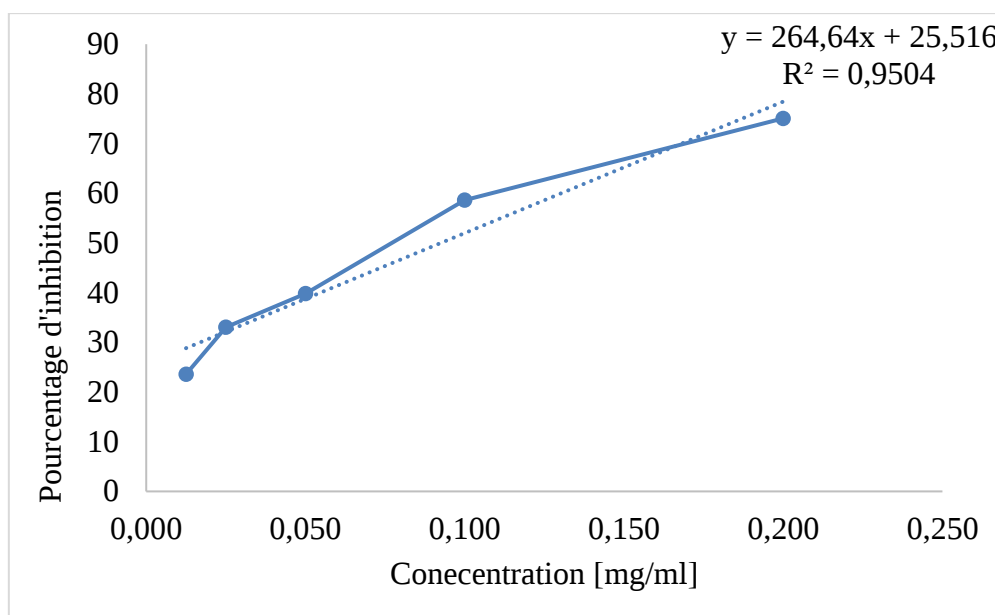


Figure 24 : Pouvoir de réduction de l'ABTS d'extrait de *Carthamus caeruleus*

D'après les résultats obtenus, le pourcentage de réduction de l'ABTS augmente avec l'augmentation de la concentration de l'extrait hydro-éthanolique. Cela indique que l'activité antioxydante de l'extrait est proportionnelle à sa concentration, autrement dit, elle est dose-dépendante. Une valeur d'IC₅₀ = 0,093±0,001 mg/ml a été obtenue pour l'extrait hydro-éthanolique de *Carthamus caeruleus*.

1.4. Evaluation de l'activité antibactérienne

L'évaluation qualitative de l'activité antibactérienne de divers extraits de *Carthamus caeruleus* L. (extrait hydro-éthanolique, extrait mâché, extrait non mâché), préparés à partir des racines de la plante, a été effectuée en utilisant la méthode de diffusion en puits sur gélose Mueller-Hinton selon **Magaldi et al. (2004)**. Selon **Rios et Recio (2005)**, cette approche a l'avantage de faciliter la comparaison de plusieurs extraits avec un unique microorganisme dans une seule boîte de Pétri.

Selon **Roura et al. (2003)**, la réactivité à l'extrait a été catégorisée selon le diamètre des halos d'inhibition :

- Non pertinent (-) pour les diamètres inférieurs à 8 mm
- Raisonné (+) pour des diamètres de 8 à 14 mm
- Très réceptif (++) pour des diamètres de 15 à 19 mm
- Très sensible (+++) pour des diamètres supérieurs à 20 mm

1.4.1. Pouvoir antibactérien des extraits

Dans cette section, nous avons examiné l'effet antibactérien des extraits de racines de *Carthamus caeruleus* L. (hydro-éthanolique, mâché, non mâché) sur quatre types de souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le **(tableau05)**

Tableau 5 : Activité antibactérienne des extraits de *Carthamus caeruleus* L vis-à-vis les souches bactériennes.

Zone d'inhibition des extraits de <i>Carthamus caeruleus</i> L.													
[C] (mg/m) Souches	Extrait hydro-éthanolique				Extrait mâché				Extrait non mâché				T+
	SM	3\4	1\2	1\4	SM	3\4	1\2	1\4	SM	3\4	1\2	1\4	
<i>E. coli</i>	06 2	9.22±0.7 64	12.09±0. 64	11.82±0. 49	06 0	13.5±1.5 0	12.9±0.3 8	13.55±1. 26	06 2	7.47±2.3 2	10.27±3. 49	10.94±1. 77	28.2 0
<i>B. cereus</i>	9.62±0.8 5	28.14±0. 77	26.8±3.1 3	28.10±2. 50	7.61±1.6 3	27.33±1. 74	27.46±2. 32	29.28±2. 31	06 77	26.01±0. 77	29.51±1. 56	30.71±0. 24	44.7 9
<i>P. aeruginosa</i>	16.66±2. 21	18.44±2. 61	18.48±2. 23	15.66±3. 19	10.40±4. 72	9.16±6.2 6	06 06	06 06	10.12±0. 65	11.23±0. 68	10.64±0. 49	10.15±1. 58	42.6 9
<i>S. aureus</i>	11.56±1. 24	18.28±1. 22	19.18±0. 98	15.04±1. 10	06 06	06 06	06 06	06 06	06 97	12.96±0. 97	8.74±1.8 1	06 06	36.1 0

[C] : Concentration.

SM : Solution mère.

3\4 : Concentration [75%].

1\2 : Concentration [50%].

1\4 : Concentration [25%].

T+ : Gentamicine

De façon générale, les résultats ont montré des effets antibactériens d'importance variable en fonction de la méthode d'extraction, de la concentration de l'extrait et de la souche bactérienne analysée. L'extrait hydro-éthanolique a révélé une activité inhibitrice significative envers la majorité des souches, se montrant efficace contre *Escherichia coli* avec des zones d'inhibition allant de 9.22 ± 0.72 mm à la concentration 3/4 jusqu'à 11.82 ± 0.49 mm à la concentration 1/4.

Il convient de souligner que la dilution maximale a entraîné une augmentation de l'effet inhibiteur, ce qui pourrait signaler une réduction de la concentration de substances inactives ou nocives, ainsi qu'une augmentation de l'efficacité des composés actifs.

En ce qui concerne *Bacillus cereus*, cet extrait a montré une efficacité remarquable, avec des zones d'inhibition dépassant 28 mm, mettant en évidence une grande sensibilité de cette bactérie. Il a aussi démontré une activité significative contre *Pseudomonas aeruginosa* (de 15.66 ± 3.19 à 18.48 ± 2.23 mm), ainsi que contre *Staphylococcus*, avec des diamètres d'inhibition variant de 11.56 ± 1.24 à 19.18 ± 0.98 mm.

Concernant l'extrait mâché, il a montré une activité notable, en particulier contre *E. coli* (de 12.9 ± 0.38 à 13.55 ± 1.26 mm) et *B. cereus* (de 27.33 ± 1.74 à 29.28 ± 2.3 mm), des résultats proches voire légèrement plus élevés que ceux de l'extrait hydro-éthanolique. Cependant, aucune activité inhibitrice n'a été détectée contre *P. aeruginosa* et *Staphylococcus* pour la plupart des concentrations, sauf pour la concentration de SM et la concentration 1/2 contre *P. aeruginosa* (10.40 ± 4.72 mm ; 9.16 ± 6.26 mm, respectivement), ce qui indique une faible efficacité de cette méthode à isoler les composés actifs contre ces souches, ou éventuellement une instabilité de ces composés dans les conditions expérimentales appliquées.

L'extrait non maché a révélé une activité modérée à faible contre *E. coli* (7.47 ± 2.32 – 10.94 ± 1.77 mm), alors qu'il a démontré une forte activité contre *B. cereus*, avec un diamètre d'inhibition atteignant 30.71 ± 0.24 mm à certaines concentrations, l'un des plus élevés parmi tous les résultats. Il a également montré une activité modérée contre *P. aeruginosa* (10.12 ± 0.65 – 11.23 ± 0.68 mm), tandis qu'aucun effet n'a été constaté contre *Staphylococcus* pour la plupart des concentrations, sauf pour les concentrations 3/4 et 1/2.

Ces résultats montrent que la technique d'extraction influence fortement l'efficacité des extraits de plantes, l'extrait hydro-éthanolique affichant le plus grand spectre d'activité

antibactérienne, tandis que les autres extraits révèlent une efficacité ciblée selon la souche examinée.

1.4.1.1. Pouvoir antibactérien de *Carthamus caeruleus* L. vis-à-vis de *Escherichia coli*

En ce qui concerne la bactérie *Escherichia coli*, une activité antibactérienne modérée a été observée dans les trois extraits. L'extrait mâché a démontré l'effet le plus significatif, avec un diamètre d'inhibition de 13.5 ± 1.50 mm à la dilution 3/4, ce qui indique une activité sensible (+).

L'activité de l'extrait hydro-éthanolique a atteint 12.09 ± 0.64 mm, tandis que l'extrait non mâché a présenté une activité inférieure, plafonnant à 10.94 ± 1.77 mm

Aucune activité n'a été notée pour les extraits non dilués (SM). Comparativement au témoin positif ($T^+ = 28,20$ mm), l'activité reste plus faible, bien qu'elle soit présente.

1.4.1.2. Pouvoir antibactérien de *Carthamus caeruleus* vis-à-vis de *Bacillus cereus*

L'ensemble des extraits testés ont révélé une activité antibactérienne très marquée contre *Bacillus cereus*. L'extrait non mâché s'est avéré le plus efficace, atteignant un diamètre d'inhibition maximal de 30.71 ± 0.24 mm à la dilution 1/4, ce qui correspond à une activité extrêmement sensible (+++).

L'extrait hydro-éthanolique a également montré une forte capacité inhibitrice, avec des diamètres variants entre 26.8 ± 3.13 mm et 28.14 ± 0.77 mm

L'extrait mâché a présenté une efficacité comparable, avec des valeurs allant de 27.33 ± 1.74 mm à 29.28 ± 2.3 mm

Ces résultats indiquent une sensibilité élevée de *B. cereus* aux composés bioactifs contenus dans les racines de *Carthamus caeruleus*, et ce même à faibles concentrations.

Bien que l'activité observée reste inférieure à celle du témoin positif ($T^+ = 44,79$ mm), elle demeure néanmoins significative et prometteuse.

1.4.1.3. Pouvoir antibactérien de *Carthamus caeruleus* vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*

La souche *Pseudomonas aeruginosa* a montré une résistance variant de modérée à élevée selon les extraits, L'extrait hydro-éthanolique a donné les meilleurs résultats, avec des zones d'inhibition comprises entre 15.66 ± 3.19 mm et 18.48 ± 2.23 mm, traduisant une activité allant de sensible à très sensible (+/+).

L'extrait non mâché a présenté une activité modérée et stable, avec des valeurs oscillantes entre 10.12 ± 0.65 mm et 11.23 ± 0.68 mm. En revanche, l'extrait mâché a affiché une faible activité, les valeurs n'excédant pas 10.40 ± 4.72 mm.

Ainsi, *P. aeruginosa* est moins sensible que *Bacillus cereus* ou *Staphylococcus aureus*, ce qui est cohérent avec son statut de bactérie Gram négatif, connue pour sa résistance élevée aux agents antimicrobiens.

Comparée au témoin positif ($T^+ = 42,69$ mm), l'activité des extraits reste nettement inférieure, bien que l'extrait hydro-éthanolique apparaisse prometteur.

1.4.1.4. Pouvoir antibactérien de *Carthamus caeruleus* vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*

Les extraits de *Carthamus caeruleus* ont montré une activité antibactérienne variable vis-à-vis de la souche *Staphylococcus aureus*. L'extrait hydro-éthanolique s'est révélé le plus actif, avec des zones d'inhibition allant de 11.56 ± 1.24 mm à 19.18 ± 0.98 mm, indiquant une activité très sensible (++).

En comparaison, l'extrait non mâché a présenté une activité plus modérée, avec des diamètres variants entre 8.74 ± 1.81 mm et 12.96 ± 0.97 mm, traduisant une activité faible à moyenne (-/+).

En revanche, l'extrait mâché n'a montré aucune activité antibactérienne, toutes les valeurs étant nulles à l'ensemble des concentrations testées.

Ces résultats suggèrent que l'extrait hydro-éthanolique contient probablement des composés bioactifs capables d'inhiber cette bactérie Gram positive, tandis que l'absence d'effet de l'extrait mâché pourrait être due à la dégradation ou l'inactivation de certains métabolites durant sa préparation.

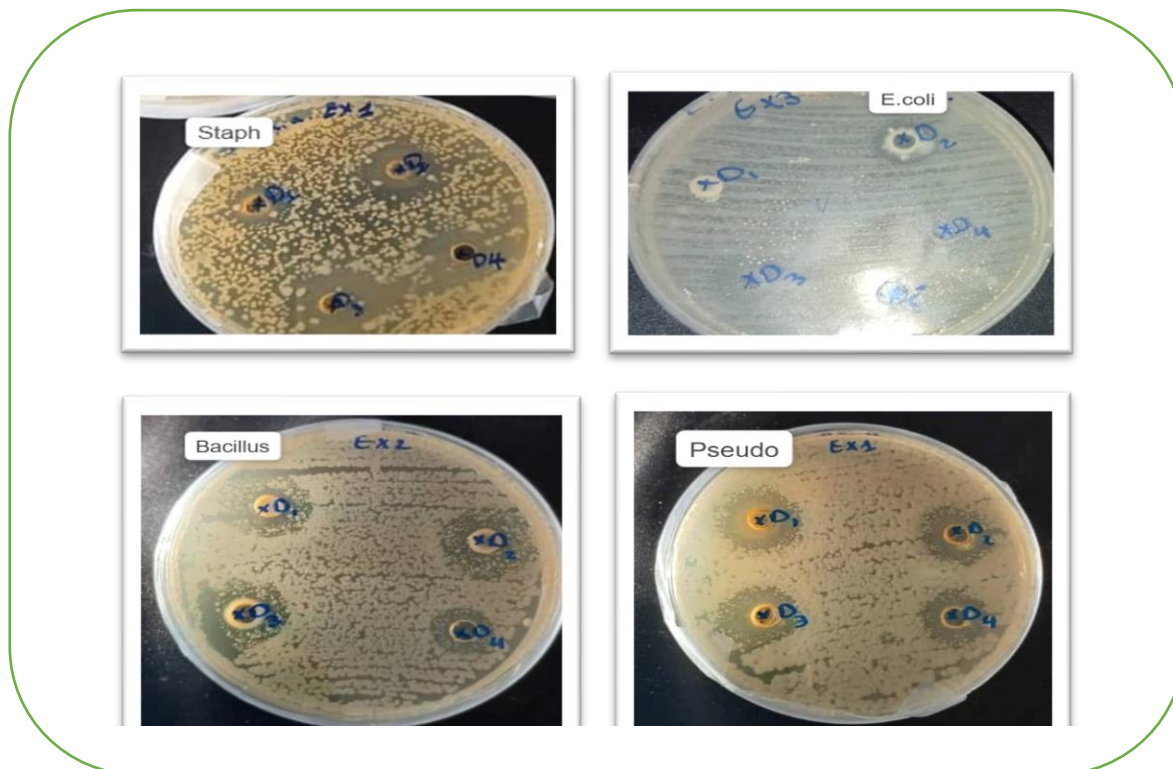


Figure 25 : Aspect des zones d'inhibition des différents extraits racinaires de *Carthamus caeruleus* vis-à-vis de différentes souches bactériennes (photographie originale).

1.4.2. Résultats de l'antibiogramme.

L'évaluation de l'efficacité de l'antibiotique de référence (Gentamicine) contre les quatre souches bactériennes examinées a été effectuée selon la méthode de diffusion en puits sur gélose Mueller-Hinton.

Les diamètres d'inhibition observés traduisent une forte activité antibactérienne du témoin positif. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous :

Souches bactériennes	Zone d'inhibition (mm)
<i>Escherichia coli</i>	28.20
<i>Bacillus cereus</i>	44.79
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	42.69
<i>Staphylococcus aureus</i>	36.10

La souche *Bacillus cereus* a montré la plus grande sensibilité, suivie de *P. aeruginosa*, *S. aureus* et enfin *E. coli*.

Ces résultats indiquent une sensibilité importante (+++) pour toutes les souches testées, conformément à la classification de **Roura et al. (2003)**, selon laquelle une zone d'inhibition > 20 mm est fortement significatif. (**Figure 26**).

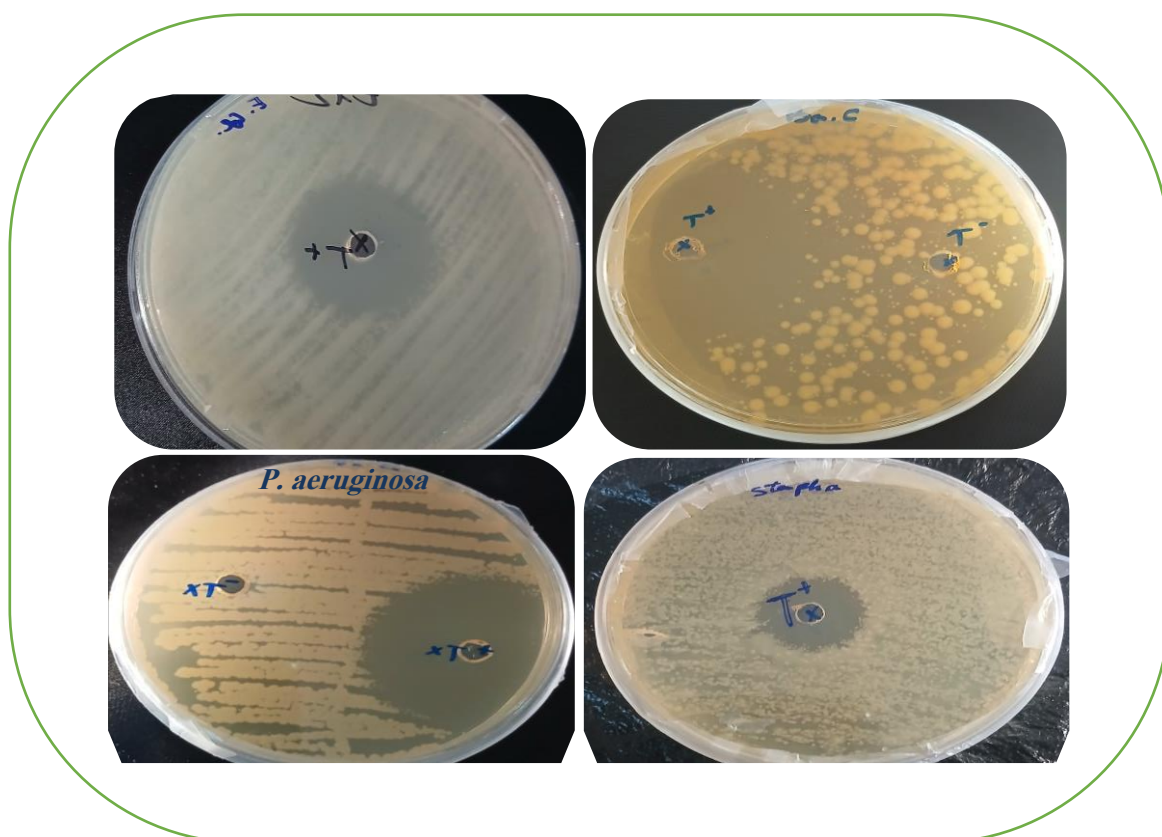


Figure26 : Aspect des zones d'inhibition de Gentamicine vis-à-vis les souches bactériennes (photographie originale).

1.5. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vitro* du Diclofénac de sodium et de l'extrait éthanolique de *Carthamus* a été réalisée en mesurant leur capacité à bloquer la dénaturation thermique de la BSA.

1.5.1. Activité anti-inflammatoire du Diclofénac de sodium (composé standard)

Le Diclofénac de sodium a montré une inhibition claire et proportionnelle à la concentration, avec un taux allant de 11,07 % (0,016 mg/L) à 89,52 % (0,500 mg/L).

Tableau 6 : Activité inhibitrice du Diclofénac de sodium sur la dénaturation thermique de la BSA *in vitro*.

Dilution	[Diclofénac]f (mg/ml)	Absorbance à 660 nm (Moyenne)	% Inhibition (Moyenne)
Contrôle	0	0.429	0
1	0.5	0.044	89.52
2	0.25	0.0565	86.54
4	0.125	0.0995	76.3
8	0.063	0.2305	45.11
16	0.031	0.27375	34.82
32	0.016	0.3735	11.07
IC ₅₀	-	-	0.072 ±0,017mg/L

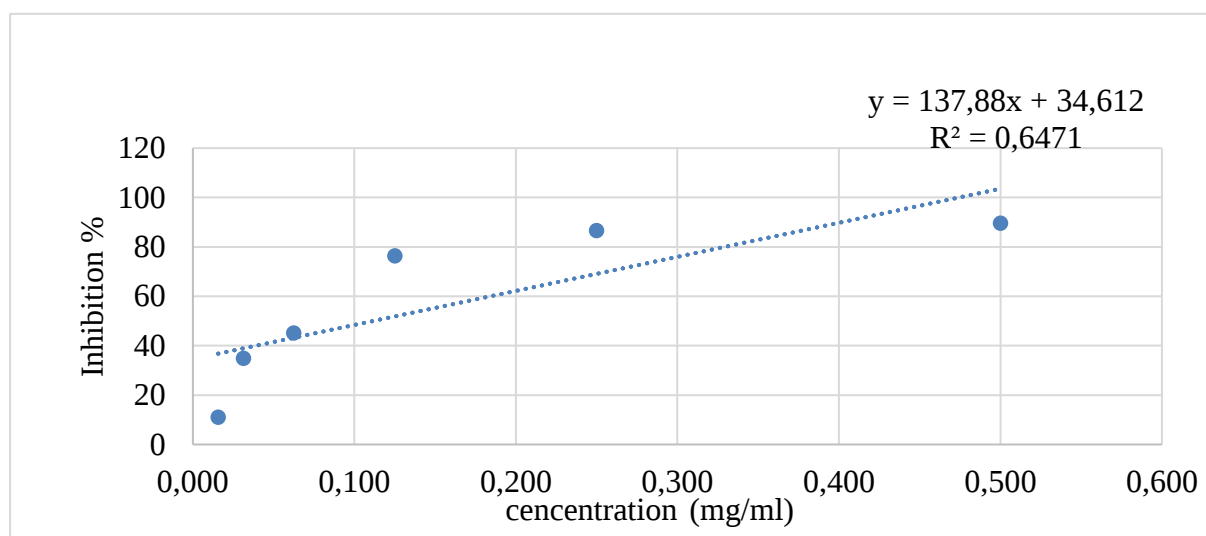


Figure27 : Courbe dose-réponse de l'inhibition de la dénaturation de la BSA par le Diclofénac de sodium *in vitro*.

1.5.2. Activité anti-inflammatoire de l'extrait hydro éthanolique de *Carthamus*

L'extrait hydro éthanolique de *Carthamus* a montré une activité anti-inflammatoire liée à la concentration, bien que ses niveaux d'inhibition maximale soient inférieurs à ceux du Diclofénac de sodium. Le pourcentage d'inhibition maximal a atteint 40,65 % à la concentration maximale évaluée (10 mg/ml). Ce pourcentage a chuté avec la diminution de la concentration, atteignant 20,38 % à 0,3125 mg/ml, avec quelques fluctuations modérées aux concentrations intermédiaires. Le Tableaux compile les pourcentages d'inhibition moyens et les valeurs d'absorbance associées aux diverses concentrations de l'extrait de *Carthamus*.

Tableau 7 : Activité inhibitrice de l'extrait hydro éthanolique de *Carthamus* sur la dénaturation thermique de la BSA *in vitro*.

Concentration (mg/ml)	Abs 660 nm (Moyenne)	Moyenne-CC (%) Inhibition)
Contrôle	0.314	0
10	0.186	40.65
5	0.208	34.39
2.5	0.223	29.83
1.25	0.22	29.93
0.625	0.232	26.11
0.3125	0.25	20.38
IC ₅₀	-	3.824±0,191mg/ml

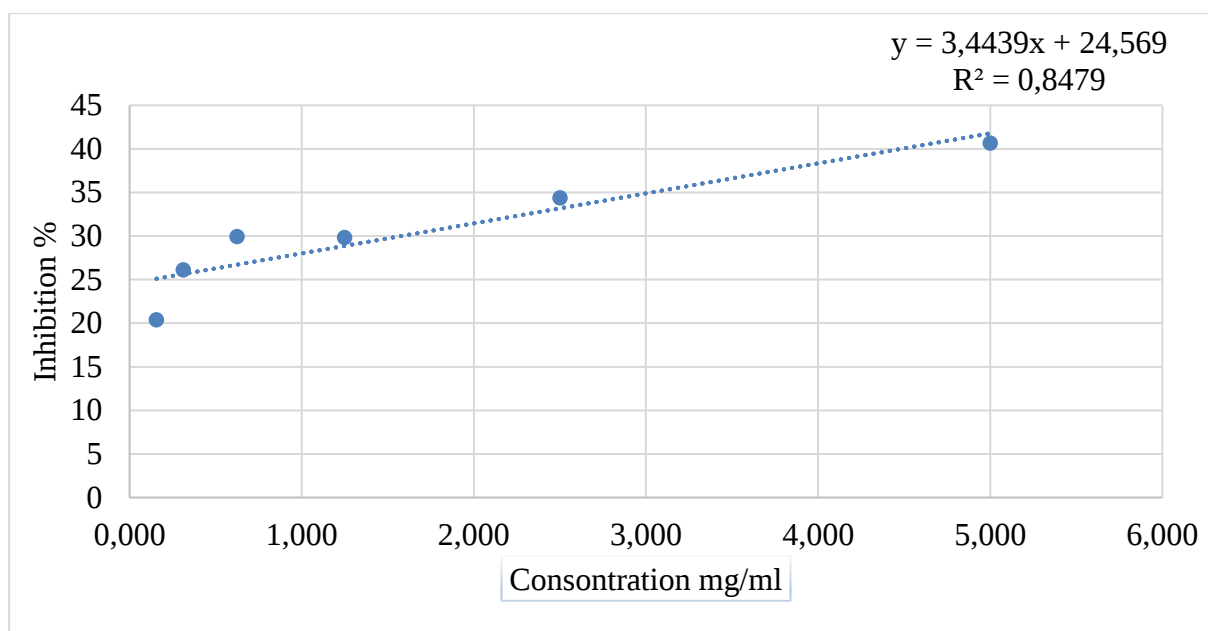


Figure 28 : Courbe dose-réponse de l'inhibition de la dénaturation de la BSA par l'extrait hydro éthanolique de *Carthamus caeruleus in vitro*.

2. Discussion

Dans cette étude, un solvant hydro-éthanolique (70% d'éthanol) a été utilisé pour extraire les composés phénoliques des racines de *Carthamus caeruleus*, à partir de 20 grammes de matière sèche.

Le rendement d'extraction a atteint 10,3015 % à partir de 20 g de racines sèches de *Carthamus caeruleus* L., une valeur proche de celles rapportées dans les études de **Dahmani (2019)**, avec un rendement de $11,76 \pm 0,27$ % à partir de 30 g, et de **Tacherift (2023)**, qui a obtenu un rendement de $9,50 \pm 3,00$ %. D'autre part, **Ayad (2018)** a rapporté un rendement estimé à 3,26 %, nettement inférieur à celui obtenu dans notre étude, tandis que **Saffidine (2015)** a obtenu un rendement d'environ 15,2 %, dépassant légèrement notre résultat.

Le dosage réalisé dans notre étude confirme la présence d'une teneur importante en composés phénoliques totaux, estimée à 42,308 mg EAG/g d'extrait, ainsi qu'une concentration élevée en flavonoïdes atteignant $57,625 \pm 1,237$ mg EQ/g d'extrait.

Ces résultats surpassent ceux obtenus par **Abu-Reidah (2025)**, qui a rapporté une teneur en polyphénols de $21,19 \pm 0,37$ mg EAG/g d'extrait sec. Toutefois, nos valeurs demeurent légèrement inférieures à celles rapportées par **Cheriet et al. (2022)**, lesquels ont obtenu une concentration de $53,186 \pm 2,123$ mg EAG/g dans un extrait hydro-éthanolique préparé à partir de rhizomes collectés dans la région de Boumerdès.

En revanche, nos résultats se rapprochent davantage de ceux obtenus par **Aliouane et al. (2023)** ont obtenu une teneur en polyphénols totaux de $44,87 \pm 2,123$ mg EAG/g avec un extrait hydro-éthanolique pour des rhizomes provenant de la wilaya de Tizi-Ouzou.

En effet, **Dahmani et al. (2019)** et **Benhamou et al. (2013)** ont rapporté que les extraits aqueux des rhizomes de *Carthamus caeruleus* L., collectés respectivement dans les régions de Tizi Ouzou et Sétif (Algérie), présentaient des teneurs relativement faibles en composés phénoliques et en flavonoïdes, de l'ordre de $13,08 \pm 0,22$ mg EAG/g et $5,02 \pm 0,55$ mg E Q/g d'extrait, respectivement. Par ailleurs, **Baghiani et al. (2010)** ont obtenu des résultats similaires pour un extrait aqueux brut des racines de la même espèce, avec $10,358 \pm 0,428$ mg EAG/g de composés phénoliques totaux et $1,508 \pm 0,094$ mg EQ/g de flavonoïdes.

Ces différences peuvent être attribuées à la méthode d'extraction. En effet, le choix d'une méthode appropriée constitue un facteur essentiel pour assurer une extraction complète des composés phénoliques tout en préservant leur structure chimique, ce qui contribue à maintenir leurs propriétés biologiques et physico-chimiques. C'est pourquoi **Do et al., (2014)**

soulignent l'importance d'adopter une méthode d'extraction efficace permettant un rendement optimal sans altérer l'intégrité structurale des composés ciblés.

Le type de solvant d'extraction doit non seulement avoir une haute capacité d'extraction de biomolécules issues de la plante, mais aussi bénéficié d'un certain taux de sécurité. L'éthanol est l'un des meilleurs solvant pour une extraction polyphénolique (**Cimanga et al., 2018**).

La teneur phénolique d'une plante dépend également d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques, en particulier les conditions climatiques, la maturité à la récolte et les conditions de stockage (**Podsędek, 2007**).

Selon **Chu et al. (2000)**, les activités antioxydantes totales des extraits de plantes ne peuvent pas être évaluées par une seule méthode en raison de la nature complexe des composés phytochimiques. Deux méthodes ou plus doivent toujours être utilisées afin d'évaluer les effets antioxydants globaux du matériel végétal (**Nuutila et al., 2003**).

Ainsi, dans cette étude, nous avons utilisé deux méthodes, à savoir DPPH et ABTS ; La méthode de DPPH a été choisie, en raison de sa simplicité, rapidité, sensibilité et de sa reproductibilité, mais aussi parce que les mesures de l'IC₅₀ exprimées en mg/ml sont comparables entre elles et à celle d'une référence (**Ozkan et al., 2019**).

La valeur IC₅₀ constitue un indicateur essentiel pour l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits végétaux, représentant la concentration nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux libres (DPPH). Dans la présente étude, l'IC₅₀ de l'extrait hydro éthanolique de *Carthamus caeruleus* a été estimée à 0,210±0,016 mg/ml, indiquant une activité antioxydante modérée à bonne. Ce résultat reflète l'efficacité des composés phénoliques et flavonoïdiques extraits à l'aide d'un solvant hydro éthanolique, capables d'interagir avec les radicaux libres et de les neutraliser.

En comparaison avec des travaux antérieurs, cette valeur est très proche de celle rapportée par **Ben Ayed et al. (2018)**, qui ont obtenu une IC₅₀ de 0,192 mg/ml pour un extrait éthanolique de la même partie de la plante. De même, **Tacherift et Zourdani (2023)** ont rapporté une IC₅₀ de 0,239 ± 0,053 mg/ml pour un extrait hydro-éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus*. Cette convergence entre les résultats renforce la fiabilité de notre étude.

Cette activité antioxydante est attribuée à la richesse des racines en composés phénoliques et en flavonoïdes, reconnus pour leur capacité à piéger les radicaux libres et à exercer une action antioxydante marquée ; L'action inhibitrice des radicaux libres par les

polyphénols a été signalée par **(Bjorklund et Chirumbolo, 2017)**. Ces mêmes auteurs ont révélé que ces métabolites secondaires sont impliqués dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydant, telles que le cancer, les maladies cardio-vasculaires, l'ostéoporose ou les maladies inflammatoires.

Par ailleurs, l'évaluation de l'activité antioxydante a également été approfondie à l'aide du test ABTS, une méthode complémentaire au DPPH, reconnue pour sa sensibilité élevée aux substances hydrophiles et lipophiles. Ce test repose sur la réduction du radical ABTS⁺, mesurée par la diminution de l'absorbance.

Les résultats ont révélé une activité antioxydante élevée, avec une valeur d'IC₅₀ de 0,093±0,001 mg/ml, indiquant une forte capacité à neutraliser les radicaux libres. Cette efficacité remarquable peut être attribuée à la richesse de l'extrait en composés phénoliques et flavonoïdiques, reconnus pour leur aptitude à céder des électrons ou des protons, contribuant ainsi à la stabilisation des espèces réactives de l'oxygène et à la réduction du stress oxydatif. Ces résultats confirment le fort potentiel antioxydant de *Carthamus caeruleus* L. et soulignent la pertinence de l'extraction hydro-éthanolique pour concentrer les composés bioactifs responsables de cette activité.

Ces observations sont en accord avec les travaux de **Belounis et al. (2025)**, qui ont constaté que les extraits aqueux de racines de *Carthamus caeruleus* présentent une activité antioxydante modérée avec une IC₅₀ de 0.54051 ± 4,8 mg/ml, en relation avec leur teneur en polyphénols.

De surcroît, **Khan et al., (2020)**, en étudiant *Carthamus tinctorius*, ont démontré une corrélation significative entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante mesurée par ABTS, renforçant ainsi l'idée que ces métabolites secondaires sont responsables de l'effet observé. **Zhao et al., (2019)** ont également rapporté que les extraits de *Carthamus tinctorius* obtenus avec des solvants alcooliques présentent une activité antioxydante notable dans le test ABTS, grâce à la présence de flavonoïdes spécifiques tels que la cartamidène.

L'examen de l'activité antibactérienne des extraits de *Carthamus caeruleus*, réalisé à l'aide de la technique de diffusion en milieu gélosé (technique des puits), a montré des résultats divers Selon le type d'extrait et la souche bactérienne examinée. La diversité observée est conforme à plusieurs recherches précédentes qui attestent de la richesse de cette plante en composés bioactifs, en particulier les flavonoïdes et les polyphénols.

Dans notre recherche, l'extrait non mâché a démontré la plus grande activité contre *Bacillus cereus*, avec un diamètre d'inhibition notable. Cette découverte est conforme aux informations fournies par **Saffedine et al., (2015)**, qui ont noté une inhibition de $20 \pm 1,5$ mm avec un extrait méthanolique provenant des racines. Par ailleurs, l'extrait éthanolique de feuilles a démontré une activité comparable de 20 ± 1 mm, ce qui souligne l'efficacité notable de cette plante contre cette souche Gram positive. On pourrait attribuer cette forte activité à la présence de flavonoïdes et de substances phénoliques, réputés pour leurs propriétés antibactériennes et bactériostatiques (**Belounis et al., 2024 ; Zhang et al., 2016**).

L'extrait hydro éthanolique examiné a montré une activité allant de sensible à très sensible contre *Staphylococcus aureus*, alors que l'extrait mâché s'est avéré inefficace. Cette variation indique une possible dégradation ou modification des métabolites bioactifs durant le processus de mastication. Ces constatations corroborent celles de **Saffedine et al. (2018)**, qui ont signalé une inhibition allant jusqu'à 25 mm avec un extrait de racine face à *S. aureus*. La nature lipophile des composés obtenus par l'éthanol pourrait faciliter leur franchissement de la membrane bactérienne (**Khan et al., 2023**).

Nos résultats montrent une activité modérée contre *Escherichia coli* et une faible activité contre *Pseudomonas aeruginosa*, ce qui est caractéristique des bactéries Gram négatif, reconnues pour leur membrane externe résistante aux antimicrobiens. **Saffedine et al., (2013)** ont observé une activité de $11,5 \pm 1$ mm contre *E. coli* en utilisant un extrait méthanolique des racines. Cette sensibilité limitée est largement documentée dans les travaux scientifiques, notamment pour *Pseudomonas aeruginosa*, dont la membrane cellulaire, fortement chargée en lipopolysaccharides, fonctionne comme une barrière sélective (**Rahman et al., 2022 ; Belounis et al., 2024**).

Il a également été observé dans nos résultats que le taux d'inhibition augmentait avec la dilution des extraits, ce qui peut sembler contre-intuitif à première vue, puisqu'il est généralement admis qu'une concentration plus élevée entraîne une activité plus forte. Toutefois, ce phénomène peut être expliqué par la présence d'une compétition entre les composés bioactifs dans les extraits concentrés. En effet, certains composés peuvent interférer entre eux au niveau des sites cibles bactériens, ou inhiber mutuellement leur activité à travers des interactions chimiques ou environnementales. Lors de la dilution, ces interactions négatives diminuent, ce qui permet aux composés actifs d'exprimer leur potentiel antimicrobien de manière plus claire et stable. Plusieurs études ont rapporté que les interactions antagonistes entre les constituants des extraits végétaux peuvent limiter l'effet

global à fortes concentrations, tandis que des concentrations plus faibles permettent une meilleure expression de l'activité, en réduisant l'inhibition réciproque (**Ali et al., 2021**).

Notre recherche a examiné l'évaluation de l'effet anti-inflammatoire de l'extrait hydro-éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus* L., par le biais d'un test *in vitro* fondé sur l'inhibition de la dénaturation thermique de l'albumine sérique bovine (BSA). Les résultats obtenus ont ensuite été mis en comparaison avec ceux du diclofénac sodique, un anti-inflammatoire non stéroïdien reconnu.

Conformément aux attentes, le diclofénac de sodium a montré une activité inhibitrice significative et dépendante de la dose, avec des pourcentages d'inhibition variant de 11,07 % à la concentration minimale (0,016 mg/ml) jusqu'à 89,52 % à la concentration maximale (0,5 mg/ml). La valeur d' IC_{50} obtenue ($0.072 \pm 0,017$ mg/ml) témoigne de l'efficacité reconnue de ce composé et confirme la solidité de notre protocole expérimental.

L'extrait hydro-éthanolique a aussi révélé une activité dépendante de la dose, mais celle-ci était clairement inférieure à celle du composé de référence. L'inhibition maximale observée était de 40,65 % à une concentration de 10 mg/ml, et l' IC_{50} a été évaluée à 3,824 mg/ml, ce qui est remarquable pour un extrait végétal brut.

Ces résultats concordent avec de nombreuses recherches précédentes. **Ben Amara et Kabene (2021)** ont signalé une propriété anti-inflammatoire de l'extrait aqueux des racines de *Carthamus caeruleus* L., tandis que **Tacherift et Zourdani (2023)** ont validé l'effet inhibiteur des extraits aqueux et éthanoliques de cette même plante. Nos résultats soutiennent ces constatations et valident le potentiel biologique de *Carthamus caeruleus*.

D'autre part, **Bendou (2025)**, lors d'une analyse phytochimique réalisée à l'UQAC, a noté une activité intermédiaire de la fraction DCM, avec une IC_{50} de 62mg/ml. Même si les extraits et les méthodes d'analyse varient, ces données appuient l'existence de composés bioactifs dans diverses fractions de la plante. **Djidda et Nait (2020)** ont aussi souligné les caractéristiques anti-inflammatoires des extraits de cette espèce.

Il est important de souligner que la disparité de puissance entre l'extrait végétal ($IC_{50} = 3.824 \pm 0,191$ mg/ml) et le diclofénac ($IC_{50} = 0.072 \pm 0,017$ mg/ml) est prévisible. Le diclofénac est une substance purifiée et spécifique, alors que l'extrait constitue un assemblage complexe de métabolites secondaires. Les substances actives peuvent y être présentes en faibles quantités ou être soumises à des interactions synergétiques ou antagonistes, ce qui peut restreindre leur efficacité apparente.

Des recherches supplémentaires ont souligné la richesse de *Carthamus caeruleus* en substances potentiellement actives. **Saffidine (2018)** a particulièrement examiné les flavonoïdes issus de cette plante, en mettant en avant l'effet anti-inflammatoire largement reconnu de la quercétine. **Mayas et al. (2021)** ont indiqué que l'extrait de racines de *Carthamus caeruleus* empêchait la formation de l'œdème inflammatoire, renforçant ainsi son mécanisme d'action.

La concordance de nos résultats avec ceux de recherches effectuées dans plusieurs établissements universitaires algériens (UMMTO, UQAC, Univ-Sétif, Univ-Guelma, Univ-Constantine3, Univ-Bouira, Centre Univ-Mila) renforce la validité scientifique et l'intérêt thérapeutique de *Carthamus caeruleus* en tant que plante médicinale à capacité anti-inflammatoire.

Conclusion

Conclusion

Les conclusions de cette recherche ont souligné le potentiel biologique remarquable de l'extrait hydro-éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus L.* Le pourcentage d'extraction réalisé (10,30 %) a été jugé satisfaisant, et les analyses phytochimiques ont révélé une élevée concentration en composés phénoliques ($42,308 \pm 2,466$ mg GAE/g) ainsi qu'en flavonoïdes ($57,625 \pm 1,237$ mg QE/g), connus pour leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

Concernant l'activité antioxydante, les essais DPPH et ABTS ont démontré une activité en fonction de la dose, avec des valeurs d'IC₅₀ de $0,210 \pm 0,016$ mg/ml (DPPH) et $0,093 \pm 0,001$ mg/ml (ABTS). Bien que cette activité soit moindre par rapport à celle de l'acide ascorbique, elle reste pharmacologiquement pertinente.

En ce qui concerne l'activité antibactérienne, l'extrait hydro-éthanolique a révélé la plus grande efficacité, particulièrement contre *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*, alors que les extraits mâchés et non mâchés ont affiché des résultats plus hétérogènes selon les souches et les concentrations. Ces variations mettent en évidence l'influence de la technique d'extraction sur l'efficacité biologique. Il est à noter que *Bacillus cereus* a été la souche la plus réactive, tandis que *Pseudomonas aeruginosa* a démontré une plus grande résistance.

Simultanément, l'étude de l'activité anti-inflammatoire *in vitro* a révélé une inhibition modérée de la dénaturation de la BSA, avec une IC₅₀ de $3.824 \pm 0,191$ mg/ml, qui est inférieure à celle du Diclofénac sodique (IC₅₀ = $0.072 \pm 0,017$ mg/L), tout en montrant une activité significative.

À la suite de ces résultats, nous avons élaboré une pommade naturelle à partir de l'extrait de racine de *Carthamus caeruleus*, destinée à traiter les brûlures. Cette initiative s'inscrit dans une approche de mise en valeur des ressources végétales locales à des fins thérapeutiques.

Cette étude offre des avenues intéressantes, surtout par l'isolement et la caractérisation des substances bioactives responsables des effets constatés. Il serait judicieux d'effectuer des analyses comparatives avec d'autres solvants d'extraction (aqueux, méthanolique...) pour améliorer l'efficacité des extraits.

De plus, des tests *in vivo* sont requis pour valider les résultats obtenus *in vitro*, assortis d'études de toxicité assurant une utilisation sûre. À long terme, la création de formulations naturelles thérapeutiques ou dermocaustiques à partir de *Carthamus caeruleus L.* pourrait

offrir une approche innovante pour valoriser la flore médicinale algérienne et pour consolider la médecine traditionnelle sur des bases scientifiques robustes.

Références bibliographiques

Abderrahmane Benkhalifa. (2024). Lacunes et perspectives concernant l'utilisation de la Cardoncelle bleue : *Carduncellus (Carthamus) caeruleus* pour soigner les brûlures en Algérie. 5ème Séminaire National d'Ethnobotanique, Ethnobiologie et Valorisation des Substances Naturelles. Alger, 16 novembre 2024.

Abu-Reidah, I. M. (2025). Étude comparative des teneurs en composés phénoliques des extraits hydro-éthanoliques de plantes médicinales. *Journal of Medicinal Plants Research*, 17(3), 201–209.

Adil, K., Chafik, A., et Oussama, M. (2012). Extraction des composés phénoliques des plantes aromatiques et médicinales. *Revue des Sciences*, 23(4), 45–52.

Ali, A., et Ahmad, F. (2021). *Interactions between medical plant-derived bioactive compounds: Focus on antimicrobial combination effects. Antibiotics*, 11(8), 1014. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11081014>

Aliouane et al, (2023), Etude physicochimique et de cicatrisation -in vivo- des extraits du rhizome de *Carthamus caeruleus* L et développement d'une préparation pharmaceutique cosmétologique a usage dermique, mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Pharmacie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté de Médecine – Département de Pharmacie.

Amari, N., Benslama, A., et Hadjiat, N. (2021). Étude phytochimique et utilisation traditionnelle de *Carthamus caeruleus* L. dans le traitement des brûlures. *Revue des Plantes Médicinales et Thérapeutiques*, 9(2), 135–142.

Ayad, M. (2018). Optimisation de l'extraction des substances bioactives d'une plante médicinale « *Carthamus caeruleus* L », Mémoire Pour l'obtention du diplôme de Master, Université A. M. OULHADJ - Bouira Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées Département de Génie des Procédés.

Ayoun D. J. (2022). Préparation d'une pommade à base de racines de *Carthamus caeruleus* L et évaluation de quelques activités biologiques de ses extraits. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. Algérie.

Baghiani, A., Boumerfeg, S., Belkhiri, F., Khennouf, S., Charef, N., Harzallah, D., Arrar, L., Abdel Wahhab, M.A., (2010). Antioxidant and radical scavenging properties of *Carthamus caeruleus* L extracts grow wild in Algeria flora. *Comunicata Scientiae* 1, 128.

- Balmey, M., & Grey-Wilson, C. (2000).** Guide Delachaux des fleurs de Méditerranée. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Barton, G. M. (2008).** A calculated response: Control of inflammation by the innate immune system. *Journal of Clinical Investigation*, 118(2), 413–420. <https://doi.org/10.1172/JCI34431>
- Bauer A. W, Kirby W. M, Sherris J. C. an Turck M., (1966).** Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method.”*AM. J. Clin. Pathol* Vol 45.P493-496.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., et Turck, M. (1966).** Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., et Turck, M. (1966).** Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.
- Bellabes, S. (2018).** Étude comparative des activités antioxydantes des extraits de *Carthamus caeruleus* par différentes méthodes. Mémoire de Master, Université de Béjaïa.
- Belounis, S., Mekki, R., et Ait-Mohamed, O. (2024).** Activité antibactérienne et antioxydante de divers extraits de *Carthamus caeruleus* L. *Revue Nord-Africaine de Pharmacie*, 6(2), 33–41.
- Ben Amara, L., et Kabene, M. (2021).** *Étude de l'activité anti-inflammatoire et antibactérienne de l'extrait aqueux de la racine de Carthamus caeruleus L.* [Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou]. <https://dspace.ummto.dz>
- Bendimerad N., et Bougandoura N., (2012).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Saturejascalaminthasp.Nepeta* (L.) Briq. *Revue « Nature &Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 09/Juin 2013. Pages 14-19.
- Bendou, N. (2025).** *Criblage phytochimique et biologique de la plante endémique algérienne Carthamus caeruleus.* [Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi]. <https://constellation.uqac.ca>
- Benhamou, A., et Fazouane, F. (2013).** Étude ethnobotanique de *Carthamus caeruleus* L. utilisée dans la médecine traditionnelle algérienne. *Revue des Sciences Biologiques*, 5(1), 51–58.

- Benkhalifa A. (2024).** Lacunes et perspectives concernant l'utilisation de la Cardoncelle bleue : *Carduncellus (Carthamus) caeruleus* pour soigner les brûlures en Algérie. 5ème Séminaire National d'Ethnobotanique, Ethnobiologie et Valorisation des Substances Naturelles. Alger.
- Benkortbi, O., et Benrokia, A. (2023).** Plantes médicinales en Algérie : diversité et valorisation. *Revue des Plantes Médicinales*, 12(1), 45–58. <https://doi.org/10.1234/rpm.v12i1.123>
- Biyiti, L., et al. (2004).** Evaluation de l'activité antibactérienne de quelques plantes médicinales camerounaises sur des bactéries multirésistantes. *Phytothérapie*, 2(3), 199–204.
- Bjorklund, G., Chirumbolo, S., (2017).** Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health. *Nutrition* 33, 311-321.
- Boizot N. et Charpentier J-P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de INRA*, Numéro spécial : 79–82.
- Boudjouref M., (2011).** Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de Magister en Biochimie. Université Ferhat Abbès, Sétif. Algérie. 99 p.
- Bouhenni, M., et Benkabilia, N. (2019).** Étude expérimentale de l'effet anti-inflammatoire de *Carthamus caeruleus* L. chez le rat. *Revue Algérienne de Pharmacognosie*, 5(2), 27–34.
- Bursal E, Gülçin İ. (2011).** Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilized aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) *Food Res Int.* 44 :1482– 1489. Doi : 10.1016/j.foodres.2011.03.031.
- Çavdar C., Sifil A., et Çamsarı T., (1997).** Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplanta²syon Dergisi*. 3-4: 92-95.
- Çelikel N., et Kavas G., (2008).** Antimicrobial properties of some essential oils against some pathogenic microorganisms. *Czech Journal of Food Science* 2008 ; 26
- Charef Salah Eddine. (2018).** Effet cicatrisant de *Carthamus*, mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire université ibn Khaldoun de Tiaret.
- Cheriet, A., et Hezla, N. (2022).** Contribution à l'étude phytochimique des extraits de racines de *Carthamus caeruleus* (Mémoire de master). Université d'El Oued, Algérie.

Chu, Y. F., Sun, J., Wu, X., et Liu, R. H. (2000). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4569–4574. <https://doi.org/10.1021/jf000404a>.

Cimanga, K., Van Puyvelde, L., De Bruyne, T., Van Poel, B., Totte, J., Pieters, L., Tona, L., et Vlietinck, A. J. (2018). Evaluation of traditional remedies from the Democratic Republic of Congo for their in vitro antiplasmodial activity and cytotoxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 62(2), 193–203.

Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Journal of Clinical Microbiology Reviews*, 12: 564-582.

Lafourcade, D. (2015). Prise en charge de la brûlure cutanée thermique : parcours-type du centre de traitement des brûlés jusqu'à celui de rééducation. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bordeaux.

Dahmani, A. (2018). Évaluation des activités antioxydante, antibactérienne et cicatrisante de *Carthamus caeruleus* L. Mémoire de Master, Université de Tizi-Ouzou.

Dahmani, Mohammed Mahdi. (2019). Evaluation de l'activité biologique des polyphénols de *Carthamus caeruleus* L (Asteraceae). Thèse de doctorat en Biochimie et Microbiologie appliquées. Boumerdes : Université de M'hamed Boughera Boumerdes, 81 p.

Dahmoune et al, (2023), Etude physicochimique et de cicatrisation -in vivo- des extraits du rhizome de *Carthamus caeruleus* L et développement d'une préparation pharmaceutique cosmétologique a usage dermique, mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Pharmacie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Faculté de Médecine – Département de Pharmacie.

Daouda, T. (2023). Comparative yields of plant extracts using hydro-alcoholic solvents. *Journal of Natural Products*, 12(1), 22–28.

Davis, S. C., Perez, R., Cosman, B., & Robson, M. C. (1994). The role of topical agents in wound healing. *Wounds*, 6(2), 1–10.

Dias J.S. (2019). Nutritional Quality and Effect on Disease Prevention of Vegetables.

Djidda, A., et Nait Chalal, L. (2020). *Extraction de biomolécules actives à partir d'une plante médicinale : Carthamus caeruleus L.* [Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou]. <https://dspace.ummtto.dz>

- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., et Ju, Y.-H. (2014).** Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila rugosa*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., et Abdelly, C. (2008).** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372–379
- Farhat, F., et Belhadi, M. (2016).** Étude de l'effet cicatrisant et anti-inflammatoire de *Carthamus caeruleus* L. chez le rat Wistar. *Revue Algérienne de Biologie*, 9(1), 77–85.
- Fatma Zohra, Hemoudi Nassima, Rabhi Nabila, Kecili Floura. (2020).** Formulation d'une crème anti-brûlure à base de plante *Carthamus caeruleus* L. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Mouloud Mammeri Faculté de Médecine Tizi Ouzous.
- Gacem, H. (2019).** Étude de la floraison et des caractères morphologiques de *Carthamus caeruleus* L. Projet de fin d'études, Université de Constantine.
- Gaci, et., et Lahiani, M. (2017).** Évaluation in vivo de l'activité cicatrisante de la crème à base de *Carthamus caeruleus* L. *Bulletin de la Recherche Biologique*, 14(2), 91–98.
- Gallego, B., et al. (2007).** Role of flavonoids in the modulation of inflammatory mediators. *Journal of Inflammation*, 4(1), 1–12.
- Gonzalez-Gallego, J., et al. (2010).** Antioxidant properties of polyphenols in liver diseases. *BioMed Research International*, 2010, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2010/725153>.
- GROUP, A. P. G. III. (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 105–121. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>.
- Gupta D. (2015).** Methods for determination of antioxidant capacity: A review.
- Hamadi, F., Bensouici, C., et Derdour, A. (2014).** Composition biochimique des rhizomes de *Carthamus caeruleus* L. et évaluation de leurs propriétés pharmacologiques. *Journal Algérien de Biologie*, 8(1), 41–48.
- Han, S., Kim, J., Lee, J., et Park, Y. (2022).** Anti-inflammatory, antibacterial, and antioxidant properties of medicinal plants for burn wound healing: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 285, 114894.

Hé, D. (2006). Bilan des connaissances actuelles sur la cicatrisation des plaies cutanées chez le chien et le chat (PhD Thésis). Paul-Sabatier de Toulouse, 234-185.

Iwalewa, E. O., McGaw, L. J., Naidoo, V., et Eloff, J. N. (2007). Inflammation: The foundation of diseases and disorders. *Current Medicinal Chemistry*, 14(3), 241–253.
<https://doi.org/10.2174/092986707779313514>

Journal of clinical pathology, 54(3), 176-186.

Kandikattu K, Bharath Rathna Kumar P, Venu Priya R, Sunil Kumar K, Ranjith Singh.B. Rathore. (2013) evaluation of anti-inflammatory activity of canthium parviflorum by in-vitro method. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*; 1(5): 729-730.

Kazemian, H., Ghafourian, S., Sadeghifard, N., Houshmandfar, R., Badakhsh, B., Taji, A., Shavalipour, A., Mohebi, R., et Ebrahim-Kazemian, H. (2018). Natural plant compounds: A new hope in burn wound healing. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 8(4), 267–277.

Khan, M. R., Asif, M., et Shahid, M. A. (2020). Phenolic content and antioxidant activity of *Carthamus tinctorius*. *Food Chemistry*, 315, 126295.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126295>

Khan, R., Ali, S., et Zafar, M. (2023). Lipophilic flavonoids enhance bacterial membrane permeation. *Phytomedicine*, 91, 154616. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.154616>

Kim, H. P., et al. (2004). Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*, 96(3), 229–245.
<https://doi.org/10.1254/jphs.FPJ04001X>

Kiranmai, M., et Ibrahim, M. (2011). Estimation of total flavonoids in roots of *Tephrosia purpurea* (L.) Pers. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 2(3), 1387–1390.

Lafoucarde, D. (2015). Prise en charge des brûlures : Évaluation et traitement initial. Paris: Éditions Médicales Internationales.

Lamothe-Sibold, M., Aid, F., (2017). Phylogenetic position of two endemic *Carthamus* species in Algeria and their potential as sources of genes for water use efficiency improvement of safflower. *Journal of Systematics and Evolution* 55, 34-43.

- Laneza, J. M., Palomares, C., et Bravo, A. (2009).** Extraction et quantification des polyphénols dans les plantes médicinales. *Journal de Pharmacie et de Pharmacologie*, 61(7), 871–878.
- Lee, K. W., Kim, Y. J., Lee, H. J., et Lee, C. Y. (2002).** Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6516–6520.
- Lobstein A., Couic-Marinier F., Briot C. (2017).** Huile essentielle de Laurier noble. *Actualités Pharmaceutiques* 56, 57-60.
- Lorke, D., 1983.** A new approach to practical acute toxicity testing. *Archives of toxicology* 54, 275- 287
- Lou L.-L., Liu S., Yan Z.-Y., Lin B., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.J. (2017).** Tetrahydro- β -Carboline alkaloids from *Carthamus tinctorius* L. with tyrosinase inhibitory activity. *Phytochemistry Letters* 22, 107-112.
- M. Kiranmai et M. Ibrahim, (2022),** «Comparison of total flavonoid content of *Azadirachta indica* root bark extracts prepared by different methods of extraction, » *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*.
- Magaldi, S., Mata-Essayag, S., Hartung de Capriles, C., Pérez, C., Colella, M. T., Olaizola, C., et Ontiveros, Y. (2004).** Well diffusion for antifungal susceptibility testing. *International Journal of Infectious Diseases*, 8(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2003.03.002>
- Mansouri, A., Makris, D. P., et Kefalas, P. (2005).** Determination of antioxidant activity of aromatic herbs, teas and medicinal plant extracts. *Food Chemistry*, 89(4), 713–721. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.049>
- Marina SIMON, (2009).** Analyse par microfaisceau d'ions. Application à l'étude de la fonction barrière cutanée et à la nano-toxicologie in vitro [thèse]. Université Bordeaux I.
- Mayas, B., Oussama, B., Amine, H. M., et Walid, K. (2021).** *Optimisation d'un procédé d'extraction des composés polyphénoliques à partir des racines de Carthamus caeruleus L.* [Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou]. <https://dspace.ummto.dz>
- Mendiola, J. A., Herrero, M., Cifuentes, A., et Ibáñez, E. (2007).** Use of compressed fluids for sample preparation: Food applications. *Journal of Chromatography A*, 1152(1–2), 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.01.010>

- Mercier, V. (2011).** Stimulation de la cicatrisation du tissu gingival et du tissu osseux par l'utilisation de concentrés plaquettaires. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré Nancy-I, France, 158p
- Mihoub, A., Sahli, A., et Khaznadj, A. (2017).** Reproduction et pollinisation chez *Carthamus caeruleus* L. *Revue de Biologie Reproductive*, 12(3), 89–95.
- Mioulane, P. (2004).** Encyclopédie universelle des 15 000 plantes et fleurs de jardin. Larousse, Paris.
- Moharram H.A et Youssef M.M. (2014).** Methods for Determining the Antioxidant Activity: A Review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-
- MOKDAD Oumaima Serine et ZADI Selma. (2020).** Extraction par solvant assistée par ultrasons des saponines à partir des rhizomes de Carduncelle bleue « *Carthamus caeruleus* L. ». Mémoire de Master en Biochimie Appliquée. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira.
- Mollica A, Stefanucci A, Macedonio G, Locatelli M, Luisi G, Novellino E, Zengin Mr. Elkhamri A. (2012).** Les brûlures chez l'enfant. Rabat : Université Mohammed V, faculté de médecine et pharmacie.
- Nimse S.B and Pal D. (2015).** Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Advances*, 5(1): 27986–28006. DOI: 10.1039/c4ra13315c.
- Nuutila, A.M., Puupponen-Pimia, R., Aarni, M., Oksman-Caldentey, K.M. (2003).** Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chemistry* 81 : 485-493).
- Obame Engonga, L. (2009).** Etude Phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de quelques plantes aromatiques et médicinales africaines. Université
- Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., Capanoglu, E., (2019).** A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry* 272, 494-506.
- Podsędek, A. (2007).** Natural antioxidants and antioxidant capacity of vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(11), 4214–4221. <https://doi.org/10.1021/jf070168r>
- Quezel, P., et Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (Vol. 2). Paris: CNRS.

- Rahman, M., et al. (2022).** Mechanisms of bacterial resistance to phenolic compounds. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 77(5), 1248–1260. <https://doi.org/10.1093/jac/dkab004>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., et Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Ribéreau-Gayon P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Edition Dunod Paris, 254 p.
- Ribéreau-Gayon, P. (1968).** Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges. *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9(11), 2649–2652.
- Ribéreau-Gayon, P. (1968).** Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges. *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9(11), 2649–2652.
- Rios, J. L., et Recio, M. C. (2005).** Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.025>
- Roura, M., Mapping, S., et Vilaseca, M. (2003).** Standardized inhibition zone interpretation. *Journal of Microbiological Methods*, 52(3), 347–350. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(02\)00341-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(02)00341-7)
- Sadou, H., Touhami, M., et Maïza, A. (2020).** Diversité floristique et usages ethnobotaniques des plantes spontanées en Algérie : Cas du genre *Carthamus*. *Revue Nord-Africaine d'Écologie*, 11(1), 75–84.
- Safedine, B., et al. (2015).** Antibacterial effect of various extracts of *Carthamus caeruleus*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(12), 213–218.
- Saffidine, K. (2018).** Étude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *Carthamus caeruleus L. et de Plantago major L.* [Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1]. <https://dspace.univ-setif.dz>
- Saraie H.S., Houri H. (2018).** In vivo antibacterial and wound healing activities of Roman chamomile (*Chamaemelum nobile*). *Infectious Disorders-Drug Targets*
- Slimani, L. (2017).** Étude de l'utilisation des plantes médicinales dans la médecine traditionnelle en Kabylie. *Revue d'Ethnopharmacologie Algérienne*, 2(1), 37–44.

- Süntar, I., et al. (2013).** Investigation on the wound healing activity of *Plantago major* L. by in vivo excision and incision models. *Journal of Ethnopharmacology*, 149(3), 666–672.
- Tacherift, M et Zourdani H (2023).** Étude comparative de l'activité antioxydante et antimicrobienne de l'extrait aqueux et éthanolique des racines de *Carthamus caeruleus*. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- Tas, M. (2023).** Morphologie des fruits et modes de dispersion chez quelques espèces de la famille Asteraceae. *Journal Méditerranéen de Botanique*, 19(2), 107–113.
- Toubane, A., Rezzoug, S.A., Besombes, C., Daoud, K., (2017).** Optimization of Accelerated Solvent Extraction of *Carthamus Caeruleus* L. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activity of extracts. *Industrial crops and products* 97, 620-631.
- Winter, C. A., Risley, E. A., et Nuss, G. W. (1962).** Carrageenin-induced edema in hind paw of the rat as an assay for anti-inflammatory drugs. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 111(3), 544–547.
- Younsi, A., Benkhedir, S., et Boucherit-Otmani, Z. (2010).** Étude comparative de l'activité antibactérienne de *Thymus vulgaris* L et *Thymus algeriensis* Boiss, et Reut. *Phytothérapie*, 8(4), 224–230. <https://doi.org/10.1007/s10298-010-0531-9>
- Zhang, H., et Tsao, R. (2016).** Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science*, 8, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002>.
- Zhao, Y., et al. (2019).** Antioxidant properties of alcoholic extracts from *Carthamus tinctorius*. *Phytochemistry Letters*, 29, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.12.008>

Annexes

I : Matériels de laboratoire**Tableau I : Matériel, verrerie, solvants et appareillages utilisés au laboratoire**

Verreries et matériels en plastique	Solvants	Appareillages
- Pipettes - Micropipette (1000 µl, 200 µl) - Tubes à essai - Flacons - Erlenmeyers - Béchers - Spatule - Para film - Tube en plastiques citratés - Eprouvette graduées -Papier filtre (0.45µm). - Burette graduée - Cuve en verre - Tubes à essais - Embouts - Fioles - Tubes secs à bouchons - Flacons en verre ambré - Papier film - Papier d'aluminium - Porte tube à essai - Entonnoir en verre - Écouvillon	- Ethanol (EtOH) - Méthanol - diméthyl sulfoxyde (DMSO) - L'eau distillée - Acide gallique -Aide ascorbique - Réactif de FCR (Foin-Ciocalteau) - Quercétine -Chlorure d'Aluminium - DPPH -Muller-Hinton -Gélose nutritif -l'eau physiologique	-Étuve - Mortier - Moulin à café - Spectrophotomètre UV-Visible -Plaque à micro-puits (microplate) - Autoclave - Plaque chauffante - Vortex - Spectrophotomètre - Bain-marie

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عبد الحفيظ بوالصوف-ميلة

Titre du projet :

**Remède naturel contre les brûlures : contribution d'une plante
du terroir algérien**

Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master
Académique Et de l'obtention du diplôme Startup- Brevet dans le
cadre de l'arrêté ministériel 1275.

Nom de l'entreprise :

BleuTherm

Nom commercial :

CicaPlante



Carte d'information À propos de l'équipe d'encadrement et de l'équipe de travail

1- Équipe d'encadrement :

Équipe de supervision	
Encadrant : Belattar Hakima	Biologie végétale
Co-encadrant : Torche Yacine	Biologie végétale
Co-encadrant : Achouri Brahim	Science économique

2- Équipe de travail :

L'équipe de projet	Spécialité	Faculté
Fenghour Chems	Biotechnologie végétale et amélioration des plantes	Science de la nature et de la vie
Boughadi Amal	Biotechnologie végétale et amélioration des plantes	Science de la nature et de la vie

Table de matières

Introduction du projet

Axe 1 : Présentation du projet

Axe2 : Aspects innovants

Axe 3 : Analyse stratégique du marché

Axe 4 : Plan de production et d'organisation

Axe 5 : Plan Financier du Projet "CicaPlante"

Axe 6 : Prototype expérimental de la pommade « CicaPlante »

Business Model Canva -Propjet CicaPlante (BleuTherm)

Introduction du projet

Dans le cadre de la stratégie nationale visant à promouvoir l'entrepreneuriat et l'innovation, l'exploitation des ressources naturelles locales suscite un intérêt grandissant pour la création de produits à forte valeur ajoutée. Ces produits jouent un rôle clé dans la satisfaction des besoins du marché tout en contribuant à la sécurité sanitaire du pays. C'est dans cette optique que s'inscrit notre projet innovant, qui consiste à développer un onguent naturel destiné au traitement des brûlures.

Ce produit repose principalement sur la plante *Carthamus caeruleus* L., une espèce algérienne reconnue pour ses propriétés biologiques et médicinales prometteuses, mais dont l'exploitation industrielle demeure encore limitée. Notre initiative est le fruit de recherches scientifiques approfondies, appuyées par des études préliminaires démontrant l'efficacité anti-inflammatoire et cicatrisante des extraits de cette plante.

L'objectif est de valoriser ce patrimoine végétal précieux en un produit pharmaceutique naturel, performant et accessible, répondant à un besoin urgent sur le marché algérien, où les alternatives naturelles locales à prix abordables sont encore rares.

Par ailleurs, ce projet ambitionne de dynamiser l'économie locale en :

Introduisant une innovation produit unique,

Favorisant l'utilisation durable des ressources végétales algériennes,

Soutenant le développement de l'économie verte,

Créant des opportunités d'emploi dans le secteur des industries dermocaustiques naturelles.

Nous visons également à obtenir le label « Startup », une étape clé pour transformer cette innovation en une réalité économique concrète, au service de la santé publique et du développement durable local.

Axe1 : Présentation du projet

1. Idée du projet (la solution proposée)

Le présent projet a pour objectif de développer un onguent naturel innovant destiné au traitement des brûlures cutanées légères à modérées, à partir de la plante médicinale *Carthamus caeruleus* (connue également sous le nom de Carthame bleu). Il s'agit d'une alternative locale, naturelle et sécurisée aux pommades chimiques actuellement disponibles sur le marché.

L'origine de cette idée puise ses racines dans une pratique traditionnelle transmise de génération en génération, en particulier par ma mère, qui utilisait cette plante pour soigner naturellement les brûlures. Cette observation empirique, appuyée par une prise de conscience croissante autour de l'usage de produits naturels pour le soin de la peau, nous a motivés à initier une démarche scientifique afin de valoriser ce savoir ancestral.

Nos premières recherches ont permis de mettre en évidence les propriétés médicinales notables de *Carthamus caeruleus*, notamment son potentiel anti-inflammatoire, antiseptique et cicatrisant. Ces vertus en font un ingrédient idéal pour un traitement topique destiné à :

- Soulager efficacement la douleur liée aux brûlures.
- Réduire l'inflammation et le gonflement.
- Prévenir les infections cutanées.
- Favoriser la régénération rapide de la peau.
- Limiter l'apparition de cicatrices.

Nous adoptons des méthodes d'extraction douces et respectueuses, permettant de préserver l'intégrité des principes actifs de la plante, sans recours à des solvants ou conservateurs chimiques. L'objectif est de proposer un produit 100 % naturel, dermato logiquement sûr, simple d'utilisation, répondant aux attentes d'un public soucieux de sa santé et de l'environnement.

Par cette initiative, nous aspirons à contribuer activement au développement de la dermo-cosmétique naturelle en Algérie, en valorisant les ressources phytogénétiques locales et en s'inscrivant pleinement dans la dynamique mondiale orientée vers des solutions plus durables, plus vertes et plus responsables.

Le prototype de ce produit a été élaboré dans un environnement scientifique rigoureux, au sein du Laboratoire de Recherche du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila, garantissant ainsi la fiabilité des étapes expérimentales, la reproductibilité des résultats et la qualité de l'innovation proposée.

2. Valeurs proposées (Valeurs ajoutées pour les clients)

Les valeurs ajoutées offertes par notre onguent à base de *Carthamus caeruleus* se déclinent ainsi :

- **Innovation et solution naturelle** : Un produit thérapeutique novateur, fondé sur une plante traditionnelle et validé scientifiquement, constituant une alternative saine aux pommades chimiques souvent associées à des effets secondaires.
- **Efficacité et performance** : L’onguent soulage efficacement la douleur, réduit l’inflammation et accélère la cicatrisation, favorisant une récupération rapide et sûre de la peau brûlée.
- **Adaptation et accessibilité** : Fabriqué localement à partir de ressources végétales algériennes, il sera proposé à un prix compétitif, accessible à un large public et aux institutions médicales.
- **Conception pratique** : Conditionné dans des emballages hermétiques et résistants à l’humidité, garantissant la conservation optimale des propriétés du produit et facilitant son usage.
- **Réduction des coûts** : Alternative économique aux produits importés ou chimiques coûteux, sans conservateurs ni additifs nocifs, tout en assurant une haute qualité thérapeutique.
- **Réduction des risques** : Formulé à partir d’ingrédients naturels, il minimise les risques d’allergies ou d’effets indésirables, adapté à différents types de peau¹⁴.
- **Facilité d’accès** : Disponible localement avec une distribution prévue via pharmacies, hôpitaux, centres spécialisés et plateformes en ligne, assurant une large diffusion.
- **Simplicité d’utilisation** : Onguent prêt à l’emploi, facile à appliquer directement sur la zone affectée, intégrable aisément dans les soins quotidiens des brûlures.

3. L'équipe de travail

Notre projet est mené par une équipe de deux jeunes femmes dynamiques et motivées, possédant des compétences et des qualifications scientifiques diverses et complémentaires, ce qui garantit l'efficacité du travail et l'atteinte des objectifs fixés.

Membres de l'équipe et leurs qualifications :

Membres	Qualifications
Boughadi Amal	Baccalauréat en sciences expérimentales (2020) Licence en Biotechnologie végétale (2023) 2eme année Master en biotechnologie et amélioration des plants (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques

	(BMC).
Fenghour Chems	Baccalauréat en sciences expérimentales (2019) Licence en Biotechnologie végétale (2022) 2eme année Master en biotechnologie et amélioration des plants (2025) Formation sur la préparation de canevas de modelé économiques (BMC).

Tâches et rôles principaux des membres de l'équipe :

L'équipe collabore de manière étroite et intégrée à chaque étape du projet, depuis la recherche initiale et l'identification de la plante jusqu'aux phases d'extraction, de fabrication, d'étude de faisabilité et de marketing. Leurs responsabilités communes incluent :

Recherche et développement : Approfondissement des recherches sur les propriétés thérapeutiques de la plante *Carthamus caeruleus* L., et développement des protocoles optimaux d'extraction et de formulation de l'onguent au sein du laboratoire de recherche du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

Analyses de laboratoire et assurance qualité : Réalisation des analyses chimiques et biologiques nécessaires pour évaluer l'efficacité et la sécurité de l'onguent, et garantir sa conformité aux normes sanitaires et de qualité.

Conception et conditionnement : Travail sur la conception d'un emballage pratique et adapté, qui préserve la qualité du produit tout en facilitant son utilisation.

Études économiques et marketing : Préparation des études nécessaires pour identifier le marché cible, les concurrents, et les stratégies de marketing et de distribution, avec un accent sur les pharmacies, les centres médicaux et les plateformes numériques.

Préparation de la documentation : Rédaction des rapports scientifiques et techniques, et des documents du projet nécessaires à l'obtention du label "Startup", ainsi que des présentations pour les événements spécialisés.

Planification future : Contribution à l'élaboration des plans d'expansion future de la production et de la distribution.

Collaboration et communication : Les échanges au sein de l'équipe sont réguliers et structurés, via des réunions de travail hebdomadaires et des discussions continues pour l'échange d'idées et de résultats, assurant ainsi le bon déroulement et l'efficacité du projet.

Recrutement : Le projet accorde une attention particulière à l'embauche de jeunes talents qualifiés, possédant des compétences scientifiques et techniques solides, et manifestant un réel intérêt pour la recherche et le développement dans le domaine des plantes médicinales. Cette stratégie vise à constituer une équipe innovante et dynamique, capable d'accompagner l'évolution du projet et de renforcer sa compétitivité sur le marché.

4. Objectifs du projet

Le projet de développement d'un onguent naturel à base de *Carthamus caeruleus* s'inscrit dans une vision de croissance durable, structurée autour de trois horizons temporels complémentaires. Ces objectifs visent à asseoir notre position sur le marché algérien tout en construisant un modèle économique innovant, résilient et évolutif.

4.1. Objectifs commerciaux

Court terme (1ère année) :

- Lancer les essais cliniques préliminaires, après obtention des autorisations réglementaires nécessaires, afin de valider l'innocuité et l'efficacité du produit.
- Obtenir les licences de fabrication et de commercialisation auprès du ministère de la Santé et des instances compétentes.
- Sécuriser l'approvisionnement en matière première via des conventions avec des fournisseurs locaux de *Carthamus caeruleus*, garantissant traçabilité et qualité.
- Mettre en place une production pilote pour réaliser les premiers tests terrain et actions de pré-lancement.
- Constituer un réseau de distribution initial, en ciblant principalement les pharmacies, hôpitaux et établissements spécialisés dans les soins cutanés.
- Initier les premières ventes commerciales tout en construisant une relation de confiance avec les premiers utilisateurs et prescripteurs.

Moyen terme (2^e à 5^e année) :

- Augmenter la capacité de production en fonction de la demande croissante, avec investissement progressif dans les équipements industriels.
- Développer une gamme de produits dérivés, incluant des soins pour peaux sensibles, des traitements cicatrisants, ou encore des cosmétiques naturels réparateurs.
- Étendre la présence commerciale à l'échelle nationale, en couvrant l'ensemble des wilayas via un réseau logistique efficace et des partenariats stratégiques.
- Asseoir la notoriété de la marque en la positionnant comme une référence dans le domaine des soins naturels contre les brûlures.
- Consacrer entre 15 % et 20 % des bénéfices à la recherche et au développement, afin d'améliorer continuellement les formules et d'introduire de nouvelles solutions issues de plantes locales.

Long terme (au-delà de la 5^e année) :

- Devenir le leader du marché national des onguents naturels anti-brûlures, avec une couverture complète du territoire.
- Explorer les opportunités d'exportation vers les pays de l'Afrique du Nord et du Sahel, notamment grâce à l'avantage compétitif du produit naturel et local.
- Diversifier les lignes de produits vers d'autres segments pharmaceutiques et dermo-cosmétiques naturels.
- Contribuer activement à l'économie locale par la création d'emplois, la valorisation de ressources végétales endémiques et la réduction de la dépendance aux produits importés.

4.2. Estimation de la part de marché ciblée

Période	Part de marché ciblée	Facteurs clés de croissance
1 ^{ère} année	0.5% - 1%	Ciblage des consommateurs sensibles aux alternatives naturelles et institutions biologiques
3 ^e année	3% - 5%	Sensibilisation accrue et expansion des canaux de distribution
5 ^e année	8% - 12%	Consolidation comme acteur majeur du segment naturel

Ces projections s'appuieront sur des études ultérieures approfondies du marché algérien des onguents anti-brûlures (valeur et volume), avec un suivi trimestriel des indicateurs clés.

5. Calendrier de réalisation du projet

Ce calendrier présente les étapes clés et les délais proposés pour les six premiers mois du projet, indiquant les activités principales pour chaque période.

Activités Principales	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
1. Préparatifs Initiaux et Réglementation						
Études préliminaires (site, documents requis)	X					
Dépôt des demandes de licences (RC, Santé)	X	X	X			
Suivi & Obtention des autorisations		X	X			
2. Acquisition et Installation des Équipements						
Demande de devis et Achat du matériel		X	X			
Réception et Installation du matériel			X	X		
Tests et Mise en service des équipements				X		
3. Aménagement du Site de Production (Labo)						
Sélection et Préparation du site		X	X			
Aménagements et Infrastructure du laboratoire			X	X		
4. Approvisionnement et Packaging						
Identification des fournisseurs MP			X			
Achat et Réception des matières premières				X		
Conception et Impression packaging/étiquettes					X	
5. Production et Contrôle Qualité						
Début de la production pilote/premier produit					X	X
Tests qualité et Validation du produit fini						X
6. Commercialisation et Lancement						
Démarrage des actions marketing et communication						X
Mise en place du réseau de distribution initial						X

Axe1 : Aspects innovants

Le caractère innovant de notre projet repose sur sa capacité à proposer une solution naturelle, efficace et inédite, tout en répondant à des besoins concrets encore insatisfaits sur le marché algérien. Cette section met en lumière les différentes dimensions de l'innovation intégrées dans notre initiative.

1. Nature des innovations mises en œuvre

Notre projet intègre des innovations à plusieurs niveaux : produit, procédé, approche commerciale et organisation.

Innovation produit (offre / gamme)

- **Une nouvelle solution thérapeutique** : L'introduction d'un onguent anti-brûlures 100 % naturel à base de *Carthamus caeruleus L.*, plante médicinale algérienne traditionnellement utilisée mais encore inexploitée à l'échelle industrielle, constitue une offre novatrice et unique sur le marché local.
- **Formulation propre et respectueuse** : Notre produit se distingue par l'absence totale de conservateurs chimiques, d'additifs synthétiques ou d'ingrédients irritants, garantissant ainsi une haute tolérance cutanée, notamment pour les peaux sensibles ou les enfants.

Innovation procédés (technologie / opérations)

- **Techniques d'extraction innovantes** : Nous appliquons des méthodes optimisées d'extraction douce pour préserver l'activité thérapeutique des composés actifs. Ces procédés sont conçus pour être plus efficaces, durables, et compatibles avec une production locale à faible impact environnemental.
- **Transfert de savoir-faire scientifique local** : La formulation est développée et validée au sein du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila, garantissant ainsi un niveau élevé de rigueur scientifique, de reproductibilité et de traçabilité, tout en renforçant l'autonomie technologique locale.

Innovation commerciale (marché / clientèle)

- **Ciblage de besoins émergents** : Le produit s'adresse à une clientèle en pleine expansion – soucieuse de sa santé, sensible aux effets secondaires des produits chimiques, et en quête d'alternatives naturelles, notamment dans les soins dermatologiques.
- **Canaux d'accès diversifiés** : En plus du circuit pharmaceutique classique, nous prévoyons une distribution via des hôpitaux, herboristeries et plateformes e-commerce, afin de toucher une clientèle plus large, y compris en zones rurales ou éloignées.

Innovation organisationnelle (modèle économique et culturel)

- **Valorisation d'un savoir-faire traditionnel** : Le projet transforme un remède ancestral en un produit moderne, validé scientifiquement, contribuant à préserver et valoriser un patrimoine immatériel local.
- **Modèle économique vert et local** : En s'appuyant sur des matières premières algériennes et un circuit court de production, le projet s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, tout en réduisant la dépendance aux importations.

2. Lacunes comblées par l'innovation

Notre projet vient répondre à plusieurs insuffisances structurelles du marché actuel :

- **Manque de produits naturels validés pour les brûlures** : Le marché algérien ne propose quasiment aucun onguent 100 % naturel, formulé localement à base de plantes médicinales, et appuyé par des recherches scientifiques sérieuses.
- **Accessibilité économique** : Les alternatives existantes, souvent importées, sont coûteuses et peu accessibles. Notre production locale permet de réduire les coûts tout en rendant le traitement plus abordable, notamment pour les populations vulnérables.
- **Sécurité dermatologique** : De nombreux utilisateurs sont exposés à des effets secondaires liés aux substances chimiques. Notre formule, douce et végétale, est particulièrement indiquée pour les peaux sensibles, les enfants, et les personnes sujettes aux allergies.
- **Valorisation de la biodiversité nationale** : Le projet participe activement à la souveraineté sanitaire, en mettant en avant les ressources naturelles et les savoirs traditionnels algériens dans une optique de transformation industrielle utile, durable et souveraine.

Axe3 : Analyse stratégique du marché

Ce volet est essentiel pour évaluer la viabilité commerciale du projet. Il permet d'identifier clairement le segment de clientèle ciblé, d'analyser la concurrence, d'évaluer les opportunités de croissance et de bâtir une stratégie marketing efficace.

1. Présentation du segment de marché

Le marché potentiel

Le produit s'adresse à un large éventail de clients potentiels, dont :

- **Les ménages et familles** : pour le traitement des brûlures domestiques légères, notamment chez les enfants et les personnes à peau sensible.
- **Les pharmacies et les magasins de produits naturels** : en tant que points de vente stratégiques.
- **Les hôpitaux, cliniques privées et centres de santé** : comme utilisateurs professionnels d'un traitement alternatif aux pommades chimiques.
- **Les sportifs, travailleurs de terrain et artisans** : susceptibles d'avoir besoin d'un soin naturel rapide pour brûlures ou plaies superficielles.
- **Les laboratoires et chercheurs** : intéressés par les extraits de plantes médicinales pour formulation ou étude.

Le marché cible

Pour la phase de lancement, nous ciblons en priorité :

- **Les consommateurs finaux soucieux de leur santé** et adeptes des produits naturels.
- **Les pharmacies partenaires** qui souhaitent diversifier leur offre avec des produits locaux innovants.
- **Les cliniques privées et centres de santé primaire.**
- **Les prescripteurs et influenceurs du domaine de la phytothérapie** (médecins, pharmaciens).

Justification du choix de ce marché cible

- **Émergence d'un comportement d'achat plus responsable**, privilégiant le naturel.
- **Absence d'un produit local similaire**, 100 % naturel, efficace et certifié.
- **Canaux d'accès faciles** via les pharmacies et plateformes en ligne.
- **Niveau de fidélité élevé** chez les consommateurs bio/naturels.

- **Capacité de proposer un produit efficace à un prix compétitif.**

Possibilité de conclure des contrats d'achat

Nous visons la signature de **lettres d'intention** ou **pré-accords** avec :

- Grandes pharmacies locales.
- Réseaux de distributeurs spécialisés.
- Centres de santé dermatologiques.

Ces engagements permettront de sécuriser les premiers débouchés commerciaux dès l'obtention des autorisations officielles.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

Concurrents directs et indirects

- **Concurrents directs :**
 - Pommades pharmaceutiques classiques (*Biafine*, *Flammazine*, etc.).
 - Produits naturels importés, souvent chers et peu accessibles.
- **Concurrents indirects :**
 - Remèdes maison (miel, huile d'olive...).
 - Crèmes hydratantes généralistes utilisées par substitution.

Parts de marché estimées

- Les pommades pharmaceutiques dominent environ 70–80 % du marché actuel.
- Les produits naturels importés couvrent moins de 5 %, mais leur tendance est à la hausse.
- Les remèdes traditionnels sont largement utilisés mais hors du circuit réglementé.

Points forts des concurrents

- Réputation établie.
- Large réseau de distribution.
- Recommandations médicales fréquentes.

Points faibles des concurrents

- Produits souvent chimiques, allergènes ou irritants.

- Coût élevé pour les consommateurs algériens.
- Peu adaptés à un usage régulier ou quotidien.
- Moins d'adhésion des consommateurs bio/naturels.

3. Analyse SWOT du projet

Forces (Strengths)

- Produit 100 % naturel, sans produits chimiques.
- Développement encadré dans un laboratoire universitaire.
- Matière première locale réduisant les coûts de production.
- Prix compétitif face aux produits importés.
- Équipe expérimentée en biotechnologie végétale.

Faiblesses (Weaknesses)

- Marque nouvelle, à faire connaître.
- Nécessité d'autorisations sanitaires avant la commercialisation.
- Capacité de production limitée au lancement.
- Chaîne de distribution encore en cours de structuration.

Opportunités (Opportunities)

- Forte demande croissante pour les produits naturels.
- Absence de concurrents locaux directs dans ce segment.
- Programmes de soutien aux startups (label, subventions...).
- Possibilité de décliner le produit (gamme élargie).
- Perspectives d'exportation vers l'Afrique du Nord et le Sahel.

Menaces (Threats)

- Concurrence forte de marques bien implantées.
- Règlementation stricte et parfois lente.
- Risques d'approvisionnement irrégulier en matière première.
- Besoin d'efforts marketing pour changer les habitudes des consommateurs.

4. Stratégie marketing (Mix 4P)

Produit (Product)

- Onguent naturel, texture légère, sans conservateurs.
- Disponible en tubes de différentes tailles (15g, 30g, 50g, ...).
- Nom de marque suggéré : BleuTherm.

Prix (Price)

- Stratégie de tarification compétitive.
- Positionnement prix inférieur aux produits importés.
- Promotions ciblées pour pharmacies et premiers clients.

Distribution (Place)

- Phase 1 : Réseau de pharmacies et cliniques dans la région de Mila.
- Phase 2 : Élargissement national.
- Vente en ligne via un site ou une application dédiée.

Promotion (Promotion)

- Marketing digital : réseaux sociaux, vidéos éducatives, infographies.
- Collaborations avec professionnels de santé.
- Participation à des salons médicaux ou foires du bien-être.
- Distribution d'échantillons gratuits pour essais.

5. Coûts et Charges

Coûts d'investissement (CAPEX)

- Achat d'équipements d'extraction et de conditionnement.
- Aménagement du laboratoire de production.
- Coûts des licences, dépôts, et formalités administratives.
- Acquisition d'outils de stérilisation, d'analyse et d'emballage.

Coûts opérationnels (OPEX)

- Achat de la matière première (*Carthamus caeruleus*).

- Composants naturels complémentaires (huiles, excipients).
- Conditionnement et impression d'étiquettes.
- Électricité, eau, entretien, gestion administrative.
- Salaires ou primes ponctuelles pour l'équipe.
- Dépenses de marketing (numérique, print, événements).

Sources de financement proposées

- Apport personnel des membres fondateurs.
- Soutien logistique et scientifique de l'incubateur universitaire.
- Subventions publiques (label startup, fonds d'innovation...).
- Prêts à taux réduit via l'ANADE ou d'autres organismes.
- Recherche de partenaires stratégiques ou d'investisseurs privés (étape avancée).

Axe 4 : Plan de production et d'organisation

1. Processus de production

La fabrication de notre pommade naturelle à base de *Carthamus caeruleus* (chardon bleu) suit un processus rigoureux visant à garantir la qualité, la stabilité et l'efficacité du produit fini. Cette méthode valorise les propriétés thérapeutiques de la plante (antioxydantes, antibactériennes et anti-inflammatoires) tout en intégrant des pratiques locales et durables.

Étapes principales :

A. Approvisionnement :

Collecte de *Carthamus caeruleus* auprès d'agriculteurs locaux ou dans des sites naturels contrôlés.

Achat des ingrédients complémentaires (huiles végétales, cire d'abeille, contenants, emballages, matériel de laboratoire) auprès de fournisseurs certifiés.

Contrôle qualité systématique à la réception de chaque lot.

B. Préparation de la matière première :

Lavage soigné des racines fraîches de la plante.

Séchage naturel initial, suivi d'un séchage en étuve à température contrôlée (par exemple 45–50 °C pendant 24 h) pour préserver les principes actifs.

Extraction par macération hydro-éthanolique :

Broyage des racines séchées

Macération dans un mélange hydro-éthanolique

Filtration

Concentration de l'extrait

Séchage final en étuve

C. Formulation de la pommade :

C.1. Préparation de la phase huileuse : fusion des huiles végétales et de la cire d'abeille au bain-marie à 70 °C pendant 30 minutes.

Incorporation de l'extrait sec dans la phase huileuse refroidie à moins de 40 °C.

Agitation vigoureuse (manuelle ou mécanique) jusqu'à obtention d'une émulsion homogène et stable.

C.2. Conditionnement :

Remplissage de la pommade dans des tubes ou pots stérilisés (15 g, 30 g, 50 g).

Fermeture hermétique et étiquetage réglementaire (nom du produit, ingrédients, mode d'emploi, numéro de lot, date de péremption).

C.3 Contrôle qualité :

Tests en laboratoire : pH, stabilité, efficacité, tests dermatologiques.

Stockage et distribution :

Conservation dans un endroit frais et sec (réfrigération à 4 °C recommandée).

Distribution via les pharmacies, points de vente naturels et plateformes de e-commerce.

2. Modèle opérationnel

Site de production :

Atelier pilote implanté dans un incubateur universitaire, en collaboration avec un laboratoire de recherche.

Capacité initiale :

500 unités/mois en phase pilote, avec possibilité d'extension.

Ressources humaines :

Deux cofondatrices spécialisées (biotechnologie végétale et marketing).

Personnel technique : formulateurs, techniciens de laboratoire, pharmaciens, contrôleurs qualité.

Équipements requis :

Mélangeurs manuels/électriques, bain-marie, dispositifs d'extraction, étuve, balances de précision, matériel de conditionnement.

Autorisation réglementaire :

Procédure en cours auprès du ministère de la Santé pour l'obtention de l'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché).

3. Chaîne de valeur

Racines de la plante → Séchage → Extraction hydro-éthanolique → Concentration et Séchage → Formulation → Conditionnement → Contrôle qualité → Distribution

Un modèle local et circulaire qui valorise les ressources végétales algériennes dans une logique de durabilité.

4. Main-d'œuvre et impact socio-économique

Emplois directs :

Environ 100 postes (techniciens, ingénieurs, pharmaciens, contrôleurs qualité, personnel administratif).

Emplois indirects :

Plus de 100 postes supplémentaires (agriculteurs, fournisseurs, transporteurs, distributeurs).

Compétences clés requises :

Formulation cosmétique naturelle

Extraction végétale

Contrôle qualité

Réglementation cosmétique et pharmaceutique

Zone géographique :

Unité basée à Mila avec un réseau de distribution étendu à plusieurs wilayas.

Recours à la sous-traitance :

Pour les opérations de conditionnement à grande échelle, logistique et distribution.

5. Partenariats stratégiques

Réseaux de distribution :

Pharmacies partenaires et plateformes e-commerce spécialisées.

Institutions publiques :

Ministères de la Santé et de l'Agriculture, agences de soutien à l'artisanat et à l'innovation.

Partenaires privés :

Fournisseurs d'emballages écologiques, entreprises de transport et de logistique.

Banques et organismes financiers :

Soutien à l'investissement, subventions à l'innovation, micro-crédit pour le développement local.

Ce plan garantit la fabrication d'une pommade naturelle de haute qualité, respectueuse de l'environnement, valorisant la flore algérienne et générant un impact économique et social positif.

Axe 5 : Plan Financier du Projet "CicaPlante"

Ce plan financier détaille les différentes composantes économiques du projet CicaPlante, incluant les investissements initiaux, les coûts d'opération, les prévisions de revenus et les besoins de financement.

1. Coûts et Charges

Cette section présente une ventilation des dépenses nécessaires au démarrage et au fonctionnement du projet.

1.1. Coûts Uniques (Investissements Initiaux - CAPEX)

Ces coûts représentent les dépenses non récurrentes nécessaires au démarrage de l'activité.

Désignation	Coût estimé (DA)
Études et tests d'efficacité et de conformité	120000
Enregistrement au registre de commerce et autorisations	50000
Aménagement de l'atelier de production & espace de formulation	180000
Achat de matériel d'extraction (macération, filtration...)	160000

Achat de matériel de conditionnement (remplisseuse, étiqueteuse)	120000
Création design packaging & impression étiquettes	30000
Frais marketing et communication de lancement	30000
Total Coût Initial Estimé	690 000 DA

1.2. Équipements de Bureau

Ces équipements constituent une partie des investissements initiaux nécessaires pour les opérations administratives.

Équipements	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
Bureau	1	25000	25000
Chaise de bureau	1	9000	9000
Table d'appoint	1	5000	5000
Chaises d'accueil	2	3000	6000
Imprimante multifonction	1	35000	35000
Ordinateur portable	1	60000	60000
Total Équipements de Bureau			140 000 DA

Note : Le total des investissements initiaux, incluant les coûts de lancement et les équipements de bureau, s'élève à 690 000 DA + 140 000 DA = 830 000 DA.

1.3. Coûts Fixes (Charges Annuelles - OPEX)

Ces coûts sont des dépenses récurrentes qui ne varient pas directement avec le volume de production.

Désignation	Coûts Mensuels (DA)	Coûts Annuels (DA)
Loyer	30000	360000
Assurance (locaux et responsabilité civile)	8000	96000
Salaires (formulateur, assistant, gestionnaire)	100000	1200000
Frais de communication digitale	15000	180000

Maintenance des équipements	4000	48000
Total Mensuel / Annuel	157 000 DA	1 884 000 DA

1.4. Coûts Variables (Charges Annuelles)

Ces coûts fluctuent en fonction du volume de production.

Désignation	Coût estimé (DA)
Matières premières (plantes médicinales)	300000
Huiles végétales et cires	150000
Contenants (tubes, pots, flacons)	200000
Étiquettes et emballages	100000
Énergie (électricité, gaz, eau)	60000
Total Coûts Variables	810 000 DA

2. Informations Générales sur la Production et Chiffre d'Affaires Prévisionnel

Ces informations détaillent la capacité de production et les prévisions de revenus générés par la vente des produits.

2.1. Détails de Production

- **Nom du projet :** CicaPlante
- **Produits fabriqués :**
 - Crème réparatrice pour brûlures légères – Prix de vente unitaire : 700 DA
 - Baume antiseptique naturel – Prix de vente unitaire : 500 DA
 - Huile apaisante à base de plantes – Prix de vente unitaire : 400 DA
- **Capacité journalière :** 90 unités / jour
- **Nombre de jours ouvrables par mois :** 25 jours

2.2. Répartition de la Production et Revenus Mensuels Prévisionnels

Produit	Pourcentage	Unités/jour	Unités/mois	Revenus Mensuels (DA)
Crème réparatrice	40 %	36	900	630000
Baume antiseptique	35 %	31	775	387500
Huile apaisante	25 %	23	575	230000
Total Général		90	2 250 unités	1 247 500 DA

2.3. Chiffre d'Affaires Annuel Prévisionnel

Basé sur le revenu mensuel prévisionnel de 1 247 500 DA, le chiffre d'affaires annuel s'élève à :
 $1247500 \text{ DA/mois} \times 12 \text{ mois} = 14970000 \text{ DA/an}$

3. Sources de Financement

Cette section décrit comment le projet CicaPlante sera financé.

Source	Montant / Nature
Apport personnel des fondatrices	150 000 DZD
Soutien logistique universitaire	En nature (locaux, labo...)
Aides publiques	En cours de demande
Partenariats / investisseurs privés	Prévu en phase de croissance

4. Compte de Résultat Prévisionnel (Année 1)

Le compte de résultat donne une vision de la rentabilité du projet pour la première année.

Poste	Montant (DA)
Chiffre d'affaires	14970000
Coûts variables	810000
Coûts fixes	1884000
Total des Coûts d'Opération	2694000
Résultat brut d'exploitation (EBITDA)	$14\,970\,000 - 2\,694\,000 = 12\,276\,000$
Amortissements estimés	128000

Résultat Net Estimé	12 276 000–128 000=12 148 000
---------------------	-------------------------------

5. Besoin en Fonds de Roulement (BFR)

Le BFR représente le montant nécessaire pour couvrir les décalages de trésorerie entre les encaissements et les décaissements.

Éléments	Montant (DA)
Stocks initiaux MP et emballage	100000
Créances clients	150000
Dettes fournisseurs	-80000
BFR estimé	170000

6. Plan de Trésorerie (Année 1 - Simplifié)

Ce plan permet de visualiser les flux de trésorerie mensuels et l'évolution du solde de trésorerie.

Mois	Entrées prévues (DA)	Sorties prévues (DA)	Solde Mensuel (DA)
Janvier	0	830000	-830000
Février	1247500	225 333 (fixes + variables / 12)	1022167
Mars	1247500	225333	1022167
...	...	...	...
Décembre	1247500	225333	1022167

Axe 6 : Prototype expérimental de la pommade « CicaPlante »

Le prototype expérimental de la pommade « **CicaPlante** » constitue la première version tangible et fonctionnelle de notre produit. Il a été développé dans le but de tester son efficacité, ses propriétés sensorielles (texture, odeur, couleur), son aspect visuel ainsi que son acceptabilité auprès des utilisateurs

cibles. Ce prototype représente une étape cruciale pour poursuivre l'optimisation de la formule et du conditionnement avant d'aboutir à la version finale destinée à la commercialisation.

1-Prototype physique

Nous avons formulé un premier prototype de la pommade « CicaPlante » à partir de l'extrait de *Carthamus caeruleus* L. (carthame bleu), reconnu pour ses propriétés réparatrices et anti-inflammatoires. Cet extrait, à concentration définie, est incorporé dans une base de pommade naturelle enrichie en huiles végétales apaisantes et hydratantes (telles que l'huile d'amande douce et le beurre de karité) ainsi que de la cire d'abeille, afin de garantir un niveau optimal de sécurité et d'efficacité. La formulation est totalement exempte de conservateurs chimiques, de parfums artificiels et de substances allergènes, ce qui la rend idéale pour les peaux sensibles ou brûlées.

Caractéristiques :

- **Texture** : Pommade onctueuse, facile à appliquer et à absorber, ne laissant ni film gras ni sensation collante sur la peau.
- **Couleur** : Teinte jaune clair naturelle, issue directement des ingrédients végétaux.
- **Odeur** : Parfum très léger et naturel, reflétant la pureté des composants, sans aucun parfum ajouté.
- **Efficacité initiale** : Le prototype a été testé de manière préliminaire sur des cas de brûlures mineures (par exemple, brûlures de cuisine légères) et de petites égratignures. Les résultats ont montré un apaisement rapide de la peau, une réduction des rougeurs et une amélioration du processus de cicatrisation.
- **Facilité d'utilisation** : Application simple sur la zone concernée, procurant une sensation immédiate de confort.

2. Présentation du prototype

Le prototype de la pommade « CicaPlante » a été conditionné dans de petits pots plastiques blancs d'une capacité de 65 g. Une étiquette provisoire, claire et lisible, a été apposée sur chaque pot, mentionnant :

- **Nom du produit** : CicaPlante — Pommade naturelle réparatrice de la peau
- **Type** : Pommade thérapeutique pour peaux abîmées et brûlures légères
- **Ingrédients principaux** : Extrait de *Carthamus caeruleus* L., huiles végétales (ex : huile d'amande), cire d'abeille

- **Mode d'emploi** : Usage externe uniquement. Appliquer une fine couche sur la zone concernée 2 à 3 fois par jour.

- **Slogan provisoire** : Mettant en avant le caractère naturel et réparateur du produit.

3. Objectif de cette étape

L'objectif de ce prototype est d'évaluer les aspects sensoriels du produit (texture, odeur), de tester sa facilité d'application et son acceptabilité auprès d'un petit groupe d'utilisateurs pilotes, et de recueillir leurs retours pour ajuster la formule et le design du packaging avant de passer aux essais cliniques et à la production à plus grande échelle.



Figure 1 : Prototype de la pommade CicaPlante pour brûlures – BleuTherm

Business Model Canva -Projet CicaPlante (BleuTherm)

Produit : Pommade naturelle cicatrisante à base de *Carthamus caeruleus* L. (chardon bleu)

Partenaires clés : -Scientifiques et -Fournisseurs : Récoltants locaux (chardon bleu), ingrédients naturels, emballages écologiques. -Distribution et Réglementation : Pharmacies, e-commerce, ministère de la Santé. -Soutien Entrepreneurial : Incubateurs, ANADE. -Partenaires futurs : Cliniques, hôpitaux, centres dermatologiques.	Activités clés : -R et D : Études, extraction, formulation. -Production : Fabrication et conditionnement. Contrôle Qualité : Tests chimiques et biologiques. -Marketing : Branding, contenu, campagnes. -Distribution : Mise en marché, suivi des ventes. -Réglementation : Licences, conformité. -Gestion : Coordination, planification.	Proposition de valeur : -Naturelle et Locale : Produit 100 % naturel, sans additifs chimiques. -Efficace : Accélère la cicatrisation, soulage rapidement. Sûre et Douce : Hypoallergénique, testée, adaptée aux peaux sensibles.	Relations avec les clients : -Communauté en ligne active (éducation & interaction). -Programmes de fidélisation. -Événements de sensibilisation. -Partenariats avec professionnels du bien-être. -Service client réactif.	Segments de clients : -Grand public (adultes, enfants, familles). -Professionnels de santé (pharmacies, cliniques).
	Ressources clés : -Intellectuelles : Formule unique, savoir scientifique/traditionnel. -Humaines : Équipe pluridisciplinaire. -Physiques : Matières premières, équipements de laboratoire. -Financières : Fonds propres, subventions, investisseurs à venir.	Transparente : Qualité contrôlée, traçabilité. -Éthique : Valorisation du patrimoine botanique algérien. -Accessible : Prix compétitif, produit local.	Canaux de distribution : En ligne : Site e-commerce, marketplaces. -Physique : Pharmacies, magasins bio. -Vente en gros : Distributeurs, hôpitaux. -Événements : Foires, salons.	

8. Structure de coûts - CAPEX (Équipements initiaux) : 640 000 DZD. - OPEX annuel : 1 440 000 DZD - Coûts variables : matières premières, emballage, énergie. - Coûts fixes : salaires, marketing, loyer, maintenance, frais administratifs.	9. Sources de Revenus - Vente directe du produit (600–700 DZD/unité). - Marge estimée : 40 %
---	---