



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de l'obtention du diplôme de Master Aca-
démique en Sciences biologiques
Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

**Étude de l'activité régénératrice des nanoémul-
sions d'huiles essentielles dans la cicatrisation des
brûlures**

Présenté Par :

M^{elle} Maaloul Anfal

M^{elle} Abd El djaouad Salsabil

Devant le jury composé de :

Président : *Dr. Bouali Nourredine*

M.A.A,

Université d'El-Oued

Promoteur : DJAHRA Ali Boutlelis

Pr,

Université d'El-Oued

Examineur : *Dr. Zeghib Khoula*

M.A.A,

Université d'El-Oued

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

Tout d'abord, nous rendons grâce à Dieu le Tout-Puissant de nous avoir accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener ce modeste travail à son terme.

Nous exprimons notre profonde gratitude et notre plus grand respect à notre directeur de thèse, M. le Professeur DJAHRA Ali Boutlelis, pour son érudition, sa bienveillance et son engagement sans faille. Ses conseils avisés, ses orientations précieuses et son soutien constant ont été les véritables piliers de cette recherche scientifique. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance la plus sincère.

Nous adressons nos vifs remerciements à Monsieur le Docteur:....., pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury de ce travail. Son expertise et ses remarques scientifiques viendront, sans nul doute, enrichir la qualité de ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur le Docteur:....., d'avoir aimablement accepté d'examiner et d'évaluer ce travail. Ses critiques constructives nous sont infiniment précieuses.

Nous tenons à remercier chaleureusement l'ensemble des membres du corps technique et scientifique des laboratoires du Département des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued. Un grand merci est adressé particulièrement à Monsieur KHENNOUFA Amor, responsable du Laboratoire 08, pour son accueil, sa disponibilité et son aide sur le terrain.

Enfin, nous témoignons notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la concrétisation de ce projet, ainsi qu'à l'ensemble des enseignants qui ont guidé notre parcours universitaire. Que chacun trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

اهداء

قال تعالى (وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ) صدق الله العظيم

الحمد لله الذي ما تم جهد الا بعونه وما ختم سعي الا بفضله، لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها ان تكون بعد تعب ومشقة دامت سنين في سبيل الحلم والعلم حملت في طياتها امنيات الليالي وأصبح عنائي اليوم للعين قرّة ها انا اليوم أقف على عتبة تخرجني اقطف ثمار تعبي وارفع قبعتي بكل فخر فاللهم لك الحمد قبل ان ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان مخفوفاً بالتسهيلات لكنني فعلتها...

وبكل حب اهدي ثمرة نجاحي وتخرجي هذا:

الى الذي كلل العرق جبينه الى النور الذي اثار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي الى من زين اسمي باجمل الألقاب من دعمني بلا حدود واعطاني بلا مقابل الى من علمني ان الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة الى ذلك الرجل الأول سندي وقوتي وملاذي بعد الله فخري واعتزازي ابي الغالي محمد العيد معلول

الى من جعل الله الجنة تحت قدميها واحتضني قلبها قبل يديها الى مصدر الأمان الذي استمد منه قوتي الى نور عيني وحظي الجيد الى من كانت ملجائي ويدي اليمنى في دراستي الى من ابصرت بها طريق حياتي واعتزازي بذاتي الى القلب

الحنون الى من كانت دعواتها تحيطني امي الحبيبة الغالية حنان محمودي

الى من قال فيهم سبحانه وتعالى سنشد عضك باخيك لاخوي الغالين عمار وعصام دمتما شمعين تنيرا حياتي الى من بهم أكبر وبوجودهم اكتسب القوة الى ملجئي وقت الضعف ومتجهي وقت الفرح اخواني الغاليات:

تسليم اخلاص ميسم ورنيم

الى صديقات الأيام ورفيقات اللحظات الحلوة في مشواري جهينة اية ام الهناء يسمين اميرة

الى من قدموا لي يد العون الجارة الغالية سندس وكذلك الجيران مصعب مالك ومحمد علي والمزلاء احمد محمد

ايمان ونور فشكري الخاص لكم وجزاكم الله عني خير الجزاء ووفقكم وبلغكم ما تتمنون

الى الصديقة والجارة وزميلة التخصص من وجهتي ونصحتني الجميلة اية الرحمان سويد جزاك الله عني خير الجزاء ووفقك

لما تحبي وترضي

الى صديقة المشوارحبيتي ورفيقتي في هذا العمل سلسبيل وفقك الله وسدد خطاك

مسك الختام، استاذي الغالي، جهرة علي بوتليليس، الذي قام بدوره كمؤطر بكل ما تحمله الكلمة من معنى، جهداً،

توجيها وارشادا، اسأل الله له التوفيق والسداد ودوام الصحة والعافية، وان يجازيه عني خير الجزاء.

وفي الاخير لكل من مد لي يد العون ولو بكلمة طيبة، جزاكم الله كل الخير.

الخريجة... انفال معلول

اهداء

الحمد لله أولاً وآخرًا، ظاهرًا وباطنًا، له الشكر والامتنان أن وفقني وأعاني وبلغني هذه اللحظة التي طال انتظارها . ثم إلى نفسي ... إلى صبري واجتهادي وسهري الطويل، إلى الإرادة التي لم تعرف الاستسلام، إلى القلب الذي آمن أن الوصول يستحق العناء، أهدي هذا التخرج ثمرة تعبي بعد توفيق الله .
إلى أُمي الغالية...

يا نبع الحنان، ويا دعوة صادقة رافقتني في كل خطوة، يا من سهرت الليالي لتزرعي في قلبي الأمل والثقة، وكان حضنك الأمان حين يثقل التعب روحي، إليك أهدي ثمرة جهدي، فكنت ولا زلت سرّ قوتي بعد الله .
إلى أبي العزيز...

يا من علّمني أن النجاح طريقه الصبر والعزيمة، وأن السقوط ليس نهاية الطريق بل بداية طريق جديد، كنت سندي وفخري ومثلي الأعلى، فلك مني هذا الإنجاز عرفانًا وامتنانًا .
إلى زوجي الغالي...

شريك حياتي ورفيق دربي، الذي كان دعمه هادئًا لكنه عظيم الأثر، كنت لي السند حين ضعفت، والتشجيع حين تعبت، فكبر الحلم بوجودك، وسهل الطريق برفقتك .
إلى أختي الحبيبة ...

صديقتي قبل أن تكوني أختي، شاركتني ضحكاتي وقلقي وتفصيلي الصغيرة، فكنت لي ملجأً جميلًا في كل المراحل .
إلى اخوتي الأعزاء...

سندي وقت الشدة، وفخري الدائم، وجودكم في حياتي قوة لا تُقدّر بثمن . إلى جدتي الغالية ... بركة العمر وصاحبة القلب الطيب، دعواتك كانت ترافقني كنسيم لطيف يخفف عني التعب، فلك من قلبي أعظم المحبة .
إلى أهل زوجي الكرام ... الذين احتضنوني بحبتهم، وغمروني بتشجيعهم، فكنتم لي عائلة ثانية أعتز بها وأفتخر، وشاركوني فرحتي كما لو كانت فرحتهم

إلى رفيقة دربي في هذا المشوار انفال شكرا لأنك كنت الصديقة التي يفتخر بها .
وفي مسك الختام إلى استاذي المحترم جهرة علي بوتليليس الذي قام بدوره كمؤطر كان لتوجيهاته ونصائحه الأثر الكبير في إنجاز هذا العمل فلك مني جزيل الشكر والاحترام والتقدير على دعمك لي في هذه المسيرة .
لكم جميعًا أهدي نجاحي وفرحتي، فأنتم السبب بعد الله في وصولي إلى هذه اللحظة.

الخريجة ... سلسبيل عبد الجواد

الملخص

خُصِّصَت هذه الدراسة لاستخلاص الزيوت النباتية والعطرية لكل من نبات الجوجوبا (*Simmondsia chinensis*) والضرّو (*Pistacia lentiscus*) ، وتوصيفها فيزيائياً وكيميائياً، وتقييم فعاليتها البيولوجية، وذلك بهدف تطوير تركيبة نانو-إيمولجيل (Nanoémulgel) مبتكرة وموجهة للعلاج الأمثل للحروق الحرارية.

أظهرت نتائج الاستخلاص مردوداً مرضياً للغاية، حيث بلغ 50% بالنسبة لزيت الجوجوبا المستخلص بالعصر على البارد، و0.88% بالنسبة للزيت العطري للضرّو المستخلص بالتقطير المائي. كما كشف التحليل الكروماتوغرافي الغازي المقترن بمطيافية الكتلة (CPG/MS/FID) للزيت العطري لنبات الضرّو بروفايل غني بالمركبات التربينية الأحادية والنصف تربينية الحيوية (monoterpènes et sesquiterpènes). تم تحديد الألفا-بينين (alpha-pinène) ، البيتا-ميرسين (beta-myrcène) ، الليمونين (limonène) ، البيتا-بينين (beta-pinène) ، البيتا-كاريوفيلين (beta-caryophyllène) ، والتيربينين-4-أول (terpinen-4-ol) كعوامل أساسية مسؤولة عن الخصائص المضادة للميكروبات، ومضادات الالتهاب، ومضادات الأكسدة لهذه التركيبة. أما على الصعيد الصيدلاني فقد أظهر النانو-إيمولجيل المطور خصائص مثالية تجلت في تجانسه الممتاز، وقوامه المناسب للتطبيق الموضوعي، واستقراره الفيزيائي. بالإضافة إلى ذلك، أكدت التحاليل الميكروبيولوجية سلامة استخدام هذا المستحضر بفضل الغياب التام لأي تلوث بكتيري أو فطري.

بالنسبة للدراسة على الكائن الحي (*In vivo*) ، أظهر التقييم البيولوجي الذي أُجري على فئران التجارب من سلالة ويستار ألبينوس (Wistar Albinos) تسارعاً ملحوظاً في عملية ترميم الأنسجة لدى المجموعات المعالجة بالنانو-إيمولجيل. وقد عززت الفحوصات النسيجية المرضية (الهيستوباثولوجية) هذه الملاحظات العيانية (الماكروسكوبية)، حيث كشفت عن إعادة بناء نسيجي متقدم للجلد، وإعادة تشكيل كاملة للبشرة، وتنظيم متناسق لألياف الكولاجين الأدمية مقارنة بمجموعة المراقبة المصابة وغير المعالجة. وفي الختام، تؤكد هذه الدراسة فاعلية الحوامل النانوية التي تضاعف التأثير التآزري للمكونات النباتية الطبيعية، مما يقدم بديلاً علاجياً عالي الأداء، آمناً وواعداً لتجديد حواجز الجلد المتضررة.

الكلمات المفتاحية: حرق حراري، نانو-إيمولجيل، الضرّو، الجوجوبا، التئام الجروح.

ABSTRACT

This study was dedicated to the extraction, physicochemical characterization, and biological evaluation of vegetable and essential oils from both Jojoba (*Simmondsia chinensis*) and Lentisque (*Pistacia lentiscus*), with the aim of developing an innovative nanoemulgel formulation optimized for the treatment of thermal burns.

The extraction results revealed highly satisfactory yields, reaching 50.66% for jojoba oil obtained by cold pressing and 0.88% for lentisque essential oil obtained by hydrodistillation. Furthermore, gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS/FID) analysis of *Pistacia lentiscus* essential oil uncovered a profile rich in bioactive monoterpenes and sesquiterpenes. Among the major constituents, alpha-pinene, beta-myrcene, limonene, beta-pinene, beta-caryophyllene, and terpinen-4-ol were identified as the key agents responsible for the antimicrobial, anti-inflammatory, and antioxidant properties of this formulation. On the pharmaceutical level, the developed nanoemulgel exhibited optimal characteristics, demonstrated by its excellent homogeneity, suitable texture for topical application, and physical stability. Additionally, microbiological analyses confirmed the safety of this preparation, showing a total absence of bacterial or fungal contamination.

For the *in vivo* study, the biological evaluation conducted on *Wistar Albino* rats demonstrated a remarkable acceleration of the tissue repair process in the groups treated with the nanoemulgel. Histopathological examinations corroborated these macroscopic observations, revealing advanced skin tissue reconstruction, complete re-epithelialization of the epidermis, and a harmonious organization of dermal collagen fibers compared to the untreated burn control group. In conclusion, this study confirms the efficacy of nano-carriers in potentializing the synergistic effect of natural plant components, thereby offering a high-performance, safe, and promising therapeutic alternative for the regeneration of damaged skin barriers.

Keywords: Thermal burn, Nanoemulgel, *Pistacia lentiscus*, *Simmondsia chinensis*, Wound healing.

RÉSUMÉ

Cette étude a été consacrée à l'extraction, à la caractérisation physicochimique et à l'évaluation biologique des huiles végétales et essentielles issues de *Simmondsia chinensis* et de *Pistacia lentiscus*, dans le but de développer une formulation innovante de nanoémulgel optimisée pour le traitement des brûlures thermiques. Les résultats d'extraction ont révélé des rendements très satisfaisants, atteignant 50,66 % pour l'huile de jojoba obtenue par pression à froid et 0,88 % pour l'huile essentielle de lentisque obtenue par hydrodistillation. Par ailleurs, l'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS/FID) de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a mis en évidence une composition riche en monoterpènes et sesquiterpènes bioactifs. Parmi les principaux constituants identifiés figuraient l' α -pinène, le β -myrcène, le limonène, le β -pinène, le β -caryophyllène et le terpinen-4-ol, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes. Sur le plan pharmaceutique, le nanoémulgel développé a présenté des caractéristiques optimales, notamment une excellente homogénéité, une texture adaptée à l'application topique ainsi qu'une bonne stabilité physique. De plus, les analyses microbiologiques ont confirmé l'innocuité de cette préparation, démontrant l'absence totale de contamination bactérienne et fongique. Concernant l'étude *in vivo*, l'évaluation biologique réalisée sur des rats albinos Wistar a démontré une accélération remarquable du processus de réparation tissulaire dans les groupes traités par le nanoémulgel. Les examens histopathologiques ont corroboré ces observations macroscopiques en révélant une reconstruction avancée du tissu cutané, une réépithélialisation complète de l'épiderme ainsi qu'une organisation harmonieuse des fibres de collagène dermiques comparativement au groupe témoin brûlé non traité. En conclusion, cette étude confirme l'efficacité des nanotransporteurs dans la potentialisation de l'effet synergique des composés naturels d'origine végétale, offrant ainsi une alternative thérapeutique performante, sûre et prometteuse pour la régénération des barrières cutanées endommagées.

Mots-clés : Brûlure thermique, Nanoémulgel, *Pistacia lentiscus*, *Simmondsia chinensis*, Cicatrisation.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau01:	Position systématique de <i>Simmondsia chinensis</i>	06
Tableau02:	Position systématique phylogénétique de <i>Simmondsia chinensis</i>	06
Tableau03:	structure chimique des composants esters de cire les plus abondants dans la cire de jojoba	08
Tableau 04:	Composition en acide gras de l'huile de jojoba	08
Tableau05:	Position systématique de <i>Pistacia lentiscus</i> .	10
Tableau 06 :	Résumé du protocole expérimental suivi et des traitements utilisées.	19
Tableau 07 :	Rendement des huiles grasses de Jojoba .	22
Tableau 08:	Les caractéristiques organoleptiques d'HF de Jojoba.	22
Tableau 09 :	Rendement des huiles essentielles de Lentisque .	22
Tableau 10:	Liste des différents composés terpéniques séparés et identifiés de l'huile essentielle de <i>Pistacia lentiscus</i> .	24
Tableau 11:	les caractéristiques macroscopiques du nanoémulgel formulé à base d'huiles végétales de Jojoba et Lentisque.	28

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure 01 :	Photos de diverses parties de la plante de jojoba.	06
Figure 02 :	Le Structure d'huile de jojoba (cire) .	07
Figure 03 :	Photographies originales des feuilles, et graines de <i>P.lentiscus</i>	10
Figure 04 :	Photo originale de La plante jojoba.	14
Figure 05 :	Photo originale de La plante lentisque .	14
Figure 06:	Extraction d'HF de jojoba par machine de pression à chaud .	15
Figure 07:	Extraction des huiles essentielles de lentisque par Clevenger .	16
Figure 08:	Nano-émulsions préparés à partir des huiles végétales extraites .	18
Figure 09:	Emulgel formulé(Photo originale).	18
Figure 10:	Chromatogramme de l'huile essentielle obtenu par CG/SM/FID	23
Figure 11 :	Différents composés le plus abondant dans huiles essentielles de <i>Pistacia lentiscus</i>	27
Figure 12:	Nanoémulgel formulé à base d'huiles végétales de Jojoba et Lentisque/	28
Figure 13:	Evolution des diamètres des brûlures des lots durant la période expérimentale.	29
Figure 14:	Photo de l'observation macroscopique des lots. Lots 3 : Nanoémulgel Jojoba, Lot 4 : Nanoémulgel Lentisque, Lpt 5 : Nanoémulgel Jojoba et Lentisque	30
Figure 15 :	Structure histologique de la peau chez les rats Lot 1 T0, Lots 2: Brûlure Lots, 3: Nanoémulgel Joj, Lot 4: Nanoémulgel Len, Lpt 5: Nanoémulgel Joj et Len	30,31

SOMMAIRE

Titre	Page
Remerciements	
Dedicasse	
Dedicasse	
ABSTRACT	
Liste des tableaux	
LISTE DES FIGURES	
INTRODUCTION	01
Partie01 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. PEAU ET BRÛLURES	
2. ETUDE DE L'ESPECE <i>Simmondsia chinensis</i>	05
2.1. Noms vernaculaire de <i>Simmondsia chinensis</i>	05
2.2. Description botanique de <i>Simmondsia chinensis</i>	05
2.3. Taxonomie de <i>Simmondsia chinensis</i>	06
2.4. Répartition géographique de <i>Simmondsia chinensis</i>	06
2.5. Composition chimique de <i>Simmondsia chinensis</i>	07
2.5.1. Cire de <i>Simmondsia chinensis</i>	07
2.5.2. Acides gras	08
2.5. 3. Stérols	08
2.5.4. Vitamines liposolubles	08
2.6. Utilisation	08
2.7. Formes d'utilisations et posologies	08,09
3. ETUDE DE L'ESPECE <i>Pistacia lentiscus</i>	09
3.1. Noms vernaculaire de <i>Pistacia lentiscus</i>	09
3.2. Description botanique de <i>Pistacia lentiscus</i>	09
3.3. Taxonomie de <i>Pistacia lentiscus</i>	10
3.4. Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i>	10
3.5. Composition chimique et activités pharmacologiques de <i>Pistacia lentiscus</i>	10,11
Partie 02 PARTIE EXPERIMENTALE	
MATERIELS ET METHODES	13
1. Matériels utilises	14
1.1. Matériel végétal	14
1.2. Matériel animale	14
2. Méthodes suivies	15
2.1. Extraction de l'huile de jojoba <i>Simmondsia chinensis</i>	15
2.2. Extraction des huiles essentielles de lentisque <i>Pistacia lentiscus</i>	15
2.3. Analyse par la CPG/MS/FID des huiles essentielles	16

2.4. Préparation des nano-émulsions à partir des huiles végétales	17
2.5. Préparation du nanoémulgel à partir des nano-émulsions végétales	18
2.6. Etude de l'effet de nanoémulgel contre les brulures <i>In vivo</i>	18
2.6.1. Induction et traitement des brûlures	18
2.6.2. Protocole expérimentale	19
2.6.3. Sacrifice et prélèvement de sang	19
2.6.4. Étude de l'effet cicatrisants	19
2.6.5. Etude histologique	19,20
Partie 03 RESULTATS	
2.RESULTATS	21
2.1. Rendement d'extraction de l'huile de Jojoba	22
2.2. Caractéristiques organoleptiques	22
2.3. Rendement d'extraction des huiles essentielles de Lentisque	22
2.4. Analyse par la CPG/MS/FID des huiles essentielles de Lentisque	23,24,25,26,27
2.5. Caractéristiques macroscopiques de nanoémulgel à partir des nano-émulsions végétales	28
2.6. Etude de l'effet de nanoémulgel contre les brulures <i>In vivo</i>	28
2.6.1. Étude de l'effet cicatrisant	28
3.6.2. Analyse macroscopique des lésions cutanées	29,30
3.6.3. Etude histologique	30,31
DISCUSSION	33
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	34,35,36,37
References	40,41,42,43,44,45

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis l'Antiquité, les plantes jouent un rôle essentiel dans la vie humaine, servant non seulement de source de nourriture, mais aussi de plantes médicinales, notamment pour les populations démunies des régions isolées dépourvues d'infrastructures de santé modernes. Dans ces régions, la médecine traditionnelle à base de plantes médicinales est souvent la seule option de traitement disponible. Cette médecine s'appuie sur les ressources naturelles locales et un savoir transmis de génération en génération. Elle est principalement dispensée par des guérisseurs traditionnels ou des membres de la famille, selon des recettes empiriques transmises depuis des siècles, offrant ainsi des soins de santé accessibles et abordables. (Ferrier et al., 2014; Schaal, 2019; Zhang, 2004).

Face à ce patrimoine médicinal largement inexploré, de nombreux pays ont lancé d'importants projets de recherche sur les effets des remèdes traditionnels et la signification ethnobotanique de ces plantes. Récemment, on a observé une recrudescence des recherches locales analysant les variétés de cultures agricoles et leurs effets. Développer une compréhension globale de la botanique végétale exige une approche multidisciplinaire, intégrant la chimie analytique, la pharmacologie et l'écologie. Dans ce contexte, la recherche ethnopharmacologique vise principalement à la fois à identifier les composés organiques et à préserver les savoirs traditionnels (Benarba, 2015; Mahwasane, 2013).

Ce modèle si particulier du Sahara algérien constitue un exemple remarquable de biodiversité nationale. Au sein de cet écosystème aride, et hormis un système de médecine traditionnelle très adaptable, les habitants puisent l'eau dans la nature. Cependant, les services de santé se limitent aux zones calmes des champs pétroliers et gaziers – du fait de la diversité géographique et de la présence de centres médicaux dans les villes – et Téhéran exploite ces ressources végétales. Confrontée au double défi de l'isolement spatial et économique, la population saharienne perpétue une tradition thérapeutique ancestrale (Djahra 2014; Simbo, 2010; Anyinam, 1995)

Les progrès en photochimie ont conduit à l'isolement et à la caractérisation de nombreux métabolites secondaires présentant un intérêt pharmacologique significatif. Ces composés bioactifs sont utilisés soit comme principes thérapeutiques directs, soit comme modèles structuraux pour l'hémisynthèse de médicaments brevetés. Les analyses bibliométriques indiquent qu'environ 40% des molécules thérapeutiques approuvées depuis 1980 dérivent directement ou indirectement de produits naturels d'origine végétale. De nombreuses études scientifiques documentent particulièrement leur efficacité dans la prise en charge des néphropathies, corroborant ainsi les bases scientifiques des pharmacopées traditionnelles (Cordell and Colvard, 2012; Djahra et al., 2020; Newman and Cragg, 2016; Cragg et al., 2009; Butler, 2008).

La peau, le plus grand organe du corps, constitue la première barrière de défense contre les agressions extérieures. Toute altération de sa structure et de sa fonction peut entraîner de graves complications de santé (Elias, 2018). D'autre part les malades de la peau notamment les brûlures cutanées sont classées en trois degrés : Les brûlures du premier degré sont limitées à l'épiderme ; Les brûlures du deuxième degré s'étendent à l'épiderme et à la couche superficielle du derme ; Les brûlures du troisième degré atteignent la couche profonde du derme et peuvent s'étendre au tissu sous-cutané (Geschke et al., 2015).

Les brûlures figurent parmi les problèmes de santé publique les plus importants dans les pays en développement, en raison de leur forte incidence et de l'accès limité aux soins dans

certaines régions. Les victimes de brûlures sont également exposées à un risque élevé d'infection et à un accès limité aux soins et aux ressources médicales. Face à ces défis, on observe un intérêt croissant pour la médecine traditionnelle, notamment pour l'utilisation des plantes médicinales afin d'accélérer la régénération des tissus cutanés et de stimuler le processus de cicatrisation (Atiyeh, 2009)

Les plantes médicinales sahariennes, réputées pour leur richesse en composés bioactifs aux propriétés cicatrisantes, ont constitué le cœur de cette étude. Nous avons développé une formulation galénique à base de nanoémulsion des huiles végétales des deux plantes *Pistacia lentiscus* et *Simmondsia chinensis*, et évalué leur potentiel thérapeutique dans le traitement des brûlures *In vivo* chez les rats. Le travail est divisé en deux grandes parties, la première partie comprenant une partie bibliographique comprenant des informations sur la peau, les brûlures et les deux plantes *Pistacia lentiscus* et *Simmondsia chinensis*. La deuxième partie comprend la partie expérimentale composée de deux chapitres. Le premier chapitre contient les matériaux et méthodes utilisés lors des travaux expérimentaux. Le deuxième chapitre comprenait les résultats obtenus et la discussion.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. PEAU ET BRÛLURES

La peau constitue une enveloppe protectrice contre les agressions environnementales. Avec une surface d'environ 1,7 à 2,0 m² et une masse moyenne de 4 kg, elle représente le plus grand organe du corps humain, soit environ 5,5 % de sa masse totale. Elle assure un rôle essentiel de protection et de communication avec l'environnement. Sur le plan mécanique, la peau est un matériau complexe composé de trois couches principales : l'épiderme, le derme et l'hypoderme, présentant un comportement non homogène, non linéaire, anisotrope et viscoélastique (Azzez et al., 2015).

L'architecture histologique de la peau comprend l'épiderme en couche externe, le derme comme couche intermédiaire, et l'hypoderme comme couche profonde (Cribier, 2023). Au cours du développement embryonnaire, l'épithélium ectodermique forme une structure à deux couches dès le deuxième mois, une troisième apparaissant au troisième mois. Les mélanocytes et les cellules de Langerhans se développent, et les kératinocytes se stratifient à partir du cinquième mois. Les dermatoglyphes apparaissent à cette période, influencés par la génétique et la mécanique (Prost-Squarcioni et al., 2005).

Le derme, tissu conjonctif de soutien, comprend une partie superficielle dite papillaire et une partie profonde appelée réticulaire (Laverdet et al., 2018). Le derme papillaire contient des vaisseaux, des récepteurs sensoriels et des nerfs (Prost-Squarcioni, 2006). Il est également riche en fibres élastiques, plus fines que celles du collagène. Dans le derme réticulaire, ces fibres sont parallèles, tandis que dans le derme papillaire, elles s'organisent verticalement (André, 2021). L'hypoderme, la couche la plus profonde, constitue entre 15 et 50 % du poids corporel selon la morphologie. Son épaisseur varie selon la zone, le sexe, le mode de vie et la génétique. Il est composé de graisses et de tissu conjonctif, notamment de tissu adipeux blanc et brun, jouant un rôle dans le stockage d'énergie et la régulation thermique (Bourahla, 2022). La peau exerce de nombreuses fonctions essentielles. Elle joue un rôle protecteur en formant une barrière physique contre les microorganismes, les toxines et les rayons ultraviolets, tout en protégeant les tissus internes (Falanga, 2020).

Elle possède une fonction immunitaire grâce aux cellules de Langerhans agissant comme sentinelles pour déclencher des réponses immunitaires (Lai-Cheong et McGrath, 2017).

Elle assure aussi une fonction sensorielle : le toucher permet d'explorer l'environnement grâce aux terminaisons nerveuses, notamment dans les doigts, tout en détectant la température, la pression, la chaleur et la douleur (Gilaberte et al., 2016).

Les brûlures sont parmi les blessures les plus fréquentes dans le monde. Elles résultent de dommages cutanés causés par la chaleur, les radiations, l'électricité ou des produits chimiques, et peuvent entraîner des complications graves, en particulier lorsqu'elles sont profondes ou étendues (Shpichka et al., 2019). Les brûlures thermiques sont les plus répandues. Leur gravité dépend de la nature de l'agent, de la température et du temps d'exposition. Les principales causes sont les liquides chauds (40 %), les flammes et les fumées (31 %), et les solides brûlants (6 %), la majorité de ces brûlures survenant dans un cadre domestique (Bich et al., 2019). Les brûlures électriques, bien que souvent sans lésions visibles à la surface de la peau, provoquent des dégâts internes profonds mettant en danger le pronostic vital (Safara et Bargesb, 2015). Les brûlures chimiques, représentant environ 3 % des cas, sont responsables de 30 % des décès par brûlure. Elles sont causées par des acides, des bases, ou encore des produits organiques et inorganiques, et déclenchent divers types de réactions chimiques à leur contact avec la peau : oxydation, corrosion, empoisonnement, etc. (Levy et al., 2018).

Quant aux brûlures radiologiques, elles restent rares (1 %). Elles sont causées par

l'exposition au soleil ou à des sources artificielles comme la radiothérapie.

Elles se divisent en brûlures actiniques, généralement superficielles, et en radiodermites, liées à des traitements médicaux (Crendal, 2011). Les brûlures sont classées selon leur cause, leur étendue ou leur profondeur. Les brûlures du premier degré touchent uniquement l'épiderme, se manifestent par une rougeur, chaleur et douleur, et guérissent en 3 à 4 jours sans séquelles. Les brûlures superficielles du deuxième degré provoquent une rougeur intense, des phlyctènes et une douleur vive, avec une cicatrisation en une à deux semaines.

Les brûlures profondes du deuxième degré sont blanchâtres ou rosées, avec une baisse de la sensibilité et une cicatrisation mauvaise, souvent avec cicatrices.

Les brûlures du troisième degré détruisent toute l'épaisseur de la peau, apparaissent blanchâtres à noires, sans douleur en raison de l'anesthésie locale, et n'évoluent pas vers une cicatrisation spontanée (Belkhir, 2012 ; Genco et Genco, 2019).

Le traitement des brûlures repose sur leur degré et leur étendue. Les soins initiaux incluent un refroidissement immédiat avec de l'eau tiède pendant 10 à 20 minutes pour limiter la propagation thermique, un nettoyage antiseptique pour éviter l'infection, et l'application de pansements stériles (Beldi M. et al., 2021). Les médicaments utilisés comprennent des analgésiques comme le paracétamol ou l'ibuprofène pour soulager la douleur, ainsi que des antibiotiques en cas d'infection. Des traitements topiques sont également recommandés. Les pommades à base d'aloë vera, riches en composés anti-inflammatoires et cicatrisants, sont efficaces pour les brûlures légères à modérées (Surjushe et al., 2008).

La pommade Mebo, composée d'ingrédients naturels comme l'huile de sésame, la cire d'abeille, 17 acides aminés, 14 acides gras et 4 polysaccharides, maintient l'humidité physiologique optimale pour la cicatrisation (Semioka et al., 2018 ; EL- Hadidy A. et al., 2014).

Le Cicatryl-bio contient de l'alpha-tocophérol, de la glycérine, de l'allantoïne et du chlorocrésol, favorisant l'hydratation, la granulation des plaies et la formation de l'épithélium (Chabane et al., 2020).

La pommade naturelle à base de *Teucrium polium* accélère également la cicatrisation et la régénération tissulaire grâce à sa richesse en polyphénols, flavonoïdes et dérivés de l'acide caféique (Kim et al., 1997).

2. ETUDE DE L'ESPECE *Simmondsia chinensis*

2.1. Noms vernaculaire de *Simmondsia chinensis*

Noms anglais : jojoba, goat nut, deer nut, pignut, wild hazel, quinine nut, coffee tree, gray bush. nom français: Jojoba, et le nom arabe: Huwwaba (Heuzé et al., 2016).

2.2. Description botanique de *Simmondsia chinensis*

Ces plantes atteignent généralement 2 à 4 mètres de hauteur et vivent jusqu'à 200 ans. Leurs feuilles vert foncé de forme ovale minimisent la perte d'eau par transpiration (Figure 01). Leurs fleurs sont petites, verdâtres et unisexuées, favorisant leur reproduction dans des conditions arides. Les fruits sont des capsules ovoïdes avec une enveloppe dure mesurant 2 à 4 cm de long, chacun contenant une graine unique de forme oblongue (El-Baz et al., 2009).

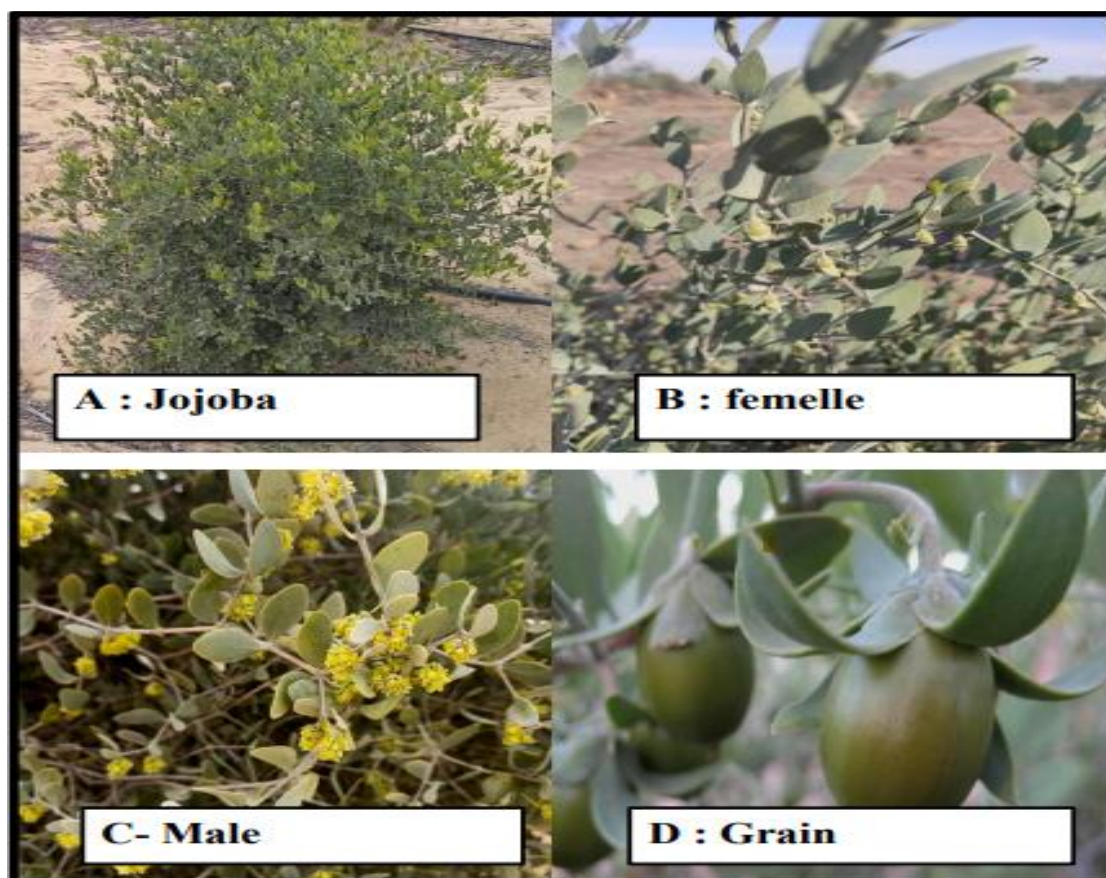


Figure 01 : Photos de diverses parties de la plante de jojoba. (Shaaban, 2022).

2.3. Taxonomie de *Simmondsia chinensis*

La position systématique de plante est de la famille Simmondsiaceae divisé en deux classifications classiques (tableau01) et phylogénétique (tableau02).

Tableau01: Position systématique de *Simmondsia chinensis* (Sturtevant et al, 2020).

Règne	Végétal
Embranchement	Magnoliophyta
Sous embranchement	Spermatophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Euphorbiales
Famille	Simmondsiacées
Genre	Simmondsia
Espèce	<i>Simmondsia chinensis</i>

Tableau02: Position systématique phylogénétique de *Simmondsia chinensis* (Chalbi, 2010).

Ordre	Caryophyllales
Famille	Simmondsiacées

2.4. Répartition géographique de *Simmondsia chinensis*

Le jojoba est une plante originaire des régions semi-désertiques des États-Unis et du Mexique. Sa culture est si captivante qu'elle s'est propagée jusqu'à des régions aussi éloignées que l'Australie et l'Argentine. Même la Tunisie a récemment commencé à cultiver des variétés de jojoba (Bala, 2021).

2.5. Composition chimique de *Simmondsia chinensis*

L'huile de jojoba est composée à près de 98 % de cires pures (principalement des esters). Cires, certains acides gras libres, alcools, hydrocarbures), stérols, Une vitamine qui ne contient presque pas d'esters gras neutres (Sanz, 2022). C'est pourquoi on l'appelle communément cire.

Liquide au lieu d'huile ou de graisse. Composition en AG : ester de cire : 97%, mono insaturée AG : 95-97 % et AGS : 1-2 % Contrôlant, nerveux. Autres principes actifs : insaponifiables. Traces de stérols (Tietel&al,2021).

2.5.1 Cire de *Simmondsia chinensis*

La cire de jojoba se trouve principalement dans les graines de la plante, représentant environ 50 à 52% de la teneur en cire (Figure 02) .Elle est composée principalement d'esters et contient également des acides libres, des alcools et des hydrocarbures libres (Kohr & al, 2022). Les esters sont constitués d'une longue chaîne d'AG à poids moléculaire élevé et des alcools à longue chaîne. Ils sont mono-insaturés AGMI en position ω -9.Des petits esters de triglycérides sont également présents dans la cire de jojoba (Lecomte, 2009) .

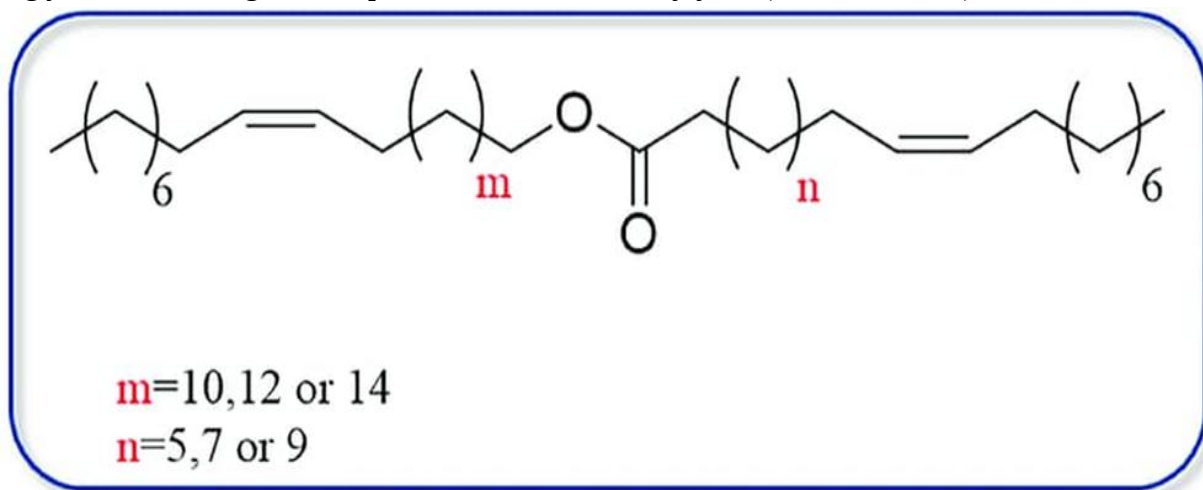


Figure 02 : Le Structure d'huile de jojoba (cire) (Tietel et *al.*, 2021).

2.5.1 .1 .Esters de cire

Les principaux composants des esters de cire qui ont été précédemment isolés et identifiés sont dans le tableau 03.

Tableau03: structure chimique des composants esters de cire les plus abondants dans la cire de jojoba (Gad et *al.*, 2021) .

	R1 = C20H41, R2 = C17 H35	Éicosénoate de docosényle
	R1 = C18H37, R2 = C17 H35	Éicosénoate d'eicosényle
	R1 = C18H37, R2 = C19 H39	Docosénoate de nyle
	R1 = C16H33, R2 = C19 H39	Docosénoate de docosényle
	R1 = C18H37, R2 = C17 H33 (C9)	Oléate d'eicosényle
	R1 = C20H41, R2 = C17 H33 (C9)	Oléate de docosényle

2.5.2 Acides gras

L'huile de jojoba est riche en acides gras mono insaturés AGMI, environ 97%(Tableau4) : acide gadoléique (=eicosénoïque), acide érucique, acide oléique (oméga 9) et 1 à 2 % seulement sont des AGS: acide palmitique, acide nervonique (Sánchez&al,2016) .

Tableau 04: Composition en acide gras de l'huile de jojoba (Sham & Aly, 2012).

Acide gras	Structure	Composition %
Acide palmitique	C16:0	1.60
Acide palmitoléique	C16:1	0.10
Acide stéarique	C18:0	0.14
Acide oléique	C18:1	11.20
Acide linoléique	C18:2	1.0
Acide gamma-linolénique	C18:3	1.0
Acide arachidique	C20:0	0.20
Acide gadoléique	C20:1	70.70
Acide érucique	C22:1	14.10
Acide nervonique	C24 :1	1.64

2.5.3 Stérols

Il existe de nombreux rapports contradictoires sur les stérols présents dans l'huile de jojoba, notamment le cholestérol, le bêta-sitostérol, le campesterol, le mésamésterol et même l'isofocostérol (Vickers, 1983).

2.5.4 Vitamines liposolubles

L'huile de jojoba est riche en vitamines E, B, C, D, H, K et PP, et contient des minéraux tels que le zinc et le cuivre, offrant de nombreux avantages pour la peau et les cheveux ((Noyé, 2013).

2.6. Utilisation

L'huile de jojoba est largement utilisée dans les produits cosmétiques et les soins de la peau et des cheveux en raison de ses propriétés hydratantes. Elle est également utilisée comme fongicide et peut être utilisée pour la cicatrisation des piercings. L'huile de jojoba a été découverte comme alternative supérieure à l'huile de baleine dans de nombreux produits .Le jojoba a également été étudié pour son potentiel en tant que carburant biodiesel durable(Chamoumi, 2013).

2.7. Formes d'utilisations et posologies

- **Hydratant pour la peau** : Appliquer quelques gouttes sur une peau propre et masser doucement jusqu'à absorption. Utiliser quotidiennement, matin et soir si nécessaire.
- **Crème hydratante capillaire** : Appliquez quelques gouttes sur les pointes des cheveux secs ou humides pour les hydrater et les adoucir. Vous pouvez également utiliser l'huile de jojoba comme traitement capillaire en l'appliquant sur votre cuir chevelu et vos cheveux et en la laissant agir quelques heures ou toute la nuit avant de vous laver les cheveux.
- **Démaquillant** : Mettez quelques gouttes sur un morceau de coton ou directement sur la peau pour dissoudre le maquillage, puis rincez à l'eau tiède.

3. ETUDE DE L'ESPECE *Pistacia lentiscus*

3.1. Noms vernaculaire de *Pistacia lentiscus*

Cette espèce possède plusieurs noms vernaculaires selon les pays: Angleterre : Chios mastic tree, Allemagne, Mastixbaum, France: Arbre au mastic, Lentisque, Espagne: Lentisco, Afrique du nord: Derw, darw, Berbère: Tidekt, Tidekst(Torkelson, 1996et Feidemann,2005).

3.2. Description botanique de *Pistacia lentiscus*

Pistacia lentiscus (Darou) est une espèce appartenant à la famille des Anacardiacees, se

présentant généralement sous forme d'un arbrisseau à forte odeur résineuse pouvant atteindre 3 m, voire jusqu'à 6 m dans certains cas (Coste, 1937). Cette espèce est caractéristique des régions méditerranéennes chaudes où elle est fréquemment associée à l'oléastre, au myrte et à la salsepareille au sein du groupement végétal appelé « Oléolentisque », ainsi que dans les formations à pin d'Alep et les garrigues basses. En Algérie, elle pousse sur différents types de sols dans les zones subhumides et semi-arides, notamment dans le bassin de la Soummam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne-liège. Selon More et White (2005), cette espèce possède des branches tortueuses et compactes, des feuilles persistantes composées de 4 à 10 folioles vert foncé, coriaces, glabres et luisantes, ainsi que des fleurs unisexuées très aromatiques regroupées en petits racèmes, les fleurs femelles étant vert jaunâtre et les mâles rouge foncé. Ses fruits sont des baies globuleuses monospermes de 2 à 3 mm, passant du rouge au brunâtre à maturité. L'incision de son tronc produit également une résine appelée mastic, largement utilisée après distillation dans l'industrie, notamment en parfumerie.



Figure 03 : Photographies originales des feuilles, et graines de *P.lentiscus*

3.3. Taxonomie de *Pistacia lentiscus*

Le *Pistacia lentiscus* L. est un arbrisseau très commun en Algérie leur taxonomie est presenter dans le tableau 05selon (Mitcheh, 1986 et Baudière et al., 2002).

Tableau05: Position systématique de *Pistacia lentiscus*.

Règne	Plantae
Embranchement	Angiospermae
Classe	Dicotyledones
Ordre	Sapindales
Famille :	Anacardiaceae
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia massiliensis</i> Mill., <i>Terebinthus vulgaris</i> Fourr., <i>Pistacia narbonensis</i> Mill., <i>Pistacia chia</i> Desf., <i>Pistacia Brevifolia</i> Gand., <i>Lentiscus vulgaris</i> Fourr., <i>Lentiscus massiliensis</i> (Mill.) Fourr.

3.4. Répartition géographique de *Pistacia lentiscus*

Pistacia lentiscus est un arbrisseau largement répandu dans les régions arides d'Asie ainsi que dans les zones méditerranéennes d'Europe et d'Afrique, s'étendant jusqu'aux îles Canaries (Bellakhdar, 2003). Cette espèce se développe spontanément à l'état sauvage dans les garrigues et les terrains en friche, présentant une importante capacité d'adaptation à différents types de sols. En Algérie, elle est principalement rencontrée dans les régions subhumides et semi-arides (Saadoun, 2002), notamment dans le bassin de la Soummam où elle est associée à diverses espèces forestières telles que le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne-liège

(Belhadj, 2000).

3.5. Composition chimique et activités pharmacologiques de *Pistacia lentiscus*

Pistacia lentiscus est une plante reconnue pour sa richesse en métabolites bioactifs présents dans ses différentes parties, ce qui lui confère un intérêt considérable dans les domaines de la phytochimie et de la pharmacologie. Les analyses phytochimiques ont révélé la présence de plusieurs composés phénoliques, notamment l'acide gallique, l'acide digallique et l'acide quinique, ainsi que différents dérivés de ces acides tels que les dérivés galloylés du glucose et de l'acide quinique (Castola et al., 2000 ; Romani et al., 2002 ; Vaya & Mahmood, 2006 ; Mehenni et al., 2016). Cette espèce est également riche en flavonoïdes, principalement les flavonols, les flavanols, les flavones, les anthocyanines ainsi que leurs dérivés glycosylés, dont la myricétine, la catéchine, la lutéoline, l'apigénine et la quercétine (Romani et al., 2002 ; Mehenni et al., 2016). Les fruits contiennent également des tanins, des leucoanthocyanes et plusieurs anthocyanes spécifiques tels que la cyanidine et la delphinidine (Longo et al., 2007 ; Arab et al., 2015). Par ailleurs, l'huile extraite des fruits est particulièrement riche en acides gras mono-insaturés, notamment l'acide oléique, ainsi qu'en phytostérols comme le β -sitostérol, le cholestérol et le stigmastérol (Trabelsi et al., 2012). Des monoterpènes tels que l' α -pinène, le β -myrcène et le limonène ont également été identifiés (Magiatis et al., 1999). Cette diversité chimique explique les nombreuses propriétés biologiques et pharmacologiques attribuées à *P. lentiscus*, notamment ses activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes, cicatrisantes et thérapeutiques potentielles, ce qui en fait une espèce largement étudiée dans la recherche scientifique.

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIELS ET METHODES

MATERIELS ET METHODES

1. Matériels utilisés

1.1. Matériel végétal

✓ La plante utilisée dans ce travail expérimental est une plante appartenant à la famille des Simmondsiacées, qui est le jojoba (*Simmondsia chinensis*). Les graines de jojoba (Figure 04) nous a été importé de Tunisie.



Figure 04 : Photo originale de La plante jojoba(*Simmondsia chinensis*).

✓ Le 2^{ème} matériel végétal utilisé dans cette étude expérimentale est une espèce végétale appartenant à la famille des Anacardiaceae *Pistacia lentiscus* (Figure 05) sa taxonomie est détaillée dans la partie bibliographique. La matière végétale choisie pour la réalisation des expérimentations de cette étude est la feuille puisque c'est à son niveau que se trouvent la majorité des principales substances actives, en d'autre terme, c'est le lieu de synthèse et de la mise en réserve temporaire des principaux composés du métabolisme primaires et secondaires.



Figure 05 : Photo originale de La plante lentisque (*Pistacia lentiscus*).

1.2. Matériel animale

Nous avons utilisé des rats de souche WISTAR ALBINOS (120 ± 15 g) fournies par les laboratoires de l'Institut Pasteur d'Alger. Ils sont divisés en six lots et hébergées au niveau de l'animalerie de la faculté des sciences de la nature et de la vie, à l'université El-Chahid Hamma Lakhdar, dans des cages en plastique (Cinq rats par cage: $n = 5$) munies d'un porte étiquette où le nom du lot est mentionné selon le traitement. Les rats sont soumis à une période d'adaptation (10 jours) aux conditions de l'animalerie, d'environ à une température de, $18.61 \pm 0.13^\circ\text{C}$ une humidité de $64.8 \pm 0.3\%$ et une photopériode de 12 h/12 h.

2. Méthodes suivies

2.1. Extraction de l'huile de jojoba *Simmondsia chinensis*

L'extraction d'huile végétale fixe de jojoba est réalisée par une extraction mécanique à chaud. Pour cela 50 g des graines de jojoba sont nettoyées, puis pressés à l'aide d'une presse (Figure 06).



Figure 06: Extraction d'HF de jojoba par machine de pression à chaud (Photo originale).

✓ Calcul du rendement

Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile récupérée (PEB) à la masse de la matière végétale sèche (PMV), exprimées dans la même unité de masse multiplié par 100, comme suit :

$$R (\%) = \text{PEB} / \text{PMV} \times 100$$

R : Rendement (%).

PEB : Poids de l'Extrait (g).

PMV : Poids de matière végétale (g).

2.2. Extraction des huiles essentielles de lentisque *Pistacia lentiscus*

Le extraction de l'huile essentielle s'effectue par entraînement à la vapeur d'eau dans un appareil de Clevenger. Pour que cette extraction soit réalisée, la masse de la prise d'essai doit être comprise entre 5 et 50 g avec une durée d'ébullition qui varie entre 1h 30 et 4h (Figure 09). Tous ces paramètres dépendent de la nature, la texture et de la richesse en huile essentielle de la drogue utilisée. (Bruneton, 1999). Dans notre cas, la masse de la prise d'essai que nous avons utilisé pour réaliser cette extraction était égale à 50g avec une durée d'ébullition de 3 heures.

✓ Calcul du rendement :

Le rendement des huiles essentielles est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle et la masse de la matière végétale utilisée.

Le pourcentage de rendement est calculé à partir de la formule suivante :

$$R \% = \text{PHE} / \text{PMV} \times 100$$

R : rendement

PHE : poids des huiles essentielles (g)

PMV : poids de matière végétale (g)

Une fois le rendement calculé, les huiles essentielles doivent être stockées le plus rapidement possible dans de très petits flacons de verre opaque, parfaitement bouclés, et maintenues à une température de 4°C (Vincent, 1991).

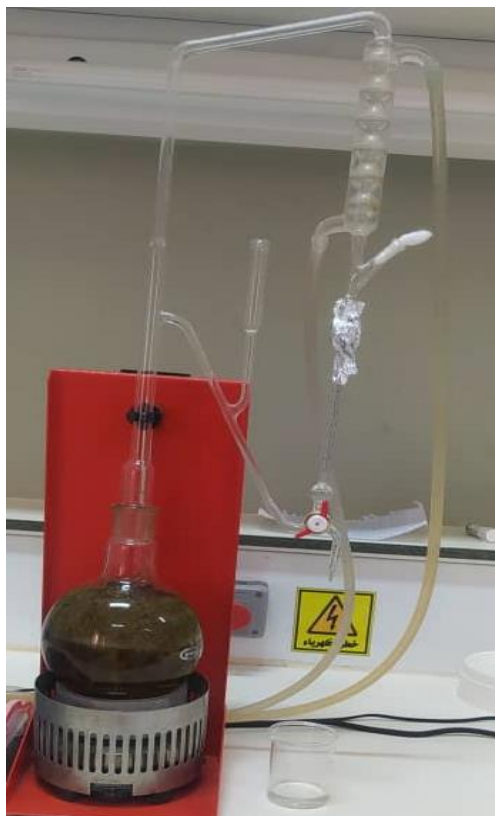


Figure 07: Extraction des huiles essentielles de lentisque par Clevenger (Photo originale).

2.3. Analyse par la CPG/MS/FID des huiles essentielles

L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) ainsi qu'à un détecteur à ionisation de flamme (GC/FID), conformément à la norme NF ISO 11024. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un système GC/MS Agilent 7890/5977 et d'un appareil GC/FID Agilent 6890, équipés d'une colonne capillaire VF-WAX (polaire) de dimensions 60 m × 0,25 mm × 0,25 µm. Le programme de température appliqué a débuté par une phase initiale de 5 minutes à 60 °C, suivie d'une augmentation progressive de 2 °C/min jusqu'à 250 °C, avec maintien à cette température pendant 15 minutes. L'hélium (He) a été utilisé comme gaz vecteur à une pression de 23 psi pour le GC/MS et de 30 psi pour le GC/FID. L'injection a été réalisée en mode split à partir de 1 µL d'une solution préparée à 10 % dans l'hexane. L'acquisition des données a été effectuée dans une gamme de masses comprise entre 30 et 350 m/z. L'identification des différents constituants a reposé sur une comparaison combinée des temps de rétention et des spectres de masse obtenus avec ceux des bibliothèques internes et de la base de données commerciale NIST. Les pourcentages relatifs des composés ont été déterminés à partir des surfaces des pics obtenues par GC/FID, sans application de facteur de correction, avec une limite minimale d'identification fixée à 0,03% l'azote réglé au débit de 0,59 ml/min ; La programmation de la température a été programmée comme suit : Dans un premier temps la température du four à température initiale est maintenue à 50°C pendant 01 minute, augmentée de 25°C/min jusqu'à 200°C, puis la montée en température se fait progressivement à raison de 03 °C/min jusqu'à 230°C. L'injection se fait en mode

"Splitle", ration "Splitle 50" ; le volume injecté est de : 1 μ l ; les analyses ont été réalisées en mode FID l'identification des composés a été faite en comparant les spectres de masse avec ceux contenus dans la bibliothèque. Le pourcentage de chaque composé calculé par la méthode de standardisation interne.

2.4. Préparation des nano-émulsions à partir des huiles végétales

Dans cette étude, trois systèmes de nano-émulsions ont été préparés à partir des huiles végétales extraites, à savoir : une nano-émulsion à base d'huile essentielle (HE) de lentisque, une nano-émulsion à base d'huile fixe de jojoba, ainsi qu'une nano-émulsion formulée à partir du mélange (huile essentielle–huile fixe) des deux huiles étudiées. Le Tween 20 a été utilisé comme agent tensioactif dans toutes les formulations.

Pour la préparation de la nano-émulsion de l'huile essentielle de lentisque, 5 mL d'huile essentielle ont été mélangés avec 5 mL de Tween 20 dans un bécher en verre. Le mélange a été soumis à une agitation mécanique à 600 tr/min pendant 10 minutes afin d'assurer une homogénéisation initiale. Ensuite, 40 mL d'eau distillée ont été ajoutés progressivement sous agitation continue pendant 30 minutes jusqu'à obtention d'une émulsion homogène.

De la même manière, la nano-émulsion de l'huile fixe de jojoba a été préparée en mélangeant 5 mL d'huile de jojoba avec 5 mL de Tween 20 dans des conditions identiques (600 tr/min, 10 minutes), suivies de l'ajout progressif de 40 mL d'eau distillée sous agitation continue pendant 30 minutes, permettant d'obtenir une émulsion stable.

Concernant la nano-émulsion du mélange huile essentielle–huile fixe, 2,5 mL d'huile essentielle ont été mélangés avec 2,5 mL d'huile de jojoba, puis 5 mL de Tween 20 ont été ajoutés. Le mélange a été homogénéisé à 600 tr/min pendant 10 minutes, suivi de l'ajout progressif de 40 mL d'eau distillée sous agitation continue pendant 30 minutes jusqu'à formation d'une émulsion homogène.

Enfin, afin d'améliorer la réduction de la taille des gouttelettes et la stabilité colloïdale des trois formulations, toutes les émulsions obtenues ont été soumises à un traitement par ultrasons (ultrasonication) à l'aide d'un sonicateur à sonde. Les conditions appliquées étaient les suivantes : fréquence de 20 kHz, puissance de 400–600 W, pendant 5 à 10 minutes, avec contrôle de la température à l'aide d'un bain de glace afin d'éviter toute dégradation thermique des composés volatils. Ce traitement a permis l'obtention de nano-émulsions plus fines, homogènes et stables sur le plan colloïdal (Figure 08).



Figure 08: Nano-émulsions préparés à partir des huiles végétales extraites (Photo originale).

2.5. Préparation du nanoémulgel à partir des nano-émulsions végétales

Le nanoémulgel a été formulé en incorporant les nano-émulsions optimisées dans une base gélifiée à base de Carbopol 940. Pour la préparation du gel, 1,75 g de Carbopol 940 ont été dispersés dans 125 mL d'eau déionisée sous agitation magnétique à 300 tr/min jusqu'à hydratation complète et formation d'une dispersion homogène. Ensuite, 1,75 g de triéthanolamine ont été ajoutés progressivement afin de neutraliser le Carbopol et induire la gélification. Le mélange a été agité jusqu'à obtention d'un gel visqueux et homogène, avec un pH final de 5,8 (Figure 09).

Enfin, la nano-émulsion végétale (huile essentielle de lentisque, huile de jojoba et leur mélange) a été incorporée lentement dans la base gélifiée sous agitation continue jusqu'à obtention d'un nanoémulgel homogène, stable et adapté à l'application cutanée (Jeengar et al., 2016).



Figure 09: Emulgel formulé (Photo originale).

2.6. Etude de l'effet de nanoémulgel contre les brûlures *In vivo*

2.6.1. Induction et traitement des brûlures

Les brûlures ont été induites au niveau de la région dorsale de chaque animal, une zone choisie en raison de sa facilité d'accès, tant pour la réalisation des brûlures que pour le suivi de la cicatrisation et les prises de mesures nécessaires. Ce site dorsal permet également de limiter le léchage des plaies par les animaux. La zone a d'abord été épilée à l'aide d'une ton-

deuse électrique. Après anesthésie des rats au chloroforme, la surface dorsale a été soigneusement désinfectée. Afin de prévenir le dessèchement cutané, chaque rat a reçu une injection sous-cutanée de 3 ml de solution physiologique. Les brûlures ont été provoquées à l'aide d'un cylindre métallique chauffé (diamètre de la base : 10 mm), appliqué sans pression. Après l'induction des brûlures, les animaux des groupes traités ont reçu immédiatement une application locale du produit spécifique à chaque lot, et ce, quotidiennement pendant 18 jours.

2.6.2. Protocole expérimentale

Après répartition des rats en six groupes, une période d'adaptation de dix jours leur a été accordée. Par la suite, les brûlures ont été induites, suivies d'une phase de traitement pour 18 jours (Tableau: 06).

Tableau 06: Résumé du protocole expérimental suivi et des traitements utilisés.

	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
Temoin	-	-	-	-	-	-
Brulure	-	+	-	-	-	-
Brulure + Nanoémulgel Joj	-	+	+	-	-	-
Brulure + Nanoémulgel Len	-	+	-	+	-	-
Brulure + Nanoémulgel Len+Joj	-	+	-	-	+	-
Brulure + jel	-	+	-	-	-	+

2.6.3. Sacrifice et prélèvement de sang

À l'issue des 18 jours de traitement, les rats sont sacrifiés par décapitation, la zone de la brûlure est excisée à l'aide d'une lame chirurgicale, puis placée dans des flacons contenant une solution fixatrice (formol à 27 %) en vue de la réalisation de coupes histologiques

2.6.4. Étude de l'effet cicatrisants

L'évaluation des paramètres cicatriciels a été réalisée par mesure journalière du diamètre des lésions cutanées chez les rats. Les relevés ont été effectués par des mesures précises ont été réalisées chaque jours en utilisant un pied à coulisse. Ce suivi longitudinal a couvert une période totale de 18 jours, permettant ainsi d'établir une cinétique précise du processus de cicatrisation.

2.6.5. Etude histologique

✓ Préparation des blocs

Les fragments de peau préalablement fixés dans le formol à 27 % sont disposés dans des cassettes qui sont ensuite placées dans un automate (Leica TP1020). Les fragments de l'organe sont d'abord déshydratés par submersion dans des bains d'éthanol à des concentrations croissantes (60 %, 70%, 80%, et 100%). les échantillons subissent deux bains de xylène et deux autres de paraffine fondue. Le xylène occupe la place de l'eau et par conséquent facilite la pénétration de la paraffine puisque cette dernière est hydrophobe. La durée des bains est de 24 heures. A l'aide d'un appareil d'inclusion, Les échantillons de peau sont placés dans des moules métalliques et recouverts de paraffine fondue. Après refroidissement, les blocs sont prêts à la coup

✓ Réalisation des coupes et coloration

Les blocs sont placés dans le microtome afin de réaliser des coupes de 3µm d'épaisseur. A l'aide d'une pince très fine, les coupes sont placées sur des lames qui sont ensuite déparaffinées par chauffage à l'étuve pendant une heure. L'échantillon placé sur la lame de verre est immergé dans deux bains de xylène (Xylene) pendant 15 minutes chacun, afin d'éliminer la

paraffine. Ensuite, l'échantillon est passé dans une série de bains d'éthanol à concentrations décroissantes (100 %, 95 %, 80 %, 70 %) pendant des durées variables, dans le but de réhydrater progressivement le tissu. Il est ensuite rincé à l'eau distillée pendant une minute. Par la suite, l'échantillon est immergé dans une solution d'hématoxyline (Hematoxylin) pendant 30 secondes afin de colorer les noyaux cellulaires. L'excès de colorant est éliminé par lavage dans un bain d'eau pendant 10 minutes à une température de 60 °C, suivi d'un rinçage à l'eau distillée pendant 3 minutes. Ensuite, l'échantillon est placé dans un bain d'éosine aqueuse (Eosin aqueuse) pendant 20 secondes afin de colorer le cytoplasme, puis l'excès de colorant est éliminé à l'aide d'un bain d'eau. Enfin, les lames colorées sont laissées à sécher afin d'être prêtes pour l'observation microscopique.

RESULTATS

2.RESULTATS

2.1. Rendement d'extraction de l'huile de Jojoba

Le tableau 07 présente le rendement obtenu lors de l'extraction de l'huile grasse de *Simmondsia chinensis* (Jojoba). Le rendement constitue un paramètre important permettant d'évaluer l'efficacité du procédé d'extraction ainsi que la richesse de la matière végétale en composés lipidiques. Les résultats obtenus montrent qu'à partir de 50 g de matière végétale, un volume de 25 ml d'huile a été extrait, correspondant à un rendement de 50 %, ce qui traduit une teneur relativement élevée en huile grasse dans les graines de jojoba

Tableau 07 : Rendement des huiles grasses Jojoba (*Simmondsia chinensis*).

Echantillon de plante (g)	Rendement (ml)	Pourcentage du rendement (%)
50g	25 ml	50 %

2.2. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques représentent des paramètres essentiels dans l'évaluation préliminaire des huiles grasses, puisqu'elles permettent d'apprécier leurs propriétés physiques et sensorielles pouvant influencer leur qualité et leurs applications potentielles. Le tableau 08 présente les caractéristiques organoleptiques de l'huile grasse de *Simmondsia chinensis* (jojoba). Les résultats obtenus indiquent que l'huile extraite se présente sous un aspect fluide, avec une coloration jaunâtre foncée et une odeur légère et neutre, des caractéristiques généralement associées à une huile de bonne qualité et susceptibles de favoriser.

Tableau 08: Les caractéristiques organoleptiques d'HF de Jojoba (*Simmondsia chinensis*).

Huile	Aspect	Couleur	Odeur
Jojoba	Fluide	Jaunâtre foncé	Une odeur légère et neutre

2.3. Rendement d'extraction des huiles essentielles de Lentisque

Le tableau 09 illustre les résultats relatifs à l'extraction de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* (Lentisque). La quantité d'huile obtenue à partir de 50 g de matériel végétal est de 0,44 ml, soit un rendement global de 0,88 %. Cette valeur reflète la capacité de la plante à produire des composés aromatiques volatils et peut varier selon plusieurs paramètres tels que l'origine de la plante, les conditions environnementales, l'état physiologique du matériel végétal ainsi que la méthode d'extraction employée. Les rendements observés pour les huiles essentielles sont généralement faibles en raison de la faible proportion des substances volatiles naturellement présentes dans les tissus végétaux.

Tableau 09 : Rendement des huiles essentielles de Lentisque (*Pistacia lentiscus*).

Echantillon de plante (g)	Rendement (ml)	Pourcentage du rendement (%)
50g	0.44 ml	0.88 %

2.4. Analyse par la CPG/MS/FID des huiles essentielles de *Lentisque*

L'analyse chromatographique par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et au détecteur à ionisation de flamme (CPG/MS/FID) a permis d'établir le profil chimique de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Pistacia lentiscus*. Le chromatogramme présenté dans la figure 12 met en évidence la présence d'un grand nombre de composés volatils appartenant principalement aux familles des monoterpènes et des sesquiterpènes. Les composés majoritaires identifiés, illustrés dans la figure 13, sont principalement l' α -pinène, le β -pinène, le β -myrcène, le limonène, le p-cymène, le β -caryophyllène, le terpinen-4-ol et le δ -cadinène, accompagnés de composés présents à des proportions plus faibles tels que le furfural, l'estragole, le saffrole et le méthyl-eugénol. La prédominance de ces constituants terpéniques suggère une composition riche en molécules bioactives, pouvant être à l'origine des propriétés biologiques et pharmacologiques attribuées à l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*, notamment ses activités

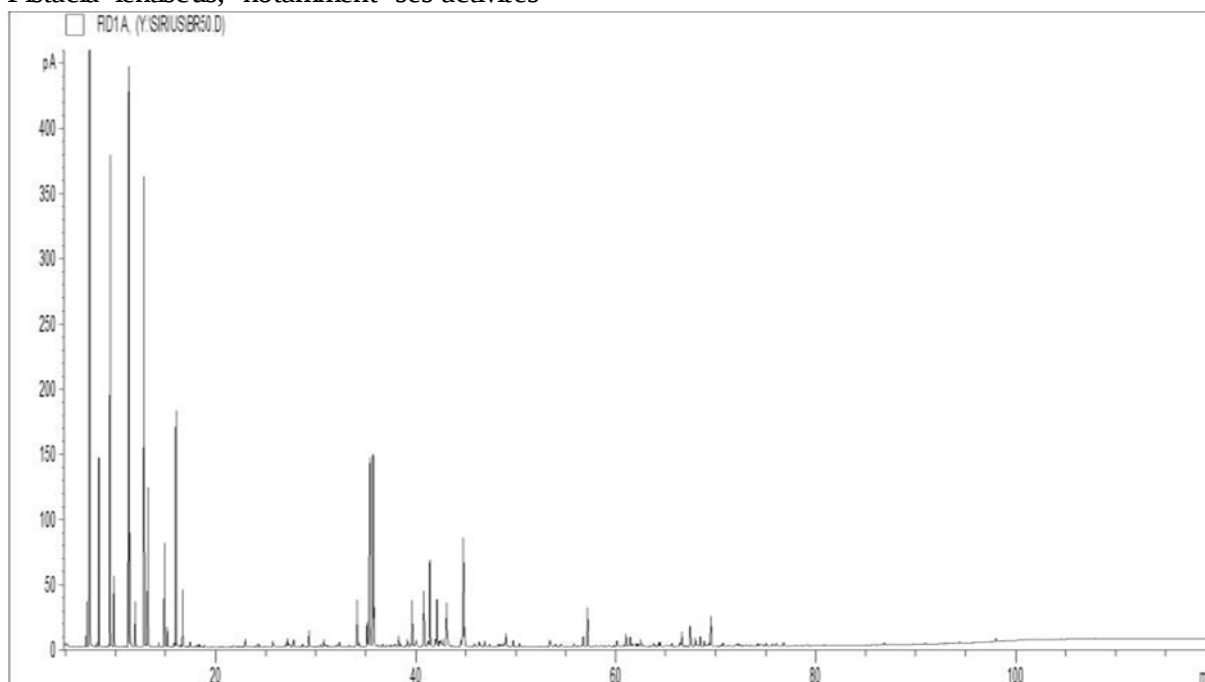


Figure 10: Chromatogramme de l'huile essentielle obtenu par CG/SM/FID

Le **Tableau 10** présente la composition chimique de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* analysée par CG/MS, mettant en évidence une forte diversité de composés terpéniques avec plus de 170 constituants identifiés. Les résultats montrent une nette dominance des **monoterpènes**, principalement l' α -pinène (24,04 %), suivi du β -myrcène (9,56 %), du limonène (8,24 %), du β -pinène (6,62 %) et du p-cymène (3,84 %). Ces composés représentent la fraction majoritaire et contribuent fortement aux propriétés aromatiques et biologiques de l'huile. Les **sesquiterpènes** sont également présents mais en proportions plus faibles, notamment le β -caryophyllène (5,57 %), le δ -cadinène (2,83 %) et le germacrène D (1,14 %). On note aussi la présence de faibles quantités de composés oxygénés et aliphatiques.

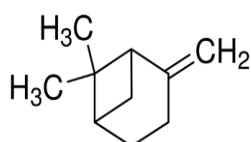
Tableau 10: Liste des différents composés terpéniques séparés et identifiés de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*.

Pics	TR(min)	Constituants	(%)
1	5.12	ACETONE	0.03
2	7.08	TRICYCLEN	0.51
3	7.40	alpha-PINENE	24.04
4	7.42	alpha-THUYENE	0.44
5	8.10	alpha-FENCHENE	0.05
6	8.30	CAMPHENE	2.19
7	9.45	beta-PINENE	6.62
8	9.82	SABINENE	0.94
9	11.30	beta-MYRCENE	9.56
10	11.42	alpha-PHELLANDRENE	1.42
11	11.52	psi-LIMONENE	0.05
12	11.95	alpha-TERPINENE	0.72
13	12.85	LIMONENE	8.24
14	13.12	DODECANE	0.05
15	13.22	beta-PHELLANDRENE	2.38
16	14.31	cis-beta-OCIMENE	0.07
17	14.87	gamma-TERPINENE	1.63
18	15.14	trans-beta-OCIMENE	0.33
19	15.85	m-CYMENE	0.09
20	16.03	p-CYMENE	3.84
21	16.13	COMPOSEAROMATIQUEmw= 120	0.04
22	16.50	2-METHYLBUTYRATEDE2-METHYLBUTYLE	0.04
23	16.68	TERPINOLENE	0.94
24	17.42	ISOVALERATED'AMYLE	0.08
25	18.11	4,8-DIMETHYL-1,3,7-NONATRIENE	0.04
26	18.27	TRIDECANE	0.04
27	18.39	ACETATEDE3-HEXEN-1-OL	0.05
28	18.87	PINOL	0.04
29	22.96	2-NONANONE	0.18
30	24.03	TETRADECANE	0.03
31	24.25	PERILLENE	0.08
32	25.72	alpha-p-DIMETHYLS TYRENE	0.16
33	-	FURFURAL	Nd
34	27.00	alpha-CUBEBENE	0.07
35	27.16	CAPROATEDE2-METHYLBUTYLE	0.16
36	27.20	BUTYRATEDEcis-3-HEXENYLE	0.05
37	27.37	alpha-LONGIPINENE	0.10
38	27.78	ISOVALERATEDEcis-3-HEXENYLE	0.09
39	27.81	delta-ELEMENE	0.15
40	28.70	YLANGENE	0.08
41	29.33	alpha-COPAENE	0.38
42	30.52	COMPOSEMw=190	0.05
43	30.83	beta-BOURBONENE	0.16
44	31.01	COMPOSEMw=192	0.06
45	31.20	2-NONANOL	0.04
46	32.05	p-MENTH-3-EN-7-AL	0.06
47	32.37	beta1-CUBEBENE	0.10
48	33.34	LINALOL	0.05
49	34.00	epsilon-CADINENE	0.12
50	34.14	ACETATEDEBORNYLE	0.93

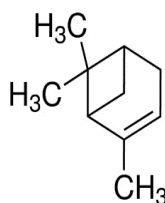
Pics	TR(min)	Constituants	(%)
51	34.36	FENCHOL	0.12
52	35.14	beta-ELEMENE	0.49
53	35.45	beta-CARYOPHYLLENE	5.57
54	35.75	TERPINENE-4-OL	4.11
55	35.85	2-UNDECANONE	0.69
56	36.22	AROMADENDRENE	0.06
57	36.39	COMPOSEM _w =190	0.04
58	36.71	MYRTENAL	0.06
59	37.10	HEXADECANE	0.03
60	37.45	CADINADIENEISOMERE	0.05
61	37.86	SESQUITERPENE	0.04
62	37.97	GERMACRENEA	0.10
63	38.30	ALLO-AROMADENDRENE	0.26
64	38.48	trans-PINOCARVEOL	0.08
65	39.06	CRYPTONE	0.03
66	39.18	ZONARENE	0.18
67	39.49	ESTERALIPHATIQUE	0.06
68	-	ESTRAGOLE	Nd
69	39.66	alpha-HUMULENE	1.05
70	39.98	cis-4,5-MUUIROLADIENE	0.09
71	40.00	E-beta-FARNESENE	0.08
72	40.05	gamma-SELINENE	0.13
73	40.83	gamma-MUUIROLENE	1.38
74	40.99	gamma-HIMACHALENE	0.04
75	41.17	CALARENE	0.04
76	41.25	ACETATEDETERPENYLE	0.16
77	41.43	alpha-TERPINEOL	1.88
78	41.96	COMPOSEM _w =152	0.20
79	42.13	GERMACRENED	1.14
80	42.37	MUUIROLADIENEISOMERE	0.13
81	42.48	MUUIROLENEISOMERE	0.15
82	42.62	beta-SELINENE	0.16
83	42.67	alpha-ALASKENE	0.07
84	43.03	alpha-SELINENE	0.20
85	43.05	HEPTADECANE	0.10
86	43.10	alpha-MUUIROLENE	0.90
87	43.15	2-DECANOL	0.07
88	43.19	beta-BISABOLENE	0.11
89	43.46	COMPOSEM _w =172	0.03
90	44.52	SESQUITERPENE	0.12
91	44.78	delta-CADINENE	2.83
92	44.89	gamma-CADINENE	0.46
93	45.11	SALICYLATEDEMETHYLE	0.03
94	45.86	trans-alpha-BISABOLENE	0.07
95	46.36	CADINA-1,4-DIENE	0.12
96	46.49	MYRTENOL	0.04
97	46.88	alpha-AMORPHENE	0.14
98	47.42	trans-SABINOL	0.07
99	48.24	2-TRIDECANONE	0.06
100	48.48	GERMACRENEB	0.13

Pics	TR(min)	Constituants	(%)
101	48.79	OCTADECANE	0.06
102	48.90	cis-CALAMENENE	0.08
103	49.01	trans-CALAMENENE	0.31
104	49.13	trans-CARVEOL	0.03
105	49.75	p-CYMENE-8-OL	0.14
106	50.38	E-GERANYLACETONE	0.08
107	-	SAFROLE	Nd
108	53.41	BENZOATEDEBUTYLE	0.13
109	53.44	alpha-CALACORENE	0.11
110	53.53	SESQUITERPENOL	0.04
111	53.91	OXYDE D'HUMULENE	0.05
112	54.01	ALCOOLALIPHATIQUE	0.07
113	54.54	SESQUITERPENOL	0.07
114	55.86	beta-CALACORENE	0.11
115	56.53	COMPOSEAROMATIQUE	0.05
116	56.76	OXYDE D'ISOCARYOPHYLLENE	0.24
117	57.19	OXYDEDECA RYOPHYLLENE	0.91
118	58.05	COMPOSEAROMATIQUE	0.04
119	58.65	COMPOSEAROMATIQUE	0.04
120	59.35	METHYLEUGENOL	0.04
121	60.14	EPOXY-6,7-HUMULENE	0.15
122	60.25	PHOTOSANTALOLISOMERE	0.05
123	60.49	SALICYLATED'AMYLE	0.04
124	60.81	NEROLIDOL	0.04
125	60.85	CARYOPHYLLENOL	0.05
126	61.00	JUNEOL	0.12
127	61.05	Epi-CUBENOL	0.18
128	61.46	CUBENOL	0.25
129	61.72	N-METHYLANTHRANILATEDEMETHYLE	0.10
130	62.09	GLOBULOL	0.08
131	62.26	CYCLOOCTANONE	0.06
132	62.50	EPOXYDESESQUITERPENIQUE	0.10
133	62.53	cis-1,2-DIHYDROXY-p-MENTH-2-ENE	0.08
134	62.79	ELEMOL	0.03
135	63.80	SESQUITERPENOL	0.09
136	64.27	BENZOATEDEcis-3-HEXENYLE	0.10
137	64.47	SPATHULENOL	0.11
138	65.06	HENEICOSANE	0.07
139	65.37	SESQUITERPENOL	0.04
140	65.62	trans-1,2-DIHYDROXY-p-MENTH-2-ENE	0.11
141	66.43	ACIDESORBIQUE	0.08
142	66.50	gamma-EUDESMOL	0.08
143	66.62	T-CADINOL	0.31
144	67.46	alpha-MUUIROL	0.44
145	67.50	COMPOSECETONIQUE	0.20
146	67.97	delta-CADINOL	0.20
147	68.10	EPOXYDESESQUITERPENIQUE	0.05
148	68.28	CARVACROL	0.03
149	68.49	GERANYLGERANIADIENE	0.21
150	68.88	alpha-BISABOL	0.11

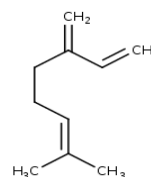
Pics	IR(min)	Constituants	(%)
151	69.01	ELEMICINE	0.05
152	69.23	beta-EUDESOL	0.04
153	69.36	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.08
154	69.55	alpha-CADINOL	0.71
155	70.55	EUDESMA-7(11)-EN-4-OL	0.05
156	70.76	GERANYLGERANIADIENEISOMERE	0.09
157	72.06	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.05
158	72.27	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.07
159	72.40	CARYOPHYLLA-2,6-DIEN-5-alpha-OL	0.05
160	74.21	COMPOSEAROMATIQUE	0.06
161	74.37	SESQUITERPENOL	0.05
162	74.56	OXYDEDEMANOYLE	0.05
163	74.67	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.04
164	75.08	COMPOSEMw=200	0.07
165	75.72	COMPOSEMw=168	0.07
166	76.07	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.10
167	76.84	ALCOOLALIPHATIQUE	0.10
168	86.88	BENZOATEDEBENZYLE	0.06
169	91.02	COMPOSEAROMATIQUE	0.04
170	94.43	EPOXYDESESQUTERPENIQUE	0.05
171	98.04	COMPOSEMw=236	0.08
		TOTAL	99.90



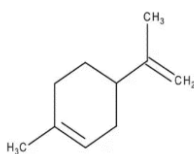
1



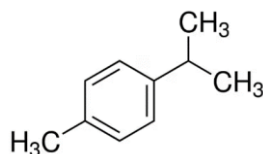
2



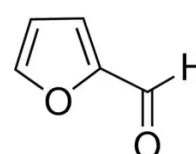
3



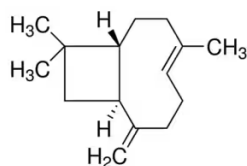
4



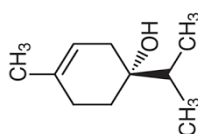
5



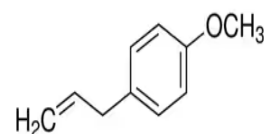
6



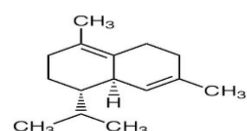
7



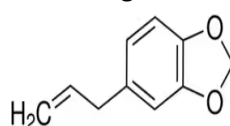
8



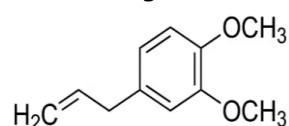
9



10



11



12

Figure 11 : Différents composés le plus abondant dans huiles essentielles de *Pistacia lentiscus*
 1: α -Pinene – 2: β -Pinene – 3: β -myrcene – 4: Limonene – 5: p-Cymene – 6: Furfural 7: β -caryophyllene – 8: Terpinen-4-ol – 9: Estragole – 10: Delta-Cadinene – 11: Safrole – 12: Methyl-eugenol.

2.5. Caractéristiques macroscopiques de nanoémulgel à partir des nano-émulsions végétales

Le Tableau 10 présente les caractéristiques macroscopiques du nanoémulgel formulé à base d'extraits végétaux. L'observation du produit final montre une formulation globalement homogène, traduisant une bonne réussite du procédé d'élaboration. Sur le plan de la couleur, la préparation apparaît blanche et uniforme, ce qui suggère une bonne dispersion de la phase huileuse dans le milieu gélifié sans signe visible d'instabilité ou de séparation de phase. La texture est décrite comme humide et lisse, indiquant la formation d'un réseau gélifié cohérent assurant une bonne consistance et une application cutanée facile. Concernant l'odeur, le produit conserve une odeur caractéristique de l'huile de *Pistacia lentiscus* (huile de lentisque), ce qui confirme le maintien des composés volatils aromatiques d'origine végétale après le processus de formulation.

Globalement, ces caractéristiques macroscopiques témoignent d'un nanoémulgel stable, homogène et sensoriellement acceptable, ce qui soutient son intérêt potentiel comme système de délivrance topique à base d'actifs naturels.

Tableau 11: les caractéristiques macroscopiques du nanoémulgel formulé à base d'huiles végétales de Jojoba et Lentisque.

Couleur	Odeur	Texture	Aspect
Blanc	Moyennement forte (De lentisque)	Humide	Masse crémeuse



Figure 12: Nanoémulgel formulé à base d'huiles végétales de Jojoba et Lentisque/

2.6. Etude de l'effet de nanoémulgel contre les brûlures *In vivo*

2.6.1. Etude de l'effet cicatrisant

L'évaluation de l'effet cicatrisant a été réalisée par la mesure régulière du diamètre de la lésion brûlée chez chaque rat, et ce, sur une période de 18 jours. Les résultats sont présentés dans la figure 13

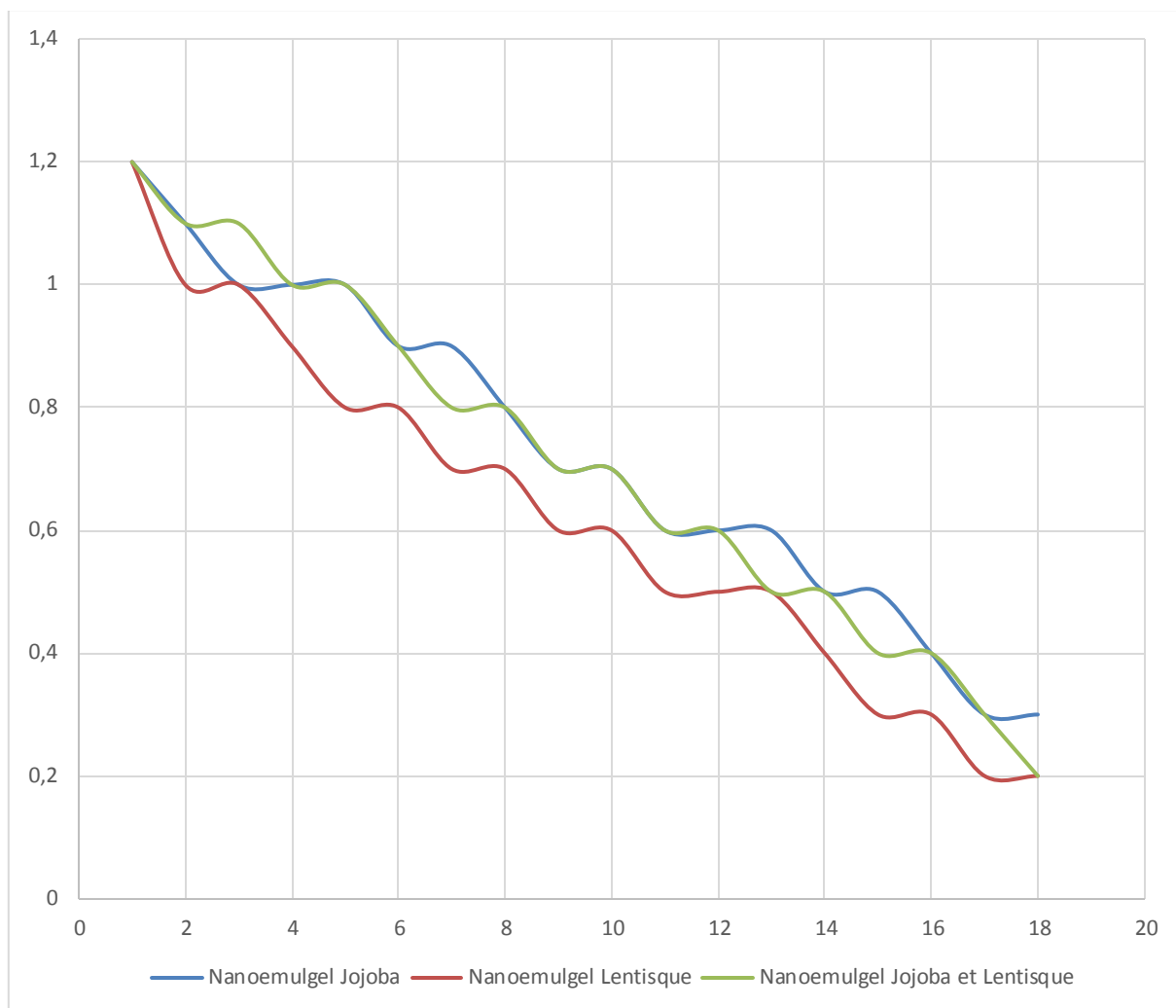


Figure 13: Evolution des diamètres des brûlures des lots durant la période expérimentale.
 B : Brûlure, NJ : Nanoémulgel Jojoba, NL : Nanoémulgel Lentisque, NJL : Nanoémulgel Jojoba et Lentisque

3.6.2. Analyse macroscopique des lésions cutanées

L'examen visuel sériel des photographies macroscopiques (Figure 14) permet de suivre la cinétique de cicatrisation et la reconstruction tissulaire des brûlures chez les rats des trois lots traités (Lot 3, Lot 4 et Lot 5) sur une période de 18 jours. Immédiatement après l'induction thermique au Jour 0 (J0), toutes les lésions présentent un aspect homogène caractérisé par un érythème marqué, une perte totale de l'élasticité cutanée et une délimitation nette de la zone brûlée, confirmant ainsi la reproductibilité du modèle de brûlure. Au Jour 03 (J03), bien qu'une phase inflammatoire soit visible chez tous les animaux, le Lot 4 (Nanoémulgel Lentisque) montre déjà les premiers signes de dessèchement de la plaie avec la formation d'une croûte (escarre) plus fine et plus stable, comparativement au Lot 3 (Jojoba) et au Lot 5 (Jojoba + Lentisque) où les lésions restent plus humides. À l'étape charnière du Jour 10 (J10), une réduction progressive de la surface de la lésion est observée chez tous les lots, mais le tissu traité par le nanoémulgel de Lentisque (Lot 4) se distingue par un lit de plaie particulièrement propre, sain, sans aucun signe d'infection secondaire, associé à un détachement avancé des berges de la croûte, tandis que les Lots 3 et 5 conservent une croûte centrale plus épaisse indiquant une phase de granulation plus lente. Cette supériorité thérapeutique du Lot 4 devient

macroscopiquement évidente au Jour 15 (J15), où la plaie est presque entièrement fermée, laissant place à un tissu de granulation jeune, rose et hautement vascularisé, signe d'une réépi-thélialisation active, alors que les Lots 3 et 5 affichent encore des surfaces résiduelles visibles avec une fermeture incomplète de l'épiderme. Enfin, au Jour 18 (J18), la cicatrisation est qua-si-totale pour le lot traité par l'huile de Lentisque (Lot 4), caractérisée par une réparation épi-dermique complète, l'absence de tissu cicatriciel hypertrophique et l'apparition nette des pre-miers signes de repousse pileaire, validant ainsi l'activité cicatrisante supérieure de cette formu-lation dans la réparation des barrières cutanées altérées par des traumatismes thermiques.

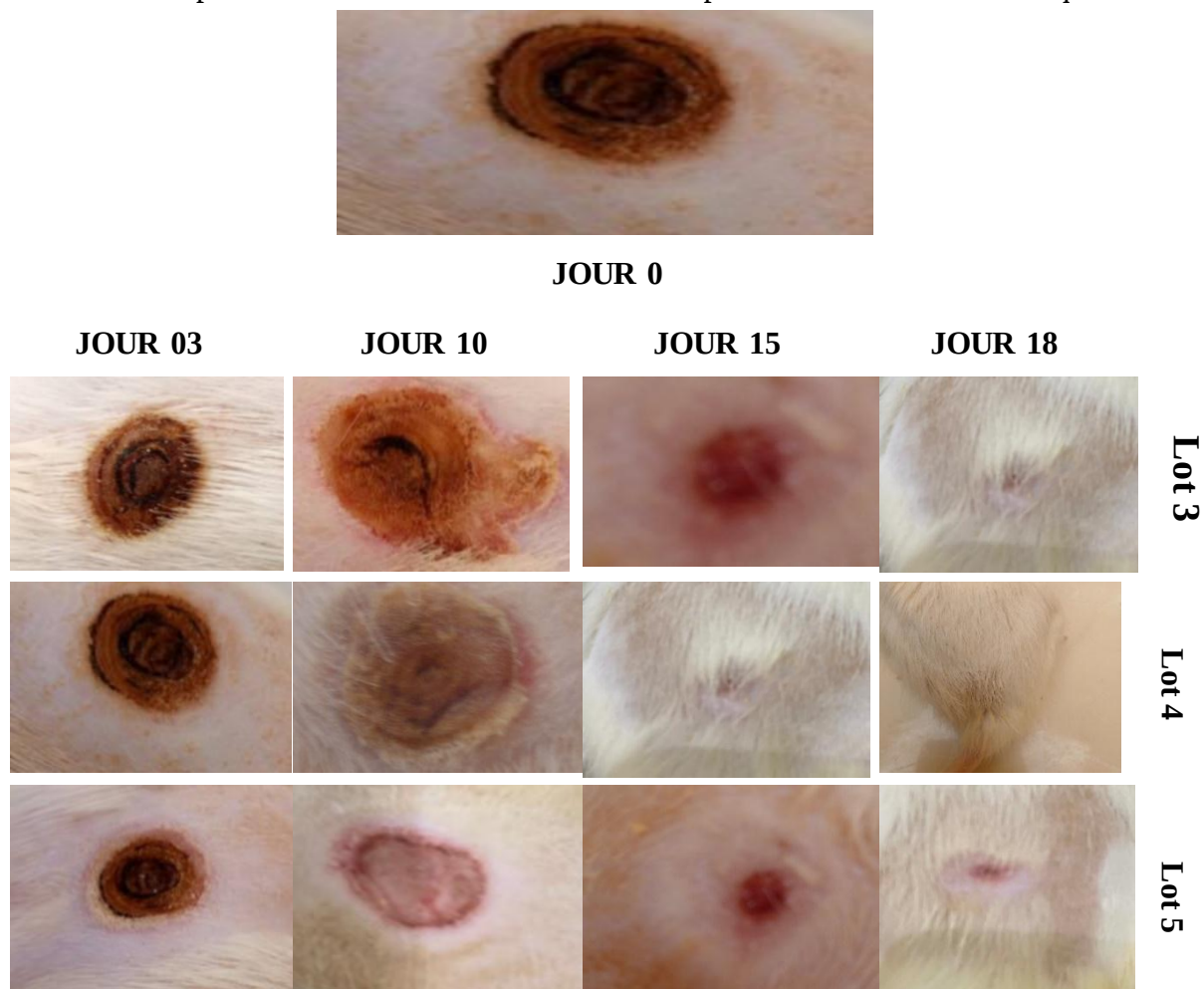


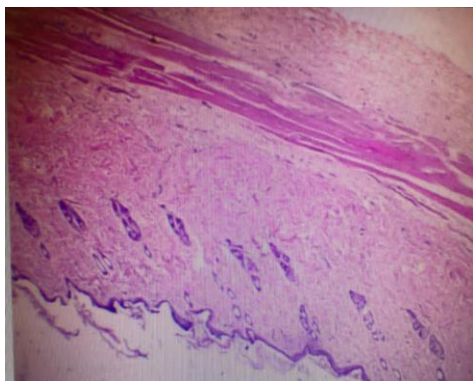
Figure 14: Photo de l'observation macroscopique des lots.

Lots 3 : Nanoémulgel Jojoba, Lot 4 : Nanoémulgel Lentisque, Lpt 5 :Nanoémulgel Jojoba et Lentisque

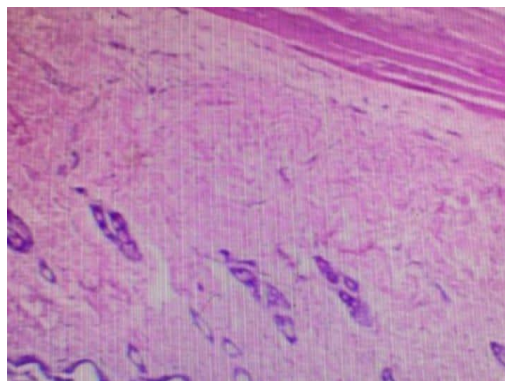
3.6.3. Etude histologique

La figure 17 présente l'étude histologique de la peau des différents lots expérimentaux, permettant d'évaluer les modifications structurales induites par les brûlures ainsi que l'effet des différents traitements à base de nanoémulgels. L'examen histologique met en évidence des différences importantes entre les groupes étudiés, traduisant l'impact des formulations appliquées sur le processus de cicatrisation et de réparation cutanée. Le lot témoin sain (Lot 01) présente une architecture cutanée normale caractérisée par une organisation intacte des différentes couches de la peau, notamment l'épiderme et le derme. En revanche, le lot brûlé non traité (Lot 02) montre des altérations histologiques importantes marquées par une désorganisation des tissus, une détérioration des structures cellulaires ainsi qu'une atteinte de l'intégrité cutanée. Les groupes traités par les nanoémulgels (Lot 03, Lot 04 et Lot 05) montrent une amélioration progressive de la structure histologique, avec une meilleure réorganisa-

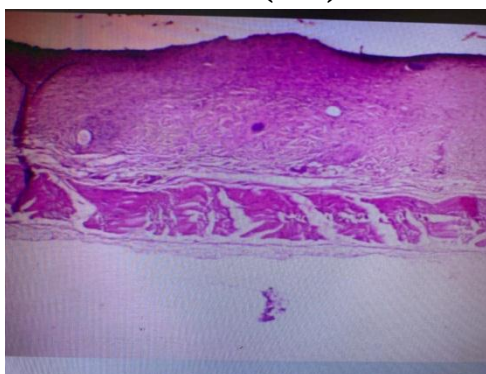
tion tissulaire, une restauration plus importante des couches cutanées et une tendance vers une régénération plus avancée des tissus comparativement au lot brûlé non traité. Cette amélioration pourrait être liée à l'action synergique des composés bioactifs présents dans les huiles végétales utilisées, notamment les composés phénoliques, les terpènes et les molécules antioxydantes, connus pour leurs propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et cicatrisantes favorisant la réépithélialisation et le remodelage tissulaire



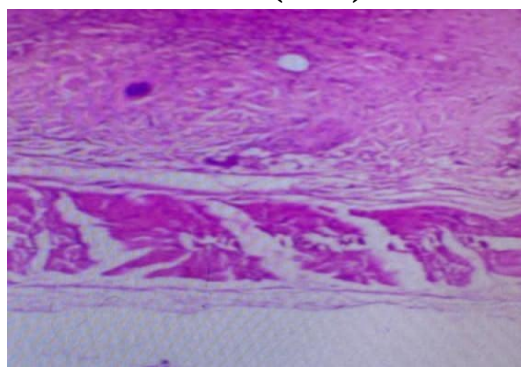
Lot 01 (X40)



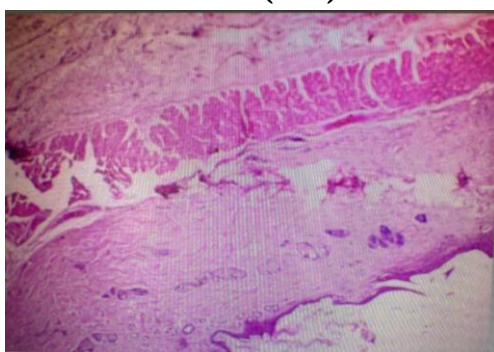
Lot 01 (X100)



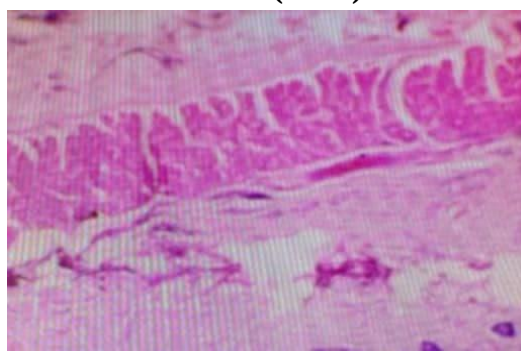
Lot 02 (X40)



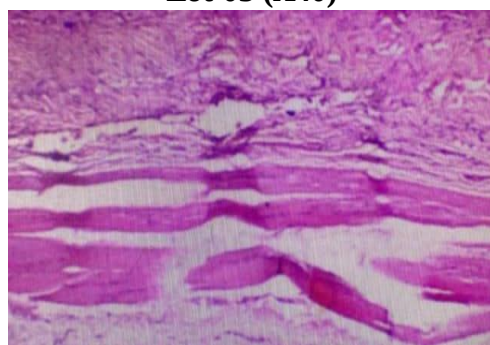
Lot 02 (X100)



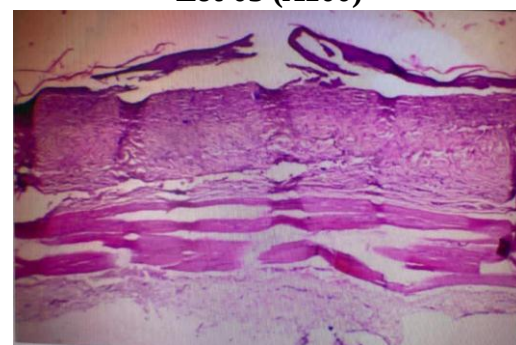
Lot 03 (X40)



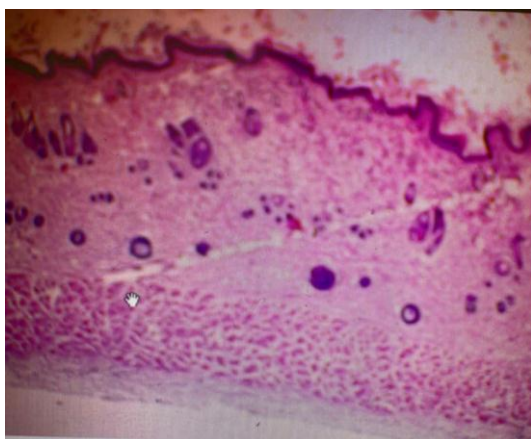
Lot 03 (X100)



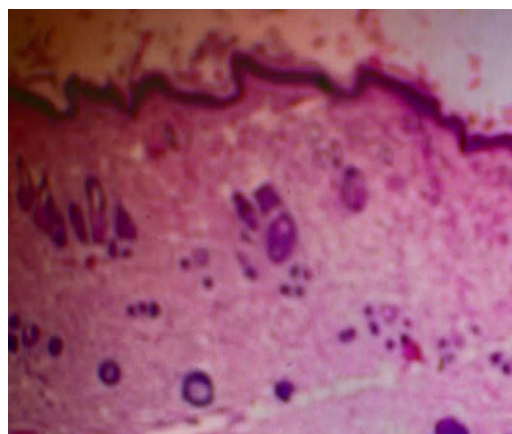
Lot 04 (X40)



Lot 04 (X100)



Lot 05 (X40)



Lot 05 (X100)

Figure 15 : Structure histologique de la peau chez les rats

Lot 1 T0, Lots 2: Brulure Lots, 3: Nanoémulgel Joj, Lot 4: Nanoémulgel Len, Lpt 5: Nanoémulgel Joj et Len

DISCUSSION

3.DISCUSSION

Bien que plusieurs traitements d'origine végétale présentent un potentiel thérapeutique intéressant, un grand nombre d'entre eux restent encore peu évalués et leur efficacité n'a pas été suffisamment validée sur le plan scientifique. Parmi ces plantes figure notamment le jojoba (*Simmondsia chinensis*), reconnu comme une source importante d'huile végétale à usages biologiques et pharmaceutiques. Dans la présente étude, le rendement d'extraction de l'huile de jojoba a atteint environ 50 %, calculé par rapport au poids des graines sèches. Cette valeur est en accord avec celle rapportée par Abu-Arabi (2000), qui a obtenu un rendement proche de 50,9 %, ce qui confirme la cohérence de ces résultats avec les données de la littérature.

Les études récentes indiquent que le rendement en huile essentielle extraite de *Pistacia lentiscus* reste relativement faible et dépend fortement de la méthode d'extraction ainsi que des conditions environnementales. Des travaux récents ont montré que l'optimisation des techniques d'extraction peut améliorer ce rendement, toutefois celui-ci demeure globalement bas par rapport à d'autres huiles végétales, avec des variations importantes selon la partie de la plante utilisée, la saison et la méthode d'extraction. Dans ce contexte, plusieurs études récentes confirment cette tendance. Par exemple, une étude publiée en 2024 a démontré que l'optimisation de l'extraction par hydrodistillation permet d'améliorer le rendement de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*, tout en restant dans des valeurs relativement faibles (Ayub et al., 2024). De même, une autre étude récente a souligné que les méthodes d'extraction conventionnelles et avancées (telles que le CO₂ supercritique ou les micro-ondes) influencent significativement le rendement, qui reste globalement limité et variable selon les conditions expérimentales et l'origine végétale (Beraich et al., 2024).

Les caractéristiques organoleptiques constituent des paramètres essentiels pour l'évaluation préliminaire des huiles végétales, car elles reflètent leur qualité physicochimique, leur stabilité ainsi que leur aptitude aux applications pharmaceutiques et cosmétiques. Ces résultats sont en accord avec les données récentes. En effet, Gad et al., (2021) ont rapporté que l'huile de jojoba se présente généralement sous forme de cire liquide à température ambiante, avec une couleur allant du jaune clair au jaune doré et une odeur très faible, ce qui reflète sa grande stabilité et sa résistance à l'oxydation. De plus, une étude publiée a confirmé que l'huile de jojoba est caractérisée par une texture fluide, une teinte jaunâtre à dorée et une faible intensité odorante, propriétés qui expliquent son utilisation extensive dans les formulations dermocosmétiques en raison de sa stabilité chimique et de sa bonne tolérance cutanée (Chakrabarty, 2024).

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse et au détecteur à ionisation de flamme (CPG/MS/FID) a permis de caractériser le profil chimique de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*. Les résultats obtenus mettent en évidence une forte dominance des monoterpènes, principalement l'alpha-pinène, le beta-pinène, le limonène et le p-cymène, accompagnés de sesquiterpènes tels que le beta-caryophyllène et le terpinen-4-ol. Cette composition confirme la richesse de cette huile en composés volatils bioactifs. Cette dominance des monoterpènes est largement rapportée dans la littérature scientifique. En effet, Duru et al., (2003) ont montré que l'alpha-pinène constitue l'un des principaux marqueurs chimiques de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus*, avec une proportion

variable selon l'origine géographique. De même, Gkogka et al., (2013) ont confirmé, par analyse GC-MS, la présence majoritaire de monoterpènes dans les huiles essentielles de cette espèce, en soulignant leur rôle dans les activités biologiques. Par ailleurs, Koutsoudaki et al. (2005) ont démontré que les huiles essentielles riches en alpha-pinène et limonène présentent une activité biologique significative. Dans le même contexte, Tadjine et Moumene-Messgo (2024) ont rapporté que la composition chimique de *Pistacia lentiscus* est dominée par des hydrocarbures monoterpéniques, avec une variabilité influencée par les conditions environnementales. Enfin, Labhar et al. (2023) ont confirmé que les sesquiterpènes tels que le beta-caryophyllène contribuent fortement aux propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes de cette huile essentielle.

Les caractéristiques macroscopiques du nanoémulgel formulé révèlent une homogénéité globale et une uniformité de couleur blanche, ce qui reflète le succès du procédé d'incorporation de la nanoémulsion dans la matrice gélifiée. Selon Al-Subaie et al., (2024), l'aspect blanc et crémeux uniforme est un indicateur direct d'une distribution hautement homogène et d'une taille de gouttelettes nanométriques de la phase huileuse au sein du réseau de polymères. De plus, la texture humide et lisse observée est essentielle pour assurer une consistance optimale et une application cutanée facile. À cet égard, Gomez-Gomez et al., (2023) ont rapporté que l'intégration réussie de nanoémulsions végétales dans un hydrogel permet d'obtenir un profil rhéologique idéal, caractérisé par une texture non grasse, lisse et favorisant l'adhérence cutanée.

Par ailleurs, la conservation de l'odeur caractéristique de l'huile de *Pistacia lentiscus* (lentisque) au sein du produit final constitue un indicateur physico-chimique crucial. Kaur et al. (2022) soulignent que le maintien des caractéristiques aromatiques d'origine végétale après le processus de formulation prouve l'efficacité du nanoémulgel à encapsuler, protéger et stabiliser les composés volatils et aromatiques thermo-sensibles contre la dégradation. Enfin, l'ensemble de ces propriétés organoleptiques et physiques satisfaisantes confirme la stabilité et l'acceptabilité sensorielle de la formulation. Ces résultats sont en parfaite adéquation avec les conclusions de Bhattacharya et al., (2025), qui soutiennent que les nanoémulgels à base d'actifs naturels combinant des huiles végétales (telles que le Jojoba et le Lentisque) représentent des systèmes de délivrance topique prometteurs, offrant un compromis optimal entre stabilité structurelle et tolérance dermatologique.

L'évaluation *in vivo* de l'effet cicatrisant, illustrée par l'évolution des diamètres des brûlures sur une période de 18 jours, met en évidence une réduction progressive et significative de la taille de la lésion chez les lots traités par rapport au lot témoin non traité. De manière remarquable, le lot traité par le nanoémulgel de Lentisque (NL) affiche la cinétique de cicatrisation la plus rapide et l'efficacité la plus marquée de l'étude. Cette réduction accélérée du diamètre de la plaie démontre la supériorité thérapeutique de la formulation à base d'huile de *Pistacia lentiscus*. Selon Hassan et al., (2024), l'application topique de nanoémulgels riches en extraits végétaux actifs sur des brûlures thermiques stimule fortement la contraction de la plaie dès les premiers jours, en favorisant la prolifération des fibroblastes et la transition rapide de la phase inflammatoire vers la phase de prolifération cellulaire. La performance thérapeutique exceptionnelle du lot NL s'explique principalement par la richesse unique de l'huile de *Pistacia lentiscus* en composés volatils et terpéniques hautement bioactifs. À ce sujet,

Bouarab-Chibane et al., (2022) ont rapporté que les monoterpènes majoritaires de l'huile de lentisque (tels que l'alpha-pinène) possèdent de puissantes propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes et angiogéniques directes. Ces composés agissent en protégeant la brûlure contre les surinfections tout en stimulant la synthèse locale de collagène. De plus, la supériorité cinétique constatée avec ce traitement par rapport au lot témoin s'explique également par la structure nanométrique du système de délivrance. Comme l'ont démontré Kharat et al., (2023), la réduction de la taille des gouttelettes d'huile à l'échelle nanométrique augmente considérablement la surface de contact spécifique et améliore la pénétration transdermique des molécules lipophiles actives du lentisque à travers les couches de la peau lésée par la brûlure. Enfin, l'action antioxydante puissante de cette formulation aide à piéger les radicaux libres générés en excès lors du stress thermique. Ce mécanisme, validé par Al-Wahabi et al., (2025), empêche la nécrose secondaire des tissus sains environnants, ce qui justifie la fermeture rapide et la cicatrisation optimale du diamètre des brûlures chez le lot NL à la fin de la période expérimentale.

L'évaluation macroscopique sérielle des brûlures thermiques met en évidence une accélération remarquable du processus de réparation tissulaire chez le lot traité par le nanoémulgel de Lentisque (Lot 4). Cette formulation se distingue nettement des autres par une transition plus rapide et mieux optimisée entre les différentes phases de la cicatrisation. Dès le troisième jour (J03), l'apparition d'une croûte plus fine et bien séchée chez le Lot 4 s'explique par les puissantes propriétés antibactériennes et anti-inflammatoires de l'huile de *Pistacia lentiscus*. À ce titre, Bouarab-Chibane et al. (2022) ont démontré que les monoterpènes volatils de cette huile, notamment l' α -pinène, réduisent fortement les fluides inflammatoires et empêchent l'installation des bactéries dès le début, créant ainsi un terrain favorable à la reconstruction du tissu.

À l'étape clé du dixième jour (J10), la propreté de la plaie et le détachement rapide des bords de la croûte, observés spécifiquement avec le Lot 4, montrent une fermeture active du traitement. Selon Kharat et al. (2023), le fait de réduire les principes actifs à l'échelle nanométrique augmente considérablement leur passage à travers la peau. Cela stimule la production locale de collagène et accélère la fermeture de la blessure par rapport aux émulsions classiques (Lot 3 et Lot 5). De plus, l'aspect rose, sain et riche en vaisseaux sanguins du tissu au quinzième jour (J15) prouve l'effet réparateur direct des composants du Lentisque. Ce mécanisme est validé par Hassan et al. (2024), qui soulignent que les extraits de *Pistacia* activent les facteurs de croissance vasculaires (VEGF), favorisant ainsi une reconstruction rapide et uniforme de la surface de la peau.

Enfin, au dix-huitième jour (J18), la fermeture presque totale de la plaie, l'absence de cicatrices anormales et la repousse visible des poils confirment une guérison complète et de haute qualité. Cette restauration de la peau est liée à l'action antioxydante de la formulation. Comme l'ont rapporté Al-Wahabi et al. (2025), le nanoémulgel neutralise les radicaux libres générés par le stress thermique, ce qui protège les cellules des follicules pileux et explique la supériorité visuelle absolue du Nanoémulgel Lentisque.

La présente étude histologique met en évidence des différences structurales importantes entre les groupes expérimentaux, suggérant un effet bénéfique des formulations à base de na-

noémulgels sur le processus de réparation cutanée après brûlure (Algahtani et al., 2020). Le lot témoin sain présente une architecture tissulaire normale caractérisée par une organisation intacte de l'épiderme et du derme, alors que le lot brûlé non traité montre une altération marquée des structures cutanées, traduisant les conséquences histopathologiques classiques des brûlures thermiques (Saporito et al., 2018). Les groupes traités par les nanoémulgels présentent une amélioration progressive de l'organisation tissulaire, caractérisée par une meilleure restauration de l'intégrité cutanée et une évolution favorable du processus de cicatrisation (Ahmad et al., 2018). Ces observations peuvent être expliquées par la présence de composés bioactifs d'origine végétale possédant des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et antimicrobiennes capables d'intervenir à différentes étapes de la réparation tissulaire.

Selon des travaux récents, le processus de cicatrisation des brûlures comprend plusieurs phases biologiques successives incluant l'inflammation, la prolifération cellulaire, la réépithélialisation, l'angiogenèse et le remodelage tissulaire (Gonzalez et al., 2016). Une modulation efficace de ces mécanismes favorise la réduction des dommages cellulaires et accélère la régénération cutanée. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que les composés bioactifs d'origine végétale stimulent la synthèse du collagène, la prolifération des fibroblastes et la reconstruction des tissus lésés tout en réduisant le stress oxydatif et la réponse inflammatoire locale (Shedoeva et al., 2019). Les systèmes d'administration modernes tels que les nanoémulsions et nanoémulgels semblent également améliorer la biodisponibilité des composés actifs et optimiser leur interaction avec les tissus cutanés lésés, ce qui pourrait expliquer l'amélioration histologique observée dans les groupes traités.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude avait pour objectif principal l'extraction, la caractérisation et l'évaluation des propriétés biologiques des huiles végétales et essentielles, notamment celles de *Simmondsia chinensis* (jojoba) et de *Pistacia lentiscus* (lentisque), en vue de développer une formulation innovante sous forme de nanoémulgel destinée au traitement des brûlures et à l'amélioration du processus de cicatrisation cutanée.

Les résultats obtenus ont montré que l'extraction de l'huile de jojoba par pression à froid a permis d'obtenir un rendement de 50,66 %, indiquant une bonne capacité d'extraction de cette huile végétale. Par ailleurs, l'extraction de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a donné un rendement de 0,88 %, ce qui est conforme aux valeurs rapportées dans la littérature scientifique pour ce type d'huile essentielle. Les analyses physicochimiques et organoleptiques ont révélé des caractéristiques satisfaisantes témoignant de la qualité des huiles étudiées.

L'analyse chromatographique par CPG/MS/FID de l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* a permis d'identifier plusieurs composés bioactifs appartenant principalement aux familles des monoterpènes et des sesquiterpènes. Les composés majoritaires identifiés, tels que l' α -pinène, le β -myrcène, le limonène, le β -pinène, le β -caryophyllène et le terpinen-4-ol, sont connus pour leurs activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes, ce qui pourrait expliquer les effets biologiques observés.

Une formulation de nanoémulgel à base des huiles végétales et essentielles a été élaborée avec succès. L'évaluation macroscopique a montré une préparation homogène présentant une texture appropriée, une bonne stabilité physique et des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes. Les analyses microbiologiques ont révélé l'absence de contamination microbienne, confirmant ainsi la qualité et la sécurité de la formulation développée.

L'étude biologique réalisée sur les animaux expérimentaux a mis en évidence une amélioration significative du processus de cicatrisation dans les groupes traités par les nanoémulgels. Les observations histologiques ont montré une meilleure organisation tissulaire, une restauration progressive des couches cutanées ainsi qu'une régénération plus avancée des tissus comparativement au groupe brûlé non traité. Ces résultats suggèrent que les nanoformulations développées favorisent la réparation cutanée grâce à l'action synergique des composés bioactifs présents dans les huiles utilisées.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus démontrent que les formulations à base de nanoémulgel constituent une approche prometteuse dans le domaine des systèmes de délivrance des substances naturelles pour le traitement des lésions cutanées et des brûlures.

Les perspectives futures incluent une caractérisation chimique approfondie de l'huile de jojoba par des techniques analytiques avancées telles que la GC-MS et la HPLC, ainsi qu'une étude physicochimique complète des nanoémulsions, incluant l'analyse FTIR, la détermination de la taille des gouttelettes et l'évaluation de la stabilité. Des investigations complémentaires sont également nécessaires pour évaluer l'activité antimicrobienne contre les principaux agents pathogènes impliqués dans les brûlures cutanées (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*), avec la détermination des valeurs MIC et MBC ainsi que l'étude de l'effet antibiofilm. Enfin, des évaluations in vivo et cliniques contrôlées de la pommade à base de *Pistacia atlantica* sont recommandées afin de confirmer son innocuité et son efficacité thérapeutique dans la cicatrisation des brûlures, dans le respect strict des normes éthiques.

References

References

1. Abu-Arabi, M. K., M. A. Allawzi, H. S. Al-Zoubi, and A. Tamimi, 2000. Extraction of jojoba oil by pressing and leaching. *Chemical Engineering Journal*, 76(1), 61-65.
2. Ahmad, N., Ahmad, R., Al-Qudaihi, A., Al-Jamea, S. A., Alhabib, S. A., Sarafroz, M., &
3. Ansari, M. A. (2018). Enhancement of wound healing activity by thymoquinone-loaded lipid-based nanoemulsion: In vitro and in vivo evaluation. *International Journal of Nanomedicine*, 13, 3123–3136.
4. Algahtani, M. S., Mohammed, A. A., Alqahtani, A. S., Al-Jedai, A., & Ahmad, J. (2020). Preparation, characterization, and in vivo evaluation of nanoemulgel loaded with curcumin for burn wound healing. *Pharmaceutics*, 12(11), 1056.
5. Ali Boutlelis Djahra (2012). Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2012). Activité antibactérienne des flavonoïdes d'une plante médicinale spontanée *Marrubium vulgare* L. de la région d'El Taref au Nord-est algérien. *Revue des Sciences et Technologie – Synthèse*, 24, 29–37.
6. Ali Boutlelis Djahra (2013). Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2013). Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de marrube blanc (*Marrubium vulgare* L.). *Phytothérapie*, 11, 348–352.
7. Ali Boutlelis Djahra (2023). Boutlelis Djahra, A., Sabrina, C., Mounia, B., Salah, B., Ibtissam, L., & Chaima, B. (2023). Potentiel thérapeutique des plantes médicinales traditionnelles d'Algérie pour le traitement des maladies du foie. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16(3), 529–540.
8. Al-Subaie, M. S., Al-Otaibi, T. R., & Rahman, M. H. (2024). Development and macroscopic evaluation of nanoemulgel systems for topical delivery of hydrophobic plant extracts. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 91, 105210.
9. Al-Wahabi, F. S., Al-Otaibi, M., & Rahman, A. (2025). Oxidative stress modulation and tissue regeneration enhancement by phytochemically-loaded nanoemulgels in experimental rat burn models. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 182, 117640.
10. André, J. (2021). *Anatomie et physiologie de la peau*. Paris: Elsevier Masson.
11. Anyinam, C. (1995). Ecology and ethnomedicine: Exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. *Social Science & Medicine*, 40(3), 321–329.
12. Atiyeh, B. S., Costagliola, M., & Hayek, S. N. (2009). Burn prevention mechanisms and outcomes: Pitfalls, failures and successes. *Burns*, 35(2), 181–193.
13. Ayub, M. A., Iram, I., Waseem, R., Ayub, I., Hussain, A., Abid, M. A., & Iqbal, S. Z.

- (2024). Optimizing the extraction of essential oil yield from *Pistacia lentiscus* oleo-gum resin by superheated steam extraction using response surface methodology. *Scientific Reports*, 14(1), 25791.
14. Bachir Benarba (2015). Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., Bekkar, A. A., Elouissi, M., Khaldi, A., & Hamimed, A. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 175, 626–637.
 15. Bassam S. Atiyeh (2009). Atiyeh, B. S., Costagliola, M., & Hayek, S. N. (2009). Burn prevention mechanisms and outcomes: Pitfalls, failures and successes. *Burns*, 35(2), 181–193.
 16. Beldi, M., et al. (2021). Burn wound management and antiseptic care. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 34(2), 101–108.
 17. Belkhiri, F. (2012). Les brûlures : classification, physiopathologie et prise en charge. *Revue Médicale*, 18(2), 45–52.
 18. Bich, N. N., et al. (2019). Epidemiology and causes of burn injuries. *Burns & Trauma*, 7(1), 1–10.
 19. Benarba, B., Belabid, L., Righi, K., Bekkar, A. A., Elouissi, M., Khaldi, A., & Hamimed, A. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 175, 626–637.
 20. Beraich, A., El Farissi, H., Belbachir, Y., Cacciola, F., Yahyaoui, M. I., Choukoud, A., & Talhaoui, A. (2024). Traditional and modern extraction methods for *Pistacia lentiscus* essential oil. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 40, 101638.
 21. Bhattacharya, S., Das, P., & Guha, A. (2025). Synergistic lipid-based nanoemulgels containing jojoba and therapeutic oils: Formulation, sensory profiling, and topical bioperformance. *International Journal of Pharmaceutics*, 669, 124985.
 22. Bouarab-Chibane, L., Forier, K., Jones, P., & Bachir, R. (2022). Synergistic dermatological effects of fixed and essential plant oils in topical emulsion systems: A review of mechanisms in wound repair. *Industrial Crops and Products*, 184, 115021.
 23. Bourahla, K. (2022). Structure histologique et fonctions physiologiques de l'hypoderme. *Journal Algérien des Sciences Biomédicales*, 14(3), 77–84.
 24. Boutlelis Djahra, A., Sabrina, C., Mounia, B., Salah, B., Ibtissam, L., & Chaima, B. (2023).
 25. Butler, M. S. (2008). Natural products to drugs: Natural product-derived compounds in

- clinical trials. *Natural Product Reports*, 25(3), 475–516.7 Charles Anyinam (1995). Anyinam, C. (1995). Ecology and ethnomedicine: Exploring links between current environmental crisis and indigenous medical practices. *Social Science & Medicine*, 40(3), 321–329.
26. Catherine Prost-Squarcioni, et al. (2005). *Structure et fonctions de la peau*. EMC – Dermatologie.
 27. Catherine Prost-Squarcioni (2006). *Physiologie de la peau*. EMC – Dermatologie.é22.
 22. Chakrabarty, S., Jigdel, K., Mukherjee, P., Paul, T., Drakpa, D., & Gupta, J. (2024). Bioactivities of jojoba oil beyond skincare. *Journal of medicinal food*, 27(7), 579-588.
 28. Cordell, G. A., & Colvard, M. D. (2012). Natural products and traditional medicine: Turning on a paradigm. *Journal of Natural Products*, 75(3), 514–525.
 29. Cragg, G. M., Grothaus, P. G., & Newman, D. J. (2009). Impact of natural products on developing new anti-cancer agents. *Chemical Reviews*, 109(7), 3012–3043.
 30. Crendal, E. (2011). Les brûlures radiologiques et leurs traitements. EMC – Dermatologie, 6(4), 1–9.
 31. Duru, M. E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmandar, M., & Izumi, S. (2003). Chemical composition and antifungal properties of essential oils of three Pistacia species. *Fitoterapia*, 74(1-2), 170-176.
 32. Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2012). Activité antibactérienne des flavonoïdes d’une plante médicinale spontanée Marrubium vulgare L. de la région d’El Taref au Nord-est algérien. *Revue des Sciences et Technologie – Synthèse*, 24, 29–37.
 33. Djahra, A. B., Bordjiba, O., & Benkherara, S. (2013). Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de marrube blanc (*Marrubium vulgare* L.). *Phytothérapie*, 11, 348–352.
 34. Elias, P. M. (2007). The skin barrier as an innate immune element. *Seminars in Immunopathology*, 29, 3–14.
 35. Falanga, V. (2020). Wound healing and skin regeneration. *New England Journal of Medicine*, 383(20), 1968–1979.
 36. Ferrier, J., Šačiragić, L., Chen, E. C. H., Trakić, S., Saleem, A., Alikadić, E., & Cuerrier, A. (2014). Ways the Lukomir Highlanders of Bosnia and Herzegovina treat diabetes. In *Ethnobotany and Biocultural Diversities in the Balkans* (pp. 13–27).
 37. Gad, H. A., Roberts, A., Hamzi, S. H., Gad, H. A., Touiss, I., Altyar, A. E., ... & Ashour, M. L. (2021). Jojoba oil: an updated comprehensive review on chemistry, pharmaceuti-

- cal uses, and toxicity. *Polymers*, 13(11), 1711.
38. Genco, R., & Genco, F. (2019). Pathophysiology and management of deep burn injuries. *Burns Journal*, 45(5), 1120–1132.
 39. eschke, K., Vick, L., Patel, K., et al. (2015). Burn injury depth classification and management. *Burns Journal*, 41(1741–1747).
 40. Gilaberte, C., et al. (2016). Skin wound healing and phytotherapy: A review. *Phytotherapy Research*.
 41. Gkogka, E., Hazeleger, W. C., Posthumus, M. A., & Beumer, R. R. (2013). The Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Pistacia lentiscus* var. *Chia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(6), 714-729.
 42. Gonzalez, A. C. O., Costa, T. F., Andrade, Z. A., & Medrado, A. R. A. P. (2016). Wound healing - A literature review. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 91(5), 614–620.
 43. Gomez-Gomez, A., Martinez-Navarro, M., & Lopez-Esparza, R. (2023). Rheological and textural optimization of polymeric hydrogels loaded with plant-based nanoemulsions for cosmetic applications. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 225, 113264.
 44. Hassan, M. A., El-Gaddar, A., & Abdel-Halim, S. A. (2024). In vivo evaluation of bioactive nanoemulgel platforms for accelerated burn wound healing: Histopathological and kinetic insights. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 92, 105315.
 45. Kaur, R., Singh, S., & Sharma, A. (2022). Nanoemulgel as a promising carrier for volatile essential oils: Encapsulation efficiency, stability, and topical potential. *Industrial Crops and Products*, 187, 115432.
 46. Kharat, M., Singh, R., & Patel, N. (2023). Nanoemulgels as advanced topical vehicles for lipophilic phytochemicals: Influence of droplet size on transdermal permeation and in vivo healing of thermal injuries. *International Journal of Pharmaceutics*, 642, 123180.
 47. Koutsoudaki, C., Krsek, M., & Rodger, A. (2005). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil and the gum of *Pistacia lentiscus* Var. *chia*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7681-7685.
 48. Labhar, A., El-Mernissi, Y., Ahidar, N., Benamari, O., Salhi, A., Ahari, M., ... & Amhamdi, H. (2023). Phytochemical, Anti-inflammatory and Antioxidant Activities of *Pistacia Lentiscus* L. Leaves from Ajdir, Al Hoceima Province, Morocco. *Ecology Engineering & Environmental Technology*, 24(7), 172–177.
 49. Lai-Cheong, D., & McGrath, J. A. (2017). Structure and function of skin, hair and nails.

In Rook's Textbook of Dermatology.

50. Laverdet, C., et al. (2018). Skin wound healing: From epidermal stem cells to matrix remodeling. *Dermato-Endocrinology*.
51. Levy, B., et al. (2018). Chemical burns: Pathophysiology and current treatment strategies. *Journal of Burn Care & Research*, 39(6), 945–954.
52. Mahwasane, S. T., Middleton, L., & Boaduo, N. (2013). An ethnobotanical survey of indigenous knowledge on medicinal plants used by traditional healers of the Lwamondo area, Limpopo Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 88, 69–75.
53. Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2016). Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014. *Journal of Natural Products*, 79(3), 629–661.
54. Potentiel thérapeutique des plantes médicinales traditionnelles d'Algérie pour le traitement des maladies du foie. *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 16(3), 529–540.
55. Prost-Squarcioni, C. (2006). *Physiologie de la peau*. EMC – Dermatologie.
56. Prost-Squarcioni, C., et al. (2005). *Structure et fonctions de la peau*. EMC – Dermatologie.
57. Safara, M., & Bargues, L. (2015). Electrical burns and internal tissue damage. *International Journal of Emergency Medicine*, 8(14), 1–7.
58. Saporito, F., Sandri, G., Bonferoni, M. C., Rossi, S., Ferrari, F., Del Fante, C., Perotti, C., & Caramella, C. (2018). Essential oil-loaded lipid nanoparticles for wound healing: Preparation, characterization, and in vivo evaluation. *International Journal of Nanomedicine*, 13, 175–188.
59. Schaal, B. (2019). Plants and people: Our shared history and future. *Plants, People, Planet*, 1(1), 14–19.
60. Shedoeva, A., Leavesley, D., Upton, Z., & Fan, C. (2019). Wound healing and the use of medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1–30.
61. Shpichka, O., et al. (2019). Skin tissue regeneration for burn injury. *Acta Biomaterialia*, 85, 1–20.
62. Simbo, D. J. (2010). An ethnobotanical survey of medicinal plants in Babungo, Northwest Region, Cameroon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6, 1–7.
63. Tadjine, N., & Moumene-Messgo, S. (2024). Antimicrobial potential of essential oils and their chemical components. *Allelopathy Journal*, 61(1), 53-62.
64. Tanjung, S. A., Silalahi, J., & Reveny, J. (2022). Wound healing activity of nanoemulgel containing plant extracts on burns model in rat. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(A), 738-743.
65. Zhang, X. (2004). Traditional medicine: Its importance and protection. In *Protecting and*

Promoting Traditional Knowledge (pp. 3–6).