

الجمهوريّة الجزائريّة الديموقراطية الشعبيّة
République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun-Tiaret—
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Infectiologie

Présenté par :

Melle OULDKACI SAMAH
Melle REZZAG ASMAA SARAH

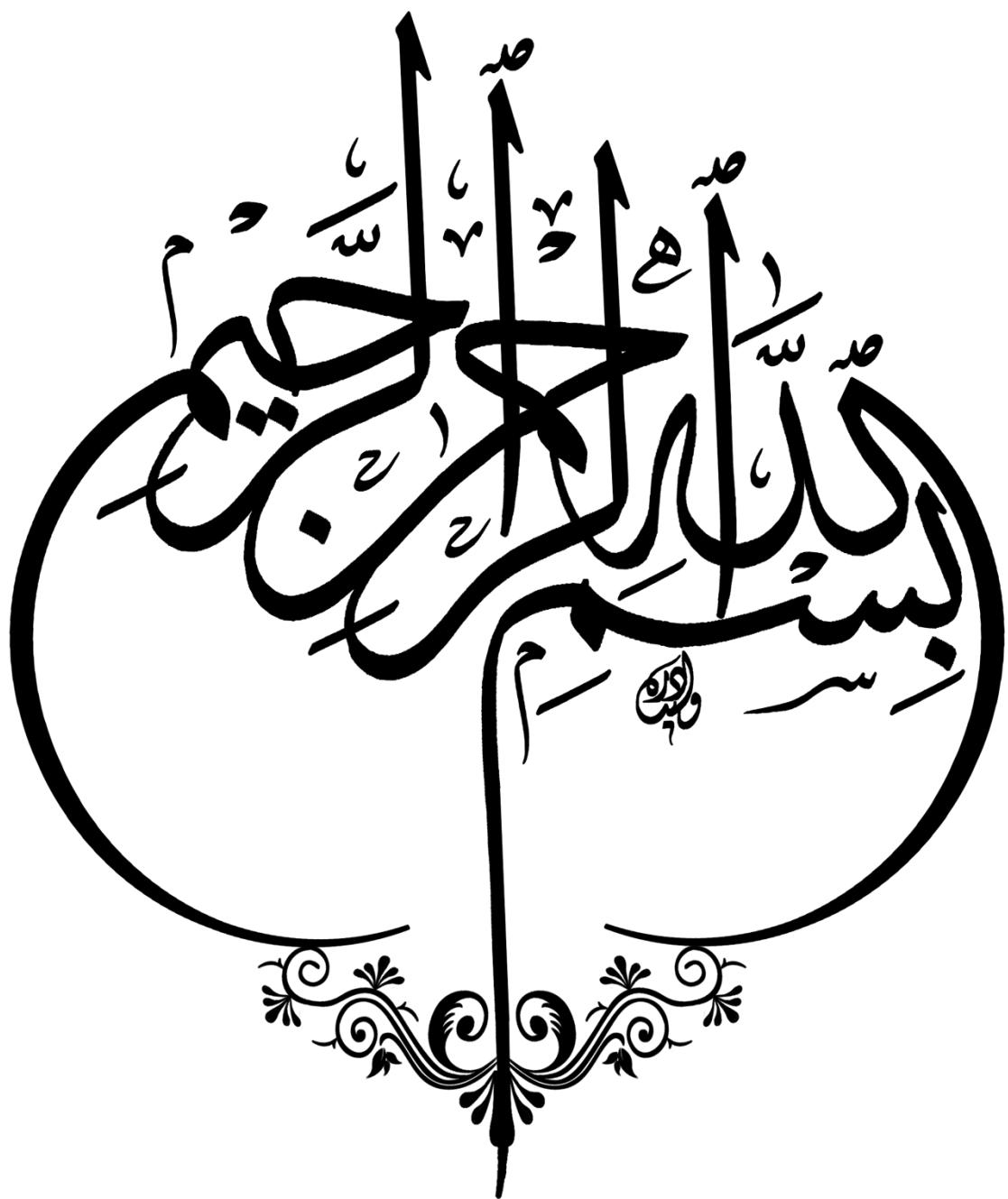
Thème :

Effet de la propolis algérienne sur la cicatrisation des brûlures
Cutanées chez le lapin

Soutenu publiquement le 23 / 06 /2025

Jury :	Grade
Président : Mr. BERRANI Abdelkader	MCB
Encadrant : Mr. BOUDRA Abdellatif	MCA
Examinateuse : Mme. BELKHEMAS Amina	MCB

Année universitaire 2024 /2025



Remerciements

« Louange à Allah qui nous a guidé à ceci. Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés. » [Sourate Al Araf verset 43]

Avant toute chose, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir guidés et inspirés tout au long de ce parcours. C'est par Sa volonté que nous avons trouvé la force, la patience et les capacités nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à Monsieur **BOUDRA Abdellatif**, notre encadrant, pour son accompagnement précieux durant la réalisation de ce mémoire. Sa disponibilité, sa rigueur scientifique et ses conseils avisés ont été pour nous une source d'inspiration et un véritable soutien. Travailler sous sa direction a été une opportunité précieuse d'apprentissage et d'épanouissement.

Nous remercions chaleureusement Monsieur **BERRANI Abdelkader**, président du jury, pour l'attention qu'il porte à notre travail, ainsi que Madame **BELKHEMAS Amina**, examinatrice, pour avoir accepté d'en évaluer le contenu. Nous leur sommes reconnaissants pour le temps qu'ils consacrent à l'analyse de notre mémoire.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à l'ensemble des responsables et au personnel de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie pour leur disponibilité et leur soutien. Nous tenons également à remercier Madame BOUTHELJA Rachida, Monsieur AGGAD Hebib, Madame Lila et Monsieur Redaoune pour leur accueil chaleureux et leur aide précieuse.

Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur Abdelhamid, ingénieur de laboratoire du biochimie faculté SNV, pour son aide technique.

À travers ces lignes, nous souhaitons témoigner de notre respect et de notre reconnaissance envers l'ensemble des enseignants, chercheurs et professionnels qui, par leur engagement et leur exigence, nous ont accompagnés dans notre progression.

Enfin, nous remercions toutes les personnes, de près ou de loin, qui nous ont soutenus tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Grâce à vous, cette étape dépasse largement le cadre d'une simple obligation académique : elle représente une véritable aventure humaine et intellectuelle, riche et marquante.

Dédicaces

Je dédie cette étape de ma vie avec tout mon amour :

À ma très chère maman : Norah

Toi dont les prières silencieuses m'ont accompagnée à chaque étape.

À mon adorable père : Nasr'eddine

Merci, Papa, d'avoir toujours cru en moi, même dans les moments les plus difficiles.

Papa et Maman,

Votre soutien inébranlable et vos encouragements constants m'ont porté jusqu'à la réalisation de cet objectif.

J'espère avoir accompli aujourd'hui un rêve qui fut d'abord le vôtre, avant de devenir le mien. Tous les efforts que j'ai déployés l'ont été dans le but de vous rendre fiers et de vous voir comblés de bonheur.

Je vous aime 

À mes chers grands-parents,

Merci pour votre amour et votre fierté qui me donnent la force d'avancer chaque jour. C'est grâce à vos encouragements, et votre confiance que je suis devenue la personne que je suis aujourd'hui.

À mes frères bien aimés : Abderrahim et Abdellatif

Complices de toujours, soutiens de chaque instant.

Même loin de moi, vous êtes toujours tout près de mon cœur.

Merci pour la force que vous me donnez sans même le savoir.

À Linda

Ma cousine, mais surtout la sœur que je n'ai pas eue.

Merci pour tes mots d'encouragement, ton écoute et ta bienveillance, toujours là quand j'en avais besoin.

À mes deux familles : Ouldkaci et Ouameur,

Vous êtes les racines de ma force et les témoins de chacun de mes pas.

Ce travail est le fruit de ce que vous m'avez transmis : la persévérance, le respect et le sens du devoir.

À mes copines : Rania, Mokhtaria, Bicha, Wissam et Souhila

Celles qui ont partagé mes fous rires, essuyé mes larmes, soutenu mes rêves et illuminé mes journées.

Merci pour votre amitié précieuse et votre énergie contagieuse.

À Sarah

Ma binôme tout au long de ce parcours.

Travailler à tes côtés a été une belle aventure, faite de partage, de soutien mutuel et de complicité.

Ce travail est aussi le fruit de nos efforts communs, et je suis fière de l'avoir réalisé avec toi.

♥Samah ♥

Dédicaces

À mon cher papa : Habib,

*Merci d'avoir toujours cru en moi, même lorsque moi-même, je doutais.
Ton regard fier, ton écoute bienveillante, et ta force tranquille m'ont porté
dans les moments les plus difficiles. Ce travail, c'est aussi le tien.*

À ma douce maman : Zineb,

*Ton amour m'a construite, ton soutien m'a élevé,
et ta tendresse m'a guérie à chaque chute.*

Sans toi, je ne serais pas celle que je suis aujourd'hui.

Je te dédie cette étape avec tout mon cœur.

À moi, la petite Sarah

*À celle qui a toujours cru en ses rêves,
même quand le chemin semblait trop long.*

Tu as tenu bon, et tu as eu raison. Bravo, petite guerrière.

À mes frères, Hicham, Yassine, Djamel et Mohamed

*Merci d'avoir été là, chacun à votre manière,
pour vos mots d'encouragement, votre humour,
votre présence rassurante, et votre affection discrète.*

Vous êtes mes repères, mes forces silencieuses.

Je vous dédie cette réussite avec tout mon amour.

À Imene et ma belle-sœur Marina

*Votre bienveillance, vos mots encourageants et votre écoute m'ont beaucoup porté.
Merci d'avoir été là, tout simplement, avec amour et sincérité.*

À mes nièces et neveux

*Wissal, Basma, Nada, kaoutar, Ghoufran, Habib, Mohamed, Abdellah,
Merci pour vos sourires et votre énergie qui illuminent ma vie.*

À mon binôme Samah

*Dans chaque étape de ce travail, tu as été bien plus qu'une coéquipière.
Tu as été un vrai soutien, une épaule, une amie.*

Cette aventure n'aurait pas été la même sans toi.

À mes amies de cœur : Maissa, Aya, Sarah

*Dans mes doutes, vous avez été ma lumière.
Votre amitié est un refuge, une force, un cadeau.
Merci d'avoir été là, simplement et sincèrement.*

À Kheira et Yasmine

Merci pour votre présence, vos sourires et votre affection sincère.

À mes copines : Rania, Bicha, Mokhtaria, Nawel, Souhila et Wissam

*Merci pour votre soutien et votre belle énergie.
Vous avez rendu ce chemin plus doux.*

À la promotion Infectiologie 2025

Fière d'avoir fait partie de cette belle aventure à vos côtés.

Pour finir...

*À tous ceux que j'aime et à ceux qui m'aiment,
je dédie ce mémoire avec tout mon cœur.*

♥Sarah ♥

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

CHAPITRE I: Rappel anatomo-physiologique de la peau

I. Introduction	5
I.1. Fonctions de la peau	5
I.2. Structure de la peau :	6
I.2.1. Epiderme :	6
I.2.1.1. Kératinocytes	6
I.2.1.2. Mélanocytes	7
I.2.1.3. Cellules de Langerhans	7
I.2.1.4. Cellules de Merkel	7
I.3. Différentes couches de l'épiderme	7
I.3.1. Couche germinative	7
I.3.2. Couche épineuse	7
I.3. 3. Couche granuleuse	7
I.3. 4. Couche claire	7
I.3.5. Couche cornée (stratum corneum)	8
I.4. Jonction dermo-épidermique (JDE)	8
I.4.1. Lamina lucida	8
I.4.2. Lamina densa	8
I.4.3. Zone fibrillaire :	8
I.5. Derme	9
I.6. Hypoderme :	10
I.7. Annexes cutanées :	10

I.7.1 Follicule pileux	10
I.8. Glandes cutanées	11
I.8.1. Glandes sudoripares eccrines	11
I.8.2. Glandes sudoripares apocrines	11
I.8.3. Glandes sébacées	11
I.9. Innervation cutanée	12
I.10. Vascularisation cutanée	12
I.11. Rôle de la microcirculation cutanée :	13
I.12. Brûlure et cicatrisation.....	13
I.12.1. Définition de la brûlure.....	13
I.12.2. Étiologies des brûlures.....	13
I.12.2.1. Brûlures thermiques	13
I.12.2.2. Brûlures chimiques :	14
I.12.2.3. Brûlures électriques.....	15
I.12.2.4. Brûlures radiologiques.....	16
I.12.3. Profondeur des brûlures	16
I.12.4. Anatomopathologie de la brûlure	18
I.12.5. Physiopathologie de la brûlure.....	19
I.12.5.1. Conséquences inflammatoires	19
I.12.5.2. Conséquences cardiovasculaires	19
I.12.5.3. Conséquences métaboliques	20
I.12.5.4. Conséquences hépatiques	20
I.12.5.5. Conséquences neurologiques	20
I.12.5.6. Conséquences hématologiques	20
I.12.5.7. Conséquences respiratoires.....	20
I.13. Cicatrisation cutanée	20
I.14. Phases de cicatrisation des brûlures	21

I.14.1. Phase d'hémostase	21
I.14.2. Phase inflammatoire	22
I.14.2.1. Phase proliférative	22
I.14.3. Phase de maturation ou remodelage	22
I.15. Différents types de cicatrisation	23
I.15.1. Cicatrisation primaire	23
I.15.2. Cicatrisation secondaire	23
I.15.3. Cicatrisation tertiaire	23
I.16. Approches conventionnelles et non conventionnelles dans le traitement cicatrisant	24
I.16.1. Traitements conventionnels	24
I.16.1.1. Hydrogels	24
I.16.1.2. Tulles	24
I.16.1.3. Pansements hydrocellulaires	24
I.16.1.4. Biafine	24
I.16.1.5. Antibiotiques	24
I.16.1.5.1. Sulfadiazine argentique	25
I.16.2. Traitements non conventionnels	25

CHAPITRE II: Propolis

II.1. Généralités sur la propolis	28
II.2. Historique	28
II.3. Rôle de la propolis :	29
II.3.1. Rôle de la propolis dans la ruche :	29
II.3.2. Rôle de la propolis pour la santé humaine	30
II.4. Composition chimique de la propolis	31
II.5. Propriétés physico-chimiques de la propolis	35
II.6. Effets thérapeutiques	36

CHAPITRE III: Matériel et méthodes

III-1. OBJET D'ETUDE.....	42
III-2. ZONE D'ETUDE	42
III-3. Partie <i>in vitro</i>	43
III-3.1. Provenance des échantillons du propolis.....	43
III-3.2. Extraction de la propolis.....	43
III-3.3. Matériel nécessaire à l'extraction	43
III-3.4 Détermination de la sensibilité bactérienne.....	45
III-3.5 Préparation de la Préparation de la pommade à base de propolis (forme galénique)	46
III-4. Partie <i>in vivo</i>	47
III-4.1 Choix et préparation des animaux.....	47
III-4.2. Description de l'expérimentation.....	47
III-4.3. Matériel utilisé dans l'induction de la brûlure :	47
III-4.4. Préparatifs per opératoire et protocole anesthésique.....	47
III-4.5. Induction de la brûlure	48
III-4.6. Paramètres de suivi cliniques	49
III-4.7. Paramètres macroscopiques d'évaluation des brûlures	49

CHAPITRE IV : Résultats

IV. Interprétation des résultats obtenus	52
IV. 1. PARTIE IN VITRO.....	52
IV. 2. PARTIE IN VIVO.....	53

CHAPITRE V : Discussion

V.1. Partie <i>in vitro</i>	61
V.1.1. Activité antimicrobienne de la propolis.....	61
V.2. Partie <i>in vivo</i>	63
Conclusion	66
Recommandations et perspectives	68
Références bibliographiques.....	70

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure N° I.01: Vue tridimensionnelle d'une coupe de peau	5
Figure N° I.02 : Composition et structuration de la peau, de l'épiderme et l'unité de pigmentation	9
Figure N° I.03 : Schéma des annexes de la peau : glandes sudorales eccrines et apocrines, follicules pileux et glandes sébacées.	11
Figure N° I.04 :Vascularisation cutanée	12
Figure N° I.05 : Brûlure du 2 ^e degré par exposition d'une main à l'eau chaude d'un radiateur, photo prise au 2 ^e jour montrant une phlyctène importante.	14
Figure N° I.06 : Brûlure chimique profonde causée par des alcalins	15
Figure N° I.07 : Brûlure électrique au niveau du pouce et de l'index gauche	15
Figure N° I.08 : Brûlure du 2 ème degré superficielle de la face antérieure de la cheville droite	17
Figure N° I.09 : Classification de brûlures	217
Figure N° I.10 : Modèle de brûlure de Jackson illustre la physiopathologie locale des brûlures, classées en trois zones de lésions tissulaires et de flux sanguin.....	18
Figure N° I.11 : Phases de cicatrisation.....	21
Figure N° II.01 : Collecte de la propolis sur un bourgeon de marronnier d'Inde.....	32
Figure N° II.02 : Abeilles indonésiennes récoltant de la propolis sur l'écorce de <i>Calophyllum inophyllum</i>	33
FigureN° II.03 :Propolis de grille (à gauche) et la propolis de grattage (à droite).	35
Disponible sur	35
Figure N° II. 04 : Récolte de la propolis avec un cadre	35
Figure N° II.05 : Différentes couleurs de la propolis : (A) : rouge, (B) : brune	36
Figure N°III-1 : Localisation de la zone d'étude (Laboratoire d'hygiène et pathologie animale)	42
Figure N°III-2 : Etapes de Préparation des échantillons de la propolis.....	44
FigureN°III-3 : Après filtration.....	44
Figure N°III-4 : Evaporation d'éthanol par étuve.	44
Figure N°III-5 : Collecte de la propolis par grattage.....	44

Figure N°III-6 : Préparation du milieu de culture.....	46
Figure N°III-7 : Ensemencement de l'inoculum.....	46
Figure N°III-8 : Mesure de la zone d'inhibition (mm).....	46
Figure N°III-9 : Produit final : pommade à base d'EEPA	46
Figure N°III-10 : Préparation de la zone expérimentale par rasage, suivie de l'induction de la brûlure.....	48
Figure N°III-11 : Mise en œuvre des traitements spécifiques sur les zones brûlées.....	48
Figure N°III-12 : Démarche suivie pour l'estimation des surfaces des brûlures.	50
Figure N°IV-1 : Résultats de l'effet antibactérien de la propolis contre <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Figure N°IV-2 : Résultats de l'effet antibactérien de la sulfadiazine contre <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Figure N°IV-3 : Évolution de la température corporelle chez les lapins selon les groupes expérimentaux	54
Figure N°IV-4 : Dynamique de la cicatrisation des brûlures dans les différents groupes au fil du temps	57

Liste des Tableaux

Tableau N° I.01 : Sous-types de cellules souches cutanées	10
Tableau N° I.02 :Facteurs influençant la cicatrisation des plaies	23
Tableau N° II.01 : Composants de la propolis	31
Tableau N° II.02 : Types, origines et composition chimique de la propolis	34
Tableau N° IV.1:Zones d'inhibition de la propolis et de la sulfadiazine argentique contre <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Tableau N°IV.2 :Température corporelle pour chaque groupe	53
Tableau N°IV.3 : Vitesse de contraction de la brûlure / Taux de contraction en %	55
Tableau N°IV.4 : Scores de la cicatrisation pour groupe propolis.....	57
Tableau N°IV.5 : Scores de la cicatrisation pour groupe sulfadiazine.....	57
Tableau N°IV.6 : Scores de la cicatrisation pour groupe témoin.....	58

Liste des abréviations

BFGF: Basic fibroblast growth factor list

BGPL : Brulure groupe propolis lapin

BGSDL : Brulure groupe sulfadiazine lapin

BGTL : Brulure groupe témoin lapin

CAPE : Convective Available Potential Energy

CMC : Carboxyméthylcellulose.

EEPA : Extrait éthanolique de la propolis algérienne

ERV : *Entérocoque* résistant à la vancomycine

GP : Groupe propolis

GSD : Groupe sulfadiazine

GT : Groupe témoin

IFN : Interféron

NADPH : Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

SARM : *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline

SDMV : Syndrome de défaillance multiviscérale

TC : Taux de contraction

TGF : Transforming growth factor

TIB : Taille initiale de la brûlure

TIDS : Taille de la brûlure à une date spécifique

TNF : Tumor Necrosis Factor

VCB : Vitesse de contraction de la brûlure

Introduction générale

La peau est le plus grand organe du corps humain. Elle assure une fonction essentielle de barrière protectrice contre les agressions extérieures. En raison de son contact direct avec l'environnement, elle est particulièrement exposée à divers types de lésions, notamment les brûlures (Shpichka et *al.*, 2019). Ces dernières représentent un problème de santé publique majeur dans le monde, affectant aussi bien les fonctions physiologiques des patients que leur bien-être psychologique à long terme (Li et *al.*, 2025). La réparation des lésions cutanées provoquées par les brûlures est un processus biologique complexe faisant intervenir de nombreuses cellules (neurones, cellules endothéliales, mastocytes, macrophages, neutrophiles, kératinocytes, fibroblastes) et diverses voies de signalisation moléculaires, par le biais de cytokines et de facteurs de croissance (El Baassiri et *al.*, 2023).

La cicatrisation des brûlures se déroule généralement en trois phases successives : une phase inflammatoire, une phase de prolifération tissulaire (hyperplasie) et enfin une phase de remodelage avec formation de la cicatrice (Yang et *al.*, 2022). Une compréhension approfondie des mécanismes qui régulent ces étapes pourrait permettre de mettre au point des traitements innovants, plus efficaces et moins invasifs, capables de limiter la progression des brûlures dès les premières heures (Lu et *al.*, 2022).

Dans un contexte où les traitements conventionnels présentent encore des limites en termes d'accessibilité, de coût et de tolérance, les produits naturels suscitent un regain d'intérêt. La propolis, ou « colle d'abeille », est un mélange résineux produit par *Apis Mellifera* à partir de diverses sources végétales. Connue depuis l'Antiquité pour ses propriétés médicinales, elle est largement utilisée dans les médecines traditionnelles et alternatives pour le traitement des affections cutanées (Afata et *al.*, 2023; Dekebo et *al.*, 2024).

La propolis présente une couleur et une odeur variables selon sa composition chimique, qui dépend étroitement de la flore locale, des conditions climatiques et de la région d'origine (Soltani et *al.*, 2020 ; Dekebo et *al.*, 2024).

Sur le plan pharmacologique, la propolis est dotée d'un large spectre d'activités biologiques : anti-inflammatoire, antimicrobienne, antioxydante et cicatrisante (Zhang et *al.*, 2025). Elle agit notamment en modulant l'expression de la fibronectine et le dépôt de collagènes de types I et III dans les plaies causées par des brûlures (Cornara et *al.*, 2017). Elle favorise également la synthèse de glycosaminoglycans, nécessaires à la formation du tissu de granulation, à la régénération cellulaire et à la fermeture des plaies (Oryan et *al.*, 2018).

Dans cette perspective, l'évaluation des effets de la propolis algérienne, issue de la flore locale, devient pertinente. Il est donc judicieux d'explorer ses potentiels cicatrisants, peu étudiés jusqu'à présent.

Malgré la diversité des traitements disponibles, la prise en charge des brûlures demeure coûteuse, longue et souvent insatisfaisante. Les soins conventionnels peuvent présenter des effets secondaires, des résistances microbiennes ou des retards de cicatrisation. Dès lors, une alternative thérapeutique naturelle, accessible et efficace serait hautement souhaitable. Dans ce contexte, la propolis algérienne, dont les propriétés pharmacologiques locales restent encore sous-explorées, pourrait représenter un agent thérapeutique prometteur pour favoriser la cicatrisation des brûlures cutanées.

L'application topique d'une pommade à base d'extrait éthanolique de propolis algérienne accélère la cicatrisation des brûlures en modulant l'inflammation, en stimulant la prolifération cellulaire et en favorisant le dépôt de collagène dans les tissus lésés.

Cette étude se divise en deux volets complémentaires :

- Le premier, réalisé *in vitro*, a pour objectif la préparation d'une pommade à base d'extrait éthanolique de propolis algérienne (EEPA) ainsi que l'évaluation de son activité antibactérienne.
- Le second, mené *in vivo*, vise à évaluer l'efficacité de cette pommade en tant qu'agent cicatrisant dans le traitement des brûlures cutanées chez le lapin.

Le but de ce travail est donc d'évaluer, à la fois *in vitro* et *in vivo*, le potentiel thérapeutique de la propolis algérienne dans la cicatrisation des brûlures cutanées.

CHAPITRE I

Rappel anatomo-physiologique

I. Introduction :

La peau est un organe essentiel qui assure à la fois une fonction protectrice et un rôle dans les échanges avec l'environnement. Elle constitue également le principal vecteur des interactions sociales. Recouvrant l'ensemble du corps, sa surface varie entre 1,5 et 2 m², avec une épaisseur allant de 1,4 à 4 mm selon la zone concernée. Son poids correspond approximativement à un seizième du poids total du corps (Latarjet et al., 2024). Principal système de défense externe à plusieurs couches, protège l'organisme des infections pathogènes. Elle se compose de trois couches : l'épiderme, le derme et le tissu sous-cutané (Van Boeckel et al., 2024).

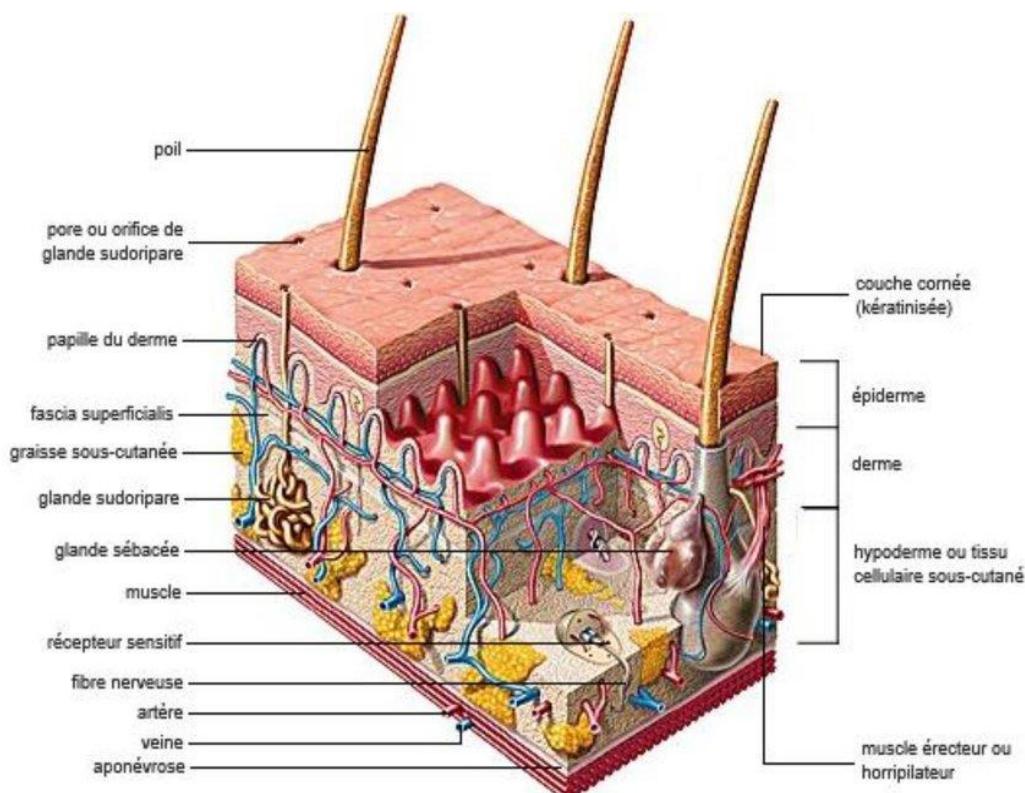


Figure N° I.01 : Vue tridimensionnelle d'une coupe de peau (Savina, 2019)

I.1. Fonctions de la peau :

Selon Adjobo (2023), la peau et ses annexes remplissent plusieurs fonctions essentielles et complexes, rendues possibles par leur structure et leur composition spécifiques. Parmi ces fonctions, on distingue :

- **La protection** contre les agressions extérieures telles que les chocs, la pollution, les agents infectieux, les substances chimiques, ainsi que les rayonnements ultraviolets. La peau participe également à la régulation des échanges hydriques, en limitant les pertes ou les gains excessifs d'eau.

- **La thermorégulation**, qui permet de maintenir une température corporelle stable autour de 37°C. En cas de chaleur, la transpiration permet le refroidissement du corps, tandis qu'en situation de froid, la vasoconstriction des vaisseaux du derme limite les pertes thermiques.
- **La perception sensorielle**, grâce à la présence de terminaisons nerveuses et de récepteurs spécialisés sensibles à la pression, la température et la douleur. Ces structures transmettent les signaux au système nerveux central, permettant une interprétation adaptée des stimuli environnementaux.
- **La synthèse de substances essentielles**, notamment la vitamine D, qui est produite par les kératinocytes sous l'effet des rayons UV. Ces cellules sont également impliquées dans la production d'endorphines, jouant un rôle dans la régulation de l'humeur.
- **La fonction immunitaire**, assurée par les cellules de Langerhans, qui présentent les antigènes, et par les kératinocytes, capables de sécréter des cytokines, y compris des cytokines pro-inflammatoires, intervenant ainsi dans les mécanismes de défense cutanée.

Par ailleurs, la peau possède une dimension psychosociale importante. Sa couleur, sa texture et son odeur véhiculent des informations sur l'état émotionnel de l'individu (stress, joie, gêne, colère). L'aspect cutané (présence de lésions, cicatrices, rides, éclat ou élasticité) influence la perception sociale et peut avoir un impact direct sur l'estime de soi (Adjobo, 2023).

I.2. Structure de la peau :

I.2.1. Epiderme : L'épiderme, couche la plus externe de la peau exposée à l'environnement, est un épithélium pluristratifié en renouvellement constant, composé en grande majorité de kératinocytes (plus de 90 %) (Laverdet et al., 2018).

➤ Il s'agit essentiellement de :

I.2.1.1. Kératinocytes :

Provenant de la couche basale et en remontant vers la surface. À mesure que les kératinocytes montent, ils deviennent fortement kératinisés, mûrir, changer de forme et rejoindre la strate corneum, la couche superficielle morte de la peau (Ambagaspitiya et al., 2025).

I.2.1.2. Mélanocytes :

Les mélanocytes se trouvent dans la couche basale et sont responsables de la production de mélanine, un pigment cutané qui absorbe les rayons UV et détermine la couleur de la peau (Hofmann et al., 2023).

I.2.1.3. Cellules de Langerhans :

Les cellules de Langerhans, qui constituent entre 2 et 5 % des cellules de l'épiderme, se trouvent dans les couches suprabasales où elles sont reliées aux kératinocytes par des molécules d'adhésion de type E-cadhéline. Ce sont des macrophages spécialisés présents dans l'épiderme (Peltier, 2020).

I.2.1.4. Cellules de Merkel :

Les cellules de Merkel (MC) constituent une population unique de cellules postmitotiques disséminées le long de la jonction dermo-épidermique. Ces cellules, qui entretiennent des contacts synaptiques avec les afférences somatosensorielles, sont considérées comme jouant un rôle essentiel dans le discernement sensoriel (Abraham et al., 2019).

I.3. Différentes couches de l'épiderme :**I.3.1. Couche germinative :**

Cette couche est constituée de cellules cylindriques disposées perpendiculairement aux papilles dermiques. Elle joue un rôle fondamental dans le renouvellement cellulaire de l'épiderme.

I.3.2. Couche épineuse :

Composée de kératinocytes volumineux et polygonaux, cette couche présente un alignement cellulaire plus marqué vers sa partie supérieure. On y trouve généralement entre 5 et 6 assises cellulaires superposées. Des cellules riches en mélanine, dispersées parmi les kératinocytes, y sont également présentes. Son épaisseur moyenne est estimée à 80 µm.

I.3.3. Couche granuleuse :

Formée d'environ trois rangées de kératinocytes aplatis, cette couche joue un rôle protecteur en limitant la perte d'eau à travers l'épiderme. Elle mesure environ 5 µm d'épaisseur.

I.3.4. Couche claire :

Visible uniquement dans les zones de peau épaisse, cette couche est constituée de plusieurs assises de cellules aplatis, translucides et homogènes.

I.3.5. Couche cornée (stratum corneum) :

Dernière couche de l'épiderme, elle est formée de 15 à 20 couches de cellules entièrement kératinisées. L'épaisseur de cette couche varie selon la région corporelle, allant de 15 à 20 µm (Azzez, 2019).

I.4. Jonction dermo-épidermique (JDE) :

Selon Laverdet et *al.* (2018), la jonction dermo-épidermique assure l'adhérence entre l'épiderme et le derme, tout en jouant un rôle fondamental dans la polarisation des cellules souches situées dans la couche basale de l'épiderme. Elle participe également activement aux échanges et à la communication entre les cellules de ces deux compartiments. Dépourvue de cellules, cette zone est constituée d'un ensemble de composants de la matrice extracellulaire (MEC) disposés de manière hautement structurée.

Plusieurs structures distinctes peuvent être identifiées au sein de la jonction dermo-épidermique :

I.4.1. Lamina lucida :

D'une épaisseur de 20 à 40 nm, est traversée par des filaments d'ancrage mesurant entre 5 et 7 nm de diamètre. Certains de ces filaments, riches en laminines 332 et 311, se fixent à la portion extracellulaire de l'intégrine $\alpha 6\beta 4$ située à la surface des kératinocytes de la couche basale. Ils forment ainsi un complexe avec les hémidesmosomes. D'autres filaments d'ancrage, moins abondants et de composition différente, contiennent principalement des laminines 322, 311 ou 321, et interagissent avec l'intégrine $\alpha 3\beta 1$.

I.4.2. Lamina densa :

D'une épaisseur comprise entre 30 et 60 nm, est essentiellement constituée de collagène de type IV, mais contient également des laminines 511 et 321, des protéoglycans, ainsi que du nidogène. Elle joue un rôle d'interface structurale en assurant la liaison entre les filaments d'ancrage provenant de l'épiderme et ceux issus de la zone fibrillaire du derme.

I.4.3. Zone fibrillaire :

Est composée de fibres d'ancrage épaisses (20 à 60 nm) constituées principalement de collagène de type VII. Elle relie la lamina densa aux plaques d'ancrage situées dans le derme superficiel, assurant ainsi une fixation solide entre l'épiderme et le derme (Laverdet, 2016).

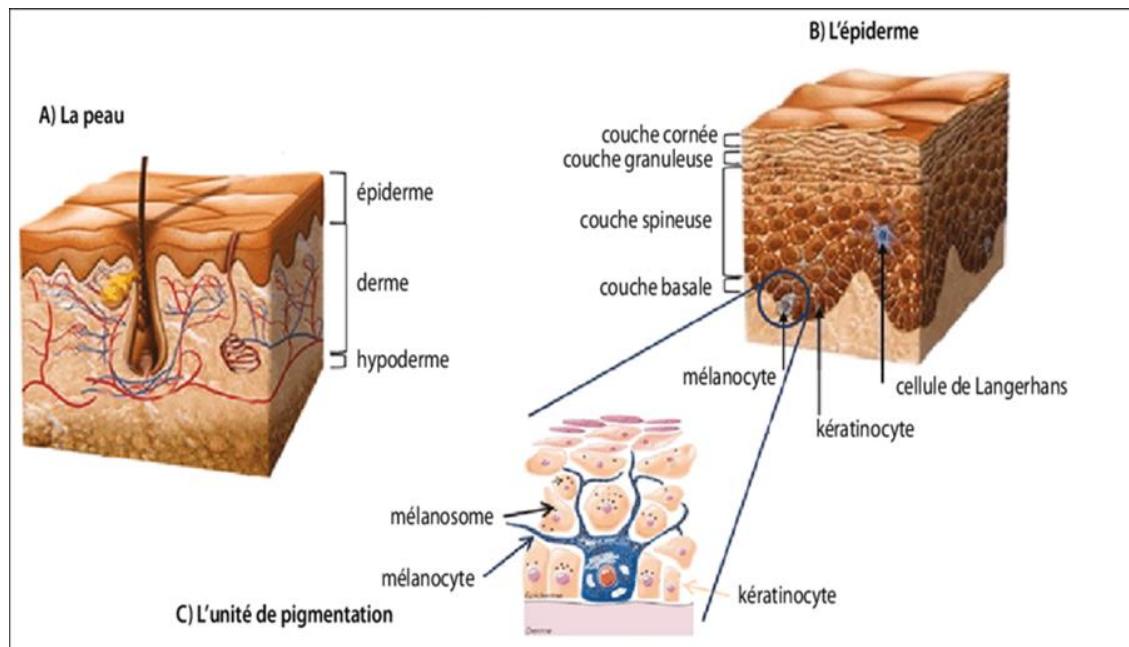


Figure N° I.02 : Composition et structuration de la peau, de l'épiderme et l'unité de pigmentation (Del Bino, 2021).

I.5. Derme :

Le derme constitue la véritable structure de soutien de la peau. Il est composé de cellules fixes, principalement des fibroblastes, ainsi que de cellules mobiles, comme les cellules sanguines. Ce tissu contient également des fibres de collagène, d'élastine et de réticuline, qui lui confèrent sa résistance et sa souplesse. La cohésion de l'ensemble est maintenue par la substance fondamentale, principalement constituée de mucopolysaccharides, dont l'acide hyaluronique, qui peut être mis en évidence par le bleu de toluidine.

Le derme abrite également les vaisseaux sanguins, qui pénètrent jusqu'à la couche basale de l'épiderme. Il est important de noter que l'épiderme lui-même ne contient pas de vaisseaux sanguins (Dréno, 2009).

Il comprend des fibroblastes/ fibrocytes, myofibroblastes, système immunitaire résident et cellules circulantes, y compris les mastocytes. Il contient des follicules pileux, des glandes sébacées et sudoripares, des muscles lisses et des faisceaux nerveux et terminales, ainsi que les plexus vasculaires et lymphatiques superficiels. Adjacent au derme se trouve la partie inférieure de la peau (Slominski et al., 2022).

I.6. Hypoderme :

Également connu sous le nom de sous-cutané ou couche sous-cutanée, ancre le derme aux muscles et aux os sous-jacents. C'est un tissu bien vascularisé et à texture lâche qui contient des nerfs et des vaisseaux sanguins plus gros, du tissu conjonctif et, surtout, du blanc tissu adipeux. Outre les fibroblastes, l'hypoderme abrite des adipocytes et la fraction cellulaire stromale-vasculaire constituée de cellules souches mésenchymateuses « pré-adipocytes ». Cellules endothéliales, péricytes, cellules T et macrophages (Hofmann et al., 2023).

I.7. Annexes cutanées :

Elles traversent à la fois l'épiderme et le derme, regroupant un appareil pilosébacé ainsi que des glandes sudoripares. Il s'agit de structures épidermiques profondément ancrées dans le derme profond, situées à la jonction entre le derme et l'hypoderme. On les retrouve en grande quantité notamment au niveau du visage, du cuir chevelu, des aisselles et du périnée. Ces annexes épidermiques jouent un rôle clé dans le processus de cicatrisation, car elles permettent la régénération de l'épiderme à partir des couches profondes du derme lorsque la couche basale est endommagée. (Tadili, 2016).

I.7.1 Follicule pileux :

Le follicule pileux se compose du poil, de sa gaine épithéliale ainsi que du muscle arrecteur. À la base du poil se trouve une cavité renfermant un tissu conjonctif richement vascularisé : la papille folliculaire, située au cœur du bulbe pileux. Cette zone contient des cellules matricielles capables de se multiplier et de migrer vers la surface cutanée pour former les kératinocytes constituant la tige pilaire et la gaine épithéliale interne.

On distingue également une gaine épithéliale externe, appelée infundibulum, issue d'une invagination tubulaire de l'épiderme et s'enfonçant profondément dans le derme (Abadie, 2018).

Tableau N° I .01 : Sous-types de cellules souches cutanées (Shpichka et al., 2019).

Type cellulaire	Localisation
Cellules souches épidermiques	Couche basale de l'épiderme
Cellules souches des mélanocytes	Région du bulge folliculaire et germe du poil
Cellules souches folliculaires	Région du bulge folliculaire
Cellules souches hématopoïétiques	Papilles dermiques des follicules pileux
Cellules souches des glandes sébacées	Glandes sébacées et infundibulum folliculaire
Cellules de type mésenchymateux	Derme
Cellules progénitrices neurales	Papilles dermiques des follicules pileux

I.8. Glandes cutanées :**I.8.1. Glandes sudoripares eccrines :**

Les glandes sudoripares eccrines présentent une portion sécrétrice en forme de peloton, localisée dans le derme profond, et un canal excréteur rectiligne qui traverse le derme et l'épiderme. Indépendantes des follicules pileux, elles s'ouvrent directement à la surface cutanée par un pore.

I.8.2. Glandes sudoripares apocrines :

Contrairement aux précédentes, les glandes sudoripares apocrines s'abouchent toujours dans un follicule pileux. Leur canal excréteur, relativement court, déverse son contenu dans le canal pilaire (Twarog, 2017).

I.8.3. Glandes sébacées :

Les glandes sébacées sont annexées aux follicules pileux via un canal excréteur qui permet l'acheminement du sébum, une substance lipidique produite par les sébocytes, vers la racine du poil. Principalement composé de triglycérides, le sébum forme un film hydrolipidique protecteur à la surface de la peau, contribuant à la préserver des agressions extérieures telles que les agents bactériens et les rayons ultraviolets (Larnac, 2025).

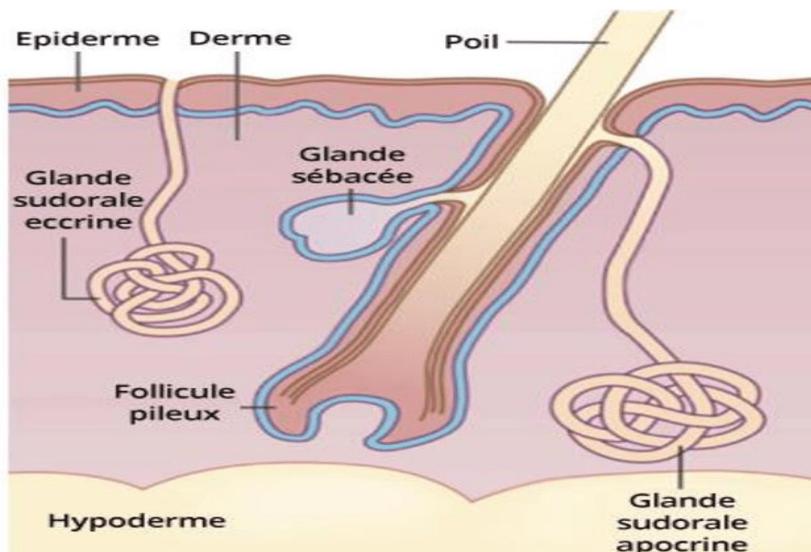


Figure N° I.03 : Schéma des annexes de la peau : glandes sudorales eccrines et apocrines, follicules pileux et glandes sébacées (Twarog, 2017).

I.9. Innervation cutanée :

La peau est dotée d'un réseau complexe de fibres nerveuses sensorielles, faisant d'elle un organe directement relié au système nerveux central. Cette innervation joue un rôle essentiel dans la régulation des fonctions physiologiques et physiopathologiques cutanées. On y retrouve divers types de récepteurs sensoriels : les mécanorécepteurs, les thermorécepteurs et les nocicepteurs, répartis entre l'épiderme et le derme.

Dans l'épiderme, les mécanorécepteurs sont représentés principalement par les disques de Merkel et les terminaisons nerveuses libres. Dans le derme, les principaux mécanorécepteurs comprennent les corpuscules de Meissner, de Ruffini et de Pacini, auxquels s'ajoutent également des terminaisons nerveuses libres, sensibles aux stimulations mécaniques ou nociceptives (Ashrafi et *al.*, 2016).

I.10. Vascularisation cutanée :

La peau est irriguée par un réseau vasculaire dense, constitué de vaisseaux sanguins et lymphatiques répartis dans le derme et l'hypoderme. Deux plexus sanguins principaux assurent la nutrition cutanée : l'un situé à la jonction entre l'hypoderme et le derme réticulaire (plexus profond), et l'autre, plus superficiel, localisé entre les couches papillaire et réticulaire du derme.

Le plexus superficiel alimente un vaste réseau de capillaires dermiques qui pénètrent les papilles dermiques pour assurer les échanges métaboliques avec l'épiderme. De nombreux shunts artéioveineux (ou anastomoses artéioveineuses) relient ces deux plexus, jouant un rôle clé dans la thermorégulation. En modulant le débit sanguin dans la couche papillaire, ces structures participent activement au maintien d'une température corporelle stable (Arda et *al.*, 2014).

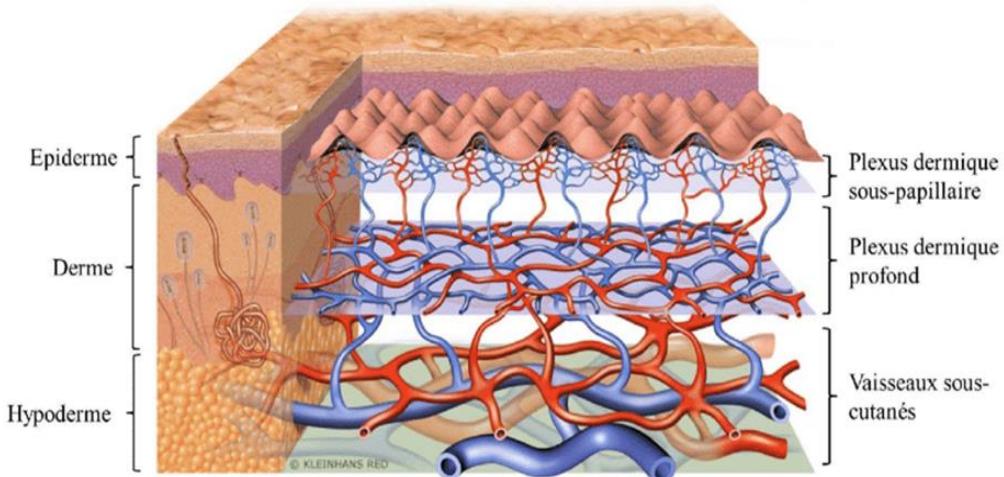


Figure N°I.04 : Vascularisation cutanée d'après (Azzez, 2019).

I.11. Rôle de la microcirculation cutanée :

Selon Couturier (2022), la microcirculation cutanée joue un rôle fondamental dans l'homéostasie et la survie des structures cutanées grâce à sa capacité à ajuster rapidement et localement la perfusion sanguine en fonction des besoins physiologiques. L'un de ses rôles principaux est la thermorégulation, mais elle intervient également dans la régulation de la pression artérielle systémique par l'intermédiaire des artéries, ou vaisseaux résistifs.

Bien que ces aspects physiologiques ne soient pas abordés en détail dans ce travail, l'accent est mis ici sur l'importance de la microcirculation dans le processus de cicatrisation. En plus d'assurer l'apport en oxygène et en nutriments, elle permet le transport des facteurs procicatrisants vers la zone lésée, facilitant ainsi la réparation tissulaire.

I.12. Brûlure et cicatrisation :**I.12.1. Définition de la brûlure :**

Selon Tadili (2016), une brûlure se définit comme une lésion plus ou moins profonde de la peau et des tissus sous-jacents, consécutive à l'action d'un agent agressif. Les causes sont multiples et incluent notamment l'exposition à des gaz chauds, le contact avec des liquides bouillants (huile, café, lait, sauces...), les flammes, les explosions, les courants électriques, certaines substances chimiques (comme les acides) ou encore les radiations. Ces différents agents sont généralement regroupés en quatre grandes catégories : les brûlures thermiques, électriques, chimiques et radiologiques.

I.12.2. Étiologies des brûlures :**I.12.2.1. Brûlures thermiques :**

D'après Salhi (2022), les brûlures thermiques constituent la forme la plus courante, représentant environ 92 % des cas. Elles résultent de l'exposition à une source de chaleur, qu'il s'agisse du rayonnement solaire, d'un contact direct avec une flamme, un objet chaud, un liquide ou un gaz.

Les brûlures causées par des objets solides sont souvent localisées, mais profondes, leur gravité dépendant de la température et de la durée de contact. Celles provoquées par des liquides chauds (eau bouillante, huile, etc.) sont généralement plus étendues mais moins profondes, et représentent 60 % des brûlures observées chez l'enfant. Les brûlures par flamme sont particulièrement sévères, car elles touchent de larges surfaces et pénètrent en profondeur. Enfin, les brûlures causées par les gaz ou vapeurs peuvent résulter d'explosions, engendrant des lésions en mosaïque, alternant zones profondes et superficielles. Bien que plus rares, ces brûlures figurent parmi les plus graves.



Figure N° I.05 : Brûlure du 2^e degré par exposition d'une main à l'eau chaude d'un radiateur, photo prise au 2^e jour montrant une phlyctène importante.

Disponible sur <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ed/Scaldburn.jpg/260px-Scaldburn.jpg>

I.12.2.2. Brûlures chimiques :

Selon Essayagh (2013), les brûlures chimiques résultent du contact avec des substances acides ou basiques. Leur gravité dépend des caractéristiques chimiques du produit, de sa concentration ainsi que de la durée d'exposition. Ces brûlures restent généralement limitées aux zones directement en contact avec l'agent agressif.

Lorsque des réactions chimiques, notamment d'oxydation, surviennent, elles génèrent de la chaleur, ajoutant ainsi un effet thermique à la lésion initiale. Les brûlures causées par des bases provoquent une nécrose par liquéfaction qui facilite la pénétration profonde du produit jusqu'à sa neutralisation ou élimination. Ce processus peut aggraver progressivement la lésion, laquelle peut s'étendre sur plusieurs heures, voire plusieurs jours, nécessitant une surveillance continue.

En revanche, les brûlures provoquées par des acides entraînent une nécrose de coagulation, qui forme une barrière limitant la progression en profondeur de la brûlure. Elles sont généralement moins destructrices que celles causées par les bases.



Figure N° I.06 : Brûlure chimique profonde causée par des alcalins (Lafourcade, 2015)

I.12.2.3. Brûlures électriques :

Selon Kamble et Kshirsagar (2023), les brûlures électriques représentent l'un des problèmes de santé publique les plus graves à l'échelle mondiale. La gravité de ces lésions dépend de plusieurs facteurs : la tension et l'ampérage du courant, le type de courant électrique, la durée du contact ainsi que le trajet suivi par le courant dans le corps.

La plupart des tissus corporels, notamment les nerfs et les vaisseaux sanguins, sont de bons conducteurs électriques. En revanche, la peau et les os présentent une conductivité plus faible, bien que celle de la peau varie en fonction de son taux d'humidité et de sa température. L'électricité génère de la chaleur principalement autour des tissus qui sont de mauvais conducteurs, ce qui provoque des lésions thermiques dans les structures environnantes (Żwierelło et al., 2023).



Figure N° I.07 : Brûlure électrique au niveau du pouce et de l'index gauche (Lafourcade, 2015)

I.12.2.4. Brûlures radiologiques :

D'après Waghmare (2013), les brûlures radiologiques correspondent à des lésions cutanées ou affectant d'autres tissus biologiques, provoquées par une exposition à des rayonnements ionisants ou à l'énergie radiofréquence. La forme la plus courante de brûlure par radiation est le coup de soleil, causé par l'exposition aux rayons ultraviolets.

Ces brûlures peuvent également résulter d'une exposition à des émetteurs radio de haute puissance. Par ailleurs, une exposition répétée et importante aux rayons X lors d'examens d'imagerie médicale, de procédures de radiologie interventionnelle ou de séances de radiothérapie peut entraîner des brûlures radiologiques.

Chez les patients cancéreux, la radiothérapie constitue la cause la plus fréquente de brûlures par radiation. En effet, un grand nombre de patients recevant ce traitement présentent une réaction cutanée aiguë, qui varie en intensité et constitue un effet secondaire courant.

I.12.3. Profondeur des brûlures :**A/ Brûlures du premier degré :**

Selon Markiewicz-Gospodarek et *al.* (2022), les brûlures superficielles, ou de premier degré, touchent uniquement l'épiderme. Elles se manifestent par un érythème, des rougeurs, un léger œdème et des douleurs qui diminuent généralement après 48 à 72 heures. L'épiderme endommagé se desquame entre 5 et 10 jours, sans laisser de cicatrice visible. Le coup de soleil est l'exemple le plus courant de ce type de brûlure.

B/ Brûlures du deuxième degré :

D'après Conti (2013), les brûlures du deuxième degré atteignent les couches profondes de l'épiderme et se caractérisent par la formation de phlyctènes, résultant d'une hyperperméabilité capillaire provoquant une fuite de plasma. Ces brûlures se subdivisent en plusieurs niveaux de gravité.

Le deuxième degré superficiel se présente par une peau rosée et homogène. En revanche, le deuxième degré intermédiaire ou profond se manifeste par des zones rouges en mosaïque, indiquant une destruction complète de l'épiderme ainsi que d'une partie du derme, notamment au niveau de la jonction dermo-épidermique.



Figure N° I.08 : Brûlure du 2 -ème degré superficielle de la face antérieure de la cheville droite(Mohamed, 2014)

C/ Brûlures du Troisième degré :

Ce type de brûlure entraîne une destruction complète de toutes les structures cutanées, incluant l'épiderme, le derme, et parfois l'hypoderme, les muscles, les tendons, voire les os sous-jacents. La peau atteinte apparaît fixée, dépigmentée ou noirâtre, et insensible au toucher.

En raison de l'ampleur des lésions, aucune cicatrisation spontanée n'est possible. Le traitement repose sur l'excision des tissus nécrosés, suivie d'une autogreffe pour restaurer la continuité cutanée (Coulibaly, 2024).

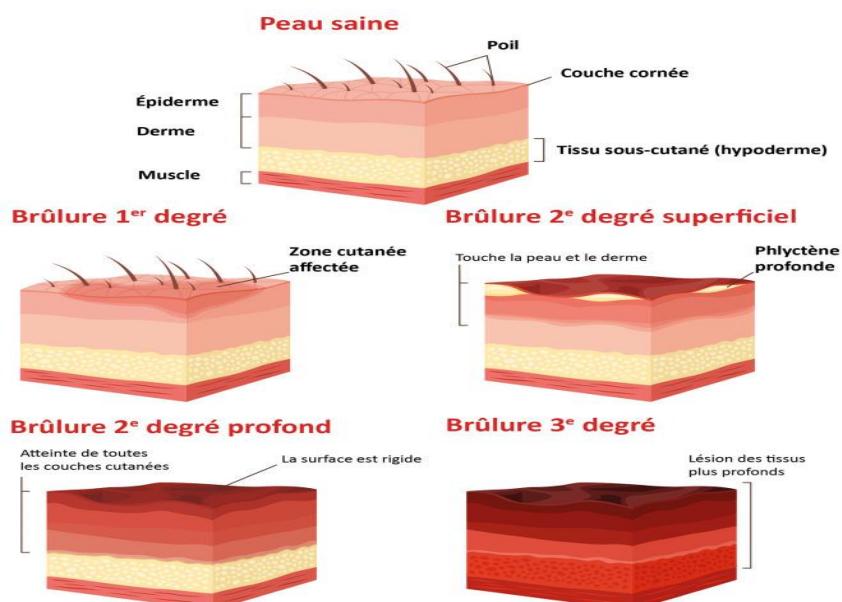


Figure N° I.09 : Classification de brûlures (Lapp, 2024)

I.12.4. Anatomopathologie de la brûlure :

La plaie de brûlure peut être classée en trois zones distinctes selon le degré de destruction tissulaire et l'altération du flux sanguin :

1. Zone de coagulation :

Située au centre de la lésion, cette zone est la plus exposée à la chaleur et subit les dommages les plus sévères. Les températures supérieures à 41 °C entraînent une dénaturation, une dégradation et une coagulation des protéines, provoquant une nécrose tissulaire irréversible (Rowan et al., 2015).

2. Zone de stase :

Entourant la zone de coagulation, cette région présente une perfusion réduite. Les tissus y sont viables mais vulnérables. La restauration d'un flux sanguin adéquat est essentielle pour prévenir l'aggravation de la lésion. En l'absence d'une prise en charge rapide, des facteurs comme l'hypotension prolongée, l'infection ou l'œdème peuvent entraîner une nécrose secondaire (Shehan et Peter, 2004)

3. Zone d'hyperémie :

Située en périphérie de la zone de stase, cette région est caractérisée par une vasodilatation réversible et une augmentation progressive du flux sanguin, particulièrement marquée autour du 7^e jour post-traumatique (Orgill, 2009). Les trois zones décrites dans une brûlure sont disposées de manière tridimensionnelle. Toute aggravation au niveau de la zone de stase peut entraîner une extension en profondeur et en surface de la lésion. (Shehan et Peter, 2004).

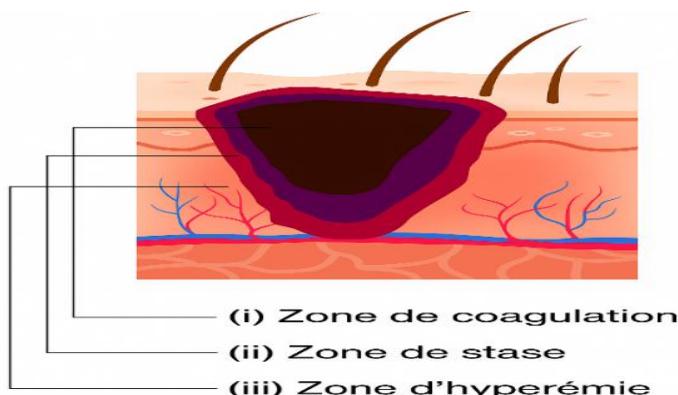


Figure N I.10°: Modèle de brûlure de Jackson illustre la physiopathologie locale des brûlures, classées en trois zones de lésions tissulaires et de flux sanguin (Vo et al., 2025)

I.12.5. Physiopathologie de la brûlure :

Selon *Orgill* (2009), une brûlure apparemment superficielle peut s'aggraver en profondeur dans les 48 à 72 heures, notamment lorsque la zone de stase évolue vers la nécrose. Cette aggravation est favorisée par une infection de la plaie ou une mauvaise perfusion tissulaire.

Les brûlures déclenchent une réponse hypermétabolique systémique, marquée par une inflammation généralisée, un affaiblissement du système immunitaire, un déséquilibre endocrinien et un catabolisme accentué. La coagulation des protéines, combinée à l'absence de vascularisation au niveau des escarres, accroît considérablement le risque d'infection.

I.12.5.1. Conséquences inflammatoires :

D'après *Zeroual* (2019), la réponse inflammatoire engendrée par une brûlure est intense et prolongée, impliquant deux mécanismes : cellulaire et humorale.

- **a. Réponse cellulaire :** La destruction thermique des cellules déclenche une infiltration massive de polynucléaires, sous l'effet de chimiokines comme l'interleukine-8 (IL-8). Cela entraîne le recrutement de monocytes activés et de macrophages, qui sécrètent ensuite des cytokines et divers médiateurs inflammatoires. Paradoxalement, cette hyperactivation s'accompagne d'une immunodépression, surtout dans les brûlures sévères.
- **b. Réponse humorale :** En cas de brûlure grave, une libération massive de médiateurs inflammatoires survient dans la circulation sanguine. Ces médiateurs, issus à la fois des tissus lésés et des cellules immunitaires (monocytes, macrophages, lymphocytes T), provoquent des altérations cutanées et viscérales. Certains sont pro-inflammatoires (IL-6, IL-2, IL-4, TNF α , IFN α), tandis que d'autres ont une fonction anti-inflammatoire (IL-10, IL-13).

I.12.5.2. Conséquences cardiovasculaires :

La phase initiale suivant une brûlure grave ou un état de choc est marqué par une diminution du débit cardiaque et du métabolisme. Cette réduction est en partie due à l'hypovolémie et à un retour veineux insuffisant. Elle s'accompagne également d'une dépression de la contractilité myocardique et d'une insuffisance cardiaque à la fois droite et gauche, probablement induites par des médiateurs vasoconstricteurs circulants (*Williams et al.*, 2011).

I.12.5.3. Conséquences métaboliques :

Selon Shehan et Peter (2004), le métabolisme de base peut augmenter jusqu'à trois fois sa valeur normale après une brûlure. Cette hypermétabolie, combinée à une hypoperfusion splanchnique, impose la mise en place d'une nutrition entérale précoce et intensive afin de limiter le catabolisme et de préserver l'intégrité de la barrière intestinale.

I.12.5.4. Conséquences hépatiques :

Bargues et *al.* (2009) rapportent que les anomalies hépatiques observées chez les brûlés concernent principalement la régulation métabolique, notamment la production des protéines de l'inflammation. Une atteinte hépatique non spécifique peut également survenir dans le cadre du syndrome de défaillance multiviscérale (SDMV).

I.12.5.5. Conséquences neurologiques :

D'après Grunwald et Garner (2008), la perception de la douleur varie selon la profondeur des brûlures : les brûlures du second degré superficiel, où les terminaisons nerveuses dermiques sont intactes, sont généralement plus douloureuses que les brûlures profondes du second degré ou du troisième degré, où ces structures nerveuses sont détruites.

I.12.5.6. Conséquences hématologiques :

Toujours selon Bargues et *al.* (2009), la phase initiale après une brûlure se caractérise par une baisse de l'ensemble des lignées sanguines, entraînant une anémie, une thrombopénie et une hypocoagulabilité. Cette phase est suivie d'un état d'hypercoagulabilité, qui expose le patient à un risque accru de complications thromboemboliques.

I.12.5.7. Conséquences respiratoires :

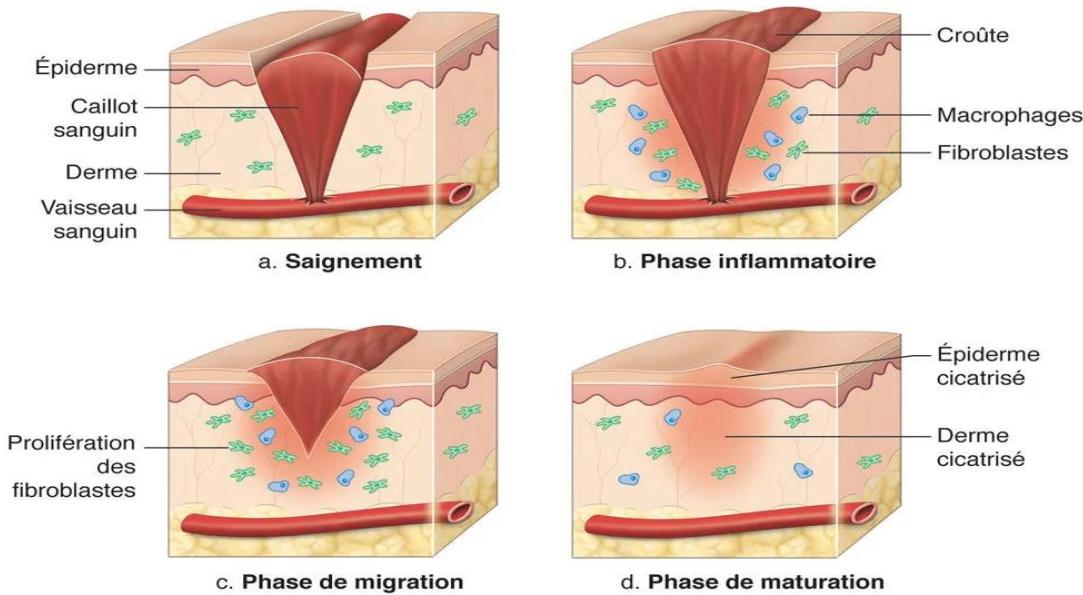
Bourgeois et Losser (2012) précisent que l'inhalation de fumées déclenche une réaction inflammatoire aiguë au niveau pulmonaire, pouvant entraîner une altération de la fonction respiratoire, voire une défaillance hémodynamique.

I.13. Cicatrisation cutanée :

Comme le décrivent Abazari et *al.* (2022), la cicatrisation est une réponse physiologique essentielle visant à restaurer l'intégrité tissulaire après une lésion cutanée. Elle repose sur une série complexe d'événements cellulaires et moléculaires permettant une réparation rapide et fonctionnelle des tissus.

Ce processus, selon Walter et *al.* (2023), ne suit pas une séquence linéaire stricte : les différentes phases se chevauchent et interagissent, rendant leur distinction parfois difficile. Les brûlures, par leur profondeur et l'étendue des tissus atteints, diffèrent considérablement des plaies mécaniques comme les coupures ou les écrasements.

Selon Lu et al. (2022) une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la progression des brûlures pourrait ouvrir la voie à de nouvelles stratégies thérapeutiques, limitant les lésions initiales et favorisant une régénération plus rapide et plus efficace.



I.14. Phases de cicatrisation des brûlures :

La cicatrisation des brûlures, influencée par des facteurs tels que la taille, la profondeur de la brûlure, l'âge, l'état général du patient et la présence d'une infection, se déroule en plusieurs étapes interdépendantes : l'hémostase, l'inflammation, la prolifération et le remodelage.

I.14.1. Phase d'hémostase :

Immédiatement après la brûlure, une vasoconstriction transitoire est provoquée par la libération de composés vasoactifs tels que l'histamine, la sérotonine et les catécholamines. Elle est suivie d'une vasodilatation favorisant l'extravasation de liquides et de cellules vers la zone lésée (Lux, 2022).

L'exposition du sous-endothélium active les plaquettes, qui s'agrègent au collagène et libèrent des substances favorisant la formation d'un caillot de fibrine. Ce caillot joue un rôle essentiel en stoppant le saignement, en empêchant l'invasion microbienne et en fournissant une matrice temporaire pour la migration cellulaire (Lux, 2022).

I.14.2. Phase inflammatoire :

Pendant cette phase, les vaisseaux se contractent et un réseau de fibrine se forme, maintenant l'homéostasie tout en constituant une barrière protectrice. Ce réseau favorise également la migration cellulaire vers le site de la lésion. Les cellules immunitaires, notamment les neutrophiles, les monocytes et les macrophages, sont recrutées et activées. Elles éliminent les débris cellulaires et libèrent des facteurs de signalisation qui préparent la phase suivante (Gonzalez et al., 2016).

I.14.2.1. Phase proliférative :

Cette étape succède à l'inflammation et vise à remplacer la matrice provisoire par un tissu de granulation riche en collagène de type III, en capillaires néoformés et en cellules spécialisées.

- **Angiogenèse** : la formation de nouveaux vaisseaux sanguins assure l'apport en oxygène et nutriments nécessaires à la régénération.
- **Macrophages** : ils facilitent le nettoyage de la plaie et la sécrétion de facteurs de croissance.
- **Fibroblastes** : ces cellules se transforment en myofibroblastes sous l'influence du TGF-β1, contribuant à la contraction de la plaie et à la synthèse de la nouvelle matrice extracellulaire.
- **Lymphocytes B** : ils se différencient en plasmocytes et produisent des immunoglobulines renforçant la défense locale.
- **Ré-épithérialisation** : les kératinocytes des bords migrent et se différencient pour reformer un épithélium stratifié, rétablissant la fonction barrière de la peau (Laverdet et al., 2018).

I.14.3. Phase de maturation ou remodelage :

Cette phase terminale est marquée par une réduction progressive du tissu de granulation et une organisation plus structurée de la matrice extracellulaire.

Les fibroblastes deviennent des myofibroblastes, produisent du collagène et participent à la contraction tissulaire. Les cellules souches mésenchymateuses (MSCs) peuvent également moduler cette phase en stimulant la production de collagène, d'élastine et de fibronectine tout en inhibant les métalloprotéases responsables de la dégradation tissulaire. Toutefois, une accumulation excessive de myofibroblastes et de matrice peut entraîner la formation de cicatrices hypertrophiques (Wang et al., 2021).

I.15. Différents types de cicatrisation :

Le processus de cicatrisation des plaies se divise en trois catégories : primaire, secondaire et tertiaire, selon le contexte clinique, l'état de la plaie et les interventions effectuées.

I.15.1. Cicatrisation primaire :

Elle correspond à une guérison rapide sans complication, lorsque les bords de la plaie sont immédiatement rapprochés et suturés, favorisant une régénération efficace avec peu de tissu cicatriciel. Cette situation se rencontre généralement après une intervention chirurgicale propre, avec un faible risque d'infection (Salcido, 2017).

I.15.2. Cicatrisation secondaire :

Cette cicatrisation survient lorsque la plaie ne peut pas être fermée immédiatement, souvent en raison d'une perte tissulaire importante ou d'une infection. La plaie guérit alors progressivement par comblement, avec une production abondante de tissu de granulation et de cicatrice (Tuti et al., 2023).

I.15.3. Cicatrisation tertiaire :

La cicatrisation tertiaire consiste à retarder la fermeture de la plaie pour permettre la formation d'un tissu de granulation sain avant de la refermer mécaniquement. Cette méthode est utilisée en cas de risque infectieux important afin de sécuriser le processus de cicatrisation (Chhabr et al., 2017).

Tableau N° I .02 : Facteurs influençant la cicatrisation des plaies (Guo et al., 2010).

Facteurs locaux	Facteurs systémiques
Oxygénation	Âge et sexe
Infection	Hormones sexuelles
Présence de corps étrangers	Stress
Insuffisance veineuse	Maladies : diabète, chéloïdes, fibrose, troubles héréditaires de la cicatrisation, jaunisse, urémie
Ischémie	Obésité Médicaments : corticostéroïdes, AINS, chimiothérapie Alcoolisme et tabagisme États d'immunodépression : cancer, radiothérapie, SIDA Nutrition

I.16. Approches conventionnelles et non conventionnelles dans le traitement cicatrisant :**I.16.1. Traitements conventionnels :****I.16.1.1. Hydrogels :**

Selon Salhi (2022), les hydrogels sont des gels riches en eau purifiée, associés à divers composants tels que la carboxyméthylcellulose (CMC), le glycérol, le propylène glycol, l'agarose, la gomme xanthane, ainsi que les alginates de calcium et de sodium, ou encore le polyuréthane. Grâce à leur capacité à libérer une importante quantité d'eau au contact de la plaie, ils sont particulièrement indiqués pour hydrater les plaies peu exsudatives et faciliter la détersion des plaies sèches.

I.16.1.2. Tulle :

Salhi (2022) décrit les tulles comme des pansements constitués d'une trame à larges mailles imprégnée de substances grasses et neutres, telles que la vaseline ou la paraffine, leur conférant un caractère non adhérent. Ils sont recommandés durant la phase de bourgeonnement pour les plaies sèches ou peu exsudatives. Leur faible capacité d'absorption nécessite l'utilisation d'un pansement secondaire. Ils maintiennent un certain niveau d'humidité à la surface de la plaie, tout en permettant un passage lent de l'exsudat vers la compresse absorbante recouvrant le pansement.

I.16.1.3. Pansements hydrocellulaires :

Les pansements hydrocellulaires, issus du polyuréthane, se caractérisent par leur forte capacité d'absorption et leur non-adhérence à la plaie. Ils sont principalement utilisés dans la prise en charge des brûlures, notamment pour les plaies exsudatives, ainsi qu'après la phase de détersion, lors des stades de granulation et d'épithérialisation (Salhi, 2022).

I.16.1.4. Biafine :

La Biafine, produit du laboratoire Johnson & Johnson, est utilisée pour traiter les brûlures superficielles (1er et 2e degré) ainsi que les plaies cutanées non infectées. Sa composition riche en eau (environ 75 %) exerce un effet hydratant comparable à celui des hydrogels, favorisant ainsi un environnement propice à la cicatrisation (Le Marec et al., 2010).

I.16.1.5. Antibiotiques :

Les pommades antibiotiques, facilement accessibles, économiques et simples d'utilisation, permettent de prévenir la détérioration des plaies due aux infections. En monothérapie, elles sont souvent privilégiées pour minimiser les risques d'allergie, comme la

bacitracine ou la mupirocine, notamment pour les patients atteints de *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM) (Lestari et al., 2023).

I.16.1.5.1. Sulfadiazine argentique :

La sulfadiazine argentique, agent antibactérien de la famille des sulfonamides, est utilisée par voie topique. Elle a démontré une efficacité notable dans la cicatrisation, confirmée par de nombreuses recherches expérimentales et cliniques évaluant de nouveaux traitements (Adhya et al., 2015 ; Nasiri et al., 2015).

I.16.2. Traitements non conventionnels :

I.16.2.1. Définition et cadre général :

Dorai (2012) définit la médecine alternative comme l'ensemble des pratiques thérapeutiques qui ne s'intègrent pas dans le système médical conventionnel. Ces approches, souvent enracinées dans des traditions culturelles ou historiques, ne s'appuient pas toujours sur des preuves scientifiques standardisées, bien qu'elles soient utilisées depuis des siècles dans diverses cultures pour le traitement des blessures.

I.16.2.2. Plantes médicinales aux propriétés cicatrisantes :

Certaines plantes utilisées depuis l'Antiquité ont montré un potentiel significatif dans la prise en charge des plaies et brûlures. Khedir et al. (2017) confirment l'efficacité traditionnelle de l'huile de fruit de *Pistacia lentiscus L.* dans le traitement des brûlures. Attah et al. (2016) rapportent que l'*Aloe Vera* possède des effets anti-inflammatoires et favorise la formation d'un tissu de granulation mature, accélérant la cicatrisation des plaies profondes.

Mohammed et al. (2022) soulignent les vertus cicatrisantes de l'eucalyptol, composé volatil présent dans de nombreuses plantes médicinales.

I.16.2.3. Produits naturels d'origine animale :

Certains produits animaux sont utilisés en cicatrisation avec des résultats cliniquement intéressants (Pereira et al., 2016). Markiewicz-Gospodarek et al. (2022) recommandent le miel pour les brûlures, car il crée un milieu humide favorable à la cicatrisation, empêche l'adhérence aux tissus blessés et forme une barrière antibactérienne naturelle.

Rojczyk et al. (2020) rapportent que la propolis, utilisée depuis des millénaires pour ses propriétés antimicrobiennes, favorise la régénération tissulaire et renforce le processus cicatriciel.

I.16.2.4. Organismes vivants dans la cicatrisation :

Markiewicz-Gospodarek et *al.* (2022) documentent l'usage des larves de *Luciliasericata* (asticots) depuis l'Antiquité pour leur action antibactérienne et leur efficacité dans le débridement des plaies, notamment en cas d'ostéite, réduisant bactéries et odeurs. Selon Pereira et *al.* (2016) les sanguines médicinales sont utilisées pour traiter les plaies veineuses congestionnées, participant à la réoxygénéation des tissus et à la résorption des hématomes.

I.16.2.5. Autres produits d'origine animale :

Li et *al.* (2017) montrent que l'huile de crocodile, utilisée en pommade (COBO), est efficace pour la cicatrisation des brûlures profondes, favorisant la régénération cutanée, la pousse des follicules pileux, et possède des propriétés analgésiques et anti-inflammatoires.

D'après Souza et *al.* (2022) et Markiewicz-Gospodarek et *al.* (2022) la peau de poisson, riche en collagène, est étudiée pour l'ingénierie tissulaire. Les pansements en peau de poisson (CTP) ont prouvé leur efficacité, en particulier chez les grands brûlés, grâce à leurs propriétés antibactériennes, antivirales et stimulantes de la croissance cellulaire.

CHAPITRE II

Propolis

II.1. Généralités sur la propolis :

Au fil des années, la nature ne cesse de surprendre avec des composés naturels qui peuvent être des sources prometteuses pour la découverte de nouveaux médicaments importants en médecine (Silva-Carvalho et al., 2015).

Les abeilles visitent les plantes pour récolter le nectar, le miellat, le pollen, les résines et les gommes. À l'intérieur et autour des nids d'abeilles (urticaire), on trouve une substance collante appelée propolis. La propolis, ou colle d'abeille, est une substance naturelle produite par les abeilles à partir de résines et gommes provenant des écorces et des bourgeons de diverses plantes telles que les bouleaux, peupliers, chênes, saules, conifères, et bien d'autres (Osés et al., 2024).

La propolis est un complexe fabriqué par les abeilles *Apis mellifera* (Cardinault et al., 2012). Ces abeilles récoltent les résines provenant des bourgeons, des exsudats et d'autres parties végétales, qu'elles combinent avec leurs enzymes salivaires et la cire pour fabriquer la propolis (Sforcin et al., 2011). Adoptée comme une forme de médecine populaire depuis l'Antiquité, la propolis possède un large spectre d'applications présumées, notamment des effets anti-infectieux et anticancéreux potentiels.

De nombreux effets thérapeutiques peuvent être attribués à ses fonctions immunomodulatrices. Sa composition varie selon les régions géographiques d'où les abeilles récoltent les ingrédients (Chan et al., 2013). La propolis est constituée de substances résineuses, collantes et balsamiques telles que des cires, des huiles essentielles et du pollen, entre autres (Valenzuela-Barra et al., 2015).

II.2. Historique :

La propolis est connue depuis l'Antiquité. Des représentations d'abeilles productrices de propolis ont été retrouvées sur des vases égyptiens anciens. Les Égyptiens utilisaient la propolis pour embaumer les cadavres et associaient les abeilles aux divinités, comme en témoigne le titre royal « Roi des abeilles ». Les Grecs antiques employaient également la propolis, notamment comme ingrédient principal du parfum polyanthus. Ses propriétés médicinales ont été reconnues par des figures telles qu'Aristote, Pline l'Ancien, Galien, Celse et Dioscoride (Rojczyk et al., 2020).

Hippocrate, considéré comme le père de la médecine moderne, avait identifié les vertus curatives de la propolis. Pline l'Ancien, dans son *Histoire naturelle*, en décrit en détail les usages et propriétés dans la ruche (Martinotti et al., 2015). La propolis a aussi été utilisée

pour traiter les blessures lors de la guerre anglo-boer et de la Seconde Guerre mondiale, confirmant son rôle dans la cicatrisation (Anjum et al., 2019).

Le développement scientifique autour de la propolis s'est accéléré avec les progrès en chimie aux XIXe et XXe siècles, permettant la détermination de sa composition chimique (Oryan et al., 2018).

Plus récemment, en médecine vétérinaire, la propolis a trouvé diverses applications : comme promoteur de cicatrisation chez les chevaux et chiens, pour améliorer la digestibilité de la matière sèche dans le rumen des vaches laitières, inhiber la croissance de protozoaires ciliés dans le rumen des buffles, augmenter la qualité du lait, et protéger les cellules épithéliales mammaires bovines contre les agents pathogènes (Santos et al., 2020).

Aujourd'hui, la propolis est un remède populaire mondial, disponible sous forme pure ou associée à d'autres produits naturels dans des préparations en vente libre, cosmétiques ou aliments santé (Bankova et al., 2021).

II.3. Rôle de la propolis :

La propolis, l'un des produits apicoles importants, est un produit semblable à une résine produite par les abeilles en traitant les substances qu'elles collectent sur les conifères, les bourgeons, les tiges des feuilles et les sécrétions des plantes avec les enzymes qu'elles sécrètent par les glandes de leur tête (Yurt, 2023).

La propolis (colle d'abeille) fait partie des substances naturelles largement utilisées dans la médecine traditionnelle et alternative, au même titre que d'autres produits de la ruche tels que le miel, le pollen d'abeille, le pain d'abeille, la gelée royale, la cire d'abeille et le venin d'abeille. Le mot « propolis » vient du grec où « pro » signifie « devant » et « polis » signifie « ville », de sorte que l'expression entière peut être traduite par « substance défensive de la ruche ».

Il s'agit en effet d'une substance résineuse semblable à de la cire, utilisée par les abeilles mellifères comme matériau de construction et d'étanchéité, ainsi que comme agent défensif recouvrant les parois intérieures de la ruche (Rojczyk et al., 2020).

Cette résine est mastiquée en ajoutant des enzymes salivaires et mélangée à de la cire d'abeille, probablement avec d'autres produits du métabolisme des abeilles (Afata et al., 2023).

II.3.1. Rôle de la propolis dans la ruche :

Diverses espèces d'hyménoptères (par exemple, les fourmis, les abeilles sans dard et autres *Apis*) collectent et utilisent des résines à diverses fins, notamment pour la construction de nids et comme défense contre les prédateurs, les microbes et les agents pathogènes.

Les colonies d'abeilles mellifères nichent généralement dans les creux des arbres. Une fois qu'un essaim (des milliers d'individus non reproducteurs, ouvrières, et une reine) trouve une cavité convenable, il tapisse les murs intérieurs et souvent l'entrée du nid d'une couche de propolis de 0,3 à 0,5 mm d'épaisseur.

Cette enveloppe de propolis entoure la colonie et remplit probablement plusieurs fonctions non mutuellement exclusives, notamment l'imperméabilisation et la prévention de la pourriture fongique des parois de la ruche, la réduction des fissures et des entrées, contribuant ainsi à maintenir une température stable et une humidité contrôlée par condensation, tout en diminuant la charge microbienne de la ruche (Simone-Finstrom et *al.*, 2017).

Les abeilles tapissent les parois internes de la ruche d'une fine couche de propolis et collent les cadres mobiles entre eux. Bien que cela complique la récolte du miel pour les apiculteurs, cette substance joue un rôle essentiel dans le maintien de l'hygiène de la ruche. En effet, les abeilles semblent instinctivement reconnaître que la propolis contribue à leur protection.

La preuve en est que les cellules du couvain, où se développent les jeunes abeilles, contiennent la plus grande quantité de propolis, comme si les abeilles cherchaient à les protéger davantage contre les infections (Darrigol, 2007).

De plus, plusieurs études récentes examinent les effets directs et indirects de la propolis sur le système immunitaire des abeilles, ainsi que sur les agents pathogènes et les parasites (Simone-Finstrom et *al.*, 2017).

II.3.2. Rôle de la propolis pour la santé humaine :

La propolis constitue une source riche pour la découverte de nouveaux médicaments et présente un grand potentiel dans le traitement de diverses maladies humaines aiguës et chroniques (Zulkiflee et *al.*, 2022).

Produit dérivé du miel, ses bienfaits pour la santé incluent notamment l'amélioration de l'immunité, la réduction de la tension artérielle, ainsi que le traitement des allergies et des affections cutanées. Une revue de la littérature et des synthèses narratives ont été réalisées pour étudier les preuves disponibles sur ces bienfaits et orienter les futures recherches sur les produits à base de propolis (Braakhuis, 2019).

La propolis apparaît comme un complément naturel exceptionnel, riche en potentiel thérapeutique et en divers attributs biologiques. Ses racines dans les pratiques médicinales

anciennes perdurent aujourd’hui, notamment dans les compléments alimentaires contemporains.

Ses propriétés multiples incluent de puissantes activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires. Ces qualités soulignent son intérêt pour la santé humaine, couvrant des domaines allant de la santé bucco-dentaire à la prévention des maladies cardiovasculaires, ainsi que des recherches en cours sur ses effets potentiels contre le cancer (Kolayli, 2024). L’analyse de la littérature, depuis les premières observations jusqu’aux études récentes utilisant des techniques avancées de biologie moléculaire, a révélé que la propolis, sous diverses formes, peut être un support efficace dans la gestion des plaies, accélérant leur cicatrisation et améliorant la physiologie de la guérison (Rojczyk et al., 2020).

II.4. Composition chimique de la propolis :

La composition chimique de la propolis dépend étroitement des résines et baumes des plantes dont elle est issue. Grâce aux avancées scientifiques, plus de 300 composants chimiques ont été identifiés dans la propolis. Les principaux groupes de composés présents, outre les résines, comprennent les cires, les polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes) et les terpénoïdes (Przybyłek, 2019).

Tableau N° II .01 : Composants de la propolis (Przybyłek, 2019).

Catégorie	Composants
Résines et baumes	Diverses résines végétales
Cires	Cires d'origine végétale et animale
Polyphénols	Flavonoïdes : Chrysine, Pinocembrine, Apigénine, Galangine, Kaempférol, Quercétine, Tectochrysine, Pinostrobine, Pinobenchine
Acides aromatiques	Acide férulique, Acide cinnamique, Acide caféïque, Acide benzoïque, Acide salicylique, Acide p-cumarique
Autres composés phénoliques	Artépilline C
Terpénoïdes	Terpinéol, Camphre, Géraniol, Nérol, Farnésol
Éléments minéraux	Mn, Fe, Si, Mg, Zn, Se, Ca, K, Na, Cu
Vitamines	B1, B2, B6, C, E

II.5. Origine :

La remarquable longévité évolutive des abeilles, estimée à environ 60 millions d'années, s'explique en grande partie par les mécanismes naturels qu'elles ont développés pour se défendre contre divers agents pathogènes et parasites. Elles collectent des résines sécrétées par les bourgeons, les jeunes rameaux, ou provenant de blessures sur certains arbres et arbustes. Ces résines sont initialement destinées à protéger les plantes contre les infections microbiennes et les attaques d'insectes, notamment grâce à un effet répulsif (Cardinault, 2012).

Des études scientifiques ont démontré que les composants de la propolis proviennent de trois sources distinctes (Mărghitaş et al., 2013) :

1. **Origine végétale** : Les matières utilisées par les abeilles pour fabriquer la propolis comprennent des substances activement sécrétées par les plantes, telles que les résines des bourgeons de peuplier, pin, bouleau, châtaignier et érable, ainsi que des substances exsudées par les blessures des plantes, notamment les matières lipophiles des feuilles et des bourgeons, les résines, les mucilages, les gommes et les latex (Mărghitaş et al., 2013 ; Toreti et al., 2013)



Figure N° II .01 : Collecte de la propolis sur un bourgeon de marronnier d'Inde.
Disponible sur <https://www.apistory.fr>



Figure N° II .02 : Abeilles indonésiennes récoltant de la propolis sur l'écorce de *Calophyllum inophyllum* (Mizuno et al., 2022).

2. Origine animale : substances sécrétées par les abeilles telles que la cire et la salive (Mărghităş et al., 2013).

3. Matières accessoires : éléments introduits lors de la production de la propolis, notamment le pollen, le nectar ou le miel (Mărghităş et al., 2013).

4. Origine géographique :

La nature de la propolis varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment la localisation géographique de la ruche, la flore disponible dans la région, la disponibilité des végétaux et l'espèce d'abeille impliquée. Ces éléments influencent non seulement la composition chimique de la propolis, mais aussi son aspect visuel, ce qui explique la diversité des propolis observées, allant du jaune ambré au brun foncé, en passant par des teintes vertes ou rouges. Les abeilles collectent les résines disponibles dans leur environnement immédiat, rendant ainsi la composition de la propolis étroitement dépendante de l'écosystème local (Cardinault et al., 2012).

Tableau N°II .01 : Types, origines et composition chimique de la propolis(Oryan et *al.*, 2018).

Type de propolis	Source végétale principale	Composition principale
Australie	<i>Xanthorrhoea</i> spp., <i>Acacia paradoxa</i> , <i>Corymbiaterminalis</i>	Stilbènes et stilbènes prénylés, phénylpropanoïdes et esters, flavonoïdes
Brésil	<i>Baccharisdracunculifolia</i> , <i>Acacia paradoxa</i>	Dérivés prénylés de l'acide p-coumarique et de l'acétophénone (Artepiline C, pinocembrine, kaempférol)
Canaries	Inconnu	Lignanesfurofuranes : Sésamine, Séarténine, 3-Acétoxyméthyl-5- [(2) -2-furyléthèn-1-yl] -2-(4-hydroxy-3-méthoxyphényl) -7-méthoxy-2,3-dihydrobenzofurane
Chili	<i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Baccharislinearis</i> , <i>Peumusboldus</i> , <i>Escalloniaillinita</i>	Benzophénones, pinocembrine, CAPE, quercétine, galangine
Chine	<i>Populusnigra</i>	Flavonoïdes
Cuba et Venezuela	<i>Clusi arosea</i> , <i>Clusia minor</i>	Benzophénones polysubstituées, plus spécifiquement nemorosone, xanthochymol et guttiférone E
Égypte	<i>Populusnigra</i> , <i>Macaranga species</i> , <i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Phénylpropanoïdes et esters, triterpènes, flavonoïdes, hexaméthoxy flavone
Iran	<i>Populusnigra</i> , <i>Ferulaovina</i>	Monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, coumarines
Italie	<i>Populusnigra</i> , <i>Cupressus spp.</i>	Acides diterpéniques, acide caféïque, acide p-coumarique, acide férulique, quercétine, apigénine, kaempférol, chrysin, ester prényl d'acide, pinocembrine, galangine, salicylate de benzyle et benzoate de benzyle
Japon	<i>Macaranga tanarius</i>	Flavanonesprénylées, flavonoïdes
Jordanie	<i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus coccifera</i>	2(4xanthène-4-yl)-3β-dihydroxyupvaria-7,24-dièn-26-oïque
Kenya	Probablement <i>Macaranga schweinfurthii</i>	Isoflavonoïdes, alcools triterpéniques et stilbénoïdes, triterpènes, lignanesarylnaphtalènes tels que tétrahydroxydistinctine B et 6-méthoxydistinctine, stilbènes géranylés, flavanescéranylésmacarangine
Corée	<i>Populus</i> spp.	Lignanes
Mexique	<i>Populus fremontii</i> , <i>Macaranga species</i> , <i>Dalbergia species</i>	Benzophénones prénylées
Népal	Probablement <i>Shorea robusta</i> , <i>Dalbergia sissoo</i> , <i>Acacia catechu</i> , <i>Bombax cieba</i>	Néo-flavonoïdes, flavonoïdes

Pologne	<i>Betula alba, Populusnigra</i> et certaines espèces de <i>Betula alba, Abies glutinosa, Aesculusippocastanum, Fagus sylvatica</i>	Flavonoïdes
Portugal	<i>Populusnigra</i>	Flavonoïdes
Salomon	<i>Populusspp., Macaranga tanarius</i>	Solophénol
Taïwan	<i>Macaranga tanarius</i>	C-Prenyl-flavonones
Tunisie	<i>Cistusspp.</i>	Chrysin, galangine, tectochrysine, pinocembrine, pinobanksin, caféate de méthyle, caféate de phényléthyle, entre autres composants.



Figure° II. 03 : Propolis de grille (à gauche) et la propolis de grattage (à droite).

Disponible sur
<https://www.merveillesdabeilles.biz/recolte-de-la-propolis/>



Figure N° II. 04 : Récolte de la propolis avec un cadre

Disponible sur
<https://www.merveillesdabeilles.biz/recolte-de-la-propolis/>

II.6. Propriétés physico-chimiques de la propolis :

- Couleur :** Très variable, allant du jaune clair au brun presque noir, avec des teintes rougeâtres, brunâtres, voire vertes selon la source botanique.
- Saveur :** Âcre et amère.
- Odeur :** Agréable, évoquant la vanille et la cannelle.
- Densité :** Environ 1,186 (Potier, 2014).

5. Consistance :

- À température élevée, la propolis est molle, malléable et très collante ;
- Lorsqu'elle est refroidie, en particulier près ou en dessous du point de congélation, elle devient dure et cassante ;
- La propolis fond entre 60 et 70 °C, bien que certains échantillons puissent atteindre un point de fusion jusqu'à 100 °C (Martinotti et al., 2015).

6. Conservation :

- Doit être conservée à l'abri de la lumière, de l'humidité et de la chaleur.
- Il est préférable de l'utiliser fraîche ;
- La lyophilisation permet de préserver ses caractéristiques sur une longue période (Blanc, 2010).

➤

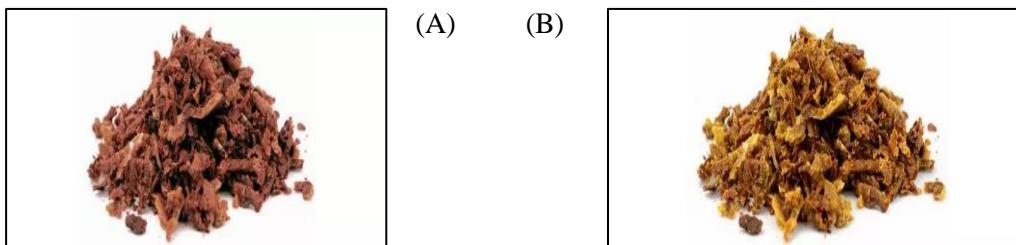


Figure N° II .05 : Différentes couleurs de la propolis : (A) : rouge, (B) : brune

Disponible sur <https://www.compagnie-des-sens.fr/differentes-propolis/>

II.7. Effets thérapeutiques :**1. Effet anti-infectieux :**

Les activités anti-infectieuses de la propolis sont bien documentées contre diverses bactéries, levures, virus et parasites. *In vitro*, la propolis peut agir directement sur les micro-organismes, tandis que *in vivo*, elle stimule le système immunitaire en activant les mécanismes impliqués dans la destruction des agents pathogènes (Sforcin et al., 2011).

1.1 Effet antimicrobien :

L'activité antimicrobienne de la propolis a été largement décrite, se traduisant par des propriétés bactériostatiques et bactéricides sur différentes espèces bactériennes, y compris des souches résistantes aux médicaments antimicrobiens conventionnels (Santos et al., 2020). Ces effets antibactériens sont probablement dus à l'action synergique des nombreux composés présents dans la propolis (Martinotti et al., 2015).

La propolis présente une activité antibactérienne contre des souches à Gram positif et Gram négatif, validée également par des essais cliniques. Les souches sensibles comprennent notamment le SARM, l'ERV, les espèces de *Streptococcus* et *Helicobacter pylori* (Cornara et al., 2017).

Des extraits de propolis provenant de Corée et du Brésil ont montré une forte activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella Typhimurium* et *Candida albicans*, mais aucune activité contre *Pseudomonas aeruginosa* (Hossain et al., 2022).

1.2 Effet antiviral :

La propolis est bien reconnue pour son activité antivirale, parfois supérieure à celle de médicaments standards (Cornara et al., 2017).

Des preuves cliniques ont montré qu'une pommade contenant de la propolis canadienne était plus efficace que l'acyclovir ou un placebo dans le traitement de l'herpès génital simplex. De plus, la propolis a démontré la capacité d'inhiber la réplication du virus de l'hépatite C *in vitro*, de limiter l'activité du VIH-1 en ciblant l'intégrase virale, et de combattre efficacement l'herpès simplex types 1 et 2, notamment en association avec des dérivés de l'acide caféïque. Par ailleurs, plusieurs virus pathogènes humains, tels que le virus respiratoire syncytial (VRS), les herpès virus, les virus de la grippe, le VIH, le virus de la leucémie/lymphome à cellules T de type 1 (HTLV-1), le virus de la maladie de Newcastle (NDV), le poliovirus (PV) de type 1 et le virus de la dengue (DENV), ont montré une sensibilité aux activités antivirales de la propolis (Bava et al., 2024).

De nombreuses études *in silico*, notamment des analyses d'amarrage moléculaire, suggèrent que la propolis et ses composants phénoliques peuvent interférer efficacement avec plusieurs protéines clés du SRAS-CoV-2, telles que les protéases et la protéine Spike (Zulhendri et al., 2021).

1.3 Effet antifongique :

L'utilisation de la propolis comme thérapie alternative contre les infections fongiques est considérée comme une approche prometteuse (Santos et al., 2020). L'ajout de propolis à un médicament antimycosique augmente significativement l'effet inhibiteur contre *Candida albicans* (Popova et al., 2021).

Une étude portant sur l'activité antifongique de la propolis brésilienne a été menée sur 80 souches de levures *Candida* : 20 souches de *C. albicans*, 20 de *C. tropicalis*, 20 de *C. krusei* et 15 de *C. guilliermondii*. La propolis a montré une activité antifongique nette selon l'ordre

de sensibilité suivant : *C. albicans*>*C. tropicalis*>*C. krusei*>*C. guilliermondii*, avec des concentrations minimales inhibitrices (CMI) comprises entre 8 et 12 mg/ml.

Par ailleurs, chez des patients porteurs de prothèses complètes utilisant un extrait hydroalcoolique de propolis, une diminution du nombre de *Candida* dans la salive a été observée (Siheri et al., 2017).

1.4 Effet antiparasitaire :

Plusieurs études ont démontré l'activité antiparasitaire de la propolis et de ses composants contre divers parasites protozoaires responsables de maladies humaines (Siheri et al., 2017), notamment *Leishmania donovani*, *Trypanosoma cruzi*, *Giardia lamblia*, *Trichomonas vaginalis*, *Toxoplasma gondii* et *Giardia duodenalis* (Anjum, 2019).

La propolis possède des propriétés antiparasitaires efficaces contre plusieurs protozoaires pathogènes, tant intracellulaires qu'extracellulaires (Zulhendri et al., 2021). Elle inhibe par exemple la croissance de *Blastocystis*, probablement via des mécanismes apoptotiques similaires à ceux du métronidazole (Asfaram et al., 2021).

2. Effet antioxydant :

Les extraits de propolis, riches en polyphénols, présentent une puissante activité antioxydante (Silva-Carvalho et al., 2015). Les antioxydants empêchent la formation de radicaux libres, les éliminent et favorisent leur dégradation.

L'effet antioxydant de la propolis a été largement étudié à travers de nombreux tests réalisés dans les pays méditerranéens (El-Guendouz et al., 2019). Cette capacité contribue à la prévention de diverses maladies, notamment cardiovasculaires, certains cancers et le diabète (Cauich-Kumul et al., 2019).

3. Effet anti-inflammatoire :

Il a été démontré que la propolis possède des propriétés anti-inflammatoires, principalement via la modulation de diverses voies moléculaires et médiateurs impliqués dans la réponse inflammatoire. La propolis agit comme une biomolécule anti-inflammatoire en ciblant plusieurs composants clés de cette réponse (Bhatti et al., 2024).

Les vertus anti-inflammatoires de la propolis sont largement exploitées dans les produits de bain de bouche. Son activité antigingivite a notamment été attribuée aux composés phénoliques, en particulier l'acide caféïque phénéthyl ester (CAPE) (Cornara et al., 2017).

Le mode d'action de ces composés consiste à limiter la production de leucotriènes et de prostaglandines par les globules blancs, ainsi qu'à inhiber l'activité de la myélopéroxydase, de l'ornithine décarboxylase, de la tyrosine-protéine kinase et de la

NADPH-oxydase. CAPE et le galangine, deux composants majeurs de la propolis de peuplier, ont démontré leurs propriétés anti-inflammatoires, notamment par l'inhibition de la pleurésie induite par le carraghénane (Anjum et *al.*, 2019).

4. Effet anticancéreux :

Les propriétés anticancéreuses de la propolis, issue de différentes espèces d'abeilles et provenant de diverses régions géographiques, ont été largement étudiées ces dernières années, notamment dans le traitement de cancers du sein, du côlon, du foie, des poumons et du pancréas (Zulkiflee et *al.*, 2022). Des recherches ont montré que la propolis algérienne peut potentialiser l'effet antitumoral de la doxorubicine sur les cellules cancéreuses pancréatiques humaines, en inhibant l'activité des pompes d'efflux, induisant ainsi un arrêt du cycle cellulaire et favorisant l'apoptose (Blicharska et *al.*, 2019). Les mécanismes anticancéreux de la propolis reposent sur plusieurs actions synergiques : suppression de la prolifération cellulaire via des effets immunomodulateurs, réduction des populations de cellules souches cancéreuses, inhibition ciblée des voies de signalisation oncogéniques, effets anti-angiogéniques, modulation du microenvironnement tumoral, ainsi qu'un rôle complémentaire aux thérapies anticancéreuses conventionnelles (Chan et *al.*, 2013).

5. Effet hépatoprotecteur :

La propolis agit comme un agent hépatoprotecteur en augmentant le niveau de glutathion réduit, tout en inhibant la peroxydation lipidique et la formation de glutathion oxydé. Cette action antioxydante confère à la propolis une capacité à atténuer la toxicité hépatique induite par des agents comme le mercure. Par ailleurs, des études ont montré que l'extrait de propolis joue un rôle protecteur contre le stress oxydatif hépatique et rénal induit par le tétrachlorure de carbone (CCl_4), réduisant les lésions tissulaires qui en résultent (Anjum et *al.*, 2019).

6. Effet cicatrisant :

Les premières études sur les propriétés cicatrisantes de la propolis ont été menées dans les années 1990, notamment en Bulgarie, au Brésil et aux États-Unis. L'application locale de propolis sur des plaies cutanées, des brûlures ou encore de la pulpe dentaire exposée a permis d'observer une réorganisation accélérée des tissus lésés (Rojczyk et *al.*, 2020). La propolis est désormais reconnue comme un excellent agent pour la gestion des brûlures, favorisant la prolifération, l'activation et la croissance des cellules cutanées (Sforcin, 2016). Elle stimule également des processus clés de réparation tissulaire tels que l'angiogenèse, la synthèse de collagène et certaines réactions enzymatiques essentielles (Yang et *al.*, 2022) ; (Ghallab et *al.*, 2025).

7. Effet immunomodulateur :

La propolis possède une activité immunomodulatrice démontrée *in vitro* et *in vivo*, agissant sur les cellules du système immunitaire impliquées dans les réponses innée et adaptative. Elle améliore la présentation antigénique par les macrophages, augmente leur activité lytique ainsi que celle des cellules NK (natural killer) contre les cellules tumorales. Elle induit également une production accrue de cytokines pro-inflammatoires (TNF- α , IL-6, IL-8), stimule l'interaction entre les lymphocytes CD4+ et CD8+, et favorise la sécrétion d'anticorps par les plasmocytes (Cardinault *et al.*, 2012).

8. Effet anesthésique local :

La propolis contient des huiles essentielles aux propriétés analgésiques, provoquant une sensation d'engourdissement, de picotement et d'insensibilisation, notamment au niveau de la muqueuse buccale. Cet effet anesthésique local en fait un agent intéressant en soins bucodentaires et en médecine dentaire (Élisabeth, 2020).

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

III-1. OBJET D'ETUDE :

Cette étude vise à évaluer le potentiel thérapeutique de la propolis algérienne dans la cicatrisation des brûlures cutanées, à la fois *in vitro* et *in vivo*. Le premier volet concerne la préparation d'une pommade à base d'extrait éthanolique de propolis et l'évaluation de son activité antibactérienne. Le second volet consiste à tester l'efficacité de cette pommade sur la cicatrisation des brûlures chez le lapin. L'ensemble du travail permet de juger du rôle potentiel de la propolis comme agent thérapeutique naturel.

III-2. ZONE D'ETUDE :

Les travaux *in vitro* et *in vivo* ont été réalisés au niveau du Laboratoire de Recherche rattaché à l'Institut Vétérinaire de Tiaret (Université de Tiaret) ainsi qu'au laboratoire de biochimie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de la même université.



Figure N°III-1 : Localisation de la zone d'étude
(Laboratoire d'hygiène et pathologie animale) (photo originale).

III-3. Partie *in vitro* :**III-3.1. Provenance des échantillons du propolis :** (Boudra, 2019).

Etiquetage	Région de récolte	Altitude	Longitude	Polyphénols totaux (Mg Acide gallique /g propolis)	Flavonoïdes totaux (Mg Quercétin/g propolis)
P1	LAGHOUAT (EL kheneg)	33°44'43.42"N	2°47'43.48"E	7,30	2,00
P2	TIPAZA	36°37'4.36"N	2°23'28.45"E	<u>35.25</u>	<u>15.95</u>
P3	SOUK AHRAS (Bir bouhouche)	36° 0'50.52"N	7°25'48.08"E	19,00	06,50

III-3.2. Extraction de la propolis :

Selon Boudra (2019), la propolis ne peut être utilisée à l'état brut et nécessite une purification par extraction au solvant, afin d'éliminer les matières inertes tout en conservant la fraction polyphénolique utile à notre expérimentation.

III-3.3. Matériel nécessaire à l'extraction :

Trois échantillons de propolis algérienne brute, de couleurs variées et issus de différentes origines géographiques, ont été utilisés pour cette étude. Ces échantillons ont été conservés à l'abri de la lumière dans de petites boîtes. Le matériel utilisé comprend des verreries telles que des entonnoirs, éprouvettes, bêchers et boîtes de Pétri en verre, ainsi que du petit matériel comme des agitateurs avec barreaux magnétiques, une balance, une spatule, des ciseaux, un entonnoir en plastique et des seringues. Un grand matériel, notamment une étuve, a également été mobilisé. D'autres fournitures comme du papier filtre, de l'éthanol à 96 %, de l'eau distillée, du papier aluminium et des flacons de conservation ont été nécessaires à la préparation et à l'extraction.

Mode opératoire :

L'extraction de la propolis a été réalisée au laboratoire de biochimie de la Faculté des Sciences de l'Université de Tiaret.

Dans un premier temps, la macération a été effectuée en découpant les échantillons de propolis brute en petits morceaux. Une quantité de 15 g a été pesée à l'aide d'une balance, puis placée dans des fioles contenant 150 mL d'éthanol à 70 %. La macération a été conduite

à l'abri de la lumière, sous agitation constante à l'aide d'un agitateur électromagnétique, pendant 48 heures (Boudra, 2019) (Figure N°2).



Figure N°III-2 : Etapes de Préparation des échantillons de la propolis (photo originale).

Selon la méthode décrite par Pereira et *al.* (2018), la filtration de l'extrait a été réalisée sous vide à l'aide de papier filtre, permettant la séparation des impuretés solides. Le filtrat obtenu a ensuite été réparti dans des boîtes de Pétri pour l'évaporation de l'éthanol, effectuée dans une étuve à 45 °C pendant 24 heures. L'extrait sec de propolis a été récupéré par grattage, puis conservé à l'abri de la lumière à une température de 4 °C (Figure N°3,4 et 5).



Figure N°III-3 : Après filtration (photo originale).

Figure N°III-4 : Evaporation d'éthanol par étuve (Photo originale).

Figure N°III-5 : Collecte de la propolis par grattage (Photo originale).

III-3.4. Détermination de la sensibilité bactérienne :**III-3.4.1 Méthode de diffusion sur gélose :****A/ Préparation de l'inoculum bactérien :**

Le milieu Mueller-Hinton a été d'abord liquéfié à l'aide d'un four à micro-ondes, puis coulé dans des boîtes de Pétri et laissé à température ambiante jusqu'à solidification. La concentration bactérienne a été ajustée à l'aide d'un spectrophotomètre dans une plage comprise entre 0,08 et 0,13, correspondant à une densité de 0,5 selon l'échelle de McFarland. Une suspension de 1 mL de *Staphylococcus aureus* (ATCC6528), fournie par le laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Tiaret, a été utilisée pour ensemencer les milieux solidifiés. Après ensemencement, les boîtes ont été placées dans un incubateur pendant 15 minutes pour permettre une pré-diffusion homogène (Boudra et al., 2020).

B/Test d'activité antimicrobienne de la propolis par la méthode des disques :

Ce test a été réalisé au sein du Laboratoire d'Hygiène et de Pathologie Animale de l'Université de Tiaret. L'évaluation de la sensibilité de *Staphylococcus aureus* a été menée selon la méthode de diffusion sur disque en papier appliquée sur milieu Mueller-Hinton. Trois disques stériles de 6 mm de diamètre, stérilisés par autoclavage, ont été imprégnés d'extrait éthanolique de propolis (EEPA1) à une concentration de 100 mg/mL. Ces disques ont été déposés de manière aseptique sur les boîtes ensemencées, accompagnés d'un disque témoin. La même procédure a été répétée pour les extraits EEPA2 et EEPA3, ainsi que pour des disques d'antibiotique (Triméthoprime – Sulfadiazine) en tant que témoin positif, et un disque imprégné de vaseline servant de témoin négatif.

Les boîtes ont été laissées à température ambiante pendant deux heures afin de favoriser une diffusion homogène des extraits, puis incubées à 37 °C pendant 24 heures. À l'issue de cette incubation, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en millimètres à l'aide d'un pied à coulisse, en se basant sur les méthodes décrites par Balouiri et al. (2016) et Boudra et al. (2020) (Figure N°6, 7 et 8)



Figure N°III-6 : Préparation du milieu de culture (Photo originale).



Figure N°III-7 : Ensemencement de l'inoculum (photo originale).

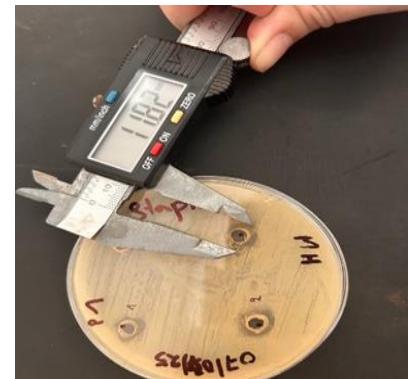


Figure N°III-8 : Mesure de la zone d'inhibition (mm) (Photo originale).

III-3.5. Préparation de la pommade à base de propolis (forme galénique) :

➤ **Préparation de la phase huileuse :**

La phase huileuse a été préparée en utilisant 40 g de vaseline pure comme excipient, fondu par un léger chauffage afin d'assurer sa liquéfaction complète.

➤ **Dispersion du principe actif :**

Le principe actif, l'extrait éthanolique de propolis (EEPA) à une concentration de 100 mg/mL, a été incorporé à raison de 1 g dans la base fondu. La dispersion a été effectuée de manière homogène, à l'abri de la lumière, afin d'optimiser la stabilité et l'efficacité du produit final (Figure N°9).



Figure N°III-9 : Produit final : pommade à base d'EEPA (Photo originale).

III-4. Partie in vivo :**III-4.1 Choix et préparation des animaux :**

Le lapin a été choisi comme modèle animal en raison de sa disponibilité, de son comportement non agressif et de son utilisation fréquente dans les expérimentations in vivo (Boudra, 2019). Les animaux ont été hébergés individuellement dans des cages, dans un environnement à température contrôlée (25 °C). Ils ont eu un accès libre à l'eau potable et ont reçu une ration quotidienne de 150 g d'un aliment composé principalement de tourteau de luzerne, de maïs et de soja.

III-4.2. Description de l'expérimentation :

L'expérimentation a été réalisée sur douze (12) lapins adultes de race Néo-Zélandaise, avec un poids vif moyen d'environ 3 kg. Les animaux ont été répartis en trois groupes de quatre **sujets** chacun. Le premier groupe a reçu un traitement topique à base d'extrait éthanolique de propolis (EEPA) appliqué sur une brûlure expérimentale de 3 cm de diamètre. Le deuxième groupe a été soumis au même protocole de brûlure, mais traité avec de la sulfadiazine argentique. Le troisième groupe, servant de témoin, n'a reçu aucun traitement.

III-4.3. Matériel utilisé dans l'induction de la brûlure :

Les matériaux utilisés au cours de l'expérimentation ont été regroupés selon deux phases : avant et après l'induction de la brûlure. Avant l'induction, les instruments employés comprenaient une tondeuse, un rasoir, des ciseaux, un thermomètre, un stérilisateur, du savon liquide et une table d'examen, servant à la préparation de la zone à traiter et à la manipulation des animaux. Après l'induction de la brûlure, le matériel utilisé pour le traitement comprenait du tulle gras, une solution physiologique, de la sulfadiazine argentique, la pommade à base d'extrait éthanolique de propolis (EEPA), des compresses stériles et du sparadrap.

III-4.4. Préparatifs per opératoire et protocole anesthésique :

La zone expérimentale a été soigneusement rasée, puis nettoyée méticuleusement à l'eau et au savon, suivie d'un détergent, afin d'éliminer efficacement la flore transitoire et résidente.

Comme indiqué dans les travaux de Wurtz et *al.* (2015) et Boudra et *al.* (2020), le protocole anesthésique a débuté par une injection intramusculaire d'acépromazine à la dose de 0,75 mg/kg pour la prémédication. L'induction ainsi que le maintien de l'anesthésie ont été assurés par l'administration de kétamine à la dose de 35 mg/kg par voie intramusculaire.

III-4.5. Induction de la brûlure :

Des brûlures expérimentales allant du deuxième degré profond au troisième degré ont été induites à l'aide d'un dispositif métallique de 3 cm de diamètre, préchauffé pendant 5 minutes (Figure N°10). Ce dernier a été appliqué avec une légère pression sur la peau rasée des lapins pendant 20 secondes afin de provoquer la lésion thermique souhaitée (Sene et al., 2020).



Figure N°III-10 : Préparation de la zone expérimentale par rasage, suivie de l'induction de la brûlure (photo originale).

Dans le premier groupe, une fine couche de pommade à base d'EEPA a été appliquée sur les brûlures. Le deuxième groupe a reçu une application de sulfadiazine argentique à 1 % sous forme d'une couche de 2 mm d'épaisseur. Aucun traitement n'a été administré au groupe témoin (Figure N°11).



Figure N°III-11 : Mise en œuvre des traitements spécifiques sur les zones brûlées (Photo originale).

III-4.6. Paramètres de suivi cliniques :

Les brûlures sont protégées de toute source de contamination externe par l'application d'un pansement sec et stérile, renouvelé toutes les 24 heures. À chaque changement de pansement, une évaluation visuelle de la plaie est réalisée, accompagnée de photographies, et ce jusqu'à la cicatrisation complète. Parallèlement, la température corporelle est mesurée quotidiennement par voie rectale pendant une période maximale de 15 jours.

III-4.7. Paramètres macroscopiques d'évaluation des brûlures :

L'efficacité du processus de cicatrisation a été évaluée quotidiennement pendant 33 jours à l'aide d'un système de scoring adapté, tenant compte du degré de gravité des lésions brûlées (Adhya et al., 2014). Ce système, basé sur celui décrit par Sene et al. (2020), attribue un score allant de 0 à 5 : **le score 0** signifie que la cicatrisation est totale, la réparation des tissus est achevée ; **le score 1** indique que la cicatrisation des tissus est presque achevée ; **le score 2** reflète que il reste des vestiges de la croûte, la taille de la lésion diminue (reconstruction de la peau) ; **le score 3** correspond à la phase où tous les tissus morts (croûtes) sont enlevés, plaies, suintement ; **le score 4** indique que la peau nécrosée est en partie enlevée, ulcération, suintement ; enfin, le score 5 signifie que la peau nécrosée recouvre entièrement la partie brûlée.

III-4.7.1. Etendue de la contraction de la brûlure :

Évaluation de la contraction de la brûlure :

Conformément aux recommandations de Martin et al. (2011), l'évaluation de la contraction des brûlures a été effectuée en calculant le pourcentage de rétrécissement de la surface lésionnelle au fil du temps. La surface initiale des brûlures a été déterminée à l'aide d'une méthode de traçage consistant à délimiter les contours des lésions sur une feuille d'acétate transparente à l'aide d'un crayon fin, puis à reporter ce tracé sur du papier millimétré.

Le pourcentage de rétrécissement de la brûlure a été calculé selon la formule décrite par Dekebo et al. (2024) :

$$\% \text{ de rétrécissement} = [(Surface \text{ au jour 0} - Surface \text{ au jour n}) / Surface \text{ au jour 0}] \times 100$$

* Avec une légère modification apportée

*n représente les jours successifs de mesure de la contraction, du 1^{er} au 33^e jour.

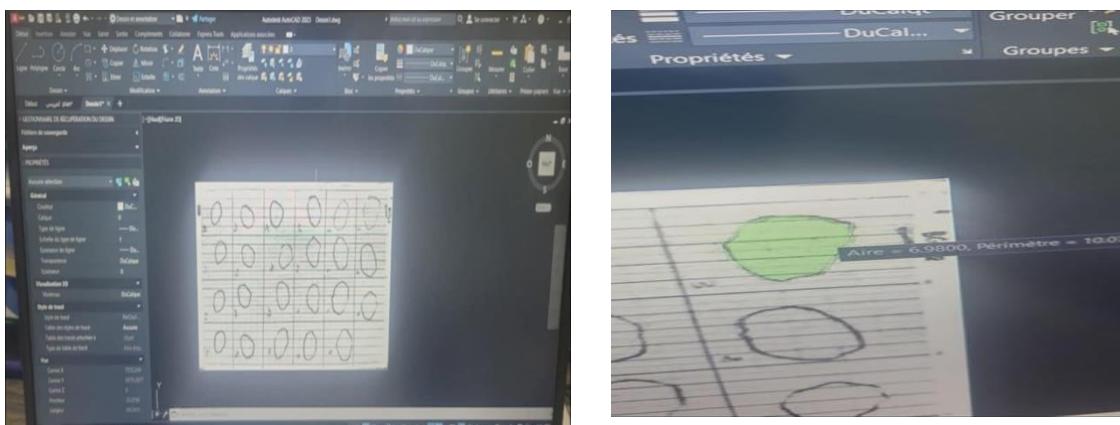


Figure N°III-12 : Démarche suivie pour l'estimation des surfaces des brûlures
(Photo originale).

Afin d'améliorer la précision des mesures et de réduire les biais liés au traçage manuel, la surface a été estimée en subdivisant les carrés du papier millimétré en moitiés, tiers et quarts, selon la méthode décrite par Martin et *al.* (2011). Les contours ainsi obtenus ont ensuite été numérisés et intégrés dans le logiciel de conception assistée par ordinateur AutoCAD 2016, conformément aux protocoles méthodologiques rapportés par Barral et *al.* (2011).

Dans le contexte de cette étude, le terme "plaie", couramment utilisé dans les protocoles de référence, a été remplacé par "brûlure" afin de mieux refléter la nature des lésions évaluées expérimentalement (Figure N°12).

CHAPITRE IV

Résultats

IV. Interprétation des résultats obtenus :

Dans le cadre de cette étude, les données ont été collectées et analysées sur une période de 33 jours en vue d'évaluer les propriétés thérapeutiques de l'extrait éthanolique de propolis algérienne (EEPA) sur la cicatrisation des brûlures cutanées chez le lapin. Les brûlures ont été induites à l'aide d'un dispositif chauffé, appliqué sur la peau pendant 20 secondes, ce qui correspond à une lésion thermique estimée entre le 2^e degré profond et le 3^e degré. Les résultats des deux volets de l'étude, *in vitro* et *in vivo*, ont été présentés sous forme de tableaux récapitulatifs mettant en évidence les principaux paramètres de suivi.

IV. 1. PARTIE IN VITRO :

Cette section s'intéresse au choix de la propolis en fonction de la sensibilité des souches bactériennes testées. L'analyse des résultats présentés dans les tableaux révèle que la sulfadiazine exerce une activité inhibitrice plus marquée que celle de la propolis. Le classement des bactéries a été établi selon le diamètre de la zone d'inhibition : les souches sont considérées comme "sensibles" lorsque ce diamètre est supérieur à 12 mm, "modérément sensibles" entre 6 et 11 mm, et "résistantes" lorsqu'il est inférieur à 5 mm, conformément aux critères définis par Couquet *et al.* (2013).

Tableau N° IV.1 : Zones d'inhibition de la propolis et de la sulfadiazine argentique contre *Staphylococcus aureus*.

Zone d'inhibition de propolis (Ø en mm)	Zone d'inhibition de la sulfadiazine (Ø en mm)	Zone d'inhibi tion chez le témoin (Ø en mm)	Zone d'inhibiti on de la vaseline (Ø en mm)
Souche			
<i>Staphylococcus aureus</i>			
Zone	P1	P2	P3
7,39 ±0,79	<u>19,35 ±2,29</u>	8,13 ±0,69	30,6 ±0,5
00	00	00	



Figure N°IV-1 : Résultats de l'effet antibactérien de la propolis contre *Staphylococcus aureus* (photo originale).



Figure N°IV-2 : Résultats de l'effet antibactérien de la sulfadiazine contre *Staphylococcus aureus* (photo originale).

Les données du tableau (tableau N° IV-1) et (figure N°IV-1 et 2) montrent que les diamètres des zones d'inhibition varient légèrement selon les échantillons de propolis, avec des moyennes de 7,39 mm pour l'échantillon P1, 19,35 mm pour P2 et 8,13 mm pour P3. Une activité antibactérienne remarquable a été observée avec l'échantillon P2 contre, *Staphylococcus aureus*, tandis que les échantillons P1 et P3 ont présenté une inhibition modérée. Aucun effet inhibiteur n'a été détecté pour les témoins à base d'éthanol ou de vaseline.

IV. 2. PARTIE IN VIVO :

1- Température corporelle :

Tableau N°IV.2 : Température corporelle pour chaque groupe.

Lots	GP	GSD	GT
	Température corporelle pour chaque groupe		
Moy±écart	<u>38,57±0,37</u> °C	<u>38,48±0,19</u> °C	<u>38,45±0,22</u> °C

GP : Groupe propolis / GSD : Groupe sulfadiazine / GT : Groupe témoin

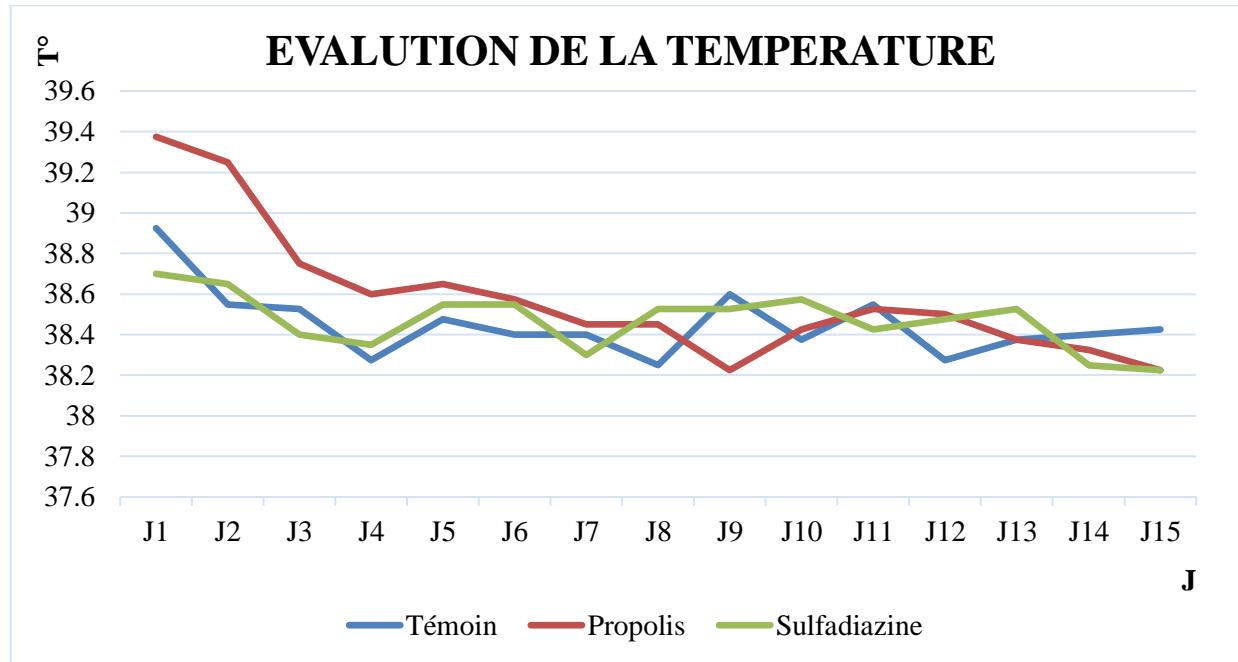


Figure N°IV-3 : Évolution de la température corporelle chez les lapins selon les groupes expérimentaux

Les résultats présentés dans le tableau N°IV-3 et la figure N°IV-3 montrent que la température corporelle moyenne des lapins reste relativement stable dans les trois groupes expérimentaux. Les moyennes enregistrées sont de $38,57 \pm 0,37$ °C pour le groupe Propolis (GP), $38,48 \pm 0,19$ °C pour le groupe Sulfadiazine (GSD) et $38,45 \pm 0,22$ °C pour le groupe Témoin (GT).

Ces valeurs, très proches les unes des autres et se situant dans l'intervalle physiologique normal du lapin (38,5°C à 40°C), indiquent qu'aucune variation significative de la température corporelle n'a été induite ni par les traitements appliqués (propolis ou sulfadiazine), ni par le protocole anesthésique utilisé. Cela suggère que les conditions expérimentales n'ont pas perturbé l'homéothermie des animaux, reflétant ainsi une bonne tolérance des traitements et une stabilité physiologique durant l'étude.

2. Paramètres macroscopiques d'évaluation des brûlures :

Cette évaluation repose sur l'attribution de scores allant de 5 à 0, en fonction de l'aspect clinique des lésions, ainsi que sur l'observation de l'évolution de l'étendue de la brûlure au fil du temps.

A/ Vitesse de la contraction de la brûlure :**Tableau N°IV.3 : Vitesse de contraction de la brûlure / Taux de contraction en %**

Lapins	Vitesse de contraction de la brûlure / Taux de contraction en % Taille initiale 8,55 cm ²					
	Groupe propolis		Groupe sulfadiazine		Groupe témoin	
	VCB	TC	VCB	TC	VCB	TC
L1	25 J	100%	33 J	88, 30%	33 J	83,50%
L2	25 J	100%	33 J	84,67%	33 J	71,92%
L3	26 J	100%	33 J	84,32%	33 J	85,84%
L4	26 J	100%	33 J	84,67%	33 J	88,30%

GP : Groupe propolis / GSD : Groupe sulfadiazine / GT : Groupe témoin**VCB : Vitesse de contraction de la brûlure / TC : Taux de contraction en %**

Les données présentées dans le tableau IV.3 mettent en évidence une efficacité marquée de la propolis dans la cicatrisation des brûlures. Chez les lapins traités avec la pommade à base de propolis, la surface initiale de la brûlure (8,55 cm²) a complètement cicatrisé en 25 à 26 jours, avec un taux de contraction de 100 % chez tous les sujets de ce groupe.

En comparaison, les animaux traités à la sulfadiazine argentique présentaient une cicatrisation incomplète au 33^e jour, avec un taux moyen de contraction avoisinant 84,5 %, ce qui traduit un ralentissement du processus de guérison par rapport à la propolis.

Dans le groupe témoin (non traité), la cicatrisation demeurait également incomplète après 33 jours, avec des taux de contraction allant jusqu'à 88,30 %. Toutefois, aucune guérison totale n'a été observée dans ce groupe, ce qui met en évidence l'intérêt d'un traitement actif pour favoriser une régénération cutanée plus rapide et efficace.

Ces résultats suggèrent que la propolis constitue un agent cicatrisant prometteur, induisant une réépithérialisation plus rapide et complète comparativement à la sulfadiazine argentique et à l'absence de traitement (*Voir annexes*).

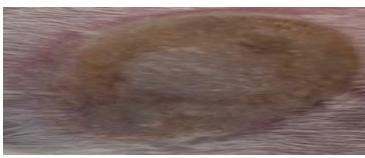
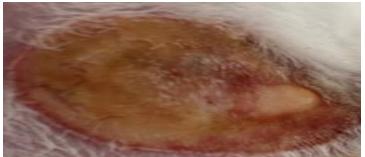
	EPPA	Sulfadiazine	Sans traitement
J1	<p>SCORE 05 PNREB (+) Peau nécrosée recouvre entièrement la partie brûlée. T° : 39,5C°</p> 	<p>SCORE 05 PNREB (+) Peau nécrosée recouvre entièrement la partie brûlée. T° : 38,5C°</p> 	<p>SCORE 05 PNREB (+) Peau nécrosée recouvre entièrement la partie brûlée. T° : 39,0C°</p> 
J10	<p>SCORE 04 PNEUS (+) Peau nécrosée est en partie enlevée, ulcération, suintement T° : 38,8C°</p> 	<p>SCORE 04 PNEUS (+) Peau nécrosée est en partie enlevée, ulcération, suintement T° : 38,4C°</p> 	<p>SCORE 04 PNEUS (+) Peau nécrosée est en partie enlevée, ulcération, suintement T° : 38,3C°</p> 
J20	<p>SCORE 02 VCLD (+) Il reste des vestiges de la croûte, la taille de la lésion diminue.</p> 	<p>SCORE 03 CEPS (+) Tous les tissus morts(croutes) sont enlevés, plaies, suintement</p> 	<p>SCORE 03 CEPS (+) Tous les tissus morts(croutes) sont enlevés, plaies, suintement</p> 



Figure N°IV-4 : Dynamique de la cicatrisation des brûlures dans les différents groupes au fil du temps

B/ Evaluation de la brûlure :

Tableau N°IV.4 : Scores de la cicatrisation pour groupe propolis.

Lots	BGPL1	BGPL2	BGPL3	BGPL4
	Scores de la cicatrisation GP			
Moy ± écart	2,86± 1,42	2,9±1,41	2,5±1,4	2,9±1,55
2,79 ± 1,44				

BGPL : Brûlure groupe propolis L1/L2/L3/L4

Tableau N°IV.5 : Scores de la cicatrisation pour groupe sulfadiazine.

Lots	BGSDL1	BGSDL2	BGSDL3	BGSDL4
	Scores de la cicatrisation GSD			
Moy ± écart	3,79±1,10	3,85±0,99	3,75±1,07	3,44±1,5
3,70 ± 1,16				

BGSDL : Brûlure groupe sulfadiazine L1/L2/L3/L4

Tableau N°IV.6 : Scores de la cicatrisation pour groupe témoin.

Lots	BGTL1	BGTL2	BGTL3	BGTL4
	Scores de la cicatrisation GT			
Moy ± écart	3,75±0,75	3,87±0,69	3,68±0,55	3,69±0,74
	3,74 ± 0,68			

BGTL : Brûlure groupe témoin L1/L2/L3/L4

Les résultats présentés dans les tableaux **IV.4**, **IV.5**, **IV.6** ainsi que dans la figure **IV.1** illustrent l'évolution des scores de cicatrisation permet d'évaluer l'efficacité comparative des traitements appliqués aux brûlures chez les lapins. Le score maximal (**5**) représente une brûlure récente, tandis que le score minimal (**0**) reflète une cicatrisation complète.

✚ Jour 1 (J1)

À J1, tous les groupes **propolis**, **sulfadiazine** et **témoin** présentaient un score de **5**, correspondant à des brûlures fraîches et non encore cicatrisées. Cette uniformité confirme que les lésions initiales étaient comparables entre les groupes.

✚ Jour 10 (J10)

À ce stade, le score est descendu à **4** dans tous les groupes, indiquant un début de cicatrisation. Aucune différence significative n'a encore été observée entre les traitements, suggérant une évolution parallèle durant la phase inflammatoire.

✚ Jour 20 (J20)

Des différences commencent à apparaître :

- Le **groupe Propolis** atteint un score moyen de **2**, traduisant une réduction importante de la surface de la plaie et une progression rapide de la réparation cutanée.
- Les **groupes Sulfadiazine et Témoin** conservent un score de **3**, indiquant une cicatrisation plus lente.

Ce constat est appuyé par le score moyen cumulé du groupe Propolis, qui est de **2,79 ± 1,44**, nettement inférieur à ceux des autres groupes. Cela confirme la performance supérieure de la propolis dès cette phase intermédiaire.

✚ Jour 30 (J30)

- Le **groupe Propolis** atteint un score de **0**, indiquant une cicatrisation complète chez tous les animaux. Il convient de noter que cette guérison totale était déjà visible dès **J25** dans la majorité des cas.

- **Le groupe Sulfadiazine** présente encore un score moyen de **2,5**, témoignant d'une cicatrisation **incomplète**.
- **Le groupe Témoin** reste à un score moyen de **2**, signalant la **progression la plus lente** de la guérison.

Ces résultats sont confirmés par les scores moyens de cicatrisation cumulés sur l'ensemble de la période : **$2,79 \pm 1,44$** pour le groupe propolis, contre **$3,70 \pm 1,16$** pour le groupe sulfadiazine et **$3,74 \pm 0,68$** pour le groupe témoin. Ces valeurs traduisent clairement une efficacité supérieure de la propolis, qui favorise une cicatrisation cutanée plus rapide et plus complète par rapport aux autres traitements évalués.

CHAPITRE V

Discussion

Les brûlures profondes, allant du deuxième degré profond au troisième degré, représentent des lésions cutanées sévères caractérisées par une destruction partielle à totale des différentes couches de la peau. Les brûlures du deuxième degré profond affectent l'épiderme ainsi qu'une grande partie du derme, tandis que celles du troisième degré entraînent une nécrose complète des tissus cutanés, souvent accompagnée d'une perte de sensibilité au niveau de la zone touchée. La cicatrisation de ce type de brûlures est particulièrement complexe et requiert une prise en charge thérapeutique lourde, visant à restaurer l'intégrité cutanée tout en prévenant les complications, notamment d'ordre infectieux.

La propolis, une résine naturelle produite par les abeilles à partir des exsudats végétaux, a démontré des propriétés prometteuses dans le cadre de la régénération tissulaire, notamment dans le traitement des brûlures sévères. Elle favorise la réparation des tissus endommagés en stimulant la synthèse de collagène, en induisant la néoangiogenèse et en modulant la réponse immunitaire. Ces effets contribuent à limiter l'inflammation excessive, réduire les risques d'infection et accélérer le processus de cicatrisation. La présente étude vise à évaluer ces propriétés à travers des approches *in vitro* et *in vivo*, dans le but de mieux cerner le potentiel thérapeutique de la propolis dans le traitement des brûlures profondes.

V.1. Partie *in vitro* :

V.1.1. Activité antimicrobienne de la propolis :

Les résultats obtenus montrent que les zones d'inhibition de la propolis *contre Staphylococcus aureus* varient significativement selon les échantillons. L'échantillon P1 présente une zone d'inhibition moyenne de **7,39 ± 0,79 mm**, tandis que l'échantillon P2 affiche une zone nettement plus large de **19,35 ± 2,29 mm**. L'échantillon P3, quant à lui, présente une zone d'inhibition de **8,13 ± 0,69 mm**. Ces résultats suggèrent que *S. aureus* est faiblement sensible aux échantillons P1 et P3, alors qu'il se montre sensible à l'échantillon P2, qui révèle une forte activité antibactérienne marquée contre *S. aureus*. Ces différences peuvent être attribuées à des variations dans la composition chimique des échantillons, notamment la teneur en flavonoïdes, acides phénoliques et autres composés bioactifs, qui influencent l'efficacité antibactérienne.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Daraghmeh et Imtara (2020), qui ont étudié l'activité antibactérienne de différents échantillons de propolis récoltés dans plusieurs régions de Palestine. Ils ont observé une zone d'inhibition de **29,6 ± 0,78 mm** contre

Staphylococcus aureus pour l'échantillon S6, tandis que l'échantillon S10 présentait une zone d'inhibition plus faible, de **14 ± 0,45 mm**. Par ailleurs, Sarkez. (2014) a montré que l'extrait éthanolique de propolis libyenne, à une concentration de 40 mg/200 µl, induisait une zone d'inhibition **de 19,73 mm** contre *S. aureus*, confirmant ainsi l'efficacité antibactérienne de cette propolis.

Selon Dégi (2022), l'activité antimicrobienne de la propolis est principalement attribuée à sa composition chimique riche en composés phénoliques et flavonoïdes, tels que la quercétine, l'artepilline C et le kaempférol. Ces substances ont démontré une efficacité remarquable contre *Staphylococcus aureus*, une bactérie fréquemment impliquée dans les infections cutanées.

El-Guendouz et *al.* (2018) ont montré que la propolis marocaine exerce une activité antibactérienne importante contre *S. aureus* et le MRSA (souche résistante à la méthicilline), sans induire de résistance bactérienne après une exposition répétée. En outre, ils ont observé une forte activité antibiofilm, ce qui est particulièrement pertinent dans le contexte des infections cutanées chroniques, où les biofilms jouent un rôle clé dans la persistance de l'infection et la résistance aux traitements conventionnels.

Zhang et *al.* (2022) ont rapporté que l'extrait de propolis rouge chinoise (RPE) agit en perturbant la paroi et la membrane cellulaires des bactéries, inhibant ainsi leur croissance. Leur analyse métabolomique a révélé des altérations significatives du métabolisme bactérien, suggérant un mécanisme d'action complexe et multi-cibles.

Ces données mettent en évidence le potentiel thérapeutique de la propolis, notamment dans le traitement des infections cutanées fréquemment associées à *Staphylococcus aureus*, y compris ses souches résistantes. Par son action sur la désorganisation des structures cellulaires bactériennes, l'inhibition des voies métaboliques essentielles et la prévention de la formation de biofilms, la propolis apparaît comme une alternative naturelle efficace, particulièrement adaptée à une utilisation topique. De plus, sa faible propension à induire une résistance renforce son intérêt pour la prise en charge des brûlures du deuxième degré profond et du troisième degré. La propolis utilisée dans notre étude partage ces propriétés thérapeutiques avec les échantillons précédemment décrits, consolidant ainsi sa valeur en tant qu'agent antimicrobien naturel.

V.2. Partie in vivo :**1- Température corporelle du lapin post brûlé :**

Selon Will (2024), la température rectale normale chez le lapin se situe entre 38,5 °C et 40 °C. Ces valeurs sont cohérentes avec nos résultats présentés dans le tableau IV-3, qui montrent une température corporelle moyenne relativement stable au sein des trois groupes expérimentaux : $38,57 \pm 0,37$ °C pour le groupe Propolis, $38,48 \pm 0,19$ °C pour le groupe Sulfadiazine et $38,45 \pm 0,22$ °C pour le groupe témoin.

D'après Paciello (2020), cette stabilité thermique chez le lapin est assurée par un système physiologique de régulation complexe, permettant de maintenir une température corporelle constante malgré les variations de l'environnement. Cet équilibre thermique, essentiel au bon fonctionnement métabolique, résulte d'un ajustement entre les mécanismes de production de chaleur (thermogenèse) et ceux de dissipation (thermolyse).

Dans notre étude, la constance des valeurs de température corporelle observée dans l'ensemble des groupes expérimentaux traduit une réponse physiologique stable, tant face aux traitements administrés qu'à l'agression thermique induite. Cette stabilité témoigne d'une bonne tolérance des animaux aux différentes conditions expérimentales.

2- Paramètres macroscopiques d'évaluation des brûlures :**A/ Vitesse de la contraction de la zone de brûlure :**

Les résultats présentés dans le tableau IV.3 montrent que le groupe traité avec une pommade à base de propolis a atteint une cicatrisation complète d'une brûlure initiale de 8,55 cm² en 25 à 26 jours. En comparaison, les brûlures du groupe ayant reçu un traitement à base de sulfadiazine d'argent ont nécessité environ 33 jours, sans parvenir à une cicatrisation totale, avec un taux de contraction de 84,5 %. Quant au groupe témoin, aucune rétraction complète de la brûlure n'a été observée après 33 jours, malgré un taux de contraction de 88,30 %.

La surface initiale de la brûlure était de 8,55 cm². Toutefois, une augmentation de cette surface a été observée au cours des premières phases de l'évolution de la brûlure (voir annexe). Cette expansion peut être expliquée par deux mécanismes physiopathologiques. Selon Hamdi (2021), l'élargissement initial de la plaie est attribuable, d'une part, à l'élasticité naturelle de la peau, qui tend à se rétracter après une agression, exposant ainsi une plus grande surface de tissu endommagé. D'autre part, la tension mécanique intrinsèque des tissus cutanés environnants contribue également à l'ouverture et à l'étirement de la zone lésée.

Dans notre étude, les brûlures chez les animaux traités à la propolis ont cicatrisé plus rapidement que celles observées dans les groupes recevant de la sulfadiazine ou non traités.

Le retard de cicatrisation constaté chez ces derniers pourrait être lié à une réépithérialisation plus lente et à une contraction tissulaire moins efficace, deux processus clés dans la fermeture et la régénération des plaies cutanées.

Ces observations sont appuyées par de nombreuses études mettant en lumière les effets bénéfiques de la propolis dans la cicatrisation des brûlures. Jastrzębska-Stojko et *al.* (2013) ont montré qu'un baume associant propolis et miel, appliqué à des concentrations de 1 % et 3 %, favorisait la cicatrisation de manière dose-dépendante, en stimulant la formation de collagène, avec une efficacité supérieure à celle du traitement standard à base de sulfadiazine d'argent. Dans une étude clinique, Gregory et *al.* (2002) ont rapporté que la propolis brésilienne permettait de réduire plus rapidement l'inflammation et d'accélérer la cicatrisation des brûlures superficielles du second degré chez l'humain.

En médecine vétérinaire également, l'efficacité de la propolis a été confirmée. Kalil et *al.* (2019) ont observé, chez des moutons, une réduction du temps de cicatrisation, une repousse plus rapide des poils et un effet antibactérien remarquable après traitement chirurgical. De même, Abu-Seida (2015) a mis en évidence une diminution significative de la surface des zones lésées et une accélération de la réépithérialisation chez le chien.

Plus récemment, El-Kersh et *al.* (2024), à travers une étude *in vivo* chez la souris, ont démontré que la propolis réduisait efficacement la taille des plaies et favorisait la cicatrisation, sans provoquer d'effets indésirables cutanés. En complément, Manginstar et *al.* (2024) ont mis en avant, dans une revue récente, les mécanismes biologiques sous-jacents à cette action. La propolis exerce des effets antimicrobiens, antioxydants et anti-inflammatoires, tout en stimulant la prolifération cellulaire, la néoangiogenèse et la synthèse de collagène, contribuant ainsi à la régénération et au remodelage des tissus.

Par ailleurs, Akpinar et Özdemir (2023), dans un modèle expérimental chez le rat, ont observé une amélioration significative de l'épithérialisation ainsi qu'une réduction de la surface des pertes de substance chez les animaux traités à la propolis, comparativement aux groupes témoins. Ces effets bénéfiques sont en grande partie attribués à la richesse de la propolis en flavonoïdes, dont les propriétés cicatrisantes sont bien documentées. En effet, les flavonoïdes moduleraient plusieurs voies biologiques clés, notamment TGF- β 1, VEGF, NF- κ B, MAPK/ERK et PI3K/Akt, favorisant ainsi l'angiogenèse, la réépithérialisation et la régénération tissulaire (Carvalho et *al.*, 2021).

Ces données expérimentales et cliniques confirment l'intérêt thérapeutique de la propolis dans le traitement des brûlures, grâce à ses multiples mécanismes d'action qui favorisent une cicatrisation rapide, efficace et de qualité.

B/ Evaluation de la brûlure :

Selon Yang et *al.* (2022), la propolis possède une large gamme d'activités biologiques, notamment d'excellentes propriétés anti-inflammatoires et bactéricides. Elle est particulièrement reconnue pour son efficacité dans le traitement des plaies infectées, des plaies aiguës, des brûlures, des ébouillantements, ainsi que pour sa capacité à favoriser la cicatrisation.

Les résultats du Tableau IV.4, IV.5, IV.6 et la figure IV.1 évaluant les scores moyens de la cicatrisation cumulés sont à $(2.79 \pm 1,44)$ pour le groupe traité à la propolis, suivis par le groupe traité à la sulfadiazine $(3,70 \pm 1,16)$ et enfin le groupe témoin $(3,74 \pm 0,68)$. Ces résultats suggèrent une meilleure cicatrisation cutanée plus rapide et de meilleure qualité chez les lapins traités à la propolis par rapport aux autres groupes.

La propolis contribue activement à la cicatrisation des plaies cutanées en facilitant le développement du tissu de granulation, en activant la régénération épithéliale et en intervenant dans la modulation du dépôt de la matrice extracellulaire (Olczyk et *al.*, 2013).

Salrian et *al.* (2022), ont conclu que le traitement des plaies et des ulcères cutanés à l'aide de la propolis et du miel favorise la contraction des plaies ainsi qu'une meilleure qualité de cicatrisation, notamment par une augmentation du nombre de fibroblastes et de l'angiogenèse.

Il a été constaté que l'application quotidienne de la sulfadiazine sur les brûlures pendant 33 jours n'a pas permis d'atteindre une cicatrisation complète. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Sene et *al.* (2020), selon lesquels l'absence de cicatrisation après quatre semaines de traitement à la sulfadiazine suggère que la brûlure expérimentale induite correspond au minimum à une brûlure de second degré profond.

Une autre différence notable concerne la repousse des poils. Celle-ci est apparue de manière plus précoce chez les animaux traités à la propolis, comparativement aux groupes recevant de la sulfadiazine argentique ou non traités. Ce phénomène traduit une récupération cutanée plus rapide et plus complète. Ainsi, la propolis ne se limite pas à accélérer la régénération tissulaire, mais semble également en améliorer la qualité, y compris sur le plan macroscopique.

Notre étude met en évidence l'efficacité de la propolis en tant qu'agent thérapeutique dans la prise en charge des brûlures. Les résultats montrent que les brûlures traitées avec la propolis cicatrisent de manière plus rapide et plus complète comparativement à celles traitées à la sulfadiazine argentique ou laissées sans traitement. Ces données confirment l'efficacité supérieure de la propolis, qui favorise une régénération cutanée plus rapide, de meilleure qualité et visuellement plus satisfaisante.

Conclusion

Les résultats obtenus à la suite de cette étude confirment l'intérêt thérapeutique de la propolis algérienne, tant sur le plan in vitro qu'in vivo.

In vitro, bien que la sulfadiazine ait présenté une activité antibactérienne supérieure contre *Staphylococcus aureus*, l'échantillon P2 de propolis a révélé un pouvoir inhibiteur non négligeable ($19,35 \pm 2,29$ mm), classant ce dernier comme un candidat potentiel dans la lutte contre les infections bactériennes cutanées. Cette activité antibactérienne variable entre les échantillons pourrait être liée à des différences dans la composition chimique, reflétant la diversité botanique de la région de collecte.

In vivo, l'application topique de la propolis a montré une efficacité cicatrisante nettement supérieure à celle de la sulfadiazine argentique et du témoin non traité. Les résultats indiquent que la propolis permet une réépithérialisation plus rapide, comme en témoigne une cicatrisation complète observée dès le 25^e jour (100 % de contraction de la brûlure), contre une cicatrisation incomplète (environ 84,5 %) dans le groupe traité à la sulfadiazine au 33^e jour, et encore moins (jusqu'à 88,3 %, sans guérison complète) chez les témoins.

Les scores de cicatrisation appuient ces observations, avec un score final de 0 pour le groupe propolis (cicatrisation complète), contre 2,5 pour la sulfadiazine et 2 pour le groupe témoin au jour 30. Le score moyen cumulé sur l'ensemble de l'étude était également plus faible pour la propolis ($2,79 \pm 1,44$), comparé à la sulfadiazine ($3,70 \pm 1,16$) et au témoin ($3,74 \pm 0,68$), indiquant une meilleure dynamique de réparation tissulaire.

Ces résultats suggèrent que la propolis, en plus de ses propriétés antibactériennes modérées, possède des capacités cicatrisantes remarquables, en favorisant une régénération cutanée rapide et complète, sans altérer l'homéostasie thermique des animaux. Ainsi, la propolis algérienne se positionne comme une alternative naturelle prometteuse pour le traitement des brûlures superficielles, notamment dans un contexte de résistance croissante aux antibiotiques conventionnels.

Recommandations et perspectives

Recommendations

- Encourager l'utilisation de la propolis algérienne comme traitement topique alternatif pour les brûlures superficielles en médecine vétérinaire et humaine ;
- Standardiser les méthodes d'extraction et de formulation de la propolis afin de garantir une efficacité constante ;
- Promouvoir des études complémentaires sur les mécanismes d'action de la propolis dans le processus de cicatrisation ;
- Comparer la propolis à d'autres substances naturelles reconnues pour leurs propriétés thérapeutiques afin d'établir des références ;
- Intégrer l'usage de la propolis dans les protocoles de soins post-opératoires ou post-traumatiques chez les animaux de laboratoire ou de compagnie ;
- Former les médecins et les praticiens vétérinaires à l'emploi de produits naturels, notamment la propolis, dans un cadre scientifique ;
- Encourager la collaboration entre apiculteurs et chercheurs pour une valorisation locale de la propolis selon son origine botanique.

Perspectives

- Explorer l'effet cicatrisant de la propolis sur d'autres types de plaies, notamment les ulcères et les plaies chirurgicales ;
- Étendre l'étude à d'autres espèces animales afin d'évaluer l'universalité des effets observés ;
- Identifier et isoler les composés actifs responsables de l'effet thérapeutique afin de développer des formulations purifiées ;
- Étudier la synergie entre la propolis et d'autres substances naturelles ou médicamenteuses pour renforcer son efficacité,
- Réaliser des essais cliniques chez l'homme, notamment dans les contextes de brûlures légères à modérées ;
- Développer des dispositifs médicaux (crèmes, pansements imprégnés) intégrant la propolis pour une utilisation vétérinaire ou humaine ;
- Évaluer les effets à long terme de l'utilisation répétée de la propolis sur la peau et la régénération tissulaire ;
- Valoriser la propolis algérienne dans un cadre industriel.

Références bibliographiques

1. Abadie, S. (2018). Caractérisation d'un explant de peau humaine par microscopie 3D et application à la dermo-cosmétique (Doctoral dissertation, Université Paul Sabatier-Toulouse III).
2. Abdellatif, Boudra. (2019). Etude d'une greffe osseuse traitée couverte par la propolis chez les petits animaux (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
3. Abraham, J., & Mathew, S. (2019). Merkel cells: a collective review of current concepts. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 9(1), 9-13.
4. Abu-Seida, A. M. (2015). Effect of propolis on experimental cutaneous wound healing in dogs. *Veterinary medicine international*, 2015(1), 672643.
5. Adhya, A., Bain, J., Ray, O., Hazra, A., Adhikari, S., Dutta, G., ... & Majumdar, B. K. (2014). Healing of burn wounds by topical treatment: A randomized controlled comparison between silver sulfadiazine and nano-crystalline silver. *Journal of basic and clinical pharmacy*, 6(1), 29.
6. Adjobo, L. C. (2023). Amélioration du diagnostic du cancer de la peau par classification des images de dermoscopie à l'aide de techniques d'intelligence artificielle (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté ; Université d'Abomey-Calavi (Bénin)).
7. Afata, T. N., & Dekebo, A. (2023). Chemical composition and antimicrobial effect of western Ethiopian propolis. *Chemistry & Biodiversity*, 20(2), e202200922.
8. Akpinar, A., & Özdemir, H. (2023). EFFECT OF PROPOLIS ON WOUND HEALING: A CLINICAL AND HISTOMORPHOMETRIC STUDY IN RATS. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 7(2), 81-88.
9. Ambagaspitiya, S. S., Appuhamillage, G. A., & Wimalawansa, S. J. (2025). Impact of Vitamin D on Skin Aging, and Age-Related Dermatological Conditions. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 30(1), 25463.
10. Anjum, S.I., Ullah, A., Khan, K.A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M.A., Tahir, M., Ansari, M.J., Ghramh, H.A., Adgaba, N., Dash, C.K., 2019. Composition and functional properties of propolis (bee glue): a review. *Saudi J. Biol. Sci.* 26, 1695–1703.
11. Arda, O., Göksügür, N., & Tüzün, Y. (2014). Basic histological structure and functions of facial skin. *Clinics in dermatology*, 32(1), 3-13.
12. Asfaram, S., Fakhar, M., Keighobadi, M., & Akhtari, J. (2021). Promising anti-protozoan activities of propolis (bee glue) as natural product: A review. *Acta Parasitologica*, 66, 1-12
13. Ashrafi, M., Baguneid, M., & Bayat, A. (2016). The role of neuromediators and innervation in cutaneous wound healing. *Acta dermato-venereologica*, 96(5).

14. Attah, M. O., Jacks, T. W., Jacob, A., Eduitem, O., & John, B. (2016). The effect of aloe vera (linn) on cutaneous wound healing and wound contraction rate in adult rabbits. *Nova Journal of Medical and Biological Sciences*, 5(3), 1-8.
15. Azzez, K. (2019). Caractérisation et modélisation du comportement mécanique in vivo de la peau (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
16. Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
17. Bankova, V., Trusheva, B., & Popova, M. (2021). Propolis extraction methods: A review. *Journal of Apicultural Research*, 60(5), 734-743.
18. Bargues, L., Leclerc, T., Donat, N., & Jault, P. (2009). Conséquences systémiques des brûlures étendues. *Réanimation*, 18(8), 687-693.
19. Barral SM, Araujo ID, Vidigal PVT, Mayrink CAC, Araujo AD, Costa PR. Effects of sildenafil on the viability of random skin flaps. *Acta Cir. Bras.* [Internet]. 2011; 26(4):313–319. doi: <https://doi.org/brtm5d>
20. Bava, R., Castagna, F., Lupia, C., Poerio, G., Liguori, G., Lombardi, R., ... & Palma, E. (2024). Hive Products: Composition, Pharmacological Properties, and Therapeutic Applications. *Pharmaceuticals*, 17(5), 646.
21. Blanc M. (2010) Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie : université de LIMOGES, P : 144.
22. Blicharska, N., & Seidel, V. (2019). Chemical diversity and biological activity of African propolis. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products* 109, 415-450.
23. Boudra A, Benbelkacem I, Rachid Merati R, ACHOUR H, Daouadji ID (2020). Comparison between three fixed anaesthesia protocols in rabbits, *J. Prev. Vet. Med.* 44(3): 99-103.
24. Boudra A., Benbelkacem I., AND Aissa M.A. (2020) Antibacterial activity of different ethanolic extract of algerian propolis against *Staphylococcus Aureus.*, *Bionature*, 40(1) :P 4-8.
25. Bourgeois, E., & Losser, M. R. (2012). Brûlures graves. *Urgences* 2012, 72, 1-17.
26. Braakhuis, A. (2019). Evidence on the health benefits of supplemental propolis. *Nutrients*, 11(11), 2705.
27. Braakhuis, H. M., Theunissen, P. T., Slob, W., Rorije, E., & Piersma, A. H. (2019). Testing developmental toxicity in a second species: are the differences due to species or replication error?. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 107, 104410.

28. Brigas-Dos Santos, L., Cittee, T., Le Trocquer, R., & Pain, D. (2023). Bien débuter-Plaies, cicatrisation et pansements. Elsevier Health Sciences.
29. Cardinault, N., Cayeux, M. O., & Percie du Sert, P. (2012). Propolis : Origin, composition and properties. *Phytothérapie*, 10, 298-304.
30. Carvalho, M. T., Araújo-Filho, H. G., Barreto, A. S., Quintans-Júnior, L. J., Quintans, J. S., & Barreto, R. S. (2021). Wound healing properties of flavonoids: A systematic review highlighting the mechanisms of action. *Phytomedicine*, 90, 153636.
31. Cauich-Kumul, R., & Campos, M. R. S. (2019). Bee propolis: Properties, chemical composition, applications, and potential health effects. In *Bioactive compounds* (pp. 227-243). Woodhead Publishing.
32. Chan, G. C. F., Cheung, K. W., & Sze, D. M. Y. (2013). The immunomodulatory and anticancer properties of propolis. *Clinical reviews in allergy & immunology*, 44, 262-273.
33. Conti, E. (2013). Les brûlures de la main chez l'enfant. *Chirurgie de la main*, 32, S63-S71.
34. Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Frontiers in pharmacology*, 8, 412.
35. Coulibaly, A. N. (2024). Prise en charges des brûlures graves chez les enfants dans le service de réanimation polyvalente du CHU Gabriel Touré (Doctoral dissertation, USTTB).
36. Couquet, Y., Desmoulière, A., & Rigal, M. L. (2013). Les propriétés antibactériennes et cicatrisantes du miel. *Actualités pharmaceutiques*, 52(531), 22-25.
37. Couturier, A. (2022). La voie de la PGI2 pour améliorer la cicatrisation des plaies du pied diabétique (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes [2020-....]).
38. Daraghmeh, J., & Imtara, H. (2020). In Vitro Evaluation of Palestinian Propolis as a Natural Product with Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity against Multidrug-Resistant Clinical Isolates. *Journal of Food Quality*, 2020(1), 8861395.
39. Darrigol, J. L. (2007). Apithérapie : miel, pollen, propolis, gelée royale. Dangles.
40. De Souza, A., de Almeida Cruz, M., de Araújo, T. A. T., Parisi, J. R., do Vale, G. C. A., dos Santos Jorge Sousa, K., ... & Renno, A. C. M. (2022). Fish collagen for skin wound healing: a systematic review in experimental animal studies. *Cell and Tissue Research*, 388(3), 489-502.

41. Dégi, J., Herman, V., Ignă, V., Dégi, D. M., Hulea, A., Muselin, F., & Cristina, R. T. (2022). Antibacterial activity of Romanian propolis against *Staphylococcus aureus* Isolated from dogs with superficial pyoderma: In vitro test. *Veterinary Sciences*, 9(6), 299.
42. Dekebo, A., Geba, C., Bisrat, D., Jeong, J. B., & Jung, C. (2024). Wound Healing, Anti-inflammatory and anti-oxidant activities, and chemical composition of Korean propolis from different sources. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(21), 11352.
43. Del Bino, S. (2021). Relation entre la pigmentation constitutive de la peau et la réponse aux expositions ultraviolettes (Doctoral dissertation, Sorbonne Université).
44. Démarchez, M. (2025). Biologie de la peau.
45. Dorai, A. A. (2012). Wound care with traditional, complementary and alternative medicine. *Indian Journal of plastic surgery*, 45(02), 418-424.
46. Dréno, B. (2009, October). Anatomie et physiologie de la peau et de ses annexes. In *Annales de Dermatologie et de Vénérérologie* (Vol. 136, pp. S247-S251). Elsevier Masson.
47. El Baassiri, M. G., Dosh, L., Haidar, H., Gerges, A., Baassiri, S., Leone, A., ... & Jurjus, A. (2023). Nerve growth factor and burn wound healing: Update of molecular interactions with skin cells. *Burns*, 49(5), 989-1002.
48. El-Guendouz, S., Aazza, S., Lyoussi, B., Bankova, V., Popova, M., Neto, L., ... & Miguel, M. D. G. (2018). Moroccan propolis: a natural antioxidant, antibacterial, and antibiofilm against *Staphylococcus aureus* with no induction of resistance after continuous exposure. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018(1), 9759240.
49. El-Guendouz, S., Lyoussi, B., & Miguel, M. G. (2019). Insight on propolis from mediterranean countries: Chemical composition, biological activities and application fields. *Chemistry & biodiversity*, 16(7), e1900094
50. Elisabeth, N. (2020). L'intérêt de la propolis dans la prévention bucco-dentaire : propriétés bactéricides et cariostatiques d'un produit naturel. *Revue systématique de la littérature*.
51. El-Kersh, D. M., Abou El-Ezz, R. F., Ramadan, E., & El-Kased, R. F. (2024). In vitro and in vivo burn healing study of standardized propolis: Unveiling its antibacterial, antioxidant and anti-inflammatory actions in relation to its phytochemical profiling. *Plos one*, 19(5), e0302795.
52. Essayagh, T. (2013). Épidémiologie de l'infection chez les brûlés hospitalisés à l'unité des brûlés de l'hôpital militaire d'instruction Mohamed V de Rabat.
53. Ghallab, D., Shawky, E., Mohyeldin, M., Metwally, A. M., & Ibrahim, R. S. (2025). Propolis: An update on its chemical diversity, botanical origin and biological activities. *Journal of Advanced Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 76-99.

54. Gregory, S. R., Piccolo, N., Piccolo, M. T., Piccolo, M. S., &Heggers, J. P. (2002). Comparison of propolis skin cream to silver sulfadiazine: a naturopathic alternative to antibiotics in treatment of minor burns. *The Journal of Alternative &Complementary Medicine*, 8(1), 77-83.
55. Grunwald, T. B., & Garner, W. L. (2008). Acute burns. Plastic and reconstructive surgery, 121(5), 311e-319e.
56. Hofmann, E., Schwarz, A., Fink, J., Kamolz, L. P., & Kotzbeck, P. (2023). Modelling
57. Hossain, R., Quispe, C., Khan, R. A., Saikat, A. S. M., Ray, P., Ongalbek, D., ... & Cho, W. C. (2022). Propolis: An update on its chemistry and pharmacological applications. *Chinese medicine*, 17(1), 100.
58. Jastrzębska-Stojko, Ż., Stojko, R., Rzepecka-Stojko, A., Kabała-Dzik, A., &Stojko, J. (2013). Biological activity of propolis-honey balm in the treatment of experimentally-evoked burn wounds. *Molecules*, 18(11), 14397-14413.
59. Kalil, M. A., Santos, L. M., Barral, T. D., Rodrigues, D. M., Pereira, N. P., Sá, M. D. C. A., ... & Portela, R. W. (2019). Brazilian green propolis as a therapeutic agent for the post-surgical treatment of caseous lymphadenitis in sheep. *Frontiers in veterinary science*, 6, 399.
60. Kamble, P. B., & Kshirsagar, H. S. (2023). A retrospective analysis of electrical burn injuries. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 10(12), 4677–4683.
61. Kasote, D., Bankova, V., & Viljoen, A. M. (2022). Propolis: Chemical diversity and challenges in quality control. *Phytochemistry Reviews*, 21(6), 1887-1911.
62. Khedir, S. B., Bardaa, S., Chabchoub, N., Moalla, D., Sahnoun, Z., &Rebai, T. (2017). The healing effect of Pistacia lentiscus fruit oil on laser burn. *Pharmaceutical biology*, 55(1), 1407-1414.
63. Kolayli, S. (2024). A Miracle Food Supplement Obtained from Beehives: Propolis.
64. Lafourcade, D. (2015). Prise en charge de la brûlure cutanée thermique : parcours-type du centre de traitement des brûlés jusqu'à celui de rééducation.
65. Lapp, A. (2024). Agir face à une brûlure. L'Aide-Soignante.
66. Larnac, E. (2025). Exposition à la lumière solaire et aux polluants atmosphériques : une synergie toxique pour le derme et la rétine.
67. Latarjet, J., Echinard, C., Voulliaume, D., Akkal, R., &Moutet, L. (2024). Bien débuter. Brûlures. Elsevier Health Science

68. Laverdet, B. (2016). Innervation périphérique et réparation cutanée : rôle de l'innervation dans la cicatrisation après brûlure et sur l'activité cellulaire des fibroblastes dermiques (Doctoral dissertation, Université de Limoges).
69. Laverdet, B., Girard, D., & Desmoulière, A. (2018). Physiologie de la peau, réparation cutanée et réaction stromale.
70. Le Marec C, Lurton Y. Biafine®/hydrogels : même combat ? La Revue francophone de gériatrie et de gérontologie. 2010 ;17(165) :248-251.
71. Li, H. L., Deng, Y. T., Zhang, Z. R., Fu, Q. R., Zheng, Y. H., Cao, X. M., ... & Chen, Q. X. (2017). Evaluation of effectiveness in a novel wound healing ointment-crocodile oil burn ointment. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(1), 62-72.
72. Lu, M., Zhao, J., Wang, X., Zhang, J., Shan, F., & Jiang, D. (2022). Research advances in prevention and treatment of burn wound deepening in early stage. *Frontiers in Surgery*, 9, 1015411.
73. Manginstar, C. O., Tallei, T. E., Niode, N. J., Salaki, C. L., & Hessel, S. S. (2024). Therapeutic potential of propolis in alleviating inflammatory response and promoting wound healing in skin burn. *Phytotherapy Research*, 38(2), 856-879.
74. Mărghităş, L. A., Dezmirean, D. S., & Bobiş, O. (2013). Important developments in Romanian propolis research. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 159392.
75. Markiewicz-Gospodarek, A., Kozioł, M., Tobiasz, M., Baj, J., Radzikowska-Büchner, E., & Przekora, A. (2022). Burn wound healing: clinical complications, medical care, treatment, and dressing types: the current state of knowledge for clinical practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(3), 1338.
76. Martinotti, S., & Ranzato, E. (2015). Propolis: a new frontier for wound healing? *Burns & trauma*, 3, 1-7.
77. Mizuno, S., Miyata, R., Mukaide, K., Honda, S., Sukito, A., Sahlan, M., ... & Kumazawa, S. (2022). New compound from the plant origin of propolis from Lombok, Indonesia and its antibacterial activity. *Results in Chemistry*, 4, 100276.
78. Mohamed, H. A. M. D. I. (2021). Evaluation de l'effet d'un gel à base de miel et de la sulfadiazine argentique sur les plaies diabétiques chez un animal modèle (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).

79. Mohammed, H. A., Mohammed, S. A., Khan, O., & Ali, H. M. (2022). Topical eucalyptol ointment accelerates wound healing and exerts antioxidant and anti-inflammatory effects in rats' skin burn model. *Journal of Oleo Science*, 71(12), 1777-1788.
80. Olczyk, P., Wisowski, G., Komosinska-Vassev, K., Stojko, J., Klimek, K., Olczyk, M., & Kozma, E. M. (2013). Propolis modifies collagen types I and III accumulation in the matrix of burnt tissue. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 423809.
81. Orgill, D. P. (2009). Excision and skin grafting of thermal burns. *New England Journal of Medicine*, 360(9), 893-901.
82. Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2018). Potential role of propolis in wound healing: Biological properties and therapeutic activities. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 98, 469-483.
83. Osés, S. M., Fernández-Muiño, M. A., Rodríguez-Fernández, A., Sancho, M. T., Lázaro, R., & Bayarri, S. (2024). Phenolic Composition, Antiradical, Antimicrobial, and Anti-Inflammatory Activities of Propolis Extracts from North East Spain. *Journal of Medicinal Food*.
84. Paciello, Elodie. (2020). Étude expérimentale de la prévalence de l'hypothermie chez le lapin anesthésié. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, P71.
85. Peltier, S. (2020). Modulation pharmacologique de la cicatrisation cutanée.
86. Pereira, R. F., & Bartolo, P. J. (2016). Traditional therapies for skin wound healing. *Advances in wound care*, 5(5), 208-229.
87. Pereira, Y. C. L., Issa, J. P. M., Watanabe, E., Nascimento, G. C., Iyomasa, M. M., Del Ciampo, J. O., & Ervolino, E. (2018). The therapeutic use of propolis extract in alveolar bone contaminated with bacterial endotoxin. *Dentistry*, 8(473), 2161-1122.
88. Popova, M., Trusheva, B., & Bankova, V. (2021). Chemistry and Applications of Propolis. In *Gums, Resins and Latexes of Plant Origin: Chemistry, Biological Activities and Uses* (pp. 1-33). Cham : Springer International Publishing.
89. Potier, F. (2014). La propolis, propriétés et intérêt thérapeutique (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
90. Przybyłek, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24(11), 2047.

91. R., Li, J., Liu, S., Guo, X., Lu, J., Wang, T., ... & Ji, S. (2025). A scATAC-seq atlas of stasis zone in rat skin burn injury wound process. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 12, 1519926.
92. Rojczyk, E., Klama-Baryła, A., Łabuś, W., Wilemska-Kucharzewska, K., & Kucharzewski, M. (2020). Historical and modern research on propolis and its application in wound healing and other fields of medicine and contributions by Polish studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 262, 113159.
93. Rowan, M. P., Cancio, L. C., Elster, E. A., Burmeister, D. M., Rose, L. F., Natesan, S., ... & Chung, K. K. (2015). Burn wound healing and treatment: review and advancements. *Critical care*, 19, 1-12.
94. Salhi, N. (2022). Étude ethnopharmacologique des plantes médicinales marocaines utilisées dans le traitement des brûlures cutanées et évaluation du potentiel cicatrisant et dermoprotecteur de PINUS HALEPENSIS et de CYNARA HUMILIS.
95. Salrian, A. A., Behzadi, A., Oloumi, M. M., FarajliAbbasi, M., Delshad, S., & Moghadaszadeh, M. (2022). Amplification of wound healing by propolis and honey ointment in healthy and diabetic rat models; histopathological and morphometric findings. *Archives of Razi Institute*, 77(5), 1673.
96. Santos, L. M., Fonseca, M. S., Sokolonski, A. R., Deegan, K. R., Araújo, R. P., Umsza-Guez, M. A., ... & Machado, B. A. (2020). Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4), 1369-1382.
97. Sarkez, N. H. (2014). Antimicrobial properties of Libyan propolis against *Staphylococcus aureus*. *Libyan Journal of Medical Research*, 8(1), 50-55.
98. Savina, Y. (2019). Iontophorèse d'un analogue de la prostacycline pour améliorer la cicatrisation des ulcères liés à une dysfonction microvasculaire cutanée (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes).
99. Sene, M., Barboza, F. S., Top, B., Ndiaye, M., Sarr, A., Fall, A. D., & Sy, G. Y. (2020). Activité cicatrisante de l'extrait aqueux des feuilles de *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(3), 674-684.
100. Sforcin J.M and Bankova V. (2011) Propolis: is there a potential for the development of new drugs? *J. Ethanopharmacol*, 133, 253-260.
101. Sforcin, J. M. (2016). Biological properties and therapeutic applications of propolis. *Phytotherapy research*, 30(6), 894-905.

102. Shehan, H., & Peter, D. (2004). ABC of burns: Pathophysiology and types of burns. *BMJ*, 328(7453), 1427-9.
103. Shpichka, A., Butnaru, D., Bezrukov, E. A., Sukhanov, R. B., Atala, A., Burdukovskii, V., ... & Timashev, P. (2019). Skin tissue regeneration for burn injury. *Stem cell research & therapy*, 10, 1-16.
104. Siheri, W., Alenezi, S., Tusiimire, J., & Watson, D. G. (2017). The chemical and biological propertie of propolis. Bee products-chemical and biologicalproperties, 137-178.
105. Silva-Carvalho, R., Baltazar, F., & Almeida-Aguiar, C. (2015). Propolis: a complex natural product with a plethora of biological activities that can be explored for drug development. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 206439.
106. Simone-Finstrom, M., Borba, R. S., Wilson, M., & Spivak, M. (2017). Propolis counteracts some threats to honey bee health. *Insects*, 8(2), 46.
107. Slominski, A. T., Slominski, R. M., Raman, C., Chen, J. Y., Athar, M., & Elmets, C. (2022). Neuroendocrine signaling in the skin with a special focus on the epidermal neuropeptides. *American Journal of Physiology-CellPhysiology*, 323(6), C1757-C1776.
108. Soltani, E., Mokhnache, K., & Charef, N. (2020). Polyphenol Contents and Antioxidant Activity of Ethanolic and Aqueous Algerian Propolis Extracts (Region of Serdj el ghoul). *J. Drug Deliv. Ther*, 10, 1-4.
109. Tadili, M. A. (2016). Brûlures graves de l'adulte à la phase aiguë : étude épidémiologique et attitudes thérapeutiques pratiques. Thèse de doctorat en médecine. Université Cadi Ayyad Marrakech.
110. Toreti, V. C., Sato, H. H., Pastore, G. M., & Park, Y. K. (2013). Recent progress of propolis for its biological and chemical compositions and its botanical origin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1), 697390.
111. Twarog, C. (2017). Particules Janus pour des applications industrielles : stabilités et incorporation de principes actifs. Université de Lorraine, Faculté de pharmacie.
112. Valenzuela-Barra, G., Castro, C., Figueroa, C., Barriga, A., Silva, X., de Las Heras, B., ... & Delporte, C. (2015). Anti-inflammatory activity and phenolic profile of propolis from two locations in RegiónMetropolitana de Santiago, Chile. *Journal of ethnopharmacology*, 168, 37-44
113. Van Boeckel, V. I. R. G. I. N. I. E., MISZEWSKA, C., VRANCKEN, K., Nizet, C., & MARTIN, F. (2024).

114. Vo, V., Haidari, H., Cowin, A. J., Wagstaff, M., Dearman, B., & Kopecki, Z. (2025). Dermal Substitutes for Clinical Management of Severe Burn Injuries: Current and Future Perspectives. *Advanced Therapeutics*, 8(3), 2400455.
115. Waghmare, C. M. (2013). Radiation burn—from mechanism to management. *Burns*, 39(2), 212-219.
116. Will, C. (2024). Hypothermie, hyperthermie et syndrome fébrile chez le lapin. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire canine & féline*, 21(87), 14-21.
117. Williams, F. N., Herndon, D. N., Suman, O. E., Lee, J. O., Norbury, W. B., Branski, L. K., ... & Jeschke, M. G. (2011). Changes in cardiac physiology after severe burn injury. *Journal of burn care & research*, 32(2), 269-274.
118. Wurtz A., Hysi I., Kipnis E., Fayoux P., CopinO M.C., Zawdzki C., Jasharir., Hubert T., Ung A., Ramon P and Jude B. (2015) La transplantation trachéale sans immunosuppression. Etude expérimentale sur modèle lagomorphe Tracheal transplantation without immunosuppressive therapy in a rabbit modele. E-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie.14(2) : P119-128.
119. Y - THES AU - Mohamed, Azhar PY - 2014/05/28SP - T1 - LES ACCIDENTS DE LA VIE COURANTE CHEZ L'ENFANT AU CHU A. Le DANTEC DE DAKAR : A PROPOS DE 201 CAS.VL - DO - 10.13140/RG.2.1.2329.6726ER -
120. Yang, J., Pi, A., Yan, L., Li, J., Nan, S., Zhang, J., & Hao, Y. (2022). Research progress on therapeutic effect and mechanism of propolis on wound healing. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022(1), 5798941.
121. Yurt, B. (2023). Effect of hydrogen-enriched solvents on the extraction of phytochemicals in propolis. *ACS omega*, 8(15), 14264-14270.
122. Zeroual, M. A. (2019). Critères de gravité des brûlures, expérience de l'hôpital militaire Avicenne, Marrakech.
123. Zhang, A., Chen, X., Hussain, S. A., Mayudh Alrubie, T., Maddu, N., & Zhang, Q. (2025). Anesthetic wound dressing loaded with propolis and bupivacaine for managing post-operative pain and wound healing. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 40(3), 229-247.
124. Zhang, W., Margarita, G. E., Wu, D., Yuan, W., Yan, S., Qi, S., ... & Wu, L. (2022). Antibacterial activity of Chinese red propolis against *Staphylococcus aureus* and MRSA. *Molecules*, 27(5), 1693.
125. Zulhendri, F., Chandrasekaran, K., Kowacz, M., Ravalia, M., Kripal, K., Fearnley, J., & Perera, C. O. (2021). Antiviral, antibacterial, antifungal, and antiparasitic properties of propolis: A review. *Foods*, 10(6), 1360.

Références bibliographiques

126. Zulkiflee, N., Taha, H., & Usman, A. (2022). Propolis: Its role and efficacy in human health and diseases. *Molecules*, 27(18), 6120
127. Żwierelło, W., Piorun, K., Skórka-Majewicz, M., Maruszewska, A., Antoniewski, J., & Gutowska, I. (2023). Burns: classification, pathophysiology, and treatment: a review. *International journal of molecular sciences*, 24(4), 3749.

Annexes

1/Evaluation de la température

Jours Lapins	GROUPE PROPOLIS			
	BGPL1	BGPL2	BGPL3	BGPL4
J1	39,5C°	39,6C°	39,3C°	39,1C°
J2	39,5C°	39,4C°	39,1C°	39C°
J3	38,9C°	38,7C°	38,8C°	38,6C°
J4	38,5C°	38,4C°	38,8C°	38,7C°
J5	38,6C°	38,4C°	38,7C°	38,8C°
J6	38,4C°	38,5C°	38,8C°	38,6C°
J7	38,4C°	38,3C°	38,7C°	38,4C°
J8	38,5C°	38,3C°	38,6C°	38,4C°
J9	38,2C°	38,1C°	38,2C°	38C°
J10	38,5C°	38,4C°	38,6C°	38,2C°
J11	38,8C°	38,4C°	38,5C°	38,4C°
J12	38,5C°	38,2C°	38,6C°	38,7C°
J13	38,5C°	38,3C°	38,5C°	38,2C°
J14	38,6C°	38,4C°	38,2C°	38,1C°
J15	38,4C°	38,2C°	38,3C°	38C°

Jours Lapins \	Groupe sulfadiazine			
	BGSDL1	BGSDL2	BGSDL3	BGSDL4
J1	38,9C°	38,5C°	38,8C°	38,6C°
J2	38,8C°	38,6C°	38,5C°	38,7C°
J3	38,4C°	38,5C°	38,4C°	38,3C°
J4	38,6C°	38,6C°	38C°	38,2C°
J5	38,8C°	38,5C°	38,3C°	38,4C°
J6	38,7C°	38,6C°	38,5C°	38,3C°
J7	38,7C°	38,3C°	38C°	38,2C°
J8	38,6C°	38,5C°	38,6C°	38,4C°
J9	38,7C°	38,6C°	38,4C°	38,4C°
J10	38,5C°	38,4C°	38,9C°	38,5C°
J11	38,5C°	38,2C°	38,5C°	38,5C°
J12	38,6C°	38,4C°	38 ,4C°	38,5C°
J13	38,7C°	38,5C°	38,5C°	38,4C°
J14	38,3C°	38,5C°	38,2C°	38C°
J15	38,6C°	38C°	38C°	38,3C°

Jours Lapins	Groupe témoin			
	BGTL1	BGTL2	BGTL3	BGTL4
J1	39,1C°	39C°	38,9C°	38,7C°
J2	38,6C°	38,5C°	38,7C°	38,4C°
J3	38,5C°	38,5C°	38,7C°	38,4C°
J4	38,2C°	38C°	38,5C°	38,4C°
J5	38,8C°	38,7C°	38,3C°	38,1C°
J6	38,5C°	38,3C°	38,4C°	38,4C°
J7	38,3C°	38,4C°	38,5C°	38,4C°
J8	38,5C°	38,1C°	38,1C°	38,3C°
J9	38,6C°	38,4C°	38,7C°	38,7C°
J10	38,5C°	38,5C°	38,4C°	38,1C°
J11	38,6C°	38,3C°	38,7C°	38,6C°
J12	38,5C°	38,3C°	38 ,1C°	38,2C°
J13	38,5C°	38,5C°	38,2C°	38,3C°
J14	38,5C°	38,3C°	38,4C°	38,4C°
J15	38,4C°	38,4C°	38,4C°	38,5C°

2/ Evaluation des scores de brûlures

Jours Lapins	GROUPE PROPOLIS			
	BGPL1	BGPL2	BGPL3	BGPL4
J1	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J2	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J3	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J4	SOCRE 04 PNEUS (+)	SOCRE 04 PNEUS (+)	SOCRE 04 PNEUS (+)	SOCRE 05 PNREB (+)
J5	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J6	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)
J7	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J8	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J9	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J10	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J11	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)

J12	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J13	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J14	SCORE 3,5 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J15	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J16	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J17	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J18	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J19	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J20	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J21	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J22	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)
J23	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)
J24	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)
J25	SCORE 0 CT (+)	SCORE 0 CT (+)	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)

J26	SCORE 0 CT (+)	SCORE 0 CT (+)	SCORE 0 CT (+)	SCORE 0 CT (+)
------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Jours Lapins	GROUPE Sulfadiazine			
	BGSDL1	BGSDL2	BGSDL3	BGSDL4
J1	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J2	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J3	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J4	SOCRE 05 PNREB (+)	SOCRE 05 PNREB (+)	SOCRE 05 PNREB (+)	SOCRE 05 PNREB (+)
J5	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J6	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)
J7	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)
J8	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 4,5 PNEUS (+)
J9	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J10	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J11	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)

J12	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J13	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J14	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J15	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J16	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J17	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J18	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J19	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J20	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J21	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J22	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J23	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J24	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J25	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)

J26	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J27	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J28	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)
J29	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 1,5 CPA (+)
J30	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)	SCORE 1,5 CPA (+)
J31	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)
J32	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)
J33	SCORE 01 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 1,5 CPA (+)	SCORE 01 CPA (+)

Jours Lapins	GROUPE témoin			
	BGTL1	BGTL2	BGTL3	BGTL4
J1	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J2	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J3	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 05 PNREB (+)
J4	SOCRE 05 PNREB (+)	SOCRE 05 PNREB (+)	SOCRE 04 PNEUS (+)	SOCRE 04 PNEUS (+)
J5	SCORE 05 PNREB (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J6	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J7	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J8	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J9	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J10	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J11	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)

J12	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J13	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J14	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J15	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J16	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)	SCORE 04 PNEUS (+)
J17	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J18	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J19	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)
J20	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J21	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J22	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J23	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3,5 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J24	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)

J25	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J26	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 3 CEPS (+)
J27	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J28	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 03 CEPS (+)
J29	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J30	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J31	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J32	SCORE 03 CEPS (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)
J33	SCORE 03 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 2,5 VCLD (+)	SCORE 02 VCLD (+)

*

PNREB : peau nécrosée recouvre entièrement la partie brûlée.

PNEUS : peau nécrosée est en partie enlevée, ulcération, suintement

CEPS : tous les tissus morts(croutes) sont enlevés, plaies, suintement

VCLD : il reste des vestiges de la croûte, la taille de la lésion diminue.

CPA : la cicatrisation des tissus est presque achevée.

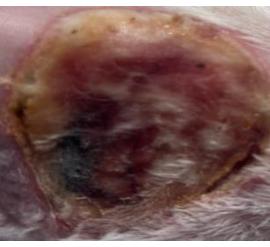
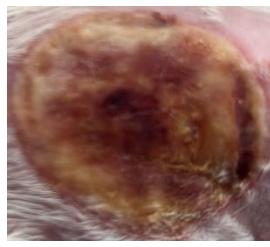
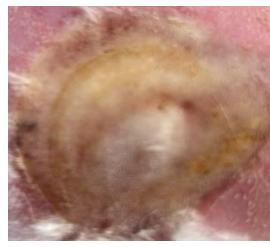
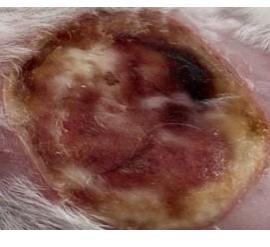
CT : la cicatrisation est totale, la réparation est achevée.

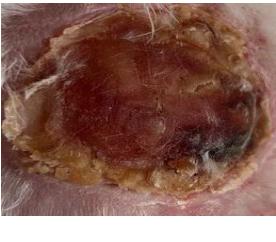
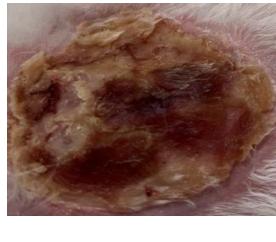
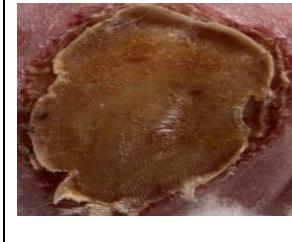
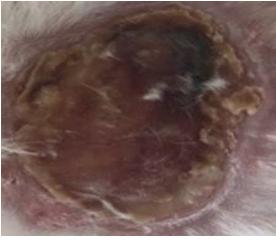
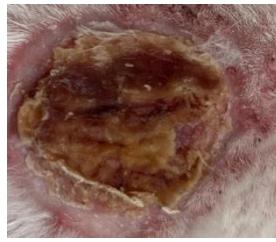
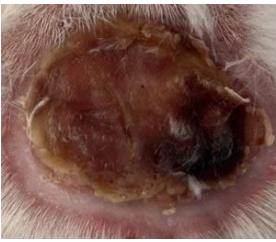
3 / Etendue de la contraction des brûlures

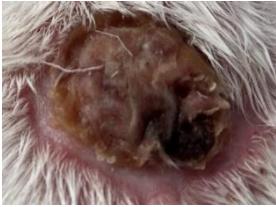
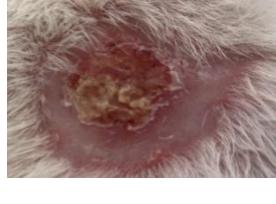
Jours	TIB	Groupe propolis							
		TIDS				Pourcentage (%)			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
J1	8,55	10,23	10,17	8,44	9,43	-19,64%	-18,94%	1,28%	-10,3
J2	8,55	11,81	11,11	10,55	9,56	-38,12%	-29,94%	-23,4%	-11,81%
J3	8,55	12,89	12,6	10,95	9,73	-50,8%	-47,36%	-28%	-13,8%
J4	8,55	12,80	13,84	10,78	10,71	-49,7%	-61,87%	-26%	-25,5%
J5	8,55	12,68	13,36	10,54	10,20	-48,3%	-56,25%	-23,3%	-19,3%
J6	8,55	12,65	12,4	10,22	9,92	-47,95%	-45%	-19,53%	-16,02%
J7	8,55	12,21	11,27	10,20	9,66	-42,8%	-31,88%	-19,3%	-12,98%
J8	8,55	12,04	11,15	10,12	9,5	-40,81%	-30,4%	-18,4%	-11,11%
J9	8,55	8,98	10,71	10,05	9,17	-5,02%	-25,3%	-17,54%	-7,3%
J10	8,55	8,73	8,64	8,46	8,13	-2,1%	-1,05%	1,05%	4,91%
J11	8,55	8,21	7,85	8,11	7,90	3,98%	8,18%	5,14%	7,60%
J12	8,55	7,06	7,13	7,51	7,80	17,42%	16,60%	12,16%	8,77%
J13	8,55	6,61	4,95	7	7,40	22,7%	42,1%	18,12%	13,45%
J14	8,55	5,58	4,79	6,11	6,35	34,7%	43,97%	28,53%	25,73%
J15	8,55	5,51	4,45	3,97	5,50	35,6%	47,95%	53,56%	35,67%
J16	8,55	5	4,32	3,85	4,38	41,5%	49,47%	55%	48,77%
J17	8,55	3	2,97	3	3,81	64,91%	65,26%	64,91%	55,43%
J18	8,55	1,62	1,71	2,90	3,12	81,05%	80%	66%	63,5%
J19	8,55	1,04	1,34	2,17	2,22	87,83%	84,32%	74,61%	74,03%
J20	8,55	0,93	1,14	1,89	2,20	89,12%	86,66%	77,9%	74,26%
J21	8,55	0,67	0,57	1,33	2	92,16%	93,33%	84,44%	76,6%
J22	8,55	0,46	0,44	0,81	1,17	94,61%	94,85%	90,52%	86,31%
J23	8,55	0,38	0,32	0,54	0,83	95,5%	96,25%	93,68%	90,3%
J24	8,55	0,16	0,13	0,30	0,47	98,12%	98,47%	97,66%	94,5%
J25	8,55	0	0	0,12	0,22	100%	100%	98,6%	97,42%
J26	8,55	0	0	0	0	100%	100%	100%	100%

Jours	TIB	Groupe sulfadiazine							
		TIDS				Pourcentage (%)			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
J1	8,55	8,69	8,64	8,60	8,58	-1,63%	-1,05%	-0,58%	-0,35%
J2	8,55	8,77	9,07	8,82	8,59	-2,57%	-6,08%	-3,15%	-0,46%
J3	8,55	8,89	9,45	8,88	8,92	-3,9%	-10,52%	-3,85%	-4,32%
J4	8,55	10	9,66	8,90	8,94	-16,95%	-12,98%	-4,09%	-4,56%
J5	8,55	10	9,70	8,94	8,97	-16,95%	-13,45%	-4,56%	-4,91%
J6	8,55	10,08	10,28	9,93	9,31	-17,90%	-20,23%	-16,14%	-8,88%
J7	8,55	10,38	10,72	10	9,39	-21,40%	-25,38%	-16,95%	-9,82%
J8	8,55	11	10,74	10,22	9,56	-28,65%	-25,61%	-19,53%	-11,81%
J9	8,55	10,87	11,66	10,30	10,37	-27,13%	-36,37%	-20,46%	-21,28%
J10	8,55	10,13	11,88	10,39	10,40	-18,47%	-38,94%	-21,52%	-21,63%
J11	8,55	10	11,80	10,74	9,92	-16,95%	-38%	-25,61%	-16,02%
J12	8,55	9,66	11	10,37	8,92	-12,98%	-28,65%	-21,28%	-4,32%
J13	8,55	9,30	10,89	10,33	8,41	-8,77%	-27,36%	-20,81%	1,63%
J14	8,55	9,01	10,70	9,72	8,31	-5,38%	-25,14%	-13,68%	2,80%
J15	8,55	8,88	9,40	9,60	7,87	-3,85%	-9,94%	-12,28%	7,95%
J16	8,55	8,50	8,54	9,39	7,78	0,58%	0,11%	-9,82%	9%
J17	8,55	8,13	8,36	9,22	7,75	4,91%	2,22%	-7,83%	9,35%
J18	8,55	7,05	8,12	8,50	7,68	17,54%	5,02%	0,58%	10,17%
J19	8,55	6,61	7,60	7,80	7,56	22,69	11,11%	8,77%	11,57%
J20	8,55	6,02	7,51	7,68	7,22	29,59%	12,16%	10,17%	15,55%
J21	8,55	5,70	6,55	6,89	6,95	33,33%	23,39%	19,41%	18,71%
J22	8,55	5,1	6	5,90	6,61	40,35%	29,82%	31%	22,69%
J23	8,55	5,05	5,14	5	6,59	40,93%	39,88%	41,52%	22,92%
J24	8,55	4,73	4,48	4,63	6,21	44,67%	47,60%	45,84%	27,36%
J25	8,55	4,55	3,57	3,93	5,94	46,78%	58,24%	54,03%	30,52%
J26	8,55	4	3,40	3,52	5	53,21%	60,23%	58,83%	41,52%
J27	8,55	3,76	2,93	3,46	4,54	56,02%	65,02%	59,53%	46,90%
J28	8,55	3,65	2,85	2,74	3,87	57,30%	66,66%	67,95%	54,73%
J29	8,55	2,83	2,04	2,26	3,36	66,90%	76,14%	73,56%	60,70%
J30	8,55	2,63	1,67	1,89	2,74	69,23%	80,46%	77,89%	67,95%
J31	8,55	2,30	1,56	1,46	2,54	73,10%	81,75%	82,92%	70,29%
J32	8,55	1,80	1,40	1,38	2,23	78,94%	83,62%	83,85%	73,91%
J33	8,55	1,71	1,31	1,34	1,31	88,30%	84,67%	84,32%	84,67%

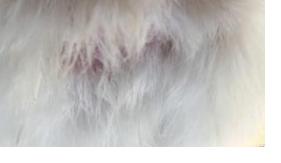
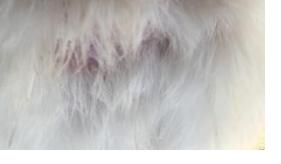
Jours	TIB	Groupe témoin							
		TIDS				Pourcentage (%)			
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
J1	8,55	8,55	8,53	8,55	8,79	0%	0,23%	0%	-2,80%
J2	8,55	8,52	8,50	8,50	9,79	0,35%	0,58%	0,58%	-14,50%
J3	8,55	8,50	8,48	8,49	9,87	0,58%	0,81%	0,70%	-15,43%
J4	8,55	8,46	7,80	8,48	10,54	1,05%	8,77%	0,81%	-23,27%
J5	8,55	8,40	7,58	8,40	9,14	1,75%	11,34%	1,75%	-6,90%
J6	8,55	8,20	7,45	8,31	8,79	4,09%	12,86%	2,8%	-2,80%
J7	8,55	8,16	7,39	8,26	8,75	4,56%	13,56%	3,39%	-2,33%
J8	8,55	8,03	7,39	8,07	8,68	6,08%	13,56%	5,61%	-1,52%
J9	8,55	7,95	7,25	7,50	8,48	7,01%	15,20%	12,28%	0,81%
J10	8,55	7,58	7,20	7,39	8,41	11,34%	15,78%	13,56%	1,63%
J11	8,55	7,39	6,98	7,08	8,34	13,56%	18,36%	17,19%	2,45%
J12	8,55	7,35	6,70	7,07	8,23	14,03%	21,63%	17,30%	3,74%
J13	8,55	7,18	6,54	6,82	8,16	16,02%	23,50%	20,23%	4,56%
J14	8,55	7,12	6,10	6,53	8,12	16,72%	28,65%	23,62%	5,02%
J15	8,55	6,91	5,80	6,31	7,96	19,18%	32,16%	26,19%	6,90%
J16	8,55	6,80	5,67	6,30	7,94	20,46%	33,68%	26,31%	7,13%
J17	8,55	6,77	5,39	5,88	7,60	20,81%	36,95%	31,22%	11,11%
J18	8,55	6,50	5,35	5,61	7,57	23,97%	37,42%	34,38%	11,46%
J19	8,55	6,35	5,26	5,35	7,23	25,73%	38,47%	37,42%	15,43%
J20	8,55	6,19	5,20	5,28	6,88	27,60%	39,18%	38,24%	19,53%
J21	8,55	5,99	5,13	4,64	6,14	29,94%	40%	45,73%	28,18%
J22	8,55	5,09	5,07	4,48	5,96	40,46%	40,70%	47,60%	30,29%
J23	8,55	4,42	4,80	4,41	5,60	48,30%	43,85%	48,42%	34,50%
J24	8,55	4,32	4,52	3,48	4,35	49,47%	47,13%	59,29%	49,12%
J25	8,55	4,07	4,50	3,20	4,06	52,39%	47,36%	62,57%	52,51%
J26	8,55	3,60	4,46	2,92	3,78	57,89%	47,83%	65,84%	55,78%
J27	8,55	3,08	3,98	2,90	2,86	63,97%	53,45%	66,08%	66,54%
J28	8,55	3,02	3,92	2,61	2,60	64,67%	54,12%	69,47%	69,59%
J29	8,55	2,87	3,74	2,57	2,29	66,43%	56,25%	69,94%	73,21%
J30	8,55	2,68	3,26	2,30	2,24	68,65%	61,87%	73,10%	73,80%
J31	8,55	2,50	3,05	1,86	2,01	70,76%	64,32%	78,24%	76,49%
J32	8,55	1,90	2,96	1,55	1,98	77,77%	65,38%	81,87%	76,84%
J33	8,55	1,41	2,40	1,21	1	83,50%	71,92%	85,84%	88,30%

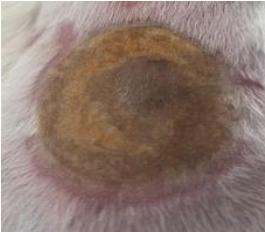
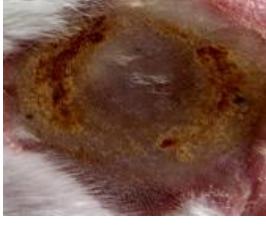
JOURS	GROUPE PROPOLIS			
	BGPL1	BGPL2	BGPL3	BGPL4
J1				
J2				
J3				
J4				
J5				

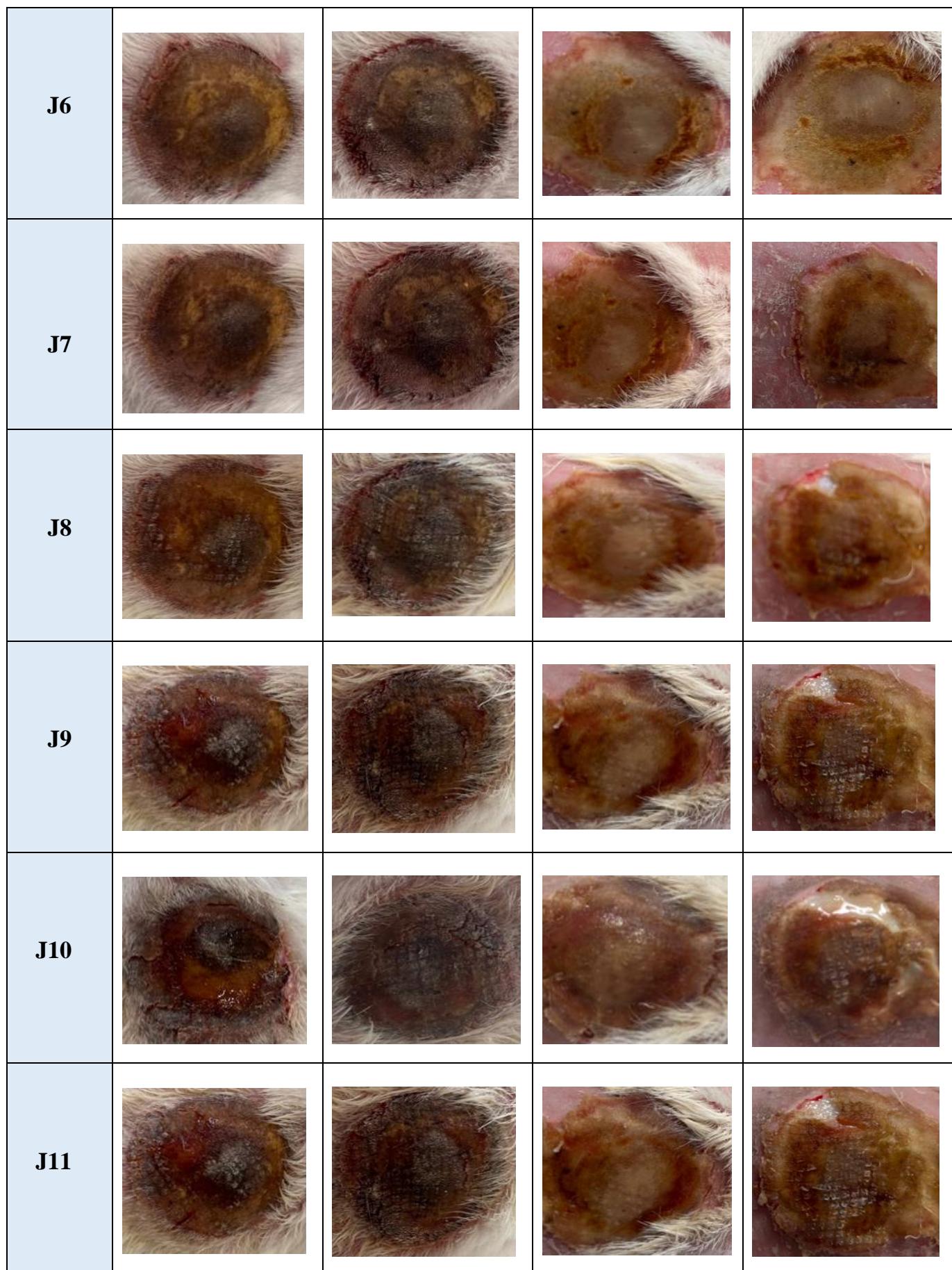
J6				
J7				
J8				
J9				
J10				
J11				

J12				
J13				
J14				
J15				
J16				
J17				

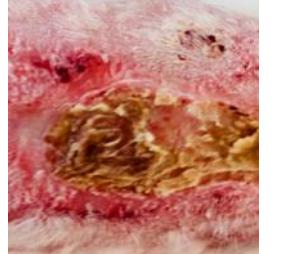
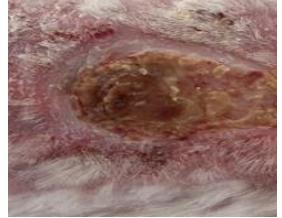
J18				
J19				
J20				
J21				
J22				
J23				

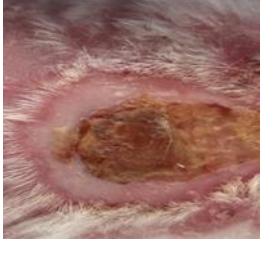
J24				
J25				
J26				

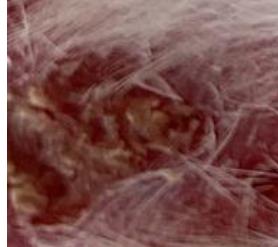
JOURS	GROUPE Sulfadiazine			
	BGSDL1	BGSDL2	BGSDL3	BGSDL4
J1				
J2				
J3				
J4				
J5				

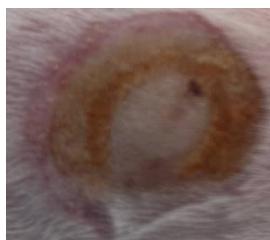
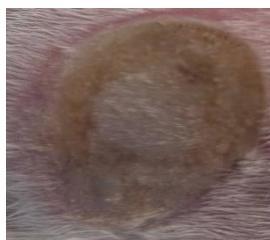
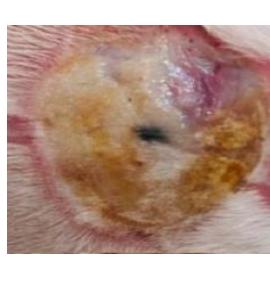
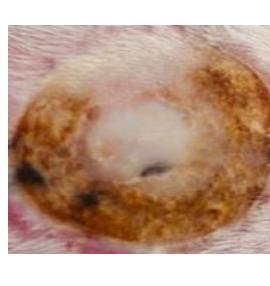
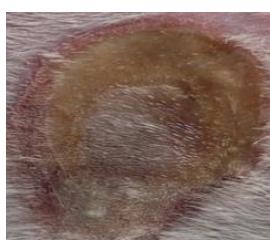


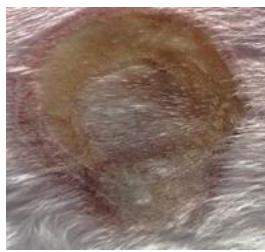
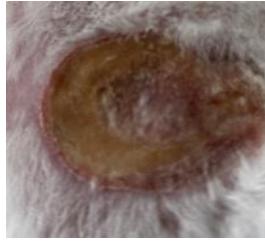
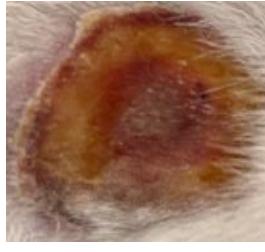
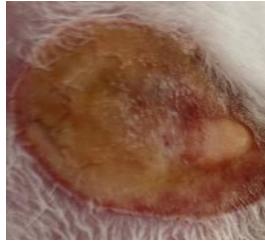
J12				
J13				
J14				
J15				
J16				

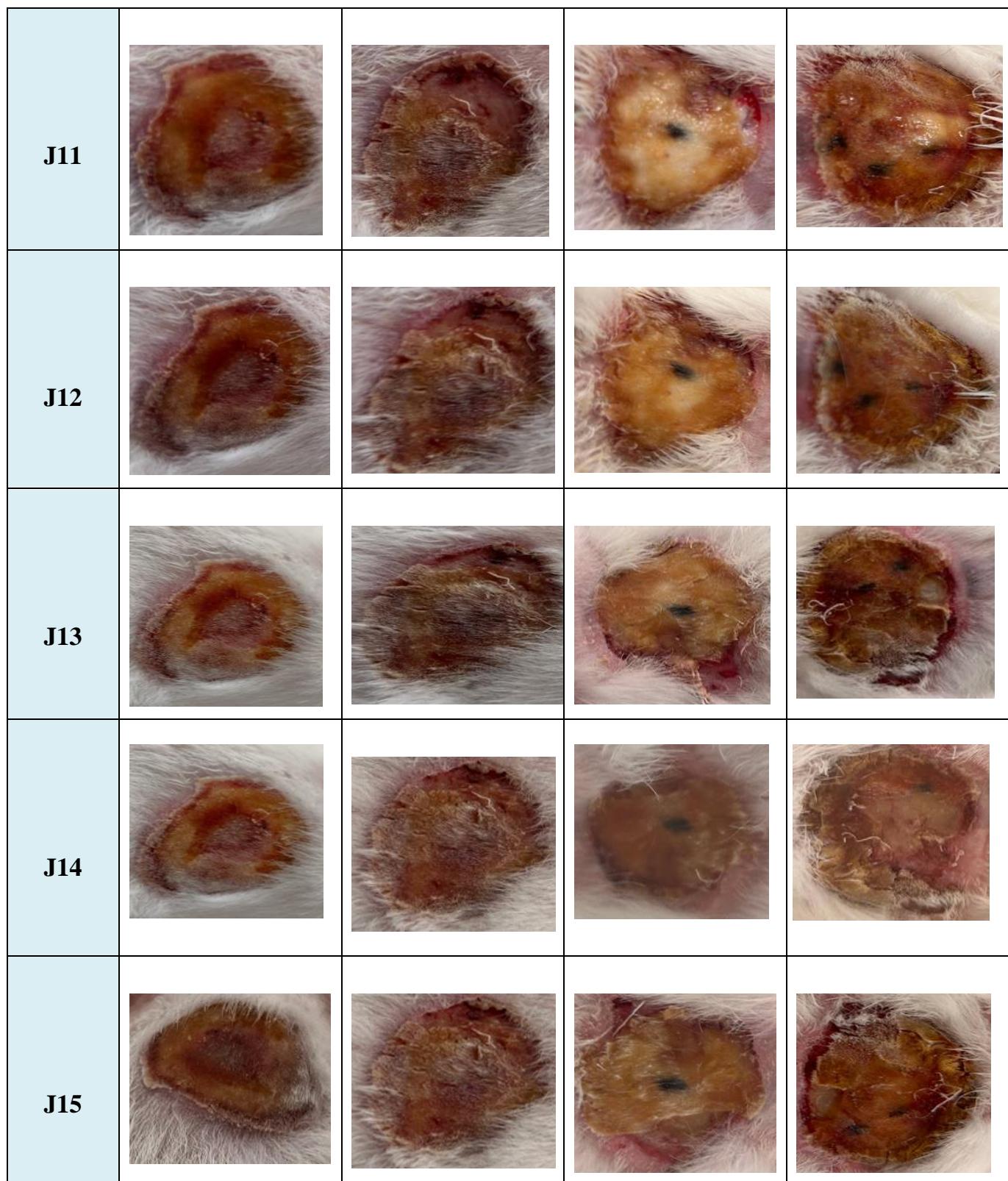
J17				
J18				
J19				
J20				
J21				

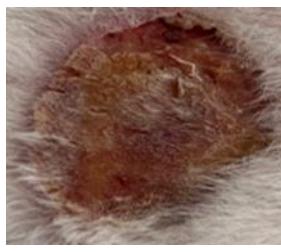
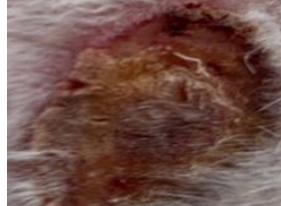
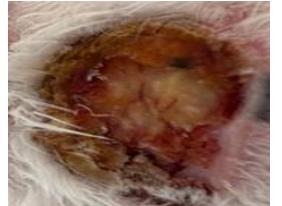
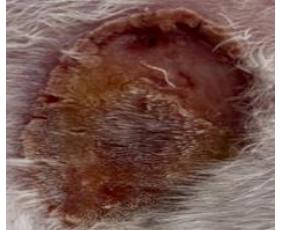
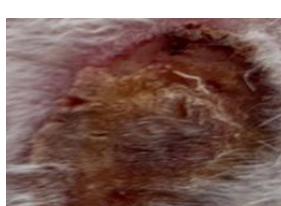
J22				
J23				
J24				
J25				
J26				
J27				

J28				
J29				
J30				
J31				
J32				
J33				

JOURS	GROUPE Témoin			
	BGTL1	BGTL2	BGTL3	BGTL4
J1				
J2				
J3				
J4				
J5				

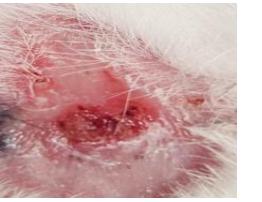
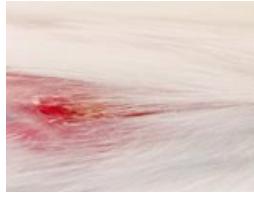
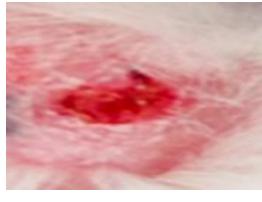
J6				
J7				
J8				
J9				
J10				



J16				
J17				
J18				
J19				
J20				

J21				
J22				
J23				
J24				
J25				

J26				
J27				
J28				
J29				
J30				

J31				
J32				
J33				

Résumé :

L'étude évalue les propriétés thérapeutiques de l'**extrait éthanolique de la propolis algérienne (EEPA)** à travers des essais *in vitro* et *in vivo*. *In vitro*, la sulfadiazine argentique présente une meilleure activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus*, bien que l'échantillon P2 de EEPA montre une inhibition marquée. *In vivo*, le traitement à base de EEPA permet une cicatrisation complète des brûlures en 25 à 26 jours, avec un taux de contraction de 100 %, contre 84,5 % pour la sulfadiazine et 88,3 % pour le groupe témoin. Les scores de cicatrisation (2,79 pour EEPA, 3,70 pour la sulfadiazine, 3,74 pour le témoin) confirment la supériorité de EEPA. La température corporelle des lapins est restée stable, témoignant d'une bonne tolérance. EEPA a favorisé une réépithérialisation rapide et efficace, suggérant son potentiel en tant qu'agent cicatrisant naturel.

Mots-clés : EEPA, propolis, brûlure, cicatrisation, *Staphylococcus aureus*, activité antibactérienne, sulfadiazine argentique.

Abstract:

This study evaluates the therapeutic properties of the **Ethanol Extract of Algerian Propolis (EEPA)** through both *in vitro* and *in vivo* experiments. *In vitro*, silver sulfadiazine showed stronger antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, although EEPA sample P2 exhibited notable inhibition. *In vivo*, EEPA-treated burns achieved complete healing within 25 to 26 days, with a 100% contraction rate, compared to 84.5% for sulfadiazine and 88.3% for the control group. Healing scores (2.79 for EEPA, 3.70 for sulfadiazine, and 3.74 for control) confirmed EEPA's superior efficacy. Rabbits' body temperatures remained stable, indicating good tolerance. EEPA promoted faster and more effective re-epithelialization, suggesting its potential as a natural wound healing agent.

Keywords: EEPA, propolis, burn, wound healing, *Staphylococcus aureus*, antibacterial activity, silver sulfadiazine.

ملخص:

قيمت الدراسة الخصائص العلاجية للمستخلص الإيثانولي من البروبوليس الجزائري (EEPA) من خلال اختبارات مخبرية وأخرى حيوية. أظهر سلفاديازين الفضة في التجارب المخبرية نشاطاً مضاداً للبكتيريا متقدماً ضد المكورات العنقودية الذهبية، على الرغم من أن عينة EEPA P2 أظهرت تثبيطاً ملحوظاً. في التجارب الحيوية، أدى العلاج القائم على EEPA إلى التئام الحروق تماماً في عضون 25 إلى 26 يوماً، بمعدل انكماش 100%， مقارنةً بنسبة 84.5% لسلفاديازين و88.3% للمجموعة الشاهدة. أكدت درجات الشفاء (2.79 لـ EEPA، 3.70 لـ سلفاديازين، 3.74 للمجموعة الشاهدة) الفعالية الأفضل لـ EEPA. ظلت درجة حرارة جسم الأرانب مستقرة، مما يدل على تحمل جيد. عزز EEPA إعادة التئام الظاهرة بسرعة وفعالية، مما يشير إلى إمكاناته كعامل طبيعي للتئام الجروح.

الكلمات المفتاحية: EEPA، المستخلص الإيثانولي من البروبوليس الجزائري، البروبوليس، الحروق، الشفاء، المكورات العنقودية الذهبية، النشاط المضاد للبكتيريا، سلفاديازين الفضي.