

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de

l'Univers

Département Biologie



MÉMOIRE

Présenté par

M^{elle} ZOUAG Sofia Yasmine

M^{elle} RAHMANI Maroua

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité

Thème

Extraction par ultrasons de Propolis de la région de Tlemcen, l'étude de son pouvoir antibactérien et antioxydant.

Soutenu le 17/06/2023 devant le jury composé de :

Président	Mr AZZI Nour Eddine	MAA	Université de Tlemcen
Encadrant	M ^{me} YUCEFI Fatma	MCA	Université de Tlemcen
Co-Encadrant	M ^{elle} OUAHAB Linda	Doctorante	Université de Tlemcen
Examineur	Mr BENOUB Nour Eddine	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2022/2023

Remerciement

*Nous sommes très sensibles à l'honneur que nous fait monsieur **AZZI NOUR EDDINE**, maitre-assistant classe A à l'université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen, en acceptant d'examiner notre modeste travail.*

*Nous remercions vivement Monsieur **BENYOUB NOUR EDDINE**, maitre de conférences classe B à l'université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen de nous avoir honorée en examinant cet humble travail.*

*Nos remerciements les plus distingués vont à nos promoteur madame **YOUCEFI FATMA**, maitre de conférences classe A à l'université d'Abou Bekr Belkaid Tlemcen. Elle nous a fait découvrir un riche domaine scientifique en nous proposant ce thème. Nous espérons que vous trouverez dans ce travail, un exemple du début d'une bonne recherche scientifique à laquelle nous aspirons.*

*Nous remercions nos Co-encadrant de mémoire mademoiselle **OUAHAB LINDA**, doctorante à l'université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, pour sa disponibilité, sa confiance, son encouragement pendant tous les mois de travail.*

*Nos remerciements à la doctorante **KHERBECHE ATIKA** pour sa générosité et les nombreuses facilités qu'elle nous a cessé d'accorder.*

*Nous adressons également nos remerciements aux ingénieurs de laboratoire de Biologie moléculaire de : Mr **SALHI BOUMEDIENE**, Mr **LOUKILI AMINE**.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

En fin, nous adressons nos profondes gratitudees à l'ensemble des enseignant(e)s qui ont contribué à notre formation.

SOFIA et MAROUA

Dédicace

Je dédie ce travail

*A mes chers parents : **Djilali et Fatiha.***

*A mes deux petites sœurs : **Yousra et Leila.***

*A mon frère : **Oussama.***

A tous ceux que j'aime.

Sofia Yasmine

Dédicace

*Ma première gratitude va au tout-puissant ALLAH ﷻ le créateur du tout, pour
me Donner ;*

la vie, le bénédicité et la force pour accomplir ce travail.

A mon espoir dans la vie et mon honneur mes chers parents :

*Mon père **Fares** et ma mère **Safia***

*Et ma grand-mère **Safya***

Pour leurs sacrifices, leur tendresse, leur patience et leur présence dans ma vie.

*A mes chères sœurs ; **Fatima, Leila, Fatima Zohra, Meriem***

*A mes frères ; **Ahmad et Saïd***

*A mon petit neveu ; **Youcef***

A toutes mes chères amies.

Maroua

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى دراسة الأنشطة المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة لمستخلصات العكبر بواسطة الموجات فوق صوتية من ثلاث مناطق مختلفة في منطقة تلمسان (سيدي ابراهيم، بني سنوس وعين يوسف). تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات بواسطة طريقة انتشار نفاذية القرص ضد سلالتين بكتيريتين سالبة وموجبة الغرام، المكورات العنقودية والعصيات القولونية. أظهرت النتائج تأثيرات مثبطة ملحوظة وفعالة حيث قدر تركيز المثبط الأدنى (CMI) ب 1 ملغ/مل. كما أظهر المستخلص الخاص بمنطقة سيدي ابراهيم أعلى نشاط ضد العصيات القولونية، في حين أظهر المستخلص من منطقة بني سنوس نشاط أعلى ضد المكورات العنقودية وتراوحت نتائج التركيز الأدنى المमित (CMB) من 1 إلى 2 ملغ/مل. تم تقييم قدرة تثبيط الجذور الحرة باستعمال اختبار DPPH. أظهر هذا الأخير نشاطاً قوياً حيث أن EEP3 أظهر أعلى نشاط لإزالة الجذور الحرة بنسبة تثبيط (PI) قدرها 92.8% بينما أظهر EEP2 نسبة تقدر ب 85.5، أما EEP1 80.61%. تراوحت قيم تركيز العكبر للتثبيط النصفى IC₅₀ للمستخلصات بين 0.23 و 0.29 ملغ/مل، وهي أقل من قيمة IC₅₀ لحمض الأسكوربيك (1.2 ملغ/مل)، مما يشير إلى أن مستخلصات العكبر تمتلك قدرة أعلى لتثبيط الجذور الحرة. بشكل عام، تشير النتائج إلى أن مادة العكبر تتمتع بنشاط مضاد للميكروبات ومضاد للأكسدة ذات قيمة كبيرة الذي يمكن استعماله لتطبيقات علاجية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: العكبر، موجات فوق صوتية، مضاد للجراثيم، مضاد الاكسدة.

Résumé :

Ce travail a pour objectif d'étudier les activités antimicrobiennes et antioxydantes des extraits de propolis extraites par l'ultrasons provenant de trois régions différentes de Tlemcen, à savoir Sidi Brahim, Beni Snous et Ain Youcef. L'activité antimicrobienne des extraits a été évaluée par la méthode de diffusion par disque sur gélose contre deux souches bactériennes Gram (+) et (-), *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et *Escherichia coli* ATCC 2592. Les résultats ont montré des effets inhibiteurs significatifs avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 1 mg/ml. L'extrait de Sidi Brahim a montré la plus grande activité contre *E. coli*, tandis que l'extrait de Beni Snous a montré la plus grande activité contre *S. aureus* et les résultats de la CMB étaient compris entre 1 et 2 mg/ml. Les extraits ont également montré une forte activité antioxydante, l'EEP3 présentant la plus forte activité de piégeage des radicaux DPPH avec un pourcentage d'inhibition (PI) de 92,8 %, suivie de EEP2 avec 85.5% et EEP3 avec 80.61%. Les valeurs IC₅₀ des extraits étaient comprises entre 0,23 et 0,29 mg/ml, ce qui était inférieur à la valeur IC₅₀ de l'acide ascorbique (1,2 mg/ml), ce qui indique que les extraits de propolis ont une capacité antioxydante plus élevée que le standard utilisé. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que notre propolis possède des activités antimicrobiennes et antioxydantes intrinsèques significatives qui pourraient être explorées pour des applications thérapeutiques potentielles.

Mots clés : Propolis, ultrasons, activité antibactérienne, activité antioxydante.

Abstract:

This work investigates the antimicrobial and antioxidant activities of propolis extracts by ultrasonic waves from three different regions of Tlemcen, namely Sidi Brahim, Beni Snous and Ain Youcef. The antimicrobial activity of the extracts was evaluated by disk diffusion method against two bacterial strains, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 2592. The results showed significant inhibitory effects. The microdilution method results showed that the minimum inhibitory concentration (MIC) is 1 mg/ml. The extract from Sidi Brahim showed the highest activity against *E. coli*, while the extract from Beni Snous showed the highest activity against *S. aureus*. The MBC results ranged from 1 to 2 mg/ml. The extracts also showed strong antioxidant activity, with EEP3 exhibiting the highest DPPH radical scavenging activity with a percentage inhibition (PI) of 92.8, followed with EEP2 85.5 % and then EEP1 with 80.61%. The IC₅₀ values of the extracts ranged from 0.23 to 0.29 mg/ml, which were lower than the IC₅₀ value of ascorbic acid (1.2 mg/ml), indicating that the propolis extracts had higher antioxidant capacity than the standard. Overall, the results suggest that our propolis has significant intrinsic antimicrobial and antioxidant activities that could be explored for potential therapeutic applications.

Key words: propolis, ultrasound, antibacterial activity, antioxidant activity.

Listes des figures :

Figure 1 : photos illustrant les deux types d'abeilles existants en Algérie.....	9
Figure 2: les sept produits de la ruche (Roberti, 2011).....	11
Figure 3: photo de différents types de miel (original).....	12
Figure 4: des grains de pollen commercialisés dans des bocaux de verre (original).....	13
Figure 5: photo de la cire de l'abeille (original).....	14
Figure 6: jeunes larves de reine flottant dans la gelée royale (web02).....	15
Figure 7: photo de la propolis brute conditionnée (original).....	15
Figure 8: le venin d'abeille (web 03).....	16
Figure 9: photos illustrant des différents types de pain d'abeille.....	17
Figure 10: photo de larves d'abeille (web 05).....	17
Figure 11: production de nectar par une fleur de camellia (web 06).....	18
Figure 12: photos illustrant à gauche une abeille sur une fleur de ronce butine le nectar sécrété et à droite une abeille sur un épicéa récolte les gouttes poisseuses excrétées par les insectes piqueurs-suceurs (Photo de Didier Bettens) (web 07).....	19
Figure 13: propolis brute (Web 08).....	21
Figure 14: aspect de la propolis (web 09).....	23
Figure 15: composition de la propolis (originale).....	24
Figure 16: récolte de propolis par l'abeille (web10).....	25
Figure 17: récolte par raclage (web 11).....	27
Figure 18 : grille à propolis (web 12).....	27
Figure 19: réduction du radical libre DPPH en DPPHH (web 14).....	42
Figure 20: les extraits éthanoïques de propolis :.....	44
Figure 21 : le résultat de repiquages des souches bactériennes.....	46
Figure 22: Diffusion sur gélose par la méthode des disques au contact de deux microorganismes <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Escherichia coli</i> sous l'effet des extraits de propolis de Beni Snous, Sidi Brahim et Ain Youcef (original).....	47
Figure 23 : détermination de la CMI sur microplaque post incubation pour les microorganismes <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i> (originale).....	49
Figure 24: résultats des CMB correspondant aux microorganismes <i>S. aureus</i> et <i>E. coli</i> au contact des extraits de Sidi Brahim, Beni Snous et Ain Youcef avec les concentrations 10% ,20% et 50% respectives (originale).....	52
Figure 25: Photo illustrant le changement de couleur de DPPH exprimant le pouvoir antioxydant des extraits de propolis (originale).....	54

Figure 26: pouvoir d'inhibition en pourcentage en fonction de la concentration des extraits de propolis de diverses origines géographiques (B, C, D) et de l'acide ascorbique (A) (originale).....	56
Figure 27: pouvoir d'inhibition en pourcentage des extraits éthanoliques de propolis par une concentration de 2.5 mg/ml (original).....	57
Figure 28: les valeurs d'IC ₅₀ des différents extraits et de standard en mg/ml (original).....	58

Listes des tableaux

Tableau 1: les types de propolis les plus réponsus (CARDINAULT et al.,2012).....	22
Tableau 2: origine géographique et période de collection des échantillons de propolis (Original).....	36
Tableau 3: les souches utilisées dans les différents tests d'activité antibactérienne (original).....	37
Tableau 4 : les différente DO des EEP (original).....	50
Tableau 5 : résultats des concentrations minimales bactéricides(mg/ml) (Original).....	53
Tableau 6: les résultats de le pouvoir antiradicalaire de les différentes extraits (original)....	59

Listes des abréviations

A : absorbance.

ARP : Antioxidant Radical Power.

BHIB : Bread heart infusion bouillon.

CMB : Concentration minimal bactéricide.

CMI : Concentration minimal inhibitrice.

DMSO : Diméthylsulfo-oxyde.

DO : Densité optique.

DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl.

EC: *Escherichia coli*.

EEP : Extrait éthanolique de propolis.

EEP1 : Extrait éthanolique de propolis de Ain Youcef.

EEP2 : Extrait éthanolique de propolis de Beni Snous.

EEP3 : Extrait éthanolique de propolis de Sidi Brahim.

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice de 50%.

JC : Jésus-Christ.

MH: Muller Hinton.

NF-kappa B: Nuclear factor-kappa B.

NK: Natural Killer.

NO: Nitric Oxid.

PI : pourcentage d'inhibition.

SA : *Staphylococcus aureus*.

TRAIL: tumor necrosis factor related apoptosis including ligand.

UE : extraction par ultrasons.

UFC : Unité formant colonie.

Table de matière

Remerciement.....	i
Dédicace	ii
Dédicace	iii
Résumé :.....	iv
Listes des figures :	vi
Listes des abréviations	viii
Table de matière	ix
Introduction	1
I. Généralités sur l'apiculture et les produits de la ruche	5
I.1 Introduction :.....	5
I.2 Définition de l'apiculture :	5
I.3 L'histoire de l'apiculture :.....	6
I.4 La situation de l'apiculture dans le monde :.....	6
I.5 L'Apiculture en Algérie :.....	7
I.6 Présentation de l'abeille :	8
I.7 Répartition géographique de l'abeille d'<i>Apis mellifères</i> en Algérie :.....	8
I.7.1 La sous espèce <i>Apis Mellifera Intermissa</i> (BUTTEL REEPEN, 1906) :.....	8
I.7.2 La sous espèce <i>Apis Mellifera Sahariensis</i> (BALDENSPERGER, 1922) : (abeille jaune) :.....	8
I.8 L'importance d'abeille :.....	9
I.8.1 Dans la pollinisation :.....	9
I.8.2 Rôle biologique :.....	10
I.8.3 Rôle économique :	10
I.8.4 Rôle d'indicateur biologique :.....	10
I.9 La ruche, l'habitat des abeilles :	11
I.10 Les produits de la ruche :	11
I.10.1 Le miel :.....	12
I.10.2 Le pollen :.....	12
I.10.3 La cire d'abeille :.....	13
I.10.4 La gelée royale :.....	14
I.10.5 La propolis :.....	15
I.10.6 Le venin :.....	16
I.10.7 Le pain d'abeille :.....	16
I.10.8 Les larves :	17
I.10.9 Le nectar :.....	18

I.10.10	Le miellat :	18
II.	Généralités sur la propolis :	21
II.1	La propolis :	21
II.2	Etymologie et historique :	21
II.3	Origines :	22
II.3.1	Végétale :	22
II.3.2	Animale :	22
II.3.3	Mixte :	22
II.4	Description de la propolis :	23
II.5	Propriétés physico-chimiques de la propolis :	23
II.5.1	Caractéristiques organoleptiques :	23
II.5.2	Caractéristiques physiques :	23
II.5.3	Compositions chimiques :	24
II.6	La récolte de la propolis	25
II.6.1	Par les abeilles :	25
II.6.2	Procédés de la récolte :	26
II.6.3	Conditions de la récolte :	26
II.6.4	Par l'apiculteur :	26
II.7	La conservation de la propolis :	28
II.8	Extraction et purification :	28
II.9	Rôle de la propolis dans la ruche :	28
II.10	Utilisation de la propolis :	29
II.10.1	Par l'abeille :	29
II.10.2	Par l'homme :	29
II.11	Propriétés thérapeutiques :	30
II.11.1	Activité antibactérienne :	30
II.11.2	Activité antivirale :	30
II.11.3	Activité antifongique :	31
II.11.4	Activité anti-inflammatoire :	31
II.11.5	Activité anticancéreuse :	31
II.11.6	Activité antioxydant :	31
II.12	Effets biologiques associés à la propolis :	31
II.12.1	Autres effets :	32
III.	Matériel et méthodes :	36
III.1	Lieu de travail et l'objectif de l'étude :	36
III.2	Matériel :	36
III.2.1	Origine et nature de la propolis :	36

III.2.2	Les souches pathogènes utilisées :	37
III.3	Méthodes :	37
III.3.1	Préparation des échantillons de propolis :	37
III.3.1.1	Epuration :	37
III.3.1.2	Broyage :	37
III.3.2	Extraction de propolis :	38
III.3.2.1	Extraction par ultrasons :	38
III.3.2.2	Protocole d'extraction :	38
III.3.3	Activité antibactérienne de propolis :	39
III.3.3.1	Revivification des souches bactériennes :	39
III.3.3.2	Purifications des souches :	39
III.3.3.3	Conservations des souches :	39
III.3.3.4	Préparation d'inoculum :	40
III.3.4	Evaluation de l'activité antibactérienne :	40
III.3.4.1	Méthode de disque modifiée :	40
III.3.4.2	Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) :	40
III.3.4.3	Détermination de la concentration minimale bactéricide CMB :	41
III.3.5	L'étude de l'activité antioxydante de propolis :	41
IV.	Résultats et discussions :	44
IV.1	Résultats de l'extraction de la propolis des trois extraits éthanoliques :	44
IV.2	Résultats de l'activité antibactérienne :	46
IV.2.1	Résultats de repiquage des souches bactériennes :	46
IV.2.2	Résultats de méthode de disque :	46
IV.2.3	Détermination de concentration minimal inhibitrice (CMI) :	49
IV.2.4	Résultats de la détermination de la CMB :	51
IV.3	Résultats de l'activité antioxydante de propolis :	54
Conclusion		61
Perspectives		62
Références bibliographiques :		65

Introduction

Introduction

La résistance aux antibiotiques est apparue comme une menace majeure pour la santé publique au cours de ce siècle, comme le montrent les données de surveillance mondiale (WHO, 2014). En effet, avec l'origine ancienne et la présence répandue de divers gènes de résistance (D'COSTA et al., 2011 ; FORSBERG et al., 2014), l'évolution moderne de la résistance a conduit à l'émergence et à la propagation à l'échelle mondiale d'un grand nombre de bactéries résistantes qui possèdent des génotypes et des phénotypes sophistiqués contre les antibiotiques. Ce phénomène est la conséquence du processus de sélection naturelle des micro-organismes et de la promotion par les activités humaines au cours des 70 dernières années de l'ère des antibiotiques (DAVIES J et DAVIES D, 2010 ; FINLEY et al., 2013). Un grand nombre de pathogènes deviennent donc résistants aux antibiotiques, aussi bien parmi les germes Gram (+) que Gram (-). Ainsi, la résistance aux antibiotiques continue d'augmenter alors que le développement de nouveaux agents antibiotiques ralentit.

Les staphylocoques, en particulier *Staphylococcus aureus*, font partie des groupes de bactéries qui ont développé des mécanismes de résistance à de nombreux antibiotiques couramment utilisés dans les traitements humains et vétérinaires. Ils sont responsables d'une variété de maladies difficiles à traiter, telles que les infections cutanées et oculaires, les infections d'origine alimentaire, la pneumonie, la méningite, l'endocardite et l'ostéomyélite (GRECKA et al., 2019).

Escherichia coli a également acquis une résistance à un large éventail d'antibiotiques antibactériens. De plus, elle constitue un réservoir important de gènes de résistance qui peuvent entraîner des échecs thérapeutiques en médecine humaine et animale. Au cours des dernières décennies, un nombre croissant de gènes de résistance a été identifié dans les souches d'*E. coli*. Cette bactérie occupe une position particulière dans le domaine de la microbiologie, en raison de sa capacité à causer des infections graves chez les êtres humains et les animaux, tout en étant également un constituant essentiel du microbiote naturel de divers hôtes.

En raison de leur potentiel de virulence élevé et de leur présence fréquente dans l'environnement, il est impératif de rechercher de nouveaux agents ainsi que des systèmes thérapeutiques efficaces pour lutter contre ces bactéries.

Dans cette optique, les communautés scientifiques se sont engagées au cours des dernières décennies dans la recherche de nouveaux agents antimicrobiens rentables et puissants afin de traiter les infections causées par des souches multirésistantes (ASLAM et al., 2018).

Les produits naturels dérivés des plantes et la chimie de synthèse sont deux domaines majeurs vers lesquels la communauté scientifique s'est tournée dans la recherche du développement d'agents antimicrobiens puissants pour le traitement et la prévention des maladies infectieuses (ABREU et al., 2012 ; ANAND et al., 2019).

Les produits de la ruche, en particulier la propolis, constituent un groupe d'agents antimicrobiens potentiels prometteurs mais encore sous-estimés (SZWEDA et KOT, 2017 ; SZWEDA, 2017). Il s'agit d'une substance résineuse hautement agglutinante, de composition chimique complexe, qui est récoltée par les abeilles sur les bourgeons des fleurs et des feuilles.

Certains de ses ingrédients, principalement des polyphénols et des flavonoïdes, présentent une forte activité antimicrobienne (**SIMONE-FINSTROM et al., 2010**). En raison de son potentiel antimicrobien, la propolis est devenue l'un des agents les plus courants et les plus importants utilisés en médecine populaire dans différentes régions du monde pour le traitement des infections (**SILVA-CARVALHO et al., 2015**). La propolis est également reconnue comme un médicament officiel dans les pharmacopées londoniennes depuis le XVIIe siècle (**SFORCIN et BANKOVA, 2011**).

La propolis a attiré l'attention des scientifiques à la recherche d'un médicament thérapeutique alternatif contre les maladies infectieuses et les bactéries multirésistantes depuis les années 1970. L'intérêt des chercheurs pour cette substance complexe s'est accru au cours des dernières décennies grâce à des études plus approfondies de la composition chimique de la propolis (**TORETI et al., 2013**). Plusieurs groupes de chercheurs ont démontré que tous les types de propolis ont des propriétés antibactériennes. Outre ses propriétés antimicrobiennes, la propolis présente un large éventail d'activités biologiques, notamment des activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antidiabétiques, dermatoprotectrices, antiallergiques, immunomodulatrices et anticancéreuses (**PATEL, 2016**).

Avant d'être utilisée dans des analyses ou des traitements, la propolis brute doit subir une extraction afin de dissoudre et libérer les principes actifs. La préparation des extraits de propolis est généralement réalisée par macération, cependant, des études ont montré que l'extraction assistée par ultrasons produisait d'excellents résultats, accélérant considérablement le processus (**TRUSHEVA et al., 2007**), et elle a aussi démontré un rendement d'extraction supérieur par rapport à l'extraction par les méthodes conventionnelles.

Compte tenu de toutes ces considérations, cette étude a été conçue pour examiner à la fois l'activité antibactérienne des extraits éthanoliques de divers échantillons de propolis collectés dans différentes régions de la Wilaya de Tlemcen contre les deux bactéries *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*, en utilisant l'extraction assistée par ultrasons, ainsi que leur activité antioxydante.

Afin de réaliser nos objectifs, cette étude est scindée en deux parties distinctes, chacune étant décomposée en deux chapitres comme suit :

La première partie de ce travail consiste à réaliser une revue bibliographique sur l'apiculture et la propolis. Elle vise à rassembler les connaissances existantes dans ces domaines et à fournir un contexte théorique solide pour notre étude.

La deuxième partie de cette étude se concentre sur l'aspect expérimental, et est divisée en deux chapitres distincts :

- Le premier chapitre décrit les méthodes et techniques utilisées pour l'extraction, ainsi que l'évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante.
- Le deuxième chapitre expose les résultats obtenus lors de nos expériences, ainsi que les discussions qui en découlent.

Enfin, nous avons couronné notre travail par une simple conclusion.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'apiculture et les produits de la ruche

I. Généralités sur l'apiculture et les produits de la ruche

I.1 Introduction :

L'apiculture est une pratique ancestrale qui remonte à l'Antiquité et qui continue d'être largement répandue à travers le monde. Elle joue un rôle crucial dans le domaine agricole, notamment ce qui concerne la pollinisation croisée de nombreuses plantes cultivées qui dépendent de l'abeille pour leur fécondation (**BADREN, 2016**).

L'apiculture joue un rôle crucial dans l'agriculture en favorisant la préservation de l'écosystème et en stimulant la production agroforestière via le mécanisme de pollinisation orchestré par les abeilles (**BADREN, 2016**).

De nos jours, l'apiculture se présente comme une méthode de production de miel à la fois efficiente et prometteuses. C'est une activité agricole qui implique la domestication d'abeilles mellifères du genre "*Apis*", *Apis Mellifera* et *Apis Cerana* (**MUTSAERS et al., 2005**) et (**RANDRIAMANANTSOA, 2008**).

L'apiculture peut effectivement représenter une alternative extrêmement pertinente visant à diversifier les activités des producteurs locaux de petite envergure. Cette pratique peut être mise en œuvre dans de nombreuses situations à travers le monde, notamment dans la majorité des régions caractérisées par un climat chaud ou tropical (**PATERSON, 2006**).

L'apiculture est à la fois un savoir-faire, un art et une passion qui transcende les générations. Avec l'expérience acquise au fil du temps, les compétences s'affinent. La maîtrise de certaines techniques nécessite souvent l'aide et les conseils d'un apiculteur chevronné (**BETAYENE, 2008**).

I.2 Définition de l'apiculture :

Le terme latin "*Apis*" désigne une abeille, et l'apiculture représente la science et la pratique de l'élevage des abeilles. Les expressions "apiculture" et "élevage d'abeilles" sont souvent utilisées de manière interchangeable et considérées comme des synonymes (**BRADBEAR, 2010**).

L'apiculture est une pratique qui englobe l'élevage des abeilles et l'extraction de leurs produits. Elle est également considérée comme une discipline scientifique qui étudie en détail l'histoire naturelle de ces insectes. L'apiculture comprend donc deux aspects principaux : tout d'abord, la connaissance approfondie de l'histoire naturelle des abeilles, puis, en second lieu, la gestion de ces insectes, c'est-à-dire leur élevage proprement dit (**HAMET, 1859**).

L'apiculture est l'art de cultiver les abeilles dans le but de retirer de cette industrie le maximum de rendement avec le minimum de dépenses (**WARRE, 2005**).

Les produits apicoles commercialisés sont le miel, la cire, le pollen, la propolis et la gelée royale. Cette activité d'appoint contribue au développement de l'élevage et à la protection de l'environnement (**CRAN, 1990**).

I.3 L'histoire de l'apiculture :

L'apiculture est une pratique qui remonte à l'Antiquité. Des illustrations de l'abeille ont été découvertes dans des tombes Egyptiennes, des églises et des couvents de diverses confessions religieuses. Selon **BECK-BODOG,1935, ANONYME,1970. ROUSSY, 1973 et ADAM, 1978**, une peinture rupestre représentant la récolte du miel à l'époque mésolithique (20.000 à 5.000 ans avant Jésus-Christ) a été trouvée dans les grottes de l'Arama en Espagne. Ces auteurs rapportent également que des dessins montrant la gestion et les travaux apicoles ont été trouvés dans le tombeau du pharaon Mènes, datant depuis 5.000 ans avant J. C.

Aussi, la pratique de l'apiculture par les premiers hommes consistait à récolter du miel dans les cavités des arbres, et à construire des ruches utilisant de l'argile et de la paille.

De nombreux écrits de l'antiquité décrivent la vie des abeilles, notamment ceux de **PLINIUS**, d'**ARISTOTE** et de **VIRGILE**. Ainsi que certains ouvrages homériques et bibliques (**ROUSSY, 1973 et WEISS, 1985**).

Dans le livre sacré du Coran, l'animal de l'abeille a été largement discuté en ce qui concerne son existence au sein de sa communauté. Dans les Versets 68 et 69 de la Sourate n°16 d'**Ennahal** dans lesquels Dieu dit :

"وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنِ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِي مِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بَطُونِهَا شَرَابٌ مُّخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (69)".

En ce qui concerne la compréhension de la biologie des insectes, une véritable avancée dans les connaissances n'a été entreprise qu'au milieu du 17ème siècle, avec les travaux de **SWAMMERDAM** qui ont permis d'établir le concept de la différenciation sexuelle chez les abeilles. À cette époque, **REAUMUR**, mentionné par **CADY et ARNOLD** en **1997**, a jeté les bases de la biologie de l'abeille. Par ailleurs, les recherches de **CHIRACH** ont révélé la possibilité de transformer des larves ordinaires en reines lorsque la mère de la colonie est disparue.

I.4 La situation de l'apiculture dans le monde :

La pratique de l'apiculture varie considérablement en fonction de la région, du pays et du continent. Cette diversité s'explique par les différences de climat, de flore ainsi que par les conditions techniques et organisationnelles propres à chaque lieu d'exercice de l'apiculture (**BOUCIF, 2017**).

Selon la **FAO** (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) en **2010**, le nombre d'apiculteurs dans le monde était estimé à 6,6 millions. En ce qui concerne le nombre de ruches, il s'élevait à 92 265 141, et la production mondiale de miel atteignait 18 508 868 tonnes en **2018**, selon les données de la **FAOSTAT** pour cette année.

En termes de répartition géographique de la production de miel, l'Asie est le principal producteur avec 42,3% de la production mondiale, suivie par l'Europe avec 23,2% et l'Amérique avec 21,7%. L'Afrique représente 10,8% de la production totale, tandis que l'Océanie a la part la plus faible avec seulement 2% de la production de miel, selon les données de **la FAOSTAT en 2021**.

Dans le contexte du commerce mondial, les trois principaux pays producteurs de miel sont la Chine avec une production de 353,467.14 tonnes, suivie de la Turquie avec 83,431.08 tonnes et des États-Unis avec 77,994.52 tonnes. L'Argentine occupe également une place importante avec une production de 76,062.09 tonnes. D'autres pays figurent parmi les principaux producteurs mondiaux, tels que l'Ukraine, l'URSS (ancienne Union soviétique), le Canada, le Mexique, l'Inde et l'Iran (**FAOSTAT, 2021**).

I.5 L'Apiculture en Algérie :

L'élevage apicoles en Algérie est une pratique ancestrale qui remonte à une époque lointaine, dont les origines sont difficilement retracées. Les musulmans, en particulier ceux du Maghreb, étaient reconnus comme de fervents amateurs de miel. Une grande variété de leurs pâtisseries et plats traditionnels étaient préparés avec du miel (**SKENDER, 1972**).

L'Algérie possède un potentiel apicole considérable. L'abeille algérienne, étroitement liée à l'abeille noire européenne, est bien adaptée aux différents écosystèmes du pays. Elle bénéficie d'une flore mellifère abondante, à la fois spontanée et cultivée, à l'exception des régions non cultivées et désertiques. L'apiculture est largement pratiquée dans les régions montagneuses densément peuplées telles que les Aurès, la Kabylie et le Dahra. De plus, elle est répandue dans les plaines côtières telles qu'Annaba, la Mitidja, Relizane et Oran, ainsi que dans les vallées des grands oueds tels que l'oued El-Kébir, la Soummam, l'Isser, l'oued El Hammam et la Tafna (**GRIESSINGER, 1986**).

Comme de nombreux pays dans le monde, notamment dans la région arabe, l'Algérie est réputée pour être un consommateur important de miel. Cependant, malgré cette tradition, l'Algérie n'a pas encore atteint l'autosuffisance en termes de la production apicole (**BADREN, 2016**).

En Algérie, il existe actuellement 51 539 apiculteurs déclarés et environ 1,6 million de colonies apicoles réparties dans différentes régions telles que le Nord, les montagnes, les steppes et les régions du Sud. Le pays produit 13 types de miel : miel d'agrumes, d'eucalyptus, de romarin, de lavande, de jujubier, d'euphorbe, d'arbousier, de carotte sauvage, de thym, d'origan, de peganum (harmel), de caroubier, de chardon et un miel de toutes les fleurs du printemps (**AIT YOUNES, 2020**).

Parmi les treize wilayas du Nord de l'Algérie, neuf d'entre elles sont reconnues pour leurs riches possibilités apicoles. Il s'agit d'Alger, Oran, Mostaganem, Chlef, Constantine, Annaba, Tizi-Ouzou, Tlemcen et Sétif. Dans ces wilayas, les agrumes constituent l'élément principal de la flore mellifère cultivée (**SKENDER, 1972**).

I.6 Présentation de l'abeille :

Le terme « abeille » dérive du mot latin *Apis* qui signifie « mouche à miel » (LEHEBEL, 2014). Les abeilles sont des insectes sociaux appartenant à l'ordre des hyménoptères (ADAM, 2010 ; CLEMENT, 2011). Elles ont fait leur apparition sur Terre il y a environ 45 millions d'années, bien avant l'arrivée de l'homme (ZAHRADNIK, 1984 ; RUTTNER, 1988). Des fossiles d'abeilles ont même été découverts dans de l'ambre de la Baltique, datant de plus de 60 millions d'années, selon des paléontologues cités par WINSTON en 1993.

Les abeilles les plus connues et les plus utilisées en apiculture appartiennent au genre *Apis*, plus précisément à l'espèce *Apis Mellifera*. Cette espèce englobe plusieurs races géographiques qui peuplent actuellement l'Europe, l'Afrique, l'Asie occidentale, l'Amérique du nord, l'Amérique sud, l'Australie et la nouvelle Zélande (SCHMIDT, 2013).

I.7 Répartition géographique de l'abeille d'*Apis mellifères* en Algérie :

L'apiculture est une pratique courante dans les régions agroécologiques et s'intègre parfaitement aux les systèmes de production arboricole les systèmes montagneux, les oasis et les plaines (ANUPAMA et al., 2003). Et selon les mêmes auteurs, Le cheptel apicole algérien est constitué de deux races, *Apis Mellifera Intermissa* et *Apis Mellifera Sahariensis*.

I.7.1 La sous espèce *Apis Mellifera Intermissa* (BUTTEL REEPEN, 1906) :

En 1906, BUTTEL REEPEN a décrit et classée une espèce d'abeille connue sous divers noms tels que l'Abeille tellienne, punique ou encore l'abeille noire (RUTTNER et al., 1978). Cette espèce d'abeille, appelée *Apis Mellifera Intermissa* (figure 01), est présente dans le Nord de l'Afrique notamment au Algérie, Tunisie, et Maroc, s'étendant de l'Atlantique à la Lybie, et pouvant également être trouvée sur les îles avoisinant les côtes, y compris Malt et probablement les Canaries.

D'un point de vue morphologique, l'*Apis Mellifera Intermissa* se distingue par sa grande taille et sa pigmentation uniformément foncée, avec quelques légères nuances plus claires sur les tergites abdominaux et le scutellum. Sa langue mesure en moyenne 6,5 mm de longueur et sa pilosité est courte (RUTTNER, 1988).

Cette race d'abeille a tendance à essaimer, présente un comportement agressif et utilise abondamment de la propolis (RUTTNER, 1988). On la retrouve principalement dans le Nord de l'Afrique notamment en Algérie, Maroc et Tunisie, ainsi que le long de la côte méditerranéenne (CORNUET et al., 1988 ; GRISSA et al., 1990).

I.7.2 La sous espèce *Apis Mellifera Sahariensis* (BALDENSPERGER, 1922) : (abeille jaune) :

Cette espèce d'abeille se trouve à la fois dans le sud-ouest algérien et dans les oasis du sud du Maroc. Les colonies sont relativement peu peuplées, mais les abeilles présentent une remarquable résistance aux conditions climatiques extrêmes, y compris des températures allant de - 8° à 50° (RUTTNER, 1968).

Cependant, selon **RUTTNER et ses collègues (1978)**, *Apis Mellifica Sahariensis* (figure01) est considérée comme une race distincte. Elle n'est présente que dans quelques poches géographiquement isolées. Néanmoins, cette race se distingue par sa rusticité et sa capacité à faire face aux fortes variations de températures qui sévissent dans ses zones de répartition.

De plus, les abeilles de cette race possèdent une langue plus longue, ce qui leur permet d'atteindre les glandes nectarifères situées au fond des fleurs de végétation, telles que les palmiers dattiers et plusieurs espèces d'arbres fruitiers. Les populations se nourrissent également de maïs et d'orge, tandis que le long des routes et des pistes, on trouve des plantations d'eucalyptus et de tamarix. Dans les vastes étendues désertiques, on trouve des genêts, des saxifrages, des plantes de la famille des composées épineuses et des trèfles qui fleurissent à différentes périodes, assurant ainsi une importante production de miel de très bonne qualité (**CHEFROUR, 2007**).



(A) *Apis Mellifera Intermissa* ([web 01](#)). (B) l'abeille saharienne (**CHAHBAR, 2020**).

Figure 1 : photos illustrant les deux types d'abeilles existants en Algérie.

I.8 L'importance d'abeille :

L'apiculture, bien que largement pratiquée à petite échelle, demeure souvent méconnue malgré sa prévalence. Il est fréquent de parcourir des villages sans réellement prendre conscience des activités apicoles qui s'y déroulent, ces dernières passant généralement inaperçues et suscitant peu d'intérêt (**NICOLA, 2011**).

I.8.1 Dans la pollinisation :

Afin de souligner l'importance inestimable de l'abeille domestique, il est essentiel de rappeler que la majorité des plantes à fleurs dépendent partiellement ou totalement de sa pollinisation. En effet, les abeilles jouent un rôle fondamental en tant que pollinisateurs au sein de l'écosystème (**CELLI et al., 2002**).

I.8.2 Rôle biologique :

L'abeille doit parfois visiter plus de mille fleurs afin de remplir son jabot de 70mg de nectar. En une heure, une butineuse peut visiter entre 600 à 900 fleurs. Au cours de ses multiples visites de fleurs, l'abeille transporte des grains de pollen, ce qui favorise à la fois l'autopollinisation et allopollinisation (**TOULLEC, 2008**).

Bien que certaines cultures, telles que le maïs et le blé, se reproduisent sans l'intervention d'insectes, d'autres dépendent largement des insectes pollinisateurs pour produire des graines ou des fruits. Parmi ces cultures, on peut citer le tournesol pour la production d'huile, les légumineuses comme la luzerne, les arbres fruitiers tels que le pommier, les cultures potagères comme la tomate, ainsi que les cultures florales telles que la violette. Il est donc essentiel de souligner l'importance des abeilles pour l'agriculture et l'alimentation humaine et animale. Les cultures qui dépendent de la pollinisation par les insectes obtiennent de meilleurs rendements lorsque des abeilles sont présentes dans les environs (**PATERSON, 2008**).

I.8.3 Rôle économique :

En effectuant la collecte de nectar et de pollen lors de son butinage, l'abeille joue un rôle actif dans le processus de pollinisation des espèces végétales sauvages telles que l'aubépine (*Crataegus Oxyacantha*), l'églañtier (*Rosa Canina*) et le sorbier (*Sorbus Domestica*), ainsi que des plantes cultivées. Cette activité contribue de manière significative à la reproduction de ces plantes, tout en améliorant les rendements des récoltes (**TOULLEC, 2008**).

I.8.4 Rôle d'indicateur biologique :

Les abeilles sont considérées comme des indicateurs biologiques de premier plan en raison de leur capacité à révéler la dégradation chimique de leur environnement. Cette révélation se manifeste à travers deux signaux distincts : le taux de mortalité variable ainsi que les différents niveaux de dommages subis par les abeilles elles-mêmes en présence de substances phytosanitaires couramment utilisées en agriculture. Les traces résiduelles de ces substances peuvent être détectées sur le corps des abeilles ou dans les produits de la ruche. De plus, l'activité des abeilles peut également signaler la présence d'antiparasitaires ou d'autres agents polluants tels que les métaux lourds et les radionucléides, qui peuvent être identifiés grâce à des analyses de laboratoire (**SABATINI, 2005**).

Il est important de noter que l'importance des abeilles ne se limite pas au seul aspect économique, mais s'étend également à l'environnement en garantissant la durabilité de nombreuses espèces végétales sauvages. Par ailleurs, les abeilles présentent un intérêt scientifique en raison de leur aire de répartition étendue et de caractéristiques uniques telles que l'haplodiploïdie et la polyandrie. En tant qu'insecte social, le comportement des abeilles est complexe, ce qui se reflète dans leurs activités au sein et à l'extérieur de la ruche. En conséquence, les abeilles constituent l'un des meilleurs modèles d'étude pour comprendre l'évolution des insectes (**SPOONAMOR et al., 1993**).

I.9 La ruche, l'habitat des abeilles :

D'après **VON FRISH, 1969**, lorsqu'elles sont laissées à elles-mêmes, les abeilles se réfugient naturellement dans des abris tels que des arbres creux, des toits ou des saillies rocheuses. Afin de les exploiter à des fins économiques, l'homme a commencé à installer des troncs d'arbres, des paniers en osier ou d'autres structures similaires à proximité de ces emplacements naturels pour attirer les essaims. Progressivement, l'homme a réussi à aménager des habitats de plus en plus sophistiqués et accueillants pour les abeilles, et ces habitations construites par l'homme sont communément appelées des ruches.

Le terme "ruche" est utilisé pour désigner le refuge fourni par l'homme aux abeilles. Plusieurs ruches installées côte à côte forment un rucher (**BIRI, 1981 et BORNES, 1977**).

Les ruches sont généralement fabriquées en bois et servent d'habitat aux colonies d'abeilles. Dans la nature, les abeilles construisent leurs nids dans des cavités formées par des troncs d'arbres creux ou des fissures. En apiculture moderne, les ruches à cadres mobiles sont les plus couramment utilisées. Elles permettent à l'apiculteur d'inspecter et de manipuler ses colonies (**AYME, 2014**).

I.10 Les produits de la ruche :

Les abeilles se distinguent en tant qu'experts chimistes au sein du règne animal. Leur réussite est largement attribuée à leur maîtrise de la chimie et à l'exploitation de leurs produits naturels (figure 02) tels que le miel, la cire d'abeille, le venin, la propolis, le pollen et la gelée royale. Parmi ces produits, la cire d'abeille, le venin et la gelée royale sont synthétisés chimiquement par les abeilles elles-mêmes, tandis que les trois autres sont dérivés de plantes et subissent des transformations et manipulations par les abeilles pour répondre à leurs besoins spécifiques. L'utilisation stratégique de ces produits chimiques contribue grandement à l'étonnant succès des abeilles (**SHMIDT, 1997**).

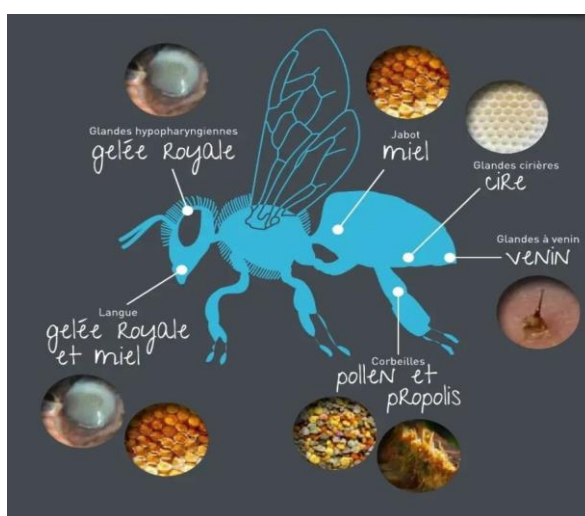


Figure 2: les sept produits de la ruche (**Roberti, 2011**).

I.10.1 Le miel :

Depuis des temps immémoriaux, l'homme a collecté du miel, qui a longtemps été l'un des rares produits sucrés disponibles aux côtés des fruits. Cette rareté en faisait un bien précieux et très recherché. Le miel est la principale production apicole (figure 03) et peut être consommé tel quel ou utilisé comme ingrédient dans des produits dérivés (BOURG, 2012). Le miel est également le premier produit d'apithérapie largement connu. Sa saveur et sa couleur varient en fonction de la région géographique d'où il est récolté (FRATELLONE, 2015).

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par des abeilles à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plante ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, stockent et font mûrir dans des rayons à miel (CODEX STANDARD, 2001).



Figure 3: photo de différents types de miel (original).

I.10.2 Le pollen :

Le terme "pollen" dérive du mot grec "Palê" (figure04), qui signifie farine ou poussière pollinique. Il représente l'élément fécondant mâle de la fleur, produit par les étamines des fleurs. Sous forme de minuscules grains de forme ovoïde, il est initialement contenu dans les anthères à l'extrémité des étamines (KIELISZEK et al., 2018, MĂRGĂOAN et al., 2019).

Le pollen constitue la seule source de protéines pour les colonies d'abeilles et est la base de leur alimentation. Il joue un rôle important en stimulant l'activité des glandes nourricières des abeilles nourrices, qui produisent la gelée royale nécessaire à l'alimentation des larves (SAURY, 1981). Les abeilles récoltent du pollen tout au long de l'année (PROST, 1987 ; 2005).

Une partie de la récolte de pollen des abeilles est perdue (environ 10%) et tombe dans l'environnement où l'apiculteur peut la collecter.

Dans la ruche, le pollen est stocké dans des alvéoles, de la même manière que le miel. Bien qu'il ne subisse pas de transformations, il est souvent mélangé au miel dans les mêmes alvéoles, formant ainsi ce que l'on appelle le "pain d'abeille" (GOUT et JARDEL, 1998).



Figure 4: des grains de pollen commercialisés dans des bocaux de verre (original).

I.10.3 La cire d'abeille :

La cire d'abeille est une substance de couleur crème utilisée par les abeilles pour construire les rayons qui structurent leur nid (figure 05). Une cire d'une pureté élevée est blanche, mais sa teinte jaune est attribuée à la présence de pollen et d'autres substances. La production de cire est commune à toutes les espèces d'abeilles (BRADBEE et al., 2010).

La cire d'abeille appelée scientifiquement *Cera Alba*, est une substance jaunâtre et fusible produite par les glandes cirières des jeunes ouvrières. Elle se présente sous forme d'écailles transparentes mesurant environ 1,5 mm de long sur 1 mm de large. Ces écailles se forment lorsque les quatre paires de glandes cirières situées sous l'abdomen de l'abeille s'ouvrent.

La cire fraîche est de couleur blanche, mais elle prend une teinte brune au fil des mois. Elle doit être conservée au sec, et elle se présente sous forme solide à une température de 20°C, devient cassante en dessous de 18°C et acquiert une texture plastique entre 35 et 40°C (PROST, 2005 ; BOGDANOV, 2006 ; STRAUB, 2007).

La cire joue un rôle crucial pour les abeilles, car une grande quantité de nectar utilisé comme nourriture est transformée en matériau pour la construction des rayons. C'est pourquoi la cire est constamment retirée, malaxée et recyclée à l'intérieur du nid (LEVEN et al., 2005).



Figure 5: photo de la cire de l'abeille (**original**).

I.10.4 La gelée royale :

La gelée royale est le produit sécrété par les glandes hypo pharyngiennes et mandibulaires des ouvrières âgées de 5 à 14 jours. Elle se présente sous forme d'une substance visqueuse, de couleur blanchâtre, avec une odeur phénolique et acide (figure 06) (**KHENFER et FETTAL, 2001**). Elle constitue la nourriture de toutes les larves jusqu'au troisième jour et de la reine tout au long de sa vie. Sa composition comprend environ 12% de protéides, 12% de glucides, 5% de lipides et 65% d'eau. Elle apporte environ 140 calories aux 100g (**JANSEGGERS, 2007**).

La gelée royale joue un rôle essentiel dans la reproduction, la croissance, l'immunité et l'organisation sociale des abeilles. Chaque année, Une ruche produit quelques centaines de grammes de gelée royale, destinée à la consommation des larves et de la reine. Sa production est stimulée par une alimentation riche en pollen (**TOULLEC, 2008**).

En effet, grâce à sa composition qualitative et quantitative exceptionnelle, la gelée royale présente des propriétés régénératrices et reconstructrices de la peau, notamment en ce qui concerne le vieillissement de l'épiderme ainsi que divers problèmes esthétiques tels que la déshydratation, l'excès de sébum et les rides persistantes. Des cures de gelée royale par voie orale peuvent également être recommandées pour lutter contre le vieillissement (**LEGRAND, 1987 ; DRAIAIA, 2016**).

Cependant, il convient de noter que peu de recherches scientifiques ont mis en évidence les bienfaits de la gelée royale sur la santé humaine. Néanmoins, des expérimentations in vitro et in vivo ont permis d'observer des effets physiologiques et pharmacologiques de la gelée royale chez les mammifères, notamment des activités vasodilatatrices, hypotensives, anti-hypercholestérolémiques et anti-inflammatoires (**FUJII, 1995 ; MATEESCU, 1999**).



Figure 6: jeunes larves de reine flottant dans la gelée royale ([web02](#)).

I.10.5 La propolis :

La propolis est une substance présente à l'entrée de la ruche qui joue un rôle de protection de la colonie. Elle est considérée comme le médicament de la ruche. La propolis est produite à partir de résines végétales sécrétées par les bourgeons et l'écorce de certains arbres tels que le peuplier, le bouleau, l'aulne, le frêne, le saule, l'épicéa, etc. Ces résines végétales sont elles-mêmes destinées à protéger les jeunes cellules des arbres. La composition de la propolis peut varier en fonction des espèces végétales visitées par les abeilles. On a identifié plus de 150 constituants différents qui composent la propolis (**BAKIRI, 2018**).

La propolis (figure 07), de couleur jaunâtre, est utilisée par les abeilles pour colmater les fissures de la ruche. Elle présente des propriétés antimicrobiennes, fongicides et antibiotiques remarquables (**JANSERGERS, 2007**).



Figure 7: photo de la propolis brute conditionnée (**original**).

I.10.6 Le venin :

Le venin d'abeille (figure 08) est synthétisé par des glandes situées à la partie postérieure de l'abdomen des ouvrières et de la reine. Il s'accumule dans le sac à venin qui est relié à l'aiguillon piqueur. Les mâles, quant à eux, ne possèdent pas de glandes à venin. Les ouvrières utilisent leur aiguillon pour se défendre et protéger la colonie, tandis que la reine n'utilise son aiguillon que lorsqu'elle est en confrontation avec une autre reine. Le venin est un liquide transparent qui dégage une odeur prononcée et d'un goût âcre (**JEAN, 2007**).

Le venin d'abeille est considéré comme un produit mineur de la ruche. En effet, il faut environ 10 000 abeilles pour récolter 1 gramme de venin (**BRADBEAR, 2010**).

L'industrie pharmaceutique utilise ce venin pour produire des pommades et des produits à usage interne dans le traitement des rhumatismes (**ARMIN, 2010**).



Figure 8: le venin d'abeille ([web 03](#)).

I.10.7 Le pain d'abeille :

Les abeilles ont développé leur propre méthode naturelle de conservation et d'assimilation du pollen des fleurs, appelée pain d'abeilles. Cette préparation constitue la principale source d'alimentation des abeilles en élevage et est également consommée par les nourrices qui produisent la gelée royale (**BALLOT-FLURIN, 2010**).

Le pain d'abeilles (figure 09) est un produit peu connu du grand public et assez rare. Il est obtenu par le mélange du pollen récolté par les abeilles avec une sécrétion salivaire riche en enzymes de l'insecte, qui subit ensuite une fermentation dans les alvéoles de la ruche. Cette préparation permet aux abeilles de stocker et d'utiliser efficacement le pollen comme source de nutriments. (**FOURNIER, 2009**).



(A) : cellules avec du pain d'abeille, de couleurs différentes (photo de Helin Loik Tomson)
(B) : morceaux de pain d'abeille (photo de Geshas). [\(Web 04\)](#).

Figure 9: photos illustrant des différents types de pain d'abeille.

I.10.8 Les larves :

En apiculture, le couvain désigne l'ensemble des œufs, des nymphes et des larves présents dans la ruche (figure10), appartenant à différentes castes, notamment les ouvrières, les faux bourdons et les reines. Les larves des faux bourdons sont celles qui sont principalement consommées (MUTSAERS et al., 2005).



Figure 10: photo de larves d'abeille [\(web 05\)](#).

Dans certains pays, il est courant de consommer le couvain, soit sous forme de rayons entiers, soit en ne consommant que les larves et les nymphes. Par exemple, en Afrique, les larves et les nymphes sont préparées après avoir été retirées des rayons à l'aide d'un pic.

En Indonésie, des rayons de couvain operculés de l'espèce d'abeilles *Apis Cerana*, la plus courante dans le pays, sont disponibles sur le marché. Les enveloppes des nymphes et les peaux brunes sont accommodées avec des épices locales, ce qui donne à ce plat un goût relevé.

En Europe de l'Est, les apiculteurs consomment les larves mâles en raison de leurs substances à caractère hormonal fortifiant. Ces larves sont également recommandées pour les troubles liés au vieillissement et les périodes de convalescence. Elles constituent également une source d'énergie supplémentaire bénéfique aux sportifs, par exemple. En Asie, le couvain mâle est également utilisé en apithérapie (MUTSAERS et al., 2005).

I.10.9 Le nectar :

Le nectar est un liquide sucré et parfumé produit par les fleurs des plantes supérieures (figure 11) (BIRI, 1976). Les abeilles le collectent et le stockent dans leur jabot, une poche située dans leur abdomen. Le nectar est une importante source de nourriture pour les abeilles, car il contient des glucides (LINTERMENS et OYENBRUGSTRAAT, 2011).

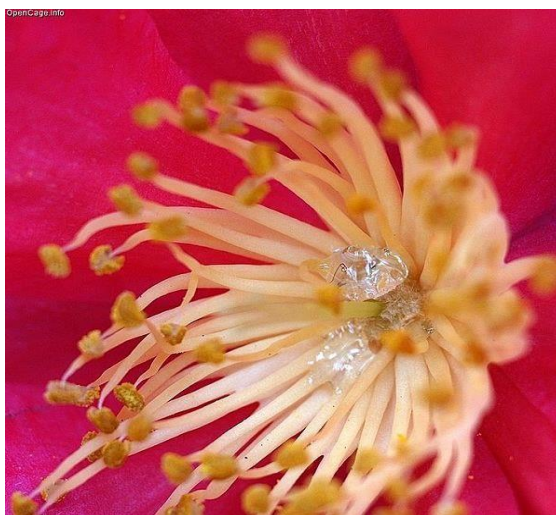


Figure 11: production de nectar par une fleur de camellia ([web 06](#)).

I.10.10 Le miellat :

Le miellat (figure12) est un liquide sucré produit par diverses espèces d'insectes parasites qui vivent sur les feuilles de nombreuses plantes Selon les recherches de (BIRI, 1999).

Pendant certaines périodes, notamment au début de l'été, la population de ces insectes peut augmenter rapidement, ce qui entraîne l'excrétion abondante de miellat à partir de leur abdomen. Le miellat peut recouvrir une grande partie de la plante, en particulier les feuilles sur lesquelles ils se nourrissent, comme l'a noté PHILLIPE en 2007.

Le miel dérivé du miellat présente une couleur sombre et un goût agréable. Il est également très riche en sels minéraux. Contrairement au nectar, les miellats contiennent une quantité importante d'éléments indigestes pour les abeilles, y compris certains sucres polyholosides, comme l'a souligné BIRI en 1999.



Figure 12: photos illustrant à gauche une abeille sur une fleur de ronce butine le nectar sécrété et à droite une abeille sur un épicéa récolte les gouttes poisseuses excrétées par les insectes piqueurs-suceurs (Photo de Didier Bettens) [\(web 07\)](#).

Chapitre
II :
La propolis

II. Généralités sur la propolis :

II.1 La propolis :

La propolis (figure13) est une substance résineuse naturelle et collante collectée par les abeilles ouvrières (principalement *Apis Mellifera*) à partir des sécrétions résineuses de nombreuses plantes : mucus, gommés, résines et gommés, et des bourgeons foliaires de différentes espèces végétales comme les palmiers, les conifères, l'aulne, le peuplier., bouleau, pin et hêtre. Ces sécrétions sont mélangées à sa salive, qui est partiellement hydrolysée par ses enzymes. Les abeilles utilisent ce composé complexe pour se protéger des autres insectes et microbes (SANTOS et al., 2019).



Figure 13: propolis brute ([Web 08](#)).

II.2 Etymologie et historique :

Le terme « propolis » tire son origine étymologique du grec, se composant de deux parties : le préfixe « pro » signifiant « devant » ou « à l'entrée de », et le mot « polis » signifiant « communauté » ou « ville » (ANJUM et al., 2018).

Cette substance résineuse a été utilisée dans la médecine traditionnelle depuis l'Antiquité (SUNG et al., 2017). Les Romains, ainsi que d'autres scientifiques tels que Dioscoride, Galien, Aristote et Pline, ont découvert les propriétés curatives de la propolis. Elle a été employée efficacement par les médecins pour traiter les blessures durant les batailles et même pendant la Seconde Guerre mondiale.

Les anciens Égyptiens utilisaient la propolis pour soigner les blessures, préserver les corps de la décomposition et momifier les morts. En outre, ses propriétés antibactériennes ont été reconnues en Europe entre le 17^{ème} et le 20^{ème} siècle. En Angleterre, la propolis était considérée comme le meilleur remède pour le traitement des blessures au 17^{ème} siècle (ANJUM et al., 2018).

II.3 Origines :

Que les composants de la propolis provenaient de trois sources distinctes (ALMSRGHITAS et al., 2013).

II.3.1 Végétale :

Les abeilles collectent des exsudats de plantes tandis que les bourgeons de peupliers, de pins, de bouleaux, de châtaigniers et d'érables sécrètent des résines, qui sont des substances lipophiles. De plus, les plaies végétales peuvent produire des résines ou des gommages végétales.

II.3.2 Animale :

La cire et la salive, Substances sécrétées par les abeilles.

II.3.3 Mixte :

Les matières supplémentaires qui sont présentes dans la propolis sont introduites pendant sa production, et elles comprennent le pollen, le nectar ou le miel. En se basant sur la flore algérienne, on peut conclure que notre propolis provient principalement du pin (*Pinus sp*), qui est présent dans les régions semi-arides. D'autres sources de propolis dans le nord-est du pays incluent le chêne (*Quercus suber* et *Quercus canariensis*), le châtaignier, le cyprès, le peuplier et le casuarina (DEBAB et al., 2016).

Le tableau suivant présente plusieurs types de propolis, en mettant en évidence les types les plus couramment rencontrés.

Tableau 1: les types de propolis les plus réponsus (CARDINAULT et al., 2012).

Type de propolis	Origine géographique	Origine botanique
Peuplier Ambrée à Brune	Europe, Amérique du Nord, Régions non tropicales D'Asie, Nouvelle-Zélande	<i>Populus spp</i> et principalement <i>P. nigra L.</i>
Verte de Brésil	Zone tropicale de Brésil	<i>Baccharis.Spp</i> principalement <i>B. Dracunulifolia DC</i>
Bouleau	Nord de la Russie	<i>Betula verrucosa</i>
Propolis rouge	Cuba, Venezuela	<i>Clusia rosea</i>
Propolis rouge	Cuba, Brésil, Mexique	<i>Dalbergia Ecastophyllum</i>
Méditerranéenne	Sicile, Grèce, Malte, Turquie	Famille <i>des Cupressacea</i>
Pacifique	Zone pacifique (Taiwan Okinawa, Indonésie)	<i>Macarangat Anarius Okinawa,</i> Indonésie

II.4 Description de la propolis :

La propolis (figure 14) est une matière résineuse que les abeilles (*Apis Mellifera L.*) récoltent sur les arbres et les plantes. Le matériau que les abeilles peuvent utiliser pour fabriquer la propolis est produit par divers processus botaniques dans différentes parties de la plante. Le matériel collecté est partiellement digéré par les abeilles qui l'ajoutent à la cire d'abeille pour former le produit final (propolis brute ou *propolisinnatura*).

Cette propolis brute est dure et cireuse à froid, mais douce et collante à chaud. Le matériau a une agréable odeur aromatique (DE GROOT, 2013).

Il existe plusieurs types de propolis selon l'écosystème de l'abeille. On trouve des propolis allant du jaune ambré au brun foncé, avec des variétés décrites comme vertes ou rouges (CARDINAULT et al., 2012).



Figure 14: aspect de la propolis ([web 09](#)).

II.5 Propriétés physico-chimiques de la propolis :

II.5.1 Caractéristiques organoleptiques :

- **Couleur** : elle varie considérablement en fonction de son origine botanique et géographique, allant du brun jaune, brun vert au brun rouge et même au rouge foncé.
- **Odeur** : la propolis dégage une odeur distincte et agréable de résine.
- **Gout** : la propolis à une saveur amère et piquante selon (TOZI, 2006).

II.5.2 Caractéristiques physiques :

- ❖ **Consistance** : La variable en question présente différentes propriétés selon la température. À une température de 15°C, elle se manifeste sous forme d'une substance dure et friable. À 30°C, elle devient molle, tandis qu'au-delà de cette température, elle acquiert une texture gluante et collante.

En moyenne, elle fond aux alentours de 60 à 70°C, bien que son point de fusion puisse atteindre jusqu'à 100°C, comme rapporté par (LAVIE, 1975 ; KRELL, 1996).

- ❖ **Solubilité** : La propolis présente une faible solubilité dans l'eau, mais elle est partiellement soluble dans des solvants tels que l'alcool, l'acétone, l'éther, le chloroforme et le benzène. Cependant, il est nécessaire d'utiliser un mélange approprié de différents solvants pour dissoudre la quasi-totalité de ses composants (LAVIE., 1975).
- ❖ **Densité** : en moyenne, elle se situe autour de 1,2 (TOZI et al., 2006).
- ❖ **Chauffée doucement au bain-marie** : elle présente une division nette en deux parties distinctes :
 - ✓ Une partie visqueuse qui s'écoule vers le bas.
 - ✓ Une autre partie liquide (cire de propolis) qui flotte à la surface et est largement utilisée dans le domaine de l'apiculture (LAVIE, 1975).

II.5.3 Compositions chimiques :

Il est extrêmement difficile de réaliser une analyse quantitative de la propolis en raison de sa grande diversité. Cependant, d'après (JEAN, 2015) sa composition peut être résumée comme suit :

- 50 à 55% de résines et de baumes, dont des métabolites secondaires.
- 25 à 35% de cire.
- 10% des huiles essentielles.
- 5% de pollen.
- 5% de matières diverses organiques et minérales. (Figure 15).

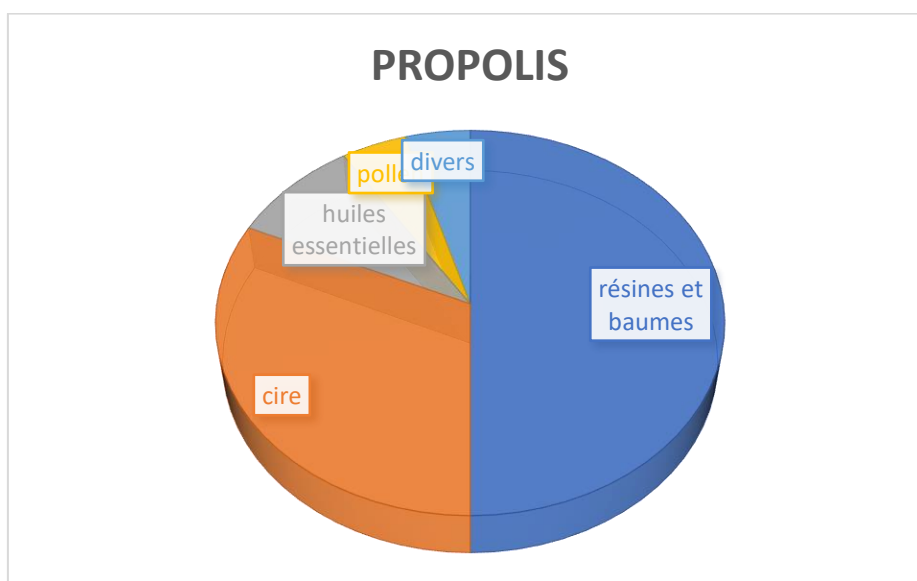


Figure 15: composition de la propolis (originale).

Il a été déterminé par des analyses chimiques que la propolis renferme plus de 300 constituants, parmi lesquels se trouvent des composés phénoliques, notamment des flavonoïdes en tant que composants principaux (YALFANI et al., 2013),

La propolis contient également des polysaccharides manégés, des terpènes, des acides aromatiques et des aldéhydes (ROMANO et al., 2003).

En plus de ces composés, la propolis contient également des micro et macroéléments. Environ 30 éléments ont été identifiés dans la propolis, tels que le calcium, le magnésium, le zinc, le cuivre, le silicium, le fer, et l'aluminium en plus grande quantité. On y trouve également des vitamines du groupe B, ainsi que les vitamines C, D et E, ainsi que la provitamine A (GORECKA et al., 2013).

La combinaison de ces substances, qui produit probablement un effet synergique, est essentielle pour son activité biologique (YALFANI et al., 2013).

II.6 La récolte de la propolis

La propolis est d'abord récoltée par les abeilles avant d'être collectée par l'homme.

II.6.1 Par les abeilles :

La récolte de la propolis (figure16) est effectuée par un nombre limité d'abeilles ouvrières butineuses (donc en fin de vie). Ces ouvrières sont certainement très douées pour cette activité, car elles ne semblent guère effectuer d'autres travaux (comme la collecte de nectar) au sein de la colonie même lorsque le besoin s'en fait sentir. Leur travail se limite à colmater l'intérieur de la ruche (DONADIEU, 1981).



Figure 16: récolte de propolis par l'abeille ([web10](#)).

II.6.2 Procédés de la récolte :

Cette récolte a été réalisée de la manière suivante :

La butineuse utilise d'abord ses antennes pour repérer la partie la plus intéressante de la source, puis l'attaque avec ses mâchoires, qui détachent alors les particules captées ; elle empile le pollen dans l'un des paniers avec ses pattes postérieures (paire 3), l'autre les pattes accumulent progressivement une boule (généralement plus petite que la boule de pollen) qu'elle va ramener à la ruche ; en rentrant dans la ruche, la récolte est déchargée par d'autres abeilles ouvrières au niveau du trou d'envol ou plus souvent là où la substance est utilisée, ce qui est une opération assez longue qui peut durer de une à plusieurs heures (**DONADIEU, 1981 ; DEBUYSER, 1984**).

II.6.3 Conditions de la récolte :

La réussite de cette récolte repose sur plusieurs éléments, parmi lesquels on peut mentionner ;(**DONADIEU, 1981 ; DEBUYSER, 1984**)

➤ **Facteurs saisonniers :**

Selon les circonstances, la récolte a lieu en début de saison, c'est-à-dire au printemps, mais le plus souvent et principalement à la fin de la miellée ou à l'approche de l'automne, lorsque la colonie commence à se préparer à l'hivernage ;

➤ **Facteurs géographiques :**

L'étude a révélé que les ruches situées dans les zones forestières récoltent plus que les ruches situées dans les plaines ;

➤ **Facteurs climatiques (température) :**

Les abeilles qui « récoltent » la propolis le font généralement par temps chaud (les températures sont généralement supérieures à 20°C) et au moment où elles sont le plus exposées à la chaleur (c'est-à-dire entre 10h et 15h30) activité moyenne), c'est que la substance collectée est trop dure pour être utilisée en dehors de ces horaires ;

II.6.4 Par l'apiculteur :

❖ **La récolte par raclage :** (figure17)

La récolte de propolis peut être réalisée en raclant et en grattant les cadres ou les parois de la ruche. Il est préférable de le faire lorsque la température est assez basse, car la propolis est alors dure et friable, ce qui facilite son détachement.

Cependant, cette méthode simple ne garantit pas la qualité du produit récolté, car son âge est indéterminé et il peut contenir des contaminants provenant des traitements utilisés dans la ruche. De plus, il peut y avoir des impuretés telles que des particules de bois ou des abeilles. Une méthode de récolte systématique consiste à prélever la propolis sur la tête des cadres, ce qui permet d'obtenir un produit frais (**BRUNEAU, 2012**).



Figure 17: récolte par raclage ([web 11](#)).

❖ **Utilisation de grille à propolis :** (figure18)

Les cadres peuvent être équipés de grilles spéciales qui se fixent directement sur leur tête, sans nécessiter d'isolant supplémentaire. Ces grilles, fabriquées en bois, en plastique souple moulé ou en métal inoxydable, sont conçues pour faciliter la récolte ponctuelle des ruches pendant les périodes de forte production, sans perturber les opérations de traitement habituelles.



Figure 18 : grille à propolis ([web 12](#)).

La grille en bois facilite le grattage immédiat des barreaux. Les autres grilles doivent être placées au froid, en les surgelant. En torsion de la grille, la propolis durcie se détachera facilement. Il est préférable de travailler dans une pièce froide car les grilles s'adaptent rapidement à la température ambiante.

Idéalement, la récolte devrait avoir lieu après la récolte estivale et avant ou après le traitement d'été, en fonction du produit utilisé ou de la technique biotechnique employée contre le varroa. La quantité récoltée par ruche peut varier considérablement en fonction des abeilles et de l'environnement. En général, elle se situe entre 100 et 300 grammes de produit brut par an et par ruche.

Certaines techniques intensives, axées principalement sur l'augmentation de la ventilation des ruches, permettent aux apiculteurs d'atteindre jusqu'à 800 ruches par an avec des abeilles productives (BRUNEAU, 2012).

II.7 La conservation de la propolis :

La propolis peut être facilement conservée dans de bonnes conditions, sans nécessiter de contraintes spéciales pour la plupart de ses présentations. Cependant, il est recommandé de la stocker dans des récipients opaques, bien fermés et à l'abri de la chaleur, notamment pour les formes qui nécessitent des conditions strictes de conservation à long terme (DONADIEU, 1981).

Des expériences ont montré que le stockage prolongé de la propolis n'affecte pas sa composition chimique ni son activité antibactérienne. Il est suggéré d'utiliser de la propolis fraîche pour obtenir les meilleurs effets et résultats possibles (DONADIEU, 1981).

Par ailleurs, il convient de noter que la lyophilisation de la propolis, qui consiste à la dessécher par congélation à basse température suivie d'une sublimation sous vide, permet d'obtenir une poudre poreuse qui se conserve indéfiniment sous vide et se dissout instantanément dans l'eau. Ce procédé de conservation maintient également son action antibiotique, ce qui en fait une méthode intéressante à considérer pour une utilisation à plus grande échelle dans un avenir proche (DONADIEU, 1981).

II.8 Extraction et purification :

Les biologistes slovènes ont développé un procédé de purification par ultrasons breveté qui permet d'obtenir un mout de propolis extrêmement pur tout en préservant ses vertus originales, après de longues années de recherche (BOZCUK et LMEZ, 2003).

Ce procédé permet d'extraire entre 70% et 80% des substances actives de la propolis, tandis que la méthode traditionnelle d'extraction à l'alcool n'en retire que 30% à 40% (BROUDISCOU et al., 1997).

II.9 Rôle de la propolis dans la ruche :

Une fois récoltée des plantes dont elle est issue et ramenée à la ruche, la propolis est utilisée par les abeilles de différentes manières :

Elle sert de ciment pour colmater les fissures de leurs habitats, réduisant ainsi les ouvertures de vol afin de mieux contrôler le passage des intrus et de se protéger du froid (KOLANKAY, 2002).

La propolis agit également comme un isolant thermique idéal (JEAN et al., 2005).

Les abeilles utilisent la propolis comme traitement antiseptique pour les cellules de cire avant la ponte de la reine, en l'appliquant en fine couche pour favoriser le développement harmonieux de l'œuf (BURDOCK., 1998 en YACINE., 2014 ; KOLANKAY et al., 2002).

En recouvrant l'intérieur de leur habitat d'une fine pellicule de propolis, les abeilles se protègent des maladies, ce qui contribue à leur lutte biologique (JEAN et al., 2005).

La propolis est également utilisée pour embaumer les corps des prédateurs gourmands de miel (comme le Sphinx à tête de mort et les petits rongeurs) qui sont tués par les abeilles et dont elles ne peuvent pas évacuer en raison de leur poids (**JASPRICA, 2007**). Cette pratique évite la contamination des abeilles par des maladies provenant de ces prédateurs.

II.10 Utilisation de la propolis :

II.10.1 Par l'abeille :

Les abeilles utilisent la propolis dans la ruche à plusieurs fins, telles que boucher les trous pour empêcher les courants d'air indésirables, lisser les parois intérieures, imperméabiliser les parois pour éviter l'excès d'humidité et protéger l'entrée contre les intrus. La propolis joue un rôle crucial en tant qu'arme chimique pour combattre les parasites et les pathogènes.

Des études ont même révélé que la propolis peut avoir un rôle plus subtil dans les mécanismes d'immunité de la colonie, ce qui pourrait être considéré comme une forme d'automédication pour la colonie. Une particularité de l'utilisation de la propolis par les abeilles est son utilisation pour momifier les cadavres de leurs ennemis. En recouvrant les cadavres avec cette substance, les abeilles empêchent leur décomposition et évitent ainsi le développement éventuel de microorganismes. De plus, la propolis contribue au maintien du microclimat et à l'isolation thermique de la ruche (**PIERRE et YEVES, 2005**).

II.10.2 Par l'homme :

La propolis, un produit naturel produit par les abeilles, est largement utilisée par les humains en raison de ses propriétés antiseptiques et antibiotiques. Elle trouve une utilisation variée dans différents domaines :

❖ Utilisation en cosmétique :

La propolis et ses extraits ont trouvé une utilisation étendue dans les domaines de la dermatologie et de la cosmétique, comme mentionné dans l'étude de (**DEHMOUCHE et al., 1988**).

Des chercheurs ont réalisé de nombreuses études sur les effets de la propolis sur la régénération et la rénovation des tissus. Grâce à ses propriétés bactéricides et fongicides, la propolis présente de nombreux avantages dans diverses applications, comme souligné par (**KRELL, 1996**).

❖ Utilisation en médecine :

La propolis est couramment utilisée en médecine traditionnelle et en apithérapie pour ses propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales, anti-inflammatoires, antiulcéreuses, hépato protectrices et antitumorales.

La propolis est employée pour traiter différentes affections, notamment :

- ❖ Les troubles cardio-vasculaires ;
- ❖ Les infections variées des voies respiratoires ;
- ❖ Les soins dentaires ;
- ❖ Les ulcères ;
- ❖ Les infections des muqueuses et des lésions ;
- ❖ Le cancer.

La propolis est également utilisée pour renforcer et stimuler le système immunitaire (**KRELL, 1996**).

❖ **Utilisation en technologie alimentaire :**

Bien que certains composants de la propolis puissent être néfastes pour la santé humaine, (**KRELL, 1996**).

Ses activités antioxydantes, antibactériennes et antifongiques en font un ingrédient prisé dans le domaine de la technologie alimentaire, généralement bénéfique pour la santé. Elle peut être utilisée comme conservateur dans les emballages alimentaires et pour prolonger la durée de conservation des poissons lors de la congélation (**DONADIEU, 1981**).

II.11 Propriétés thérapeutiques :

Un grand nombre de recherches études centrées sur les propriétés pharmacologiques et biologiques présents par propolis, la littérature scientifique a rapporté et confirmé bon nombre d'activités santé de la propolis. (**CARDINALAT et al., 2012**).

II.11.1 Activité antibactérienne :

Des chercheurs ont examiné l'effet antibactérien de la propolis et de ses extraits sur les bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Leurs résultats ont montré que la propolis possédait une activité antibactérienne efficace contre un large éventail de souches à Gram positif, mais son effet était limité voire inexistant contre les souches à Gram négatif. Les bactéries telles que *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacilles*, *Salmonella* et *Escherichia coli* étaient parmi celles inhibées par la propolis, selon une étude menée par (**CARDINALAT et al., 2012**).

II.11.2 Activité antivirale :

La présence des flavonoïdes dans la propolis confère à cette substance des propriétés antivirales efficaces contre différents virus tels que le poliovirus, les virus de type Herpes (grâce aux esters de l'acide caféique) et l'adénovirus. De plus, la propolis présente une certaine efficacité contre la grippe, l'hépatite B et la zona. Même les propolis contenant peu de flavonoïdes manifestent une action antivirale, qui peut être expliquée par la présence d'autres composants actifs tels que les sesquiterpènes et les naphthoquinones, qui sont présents dans les essences végétales (**CARDINALAT et al., 2012**).

II.11.3 Activité antifongique :

La propolis démontre une action antifongique envers les microorganismes du genre *Candida*, ainsi que les champignons *Aspergillus* et *Microsporium*, en plus d'être efficace contre les levures (CARDINALAT et al., 2012).

II.11.4 Activité anti-inflammatoire :

La propolis présente un effet anti-inflammatoire similaire à celui de l'aspirine, qui varie en fonction de la dose administrée. Les extraits aqueux de propolis semblent donner de meilleurs résultats. Ce sont les flavonoïdes présents dans la propolis qui sont responsables de cet effet, car ils inhibent la synthèse de NO et de PG, qui sont des inducteurs d'inflammation, et réduisent la production de cytokines inflammatoires par les monocytes/macrophages. Des études ont démontré que la propolis était bénéfique dans le traitement des trachéites et des pharyngites associées à une intubation prolongée lors d'une intervention chirurgicale. De plus, les composés terpéniques présents dans la propolis contribueraient également à son action anti-inflammatoire (GHARBI, 2011).

II.11.5 Activité anticancéreuse :

La propolis et ses composants phénoliques possèdent des propriétés anticancéreuses et chimio-préventives. Ces effets sont attribués à leur mécanisme d'action multiple, qui influence les voies apoptotiques au sein des cellules cancéreuses. Les extraits de propolis ainsi que les polyphénols isolés de la propolis ont montré leur capacité à rendre les cellules cancéreuses plus sensibles à l'apoptose induite par TRAIL (SZLISZKA et al., 2013).

II.11.6 Activité antioxydant :

Selon les connaissances scientifiques actuelles, les antioxydants ont la capacité de prévenir de nombreuses maladies telles que la dyslipidémie, l'hypercholestérolémie, le diabète et même le cancer. Des études in vitro ont démontré que la propolis possède un fort pouvoir antioxydant. Cette diminution du stress oxydant est attribuée à la présence de polyphénols, de flavonoïdes, d'acide caféique et d'artépilline C dans la propolis. L'activité antioxydante de la propolis est estimée à environ 70% de celle de la vitamine C (JEAN, 2015).

II.12 Effets biologiques associés à la propolis :

❖ Effet anticancéreux et cytotoxique de la propolis :

Dans une étude réalisée par ORSOLIC en 2010, il a été démontré que la propolis présente une activité chimio-préventive dans des modèles animaux et des cultures cellulaires. Cette activité est observée par plusieurs mécanismes, tels que l'inhibition de la synthèse d'ADN dans les cellules tumorales, l'induction de la mort cellulaire des cellules tumorales, ainsi que l'activation des macrophages par la production de facteurs capables de réguler la fonction des cellules B, T et NK.

En outre, **SFORCIN** en **2007** avait déjà signalé une augmentation de l'activité lytique des cellules NK contre les cellules tumorales grâce à une augmentation de la production d'anticorps.

Des études *in vitro* et *in vivo* ont également démontré que l'apigenine, le kaempferol et la quercétine ont considérablement augmenté l'apoptose en modulant l'expression et en renforçant l'activité apoptotique du ligand induisant l'apoptose associée au facteur de nécrose tumorale (TRAIL) contre les cellules cancéreuses résistantes à la cytotoxicité médiée par ce dernier. De plus, il a été constaté que la propolis affecte à la fois les voies apoptotiques intrinsèque et extrinsèque et régule l'activité du facteur de transcription NF-KB (**SZLISZKA et al., 2009 ; SZLISZKA et al., 2011**).

❖ **Effet anti-inflammatoire :**

Plusieurs mécanismes ont été avancés pour expliquer l'effet anti-inflammatoire de la propolis, qui est l'un de ses effets médicinaux importants. Ces mécanismes comprennent l'inhibition de l'activation de certaines molécules du système immunitaire, l'inhibition de certaines enzymes impliquées dans la voie métabolique de l'inflammation, telle que la synthèse de NO et de prostaglandines. En bloquant l'action de la prostaglandine synthétase, la propolis empêche la synthèse des prostaglandines, qui sont les composants responsables de la réaction inflammatoire. De plus, les flavonoïdes présents dans la propolis inhibent également la production de cytokines inflammatoires. L'effet anti-inflammatoire de la propolis est donc attribué à ces mécanismes, qui sont similaires à ceux de l'aspirine.

SONG et al en **2002** ont indiqué que l'EEP inhibait non seulement l'activité catalytique du NO mais aussi l'expression de son gène au niveau de la transcription par la suppression de l'activation de NF-κB (**nuclear factor-kappa B**). Il stimule l'activité chimiotactique des neutrophiles à différentes concentrations (**SAMPIETRO et al., 2016**).

Le CAPE s'est révélé être le plus puissant modulateur du métabolisme de l'acide arachidonique à la base de la synthèse des leucotriènes et des prostaglandines pro-inflammatoires (**CHUNG et al., 2004**).

II.12.1 Autres effets :

❖ **Effet hépato protecteur :**

Plusieurs études ont démontré que la propolis a un effet protecteur contre la toxicité des médicaments anticancéreux (**LAHOUEL et al., 2004**). De plus, la propolis présente un effet bénéfique sur le foie en protégeant contre la toxicité du paracétamol (**SEO et al., 2003**), du CCl₄ (**EL-KHATIB et al., 2002**) et de l'alcool (**LIN et al., 1999**). Ces effets sont en rapport avec les propriétés antioxydantes de cette substance.

❖ **Effet cardiovasculaire :**

La propolis a des propriétés qui peuvent aider à réduire la pression sanguine et provoquer un effet calmant en régulant le taux de glucose dans le sang. Les dihydroflavonoïdes présents dans la propolis renforcent les petits vaisseaux sanguins. De plus, elle possède une activité qui aide à réduire les niveaux de lipides dans le sang (**KEDZIA et al., 1986**).

❖ **Effet digestif :**

Elle possède des propriétés inhibitrices sur les spasmes des voies digestives. De plus, elle protège l'estomac contre les lésions causées par l'éthanol. L'extrait de propolis agirait en inhibant l'enzyme lipoxigénase, ce qui protège la muqueuse gastrique contre le stress oxydatif.

La propolis peut également être utilisée chez les personnes exposées à des radiations ionisantes ou souffrant d'hyperacidité gastrique. Dans ces cas, elle agit en réduisant la sécrétion acide de l'estomac grâce à des composés tels que la lutéoline, l'apigénine, la chrysin et l'artépilline C, qui exerce une action directe sur *Helicobacter pylori* (**BLANC MICKAËL, 2010**).

❖ **Effet anesthésique :**

Selon (**BURDOCK, 1998**), les huiles volatiles présentes dans la propolis lui confèrent des propriétés anesthésiques puissantes. Des études ont révélé que cette résine est 52 fois plus puissante que la cocaïne dans les tests effectués sur les cornées de lapin (**GHISALBERTI, 1979**).

❖ **Effet cicatrisante :**

Selon (**GHISALBERTI, 1979**), la propolis a la capacité de stimuler le métabolisme cellulaire, d'améliorer la circulation sanguine et de favoriser la formation du collagène.

De plus, d'après (**BURDOCK, 1998**), elle accélère considérablement la réparation de l'épiderme endommagé en favorisant la régénération tissulaire.

❖ **Effet sur la glycémie :**

Selon une étude, il a été confirmé que la propolis pourrait avoir un effet hypoglycémiant chez les patients atteints de diabète de type 2, tout en contribuant à réduire le risque de syndrome métabolique (**LANCETTE, 1998**).

De plus, la propolis stimulerait l'activité cellulaire, favorisant ainsi la régénération des tissus et la réparation des cellules endommagées du pancréas (**CHEM, 1998**).

❖ **Effet sur le bien-être de la bouche :**

Selon des études réalisées en laboratoire, il a été constaté que la propolis présente une efficacité contre différents pathogènes pouvant causer des infections dans la bouche tels que les bactéries et les champignons (**BRUSCHI et al., 2006**).

Étant donné que les propriétés antiseptiques de la propolis sont bien établies, on peut trouver des dentifrices et des rince-bouches qui l'utilisent comme agent anti-carie (**PARK et al., 1998**).

❖ **Effet sur le soins dermatologique et l'hygiène de la peau :**

Selon une étude menée par (**LE JEUNE et al., 1998**), la propolis et ses extraits ont été abondamment employés dans le domaine de la dermatologie et de la cosmétique.

Partie expérimentale :

Chapitre
III :
Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes :

III.1 Lieu de travail et l'objectif de l'étude :

Le présent travail a été effectué au niveau du laboratoire de post graduation de microbiologie à l'Université Abou bekr belkaid de Tlemcen (UABT).




Cette étude consiste à l'évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante d'extraits issus de différents échantillons de propolis collectés dans diverses régions de la wilaya de Tlemcen.

III.2 Matériel :

III.2.1 Origine et nature de la propolis :

Trois échantillons de propolis brutes produites par la race d'abeilles *Apis Mellifera Intermissa* ont été collectés dans différentes régions de la wilaya de Tlemcen (tableau 2), caractérisés par une couleur brune et une odeur parfumée. Les échantillons de propolis ont été stockés à l'abri de la lumière au congélateur et à -18°C jusqu'à leur utilisation.

Tableau 2: origine géographique et période de collection des échantillons de propolis (Original).

Index des échantillons de propolis	Régions	Calendrier de collection	Année	Photographie de l'échantillon
P1	Ain Youcef	Octobre	2019	
P2	Beni Snous	Janvier	2019	
P3	Sidi Brahim	Février	2023	

III.2.2 Les souches pathogènes utilisées :

Nous avons choisi d'évaluer nos extraits de propolis sur des bactéries Gram (-) et Gram (+). Les microorganismes ciblés sont : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et *Escherichia coli* ATCC 25922.

Les souches que nous avons utilisées dans notre étude sont répertoriées dans la collection de cultures de type américain (ATCC : American Type Culture Collection). Elles ont été sélectionnées en raison de leur haut niveau de contaminations élevées et leurs pathogénicités.

Le tableau n°03 présente les informations suivantes pour chaque souche : le milieu de culture utilisé, la température de croissance recommandée et le temps d'incubation nécessaire

Tableau 3: les souches utilisées dans les différents tests d'activité antibactérienne (**original**).

Souches	Gram	Référence	Milieu de culture	Température de croissance
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	Positif	Laboratoire de recherche LAMAABE, Tlemcen	BHI (réf. 804251, Laboratoire Conda S.A, Madrid, Spain)	37 °C
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Négatif	Laboratoire LVR	BHI (réf. 804251, Laboratoire Conda S.A, Madrid, Spain)	37 °C

III.3 Méthodes :

III.3.1 Préparation des échantillons de propolis :

III.3.1.1 Epuration :

Cette étape consiste à trier et débarrasser les impuretés visibles telles que les tiges de bois, ailes et corps d'abeille, petits vers blancs secs, etc.

III.3.1.2 Broyage :

La seconde étape a consisté à découper les échantillons de la propolis brute en petit morceaux, et à les broyer jusqu'à obtention d'une poudre grossière dans le but d'augmenter la surface de contact avec le solvant d'extraction.

III.3.2 Extraction de propolis :

Quelle que soit son origine, la propolis brute n'est pas adaptée à une utilisation directe dans la technologie alimentaire, l'industrie pharmaceutique ou cosmétique en raison de sa faible solubilité dans l'eau et de sa forte teneur en impuretés. Les échantillons de propolis contenaient des contaminants solides (principalement des cires, de la résine et des substances dangereuses, de l'asphalte provenant des routes), une odeur végétale typique et un parfum très distinctif et intense qu'il est nécessaire d'éliminer (**KRUPP et al., 2019**). La propolis doit donc être purifiée avant d'être consommée par voie orale ou d'être utilisée dans d'autres applications (**HAMZAH et LEO, 2018**). L'extraction de la propolis à l'aide de solvants organiques est nécessaire pour extraire ses composants bioactifs. Le processus est censé éliminer les matières inertes tout en préservant les fractions polyphénoliques (**POBIEGA et al., 2019**).

III.3.2.1 Extraction par ultrasons :

L'extraction c'est la transformation de la matière première en un extrait, il sert à extraire le maximum de molécules chimiques contenant dans les échantillons de la propolis, en utilisant des solvants organiques qui accélèrent et augmente le rendement d'extraction. Notre méthode d'extraction est l'extraction par ultrasons.

Les ultrasons, d'une fréquence de 20 à 100 kHz, permettent une extraction reproductible en peu de temps. Cette technique est facile à mettre en œuvre, consomme peu de solvant et d'énergie, et peut être réalisée à pression atmosphérique et à température ambiante. L'extraction par ultrasons est réalisée à l'aide d'un appareil appelé sonicateur ou dans un bain à ultrasons, qui convertit l'énergie électrique en vibrations mécaniques longitudinales le long d'un récipient. Ces vibrations permettent de détruire les cellules biologiques en suspension, facilitant ainsi l'extraction des composés bioactifs (**SORIA et VILLAMIEL, 2010 ; VIEIRA et al., 2013 ; PROMMAJAK et al., 2014**).

Dans les laboratoires, le bac et la sonde à ultrasons sont deux types d'équipements largement utilisés. Lorsqu'un liquide est traversé par des ultrasons, les molécules oscillent, créant ainsi des régions de compression et de raréfaction (dépression). Cette variation de pression entraîne la formation de bulles, et leur implosion répétée, appelée cavitation (**DOLATOWSKI et al., 2007**). Génère des jets de liquide capables de percer les parois végétales. Ce processus permet la libération des molécules dans le milieu liquide (**YA-QIN et al., 2008 ; CHUNG et al., 2010 ; MICHEL, 2011**).

III.3.2.2 Protocole d'extraction :

Différents solvants, tels que l'éthanol, l'eau, le méthanol, l'acétate d'éthyle et d'autres, ont été utilisés pour l'extraction de la propolis. Les extraits d'éthanol présentent l'activité la plus élevée pour la plupart d'entre eux. L'extraction à l'éthanol permet d'obtenir des extraits de propolis à faible teneur en cire et riches en composés bioactifs (**POBIEGA et al., 2019 ; EBADI et al., 2019**). En outre, l'éthanol n'est pas toxique et peut être facilement éliminé après l'extraction si les extraits de propolis sont utilisés comme ingrédients alimentaires (**GARGOURI et al., 2019**).

Nous avons utilisé de l'éthanol à 70% comme solvant pour extraire les composés phénoliques totaux de la propolis. L'utilisation de cet éthanol présente plusieurs avantages : il peut être plus facilement éliminé sous vide, il offre un rendement d'extraction supérieur (7 fois plus élevé que celui de l'eau), et il évite l'extraction de la cire qui est mélangée à la propolis (RIBEREAU-GAYON, 1968).

III.3.3 Activité antibactérienne de propolis :

Deux techniques sont utilisées pour évaluer l'activité antibactérienne in vitro des différents échantillons de propolis. La première méthode consiste à utiliser des disques en papier Whatman stériles imbibés de propolis pour réaliser une diffusion en milieu gélosé. Cette méthode permet de déterminer la sensibilité des souches étudiées aux échantillons. La deuxième méthode utilisée est la microdilution, qui permet de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI).

III.3.3.1 Revivification des souches bactériennes :

Les souches précédemment identifiées et conservées sur des milieux spécifiques (géloses inclinées) ont été réactivées en les cultivant dans du bouillon nutritif. La réactivation consiste à prélever quelques colonies des tubes contenant les souches conservées et à les transférer dans des tubes à essai stériles contenant 5 ml de bouillon nutritif préalablement préparé. Après une incubation à 37°C (température optimale de croissance pour ces bactéries) pendant 24 heures, la croissance est évaluée par l'apparition d'un trouble dans le milieu de culture.

Les différentes souches bactériennes de référence ATCC ont été repiquées sur milieu d'isolement par la méthode des stries étroit puis incubées à l'étuve à 37°C pendant 18 à 24 heures afin d'obtenir une culture jeune, et des colonies isolées qui ont servi à préparer l'inoculum.

III.3.3.2 Purifications des souches :

La phase de purification implique la réalisation d'un isolement en réalisant des stries à partir du bouillon d'enrichissement sur des géloses spécifiques préalablement versées dans des boîtes de Pétri. Pour cela, le milieu Chapman est utilisé pour *Staphylococcus aureus*, le milieu MacConkey pour *Escherichia coli*. Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 37 °C pour toutes les souches isolées, pendant une période de 24 heures.

La pureté des souches est évaluée en observant l'obtention de colonies de taille et d'aspect identiques après l'incubation. Cette pureté est ensuite confirmée par une observation microscopique après une coloration de Gram.

III.3.3.3 Conservations des souches :

La conservation des souches purifiées peut être réalisée à court ou à long terme. Pour une conservation à court terme, une colonie est ensemencée sur une gélose solide inclinée spécifique à la souche. Après une incubation de 24 heures à 37 °C, les cultures sont conservées à 4 °C pendant quelques semaines.

En revanche, pour une conservation à long terme, permettant de préserver les souches pendant plusieurs mois voire plusieurs années, deux cryoprotecteurs peuvent être utilisés en ajout aux milieux de culture. Ces cryoprotecteurs sont soit le glycérol, soit le DMSO (diméthylsulfoxyde). Les cultures sont alors conservées à une température de -20 °C.

À partir de cultures récentes (âgées de 18 à 24 heures) cultivées dans du bouillon nutritif, nous avons ensemencé des tubes inclinés à l'aide d'une pipette Pasteur, puis les avons incubés pendant 24 heures à 37 °C. Après l'incubation, nous avons ajouté 3 ml de BHIB contenant 15 % de glycérol dans chaque tube. Après avoir agité les tubes au vortex, nous avons prélevé 2 ml de la solution et l'avons transféré dans des tubes de type Eppendorf. Cette opération a été répétée trois fois pour chaque souche, ce qui nous a permis de conserver trois tubes à Eppendorf dans le congélateur à une température de -4 °C afin de minimiser le risque de perte.

III.3.3.4 Préparation d'inoculum :

À partir d'une préculture bactérienne cultivée sur milieu solide Muller Hinton pendant 24 heures à 37°C, nous avons utilisé une anse de platine pour prélever quelques colonies que nous avons ensuite resuspendues dans un tube à essai contient 10 ml de l'eau physiologique à 0,9% NaCl.

L'inoculum peut être ajusté en ajoutant, soit de la culture s'il est trop faible, ou bien de l'eau physiologique stérile s'il est trop fort. La concentration cellulaire finale, fixée à $1-2 \times 10^7$ cellules/ml, est obtenue en diluant l'inoculum initial dans de l'eau physiologique à un rapport de 1/10.

III.3.4 Evaluation de l'activité antibactérienne :

III.3.4.1 Méthode de disque modifiée :

Dans un tube à essai stérile qui contient 15ml de milieu (MH Agar), nous avons ajouté une quantité de propolis que nous avons bien homogénéisé. L'homogénéisât a été coulé dans une boîte de pétri et laissé gélifier dans la zone stérile. Ensuite, nous avons pris un disque stérile par un pince stérile et nous avons imprégné dans la suspension bactérienne et nous avons le posé délicatement dans le centre de la boîte pétrie. Nous avons laissé diffuser pendant 30 min. les boîtes renversées sont mises dans l'étuve à 37°C pendant 18 à 24h.

III.3.4.2 Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) :

En général, la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI) correspond à la plus petite quantité d'agent antimicrobien capable d'arrêter complètement la croissance visible à l'œil nu des microorganismes après une période d'incubation de 18 à 24 heures (**MOROH et al., 2008**).

Protocole :

Nous avons évalué l'activité antibactérienne de la propolis sur *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 en déterminant la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI). Cette évaluation a été réalisée en utilisant la méthode de microdilutions en bouillon, similaire à celle décrite par **LIMA en 2020**. Les échantillons de propolis ont été dilués dans du DMSO.

III.3.4.3 Détermination de la concentration minimale bactéricide CMB :

La concentration minimale bactéricide (CMB) est un paramètre qui permet d'évaluer le pouvoir bactéricide d'une substance. Elle correspond à la concentration la plus faible nécessaire pour provoquer la mort d'au moins 99,9 % des microorganismes d'un inoculum standardisé (**MANGINI, 2016**).

Cette valeur permet de déterminer l'activité intrinsèque d'un antibiotique en utilisant le rapport CMB/CMI. Lorsque le rapport CMB/CMI est inférieur ou égal à 2, l'antibiotique est considéré comme bactéricide. Si le rapport est compris entre 4 et 16, l'antibiotique est considéré comme bactériostatique. En revanche, si le rapport est supérieur à 16, la bactérie est considérée comme "tolérante" à l'antibiotique.

Après avoir déterminé la concentration minimale inhibitrice (CMI), les puits contenant des concentrations de substance antibiotique strictement supérieures à la CMI sont utilisés pour déterminer la concentration minimale bactéricide (CMB). Pour ce faire, un échantillon de 10 µL provenant de chaque puits ne présentant pas de croissance est transféré dans des boîtes de Pétri contenant du milieu Müller-Hinton Agar (MHA). Les boîtes sont ensuite incubées dans une étuve à une température de 35 °C pendant 20 heures. Cette technique permet de vérifier si les cellules bactériennes sont viables et capables de se développer. Dans le cas de la CMB, la boîte correspondante présentera un nombre de colonies inférieur à 3.

III.3.5 L'étude de l'activité antioxydante de propolis :

La méthode utilisée pour évaluer l'activité antioxydante est la méthode du DPPH.

Le DPPH• (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre qui présente une coloration violette lorsqu'il est oxydé et une coloration jaune lorsqu'il est réduit comme l'indique la figure 20 (**PAREJO et al., 2002**). Le principe de cette méthode repose sur la mesure de la capture des radicaux libres de DPPH (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl de couleur violette) par spectrophotométrie.

En présence de molécules antioxydantes, le DPPH• est converti en sa forme réduite (diphényl picryl-hydrazine de couleur jaune), ce qui entraîne une diminution de l'absorbance. La décoloration du DPPH• est directement liée à la capacité des molécules bioactives à le réduire (**MANSOURI et al., 2005**). L'activité de capture des radicaux libres DPPH des échantillons de propolis a été mesurée en utilisant le 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH), comme décrit par (**RODRIGUES, 2007**). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata.

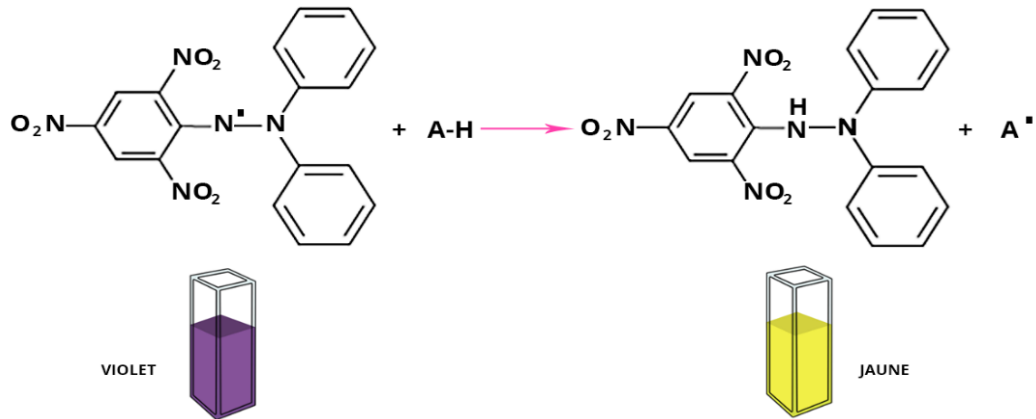


Figure 19 : réduction du radical libre DPPH en DPPHH ([web 13](#)).

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par les échantillons a été calculé selon la formule :

$$\% \text{ d'inhibition} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 10$$

A0 : est l'absorption de l'échantillon vierge (t = 0 minute)

A1 : est l'absorption de la solution de propolis (t = 60 minutes).

Selon (TEFIANI et al., 2015), les tests ont été réalisés en utilisant trois exemplaires. Pour déterminer la concentration de l'échantillon qui provoque une inhibition de 50 % (IC50). Celui a été obtenue par le traçage de graphique du pourcentage d'inhibition par rapport aux concentrations de propolis.

**Chapitre
IV :
Résultats
et
discussions**

IV. Résultats et discussions :

IV.1 Résultats de l'extraction de la propolis des trois extraits éthanoliques :

En général, l'objectif de l'extraction de la propolis est de dissoudre les constituants bioactifs dans la résine et d'éliminer la cire d'abeille (BANKOVA et al., 2021). L'extraction assistée par ultrasons représente une alternative fiable aux méthodes d'extraction traditionnelles et a été largement appliquée à l'extraction de composés à partir de différentes matrices naturelles (BRIONES-LABARCA et al., 2015 ; ZHONG et al., 2018). Malgré les avantages de la technologie des ultrasons, qui permet d'obtenir des composés intéressants en moins de temps, avec des rendements plus élevés et une consommation de solvant plus faible que les méthodes d'extraction conventionnelles, peu d'études ont porté sur l'extraction d'extraits de propolis à l'aide de cette technologie (ANDRADE et al., 2018 ; SADHANA et al., 2017).

Après avoir extrait la propolis via l'ultrasons, nous avons obtenu trois solutions de couleurs différentes. Nous avons observé Comme il est indiqué dans la figure suivante que l'EEP3 de Sidi Brahim est le plus sombre, et que l'EEP2 de Beni Snous est le plus claire avec une couleur marron jaunâtre. Nous notons également que l'EEP1 de Ain Youcef à une couleur intermédiaire entre les autres extraits.

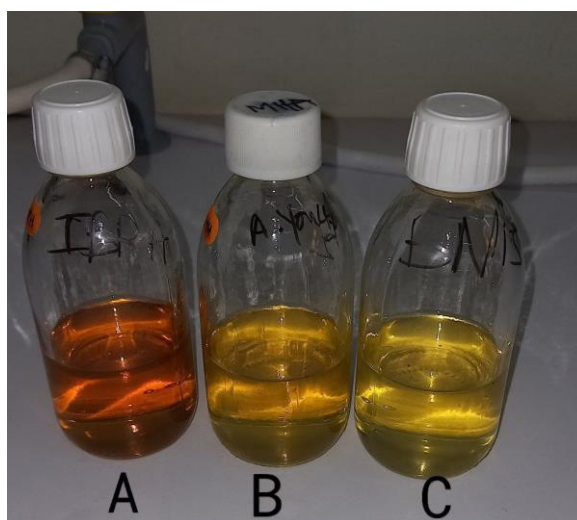


Figure 20: les extraits éthanoliques de propolis :
(a) de Sidi Brahim, (b) de Ain Youcef et (c) de Beni Snous (**originale**).

La variation de couleur d'extrait de propolis dépend de plusieurs raisons, dont l'espèce d'abeille, la composition chimique, les zones géographiques, l'origine botanique, source, la saison et le moment de la récolte, les techniques et les pratiques des apiculteurs, ainsi que les méthodes d'extraction et de la santé de l'environnement (BANKOVA, 2004 ; SOUZA, 2016 ; AKHIR, 2017 ; MOHD et al., 2018).

La variation de couleur des extraits éthanoliques de propolis peut être causée par un certain nombre de facteurs, notamment :

La source de la propolis : La propolis collectée dans différentes régions peut avoir des couleurs différentes, en fonction des résines végétales et d'autres matériaux utilisés par les abeilles pour la créer.

La période de l'année : La couleur de la propolis peut également varier en fonction de la période de l'année, car les abeilles peuvent utiliser des matériaux différents pour la créer au cours des différentes saisons.

La méthode d'extraction : La couleur de l'extrait peut également être affectée par la méthode d'extraction utilisée. Par exemple, les extraits fabriqués à la chaleur peuvent être plus foncés que ceux fabriqués sans chaleur.

La concentration de l'extrait : Plus l'extrait est concentré, plus il est foncé. En général, la couleur des extraits éthanoliques de propolis varie du jaune clair au brun foncé.

La couleur spécifique d'un extrait dépend d'une combinaison des facteurs énumérés ci-dessus. Voici quelques exemples des différentes couleurs que peuvent avoir les extraits éthanoliques de propolis :

Jaune clair : C'est la couleur la plus courante des extraits éthanoliques de propolis. Elle est souvent associée à la propolis récoltée dans les climats chauds.

Brun foncé : Cette couleur est souvent associée à la propolis provenant de climats plus froids. Elle peut également être due à l'utilisation de la chaleur pendant le processus d'extraction.

Brun rougeâtre : Cette couleur est souvent associée à la propolis qui contient une forte concentration de résines de pin.

Brun verdâtre : Cette couleur est souvent associée à la propolis qui contient une forte concentration de résines de peuplier.

Il est important de noter que la couleur d'un extrait éthanolique de propolis n'indique pas nécessairement sa qualité ou son efficacité. La couleur est simplement le reflet des différents matériaux qui composent la propolis et de la méthode d'extraction utilisée (**WAGH, 2013 ; ZACCARIA et al., 2017**).

IV.2 Résultats de l'activité antibactérienne :

IV.2.1 Résultats de repiquage des souches bactériennes :

Après, l'incubation on a obtenu des souches pures comme il est indiqué dans la figure 22.

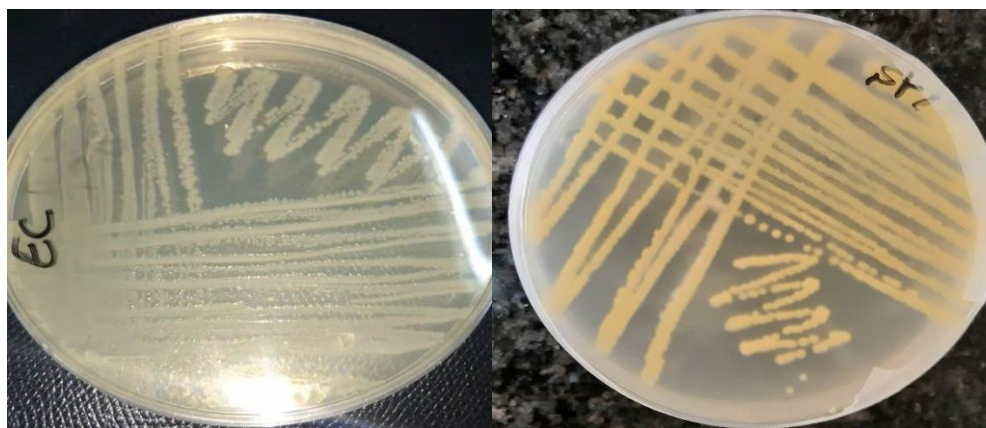


Figure 19 : le résultat de repiquages des souches bactériennes.
ST : *Staphylococcus aureus* et EC : *Escherichia coli* (original).

IV.2.2 Résultats de méthode de disque :

La méthode de diffusion sur disques modifiée est la méthode utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne des différents extraits de propolis, vis-à-vis deux souches bactériennes : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et *Escherichia coli* ATCC 25922.

La présence ou l'absence d'une activité bactérienne se manifeste par l'apparition d'une prolifération bactérienne de nos souches sur les boites de pétrie.

Après l'incubation de nos boites de pétri de 24 h à 37°C, nous avons obtenu les résultats suivants comme indiqué dans la figure suivante :

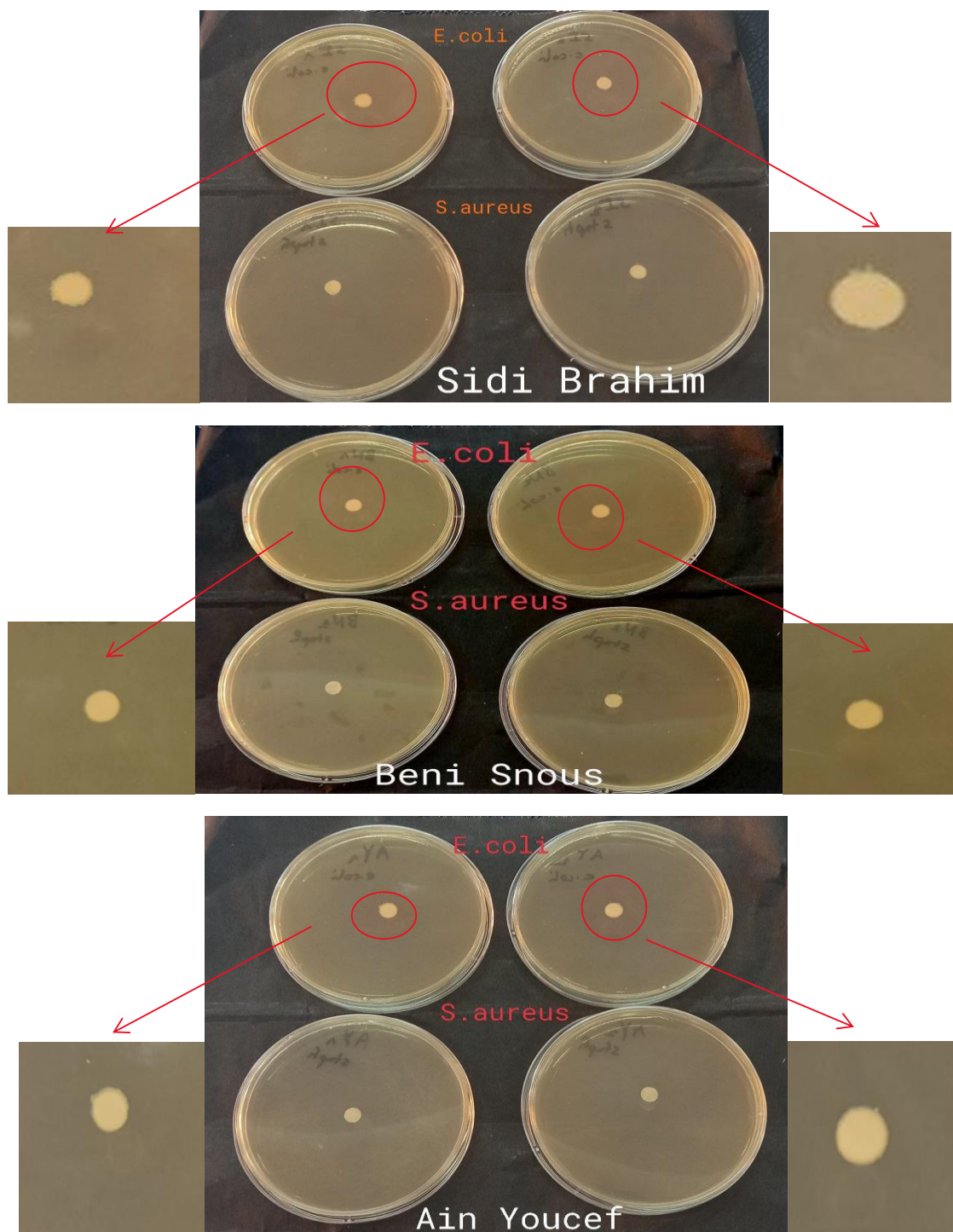


Figure 22 : Diffusion sur gélose par la méthode des disques au contact de deux microorganismes *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* sous l'effet des extraits de propolis de Beni Snous, Sidi Brahim et Ain Youcef (**original**).

Nous avons obtenu des résultats identiques pour tous les trois extraits EEP1, EEP2 et EEP3, révélant une forte activité antibactérienne contre la *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, empêchant ainsi toute prolifération bactérienne. Les boîtes de Petri étaient dépourvues de tout signe de prolifération.

Pour *Escherichia coli* ATCC 25922, nous avons noté une certaine prolifération non significative autour du disque porteur de la charge microbienne, ceci est probablement dû au manque des extraits EEP1, EEP2 et EEP3 dans la partie comprenant le disque. Les extraits ont démontré un pouvoir antibactériens important soldé par une inhibition presque totale du microorganisme *E. coli* Gram (-).

Les recherches de **RISTIVOJEVIC et ses collaborateurs en 2016** concernant L'activité antimicrobienne de la propolis serbe a montré que l'activité antibactérienne la plus forte est contre *S. aureus* et en ce qui concerne la sensibilité des bactéries Gram négatives testées, tous les échantillons de propolis ont montré un certain effet, mais il était moindre par rapport à la sensibilité des bactéries Gram positives et les échantillons n'ont pas réussi à inhiber *E. Coli*. Comparant à nos résultats, nous remarquons que nos échantillons ont un effet plus fort que de ces derniers surtout concernant l'effet sur *E. Coli*.

Comparant nos résultats avec les résultats de (**MULI et MAINGI, 2007 ; POBIEGA et al., 2019**) : la propolis pouvait inhiber *Staphylococcus aureus* (bactérie à Gram positif), mais elle présentait une action limitée contre *Escherichia coli* à Gram négatif. Aussi les résultats de (**RAMANAUSKIEN et al., 2009 ; GAJGER et al., 2017**) ont rapporté que la propolis est inefficace contre la bactérie Gram-négative populaire *E. coli*. Nous avons noté que nos échantillons ont un pouvoir plus important que de ces derniers.

Aussi, les extraits de (**SULEMAN et al., 2015 ; KARADAL et al., 2018 ; ABDULLAH et al., 2019**) ont démontré une sensibilité minimale à modérée contre *E. Coli*. Cela signifie que nos résultats ont un meilleur impact sur cette bactérie que de ces derniers.

GRANGE et DAVEY en 1990, ont apporté que les extraits éthanoliques de la propolis de Boiron et Cie, Lyon, France inhibent complètement la croissance de *Staphylococcus aureus* LGA251, *Escherichia coli* ATCC25922. Les résultats de nos extraits éthanoliques ont marqué une similarité avec les résultats de cette étude.

En outre, des preuves récentes montrent que la propolis peut également être efficace contre les bactéries Gram-négatives, beaucoup de recherches actuelles illustrent d'avantage la polyvalence de la propolis en tant qu'agent antimicrobien (**RAMANAUSKIEN et al., 2009 ; SULEMAN et al., 2015 ; KARADAL et al., 2018 ; ABDULLAH et al., 2019**). Leurs résultats ont montré les mêmes effets remarquables contre *Escherichia coli* et qui s'alignent avec nos résultats trouvés.

La sensibilité des bactéries à Gram positif et à Gram négatif à la propolis a été étudiée (**BANKOVA et al., 2014**). Il semble y avoir des incohérences dans la littérature concernant l'efficacité globale de la propolis contre les bactéries Gram-négatives. Cependant, il existe un consensus sur le fait que les bactéries à Gram négatif sont plus résistantes à la propolis que les bactéries à Gram positif (**CAMPOS et al., 2015 ; PRZYBYLEK et KARPINSKI, 2019 ; PETRUZZI et al., 2020**).

La structure de la paroi cellulaire des bactéries Gram positives, avec une part prédominante de peptidoglycane, permet aux molécules hydrophobes de pénétrer dans les cellules et d'agir sur la paroi ainsi que sur la membrane cellulaire et à l'intérieur du cytoplasme (NAZZARO et al., 2013).

Le mécanisme de résistance des bactéries Gram-négatives pourrait probablement être attribué à des différences structurelles et biochimiques dans la composition de la paroi cellulaire (GHASEMI et al., 2017).

La paroi cellulaire des bactéries Gram négatives est plus complexe, avec moins de peptidoglycane et une membrane externe composée d'une double couche de phospholipides liée à la membrane interne par des lipopolysaccharides (NAZZARO et al., 2013). La membrane externe est presque imperméable aux molécules hydrophobes, bien que certaines d'entre elles puissent traverser lentement les porines (PLESIAT et al., 1992 ; NIKAIDO, 1996) Le mécanisme de résistance des bactéries Gram négatives à la propolis peut être dû aux pompes d'efflux sur la paroi cellulaire bactérienne qui empêchent l'accumulation intracellulaire des constituants de la propolis (PETRUZZI et al., 2020). De même, la production d'enzymes hydrolytiques qui décomposent les composés actifs de la propolis peut contribuer aux mécanismes de résistance affichés par les bactéries Gram négatif (PRZYBYLEK et KARPINSKI, 2019).

IV.2.3 Détermination de concentration minimal inhibitrice (CMI) :

La CMI est identifiée comme étant la plus petite concentration de la propolis qui inhibe la croissance de la bactérie testée. Après incubation les microplaques ont été lues (figure 24) au spectrophotomètre.

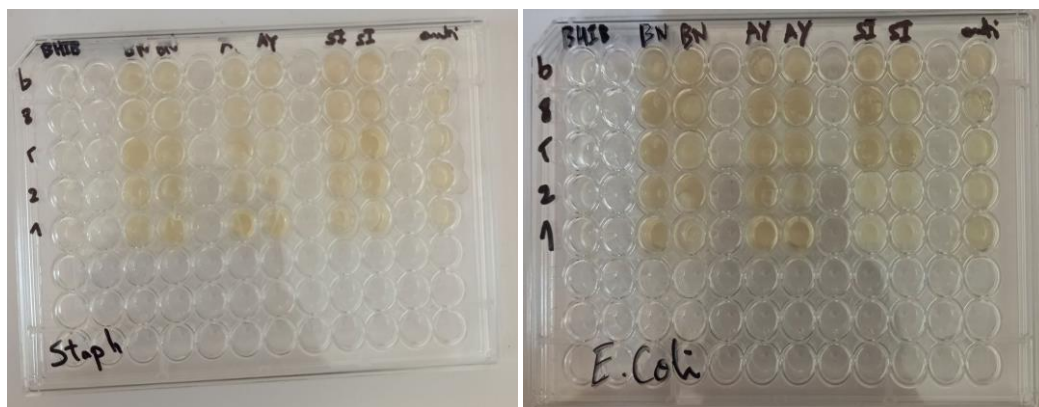


Figure 23 : détermination de la CMI sur microplaque post incubation pour les microorganismes *E. coli* et *S. aureus* (originale).

Les résultats obtenus mettent en évidence le pouvoir antibactérien des extraits envers les deux souches bactériennes *E. coli* ATCC 25922 et *S. aureus* ATCC 6538.

Pour tous les extraits de propolis la concentration minimale inhibitrice à l'égard de chaque souche bactérienne était de 10 % avec une CMI de 1 mg/ml. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau N°5.

Tableau 4 : les différents DO des EEP (original).

Bactérie \ Extraits	EEP1 Ain Youcef	EEP2 Beni Snous	EEP3 Sidi Brahim
	DO	DO	DO
<i>E. coli</i>	0.087	0.062	0.057
<i>S. aureus</i>	0.078	0.068	0.076

Après la comparaison entre les DO de nos extraits, nous avons noté que EEP3 de Sidi Brahim a la meilleure CMI avec une DO de 0.057 pour *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538 c'est EEP2 de Beni Snous qui marque le meilleur résultat avec une DO de 0.068.

La comparaison des valeurs des CMI des extraits éthanoliques de la propolis obtenu contre *E. coli*, avec d'autres résultats déjà publiés : (**GRECKA et ses collègues., 2019**), mettent en évidence, la performance de nos extraits, en comparaison avec une CMI de 4.096 mg/ml contre *E. Coli* de propolis polonaise avec nos extraits qui ont une CMI de 1 mg/ml.

(**SEDRAH et al., 2010**), ont obtenu des résultats de CMI estimés à 4 mg/ml contre *S. aureus* et à 16 mg/ml contre *E. coli*. Cela indique que nos résultats étaient bien meilleurs que les leurs et que nos extraits de propolis présentent une activité antibactérienne supérieure à celle de la propolis irakienne.

Une étude sur la propolis Chilienne a démontré une CMI pour *S. aureus* (1.445mg/ml) (**BARRIENTOS et al., 2013 ; BRIDI et al., 2015**) et dans une autre étude sur la propolis d'Australie, les auteurs (**MASSARO et al., 2015**) ont obtenu une CMI de 1.2 mg/ml. Ces valeurs sont plus importantes que nos résultats trouvés, c'est-à-dire que nos extraits ont un pouvoir plus important que de ces derniers.

Les travaux d'**AL-ANI et al en 2018**, ont traité l'activité antimicrobiennes de la propolis européenne collectée à partir de différentes origines géographiques. Ces derniers ont trouvé une CMI de 1.2 mg/ml contre *S. aureus*. Ces résultats sont proches à nos résultats. Nous avons noté que pour la CMI de *E. coli*, les résultats trouvés de 5 mg/ml sont beaucoup plus important comparant à nos CMI. C'est-à-dire nos extraits ont un effet beaucoup plus important que de ces derniers.

D'après la comparaison de nos résultats avec des résultats d'autres études, on a noté que nos échantillons ont un effet antibactérien remarquable non seulement contre *S. aureus* ATCC 6538 mais aussi contre *E. coli* ATCC 25922 avec une inhibition totale des deux souches.

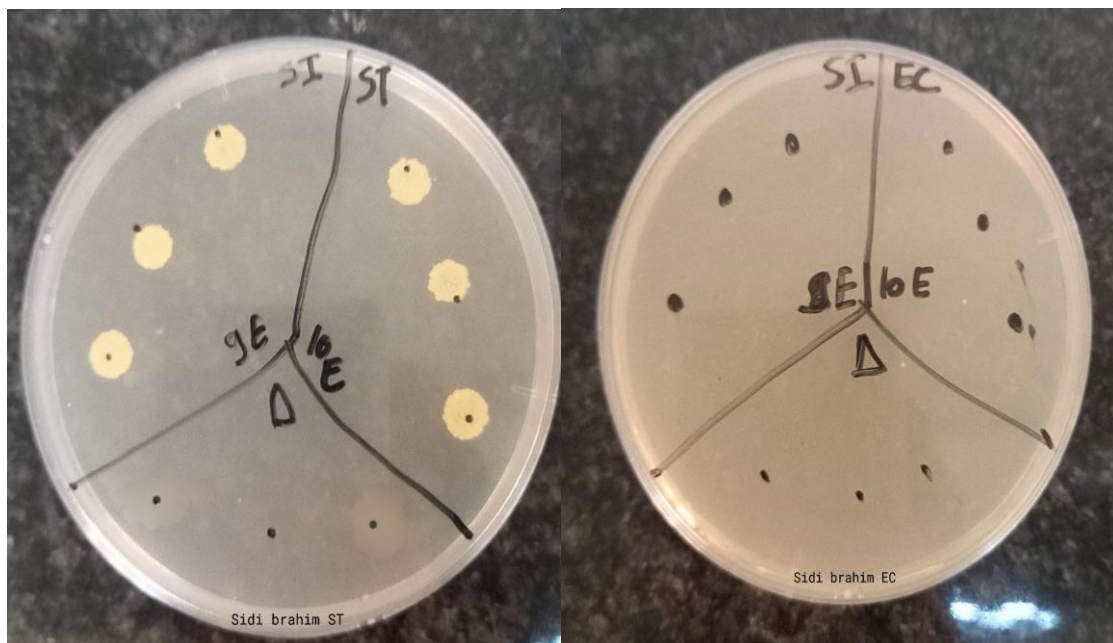
IV.2.4 Résultats de la détermination de la CMB :

L'effet bactéricide et bactériostatique, désignent l'effet des antibiotiques sur les bactéries. Un antibiotique a un effet bactéricide lorsqu'il détruit le micro-organisme. Il a un effet bactériostatique, lorsqu'il inhibe seulement sa prolifération.

Les antibiotiques se définissent comme étant « une substance chimique produite par un microorganisme qui tue ou inhibe la croissance d'un autre microorganisme » (MADIGAN et al., 2009).

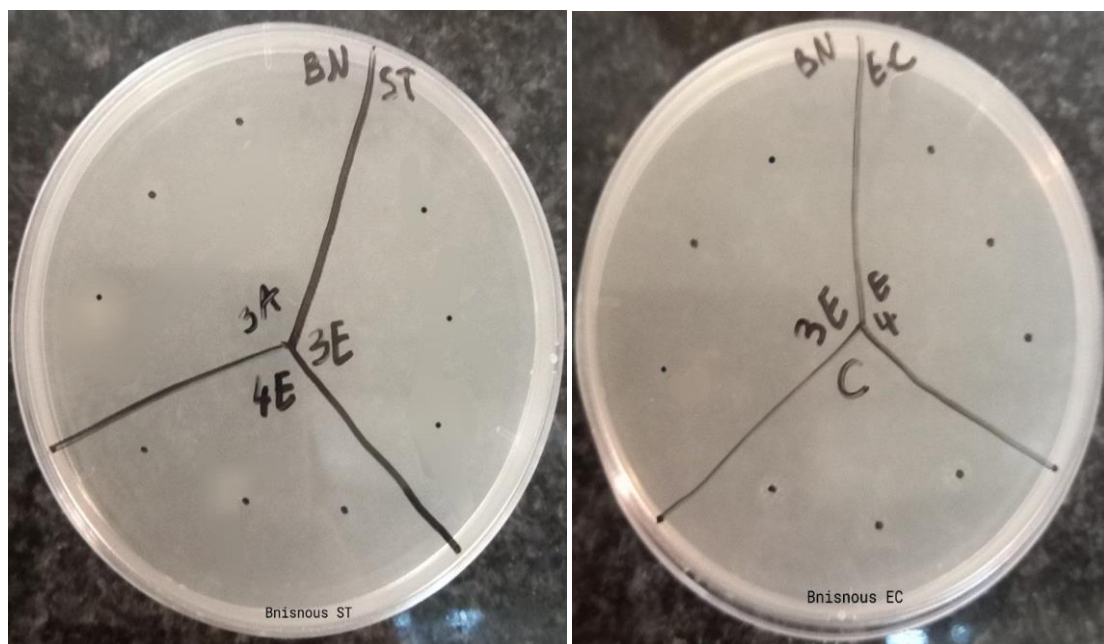
Ceci s'applique également aux produits naturels tels que les produits de la ruche (CHERBULIEZ et DOMEREGO, 2003).

Après 24 h d'incubation sous une température de 37 C°. Nous avons obtenu les résultats suivantes (figure 25) :



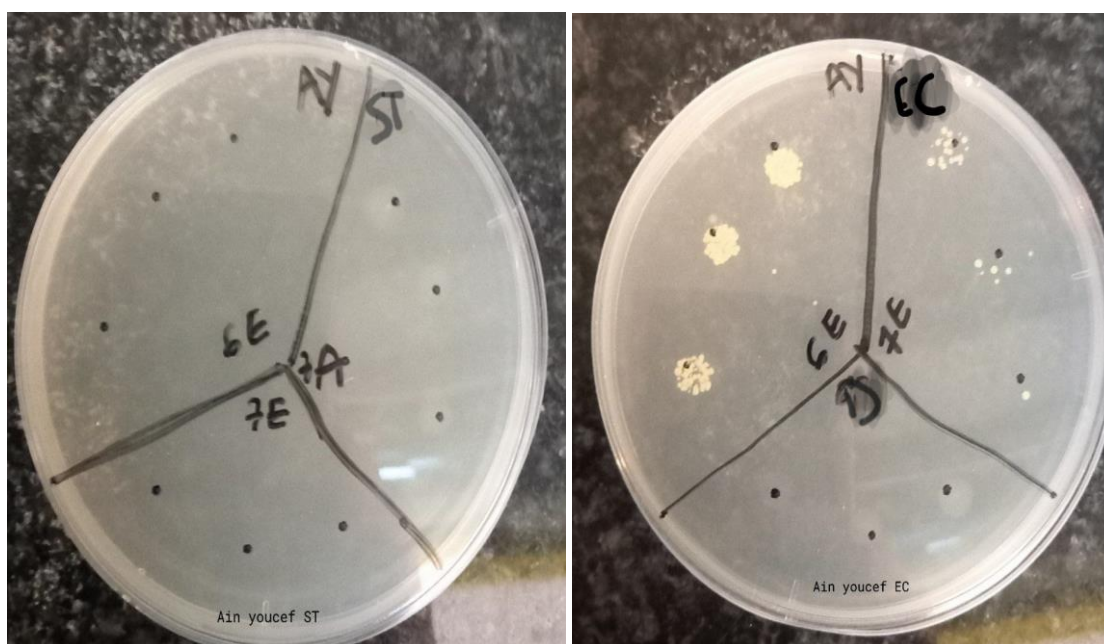
Sidi Brahim (*S. aureus*).

Sidi Brahim (*E. coli*).



Beni Snous (*S. aureus*).

Beni Snous (*E. coli*).



Ain Youcef (*S. aureus*).

Ain Youcef (*E. coli*).

Figure 20: résultats des CMB correspondant aux microorganismes *S. aureus* et *E. coli* au contact des extraits de Sidi Brahim, Beni Snous et Ain Youcef avec les concentrations 10% ,20% et 50% respectives (**originale**).

Les résultats trouvés sont exprimés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : résultats des concentrations minimales bactéricides(mg/ml) (**Original**).

Extractions Bactérie	EEP1 Ain Youcef	EEP2 Beni Snous	EEP3 Sidi Brahim
	CMB		
<i>E. coli</i>	2	1	1
<i>S. aureus</i>	1	1	2

Nous avons obtenu des résultats remarquables concernant la CMB. Nous avons trouvé que la CMB de plusieurs extraits égale à la CMI (1 mg/ml) comme celle de Beni Snous contre les deux bactéries, Sidi Brahim contre *E. coli*, et de Ain Youcef contre *S. aureus*.

Cela signifie que la concentration de l'agent antimicrobien testé est non seulement capable d'inhiber la croissance visible des bactéries, mais aussi de les tuer complètement. En d'autres termes, la même concentration d'agent antimicrobien qui empêche la croissance bactérienne est également efficace pour éradiquer les bactéries, ce qui signifie que l'agent antimicrobien est bactéricide, c'est-à-dire qu'il a la capacité de tuer les bactéries au lieu de se contenter d'inhiber leur croissance. Lorsque la CMB est égale à la CMI, Cela peut être avantageux dans certaines situations, notamment en cas d'infections graves ou lorsqu'il est crucial d'éliminer complètement les bactéries

EEP3 a une capacité bactéricide plus importante contre *E. coli*. L'extrait EEP1 a la plus importante activité bactéricide contre *S. aureus*.

En utilisant le rapport CMB/CMI, nous pouvons déduire si nos extraits possèdent une activité intrinsèque. Si le rapport CMB/CMI est inférieur ou égal à 2, cela indique que nos extraits ont une activité bactéricide, c'est-à-dire qu'ils sont capables de provoquer la mort des bactéries à des concentrations proches de la CMI. Si le rapport est compris entre 4 et 16, cela suggère une activité bactériostatique, ce qui signifie que les extraits inhibent la croissance bactérienne sans provoquer la mort complète des bactéries. Toutefois, si le rapport CMB/CMI est supérieur à 16, cela peut indiquer une tolérance bactérienne, ce qui signifie que les bactéries sont moins sensibles aux effets bactéricides des extraits. Nous avons déduit que tous nos extraits ont une activité intrinsèque et bactéricide contre les deux bactéries.

Le meilleur extrait éthanolique de la propolis qui possède une activité bactéricide contre les deux souches c'est celui de Beni Snous avec une CMB= CMI de 1 mg/ml.

IV.3 Résultats de l'activité antioxydante de propolis :

L'évaluation de l'activité antioxydante de nos extraits a été réalisée en utilisant la méthode de piégeage du radical libre DPPH.

Ce test a permis d'évaluer l'activité antioxydante de nos extraits. Cette évaluation a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre en mesurant la réduction du radical DPPH, qui se manifeste par un changement de couleur violet à jaune pâle, quantifiable à une longueur d'onde de 517) (figure 26).

La transition vers cette coloration et son intensité dépendent de la nature, de la concentration et de la puissance de la substance anti-radicalaire.

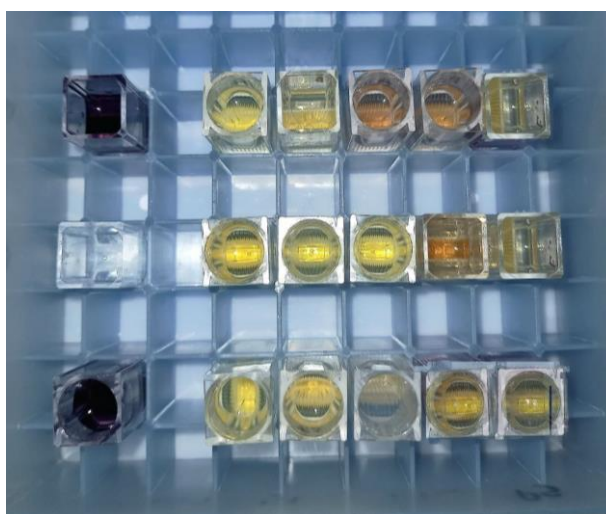
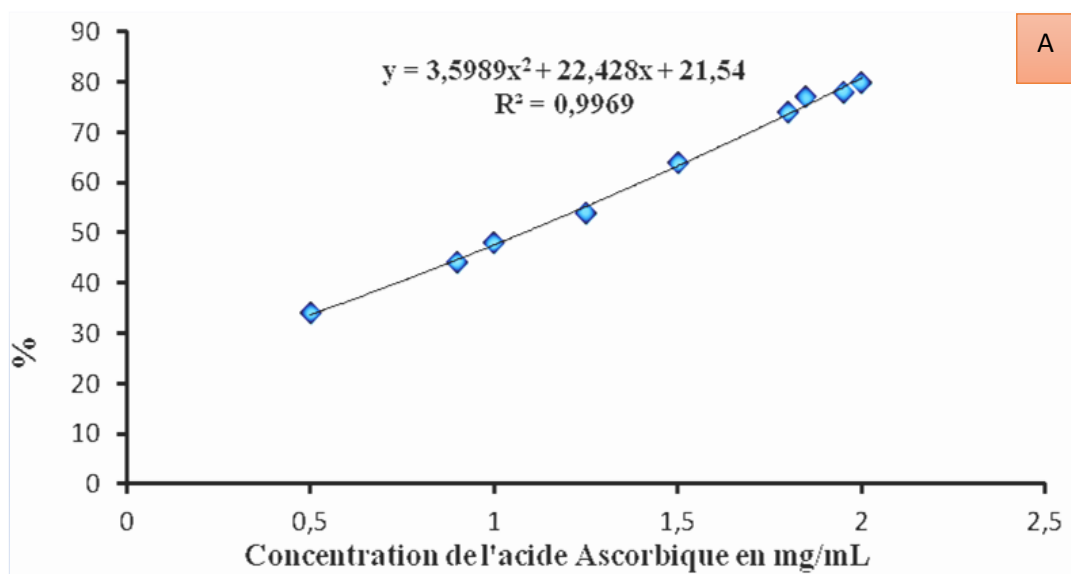
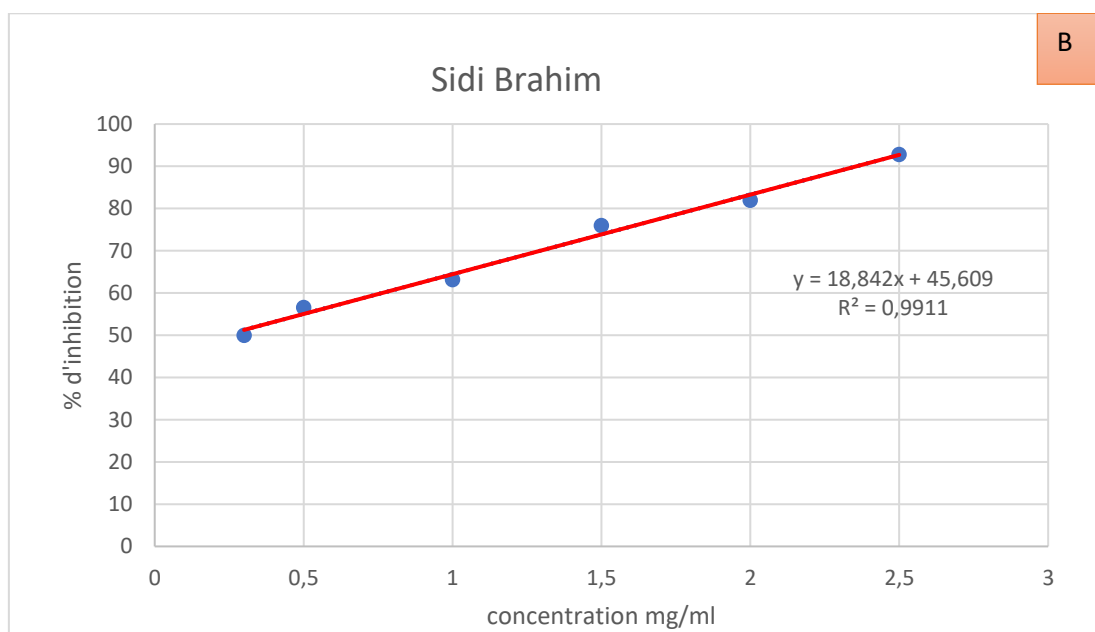


Figure 21: Photo illustrant le changement de couleur de DPPH exprimant le pouvoir antioxydant des extraits de propolis (**originale**).

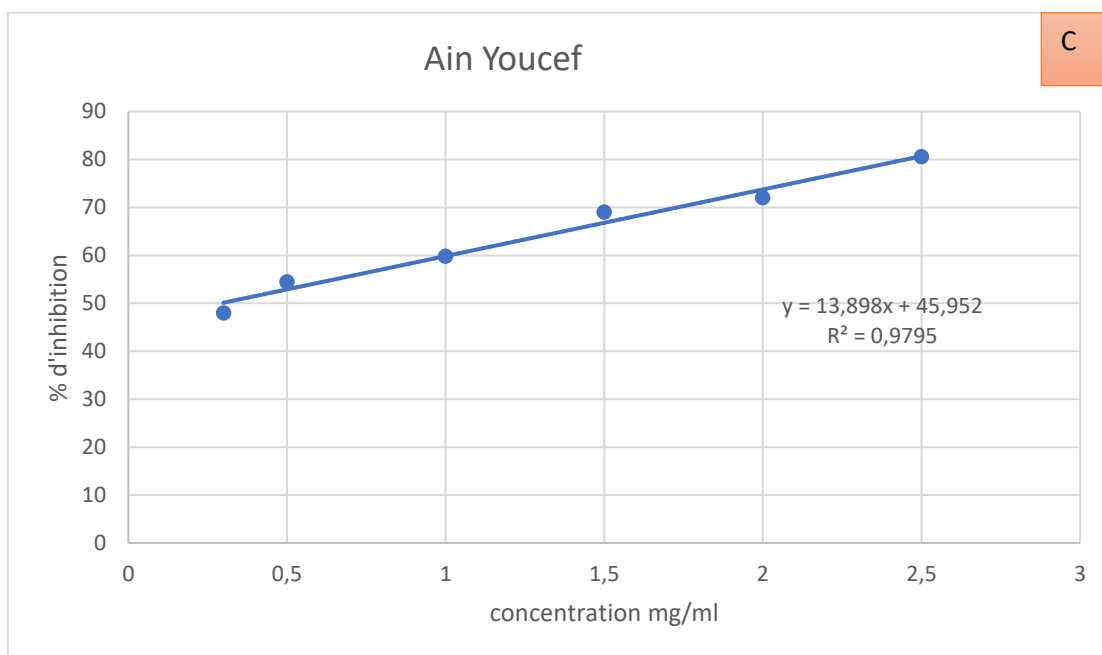
La valeur d'IC₅₀ représente la concentration d'inhibiteur (antioxydant) nécessaire pour réduire de 50 % le taux des radicaux libres. Afin de déterminer cette valeur pour chaque extrait, des courbes de variation du pouvoir d'inhibition % en fonction de la concentration ont été établies pour les extraits de propolis et de l'acide ascorbique (**KHOLKHAL, 2014**), comme présenté dans les figures suivantes :



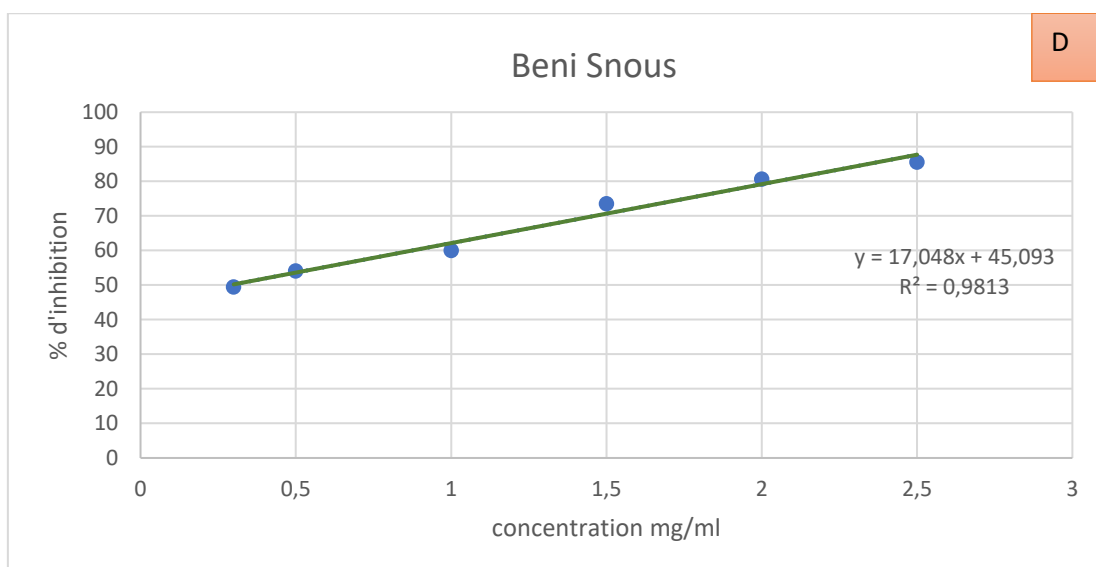
(A) : pouvoir d'inhibition en pourcentage de l'acide ascorbique (KHOLKHAL, 2014).



(B) : pouvoir d'inhibition en pourcentage de l'extrait de propolis de Sidi Brahim.



(C) : pouvoir d'inhibition en pourcentage de l'extrait de propolis de Ain Youcef.



(D) : pouvoir d'inhibition en pourcentage de l'extrait de propolis de Beni Snous.

Figure 22: pouvoir d'inhibition en pourcentage en fonction de la concentration des extraits de propolis de diverses origines géographiques (B, C, D) et de l'acide ascorbique (A) (originale).

Les courbes précédemment présentées (figure 27) mettent en évidence une augmentation du pourcentage d'activité antioxydante en fonction de la concentration pour tous les extraits de propolis. Il est observé que l'activité antioxydante est étroitement liée à la concentration des extraits de propolis, de sorte que plus la concentration de l'extrait est élevée, plus le pourcentage d'activité antioxydante est élevé.

D'après la figure ci-dessous, l'extrait de Sidi Brahim représente le meilleur piègeur du radical DPPH avec un pourcentage d'activité antioxydante de l'ordre de 92,8 %, suivi par l'extrait de Beni Snous 85,6% et finalement l'extrait d'Ain Youcef 80,61%.

Les études précédentes menées par **REBIAI et al en 2013** sur la propolis de Ghardaïa et Khanchla, ainsi que par **BOUFADI et al en 2014** sur la propolis d'Ouled Ali, Ain Ouassara et Ksar El Hirane, ont révélé des pourcentages d'activité antioxydante inférieurs à nos résultats. En effet, **REBIAI et al.**, ont obtenu des pourcentages d'activité antioxydante de 39,17 % et 12,11 %, tandis que **BOUFADI et al.**, ont trouvé un pourcentage d'activité antioxydante supérieur à 50% pour les différentes propolis étudiées. Ces différences peuvent être attribuées à divers facteurs, tels que les conditions de récolte, le lieu d'origine, les méthodes d'extraction, ainsi que la composition chimique spécifique de chaque échantillon de propolis. Il est important de prendre en compte ces variations lors de la comparaison des résultats d'activité antioxydante entre différentes études.

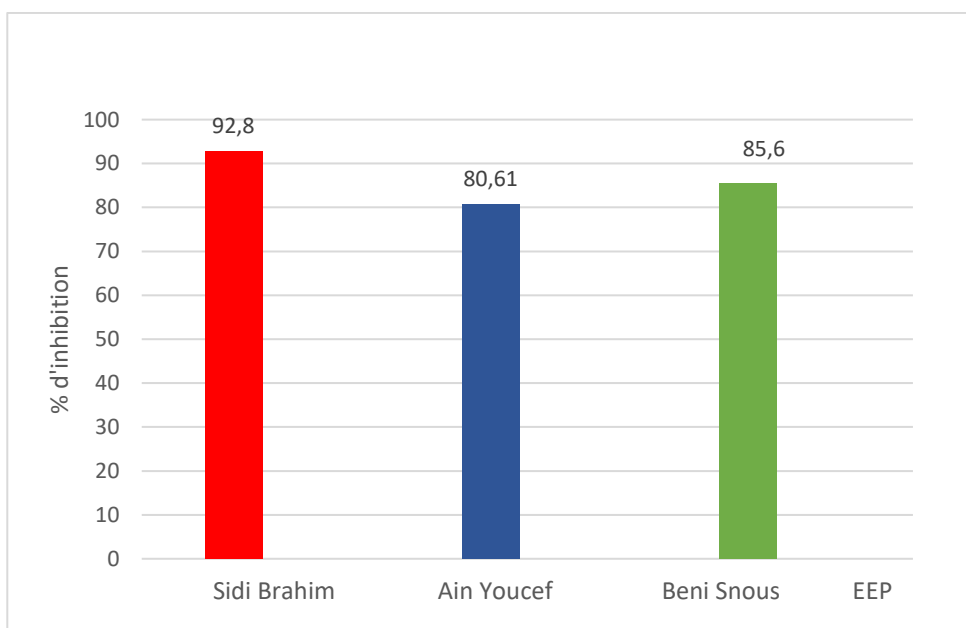


Figure 23: pouvoir d'inhibition en pourcentage des extraits éthanoliques de propolis par une concentration de 2.5 mg/ml (**original**).

Afin de comparer les échantillons, nous avons déterminé les valeurs d'IC₅₀, qui représentent les concentrations d'inhibiteurs nécessaires pour neutraliser 50% des radicaux libres. Les IC₅₀ ont été calculés pour chaque extrait à partir de l'équation de régression correspondant à leur courbe d'étalonnage, et sont exprimés en mg/ml (figure 29).

Une valeur d'IC₅₀ plus faible indique un extrait considéré comme un antioxydant puissant, selon **HEBI et EDDOUK, 2016**.

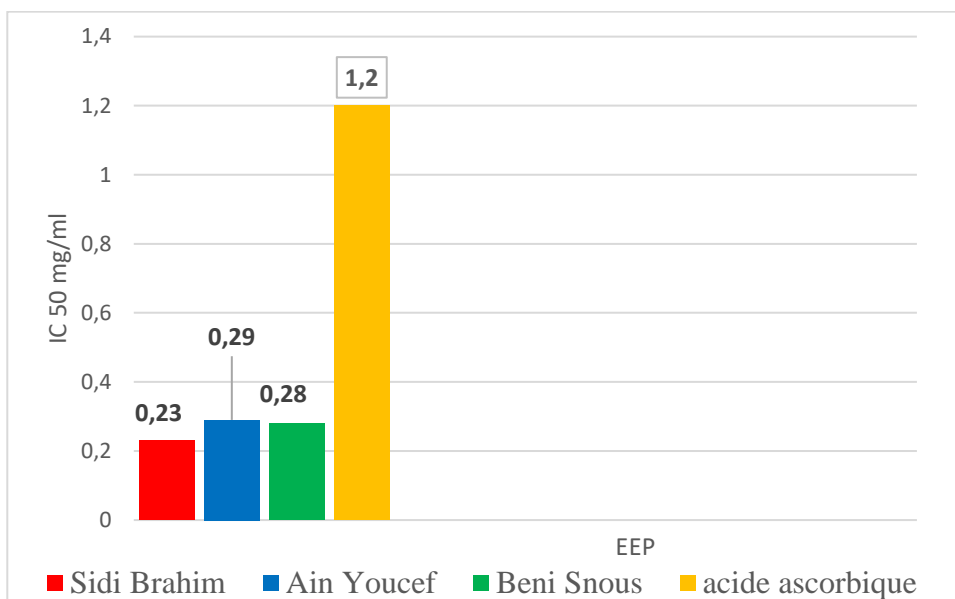


Figure 24: les valeurs d'IC₅₀ des différents extraits et de standard en mg/ml (**original**).

Tous les extraits de propolis ont démontré un pouvoir antiradicalaire envers le DPPH[·], et les valeurs d'IC₅₀ obtenues permettent de les classer comme des antioxydants puissants. Ces résultats sont illustrés dans la figure 29.

Les extraits éthanoliques testés ont montré une forte activité antioxydante, avec des valeurs d'IC₅₀ variant entre 0,23 et 0,29 (mg/ml). Ces valeurs sont inférieures à celle de l'acide ascorbique, qui est de 1,2 (mg/ml). Cela indique que les extraits éthanoliques ont une capacité antioxydante plus élevée que l'acide ascorbique utilisé comme standard.

Les résultats obtenus révèlent que l'extrait de Sidi Brahim présente une activité antioxydante supérieure aux autres extraits, avec une IC₅₀ de 0,23 mg/ml. Cette observation suggère que l'extrait de Sidi Brahim contient potentiellement une plus grande quantité de composés capables de neutraliser les radicaux libres, ce qui lui confère un fort potentiel antioxydant. Il est probable que sa capacité élevée à piéger les radicaux soit due à sa teneur en composés phénoliques.

Les extraits de Beni Snous et de Ain Youcef présentent des valeurs d'IC₅₀ proches, soit 0,28 mg/ml et 0,29 mg/ml respectivement. Cela suggère que ces deux extraits ont une activité antioxydante similaire, bien que légèrement inférieure à celle de l'extrait de Sidi Brahim. Ces résultats indiquent la présence de composés antioxydants dans les extraits de Beni Snous et de Ain Youcef, contribuant ainsi à leur potentiel antioxydant.

En comparant nos résultats avec l'étude menée par **ASSEN et OUADFEUL en 2017**, nous constatons que nos extraits présentent un pouvoir antioxydant plus important et plus fort que ceux obtenus dans leur étude. En effet, nos extraits ont une IC₅₀ comprise entre 0,23-0,29 mg/ml et leur valeur c'était 0,63 et 0,199 mg/ml, ce qui indique une plus grande efficacité dans la neutralisation des radicaux libres.

Cette différence peut s'expliquer par des variations dans les méthodes d'extraction, les conditions de récolte, ainsi que la composition chimique spécifique de chaque échantillon de propolis étudié. Il est intéressant de noter cette amélioration de l'activité antioxydante dans nos extraits, ce qui pourrait être attribué à des facteurs spécifiques liés à la propolis récoltée dans la région de la Wilaya de Tlemcen.

Un second paramètre, dérivé du précédent et noté "ARP" (Antioxidant Radical Power), a été calculé pour exprimer la puissance antiradicalaire. Il est obtenu en prenant l'inverse de la valeur de l'IC₅₀. Plus les valeurs d'ARP s'éloignent de zéro, plus la puissance antioxydante de la substance étudiée est élevée. En d'autres termes, des valeurs ARP plus élevées indiquent une capacité accrue de la substance à neutraliser les radicaux libres et à protéger contre les dommages oxydatifs. Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : les résultats de le pouvoir antiradicalaire de les différentes extraits (**original**).

Extraits	IC₅₀ (mg/ml)	ARP
EEP1	0.29	3.45
EEP2	0.28	3.57
EEP3	0.23	4.35

Nos extraits ont montré une puissance antiradicalaire importante. Le plus puissant c'est l'extrait d'EEP3 de Sidi Brahim avec la plus grande valeur de 4.35 mg/ml.

De nombreuses études ont été réalisées sur l'activité antiradicalaire de la propolis, et les résultats obtenus varient d'une étude à l'autre. Cette variation peut s'expliquer par différents facteurs qui influencent l'efficacité de l'extraction ainsi que la nature et le volume du solvant utilisé.

Les composés phénoliques présents dans la propolis possèdent divers effets biologiques, dont l'activité antioxydante (**AHN et al., 2007**). Parmi les principaux groupes de composés présents dans la propolis, on trouve les polyphénols et les flavonoïdes. Ces composés ont la capacité d'éliminer les radicaux libres ou de prévenir leur formation. Cette propriété contribue à la capacité de la propolis à prévenir l'oxydation (**AHN et al., 2007 ; MOREIRA et al., 2008**).

Les propriétés antioxydantes des extraits végétaux et des composés purs peuvent être évaluées au moyen de différents tests *in vitro*. Dans notre étude, nous avons utilisé la méthode du DPPH pour évaluer la capacité des extraits de propolis à neutraliser les radicaux libres. En empêchant la formation des radicaux anioniques superoxydes, ces extraits contribuent à prévenir l'oxydation et les dommages aux tissus vivants. Ses propriétés antioxydantes ont déjà été démontrées précédemment.

Conclusion et Perspectives

Conclusion

Dans le domaine de la recherche biologique, d'importants efforts ont été déployés ces dernières années afin de découvrir de nouveaux traitements à base de plantes, d'étudier les éléments de leur efficacité et de comprendre leur mode d'action. Dans le cadre de ce travail notre attention s'est portée sur la propolis, l'un des produits les plus complexes de la ruche.

La propolis est un matériau de grande valeur en raison de ses propriétés thérapeutiques qui sont attribuées à sa composition riche en polyphénols et flavonoïdes. Ces composés bioactifs confèrent à la propolis ses propriétés bénéfiques pour la santé, telles que son activité antioxydante, antimicrobienne et anti-inflammatoire.

Ce travail a étudié l'extraction de trois échantillons de propolis des différentes régions de la wilaya de Tlemcen ; Ain Youcef, Beni Snous et Sidi Brahim en utilisant des ondes ultrasoniques, nous avons obtenu trois extraits EEP1, EEP2 et EEP3 respectivement. L'étude comprenait l'évaluation des activités antimicrobiennes et antioxydantes.

L'activité antimicrobienne des extraits de propolis étudiée a révélé des résultats sur les effets inhibiteurs significatifs contre les deux bactéries testées avec une CMI de 1 mg/ml. Comparant les DO de ces extraits nous avons déduit que l'extrait de Sidi Brahim a la meilleure activité contre *E. coli* avec une DO de 0.057, pour *S. aureus* c'est celui de Beni Snous, avec une DO de 0.068. Pour la CMB, nous avons obtenu les résultats suivants : 1 mg/ml pour EEP1 et EEP3, 2 mg/ml pour EEP2 contre *E. coli*. Concernant les CMB de *S. aureus* nous avons noté un effet bactéricide à 1 mg/ml pour EEP1, EEP2 et 2 mg/ml pour EEP3 ce qui signifie que EEP1 a la meilleure activité antibactérienne à l'égard des deux microorganismes testés.

Par ailleurs, l'activité antioxydante des extraits de propolis a été évaluée par le test de DPPH, les résultats ont démontré de puissantes propriétés antioxydantes. Nous avons déduit que EEP3 représente le meilleur piègeur du radical DPPH avec un PI de 92,8 %, suivi par EEP2 85.6% et finalement EEP1 80.61%. Ils ont montré une forte activité antioxydante, avec des valeurs d'IC₅₀ variant de 0,23 à 0,29 (mg/ml). Ces valeurs sont inférieures à celle de l'acide ascorbique, qui est de 1,2 (mg/ml). Les résultats trouvés révèlent que nos extraits ont une activité antioxydante plus élevée que le standard utilisé. Le meilleur pouvoir antioxydant identifié est avec l'extrait de Sidi Brahim avec une IC₅₀ de 0.23 mg/ml.

Les résultats obtenus lors des études réalisées ont permis de démontrer l'effet antimicrobien et antioxydant des échantillons de propolis, en mettant en relation cette activité avec leur teneur en polyphénols et en flavonoïdes totaux. Ces résultats nous ont donné la légitimité de classer nos échantillons de propolis en fonction de leur efficacité. L'échantillon provenant de Beni Snous a été identifié comme étant le plus efficace sur le plan antimicrobien, tandis que celui de Sidi Brahim a présenté le plus fort pouvoir antioxydant.

Nous concluons de manière claire que la propolis provenant d'Algérie présente un fort potentiel d'utilisation dans divers domaines, en particulier en tant qu'antioxydant, contribuant ainsi à la santé et au bien-être de l'homme.

De plus, la propolis peut être considérée comme une candidate prometteuse dans le domaine biomédical pour lutter contre les infections nosocomiales et la formation de biofilms sur les dispositifs médicaux, provoquées par la bactérie *S. aureus*.

Perspectives

Au vu des résultats prometteurs obtenus et du potentiel du sujet traité, plusieurs perspectives se dessinent pour de futures recherches ;

-Optimisation des paramètres d'extraction par ultrasons : Les recherches futures devraient se concentrer sur l'affinement des paramètres d'extraction ultrasonique, tels que la température, la puissance et la durée, afin de maximiser le rendement et la bioactivité des extraits de propolis.

- Identification des composés bioactifs : Les études futures devraient viser à identifier et à quantifier les composés bioactifs spécifiques présents dans les extraits de propolis obtenus par extraction ultrasonique. Cela pourrait permettre de mieux comprendre les composants clés responsables des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes.

-Études mécanistiques : La réalisation d'études mécanistiques peut aider à élucider les mécanismes sous-jacents des activités antimicrobiennes et antioxydantes des extraits de propolis. La compréhension de ces mécanismes contribuera au développement d'applications ciblées et efficaces.

- Évaluation de l'efficacité et de la sécurité in vivo : Il est essentiel de poursuivre les recherches par des études in vivo pour évaluer l'efficacité et la sécurité des extraits de propolis obtenus par extraction ultrasonique. Ces études peuvent fournir des informations précieuses sur le potentiel thérapeutique et les effets secondaires potentiels.

-Développement de formulations : La recherche devrait explorer le développement de différentes formulations incorporant des extraits de propolis extraits par ultrasons. Il peut s'agir de la formulation de crèmes topiques, de suppléments oraux ou de produits alimentaires fonctionnels afin de maximiser leur applicabilité et leur accessibilité.

- Normalisation et contrôle de la qualité : L'établissement de protocoles d'extraction normalisés et la mise en œuvre de mesures de contrôle de la qualité sont essentiels pour la production constante d'extraits de propolis de haute qualité. Les recherches futures devraient se concentrer sur l'élaboration de lignes directrices et de protocoles visant à garantir la reproductibilité et la fiabilité des processus d'extraction par ultrasons.

-Effets synergiques et études de combinaison : L'étude des effets synergiques potentiels des extraits de propolis avec d'autres composés naturels ou des agents antimicrobiens/antioxydants conventionnels peut offrir de nouvelles perspectives. Les études de combinaison peuvent mettre en évidence une bioactivité accrue ou de meilleurs résultats thérapeutiques.

- Considérations relatives à l'environnement et à la durabilité : Les recherches futures devraient également porter sur l'impact environnemental et les aspects de durabilité des procédés d'extraction par ultrasons. Il s'agit notamment d'évaluer la consommation d'énergie, la gestion des déchets et d'explorer des techniques d'extraction plus écologiques pour minimiser l'empreinte écologique.

En somme, ces perspectives ouvrent la voie à de nouvelles avancées dans la compréhension des propriétés et des applications de la propolis d'Algérie, offrant ainsi des opportunités pour son utilisation future en tant que ressource précieuse dans divers domaines de la santé et du bien-être.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

A

- ABDULLAH NA, JA'AFAR F, YASIN HM, TAHA H, PETALCORIN MIR, MAMIT MH, KUSRINI E, USMAN A.** (2019). Physicochemical analyses, antioxidant, antibacterial, and toxicity of propolis particles produced by stingless bee *Heterotrigona itama* found in Brunei Darussalam. *Heliyon.* ;5(9) : e02476–e02476. Doi: 10.1016/j.heliyon. 2019.e02476.
- ABREU A.C., MCBAIN A.J., SIMÕES M.** (2019). Plants as sources of new antimicrobials and resistance-modifying agents. *Nat. Prod. Rep.*29(9):1007. doi: 10.1039/c2np20035j.
- ADAM, F.** (1978). *Ma méthode d'apiculture.* Paris, France : Éditions Le Courrier du Livre. P 45-47.
- ADAM, F.** (1980). *A la recherche des meilleures races d'abeilles.* Paris, France : Éditions Courrier du Livre. P198.
- ADAM, G.** (2010). *La biologie de l'abeille.* Ecole d'apiculture Sud-Luxembourg. p26.
- AHN, M.R., KUMAZAWA, S., USUI, Y., NAKAMURA, J., MATSUKA, M., ZHU, F., NAKAYAMA, T.,** (2007). Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. *Food Chemistry*, 101 (4), 1383-1392.
- AIT YOUNES, K.** (2020). *Apiculture en Algérie : activité passionnante.* Salama mag.com. Récupéré de :<https://www.salama-mag.com/salamamag/apiculture-en-algerie-activite-passionnante/>
- AKHIR R.A.M., BAKAR M.F.A., S.B.** (2017). Sanusi Antioxidant and antimicrobial activity of stingless bee bread and propolis extracts *AIP Conf. Proc.*, 189110.1063/1.5005423.
- AL-ANI, I., ZIMMERMANN, S., REICHLING, J., & WINK, M.** (2018). Antimicrobial Activities of European Propolis Collected from Various Geographic Origins Alone and in Combination with Antibiotics. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/medicines5010002>.
- ALMSRGHITA L., DEZMIREAN DS. ET BOBI O.** (2013) Important Developments in Romanian Propolis Research, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 9 pages.

- ANAND U., JACOBO-HERRERA N., ALTEMIMI A., LAKHSSASSI N.** (2019). A Comprehensive review on medicinal plants as antimicrobial therapeutics: potential avenues of biocompatible drug discovery. *Metabolites*. 9:258. doi: 10.3390/metabo9110258.
- ANDRADE JKS, DENADAI M, ANDRADE GRS, DA CUNHA NASCIMENTO C, BARBOSA PF, JESUS MS, ET AL.** (2018). Development and characterization of microencapsules containing spray dried powder obtained from Brazilian brown, green and red propolis. *Food Res Int*. 109: 278–287. 10.1016/j.foodres.2018.04.048.
- ANDREW J.M.** (2009), standardized disc susceptibility testing method (version 8, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 64: 454-489.
- ANJUM S.U., AMJAD U., KHAN K.A., ATTAULLAH M; KHAN H., HUSSAIN A., BASHIR M.A, TAHIR A., ANSARI M.J., GHRAH H.A., ADGABA N., DASH C.K.** (2018): Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- ANONYME.** (1970). *Encyclopédie Internationale des sciences et des techniques*. Paris, France : Éditions Presses de la Cité. P 364-366.
- ANTHONESCU, M.** (1973). L'apiculture dans le monde. *Revue Apicultura*, (12), 202-230.
- ANUPAMA, D., BHAT, K. K., & SAPNA, V. K.** (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, 36(2), 183-191.
- ARMIN, S.** (2010). *Guide de l'abeille*. Paris, France : Éditions Delachaux et Niestlé. p 127.
- ASLAM B., WANG W., ARSHAD M.I., KHURSHID M., MUZAMMIL S., RASOOL M.H., NISAR M.A., ALVI R.F., ASLAM M.A., QAMAR M.U., SALAMAT M.K.F., BALOCH Z.** (2018). Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *IDR*. 11:1645–1658. doi: 10.2147/IDR.S173867.
- ASSEN, M. & OUADFEUL, S.** (2017). *Caractérisation Physico-chimique De La Propolis Issue Du Nord Algérien Et Évaluation De Quelques Activités Biologique Et Formulation Cosmétique*. Mémoire de Master, Université Saad Dahleb – Blida.
- ASSEN, M. & OUADFEUL, S.** (2017). *Caractérisation Physico-chimique De La Propolis Issue Du Nord Algérien Et Évaluation De Quelques Activités Biologique Et Formulation Cosmétique*. [Mémoire de Master, Université Saad Dahleb - Blida].

AYME, A. (2014). Synthèse des connaissances sur l'apiculture réunionnaise et enjeux pour la filière. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse-ENVT. P 147.

B

BADREN, M. A. (2016). La situation de l'apiculture en Algérie et les perspectives de développement. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique, Université de Tlemcen. P 26.

BAKIRI, E. (2018). Abeilles sauvages et abeilles domestiques, Impact sur la biodiversité et la productivité. Mémoire-assistant classe B en Biologie Animale, Université Mentouri - Constantine I. p. 8-9.

BALDENSBERGER, P. J. (1922). Sur l'apiculture en orient. Proceedings of the Sixth International Congress of Apiculture, Marseille, France. p. 59-64.

BALLOT-FLURINES, C. (2010). Bienfaits de l'apithérapie. Éditions Eyrolles. p 157.

BANKOVA V, POPOVA M, TRUSHEVA B. (2014) Propolis volatile compounds: chemical diversity and biological activity: a review. Chem Cent J 8:1–8. doi: 10.1186/1752-153X-8-28.

BANKOVA V, TRUSHEVA B, POPOVA M. (2021). Propolis extraction methods: A review. J. Apic. Res..60:734–743. doi: 10.1080/00218839.2021.1901426.

BANKOVA V. (2004). Chemical diversity of propolis and the problem of standardization. J. Ethnopharmacol. 100:114–117. doi: 10.1016/j.jep.2005.05.004.

BANKOVA V., POPOVA M., TRUSHEVA B. (2006). Plant Sources of Propolis: An Update from a Chemist's Point of View. Nat. Prod. Commun. 1:1023–1028. doi: 10.1177/1934578X0600101118.

BARRIENTOS, L.; HERRERA, C.L.; MONTENEGRO, G.; ORTEGA, X.; VELOZ, J.; ALVEAR, M.; CUEVAS, A.; SAAVEDRA, N.; SALAZAR, L.A. (2013) Chemical and botanical characterization of Chilean propolis and biological activity on cariogenic bacteria *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*. Braz. J. Microbiol. 44, 577–585.

BECK BODOG, F. (1935). The Bible of Bee Venom Therapy. D. Appleton-Century Co., USA. p 10-14

BENCSIK, J. (1994). Pragmatique apicole. Revue française d'apiculture, p544, p421-428.

- BETAYENE, D.** (2008). Débuter en apiculture. Yaoundé-Cameroun : Centre pour l'Environnement et le Développement (CED). P44.
- BIRI, M.** (1976). L'élevage moderne des abeilles. Paris, France : Edition Vecchi S.A.p321.
- BIRI, M.** (1981). L'élevage moderne des abeilles : manuel pratique. Rome : Edition. Vecchi. p175-198.
- BIRI, M.** (1999). Le grand livre des abeilles. L'apiculture moderne. Paris, France : Edition Vecchi S.A. p 260
- BLANC MICKAËL.** Propriétés et usage médical des produits de la ruche. *Th. Doc* (2010)1 (139): 127-137.
- BOGDANOV, S.** (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1–18. © INRA/DIB-AGIB/ EDP Sciences, doi :10.1051/apido :2005043
- BORNES, G.** (1977). La ruche au futur. Paris, Rev Franç Apl, 401, 481-484.
- BOUFADI YM, SOUBHYE J. RIAZI A, ET AL** (2014) Characterization and antioxidant properties of six Algerian propolis extracts: ethyl acetate extracts inhibit myeloperoxidase activity. *Int J Mol Sci*15:232745.
- BOUFADI YM, SOUBHYE J. RIAZI A, ET AL.** (2014). Characterization and antioxidant properties of six Algerian propolis extracts: ethyl acetate extracts inhibit myeloperoxidase activity. *Int J Mol Sci* 15:2327 45.
- BOURG, S.** (2012). Abeille et insecticides phytosanitaires. Sarrebruck : Ed universitaire européenne. P124
- BOUSSOUF, O. W.** (2017). Étude comparative de la diversité floristique de trois stations de Remchi (Wilaya de Tlemcen) et estimation de la qualité du miel récolté. Mémoire de Master écologie et environnement, Université de Tlemcen, Algérie.
- BOZCUK ERDEM G., IMEZ S.** (2003): Inhibitory effect of bursa propolis on dental caries formation in Rats Inoculated with *streptococcus sorbinus*. Hacettepe University Ankara Turkey.
- BRADBEAR, N.** (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. Rome : FAO ; Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. P 238.

- BRIDI, R. ; MONTENEGRO, G. ; NUÑEZ-QUIJADA, G.; GIORDANO, A.; MORÁN-ROMERO, F.M.; JARA-PEZOA, I.; SPEISKY, H.; ATALA, E.; LÓPEZ-ALARCÓN, C.** (2015). International regulations of propolis quality: Required assays do not necessarily reflect their polyphenolic-related in vitro activities. *J. Food Sci.* 80, C1188–C1195.
- BRIONES-LABARCA V, PLAZA-MORALES M, GIOVAGNOLI-VICUÑA C, JAMETT F.** (2015). High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT—Food Sci Technol.* 60: 525–534.
10.1016/J.LWT.2014.07.057
- BROUDISCOU LAURENT., PHILIPPE PAPON., YVES., BROUDISCOU., ANNE F.** (1997) : Maintenance of rumen protozoa populations' in adual out flow continous fermenter F. *Sci. Food Agrec*, p75, 273.
- BRUNEAU, (2012).** Récolte de la propolis. https://www.apiservices.biz/documents/articles-fr/recolte_propolis.pdf
- BRUSCHI M.L., LARA E.H.G., MARTINS C.H.G., VINHOLIS A.H.C., CASEMIRO L.A., PANZERI H., GREMIAO M.P.D.** (2006). Preparation and antimicrobial activity of gelatin microparticules containing propolis against oral pathogens. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 32(2): 229- 238.
- BURDOCK G. A.** (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food Chem Toxicol* 36(4): 347-363.
- BURDOCK, G.A.** (1998). Review of the biological properits and toxicity of bee propolis. *Food Chem. Toxicol.*, 36, 347–363.
- BUTTELL-REEPEN, H. V.** (1906). *Apistica Beitrage zur Systematik, der Honigbiene (Apis mellifecaL), ihrer Variet Atenund der ilbrigen.* Veroff. Zool. Museum Berlin, p117-201.

C

- CADY, J., & ARNOLD, G.** (1997). *Apis et Osiris - les abeilles.* Paris : INRA, p32.
- CAMPOS JF, DOS SANTOS UP, DOS SANTOS DA ROCHA P, DAMIÃO MJ, PERRELLA BALESTIERI JB, LIMA CARDOSO CA, PAREDES-GAMERO EJ, ESTEVINHO LM, SOUZA KDP, DOS SANTOS EL** (2015). Antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of propolis from stingless bee *Tetragonisca fiebrigi* (Jataí). *Evidence-based Complementary and Alternative Med.* 10.1155/2015/296186.

- CARDINAULT N, CAYEUX, M-O P, PERCIE DU SERT,** (2012). La propolis : origine, composition et propriétés, Springer- Verlag France, *Phytothérapie* ;10.
- CARDINAULT N., CAYEUX MO. ET PERCIE DU SERT P.** (2012) La propolis : Origine, Composition chimique et propriétés, Springer, 10, 298-304.
- CARDINAULT, N., M. -O. CAYEUX, ET P. PERCIE DU SERT.** (2012). « La propolis : origine, composition et propriétés ». *Phytothérapie* 10(5) : 298-304.
- CELLI, G., & MACCAGNANI, B.** (2002). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. In Proceedings of the 8th international symposium of the ICP-BR Bee protection group: Hazards of pesticides to bees. Bologna, Italy. (Bulletin of Infectiology, 2003, 56(1), 137-139).
- CHAHBAR, A. N., & HAMADI, K.** (2020). Les abeilles domestiques locales et l'environnement. Un modèle parfait pour la sensibilisation environnementale. L'éducateur, p. 136-143. Récupéré de <https://www.researchgate.net/publication/350322586> .
- CHEFROUR, A.** (2007). Miel Algérien : Caractéristique physico-chimique et melissopalynologique (cas des miels de l'EST Algérie). Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat d'état des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba.p103.
https://www.researchgate.net/publication/306169060_Pollen_spectrum_of_honeys_of_bees_Apis_mellifera_L_of_el_tarf_region_Algeria_northeast
- CHEN S.H., CHAN N.L., HSIEH T.S.** (2013). New mechanistic and functional insights into DNA topoisomerases. Annual Review of Biochemistry 82: 139-170.
- CHERBULIEZ, T, DOMEREGO, R.** (2003). L'apithérapie : médecine des abeilles (Ed. Amyris).
- CHERGUI, A.** (2006). L'évolution De L'apiculture Dans La Wilaya De Blida., mémoire pour l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire, Université Saad Dahleb – Blida.
- CHUNG SEUNG TAE., HYUNG SOO KIM., JUNO H EOM., KYUNG A KIM., SE JIN CHUNG., SOON YOUNG PAIK., HYE YOUNG O.** (2004). Immunomodulatory effect of caffeic acid phenetyl ester in Balb/c mice. International Immunopharmacology 4(3) : 429 - 436.
- CHUNG, H., JI, X., CANNING, C., SUN, S., ZHOU, K.** (2010). Comparison of different strategies for soy bean antioxidant extraction. J. Agric. Food Chem, 58, 4508-4512.
- CLEMENT, H.** (2011). Les bons gestes de l'apiculteur. Editions Rustica.

CODEX ALIMENTARIUS. (2001). Commission Standards, Codex Standards for Honey (1981/revised1987/revised2001). Rome : FAO. p. 1-7. Récupéré de https://www.google.com/search?q=codex+alimentarius+2001&rlz=1C1BNSD_frDZ972DZ972&sxsrf=AOaemvIyQobbYeBEmQM4rPg4FTUNIIwJFA%3A1636113483668&ei=SxyFYfCgKMOHjLsP9_OakAM&oq=CODEX+ALIMENTARIUS.+2001&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAEYADIGCAAQFhAeMgYIABAWEB4yBggAEBYQHjIGCAAQFhAeOgcIIXCwAxAnSgQIQRgBUJoMWJoMYPwhaAFwAHgAgAGBAYgBgQGSQMwLjGYAQCgAQKgAQHIAQLAAQE&scient=gws-wiz# .

CORNUET, J. M., DAOUDI, A., MOHSSINE, E. H., & FRESNAYE, J. (1988). Etude biométrique de populations d'abeilles marocaines. *Apidologie*, 19(4), 355-366.

CRANE, E. (1976). L'apiculture dans le monde. *Rev. Gazette Apicole*, Paris, (255), p 127-130.

CRANE, E. (1990). *Bees and keeping, science practice and world resources*. London: Heineman. p 614. ISBN 0-8014-2429-1.

D

DAVIES J, DAVIES D. (2010). Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol Mol Biol Rev* 74:417–433. doi: 10.1128/MMBR.00016-10

D'COSTA VM, KING CE, KALAN L, MORAR M, SUNG WW, SCHWARZ C, FROESE D, ZAZULA G, CALMELS F, DEBRUYNE R, GOLDING GB, POINAR HN, WRIGHT GD. (2011). Antibiotic resistance is ancient. *Nature* 477:457–461. doi: 10.1038/nature10388.

DE GROOT, ANTON C. (2013). « Propolis: A Review of Properties, Applications, Chemical Composition, Contact Allergy, and Other Adverse Effects ». *Dermatitis* 24(6) : 263-82.

DEBAB M., TOUMI-BENALI F. ET DIF MM. (2017) Antioxydant activity of propolis of Ouest Algerian, *Phytothérapie*, 15, 230-234.

DEBUYSER E. (1984). La propolis. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de Nante, Faculté de pharmacie.

DEHMOUCHE H., LEUJEUNE B. ET POURRAT A. (1988). Propolis utilisation en dermocosmétologie. *Parfums, Cosmétiques, Aromes* : 73-77.

DO NASCIMENTO T.G., DOS SANTOS ARRUDA R.E., DA CRUZ ALMEIDA E.T., DOS SANTOS OLIVEIRA J.M., BASÍLIO-JÚNIOR I.D., DE MORAES PORTO

I.C.C., SABINO A.R., TONHOLO J., GRAY A., EBEL R.E., et al. (2019) Comprehensive multivariate correlations between climatic effect, metabolite-profile, antioxidant capacity and antibacterial activity of Brazilian red propolis metabolites during seasonal study. *Sci. Rep.* 9:18293. doi: 10.1038/s41598-019-54591-3.

DONADIEU Y. (1981). La gelée royale thérapeutique naturelle, 5^e Edition, Paris, Maloine edit., 79p.

DONADIEU Y. (1981). Les produits de la ruche. 3^eme Edition, paris.

DRAIAIA, R. (2016). Caractérisation physico-chimique et appellation botanique des miels algériens (cas des ruches langstroth). Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba. p 151.

E

EBADI Z., KHODANAZARY A., HOSSEINI S.M. AND ZANGUEE N. (2019). The shelf-life extension of refrigerated *Nemipterus japonicus* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract, *Int. J. Biol. Macromol.*, 139, 94-102.

EL-KHATIB A. S., AGHA A. M., MAHRAN L. G., KHAYYAL M. T. (2002). Prophylactic effect of aqueous propolis extract against acute experimental hepatotoxicity in vivo. *Z. Naturforsch 57*: 379-85.

F

FAO. (2010). Food and Agriculture Organisation. En Fr : organisation pour l'alimentation et l'agriculture Récupéré de <http://www.fao.org/faostat/fr/#data> .

FAOSTAT. (2018). Food and Agriculture Organisation. en Fr : organisation pour l'alimentation et l'agriculture Récupéré de <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>.

FAOSTAT. (2021). Cultures et produits animaux. VISUALIZE DATA. Récupéré de <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL/visualize> .

FERNANDES JR A, BALESTRIN EC, BETONI JEC, DE OLIVEIRA ORSI R, DE SOUZA DA CUNHA MDLR, MONTELLI AC (2005). Propolis: anti-*Staphylococcus aureus* activity and synergism with antimicrobial drugs. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro 100:563–566. 10.1590/S0074-02762005000500018.

FINLEY RL, COLLIGNON P, LARSSON DG, MCEWEN SA, LI X-Z, GAZE WH, REID-SMITH R, TIMINOUNI M, GRAHAM DW, TOPP E. (2013). The scourge of antibiotic

resistance: the important role of the environment. *Clin Infect Dis* 57:704–710. doi: 10.1093/cid/cit355.

FORSBERG KJ, PATEL S, GIBSON MK, LAUBER CL, KNIGHT R, FIERER N, DANTAS G. (2014). Bacterial phylogeny structures soil resistomes across habitats. *Nature* 509:612–616. doi: 10.1038/nature13377.

FOURNIER, R. (2009). ABC de l'apithérapie. Paris: Editions Grancher. p140.

FRATELLONE, P. M. (2015). Apitherapy Products for Medicinal Use. *J Nutr Food Sci*, 5, 423. doi :10.4172/2155-9600.1000423.

FUJII, A. (1995). Pharmacological effect of royal jelly. *Honeybee Science*, 16, 97-104.

G

GAJGER IT, KOSALEC I, BOJIC M, KOSALEC I, SCECEC S, VLAINIC T, VLAINIC J. (2017). The components responsible for the antimicrobial activity of propolis from continental and mediterranean regions in Croatia. *Food Microbiol Saf.*;35:376–385. Doi: 10.17221/103/2017-CJFS.

GARGOURI W., OSÉS S.M., FERNÁNDEZ-MUIÑO M.A., SANCHO M.T. AND KECHAOU N. (2019). Evaluation of bioactive compounds and biological activities of Tunisian propolis, *LWT-Food Sci. Technol.*, 111, 328-336.

GHARBI M, (2011). Les produits de la ruche : origine- fonctions naturelles- Composition – propriétés Thérapeutiques : apithérapie et perspectives d'emploi en médecine vétérinaire, Thèse de Doctorat en Médecine-Pharmacie, Université Claude Bernard (Lyon I) ;221.

GHA SEMI FS, ESHRAGHI SS, ANDALIBI F, HOOSHYAR H, KALANTAR N, SAMADI A, FATAHI-BAFGHI M. (2017). Anti-bacterial effect of propolis extract in oil against different bacteria. *Zahedan J Res Med Sci.* 19:e7225–e7225. doi: 10.5812/zjrms.7225.

GHISALBERTI E. L. (1979). Propolis a review. *Bee World* 60:59-84.

GOUT, J., & JARDEL, C. (2008). 250 réponses aux questions d'un ami des abeilles. Lesse : La compagnie des éditions.

GOUT, J., & JARDEL, C. L. (1998). Le monde du miel et des abeilles. Paris, France : Ed. Delachaux et Niestlé. P157.

GRANGE JM, DAVEY RW. (1990). Antibacterial properties of propolis (bee glue) *journal of the royal society of medicine*;83159-1560.

- GRANGE JM, DAVEY RW.** (1990). Antibacterial properties of propolis (bee glue) Journal of the Royal Society of Medicine; 83:159–160.
- GRECKA, K., KUŚ, P. M., OKIŃCZYC, P., WOROBO, R. W., WALKUSZ, J., & SZWEDA, P.** (2019). The Anti-Staphylococcal Potential of Ethanolic Polish Propolis Extracts. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(9), 1732.
<https://doi.org/10.3390/molecules24091732>.
- GRIESSINGER, C.** (1986). L'apiculture en Algérie. Cercle Algerianiste.
- GRISSA, K., CORNUET, J. M., MSADDA, K., & FRESNAYE, J.** (1990). Étude biométrique de populations d'abeilles tunisiennes. *Apidologie*, 21, 303–310.

H

- HAMET, H.** (1859). Cour pratique d'apiculture. Paris.p7.
- HAMZAH N. et LEO C.P.** (2018). Fouling evaluation on membrane distillation used for reducing solvent in polyphenol rich propolis extract, *Chin. J. Chem. Eng.*, 26, 477-483
- HEBI M, & EDDOUKS M.** (2016). Evaluation de l'activité antioxydante de *Stevia rebaudiana*, *Phytothérapie*. 14:17-22
- HENRI CLEMENT.** (2009). L'abeille, sentinelle de l'environnement. Paris : Edition Alternatives.

J

- JANSERGERS, E.** (2007). Les produits de la ruche. Fiche pédagogique.
- JASPRICA, D., MORNAR, A., DEBELIJAK, Z., SMOLCIC-BUBALO, A., MEDIC-SARIC, M., MAYER, L., ROMIC, Z., BUCAN; K., BALOG, T., SOBOCANES, S., SVERKO, V.** (2007). In vivo study of propolis supplementation effects on antioxidative status and blood cells. *J. Ethnopharmacol*, (110) : 548 554.
- JEAN ; PROST, P., LE CONTE, Y.** (2005) : Apiculture : connaitre l'abeille, conduire le rucher. *Ed Lavoisier*.
- JEAN N,** (2015). Perspectives d'avenir en apithérapie à l'officine. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. *Université Angers*.
- JEAN, M.** (2007). Le guide de l'apiculture. Aix-en-Provence, France : Ed. 23, 206, 225, 249p 347p.

K

- KARADAL F, ONMAZ NE, ABAY S, YILDIRIM Y, AL S, TATYUZ I, AKCAY A.** (2018). Original article a study of antibacterial and antioxidant activities of bee products: propolis, pollen and honey samples. *Ethiop J Heal Dev.* 32:116–122.
- KAREEM AA, ABDZAID NY, SALMAN RM, MOHAMED MK, DEKEL AJ, ABDUL-MUHSEN RS.** (2015). Study of antibacterial activity in the local Iraqi propolis. *J Cont Med Sci.* 1(2):6–8.
- KEDZIA B, HOLDERNA E.** (1986). Investigations upon the combined action of antibiotics and propolis on *Staphylococcus aureus*. *Herba Polonica* >32: 187-195.
- KHENFER, A., & FATTAL, M.** (2001). Les produits de la ruche. ITEL V, Ministère de l'agriculture, Direction de la formation, de la recherche et de la vulgarisation, p 23.
- KHOLKHAL.F.** (2014). Etude Phytochimique Et Activité Antioxydante Des Extraits Des Composés Phénoliques De *Thymus Ciliatus Ssp Coloratus Et Ssp Euciliatus*. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
- KIELISZEK, M., PIWOWAREK, K., KOT, A. M., BLAZEJAK, S., ŚMIGIEL, A. C., & WOLSKA, I.** (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.021> .
- KOLANKAY, D., SELMANO, G., SORKUN, K., BEKIR, S.** (2002): protective effects of Turkish propolis on alcohol-induced serum lipid changes and liver injury in male rats. *F.Chem*, (87): 213-217.
- KRELL R.** (1996). Value added products from beekeeping. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. Chapitre 5.
- KRUPP T., DOS SANTOS B.D., GAMA L.A., SILVA J.R., ARRAIS-SILVA W.W.** (2023), de Souza N.C., Américo Egypt. *J. Chem.* 66, No. 1 (M.F. and de Souza Souto P. C., Natural rubber propolis membrane improves wound healing in second-degree burning model, *Int. J. Biol. Macromol.*, 131, 980-988 (2019).
- KUREK-GÓRECKA, A.; SOBCZAK, A.; RZEPECKA-STOJKO, A.; GÓRECKI, M.T.; WARDAS, M.; PAWŁOWSKA-GÓRAL, K.** (2012). Antioxidant activity of ethanolic fraction of Polish propolis. *Z. Naturforsch. C*, 67, 545–550.

L

- LAHOUEL M., BOULKOUR S., SEGUENI N., FILLASTRE J.P.** (2004). Effet protecteur des flavonoïdes contre la toxicité de la vinblastine, du cyclophosphamide et du paracétamol par inhibition de la peroxydation lipidique et augmentation du glutathion hépatique. *Pathologie Biologie* 52(6): 314-322.
- LAHOUEL M., BOULKOUR S., SEGUENI N., FILLASTRE J.P.** (2004). The flavonoids effect against vinblastine, cyclophosphamide and paracetamol toxicity by inhibition of lipoperoxidation and increasing liver glutathione concentration. *Haema* 7: 313-320.
- LANCETTE G.A., COOK K.A., DOBBS T.E., HLADY W.G., WELLS J.G.** (1998). Outbreak of salmonella serotype Hartford infections associated with unpasteurized orange juice. *Jama* 280(17): 1504 -1509.
- LAVIE P.** (1975). La propolis. Edition : Apimondia. Bucharest, Paris. *Lavoisier*.
- LE JEUNE B., POURRAT A., DEHMOUCHE H.** (1998). Propolis utilisation en dermocosmétologie. *Aromes*, 5 : 73-77.
- LEGRAND, J. J.** (1987). Les abeilles sont-elles les cosmétologues du règne animal. Aujourd'hui L'apithérapie, supplément n°465, 33, 48.
- LEHEBEL-PERON, A.** (2014). L'abeille noire et la ruche-tronc : approche pluridisciplinaire de l'apiculture traditionnelle cévenole : histoire, diversité et enjeux conservatoires. Doctoral dissertation, Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.
- LEVEN, L. V., BOOT, W. J., MUTSAERS, M., SEGEREN, P., & VELTHUIS, H.** (2005). L'apiculture dans les zones apicoles (Sixième Edition). P94.
- LIMA, T. M. T. DE.** (2020). Assembly and antifungal effect of a new fluconazole-carrier nanosystem. 15, 273–285.
- LIN S. C., CHUNG C. Y., CHIAN C. L., HSU S. H.** (1999). The influence of propolis ethanol on microsomal enzymes and glutathione after chronic alcohol administration. *The American Journal of Chinese Medicine* 27 : 83-93.
- LINTERMANS, Y. R., & OYENBRUGSTRAT.** (2011). Les 7 produits de la ruche. Société royale d'apiculture de Bruxelles et ses environs. P16.
- LOTFY M.** (2006). Biological activity of bee propolis in health and disease. *Asian Pac J Cancer Prev.* 7:22–31.

M

- MACHADO B.A., SILVA R.P., BARRETO GDE A., COSTA S.S., SILVA D.F., BRANDÃO H.N., ROCHA J.L., DELLAGOSTIN O.A., HENRIQUES J.A., UMSZAGUEZ M.A., ET AL.** (2016). Chemical composition and biological activity of extracts obtained by supercritical extraction and ethanolic extraction of brown, green and red propolis derived from different geographic regions in Brazil. PLoS ONE.;11:e0145954. doi: 10.1371/journal.pone.0145954.
- MADIGAN, N.N., MCMAHON, S., O'BRIEN, T., YASZEMSKI, M.J., AND WINDEBANK, A.J.** (2009). Current tissue engineering and novel therapeutic approaches to axonal regeneration following spinal cord injury using polymer scaffolds. *Respiratory Physiology & Neurobiology* 169, 183–199.
- MANGINI, L.** (2016). Antibiotiques et résistances : enquête sur les connaissances et les comportements du grand public, le Diplôme d'État de Docteur en Pharmacie.
- MANSOURI, A., EMBAREK, G., KOKKALOU, E., KEFALAS, P.** (2005.) Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry* ;89 : 411–420.
- MARGAOAN, R., STRANȚ, M., VARADI, A., TOPAL, E., YÜCEL, B., CORNEA-CIPCIGAN, M., CAMPOS, M. G., & VODNAR, D. C.** (2019). Bee Collected Pollen and Bee Bread: Bioactive Constituents and Health Benefits. *Antioxidants*, 8, 568. doi:10.3390/antiox8120568.
- MASSARO, C. F., SIMPSON, J. B., POWELL, D., & BROOKS, P.** (2015). Chemical composition and antimicrobial activity of honeybee (*Apis mellifera ligustica*) propolis from subtropical eastern Australia. *Die Naturwissenschaften*, 102(11-12), 68. <https://doi.org/10.1007/s00114-015-1318-z>.
- MATEESCU, C., & BARBULESCU, D.** (1999). Enhanced nutritive functional and therapeutic action of combined bee products in complex food supplements. *Romanian Biotechnology Letters*, 4, 163-172.
- MICHEL, T.** (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Thèse de doctorat en chimie Analytique Phytochimie. Université d'Orléans.p28.

MOHD N.F., YIAN L.N., DHAMZ. I, ARIS N.A., PUTRA N.R. ABDUL, A.H., M.A.

(2018), Che Mini review: application of supercritical carbon dioxide in extraction of propolis extract Malays. J. Fundam. Appl. Sci., 14 pp. 387-396, 10.11113/mjfas.v14n4.1088.

MOLYNEUX, P., (2004). The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity songklanakar. Journal of science technology, 26 (2), 211-219.

MORAWIEC T, MERTAS A, WOJTYCZKA RD, NIEDZIELSKA I, DZIEDZIC A,

BUBILEK-BOGACZ A, SENDER J, WRÓBEL J, TANASIEWICZ M,

WESOŁOWSKI P, KRÓL W. (2015). The assessment of oral microflora exposed to 3% ethanolic extract of brazilian green propolis preparation used for hygiene maintenance following minor oral surgeries. Biomed Res Int.; 2015:1–10. Doi: 10.1155/2015/869575.

MOREIRA, F.A., AGUIAR, D.C., CAMPOS, A.C., LISBOA, S.F., TERZIAN, A.L.,

RESSTEL, L.B., GUIMARAES, F.S. (2008). Reduced anxiety-like behaviour induced by genetic and pharmacological inhibition of the endocannabinoid-degrading enzyme fatty acid amide hydrolase (FAAH) is mediated by CB1. Neuropharmacology, 54, 141-150.

MOROH, J.-L. A., BAH, C., DJE, K., LOUKOU, Y. G. (2008). Guede-Guina, Study of the antibacterial activity of Morindamorindoides (Baker) milne-redheat (*rubiacaceae*) acetatique extract (ACE) on in-vitro growth of *Escherichia coli* strains. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège ; Vol. 77, p. 44 – 61.

MULI EM, MAINGI JM. (2007). Antibacterial activity of *Apis mellifera L.* propolis collected in three regions of Kenya. J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis. 13:655–663. doi: 10.1590/S1678-91992007000300008.

MUTSAERS, M., HENK VAN B, LEEN VAN 'T L, KERKVLIT, J., & JAN VAN DE

WAERDT. (2005). Produits de l'apiculture : propriétés, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA. Pays-Bas. 101 pages. ISBN CTA : 92-9081-306-7.

N

NAZZARO F, FRATIANNI F, DE MARTINO L, COPPOLA R, DE FEO V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals. 6(12):1451–1474. 10.3390/ph6121451.

NICOLA, B. (2011). Rôle des abeilles dans le développement rural. Ed. FAQ. Rome. p230.

NICOLAY JEAN. (2014) Perspectives d'avenir en apithérapie à l'officine, Thèse pour le diplôme d'État de docteur en pharmacie, page 105-106

NIKAIDO H. (1996). Outer Membrane In: Neidhardt FC, editor. *Escherichia coli and Salmonella: Cellular and Molecular biology* ASM Press; p. 29–47.

O

OROIAN, M., DRANCA, F., & URSACHI, F. (2020). Comparative evaluation of maceration, microwave and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from propolis. *Journal of food science and technology*, 57(1), 70–78. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04031-x>.

ORSOLIC N. A. (2010) Review of Propolis Antitumor Action in Vivo and in vitro. *Journal of Apiprodukt and Apimedical Science* 2(1): 1-20.

P

PAREJO, I., VILADOMAT, F., BASTIDA, J., ROSAS-ROMERO, A., FLERLAGE, N., BURILLO, J., CODINA C. (2002). Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and non-distilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 50(23), 6882-6890.

PARK Y. K., KOO M. H., ABREU J. A. S., IKEGAKI M., CURY J.A., ROSALEN P.L. (1998) Antimicrobial activity of propolis on oral microorganisms. *Current Microbiology* 36 (1) : 24-28.

PATEL S. (2016). Emerging adjuvant therapy for cancer: Propolis and its constituents. *J. Diet. Suppl.*;13:245–268. doi: 10.3109/19390211.2015.1008614.

PATERSON, P. (2008). *L'apiculture*. Ed. Presses agronomiques de Gembloux. Paris. P158.

PATERSON, P. (2011). *L'apiculture*. Isabelle Bonnevie. France. P17, 18, 125.

PATERSON, P. D. (2006). *L'apiculture*. Agriculture tropicale en poche. Edition Quae, c/o Inra, RD10 78026 Versailles Cedex, France. P11.

PATRICK, C. (2011). *Le rucher pas à pas*. Aix-en-Provence, France. P16, 17, 18, 31, 34.

PETRUZZI L, CORBO MR, CAMPANIELLO D, SPERANZA B, SINIGAGLIA M, BEVILACQUA A. (2020). Antifungal and antibacterial effect of propolis: a comparative hit for food-borne *Pseudomonas*, *enterobacteriaceae* and *fungi*. *Foods*. 9:559–569. doi: 10.3390/foods9050559.

- PHILLIPE, J. M.** (2007). Le guide de l'apiculture. Edition Sud Paris. P.347.
- PIERRE T. P., YEVS L.C.** (2005). Apiculture : connaitre l'abeille, conduire le rucher. Edition Lavoisier.
- PLESIAT P, NIKAIDO H.** (1992) Outer membranes of Gram-negative bacteria are permeable to steroid probes. *Mol Microbiol.* 6:1323–1333.
- POBIEGA K, KRAŚNIEWSKA K, DEREWIAKA D, GNIEWOSZ M.** (2019). Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods. *J Food Sci Technol.*; 56:5386–5395. doi: 10.1007/s13197-019-04009-9.
- POBIEGA K., KRAŚNIEWSKA K. AND GNIEWOSZ M.** (2019). Application of propolis in antimicrobial and antioxidative protection of food quality–A review, *Trends Food Sci. Technol.*, 83, 53-62.
- POPOVA, M. P., CHINO, I. B., MAREKOV, I. N., & BANKOVA, V. S.** (2009). Terpenes with antimicrobial activity from Cretan propolis. *Phytochemistry*, 70(10), 1262–1271. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.07.025>.
- PROMMAJAK, T., SURAWANG, S., RATTANAPANONE, N.** (2014). Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (*HouttuyniacordataThunb.*). *Songklanakarin J. Science Technology* ; 36 (1): 65-72.
- PROST, P.** (1987). Apiculture (6th ed.). Ed. Tec. Et Doc., p310-346.
- PROST, P., & LECONTE.** (2005). Apiculture : Connaître l'abeille, conduire le rucher (7th Ed.). Tec & Doc Lavoisier. 698p. Récupéré de <https://www.lavoisier.fr/livre/production-animales/apiculture-7e-ed/jean-prost/descriptif-9782743007874> .
- PRZYBYLEK I, KARPINSKI TM.** (2019). Antibacterial properties of propolis (bee glue) *Molecules.*;24:159–160. Doi: 10.3390/molecules24112047.

R

- RAHMAN MM, RICHARDSON A.** (2010). Antibacterial activity of propolis and honey against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Afr J Microbiol Res.*; 4:1872–1878.
- RAMANAUSKIEN K, INKENIENE AM, SAVICKAS A, MASTEIKOVA R, BRUSOKAS V.** (2009). Analysis of the antimicrobial activity of propolis and lysozyme in semisolid emulsion systems. *Acta Poloniae Pharmaceutica - Natural Drugs.*;66:681–688.

- RANDRIAMANANTSOA, F.** (2008). Projet de création d'une unité apicole dans la commune rurale d'Ambopihaonana district d'Ambatolampy. Mémoire de fin d'Études en vue de l'obtention du Diplôme de Maîtrise en gestion. Fac DEGS – Département Gestion, Université d'Antananarivo. 91 pages.
- REBIAI, A., LANEZ. T., BELFAR, M.L.,** (2013). Total polyphenol contents, radical scavenging and cyclic voltammetry of Algerian propolis: International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science, 6 (1), 975-1491.
- REGUEIRA M.S., NETO TINTINO S.R., DA SILVA A.R.P., COSTA M.D.S., BOLIGON A.A., MATIAS E.F.F., DE QUEIROZ BALBINO V., MENEZES I.R.A., MELO COUTINHO H.D.** (2017). Seasonal variation of Brazilian red propolis: Antibacterial activity, synergistic effect and phytochemical screening. Food. Chem. Toxicol. 107:572–580. doi: 10.1016/j.fct.2017.03.052.
- RIBEREAU-GAYON P.** (1968). Les composées phénoliques des végétaux, Ed, Dunod, Paris.
- RISTIVOJEVIĆ, P., DIMKIĆ, I., TRIFKOVIĆ, J., BERIĆ, T., VOVK, I., MILOJKOVIĆ-OPSENICA, D., & STANKOVIĆ, S.** (2016). Antimicrobial Activity of Serbian Propolis Evaluated by Means of MIC, HPTLC, Bioautography and Chemometrics. PLoS one, 11(6), e0157097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157097> .
- ROBERTI, Y. L.** (2011). Les sept produits de la ruche, p 3.
- RODRIGUES, FSLM.** (2007). Composition of the Leaf, Flower and Fruit Volatile Oils of *Pittosporum Tobira* (Thunb.) WT Aiton Grown in Three Locations in Portugal. Flavour and ... (April): 311. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.1798/abstract>.
- ROMANO et al.** (2003). International Journal of Food Microbiology. 86(20003) 169–180.
- ROUSSY, L.** (1973). Quatre générations d'apiculteurs. Revue Gazette Apicole, Annuaire apicole mondial, p26-28.
- RUFATTO L.C., LUCHTENBERG P., GARCIA C., THOMASSIGNY C., BOUTTIER S., HENRIQUES J.A.P., ROESCH-ELY M., DUMAS F., MOURA S.** (2018). Brazilian red propolis: Chemical composition and antibacterial activity determined using bioguided fractionation. Microbiol. Res. 214:74–82. doi: 10.1016/j.micres.2018.05.003.
- RUTTNER, F.** (1968). Systématique I. Systématique du genre Apis. In Chauvin et al. Traité de biologie de l'abeille. Edition Masson & Cie, Paris.

RUTTNER, F. (1988). Biogeography and taxonomy of honey bees. Ed. Springer, Verlag Berlin. p292.

RUTTNER, F., TASSENCOURT, T. L., & LOUVEAUX, J. (1978). Biometrical statistical analysis on the geographic variability of *Apis mellifera* L. *Aphidology*, 9(4), 363-381.

S

SABATINI, A. G. (2005). L'abeille bioindicateur. L'abeille sentinelle de l'environnement. *Abeilles & cie*, n 108(5), 12-16.

SADHANA N, LOHIDASAN S, MAHADIK KR. (2017). Marker-based standardization and investigation of nutraceutical potential of Indian propolis. *J Integr Med.* 15: 483–494. 10.1016/S2095-4964(17)60360-1.

SAMPIETRO DIEGO A., MARIA M.S VATTUONE., MARTA A VATTUONE. (2016). Immunomodulatory activity of *Apis mellifera* propolis from the North of Argentina. *LWT* 70: 9- 15.

SANTOS L. M., FONSECA M. S., SOKOLONSKI A. R., DEEGAN K. R., ARAÚJO R. P. C., UMSZAGUEZ M. A., MACHADO B. A. S. (2019): Propolis: Types, composition, biological activities and veterinary product patent prospecting. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*

SAURY, A. (1981). Les plantes mellifères (l'abeille et ses produits). Ed. Le Chevalier. P171.

SCHMIDT, A. V. (2013). Miel. P185.

SCHMIDT, E. M., SANTOS, C. S., STOCK, D., FINGER, D., BAADER, J., CAETANO, I. K., QUINAIA, S. P., SAWAY, A. C. H. F., EBERLIN, M. N., & TORRES, Y. R. (2013). Effect of extraction solvent on antiradical activity of Brazilian propolis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(1), 10-17.

SCHMIDT, J. O. (1997). Bee products chemical composition and application. In *Bee products*. Springer Science, New York.

SEDRAH, Z. T., KHUDHAIR, T. K., & AL-TAAI, H. R. (2010). Antibacterial Effect of Iraqi Propolis. *Diyala Agricultural Sciences Journal*, 2(2), 18–25. Retrieved from <https://journal.djas.uodiyala.edu.iq/index.php/dasj/article/view/3110>.

SEO K. W., PARK M., SONG Y. J., KIM S. J., YOON K. R. (2003) The protective effect of propolis on hepatic injury and its mechanism. *Phytotherapy Res* 17: 250-3.

- SFORCIN J.M.** (2007). Propolis and the immune system: A review. *JE thnopharmacol* 113 :1–14.
- SFORCIN JM, BANKOVA V.** (2011). Propolis: is there a potential for the development of new drugs?. *J Ethnopharmacol.* 133(2):253–260. 10.1016/j.jep.2010.10.032.
- 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. *Evid. based Complement. Alternat. Med.* 206439. doi: 10.1155/2015/206439.
- SIMONE-FINSTROM M., SPIVAK M.** (2010). Propolis and bee health: The natural history and significance of resin use by honey bees. *Apidologie.* 41:295–311. doi: 10.1051/apido/2010016.
- SKENDER, K.** (1972). Situation actuelle de l’apiculture algérienne et ses possibilités de développement. Mémoire d’ingénieur, Centre national pédagogique agricole, LN.A. Alger. P86.
- SONG YUN SEON., EUN-HEE PARK., GANG MIN HUR., YOUNG SUE RYU., YONG MAN KIM., CHANGBAE JIN.** (2002). Ethanol extract of propolis inhibits nitric oxide synthase gene expression and enzyme activity. *Journal of Ethnopharmacology* 80(23):155-161.
- SORIA, A.C., VILLAMIEL, M.** (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 323-331.
- SOUZA E.A., ZALUSKI R., VEIGA N., ORSI R.O.** (2016). Effects of Seasonal Variations and Collection Methods on the Mineral Composition of Propolis from *Apis mellifera* *Linnaeus* Beehives. *Braz. J. Biol.* 76:396–401. doi: 10.1590/1519-6984.16714.
- SPOONAMORE, J. E., FROHLICH, D. R., & WELLS, M. A.** (1993). p-Nitrophenylacetate hydrolysis by honey bee esterases: Kinetics and inhibition. *Xenobiotica*, 23, 279-284. Doi :10.3109/00498259309059381.
- SRINIVAS, S., GUJJARI, A. K., KENGANORA, M., RUDRASWAMY, S., RAVI, M. B., & MANJULA, S.** (2021). Analysis of antimicrobial activity of Karnataka propolis against oral pathogens - An in vitro study. *Journal of oral and maxillofacial pathology: JOMFP*, 25(3), 449–456. https://doi.org/10.4103/jomfp.jomfp_285_21.
- STRAUB, P.** (2007). L’abeille sentinelle écologique.

- SULEMAN T, VAN VUUREN S, SANDASI M, VILJOEN AM.** (2015). Antimicrobial activity and chemometric modelling of South African propolis. *J Appl Microbiol.* 119 :981–990. doi: 10.1111/jam.12906.
- SUNG S-H., CHOI G-H., LEE N-W ET SHIN B-C.** (2017). External Use of Propolis for Oral, Skin, and Genital Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis.
- SZLISZKA E ET W KROL,** (2013). Review Article Polyphenols Isolated from Propolis Augment TRAIL Induced Apoptosis in Cancer Cells, Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine;10.
- SZLISZKA E., CZUBA P., MACIEJ D., BOGDAN M., GRZEGORZ Z., WOJCIECH K.** (2009). Ethanolic Extract of Propolis (EEP) Enhances the Apoptosis-Inducing Potential of TRAIL In Cancer Cells. *Molecules* 14(2):738- 754.
- SZLISZKA E., GRZEGORZ Z., BEATA J., CEZARY D., GRAZYNA K.** (2011). Ethanolic Extract of Brazilian Green Propolis Sensitizes Prostate Cancer Cells To TRAIL-Induced Apoptosis. *International Journal of Oncology* 38 (4): 941- 953.
- SZWEDA P.** (2017). Antimicrobial activity of honey. *Honey Analysis.* Intech Open; London, UK. doi: 10.5772/67117.
- SZWEDA P., KOT B.** (2017). Bee products and essential oils as alternative agents for treatment of infections caused by *S. aureus*. In: Enany S., Alexander L.E.C., editors. *Frontiers in Staphylococcus aureus.* Intech Open; London, UK. doi: 10.5772/65978.

T

- TEFIANI, C. et al.** (2015). *Ammoides Pusilla (Apiaceae)* and *Thymus Munbyanus (Lamiaceae)* from Algeria Essential Oils: Chemical Composition, Antimicrobial, Antioxidant and Antiproliferative Activities. *Journal of Essential Oil Research* 27(2): 131–39.
<http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2015.1006739>.
- 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.* 2013:1–13. doi: 10.1155/2013/697390.
- TOSI E.A., CIAPPINI M.C., CAZZOLLI A.F. ETTAPIZ L.M.** (2006). Physicochemical characteristics of propolis collected in Santafe (Argentina). *Apiacta.*41: 110-120.

TOULLEC, A. N. K. (2008). Abeille noire *Apis mellifera*, historique et sauvegarde. Thèse pour Docteur Vétérinaire, École nationale vétérinaire d'Alfort, Université Paris-Est. P.168.
Récupéré de <https://fr.scribd.com/document/460620931/256> .

TOZI, E. A., CIAPPINI, M. C., CAZZOLLI, A. F., TAPIZ, L.M. (2006): Physico- chemical characteristics of propolis collected in Santa Fe (Argentina). *APIACTA*, (41): 110-120.

TRAN TD, ET AL. (2020). Lessons from exploring chemical space and chemical diversity of propolis components. *Int. J. Mol. Sci.* 21:4988. doi: 10.3390/ijms21144988.

TRUSHEVA B, TRUNKOVA D, BANKOVA V. (2007). Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. *Chem Cent J.* (1(1):13.

V

VEIGA R.S., DE MENDONÇA S., MENDES P.B., PAULINO N., MIMICA M.J., LAGAREIRO NETTO A.A., LIRA I.S., LÓPEZ B.G.-C., NEGRÃO V., MARCUCCI M.C. (2017). Artepillin C and phenolic compounds responsible for antimicrobial and antioxidant activity of green propolis and *Baccharis dracunculifolia* DC. *J. Appl. Microbiol.* 122:911–920. doi: 10.1111/jam.13400.

VON FRISCH, K. (1969). Vie et mœurs des abeilles. Ed. Albin Michel, Paris. P 255.

W

WAGH V. D. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. *Advances in pharmacological sciences*, 2013, 308249. <https://doi.org/10.1155/2013/308249>.

WAGH VD. (2013). Propolis: a wonder bees product and its pharmacological potentials. *Advances in pharmacological sciences*, 2013, 308249. <https://doi.org/10.1155/2013/308249>.

WANG, X., SANKARAPANDIAN, K., CHENG, Y., WOO, S. O., KWON, H. W., PERUMALSAMY, H., & AHN, Y. J. (2016). Relationship between total phenolic contents and biological properties of propolis from 20 different regions in South Korea. *BMC complementary and alternative medicine*, 16, 65. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1043-y>.

WARRE, A. (2005). L'apiculture pour tous : Manuel-guide des fixistes et des mobilistes (5^{ème} Ed.). Bureau du "travail au grand air ». P 5.

WEISS, K. (1985). L'apiculteur du week-end. Editions européennes apicoles, p. 12-18.

WHO; World Health Organization. (2014). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

WINSTON, M. L. (1993). La biologie de l'abeille (G. Lambermont, Trans.). Ed. Nauwelaerts et Frison Roche, Paris. p.276.

Y

YALFANI R., KHOSRAVI A., ET PIROUZ B. (2013) Evaluation of the Antifungal Activity of Iranian Propolis Against *Candida albicans*, Academic, 7, 35, 4457-4464.

YA-QIN, M., XING-QIAN, Y., ZHONG-XIANG, F., JIAN-CHU, C., GUI-HUA, X., DONG-HONG L. (2008). Phenolic Compounds and Antioxidant activity of extracts from ultrasonic treatment of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu Marc.*) Peels. J. Agric. Food Chem; 56 (14), 5682-5690.

YILDIRIM Z., HACIEVLIYAGIL S., KUTLU N.O., AYDIN N.E., KURKCUOGLU M., IRAZE M., DURMAZF R. (2004) Effect of water extract of Turkish propolis on tuberculosis infection in guinea-pigs. Pharmacol. Res.49:287–292. doi: 10.1016/j.phrs.2003.10.007.

Z

ZACCARIA, V., CURTI, V., DI LORENZO, A., BALDI, A., MACCARIO, C., SOMMATIS, S., MOCCHI, R., & DAGLIA, M. (2017). Effect of Green and Brown Propolis Extracts on the Expression Levels of microRNAs, mRNAs and Proteins, Related to Oxidative Stress and Inflammation. Nutrients, 9(10), 1090.
<https://doi.org/10.3390/nu9101090>.

ZAHRADNIK, J. (1984). Guide des insectes. Hatier, France, p318.

ZHONG J, WANG Y, YANG R, LIU X, YANG Q, QIN X. (2018). The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from *Moringa oleifera* seeds. Ind Crops Prod. 120: 1–10. 10.1016/J.INDCROP.2018.04.028 .

Les sites internet :

Web 01 : https://fr.wikipedia.org/wiki/Apis_mellifera_intermissa

Web 02: https://fr.wikipedia.org/wiki/Gel%C3%A9_royale

Web 03: <https://apiscera.com/le-venin-dabeille/>

Web 04: <https://laplateformedumiel.fr/comment-consommer-pain-dabeille/>

Web 05: <https://www.educol.net/photo-larves-d-abeille-i7263.html>

Web 06: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Nectar_\(botanique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nectar_(botanique))

Web 07: <http://apiculteur.ch>

Web 08: <https://laplateformedumiel.fr/propolis-brute/>

Web09: <https://www.milleetunetasses.com/apitherapie-1/propolis/propolis-pure-origine-france-limousin-brute-de-grille.html>

Web 10: <https://www.tigoo-miel.com/la-propolis-dans-la-ruche>

Web 11: <https://www.bien-etre-au-naturel.fr/propolis-resine-bonne-sante/>

Web 12: <https://www.pollenergie.fr/article-propolis-brune-peuplier>

Web 13: <http://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/antioxydant-dpph/principe>

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى دراسة الأنشطة المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة لمستخلصات العكبر بواسطة الموجات فوق صوتية من ثلاث مناطق مختلفة في منطقة تلمسان (سيدي ابراهيم، بني سنوس وعين يوسف). تم تقييم النشاط المضاد للميكروبات للمستخلصات بواسطة طريقة انتشار نفاذية القرص ضد سلالتين بكتيريتين سالبة وموجبة الغرام، المكورات العنقودية والعصيات القولونية. أظهرت النتائج تأثيرات مثبتة ملحوظة وفعالة حيث قدر تركيز المثبط الأدنى (MIC) ب 1 ملغ/مل. كما أظهر المستخلص الخاص بمنطقة سيدي ابراهيم أعلى نشاط ضد العصيات القولونية، في حين أظهر المستخلص من منطقة بني سنوس نشاط أعلى ضد المكورات العنقودية وتراوحت نتائج التركيز الأدنى المميت (MBC) من 1 إلى 2 ملغ/مل. تم تقييم قدرة تثبيط للجذور الحرة باستعمال اختبار DPPH أظهر هذا الأخير نشاطاً قوياً حيث أن EEP3 أظهر أعلى نشاط لإزالة الجذور الحرة بنسبة تثبيط (PI) قدرها 92.8% بينما أظهر EEP2 نسبة تقدر ب 85.5، أما EEP1 80.61%. تراوحت قيم تركيز العكبر للتثبيط النصفى IC_{50} للمستخلصات بين 0.23 و 0.29 ملغ/مل، وهي أقل من قيمة IC_{50} لحمض الأسكوربيك (1.2 ملغ/مل)، مما يشير إلى أن مستخلصات العكبر تمتلك قدرة أعلى لتثبيط الجذور الحرة. بشكل عام، تشير النتائج إلى أن مادة العكبر تتمتع بنشاط مضاد للميكروبات ومضاد للاكسدة ذات قيمة كبيرة الذي يمكن استعماله لتطبيقات علاجية مختلفة.

الكلمات المفتاحية: العكبر، موجات فوق صوتية، مضاد للجراثيم، مضاد الاكسدة.

Résumé :

Ce travail a pour objectif d'étudier les activités antimicrobiennes et antioxydantes des extraits de propolis extraites par l'ultrasons provenant de trois régions différentes de Tlemcen, à savoir Sidi Brahim, Beni Snous et Ain Youcef. L'activité antimicrobienne des extraits a été évaluée par la méthode de diffusion par disque contre deux souches bactériennes, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 et *Escherichia coli* ATCC 2592. Les résultats ont montré des effets inhibiteurs significatifs avec une concentration minimale inhibitrice (CMI) de 1 mg/ml. L'extrait de Sidi Brahim a montré la plus grande activité contre *E. coli*, tandis que l'extrait de Beni Snous a montré la plus grande activité contre *S. aureus* et les résultats de la CMB étaient compris entre 1 et 2 mg/ml. Les extraits ont également montré une forte activité antioxydante, l'EEP3 présentant la plus forte activité de piégeage des radicaux DPPH avec un pourcentage d'inhibition (PI) de 92,8 %, suivie d'EEP2 avec 85.5% et EEP3 avec 80.61%. Les valeurs IC_{50} des extraits étaient comprises entre 0,23 et 0,29 mg/ml, ce qui était inférieur à la valeur IC_{50} de l'acide ascorbique (1,2 mg/ml), ce qui indique que les extraits de propolis ont une capacité antioxydante plus élevée que le standard utilisé. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que notre propolis possède des activités antimicrobiennes et antioxydantes intrinsèques significatives qui pourraient être explorées pour des applications thérapeutiques potentielles.

Mots clés : Propolis, ultrasons, activité antibactérienne, activité antioxydante.

Abstract:

This work investigates the antimicrobial and antioxidant activities of propolis extracts by ultrasonic waves from three different regions of Tlemcen, namely Sidi Brahim, Beni Snous and Ain Youcef. The antimicrobial activity of the extracts was evaluated by disk diffusion method against two bacterial strains, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 2592. The results showed significant inhibitory effects. The microdilution method results showed that the minimum inhibitory concentration (MIC) is 1 mg/ml. The extract from Sidi Brahim showed the highest activity against *E. coli*, while the extract from Beni Snous showed the highest activity against *S. aureus*. The MBC results ranged from 1 to 2 mg/ml. The extracts also showed strong antioxidant activity, with EEP3 exhibiting the highest DPPH radical scavenging activity with a percentage inhibition (PI) of 92.8, followed with EEP2 85.5 % and then EEP1 with 80.61%. The IC_{50} values of the extracts ranged from 0.23 to 0.29 mg/ml, which were lower than the IC_{50} value of ascorbic acid (1.2 mg/ml), indicating that the propolis extracts had higher antioxidant capacity than the standard. Overall, the results suggest that our propolis has significant intrinsic antimicrobial and antioxidant activities that could be explored for potential therapeutic applications

Key words: propolis, ultrasound, antibacterial activity, antioxidant activity.

