

N° Ordre. /FS/UMBB/2025

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE L'RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences

Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle LMD

Présenté par

Mme BRAHIMI Hibat-Allah

En vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT 3^{ème} Cycle LMD en :

Filière : Biotechnologie

Option : Biotechnologie Végétale

Recherches de quelques propriétés de la propolis produit de la résine végétale, purification et évaluation de sa bioactivité

Devant le jury composé de :

M. MOHAMMEDI	Arezki	Prof	U.M.B. de Boumerdes	Président
Mme MEKIOUS	Scherazad	Prof	Université de Djelfa	Examinatrice
Mme DEHIMI	Khadidja	MCA	Université de M'sila	Examinatrice
Mme BOUMAZA	Sarah	MCA	U.M.B. de Boumerdes	Examinatrice
Mme LAGHA-BENAMROUCHE	Samira	MCA	U.M.B. de Boumerdes	Examinatrice
Mme OULEBSIR-MOHANDKACI	Hakima	Prof	U.M.B. de Boumerdes	Directrice de thèse

Année Universitaire : 2025/2026

Remerciements

Nous tenons à remercier Allah le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience. Nous avons pu ainsi achever ce travail.

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de thèse, Madame **Hakima OULEBSIR-MOHANDKACI**, professeure à l'université M'Hamed Bougara de Boumerdes, pour avoir dirigé ce travail. Je lui suis reconnaissante de m'avoir permis de mener mes recherches en toute liberté. C'est grâce à sa confiance, à son soutien, à sa disponibilité sans faille et à ses précieux conseils que j'ai pu mener à bien mon travail dans les meilleures conditions. J'ai pris beaucoup de plaisir à travailler sous sa tutelle. Votre encadrement et votre gentillesse ont également été très appréciés. Je vous remercie pour vos instructions et orientations qui m'ont permis d'améliorer ce manuscrit.

J'exprime ma vive et profonde gratitude à Monsieur le **Professeur MOHAMMEDI Arezki**, de l'université M'hamed Bougara de Boumerdes, pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. C'est un honneur pour moi.

Mes profonds remerciements s'adressent aussi aux examinatrices : **Mme MEKIOUS Scherazad**, professeure à l'Université de Djelfa ; **Mme DEHIMI Khadidja**, Maître de Conférences A à l'Université de M'sila ; **Mme BOUMAZA Sarah** et **Mme BENAMROUCHE Samira** Maîtres de Conférences A à l'Université M'hamed Bougara de Boumerdes, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail. Je vous remercie également pour le temps et les efforts que vous avez consacrés à lire et à discuter mon manuscrit. Que vous trouviez, à travers ce travail, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je suis très reconnaissante à toutes les personnes qui ont contribué dans la réalisation de ce travail et ont permis par leurs aides, leurs soutiens et leurs conseils, de le mener à bien.

J'aimerais exprimer ma gratitude au professeur **Moufida SAIDANI**, directrice du Centre de Recherche en Biotechnologie de Tunisie, et à Madame **Sawsen SELMI**, directrice des laboratoires dans le même centre, pour leur aide dans la réalisation des analyses physicochimiques et phytochimiques.

Je remercie également Monsieur **BEN AZZI**, le directeur de l'Institut Pasteur annexe de M'sila, pour m'avoir accueilli au sein de ses laboratoires, ainsi que Madame **Nadjet BENHALIMA**. Je vous prie d'agréer l'expression de mon profond respect et ma vive reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de votre expérience et de votre rigueur scientifique et professionnelle.

Je tiens à exprimer ma gratitude la plus sincère, à Monsieur **Tayeb BENSACI**, professeur au Département de biologie de l'université de M'sila, pour votre aide inestimable.

Je voudrais adresser une pensée particulière à Madame **Souhila BOUNAB** ingénieure au centre de recherche de Djelfa, qui était toujours à mes côtés et m'a toujours apporté son soutien.

Je remercie chaleureusement Madame **Samia BOUAZIZ**, maître de conférences au Département des Sciences biochimiques et microbiologiques (Université de M'sila), pour son aide précieuse dans la réalisation des tests biologiques. Je n'oublie pas non plus votre soutien qui m'a souvent aidée à surmonter les moments difficiles.

Je tiens à exprimer ma gratitude la plus sincère à Monsieur **Madani SARRI** et Monsieur **Hendel NOUI** professeurs au département de biologie de l'Université de M'sila, et à Monsieur **Abdenacer HARRAR**, maître de conférences au département des sciences biochimiques et microbiologiques de la même université, pour leur soutien technique et scientifique exceptionnel et pour leur contribution inestimable.

Je remercie vivement mes enseignants de l'Université M'hamed Bougara de Boumerdes qui ont contribué à ma formation doctorale particulièrement Professeures **Farida BENZINA**, **Asma ROUANE**, **Latifa HADERBACHE** et Melle **Zahia OUKALI**. Vous avez tout mon respect. Et je remercie également tous les membres du laboratoire **VALCORE-UMBB**.

Je tiens à remercier Monsieur **BELAJOUZ**, secrétaire général de la chambre agricole de M'sila, et Monsieur **BOUBANE**, chef du service vétérinaire, qui ont contribué à la réalisation de ce travail sur le terrain. Je remercie également le secrétaire général de la commune de Hammam Dalaa et le personnel de la direction de l'agriculture de la wilaya de M'sila.

Mes remerciements s'adressent également à tous **les apiculteurs** pour leur gentillesse, leur patience et pour m'avoir procuré la propolis ; Je tiens également à exprimer ma gratitude à Monsieur **AOUNA**, Monsieur **LAYAYDA** à qui je souhaite beaucoup de bonheur avec ses abeilles. Un grand merci à Monsieur **Abdelaziz SAIBI**, un grand connaisseur de l'apiculture et de la pathologie de l'abeille.

Je tiens à remercier mes chères étudiantes en master de l'Université de Boumerdès. Madame **Soumia SOUALMIA** et Madame **Anissa ZIANI**. Je vous remercie pour votre aide et vos efforts, et je vous souhaite beaucoup de succès.

Mes vifs remerciements sont également adressés à toutes les personnes qui m'ont aidé dans mon travail au laboratoire, en particulier les membres des laboratoires de biologie et de chimie : **Fairouz TAIBECHE**, **Imane HAMLAL**, **Nouredine ARIOUA**, **GUELIL**, **Amina DOMI** et Madame **Chahra BOUTOUT**. Je les remercie chaleureusement pour leur aide précieuse.

Ce travail n'aurait pas été terminé sans l'aide de plusieurs personnes qui m'ont motivé, encouragé et poussé lorsque c'était nécessaire. Je tiens à remercier toutes ma famille, Madame **Samia BRAHIMI**, Monsieur **Rabeh Abdelhamid KADOURI**, Melle **Narimene GEUCHI**, Melle **Imane BAHLOULI** , ainsi que Messieurs **Salah MAIZZACHE** et **Mouhamed GHARBES**.

Enfin, je voudrais exprimer ma profonde gratitude et mes plus cordiaux remerciements à toutes les personnes sollicitées dans le cadre de ce travail.

Dédicaces

*Je dédie cette thèse à **mes chers Parents** et à ma grand-mère **Nadir Khadidja Zohra**. Vous m'avez toujours encouragée tout au long de mon parcours. Vous ne m'avez jamais laissée tomber pendant toutes mes années d'études.*

*Je la dédie également à mes sœurs **Meryem** et **Ayat**, à mon frère **Meziane**, ainsi qu'à **Tayeb** et **Amine**, à tous les membres de **ma Famille** et à mes proches.*

Les mots ne suffisent pas pour exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance envers vous tous.

BRAHIMI Hibat-Allah

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction-----	1
Chapitre I. Généralités sur la propolis -----	6
1.Définitionet Etymologie-----	6
2.Origine botanique -----	7
3.Récolte de la propolis-----	8
3.1.Récolte par les abeilles-----	8
3.2.Récolte par l’homme au niveau de la ruche-----	9
3.3.Facteurs influençant la récolte de la propolis -----	10
4.Composition chimique de la propolis -----	11
5.Caractéristiques physico-chimiques -----	16
Chapitre II. Activités et propriétés thérapeutiques de la propolis-----	17
1.Propriétés antibactériennes-----	17
2.Propriétés antifongiques-----	18
3.Propriétés antiparasitaires -----	18
4.Propriétés antioxydantes -----	19
5.Autres propriétés thérapeutiques -----	19
6.Propriétés non thérapeutiques -----	20
Chapitre III. Généralités sur les organismes nuisibles aux abeilles mellifères-----	22
1. L’état sanitaire des abeilles mellifères et son impact économique -----	22
1.1. Dans le monde -----	22
1.2. En Algérie -----	24
2. Les principaux bio agresseurs de l’abeille -----	25
2.1. Loque américaine -----	25
2.1.1. Généralités -----	25
2.1.2. Symptômes-----	26
2.1.3. Cycle biologique -----	27
2.2. Nosémose-----	28
2.2.1. Généralités -----	28
2.2.2. Symptômes-----	29
2.2.3. Cycle biologique -----	29

Table des matières

2.3.Fausse teigne-----	30
2.3.1. Généralités -----	30
2.3.2. Symptômes-----	31
2.3.3. Cycle biologique-----	32
3. Lutte contre organismes nuisibles-----	33
Chapitre I. Etude ethnobotanique et pharmacologique de la propolis -----	38
1.Matériel et méthodes-----	38
1.1.Description et déroulement de l'enquête ethno-pharmacologique -----	39
1.1.1.Situation géographique de la zone d'étude-----	39
1.1.2.Déroulement de l'enquête -----	39
1.2.Traitement des données -----	40
1.2.1. Fréquence relative des citations (RFC)-----	40
1.2.2. Valeur d'utilisation (UV) -----	40
1.3.Etude statistique -----	41
1.3.1.Analyse de la fiabilité et homogénéité des données-----	41
1.3.2.Analyse de la corrélation de Pearson -----	41
2.Résultats -----	42
2.1.L'utilisation de la propolis par la population locale -----	42
2.1.1.Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés -----	42
2.1.2.Répartition des enquêtés selon la région-----	43
2.1.3.Dénomination « les noms régionaux » et les différentes couleurs de la propolis Algérienne-----	44
2.2.Les diverses utilisations de la propolis en Algérie -----	45
2.2.1.Utilisations thérapeutiques -----	45
2.2.2.Utilisations dermatologiques -----	46
2.2.3.Utilisations cosmétiques -----	47
2.2.4.Utilisation en industrie agro-alimentaire-----	47
2.2.5.Utilisation artisanale et agricole -----	48
2.3.Différentes formes et modes d'applications de la propolis -----	49
2.4.Méthode et durée de conservation de la propolis -----	50
2.5.Production de la propolis et sa commercialisation en Algérie -----	51
2.6.Questions destinées exclusivement aux apiculteurs producteurs de la propolis algérienne -----	51
2.6.1.Caractéristiques topographiques des régions des enquêtées -----	51
2.6.2.Types de ruche utilisés-----	52
2.6.3.Saison et techniques de récolte de propolis -----	53
2.6.4.Quantité de la propolis récoltée -----	55

2.7.Résultats des analyses quantitatives des données ethnobotaniques -----	56
2.7.1.Fréquence relative de citation (RFC) -----	56
2.7.2.Valeur d'usage (UV) -----	57
2.8. Résultats de l'étude statistique -----	57
2.8.1. Résultats des tests d'analyse de la fiabilité et homogénéité des données -----	57
2.8.2.Analyse de la corrélation de Pearson -----	61
3.Discussion -----	62
Chapitre II. Etude des caractéristiques physicochimiques et phytochimiques de la propolis de la région de M'sila -----	66
1.Matériel et Méthodes -----	66
1.1.Présentation de la zone d'étude -----	66
1.2.Choix des sites d'échantillonnage -----	67
1.3. Collecte, purification et préparation des extraits de propolis -----	68
1.3.2. Extraction de propolis et solvants utilisés -----	69
1.3.3. Méthodes d'extraction -----	71
1.4. Analyses physico-chimiques de la propolis -----	71
1.4.1. Détermination de la teneur en eau libre -----	71
1.4.2. Détermination de la teneur en cendres -----	72
1.4.3. Détermination du pH et de la Conductivité -----	72
1.4.4. Détermination de l'acidité titrable -----	73
1.4.5. Détermination de l'indice de réfraction (Degré °Brix) -----	73
1.5. Analyses par microscope électronique à balayage (MEB) -----	73
1.6. Analyses phytochimiques de la propolis -----	74
1.6.1. Détermination des rendements -----	74
1.6.2. Screening des substances phytochimique -----	74
1.6.3. Quantification de quelques composées principales de la propolis -----	77
1.6.3.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes (TF) -----	78
1.7. Analyse chromatographique et séparation -----	80
1.7.1. Analyse qualitative par chromatographie sur couche mince CCM -----	80
1.7.2. Analyses qualitatives et quantitatives des composées par chromatographie HPLC-DAD -----	80
2.Résultats -----	81
2.1.Résultats des analyses physico-chimiques de la propolis -----	81
2.1.1.Teneur en eau libre -----	81
2.1.2.Taux de cendres -----	82
2.1.3.pH et conductivité de la propolis -----	82
2.1.4.Acidité titrable de la propolis -----	83

Table des matières

2.1.5.Degré Brix de la propolis-----	83
2.2. Résultats de l'analyse par microscope électronique à balayage (MEB) -----	83
2.3. Résultats des analyses phytochimiques de la propolis-----	85
2.3.1. Rendement des extraits-----	85
2.3.2 Screening phytochimique-----	87
2.3.3.Quantification de quelques composées principales de la propolis-----	88
2.4. Résultats de l'analyse chimique des extraits de propolis-----	90
2.4.1. Analyse par chromatographie sur couche mince (CCM) -----	90
2.4.2. Analyse par chromatographie liquide à haute performance (HPLC-DAD) -----	93
3.Discussion -----	99
Chapitre III. Étude des activités thérapeutiques et agroalimentaires de la propolis ---	104
1.Matériel et méthodes-----	104
1.1.Évaluation de l'activité antibactérienne de la propolis -----	104
1.1.1.Evaluation par méthode de diffusion -----	104
1.2.Evaluation de l'activité antioxydante -----	105
1.2.1. Test au DPPH -----	105
1.3.Évaluation préliminaires de l'effet anti-germinatif de la propolis sur les graines du petit pois <i>Pisum sativum</i> stockées -----	107
1.3.1.Détermination du taux d'inhibition de la germination-----	108
1.3.2.Détermination du taux d'inhibition de la croissance des racelles -----	108
1.4.Analyses statistiques-----	109
2.Résultats -----	109
2.1.Résultats de l'activité antimicrobienne -----	109
2.2.Résultats de l'activité antioxydante -----	114
2.3.Résultats de l'effet anti germinatif de la propolis sur les graines du petit pois <i>Pisum sativum</i> stockées -----	116
2.3.1.Taux d'inhibition de la germination de <i>P. sativum</i> -----	117
2.3.2.Taux d'inhibition de la croissance des racelles de <i>P. sativum</i> -----	117
3.Discussion -----	118
Chapitre IV. Évaluation de l'effet antagoniste de la propolis contre les organismes nuisibles de l'abeille mellifère <i>Apis mellifera</i> -----	124
1.Matériel et méthodes-----	124
1.1.Choix et origine des bio agresseurs testés-----	124
1.2.Etude de l'effet antagoniste de la propolis contre l'agent de la loque américaine <i>Paenibacillus larvae</i> -----	124
1.2.1.Isolement et identification de l'agent de la loque américaine dans la région d'étude-----	124

Table des matières

1.2.2.Bio-essais et traitement des différents isolats de <i>Paenibacillus larvae</i> par la propolis -----	125
1.3.Etude de l'effet antiparasitaire de la propolis contre <i>Nosema sp.</i> -----	127
1.3.1.Préparation des cagettes -----	127
1.3.2.Evaluation du taux d'infestation par la nosérose dans les colonies d'abeilles visitées et détermination des concentrations sporale de <i>Nosema</i> -----	127
1.3.3.Bio-essais et méthode de traitement des abeilles infectées par la nosérose par les extraits de propolis-----	128
1.3.4.Expression des résultats et comptage de la mortalité -----	129
1.4.Etude de l'effet larvicide de la propolis sur la fausse teigne des ruches <i>Galleria mellonella</i> L. -	129
1.4.1.Elevage-----	129
1.4.2.Application des traitements -----	130
1.4.3.Comptage des mortalités observées et des mortalités corrigées-----	130
1.5.Analyses statistiques et calcul des CL ₅₀ -----	131
2.Résultats -----	131
2.1.Détection des principales pathologies de l'abeille dans la région d'étude -----	131
2.2.Résultats de l'activité antagoniste des extraits de propolis contre <i>P. larvae</i> -----	133
2.2.1. Résultats de l'isolement et la caractérisation phénotypique -----	133
2.2.2.Résultats de l'activité antibactérienne de la propolis contre les deux isolats de <i>P. larvae</i> -----	135
2.3.Résultats de l'activité antiparasitaire de la propolis contre <i>Nosema sp.</i> -----	138
2.3.1.Résultats du dépistage de la nosérose et évaluation du taux d'infestation dans les colonies d'abeilles visitées -----	138
2.3.2.Résultats de l'effet antiparasitaire de la propolis sur <i>Nosema sp.</i> -----	139
2.3.3.Analyse de l'effet antiparasitaire par des modèles linéaires généralisés univariés (GLM)-----	141
2.4. Résultats de l'activité larvicide de la propolis contre <i>Galleria mellonella</i> -----	142
2.4.1. Taux de mortalité de la fausse teigne obtenus -----	142
2.4.2. Les concentrations létales 50 obtenues -----	144
Conclusion et perspectives -----	152
Références bibliographiques -----	156
Résumé/ Abstract/الملخص -----	204
Résumé-----	205
Abstract -----	206
الملخص-----	207

Liste des abréviations

Abs : Absorbance
ACM : Analyse des correspondances multiples
ACP : Analyse en composantes principales
AFB: Loque américaine (*American foulbrood*)
Al Cl₃: Trichlorure d'Aluminium
ANOVA : Analyse de la Variance
BHT: Butylate Hydroxy Toluène
BSA: Sérum bovin albumine
CL₅₀: Concentration létale
CCM : Chromatographie à couche mince
DAD : Détecteur à barrette de diodes
DMSO: Diméthyle-sulfoxyde
DO : Densité optique
EAP: Extrait aqueux de propolis
EEP: Extrait éthanolique de propolis
EMP: Extrait méthanolique de propolis
ERIC : Enterobacterial repetitive intergenic consensus
GLM : Modèles linéaires généralisés
H% : Teneur en eau
HPLC: Chromatographie à haute performance liquide
IC₅₀: Concentration inhibitrice équivalente à 50%
MC : mortalité corrigée
MEB : Microscopie électrique à balayage
MH : Muller Hinton
MO% : Teneur en matière organique
MYPGP: Le milieu de culture sélective
OT: Oxytetracycline
P1: Région d'Ouled Madhi
P2: Région de Maadid
PP : Souche de pollen
PM : Souche de miel
R% : Rendement
RF: Rapport frontal
R_t: Temps de rétention
R² : Coefficient de corrélation linéaire
Syst : Système
TC% : Teneur en cendre
TF : Teneur des flavonoïdes
TPC : Teneur des polyphénols
UV : Ultra-violet
VP1 : Réactif Voges Proskauer 1
VP2 : Réactif Voges Proskauer 2

Liste des figures

Figure 1: Présentation de la propolis. (A) : Les abeilles ouvrières utilisent la propolis pour boucher les trous de ruche (Eroğlu et YÜksel, 2020), (B) : propolis brute, (C) propolis en poudre.	6
Figure 2 : Des butineuses récoltant et transportant deux gouttelettes de propolis.	9
Figure 3 : Récolte de la propolis par l'homme au niveau de la ruche	10
Figure 4: Diagnostic de la loque américaine (AFB) chez les larves d'abeilles <i>Apis mellifera</i>	26
Figure 5: Cycle de vie de la loque américaine (<i>Paenibacillus larvae</i>) chez <i>Apis mellifera</i>	27
Figure 6: Spores de <i>Nosema</i> spp.	28
Figure 7: Cycle de vie de la nosérose (<i>Nosema</i> spp) chez l' <i>Apis mellifera</i>	30
Figure 8: La fausse teigne de cire (A) : Larves ; (B) : Adulte.....	31
Figure 9: Diagnostic de la fausse teigne.....	32
Figure 10 : Différents stades de développement de <i>Galleria mellonella</i> . (Œufs, larves, nymphes et adultes) sur les colonies d' <i>Apis mellifera</i>	33
Figure 11: Agents de lutte et principaux effets antagonistes obtenus contre <i>Paenibacillus larvae</i> agent de la loque américaine (AFB), <i>Nosema</i> sp., agent de la nosérose et <i>G. mellonella</i> L.	34
Figure 12 : Schéma illustrant les différentes étapes de la réalisation de l'enquête ethno-pharmacologique de la propolis.	38
Figure 13 : Présentation des zones couvertes par l'enquête ethno-pharmacologique.	39
Figure 14 : Déroulement de l'enquête sur le terrain avec les personnes interrogées ; (a) un rucher visité, (b) déroulement de l'interrogatoire.	40
Figure 15 : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés.....	42
Figure 16: Répartition de la fréquence des renseignements selon la région d'Algérie.	44
Figure 17: Répartition de la fréquence des propriétés thérapeutiques et pharmaceutiques de la propolis en Algérie.	46
Figure 18: Répartition de la fréquence des propriétés dermatologiques de la propolis en Algérie.	46
Figure 19: Répartition de la fréquence des propriétés cosmétiques de la propolis en Algérie.....	47
Figure 20: Répartition de la fréquence des propriétés agro-alimentaires de la propolis en Algérie. ...	48
Figure 21: Répartition de la fréquence des propriétés agricoles et artisanales de la propolis en Algérie.	48
Figure 22: Quelques plantes présentes autour des ruchers visités. (a) <i>Ziziphus</i> sp. ; (b) <i>Pinus halepensis</i> (cône femelle) ; (c) <i>Pinus halepensis</i> (cône mâle) ; (d) <i>Daucus</i> sp. ; (e) <i>Eruca sativa</i> ; (f) <i>Pimpinella anisum</i> ; (g) <i>Quercus</i> sp. ; (h) <i>Cupressus</i> sp.	52
Figure 23 : Répartition de la fréquence des renseignements sur le type de ruche utilisée par les apicultures.	53
Figure 24: Répartition de la fréquence du moment de la récolte de la propolis en Algérie.	54
Figure 25: Répartition de la fréquence des techniques de récolte de la propolis en Algérie.....	54
Figure 26: Répartition de la fréquence de la quantité de récolte en gramme de propolis par ruche. ...	55
Figure 27 : Analyse des Correspondances Multiples (ACM) de l'origine de la propolis en Algérie. ..	58
Figure 28: Analyse des Correspondances Multiples (ACM) de la production de la propolis en Algérie.	59
Figure 29 : Analyse en composantes principales (ACP) des différentes utilisations de la propolis en Algérie.....	60
Figure 30 : Situation géographique des sites d'échantillonnage de propolis au niveau de la région de M'sila.	67
Figure 31 : Collecte et purification des échantillons de propolis (A) :Récolte de propolis, (B) : propolis de station d'Ouled Madhi (issu de récolte par grille à propolis), (C) : propolis de station de Maadid (issu de récolte par raclages des cadres), (D) et (E) : tamassage et broyage de propolis, (F) : conservation dans des flacons en verre jusqu'à leur utilisation.	69
Figure 32 : Diagramme des principales étapes d'extraction et de caractérisation de la propolis.	70

Figure 33: Observation de la structure micro morphologique de la propolis par microscopie électronique à balayage (MEB). (A) : station d'Ouled Madhi (P1) et (B) : station de Maadid (P2).....	84
Figure 34: Les analyses MEB-EDS. (A) : station d'Ouled Madhi (P1) et (B) : station de Maadid (P2).	84
Figure 35: Comparaison des rendements (en %) de différents extraits de propolis.	86
Figure 36: Résultats de la révélation du chromatogramme des extraits de propolis P1 sous lumière UV. (a) : système 2 (chloroforme-acétone), (b) : système 2 (chloroforme-acétone), (c) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol), (d) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol) à 365 et 254 nm.	92
Figure 37: Résultats de la révélation du chromatogramme des extraits de propolis P2 sous lumière UV. (a) : système 2 (chloroforme-acétone), (b) : système 2 (chloroforme-acétone), (c) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol), (d) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol) à 365 et 254 nm..	92
Figure 38 : Profils chromatographiques HPLC-DAD de composés à 280 nm des extraits de propolis de région P1. (A) : extrait éthanolique, (B) : extrait méthanolique, (C) : extrait aqueux.....	95
Figure 39 : Profils chromatographiques HPLC-DAD de composés à 280 nm des extraits de propolis de Région P2. (A) : extrait éthanolique, (B) : extrait méthanolique, (C) : extrait aqueux.	96
Figure 40: Test de l'effet anti-germinatif de la propolis sur les graines du petit pois (1) et (2) : Préparation des concentrations 0.5mg/ml, 1mg/ml et 2mg/ml des extraits de propolis des stations Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2), (3) : Dissolution des extraits dans de l'eau.	108
Figure 41: Variation des diamètres des zones d'inhibition des souches bactériennes traitées par les extraits de propolis et les antibiotiques. (a) : EEP1, (b) : EMP1, (c) : EAP1 ; (d) : EEP2, (e) : EMP2, (f) : EAP2 et (g) : les antibiotiques.....	112
Figure 42: Variations des diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne obtenus par les extraits de P1 exprimés en (mm).....	113
Figure 43: Variations des diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne obtenus avec les extraits de P2 exprimés en (mm).	113
Figure 44: Taux d'inhibition du radical DPPH en fonctions des différentes concentrations des extraits de propolis et l'acide ascorbiques, (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2)..	115
Figure 45: Valeurs des IC ₅₀ obtenues avec les différents extraits de propolis et l'acide ascorbiques (les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD). EEP1 et EAP1 p-value<0.0001 très hautement significative en comparaison avec le standard. (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2).	116
Figure 46: Test d'inhibition de la germination et de l'élongation radicellaire de <i>P. sativum</i> . (A) : résultats du test d'inhibition après traitement par les extraits de propolis à différentes concentrations, (B) : inhibition de l'élongation racinaire des plantules.	116
Figure 47: Les taux d'inhibition de la germination des graines de petits pois (<i>P. sativum</i>) traitées par les extraits de propolis après 3 et 7 jours. (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2). (L'ANOVA révèle qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % pour tous les extraits de propolis, et les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD).	117
Figure 48 : Longueurs racinaires des plantules de <i>P. sativum</i> après la germination en fonction des différentes concentrations des extraits des propolis testées. (L'ANOVA révèle qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % pour tous les extraits de propolis de la station d'Ouled Madhi, alors qu'il y a une différence significative au seuil de 5 % pour les extraits de la station de Maadid et les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD).	118
Figure 49: Isolement et évaluation de l'effet antagoniste de la propolis contre <i>P. larvae</i> (A) et (B) les échantillons de pollen et de miel utilisés, (C): préparation des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-6}), (D) : Préparation d'inoculum, (E) : Dépôt des disques.	126
Figure 50: Détermination des concentrations sporales.....	128
Figure 51: Type de cage utilisée et traitement des abeilles infectées par la nosérose	129
Figure 52: Répartition des larves pour l'étude de l'effet larvicide de la propolis sur <i>G. mellonella</i> L.	130

Figure 53 : Dépistage de la <i>Paenibacillus larvae</i> , <i>Nosema sp.</i> , et <i>Galleria mellonella</i> L chez les larves d'abeilles <i>Apis mellifera</i>	132
Figure 54: Aspect macroscopiques des isolats <i>P. larvae</i> sur le milieu MYPGP. (A) : Souches isolées à partir du miel, (B) : Souches isolées à partir de pollen.	133
Figure 55: L'effet antibactérien des extraits de propolis (EEP1, EMP1 et EAP1) issus de la station d'Ouled Madhi et EEP2, EMP2 et EAP2 de la station de Maadid contre les différents isolats de <i>P. larvae</i> ; PM : isolée à partir de miel et PP isolée à partir de pollen.	136
Figure 56: Dépistage de la nosémose chez l'abeille mellifère. (a) : ventricule sain ; (b) : ventricule présentant la nosémose, (c) : quantification des spores de <i>Nosema</i> sous microscope optique (Gr x 40) avant traitement ; (d) : quantification des spores de <i>Nosema</i> après le traitement.....	139
Figure 57: L'effet de divers extraits de propolis de la station d'Ouled Madhi sur <i>Nosema sp.</i> 10 jours après traitement (L'ANOVA révèle une différence très significative au seuil de 5% avec $p < 0,000$ pour tous les extraits de propolis).	140
Figure 58: L'effet de divers extraits de propolis de station de Maadid sur <i>Nosema sp.</i> , 10 jours après traitement (L'ANOVA révèle une différence très significative au seuil de 5% avec $p < 0,000$ pour tous les extraits de propolis).	140
Figure 59: Suivi de la consommation, (A) de sirop (ml) et (B) de nourriture à base de pollen (g) par les abeilles mellifères <i>A. mellifera</i> traitées avec des extraits de propolis.	141
Figure 60 : L'effet antiparasitaire de la propolis des deux stations (Ouled Madhi et Maadid) à différentes concentrations. La différence entre les traitements est significative (GLM, $p < 0,05$) par des modèles linéaires généralisés univariés.	142
Figure 61: Pourcentage de mortalité larvaire chez <i>G. mellonella</i> en fonction des concentrations des EEPs de la région d'Ouled Madhi après 3 et 7 jours d'exposition.	143
Figure 62: Pourcentage de mortalité larvaire chez <i>G. mellonella</i> en fonction des concentrations des EEPs de la région de Maadid après 3 et 7 jours d'exposition.	143
Figure 63: Valeurs des CL_{50} obtenues chez les larves de <i>G. mellonella</i> L. (A) traitées avec les extraits de propolis de la région d'Ouled Madhi et (B) de la région de Maadid après une exposition de 3 et 7 jours. (Les valeurs sont des moyennes $\pm$ SD).....	145

Liste des tableaux

Tableau 1. Origine botanique et géographique de la propolis dans différentes régions du monde.....	7
Tableau 2 : Les composants chimiques identifiés dans la propolis dans certains pays du monde.....	13
Tableau 3: Les caractéristiques de la propolis (Ferhoum, 2010 ; Moussaoui, 2019 ; Bouaroura, 2020).....	16
Tableau 4 : Études récentes sur les propriétés biologiques de la propolis dans le monde.	20
Tableau 5: Propriétés de la propolis utilisée en tant que complément ou ingrédient dans l'industrie alimentaire.....	21
Tableau 6 : Caractéristiques de la profession des enquêteurs.	43
Tableau 7 : Répartition de la fréquence des caractéristiques générales de la propolis en Algérie.....	45
Tableau 8 : Différentes formes et modes d'application de la propolis en Algérie.....	49
Tableau 9: Répartition de la fréquence des méthodes et de la durée de conservation de la propolis..	50
Tableau 10: Répartition de la fréquence des renseignements selon les caractéristiques topographiques et le couvert végétal des régions enquêtées.....	52
Tableau 11. Valeurs de la fréquence relative des citations (RFC) pour la propolis en Algérie.	56
Tableau 12. Valeurs d'utilisation (UV) de la propolis pour les différentes catégories.	57
Tableau 13. Analyse alpha de Cronbach.....	59
Tableau 14. KMO et test de Bartlett.....	61
Tableau 15 : Analyse de corrélation de Pearson entre les paramètres de production, l'origine botanique et géographique de la propolis.....	62
Tableau 16: Caractéristiques apicoles des deux stations d'étude.....	68
Tableau 17 : données géographiques et caractéristiques bioclimatiques de site d'échantillonnage de propolis.....	68
Tableau 18: Les différents tests et analyses phytochimiques réalisés sur la propolis récoltée.....	75
Tableau 19: Teneur en eau et pourcentage de matière sèche des échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).	81
Tableau 20: Taux de cendres et de la matière organique de la propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).....	82
Tableau 21: Valeurs de pH et de conductivité des différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).	82
Tableau 22: Acidité Titrable de différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).....	83
Tableau 23: Teneur en matières solides solubles de différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).	83
Tableau 24: Les résultats de analyses MEB-EDS.....	84
Tableau 25: Aspect et Rendement (Rt%) des extraits de propolis étudiés en fonction des solvants utilisés.....	85
Tableau 26: Résultats du criblage phytochimique des extraits de propolis de la région de M'sila.....	87
Tableau 27: Teneurs en polyphénols des différents échantillons de propolis testés.	89
Tableau 28: Teneurs en flavonoïdes des différents échantillons de propolis testés.	89
Tableau 29: Teneurs en sucres solubles des différents échantillons de propolis testés.....	90
Tableau 30: Teneurs en protéines des différents échantillons de propolis testés.	90
Tableau 31: Les classes des composées identifiées par chromatographie sur couche mince des différents extraits de la propolis.	91
Tableau 32: Profile chromatographie HPLC-DAD de la station d'Ouled Madhi (P1).	97
Tableau 33: Profile chromatographie HPLC-DAD de la station de Maadid (P2).....	98
Tableau 34: Les caractéristiques des souches bactériennes testées.....	104
Tableau 35: Diamètres des zones d'inhibition en (mm) et sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis des extraits de propolis des deux régions Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2) comparativement aux antibiotiques de références.	110

Liste des tableaux

Tableau 36: Les pourcentages d'inhibition et l'IC ₅₀ des différents extraits testés.	114
Tableau 37: Résultats des caractères biochimiques des souches isolées.....	134
Tableau 38: Comparaison de l'activité des extraits de propolis à l'égard des deux isolats de P. larvae.	137
Tableau 39: Prévalence de la nosérose dans les colonies d'abeilles prospectées avant les traitements.	138
Tableau 40: Résultats de l'analyse Probit des traitements avec les trois extraits de propolis après 3 jours d'exposition (par SPSS software)	144
Tableau 41: Résultats de l'analyse Probit des traitements avec les extraits de propolis après 7 jours d'exposition (par SPSS software)	145

Introduction

Ces dernières années, l'intérêt pour les produits naturels et la médecine alternative s'étant renouvelé dans le monde entier, celui porté aux produits de l'abeille tels que le miel, la gelée royale, le pollen et la propolis a également redoublé d'intensité. En effet, les produits apicoles, sont utilisés depuis longtemps pour leurs multiples vertus bénéfiques dans le cadre de la médecine traditionnelle et en tant que produits alimentaires. Ils sont dotés d'une grande variété d'activités biologiques et pharmacologiques (**Tibbi Önemi et Hegazi, 2012 ; Bayram et al., 2017, El-Didamony et al., 2024**).

Cette reconquête de popularité pour les produits de la ruche se reflète aussi en Algérie, un pays riche d'une longue tradition apicole. En Algérie, la production apicole se caractérise par une grande variabilité géographique due notamment aux conditions bioclimatiques. Elle est principalement concentrée dans le nord du pays, où le climat et les ressources mellifères sont plus favorables (**Hitouche et al., 2024**).

Au cours de la période 2000-2008, le secteur apicole a connu une amélioration majeure, particulièrement avec une augmentation du cheptel apicole, qui est passé de 360 000 colonies en 2000 à près d'un million en 2008. La production de miel a ainsi triplé, passant de 10 500 quintaux en 2000 à 33 000 quintaux en 2008 (**Tamali et Özkırım, 2019**). Ces dernières années, cette activité a suscité un intérêt considérable, avec environ 20 000 apiculteurs gérant des ruchers. La production de miel s'élevait à environ 51 650 quintaux en 2021 (**Hitouche et al., 2024**). En se basant sur les chiffres de production nationale de miel, les quantités de miel importées, on estime que la consommation de miel par individu et par an est passée de 0,060 kg/an/h en 1998 à 0,133 kg/an/h en 2010 (**Haderbache et Mohammedi, 2015**).

En outre, la production annuelle de propolis peut varier entre 50 et 150 grammes par colonie dans les conditions européennes, et elle peut varier entre 10 et 300 grammes en général. (**Kiziltas et Erkan, 2020**). D'autre part, contrairement au miel, la production de propolis par les ruchers algériens est encore considérée comme une activité en développement. La majorité des apiculteurs produisent une petite quantité de propolis, principalement pour leur propre consommation ou pour la vente locale. Les chiffres officiels de production ne sont pas disponibles, par ailleurs, ils peuvent être estimés à une production annuelle de quelques centaines de kilogrammes.

Au-delà de la production de miel, qui est le témoin de l'activité vitale des abeilles ouvrières, la production de la propolis illustre un aspect complémentaire de leur rôle. En effet, les abeilles mellifères exploitent la nature comme une réserve pour satisfaire leurs besoins, elles collectent non seulement le nectar et le pollen pour leur nutrition, mais elles récoltent aussi des résines végétales et de la cire pour fabriquer la propolis. Cette substance résineuse est essentielle pour maintenir la ruche en bon état : elle sert à colmater les fissures et les ouvertures dans la ruche, à isoler thermiquement, à embaumer les organismes morts et à défendre la colonie contre les infections microbiennes, assurant ainsi un environnement sain pour la survie des abeilles et la pérennité de leur production (**Abou-Shaara, 2014 ; Can et al., 2015**).

Depuis le début de l'histoire, l'homme a exploité la propolis comme d'autres produits de la ruche pour ses propriétés antibactériennes, qui lui permettent de lutter contre les bactéries et les champignons pathogènes ou responsables de la détérioration des aliments (**Karadal et al., 2018**). Par ailleurs, un grand nombre d'études se sont intéressées aux propriétés pharmacologiques et biologiques de la propolis, notamment ses propriétés antihépatotoxiques, antitumorales, antioxydantes, anti-inflammatoires et immunomodulatrices (**Falcão et al., 2013, Abbas et al., 2020; Qiao et al., 2023**). **Lazo et al. (2025)** a présenté une étude exhaustive des recherches en laboratoire portant sur l'efficacité de la propolis en tant qu'agent antimicrobien.

D'autre part, la propolis est utilisée comme complément ou ingrédient dans de nombreuses compositions alimentaires afin d'apporter des bienfaits pour la santé (**Yang et al., 2017 ; Mahdavi-Roshan et al., 2022**). Par ailleurs, **Özkırım et al. (2014)** dans une étude comparative de l'activité de la propolis avec celle des substances antagonistes de synthèse pour lutter contre *Paenibacillus larvae*, ont noté que l'utilisation intensive d'antibiotiques (OTC) peut causer la formation de résidus dans les produits de la ruche, en particulier le miel, ce qui diminue leur qualité et rend leur commercialisation plus difficile. Cela est une autre raison pour laquelle, ils préconisent de remplacer les méthodes actuelles de lutte contre les maladies des abeilles par des méthodes naturelles et saines.

Cependant, ces diverses propriétés de la propolis peuvent varier selon ses constituants chimiques, qui sont influencés par divers éléments comme la saison, la flore régionale, l'origine géographique et l'état de la propolis (**Miguel et al., 2014**).

La composition chimique de la propolis est complexe et variée, un grand nombre de composés ont été identifiés, tels que les alcools, les aldéhydes, les acides phénoliques, les acides aminés, les chalcones, les flavonoïdes, les lignanes, les triterpènes, les stéroïdes et les sucres, entre

autres (**Valenzuela-Barra et al., 2015**). On y trouve aussi des complexes de vitamines B, des vitamines C et E, ainsi que des minéraux essentiels et des oligo-éléments comme le zinc, le magnésium, le cuivre, le fer, le manganèse et le calcium (**Ahmed et al., 2017**). Par conséquent, les variations de la bioactivité de la propolis devraient être associées à la diversité chimique de ses constituants (**Lagouri et al., 2014**).

En Algérie, cette substance résineuse naturelle suscite un intérêt croissant en raison de sa richesse en composés bioactifs. Des études récentes menées sur des échantillons prélevés dans différentes régions de l'Algérie plus précisément à Mila, Jijel et Constantine, ont démontré que la propolis est un antioxydant et un antibactérien contenant plusieurs substances actives, (**Segueni et al., 2020**) Dans le même sens, divers études portées sur des échantillons de propolis algérienne récoltés dans différentes régions géographiques, à savoir Constantine, Boumerdès, Mila, Tébessa, Guelma et Souk Ahras ; ont révélé sa richesse en molécules biologiquement actives aux quelles sont attribuées ses activités et processus biologiques (**Bouaroura et al., 2020 ; Ouahab et al. 2022**).

Le présent travail s'inscrit dans le même contexte, il a été entrepris en vue de la valorisation de la propolis comme produit à haute valeur ajoutée. Il vise dans un premier temps à analyser les connaissances de la population locale sur la propolis et ses bienfaits, à travers une enquête ethnopharmacologique menée sur le territoire national. Nous y mettons en lumière l'importance d'utiliser des substituts sains et qui respectent l'environnement, surtout dans le contexte actuel de développement technologique, car l'utilisation excessive de substances synthétiques, qu'il s'agisse du domaine médical ou agricole, comporte de nombreux risques.

Dans un second lieu, une étude physico-chimique et phytochimique a ensuite été menée en vue de la caractérisation de la propolis algérienne provenant de la région de M'Sila (Ouled Madhi et Maadid). Une meilleure compréhension de ces aspects permettra de valoriser cette ressource naturelle locale et d'inciter la population à son exploitation.

A cet effet, pour atteindre l'objectif principal de la présente étude, l'évaluation de la bioactivité de la propolis autant qu'agent antioxydant et antimicrobien, ainsi qu'agent de lutte biologique contre les agents pathogènes et parasites de l'abeille permettra une meilleure classification de notre propolis. En outre, une étude préliminaire sur son pouvoir anti germinatif permettra aussi d'explorer ses aptitudes dans la prolongation de la durée de conservation des produits alimentaires. Cette étude a été entreprise afin de l'exploiter dans des stratégies

naturelles de biocontrôle, tout en soulignant ses potentialités dans les domaines thérapeutiques, pharmacologiques et agroalimentaires.

En effet, la sélection des activités biologiques testées s'est basée sur les résultats de notre enquête.

Dans le cadre de la présente étude, ce travail est structuré en quatre parties, comme suit : La première partie est une synthèse bibliographique qui met l'accent sur la composition de la propolis, ses techniques de récolte, ses intérêts et ses propriétés biologiques. En second lieu, les agents pathogènes et parasites des abeilles mellifères sont présentés tels que la loque américaine, la nosémose et la fausse teigne.

Dans la deuxième partie, les méthodes expérimentales sont développées, cette partie est répartie en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'étude ethnobotaniques de la propolis avec les méthodes statistiques de traitements des données.
- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des caractéristiques physicochimiques de la propolis brut et phytochimiques des extraits de propolis incluant les dosages colorimétriques et l'analyse chromatographique par HPLC-DAD.
- Le troisième chapitre expérimental est une évaluation des activités antioxydantes, antimicrobienne de la propolis avec l'exploration de ses propriétés anti germinative sur le petit pois (*Pisum sativum*).
- Le quatrième chapitre, permettra d'exploiter les potentialités de la propolis dans le contrôle biologique de *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.*, et *Galleria mellonella* L. qui comptent parmi les principaux bio-agresseurs de l'abeille mellifère en Algérie.

Enfin, une conclusion générale avec des perspectives de recherche seront exposés.

Partie I: Synthèse bibliographique

Chapitre I. Généralités sur la propolis

1. Définition et Etymologie

La propolis, également désignée sous le nom de colle d'abeille, est une substance résineuse collectée par les abeilles à partir de différentes plantes telles que les peupliers, bouleaux, saules ou conifères, entre autres. Les abeilles l'utilisent à l'entrée de leurs ruches pour en protéger l'accès, c'est ce qui indique l'étymologie Grecque «*pro* » qui veut dire devant ou défense, et «*polis* » signifiant la cité ou la ville (la ruche) (Bouhala, 2012 ; Falcão *et al.*, 2013 ; Otmane *et al.*, 2020). Une autre étymologie latine a également été avancée venant de l'adverbe «*pro* » qui veut dire dans le but et le verbe «*polis* » qui signifie enduire (Ferhoum, 2010). La propolis est un baume adhésif, de couleur jaune foncé à brun, qui a une odeur de résine. Elle est récoltée par les abeilles sur les bourgeons, les feuilles et les parties similaires des arbres et des plantes par les abeilles et mélangé à de la cire, du sucre et des exsudats végétaux recueillis sur certaines sources végétales (Šulcerová *et al.*, 2014). Ces substances sont transformées par l'ajout de cire et de l'enzyme glucosidase présente dans la salive des abeilles pour former la propolis (Mello *et al.*, 2010) (Figure 1).

La propolis est utilisée par les abeilles pour boucher les trous de leurs alvéoles, lisser les parois internes (Athikomkulchai *et al.*, 2013). C'est également une arme chimique importante des abeilles, elles l'utilisent pour embaumer les envahisseurs morts et prévenir l'apparition et la propagation de maladies microbiennes (Ngenge *et al.*, 2017, Bakdash *et al.*, 2018), elle est utilisée pour colmater et sceller les petits trous de la ruche et bloquer ainsi l'entrée de tous les intrus, dans la ruche particulièrement les microbes (Otmane *et al.*, 2020).

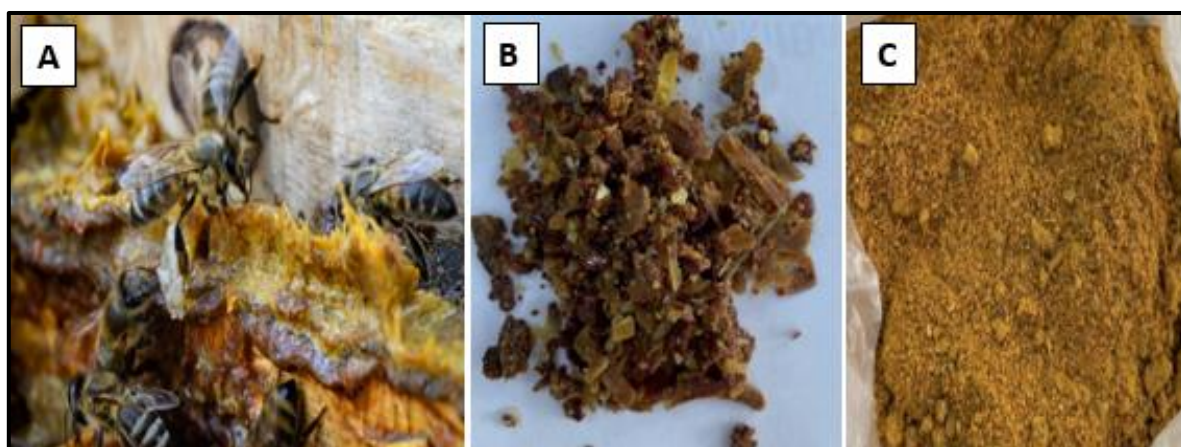


Figure 1: Présentation de la propolis. (A) : Les abeilles ouvrières utilisent la propolis pour boucher les trous de ruche (Eroğlu et YÜksel, 2020), (B) : propolis brute, (C) propolis en poudre (Kolayli, 2024).

2. Origine botanique

La propolis est une substance résineuse recueillie sur les bourgeons et les plaies des plantes puis transformée par les abeilles domestiques. Ces dernières utilisent à la fois des résines exsudées et des substances activement sécrétées par les plantes telle que des matières lipophiles présentes sur les feuilles et les bourgeons, ainsi que des gommes, des treillis, etc (**González-Martín et al., 2015**). La propolis est recueillie de nombreuses espèces végétales, telles que le palmier, le pin, l'aulne, le peuplier, le hêtre, les conifères ou encore le bouleau (**Anjum et al., 2019**).

Dans les régions au climat tempéré, telles que l'Europe et l'Amérique du Nord, les abeilles mellifères obtiennent des résines principalement à partir des bourgeons des espèces de *Populus* (**Sawaya et al., 2011**). Par exemple en Ukraine, les abeilles mellifères récoltent majoritairement des résines végétales sur des espèces comme *Populus nigra* L., *Populus tremula* L. et *Betula pubescens* L (**Dvykaliuk et Adamchuk, 2021**).

En effet, les échantillons de propolis des régions tempérées provenant principalement de peupliers sont riches en composés phénoliques tandis que ceux des zones tropicales et subtropicales sont riches en triterpènes et leurs dérivés. En raison de cette variabilité, la propolis provenant de régions inexplorées semble être une source prometteuse de nouvelles molécules bioactives (**Ngege et al., 2017**) (tableau 1).

Tableau 1. Origine botanique et géographique de la propolis dans différentes régions du monde.

<i>Espèce</i>	<i>Région</i>	<i>Référence</i>
<i>Clusia minor, Clusia major</i>	Venezuela	Tomás-Barberán et al., 1993
<i>Xanthorrhoea spp.</i>	Australie	Bankova et al., 2019
<i>Populus nigra</i>	Pologne	Maciejewicz, 2001
<i>Clusia rosea</i>	Cuba	Cuesta-Rubio et al., 2002
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Sud-est du Brésil	Park et al., 2002
<i>Populus sp. et Baccharis dracunculifolia, Dalbergia ecastophyllum</i>	Brésil	Daugusch et al., 2007 ; Silva et al., 2008
<i>Castanea sativa, Eucalyptus spp</i>	Turquie	Silici et al., 2007
<i>Populus spp, Cistus ladanifer</i>	Portugal	Falcão et al., 2013
<i>Macaranga tanarius</i>	Hawaïen, Okinawa, japan	Inui et al., 2013
<i>Populus nigra</i>	Algérie	Debbache et al., 2014

<i>Populus spp., Pinus spp., Prunus spp., Acacia spp. et Betula pendula, Aesculus hippocastanum, et Salix alba</i>	Europe, Asie, Amérique du Nord et Australie continentale	Ristivojević <i>et al.</i> , 2015 ; Dezmirean <i>et al.</i> , 2020
<i>Populu sp., B. dracunculifolia D. ecastaphyllum.</i>	France et Brésil	Letullier <i>et al.</i> , 2019
<i>Mangifera indica</i>	Vietnam, Indonésien	Popova <i>et al.</i> , 2021
<i>Populus, Ceratonia, Eucalyptus, Rosmarinus, et Quercus</i>	Maroc	El Menyiy <i>et al.</i> , 2021
<i>Araucaria angustifolia, Pinus elliott et Pinus taeda</i>	Brésil	Oliveira Sartori <i>et al.</i> , 2021
<i>Populu sp., Baccharis dracunculifolia et Clusia rosea.</i>	Europe, Brésil et Cuba	Bobis, 2022
<i>Populus euramericana, Populus Simonii, Populus nigra</i>	Chine	Qiao <i>et al.</i> , 2023
<i>Populus nigra L</i>	Italie	Acito <i>et al.</i> , 2024
<i>Mangifera indica</i>	Afrique	Sarapa <i>et al.</i> , 2025

En effet, il a été constaté que les abeilles en recueillant du matériel végétal, elles coupent des fragments de tissus végétatifs. Cette pratique permet d'utiliser les caractéristiques anatomiques spécifiques de ces tissus pour déterminer l'origine botanique de la propolis (**Huang *et al.*, 2014**).

3. Récolte de la propolis

3.1. Récolte par les abeilles

Selon **Ristivojević *et al.* (2015)**, la collecte des substances résineuses peut être décrite comme suit :

- (a) La résine végétale est d'abord mastiquée par les abeilles mellifères ;
- (b) la matière traitée est soigneusement mélangée et transférée sur les pattes avant, puis sur les pattes moyennes, pour finalement être placée dans la corbicule du même côté.
- (c) l'abeille transporte la résine végétale jusqu'à l'endroit de la ruche où la propolis est nécessaire, puis attend que d'autres abeilles prennent une partie de la résine dans sa corbicule ;
- (d) les abeilles cireuses fixent immédiatement la résine végétale à un endroit le long de la paroi de la ruche, souvent en fin d'après-midi.

De plus, La résine est collectée par des abeilles situées à des endroits spécifiques de la ruche, leur activité est donc similaire à celle des abeilles collectant le nectar et le pollen. Après la collecte, les abeilles ouvrières mâchent la résine, puis la mélangent avec des enzymes salivaires, de la cire d'abeille et un peu de pollen, ce qui permet de produire de la propolis (**Alvarez-Suarez, 2017 ; Sakr et al., 2024**) (Figure 2).



Figure 2 : Des butineuses récoltant et transportant deux gouttelettes de propolis (**Moussaoui, 2019**).

3.2. Récolte par l'homme au niveau de la ruche

D'après **Dvykaliuk et Adamchuk (2021)**, il existe deux méthodes connues pour obtenir de la propolis chez les abeilles :

- a) Grattage des ruches par le nettoyage des éléments de la ruche (cadres, entrée des abeilles et couvercles intérieurs);
- b) Utilisation d'outils spéciaux (grilles, caillebotis et collecteurs) pour accumuler de la propolis, en tenant compte des instincts biologiques des abeilles.

Dans une ruche, la quantité de propolis que l'on peut récolter peut varier. Certains apiculteurs constatent qu'ils ne récoltent qu'environ 50 à 150 g au cours d'une saison, mais l'utilisation de procédures spéciales et d'un tapis de collecte peut permettre d'augmenter significativement cette quantité, jusqu'à 1 kg ou plus (**El-Sakhawy, 2024**) (Figure 3).

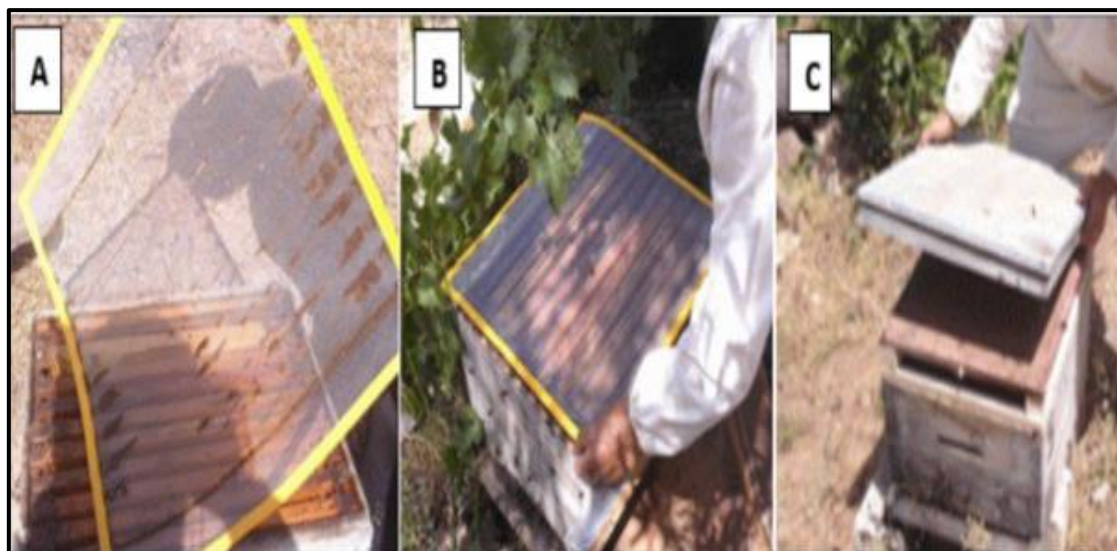


Figure 3 : Récolte de la propolis par l'homme au niveau de la ruche ; (A) : grille à propolis; (B) : fixation des grilles à propolis ; (C): fermeture de la ruche (**Guermah et al., 2021**).

3.3. Facteurs influençant la récolte de la propolis

Ferhoum (2010) notent que la récolte de la propolis dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels les plus notables sont :

- **L'âge de l'abeille** : La durée de vie des abeilles ouvrières est un facteur important à prendre en compte dans l'apiculture. Il existe en effet une relation significative entre le comportement de butinage et la mortalité (**Nicodemo et al., 2014**).

- **La race d'abeille** ; Certaines études indiquent que la race influence la capacité à récolter la propolis, et que cette capacité est étroitement liée aux mesures morphométriques des abeilles mellifères. Plusieurs études ont été menées pour analyser différentes parties du corps de plusieurs races, telles que les ailes, les pattes arrière, la mandibule et la trompe (**Sahinler et Gul, 2005 ; Kekeçoğlu et al., 2018 ; Saral et al., 2019**). Par conséquent, les caractéristiques morphométriques, à savoir la taille du corps, la longueur de la langue, la couleur et le comportement alimentaire, la collecte de propolis et de pollen peut varier selon les races d'abeilles mellifères (**Kekeçoğlu et al., 2021**)

- **La saison** : la récolte a lieu au début du printemps, mais aussi le plus souvent à la fin de la miellée ou à l'approche de l'automne, au moment où la colonie commence ses préparatifs d'hivernage.

- **Le climat** : les abeilles récoltent de la propolis en général au cours des journées chaudes (la température est le plus souvent supérieure à 20°C).

- **La géographie** : les ruches situées dans les régions boisées produisent davantage de la propolis que les ruches de plaine.

4. Composition chimique de la propolis

Des échantillons de propolis ont permis d'identifier plus de 300 constituants (**Forma et Magdalena, 2021 ; Contieri et al., 2022 ; Altuntas et al., 2023**). Ces constituants sont liés à une partie substantielle de ses activités biologiques (**Bruschi et al., 2003**).

La propolis contient généralement une variété de composés chimiques, tels que des polyphénols, des terpénoïdes, des stéroïdes et des acides aminés. Cette composition dépend de la végétation du site de collecte (**Šulcerová et al., 2011**). La propolis brute est généralement composée de 50 % de résines végétales, 30 % de cires, 10 % d'huiles essentielles et aromatiques, 5 % de pollens Et 5 % d'autres substances organiques (**Huang et al., 2014 ; Debab et al., 2016 ; Alfred Ngenge et al., 2017 ; Anjum et al., 2018 ; Reis et al., 2019 ; Aziz et al., 2022 ; Alcivar-Saldaña et al., 2024**).

Avec un pourcentage d'environ 50 % du contenu de la propolis, les flavonoïdes sont l'un des groupes les plus importants (**Mello et al., 2010**). Quelques études ont également révélé la présence de certains composés comme les aglycones de flavonoïdes, les acides phénoliques et leurs esters, les aldéhydes, les alcools et les cétones phénoliques, les stéroïdes, les coumarines, les acides aminés et les composés inorganiques (**Auamcharoen et Phankaew, 2016**). Les anthraquinones, les acides gras, les lignanes, les sucres et les triterpènes font également partie des composants de la propolis (**Balingui et al., 2021**). Nous notons aussi la présence des Flavones, flavanones, flavonols, flavonoïdes, dihydroflavonols, chalcones, terpènes, b-stéroïdes, aldéhydes et alcools aromatiques, sesquiterpènes, dérivés de naphtalène et de stilbène, et dérivés du stilbène (**Barlak, 2011**). L'ester phénéthylique de l'acide caféique (CAPE) est l'un des constituants médicinaux les plus importants de la propolis. Il possède diverses activités biologiques importantes. Il est notamment antioxydant, anti-inflammatoire et anticancéreux (**Chang et al., 2017**).

Cependant, il existe moins d'informations sur la teneur en oligo-éléments de la propolis, notamment sur la présence éventuelle de minéraux toxiques pouvant affecter de manière significative ses propriétés nutritionnelles. En effet, certaines études indiquent que, la propolis contient des minéraux tels que le magnésium, le calcium, l'iode, le potassium, le sodium, le cuivre, le zinc, le manganèse et le fer. Les oligo-éléments confèrent à la propolis de nombreuses vertus : ils participent au métabolisme, aux processus vitaminiques et fermentaires, contribuent

à la guérison de l'anémie, préviennent l'artériosclérose et augmentent la capacité immunitaire de l'organisme. On y trouve également certaines vitamines, comme la B1, la B2, la B6, la C, la E et la D, ainsi que la provitamine A. On y trouve également quelques acides gras, ainsi que certaines enzymes dérivées de la sécrétion glandulaire de l'abeille ou éventuellement du pollen, comme la déshydrogénase succinique, l'adénosine triphosphatase, la glucose-6-phosphatase, la phosphatase acide, l' α -amylase, la β -amylase, l' α -lactamase, la β -lactamase, la maltase, l'estérase et la transhydrogénase (**González-Martín et al, 2015 ; Soltani, 2017**). Les profils d'oligo-éléments de la propolis permettent de distinguer différents échantillons en fonction de leur emplacement. Cependant, plusieurs éléments toxiques tels que l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et le plomb (Pb) ont également été découverts dans la propolis, en particulier dans les échantillons provenant de sites industriels et pollués. Cette observation explique pourquoi l'analyse des composants bruts de la propolis a été proposée pour identifier la pollution de l'environnement (**Sarapa et al., 2025**). Des études menées par **Glevitzky et al. (2025)** ont montré que la propolis peut indiquer la présence et le niveau de contamination par les métaux lourds et de développer des méthodes de traçabilité fiables. La présence d'éléments toxiques dans la propolis est associée à la pollution environnementale d'origine anthropique autour des ruchers provenant de diverses sources, telles que l'air, l'eau, les plantes et le sol (**González-Martín et al, 2015**).

Au niveau du tableau 2, sont répertoriées les principales molécules chimiques identifiées dans des échantillons de propolis dans le monde.

Tableau 2 : Les composants chimiques identifiés dans la propolis dans certains pays du monde.

Pays	Compositions chimiques	Méthode d'analyse	Référence
Lituanien	Acide gallique, acide caféique, acide coumarique, acide férulique, acide cinnamique, acide rosmarinique.	HPLC	Ramanauskienė <i>et al.</i> , 2009
Chine	Acide caféique, acide isoférulique Acide 3,4-diméthoxy cinnamique, Éther 5-méthyl de pinobanksine, pinocembrine Caffeate de benzyle, chrysine, galangine. Rutine, quercétine, lutéoline, génistéine, Curcumine.	RP-HPLC, HPLC, UHPLC-HRMS	Sha <i>et al.</i> , 2009 ; Yang <i>et al.</i> , 2013 ; Stavropoulou <i>et al.</i> , 2021
Grecque	Vanilline, acide protocatéchique, acide coumarique, acide gallique, acide caféique, acide férulique, apigénine, naringénine, Kaempférol, Quercétine. Acide succinique, acide <i>p</i> -hydroxy benzoïque, acide nonanedioïque/acide azélaïque Acide vanillylpropionique, acide palmitique, acide isoférulique Acide linoléique, pinocembrine pinobanksine.	HPLC-ESI-PDA/MS LC-MS/MS, GC-MS	Kasiotis <i>et al.</i> , 2017 ; Tzani <i>et al.</i> , 2022 ; Postali <i>et al.</i> , 2022 ; Pyrgioti <i>et al.</i> , 2022
Pologne	Apigénine, chrysine, epicatéchine Galangine, Kaempférol, Myricétine Naringénine, pinobanksine.	UPLC	Wozniak <i>et al.</i> , 2022
Italie	Acide caféique, acide <i>p</i> -coumarique acide férulique, acide isoférulique Acide diméthyl-caféique (DMCA) Quercétine, acide cinnamique Apigénine, Kaempférol, Pinobanksine, isorhamnétine, lutéoline-méthyl-éther, quercétine-diméthyl-éther, galangine-5-méthyl-éther, pinobanksine-5-méthyl-éther-3-O-acétate, acide cinnamiliden acétique, quercétine-7-méthyl-éther.	HPLC-DAD et HPLC-ESI-MS/M. HPLC, HSPME et GC-MS et HPLC-MS	Pellati <i>et al.</i> , 2011 ; Pavlovic <i>et al.</i> , 2020

Allemagne	Apigénine, quercétine, Kaempférol, Chrysine, acide caféique, naringénine CAPE, galangine, pinocembrine.	TLC et TLC-MS	Bertrams <i>et al.</i> , 2013
Brésil	Acide caféique, acide <i>p</i> -coumarique, acide trans-cinnamique, Aromadendrine, Artepiline C, Naringénine, catéchine, épicatechine, Pinocembrine, acide férulique, acide féruloylquinique, acide quinique, acide <i>p</i> -coumarique, acide caféoylquinique, acide tricaféoylquinique, acide 3,4-dihydroxy-5-prényl-cinnamique, Dihydrokaempféride, quercétine, dérivé du dihy-drokaempféride, chrysine ; kaempféride, méthyl-éther de kaempférol, baccarine.	RP-HPLC, HPLC–ESI-MS/MS, UHPLC-PDA-MS/MS.	Rocha <i>et al.</i> , 2013 ; Hochheim <i>et al.</i> , 2019 ; Contieri <i>et al.</i> , 2022
Inde	Acide gallique, naringénine, acide caféique, acide <i>p</i> -coumarique, acide férulique, quercétine, acide cinnamique, Kaempférol, chrysine, phenethyle caffeate, galangine.	HPLC	Kasote <i>et al.</i> , 2017
Turquie	Acide chlorogénique, acide caféique Myricétine, acide 3,4,5-tri-O-caféoylquinique, quercétine, acide Trans-cinnamique, naringénine Kaempférol, chrysine, pinocembrine Galangine, ester phénolique de l'acide caféique, acide p-OH benzoïque.	HPLC-DAD et GC-MS, RP-HPLC-PDA.	Bozkus <i>et al.</i> , 2021 ; Kara <i>et al.</i> , 2022 ; Kara et Birinc., 2024
Algérie	Acides aliphatiques, acides aromatiques Esters, flavonoïdes, sesquiterpènes Acide gallique, acide caféique, quercétine, catéchine, rutine, acide tannique. Acide chlorogénique, gallate de méthyle Acide syringique, pyrocatechol Acide ellagique, acide coumarique Vanilline, acide férulique, naringénine, quercétine, acide cinnamique, apigénine, Kaempférol, Hespérétine.	GC-MS, HPLC- CCM, HPLC-empreinte digitale	Boutabet <i>et al.</i> , 2011 ; Bouzahouane <i>et al.</i> , 2021 ; Teggar <i>et al.</i> , 2023

Maroc	Acide gallique, acide <i>p</i> -coumarique, acide férulique, acide caféique, acide trans-cinnamique, Naringine chlorogénique, Catéchine, épicatechine, Quercétine Isorhamnétine, galangine, rutine, apigénine, Chrysine, pinocembrine, Pinostrobine, Pinobanksine, pinorésinol	HPLC-DAD	Bakour <i>et al.</i> , 2019 ; Aboulghazi <i>et al.</i> , 2024.
Egypte	Ether de tamarixetin-syringique, apigénine avec acide benzoïque, vanillate d'acide férulique, apigénine, coumaroyl-hexose-malonate, hexose férulique, pentose synaptique, Pélargonidine, cyanidine, dihydroxybenzoïque. Acide gallique, acide chlorogénique, catéchine, gallate de méthyle, acide syringique, pyrocatechol, rutine, acide ellagique ; acide coumarique, vanilline, acide férulique, naringénine ; daidzéine, quercétine, acide cinnamique ; apigénine, kaempférol, hespérétine.	LC-MS, HPLC.	Abdel-Aziz <i>et al.</i> , 2023 ; Saleh <i>et al.</i> , 2023
Australie	Naringénine, taxifoline et lutéoline.	HPTLC	Achenbach <i>et al.</i> , 2024

La composition biochimique de la propolis est très variable et complexe. Elle dépend de facteurs tels que la flore locale accessible aux abeilles autour de la ruche, le moment de la collecte, l'origine géographique, la diversité des arbres et des espèces végétales collectées par les abeilles. Les caractéristiques chimiques des différents types de propolis reflètent la répartition géographique des espèces végétales, permettant ainsi d'identifier les zones où certaines espèces végétales sont présentes (**Altuntas et al., 2023**). La composition chimique de la propolis détermine son activité biologique, laquelle est elle-même influencée par la plante dont les abeilles récoltent la résine (**Bankova et al., 2019**).

5. Caractéristiques physico-chimiques

La propolis est une résine adhésive, qui dégage une odeur balsamique caractéristique (**Sawaya et al., 2011, Bouhala, 2012**) et présente une texture solide, lipophile, dure et facilement cassable à température ambiante, mais devient élastique, souple et très visqueuse lorsqu'elle est chauffée (**Hudz et al., 2020**). Ces caractéristiques physico-chimiques dépendent de son origine botanique, influençant notamment sa couleur, son odeur et sa consistance (**Otmane et al., 2020**). La diversité chromatique de la propolis est également liée à la présence de composés tels que les flavonoïdes et autres phénoliques, issus de différentes parties de plantes spécifiques, ce qui explique la gamme de teintes observée, allant du vert (**Machado et al., 2016**), au jaune clair (**Da Silveira et al., 2016**), au rouge (**Cuesta-Rubio et al., 2007**), en passant par le brun (**Andrade et al., 2017**) (Tableau 3).

Tableau 3: Les caractéristiques de la propolis (**Ferhoum, 2010 ; Moussaoui, 2019 ; Bouaroura, 2020**).

Caractéristiques	
Aspect	La propolis se présente sous l'aspect d'une substance dont la consistance varie en fonction de la température. Elle est dure et friable à 15 °C, puis elle devient molle et malléable aux alentours de 30 °C, avant de devenir collante ou gluante lorsque la température augmente, jusqu'à fondre en moyenne vers 60-70 °C, parfois 100 °C et au-delà.
Couleur	Il est très variable selon sa provenance, allant du jaune clair au brun très foncé, presque noir.
Saveur	Il est souvent âcre et parfois amer.

Odeur	Variable selon son origine botanique, elle est en général agréable et douceâtre. Si elle est brûlée, elle dégage une odeur très délicate liée aux résines aromatiques qu'elle contient.
Solubilité	La propolis est insoluble dans l'eau froide, mais elle peut être partiellement soluble par certains procédés (ébullition à reflux, par exemple) ; elle est partiellement soluble dans l'acétone, l'alcool, l'ammoniaque, le benzène, le chloroforme, l'éther et le trichloréthylène, et seul un mélange adéquat de différents solvants permet de dissoudre la quasi-totalité de ses composants.

Chapitre II. Activités et propriétés thérapeutiques de la propolis

De nombreuses études scientifiques sur la propolis menée dans le monde entier montrent que la propolis possède des effets biologiques très intéressants.

1. Propriétés antibactériennes

L'effet de la propolis sur un grand nombre de souches bactériennes pathogènes a été évalué. Parmi les bactéries inhibées, on retrouve *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus* (**Boudou et al., 2024**). D'autres bactéries telles que *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* ont également été affectées (**Kosalec et al., 2005**). La propolis montre une activité contre *Salmonella enteritidis* et *Listeria monocytogenes* (**Karadal et al., 2018**), ainsi que *Morganella morganii* (**Katircioglu et Mercan, 2006**). De plus, elle a été efficace contre *Streptococcus mutans* et *Lactobacillus acidophilus* (**Airen et al., 2018**) et *Bifidobacterium animalis* et enfin *Lactobacillus rhamnosus* (**Boufadi et al., 2016**).

Cette action est plus efficace sur les bactéries Gram-positives que Gram-négatives (**Kosalec et al., 2005**). Cette différence peut s'expliquer par la structure de la paroi cellulaire ; Les bactéries Gram⁺ possèdent une couche externe supplémentaire composée de phospholipides, de protéines et de lipopolysaccharides qui constitue une membrane imperméable à la plupart des molécules (**Silva et al., 2012**).

En outre, le traitement à la propolis entraîne une désorganisation du cytoplasme, des membranes cytoplasmiques et des parois cellulaires, provoquant une bactériolyse partielle et inhibant la synthèse des protéines. Il apparaît que les mécanismes d'action de la propolis contre les micro-

organismes sont complexes et résultent de l'action synergique de nombreuses substances (Mavri *et al.*, 2012).

La propolis doit ses propriétés antibactériennes à des composés tels que les polyphénols, les acides aromatiques et les esters. Leur efficacité résulte d'une synergie entre ces composés phénoliques et d'autres éléments présents dans la résine, comme les terpénoïdes, qui renforcent également son activité antimicrobienne (Boufadi *et al.*, 2016 ; Mavri *et al.*, 2012). Selon Bakkaloglu *et al.* (2021), ces composés peuvent provoquer la dénaturation des enzymes et la destruction des cellules bactériennes.

2. Propriétés antifongiques

Les extraits de propolis sont également efficaces contre certains champignons, y compris ceux du genre *Candida* et les dermatophytes filamenteux (Kosalec *et al.*, 2005) ainsi que contre *Sporothrix schenckii* et *Paracoccidioides brasiliensis* (Salomao *et al.*, 2007) et *Candida glabrata* (Fernández-Calderón *et al.*, 2021). En effet, la propolis grâce à sa capacité peut inhiber l'activité de la phospholipase extracellulaire, ce qui réduit l'adhérence des cellules fongiques à l'épithélium (Ozarowski *et al.*, 2021). La propolis inhibe la formation de trois types de filaments : les levures, les pseudo hyphes et les hyphes. Elle empêche également la formation de filaments chez *C. albicans*. La formation de ces hyphes est un facteur important de la pathogénicité de *C. albicans*, car elles ont une plus grande capacité d'adhérence et de pénétration dans les cellules épithéliales humaines que les blastoconidies. L'inhibition de la formation d'hyphes et de ramifications peut donc réduire la formation de biofilms, un autre facteur de virulence important responsable de la résistance aux antifongiques (Corrêa *et al.*, 2020).

3. Propriétés antiparasitaires

L'évaluation de l'effet antiparasitaire de la propolis a été décrite par plusieurs auteurs (Machado *et al.*, 2007 ; Duran *et al.*, 2011 ; do Nascimento *et al.*, 2019). Selon une étude de Dantas Silva *et al.* (2017), la propolis s'est révélée très efficace pour lutter contre les cultures d'épimastigotes de *Trypanosoma cruzi*. De plus, certaines études (Sena-Lopes *et al.*, 2018) ont révélé que les huiles de propolis rouge provenant de différentes régions du Brésil présentaient un potentiel antiparasitaire significatif contre *Trichomonas vaginalis*. Par ailleurs, une étude a été réalisée par Ozbilge *et al.* (2010) sur l'extrait de propolis turque, afin de lutter contre le parasite *Leishmania tropica*. La propolis agit contre les parasites protozoaires par plusieurs mécanismes d'action, principalement en raison de sa teneur en métabolites secondaires végétaux (composés phénoliques et terpénoïdes). L'acide rosmarinique et l'apigénine, deux

composés phénoliques souvent présents dans la propolis, provoquent des dommages physiques sous forme de lyse cellulaire, de condensation du cytoplasme et d'agrégation du kinétoplaste et de l'ADN nucléaire chez *Leishmania donovani*. Ces composés phénoliques favorisent également l'arrêt cellulaire en phase G0/G1 et induisent la chélation du fer (**Zulhendri et al., 2021**).

4. Propriétés antioxydantes

Plusieurs études ont déterminé les effets physiologiques de la propolis en identifiant des composés qui ont la propriété de provoquer des réactions d'anti-oxydation et de piéger les radicaux libres (**Isla et al., 2005 ; Cabral et al., 2012 ; Miguel et al., 2014 ; Hernandez Zarate et al., 2018**).

D'après **Karadal et al. (2018)**, l'effet antioxydant de la propolis est attribué à différents composés tels que les flavonoïdes, l'acide cinnamique et l'ester phénolique de l'acide caféique. **Can et al. (2015)** ont examiné 15 échantillons de propolis recueillis dans diverses régions de l'Azerbaïdjan. L'étude a révélé la présence d'acides tels que le caféique, le *p*-coumarique et le férulique, qui sont des acides phénoliques majeurs, ainsi que l'apigénine, la quercétine, le kaempférol et l'isoramnétine qui font partie des flavonoïdes majeurs. Ces composées bioactives sont à l'origine du potentiel antioxydant de la propolis.

Selon une étude menée par **Nina et al. (2015)** sur divers échantillons de propolis d'Amérique du Sud, il a été démontré que ceux qui étaient riches en phénols et flavonoïdes avaient une activité antioxydante élevée. En plus, de nombreux flavonoïdes inhibent la peroxydation des lipides et l'oxydation des lipoprotéines de faible densité, parmi les flavonoïdes, la quercétine est le piègeur de radicaux le plus puissant (**Lagouri et al., 2014**).

5. Autres propriétés thérapeutiques

De nombreuses autres propriétés biologiques et thérapeutiques de la propolis ont été évoquées dans plusieurs études.

En particulier, ses propriétés anti-inflammatoires ont été largement étudiées. **Lotfy (2006)** a constaté que le CAPE (acide caféique phénylénique) inhibe spécifiquement la transcription du gène de l'interleukine (IL)-2 ainsi que sa production de dans les cellules T stimulées.

C'est également un agent anti-inflammatoire en inhibant la synthèse des prostaglandines, en activant le thymus, en favorisant l'activité phagocytaire, en stimulant l'immunité cellulaire et en accélérant la guérison des tissus épithéliaux (**Kosalec et al., 2005**).

Le processus d'inflammation implique la production et/ou la libération de médiateurs par les neurones ou les tissus endommagés, qui sont responsables de différentes réactions, telles que la douleur. La capacité de la propolis à piéger les radicaux libres, générés par les neutrophiles lors de l'inflammation, représente l'un de ses principaux mécanismes d'action, similaire à celui des médicaments anti-inflammatoires conventionnels (Silva *et al.*, 2012).

Par ailleurs, l'apigénine, un flavonoïde naturel, a démontré ses effets anti-inflammatoires et anticancéreux sur la peau (Lagouri *et al.*, 2014). L'ester phénylénique de l'acide caféique (CAPE) a été identifié comme l'un des principaux principes bioactifs de la propolis, présentant des propriétés chimio préventives et antitumorales (Kartal *et al.*, 2003) (Tableau 4).

Tableau 4 : Études récentes sur les propriétés biologiques de la propolis dans le monde.

Pays	Activité biologique	Référence
Brésil	Antitrypanosomale, cytotoxicité	Alanazi et Alenzi, 2024
Indonésie	Antioxydant et anti-inflammatoire	Abduh <i>et al.</i> , 2024
Brésil	Antimicrobien, antioxydant et anticancéreux	Justino <i>et al.</i> , 2024
Turquie	Antidiabétique, anticholinergique, anti glaucome	İzol <i>et al.</i> , 2025
Egypte	Anti-oxydant, antibactérien, anticancéreux	Gomaa <i>et al.</i> , 2025
Bulgarie	anti-inflammatoire ; anti-acétylcholinestérase ; anti-hémolytique, Antioxydant, anti- inflammatoire, antitumoral	Tumbariski <i>et al.</i> , 2025
Pakistan	Antioxydant, antibactérien, antifongique, anti- inflammatoire, antitumoral.	Islam <i>et al.</i> , 2025
Inde	Anticancéreux	Kapare <i>et al.</i> , 2025
Italie	Antifongique	Sadallah <i>et al.</i> , 2025

6. Propriétés non thérapeutiques

Plusieurs études ont par ailleurs montré la présence de la propolis comme complément ou ingrédient dans de nombreuses compositions alimentaires, telles que les œufs, les produits laitiers, les jus de fruits afin non seulement d'améliorer leur durée de conservation, mais aussi d'apporter des bienfaits pour la santé (tableau 5).

La qualité et la durée de conservation des produits carnés peuvent également être améliorées par l'application de propolis en surface, seule ou dans la composition d'emballages alimentaires fabriqués à partir de différents bio polymères (cellulose, pectine, dérivés d'amidon, etc.) (Tumbariski *et al.*, 2022).

Pour réduire la pollution environnementale causée par l'utilisation du plastique, des membranes actives à base de chitosane, fabriquées à partir de carapaces d'écrevisses jetées, et renforcées par un extrait biologiquement actif (5 à 20 %) de propolis, pourraient bien être la solution pour les applications d'emballage alimentaire. Les mélanges de cellulose, de chitosane et de propolis permettent d'apporter suffisamment de polyphénols actifs lors de la production de papier. Ces polyphénols se libèrent au contact des aliments humides pour développer une action antimicrobienne. Le mélange de propolis et de chitosane renforce les propriétés antimicrobiennes et antioxydantes du papier et des emballages cellulosiques (**El-Sakhawy et al., 2024**). En outre, **Segueni et al. (2023)** ont indiqué qu'un mélange de propolis et d'huiles essentielles de thé a été testé comme conservateur naturel pour le céleri frais, les poireaux et les courges. Par ailleurs, afin de prolonger la durée de conservation de leurs produits et d'en garantir la sécurité, une autre étude illustre les propriétés conservatrices de la propolis ; **Tzima et al. (2015)** ont démontré que la propolis, le thym et le romarin pouvaient servir à développer des conservateurs naturels efficaces.

Tableau 5: Propriétés de la propolis utilisée en tant que complément ou ingrédient dans l'industrie alimentaire.

<i>Produits alimentaires</i>	<i>Utilisations</i>	<i>Références</i>
Saucisses	Décontaminant et antioxydant naturel.	Ali et al., 2010
Poulet	Stimulateur de croissance	Kročko et al., 2012
Crème glacée	Agent antimicrobienne contre <i>Staphylococcus aureus</i>	El-Bassiony et al., 2012
Oeufs de caille	Amélioration de la durée de conservation	Akpinar et al., 2015
Jus d'orange	Conservation du jus d'orange	Yang et al., 2017
Poulet marinée	Amélioration la qualité et la durée de conservation.	Mahdavi-Roshan et al., 2022

D'autre part, la propolis a une action inhibitrice sur la corrosion. En effet, une autre étude de **Vrsalović *et al.* (2018)** a montré que la résistance à la polarisation du cuivre dans une solution de chlorure de sodium à 0,5 mol/L était nettement plus élevée en présence de propolis, et que la densité du courant de corrosion était nettement plus faible

Une étude a prouvé que l'extrait de propolis pouvait empêcher la corrosion de l'acier et du bronze dans les solutions aqueuses en raison de la présence de ces composés (**Alves *et al.*, 2024**).

Chapitre III. Généralités sur les organismes nuisibles aux abeilles mellifères

L'apiculture, est une pratique ancestrale répandue mondialement, adaptée selon le climat, la flore et le niveau économique (**Fouzia *et al.*, 2022**). Elle assure la production de substances précieuses tel que le miel, le pollen et la gelée royale et assure la pollinisation de nombreuses cultures par des abeilles mellifères, favorisant la sécurité alimentaire et le développement économique. Par ailleurs, ces abeilles sont en effet confrontées à de nombreux parasites et agents pathogènes, tels que des virus, des bactéries et des champignons, qui constituent une menace majeure à leur santé. En raison de leur rôle vital et essentiel notamment dans la pollinisation des cultures, des fruits et des fleurs sauvages, la santé des abeilles a également un impact direct sur une agriculture durable et rentable, ainsi que sur de nombreux écosystèmes non agricoles (**Genersch *et al.*, 2010**).

1. L'état sanitaire des abeilles mellifères et son impact économique

1.1. Dans le monde

Les abeilles jouent un rôle essentiel dans les services écosystémiques, et leur déclin à l'échelle mondiale est un sujet de préoccupation majeur. Une étude de 264 espèces végétales cultivées en Europe révèle que la reproduction de presque 84 % de ces plantes dépendent de la pollinisation par les insectes (**Neov *et al.*, 2021**).

Des études ont été menées et se sont révélées être des outils utiles pour lutter contre les pertes de colonies. En premier lieu, ils abordent l'état sanitaire actuel des abeilles et nous éclairent sur les facteurs explicatifs de leur déclin. Ensuite, elles servent d'outil pour améliorer la santé des abeilles en identifiant des facteurs essentiels.

En effet, les pertes de colonies varient considérablement d'un pays à l'autre, et d'une zone climatique à l'autre. Il est nécessaire de les étudier, d'une part au niveau international, et d'autre part, surtout, au niveau national (**Morawetz *et al.*, 2019**). Les principales causes de la menace

pesant sur *Apis mellifera* en Amérique du Sud, notamment en Argentine, au Chili, en Uruguay, au Brésil et au Venezuela, semblent être l'acarien *Varroa* et de nombreux pays utilisent des acaricides homologués pour lutter contre cet acarien. Cependant, une utilisation abusive de ces produits (coumaphos, amitraz, fluvalinate et fluméthrine) entraîne l'apparition de populations d'acariens résistants, contamine la cire et intoxique les abeilles.

D'autres facteurs de risque existent, il s'agit de la perte de diversité des angiospermes, l'utilisation de pesticides tels que les néonicotinoïdes et/ou le glyphosate, la fragmentation de l'habitat et l'état nutritionnel des abeilles (**Maggi et al., 2016**). Selon **Paudel et al. (2015)**, la nutrition joue un rôle important dans le maintien de la santé des colonies d'abeilles mellifères. Si les abeilles n'ont pas accès en quantité suffisante à des sources de pollen pour produire tous leurs acides aminés essentiels, elles peuvent être affaiblies et devenir plus vulnérables aux maladies et aux agents pathogènes. Pour maintenir une bonne santé, les abeilles butineuses doivent avoir accès à une gamme diversifiée de sources de nectar et de pollen naturels. Cela leur permet d'éviter les carences nutritionnelles et de renforcer leurs défenses immunitaires.

En Europe, ces facteurs ont conduit à une diminution d'environ 50 % du nombre de colonies (**Moritz et al., 2010**). Au cours des dix dernières années, le nombre de ruches d'abeilles annuelles a diminué de plus de 30 % aux États-Unis et en Europe (**Wakgari et Yigezu, 2021**). Au Chili, on observe une tendance à la baisse de la production et des exportations de miel au cours de la dernière décennie, en grande partie liée aux changements de précipitations et de température dans les deux régions. La baisse de la production de miel a touché 82 % des apiculteurs, dont 80 % avaient pris des mesures d'adaptation, et 74 % de ces mesures étaient efficaces (**Gajardo-Rojas et al., 2022**). En Tunisie, **Jmal et al. (2024)** ont constaté que *Varroa destructor* était un problème majeur pour le secteur apicole parmi les ravageurs et les maladies affectant les ruchers. Une étude menée en Turquie par **Bayir et Uslu. (2025)** a également révélé un grand nombre de cas d'épidémie et d'infection par la loque américaine détecté au printemps et en été, avec respectivement 30,77 % et 37,46 % des cas. Elle a révélé que la maladie était plus fréquente en été en raison de l'infestation par des acariens parasites, et de l'affaiblissement des colonies, ce qui entraîne une déshydratation et une exposition accrue aux maladies. De plus, concernant l'infection à *Nosema*, une étude récente menée aux États-Unis a révélé que le taux d'infection était de 3,1 % dans le sud du pays et de 10,5 % dans le Midwest (**Abban et al., 2024**).

En effet, en 1990, on dénombrait 69,2 millions de ruches dans le monde. En 2000, ce chiffre avait diminué à 58,8 millions, mais il a ensuite augmenté pour atteindre 102 millions en 2022, enregistrant ainsi une hausse de 73,46 % (**Popescu et al., 2024**).

1.2. En Algérie

En Algérie, l'apiculture est considérée comme une composante intégrante du secteur agricole et de la vie rurale. Elle est pratiquée dans plusieurs régions, mais elle revêt une importance particulière dans le nord du pays, en raison des conditions climatiques favorables et d'une riche biodiversité floristique offrant des ressources mellifères pendant la majeure partie de l'année (**Ghorab et al., 2021**). Cette répartition est liée aussi aux conditions environnementales et géologiques du territoire algérien. Le pays est en effet divisé en deux zones distinctes : l'Algérie du Nord, avec le Tell nordique (5 %) et la steppe (15 %), et l'Algérie du Sud, avec le désert du Sahara (80 %). Le Sahara, en revanche, présente un climat extrêmement sec et une flore moins abondante, ce qui le rend moins propice à l'apiculture (**Derrar et al., 2024**).

Selon les données recueillies auprès de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le nombre de ruches a augmenté en Afrique du Nord depuis 2000, atteignant 700 000 et 400 000 ruches en 2018 pour la Tunisie et l'Algérie, respectivement. La Libye présente le nombre le plus faible de ruches, avec 37 500 ruches en 2018 (**Ben Abdelkader, 2020**).

En effet, l'histoire de l'apiculture algérienne peut être divisée en deux périodes importantes : Pendant la période de la colonisation française, l'apiculture traditionnelle était importante, mais l'apiculture moderne était principalement aux mains des colons, sans transfert de connaissances aux populations autochtones. Les 1 000 apiculteurs français exploitaient environ 10 000 ruches à cadres. Par ailleurs le nombre de ruches traditionnelles était de 150 000. Après l'indépendance, l'État s'est penché sur le problème de la filière apicole en mettant en place des programmes de développement. Il a notamment mis l'accent sur l'accroissement du cheptel, la construction d'une ruche dite algérienne, ainsi que sur la création de coopératives apicoles (**Tamali et Özkırım, 2019**).

Le taux de prévalence de la loque américaine a été estimé entre 5 et 32 % dans certaines régions d'Algérie, après avoir été testé sur 100 abeilles ouvrières de l'espèce *Apis mellifera intermissa* (**Alburaki et al., 2024**).

Dans les colonies d'abeilles mellifères du nord de l'Algérie, le taux de prévalence de *N. ceranae* est supérieur à 90 %, tandis qu'il est supérieur à 80 % dans le sud (**Aglagane et al., 2023**).

Plusieurs études antérieures (**Sarwar et al., 2016 ; Abdulhay et Yonius, 2020**) montrent que la loque américaine (AFB : American Foulbrood) est les maladies du couvain la plus économiquement impactant, suivie de la nosérose et de la fausse teigne qui cause la destruction

des ruches. En effet, les abeilles sont exposées à de nombreux agents pathogènes, à des perturbations environnementales et à des pesticides durant leur croissance. La varroase causée par l'acarien parasite *Varroa destructor* est aussi l'une des principales menaces pour les abeilles mellifères (Gul *et al.*, 2025).

2. Les principaux bio agresseurs de l'abeille

2.1. Loque américaine

2.1.1. Généralités

La loque américaine est une maladie infectieuse des abeilles mellifères (*Apis mellifera* et *Apis cerana*) causée par la bactérie *Paenibacillus larvae*.

À l'origine, les espèces de *Paenibacillus* étaient incluses dans le genre *Bacillus*, défini historiquement sur la base de caractéristiques morphologiques communes à l'espèce type, *Bacillus subtilis*, isolée en 1872. Toute bactérie en forme de bâtonnet, aérobie ou anaérobie facultative et capable de former des endospores pour entrer en dormance dans des conditions défavorables était classée comme *Bacillus*. Cependant, ces caractéristiques sont très anciennes et ne permettent pas de regrouper les espèces dans un seul genre. Un phylogramme de la famille suggère toutefois que *Paenibacillus* est para phylétique, avec les autres genres (*Aneurinibacillus*, *Brevibacillus*, *Cohnella*, *Fontibacillus*, *Oxalophagus*, *Saccharibacillus* et *Thermobacillus*) formant des clades subsidiaires. Le nom *Paenibacillus* est dérivé de l'adverbe latin *Paene*, qui signifie « presque un *Bacillus* » (Grady *et al.*, 2016).

L'AFB est classée sur la liste B de l'Office international des épizooties (OIE) et l'Organisation mondiale de la santé animale (De Graaf *et al.*, 2013). C'est une maladie à déclaration obligatoire dans de nombreux pays à cause des importantes pertes qu'elles occasionnent pour les apiculteurs, comme le soulignent Stephan *et al.* (2020), en raison de la baisse de productivité et de la nécessité du remplacement du matériel. La bactérie Gram positive, anaérobie facultative ; *Paenibacillus larvae* forme des spores qui constituent la seule forme de cette bactérie capable d'infecter les larves des abeilles sensibles à cette maladie. Les larves sont plus vulnérables au cours des premiers stades larvaires, 12 à 36 heures après l'éclosion de l'œuf. Une faible dose de dix spores ou moins ingérée par l'intermédiaire d'aliments larvaires contaminés suffit pour déclencher une infection mortelle (Genersch *et al.*, 2010 ; Moharrami *et al.*, 2022, Rebhi *et al.*, 2024). Au sein d'une colonie, les spores de *P. larvae* sont disséminées par les abeilles nourricières lors du nourrissage des jeunes larves avec de la nourriture contaminée, produisant ainsi des milliards de spores. Les spores se propagent ensuite entre les

colonies par l'essaimage, le vol, et le déplacement du matériel et l'eau contaminé par les apiculteurs (Stephan *et al.*, 2020 ; Datta *et al.*, 2013). De plus, une étude menée par Djukic *et al.* (2014) montre que l'espèce *P. larvae* comprend quatre génotypes différents appelés ERIC I à IV. Ces derniers diffèrent par plusieurs caractéristiques phénotypiques, dont la plus importante est la virulence. Des études épidémiologiques ont montré que seuls les génotypes ERIC I et II sont fréquemment isolés dans les colonies atteintes de la AFB. Les différences de virulence spécifiques au génotype entre *P. larvae* ERIC I et II correspondent au temps nécessaire pour tuer les larves infectées.

2.1.2. Symptômes

Ebeling *et al.* (2023), ont rapporté que la maladie AFB se caractérise par plusieurs symptômes, dont l'apparition de masses rugueuses dans les cellules couvertes de couvain et de croûtes de moisissure fortement adhérentes aux bords inférieurs des cellules. (Otten, 2003). Selon El-Meihy *et al.* (2024), les symptômes incluent une forte odeur dans la colonie; la décoloration du couvain ; avec le couvercle des cellules de couvain enfoncé à l'intérieur des cellules et perforé sur plus d'un côté. Le couvain mort est brun clair, brun café ou noir; il est mou, collant ou rugueux ; Les cadavres de couvain peuvent sécher, former des écailles noires adhérent aux parois des cellules. (Figure 4).

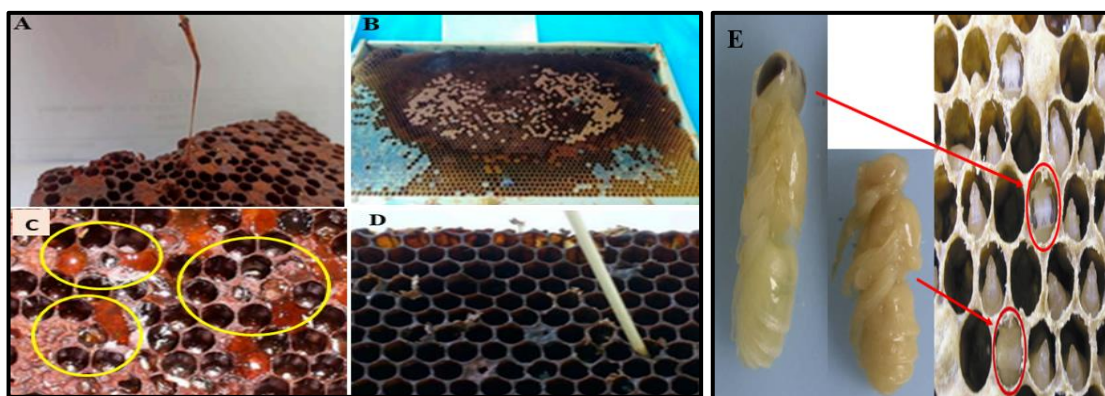


Figure 4: Diagnostic de la loque américaine (AFB) chez les larves d'abeilles *Apis mellifera* (Hulaj *et al.*, 2021 ; Matović *et al.*, 2023). (A) : Larve morte dans la cellule de couvain d'abeille s'est transformée en une masse filandreuse, (B) : Cellules de couvain d'abeille dispersées, (C) : Changement de couleur, concavité et trous dans les opercules des cellules de couvain d'abeille, (D) : Cellules de nid d'abeille après nettoyage et dessiccation du contenu des larves. (E) : Nympe saine (à gauche) et Nympe infectée par l'AFB (à droite) ; toutes deux sont du même âge (Genersch *et al.*, 2010).

2.1.3. Cycle biologique

Après une infection orale, les spores germent dans l'intestin moyen des larves les plus jeunes, se multiplient et pénètrent dans la cavité corporelle. Elles traversent ensuite la paroi de l'intestin moyen. Environ six à sept jours plus tard, après la régénération des cellules, les larves meurent et de nouvelles spores sont formées. En nettoyant ces cellules, les abeilles domestiques diffusent les spores dans toute la colonie, le cercle vicieux est alors bouclé. Si les mécanismes de résistance de la colonie malade sont trop faibles, de plus en plus de larves sont infectées et la colonie finit par s'effondrer, des abeilles étrangères provenant d'autres colonies peuvent alors envahir la colonie et se contaminer (**Otten, 2003**). La vie des formes végétatives de *Paenibacillus larvae* ne prend pas fin avec la mort de la larve. Au contraire, le cadavre de la larve est décomposé par ces bactéries qui continuent à proliférer pour former une masse rocailleuse. Elles ont donc deux phases de vie : l'une en tant que pathogène tuant les larves d'abeilles, l'autre en tant que saprophyte décomposant les larves d'abeilles mortes (**Genersch, 2017**). (Figure 5)

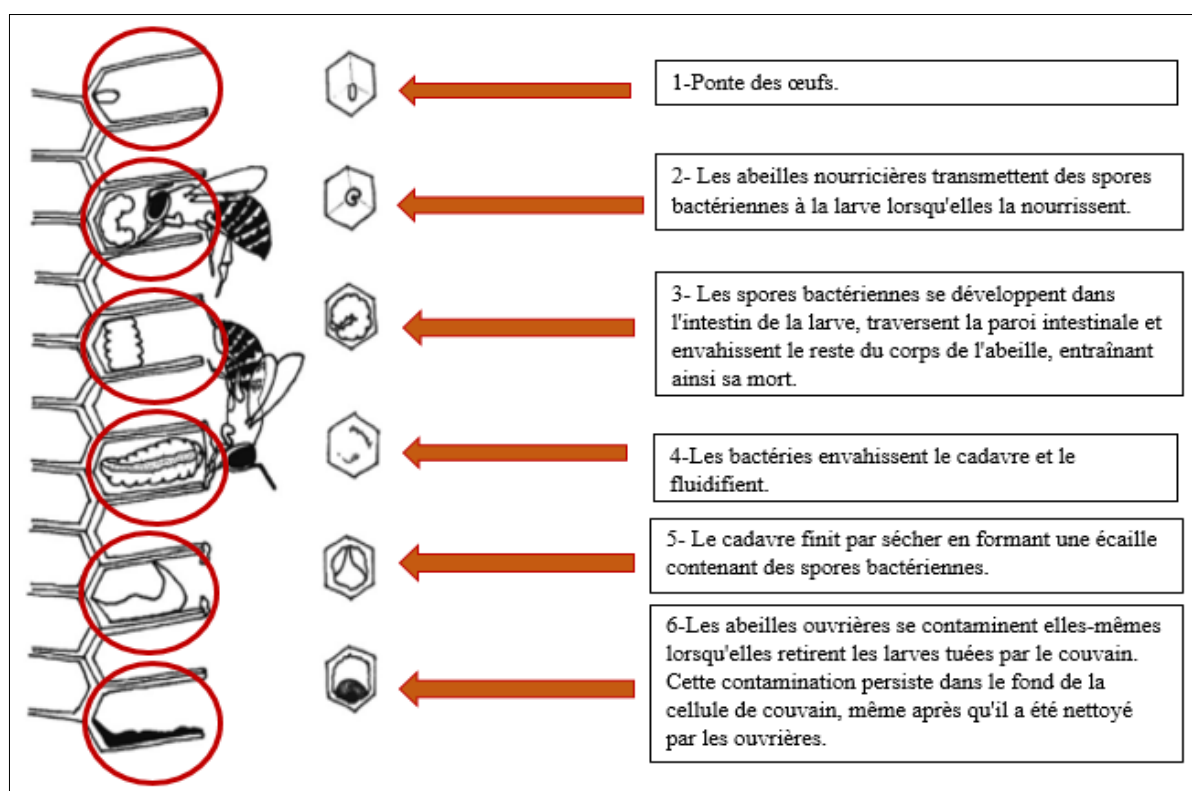


Figure 5: Cycle de vie de la loque américaine (*Paenibacillus larvae*) chez *Apis mellifera* (**Fernando et Harry, 2012**).

2.2. Nosémose

2.2.1. Généralités

Parmi les maladies qui affectent les abeilles, la nosémose est l'une des plus courantes et des plus répandues. Elle est souvent considérée comme une menace importante pour leur santé et leur bien-être (**Ostap-Chec et al., 2024**). La première détection de *Nosema* spp., agent de la nosémose chez les abeilles mellifères a eu lieu en 1909 (**Alam et al., 2022**). Ce parasite présent dans le monde entier, infecte les cellules épithéliales du ventricule de l'abeille adulte (**Formato et al., 2022**). De plus, elle est causée par deux espèces différentes : *Nosema apis* et *Nosema ceranae*, qui appartiennent au genre *Nosema* (**Yaman et Güvendik, 2023**). Elles sont reconnues comme appartenant au règne des champignons.

Nosema apis et *N. ceranae* (famille Nosematidae, genre *Nosema*) sont deux espèces de microsporidies qui infectent les abeilles mellifères. Comme les autres microsporidies, la forme infectieuse de *Nosema* est la spore résistante, elle est entourée d'une couche externe composée d'une exospore glycoprotéique électrodense et d'une couche endospore chitineuse électro-lucide, séparée de la cellule par une fine membrane (**Chen et al., 2013**).

Les deux espèces sont des parasites intracellulaires qui forment des spores de différentes tailles; ceux de *N. ceranae* sont légèrement plus petites que *N. apis* (**Iorizzo et al., 2022**). Les spores de *Nosema ceranae* semblent parfois légèrement pliées, ce qui leur confère un aspect moins régulier que celles de *Nosema apis*. (Figure 6).

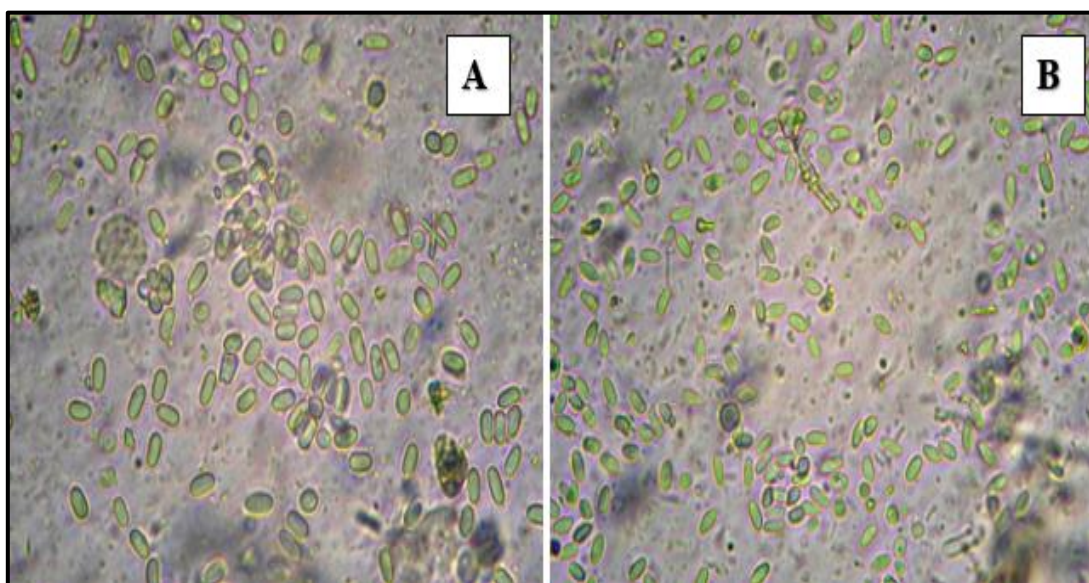


Figure 6: Spores de *Nosema* spp. (A) *Nosema apis* ; (B) *Nosema ceranae*, (×400). Provenant de l'homogénat intestinal d'*Apis mellifera* (**Kaskinova et al., 2025**).

L'infection des abeilles se produit par l'ingestion orale de miel, de pollen ou d'eau contaminés par les spores. D'autres modes de transmission des spores sont à considérer, notamment la trophallaxie, les activités de butinage sur les fleurs ou les tâches de nettoyage au sein des colonies (**Formato et al., 2022**). La maladie se transmet également par voie horizontale et verticale, car des spores ont été trouvées dans les ovaires des reines. Les jeunes abeilles sont généralement infectées par *Nosema spp.* Avec des taches fécales contenant des spores infectieuses, et la transmission a aussi lieu lors de l'échange de nourriture entre abeilles. Les parasites peuvent se transmettre entre les colonies (**Marín-García et al., 2022**). Les reines peuvent aussi être sensibles à la nosémose (**Naudi et al., 2022**).

2.2.2. Symptômes

L'infection par *N. apis*, se manifeste par des diarrhées, des abeilles mortes sont observées à l'entrée de la ruche avec abdomen gonflé. L'infection par *Nosema ceranae* est plus dangereuse, elle entraîne la chute des colonies sans symptômes. Les spores des deux espèces sont difficiles à distinguer par microscopie optique, mais la microscopie électronique et la PCR multiplex permettent de les différencier (**Zerek et al., 2022**).

2.2.3. Cycle biologique

La multiplication des spores dans le tube digestif de l'abeille provoque une inflammation de la paroi intestinale et perturbe les fonctions digestives, ce qui ralentit le métabolisme global de l'abeille. Le transit digestif est affecté par la quantité importante de spores ayant envahi la lumière du tube digestif (entre 30 et 50 millions de spores), entraînant soit de la diarrhée, soit de la constipation (**Esnault, 2018**). Dans l'intestin moyen de l'abeille, protégé uniquement par la membrane péritrophique, l'embryon (sporoplasme) du parasite est introduit dans la cellule épithéliale à l'aide d'un appareil complexe d'extrusion des spores. À l'intérieur de la cellule hôte, le sporoplasme se transforme en méronte (une forme de multiplication asexuée du parasite) qui, après plusieurs divisions, forme de nouvelles spores. Celles-ci sont ensuite libérées des cellules infectées dans la lumière intestinale lorsque les entérocytes (cellules de la muqueuse intestinale responsables de l'absorption des nutriments) sont détruits et servent de source d'infection pour d'autres cellules du même insecte ou d'autres individus (**Timofeev et al., 2023**). (Figure7).

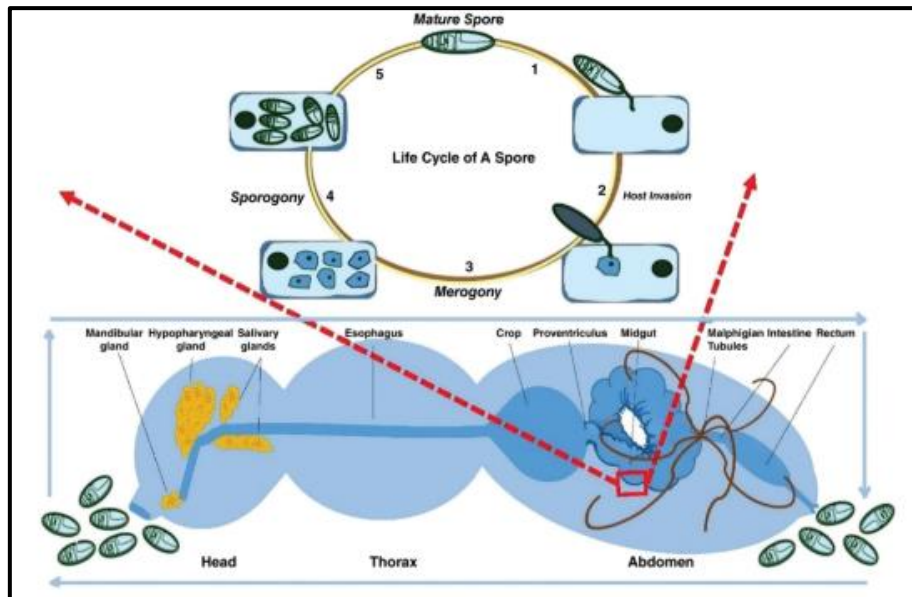


Figure 7: Cycle de vie de la nosébose (*Nosema* spp) chez l'*Apis mellifera* (Terry et Cythia, 2021).

2.3.Fausse teigne

2.3.1. Généralités

L'industrie apicole est perpétuellement assaillie par un certain nombre d'ennemis. Ces derniers peuvent être des guêpes, des fourmis, des coléoptères, des termites, des acariens, des oiseaux, des lézards, des mammifères, etc. La fausse teigne est considérée comme l'un des ravageurs les plus notables des colonies d'abeilles mellifères, réparties dans le monde entier. Il existe deux espèces de fausse teigne : la grande fausse teigne (*Galleria mellonella* L.) et la petite fausse teigne (*Acharya grisella*) (Vijayakumar *et al.*, 2019 ; Alzahrani *et al.*, 2025).

Le terme « fausse teigne » désigne différentes espèces de papillons de nuit qui envahissent, attaquent et endommagent les colonies d'abeilles et les produits de la ruche. *Galleria mellonella* appartient à la sous-famille des Galleriinae, dans la famille des Pyralidae, de l'ordre des Lépidoptères. Auparavant, ce ravageur était classé comme *Galleria cereana* par Fabricius et comme *Galleria obliquella* par Walker ; il a ensuite été reclassé et nommé *G. mellonella* par Linné. La sensibilité de la colonie aux attaques de la teigne peut être causée par de nombreux facteurs, tels que la malnutrition, la propagation de maladies, la perte de la reine ou la mortalité à grande échelle des abeilles ouvrières due à une intoxication par les pesticides (Komala et Devina, 2020). (Figure 8).

La fausse teigne est un insecte qui cause de nombreux dégâts. Parmi eux, on peut citer la détérioration des rayons. En effet, les larves de cet insecte se nourrissent des rayons de cire, des

peaux des larves tombées, du pollen et d'une partie du miel. La mite préfère les rayons sombres (c'est-à-dire ceux où la couvée a été élevée), et ceux-ci sont donc les plus endommagés. Les rayons de cire peuvent se transformer en un amas de débris, d'excréments de mites et de toiles de larves. Elle peut aussi transmettre des maladies aux abeilles (Ellis *et al.*, 2013).

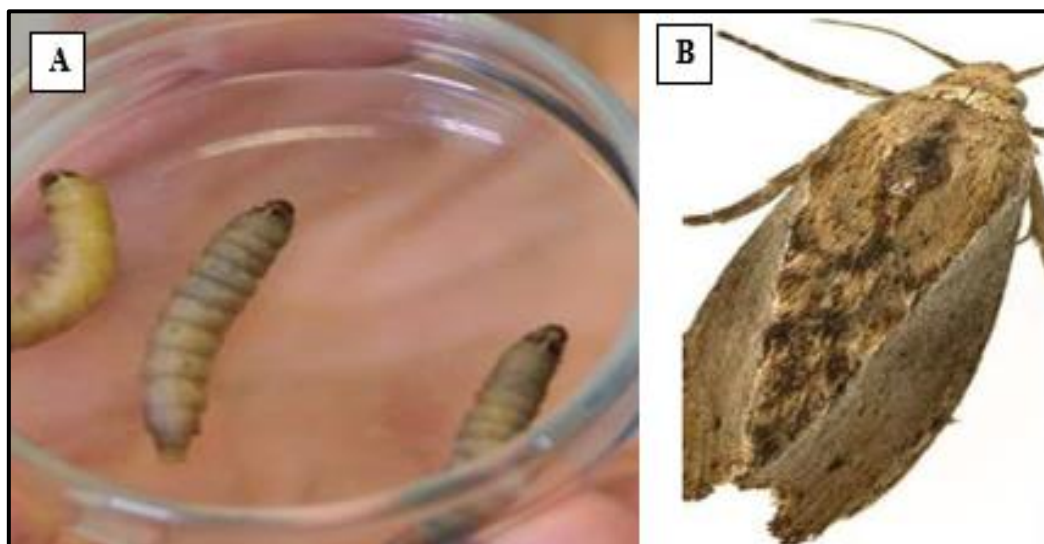


Figure 8: La fausse teigne de cire (A) : Larves ; (B) : Adulte. (Khyade, 2018).

2.3.2. Symptômes

La présence de fils de soie entre les cadres est un indicateur clé de l'infestation par *G. mellonella* dans une colonie d'abeilles. Ces fils de soie sont entrelacés entre les cadres dans les rayons de cire, en particulier dans les cas d'infestation sévère. Les déjections des larves se présentent par ailleurs sous la forme de petites boulettes sombres qui adhèrent aux fils de soie dans la ruche. Les restes de cocons de soie, souvent observés après l'émergence des papillons adultes, sont un autre signe d'infestation. Dans certains cas, ces cocons se fixent aux éléments en bois de la ruche, endommageant ainsi les cadres de cire (Alzahrani *et al.*, 2025). (Figure 9).

L'ensemble du dispositif est recouvert d'une masse de fils de soie et de matières fécales des larves, un état décrit comme une « gallérioriose ». En cas d'infestation grave par la fausse teigne, les colonies d'abeilles faibles s'effondrent (Kumar *et al.*, 2018).



Figure 9: Diagnostic de la fausse teigne (**Vijayakumar et al., 2019**).

2.3.3. Cycle biologique

G. mellonella est un insecte holométabole typique, (**Wojda et al., 2020 ; Algalil et al., 2022**).

Selon **Firacative et al. (2020)** son cycle de vie se décompose comme suit : œuf : 2 semaines ; larve : 5 à 6 semaines ; nymphe : 2 à 3 semaines ; adulte : 2 semaines. Selon la température et la nourriture disponible, le cycle peut durer entre six semaines et six mois (**Ncibi et al., 2021**).

Les papillons adultes émergeant des colonies d'abeilles actives quittent alors la ruche pour s'accoupler, puis la femelle pond 300 à 600 œufs en grappe sur un rayon en l'espace de quatre à cinq jours. Ces œufs sont pondus dans les fissures entre les différentes parties de la ruche, à des endroits sombres et cachés. Les œufs éclosent généralement au bout de cinq à huit jours, ou de huit à dix jours après la ponte. Toutefois, à basse température, cette période peut aller jusqu'à trente jours. Les larves nouvellement écloses creusent alors des tunnels dans les rayons, laissant derrière elles un complexe de galeries de soie (**Kumar et Khan, 2018**). Les larves de *G. mellonella* survivent à des températures variant de 15 °C à 37 °C (**Giammarino et al., 2024**). (Figure 10).



Figure 10 : Différents stades de développement de *Galleria mellonella*. (Œufs, larves, nymphes et adultes) sur les colonies d'*Apis mellifera* (Jorjão *et al.*, 2018 ; Singh *et al.*, 2022).

3. Lutte contre organismes nuisibles

Pour se défendre contre la transmission de pathogènes au sein de leurs colonies, les abeilles disposent de plusieurs mécanismes qui ont peut-être évolué spécifiquement pour freiner la propagation rampante des maladies. Selon Fries et Camazine, (2001) et Dadoune *et al.*, (2020), ces mécanismes sont les suivants :

- (1) Utilisation de substances antibactériennes telles que la propolis pour tapisser les parois de la colonie et sceller la cavité du nid ;
- (2) Systèmes antibiotiques dans les réserves de pollen et de miel ;
- (3) Nettoyage hygiénique des cellules par les ouvrières.

D'autre part, un seul traitement est homologué pour lutter contre l'AFB l'oxytétracycline, un antibiotique à large spectre. Cet antibiotique était auparavant disponible à l'achat direct par les apiculteurs, mais une récente réglementation fédérale exige désormais qu'ils obtiennent une ordonnance d'un vétérinaire agréé pour acheter tout antibiotique destiné aux abeilles mellifères (Milbrath *et al.*, 2021).

Fumagilline est le seul antibiotique autorisé pour traiter la nosébose chez les abeilles mellifères, il est largement utilisé dans le secteur de l'apiculture (Huang *et al.*, 2013). Ce traitement permet d'arrêter les infections actives à *Nosema*, mais ne protège pas contre une nouvelle infection par les spores restantes dans la colonie. Les traitements sont donc généralement appliqués une ou deux fois par an, en dehors de la saison de production du miel (Peirson et Pernal, 2024).

Pour la lutte contre la fausse teigne, l'utilisation de pesticides chimiques est courante dans la plupart des régions apicoles. L'efficacité de certains pesticides dans la lutte contre la fausse teigne a été prouvée. C'est notamment le cas de l'acide sulfurique, du bromure d'éthylène, du cyanure de calcium, du bromure de méthyle, de la phosphine, du paradichlorobenzène (PDB), du naphthalène et du dioxyde de carbone (Kwadha *et al.*, 2017).

Néanmoins, de nombreuses études ont démontré que la lutte biologique contre la fausse teigne est l'une des méthodes les plus efficaces et les moins dangereuses pour les abeilles, comme le montre le tableau ci-dessous.

Le tableau (6) ci-dessous présente une synthèse des principales substances naturelles appliquées *in vitro* et *in vivo* pour lutter contre *Paenibacillus larvae*, responsable de la loque américaine (AFB), la nosémose et la fausse teigne des ruches (*Galleria mellonella*).

Figure 11: Agents de lutte et principaux effets antagonistes obtenus contre *Paenibacillus larvae* agent de la loque américaine (AFB), *Nosema sp.*, agent de la nosémose et *G. mellonella* L.

Maladies	Traitement	Effets antagonistes	Références
Loque américaine (AFB)	Antibiotique Tilmicosine	Inhibition <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i>	Reynaldi <i>et al.</i> , 2008
	Huiles essentielles de plusieurs types des plantes telles que huile de poivre de Jamaïque, huile de poivre de montagne, huile d'ajwain, huile de menthe des champs, huile de menthe verte, huile d'anis étoilé, huile de noix de muscade et huile de camphre.	Inhibition <i>in vitro</i>	Ansari <i>et al.</i> , 2016
	Bactériophages	Inhibition <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i>	Beims <i>et al.</i> , 2015 ; Brady <i>et al.</i> , 2017 ; Jończyk-Matysiak <i>et al.</i> , 2020.
	Huile essentielle de lavande (<i>Lavandula angustifolia</i>) et l'oxytétracycline	Inhibition <i>in vitro</i>	Puvača <i>et al.</i> , 2022
	Genres <i>Bacillus</i> , <i>Lactobacillus</i> et <i>Bifidobacterium</i>	Inhibition <i>in vitro</i>	Ye <i>et al.</i> , 2023
	Produits de la ruche : venin d'abeille Gelée royale, Pain d'abeille, Pollen	Inhibition <i>in vitro</i>	Sonmez <i>et al.</i> , 2025
	Souches de <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Streptomyces narbonensis</i> ,	Inhibition <i>in vitro</i>	Nowotnik <i>et al.</i> , 2024

Synthèse bibliographique

	<i>Lysinibacillus fusiformis</i> , <i>Levilactobacillus brevis</i> , <i>Bacillus megaterium</i>		
	Bactéries lactiques	Inhibition <i>in vitro</i>	Nilsson <i>et al.</i> , 2024
Nosémose	Extraits de plantes : <i>Artemisia absinthium</i> , <i>Allium sativum</i> , <i>Laurus nobilis</i> et <i>Ilex paraguariensis</i>	Inhibition <i>in vivo</i>	Porrini <i>et al.</i> , 2011
	Dicyclohexylamine et 1 fumagilline	Réduction de la mortalité des abeilles mellifères infectées par <i>N. ceranae</i>	Johan <i>et al.</i> , 2015
	Probiotique <i>Lactobacillus rhamnosus</i> et l'inuline	Taux de survie des abeilles mellifères infectées par <i>N. ceranae</i>	Ptaszyńska <i>et al.</i> , 2015
	Huile essentielle de <i>Cryptocarya alba</i>	Diminution du pourcentage de spores de <i>N. ceranae</i>	Bravo <i>et al.</i> , 2017
	Mélange d'extraits d'huiles essentielles de plantes : <i>Rumex acetosella</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Salvia officinalis</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Laurus nobilis</i> .	Réduction de mortalité chez l'abeille et Réduction des spores de <i>Nosema spp</i>	Özkırım <i>et al.</i> , 2021
	Des suppléments à base de plantes NOZEMAT HERB® (NH) et NOZEMAT HERB PLUS® (NHP)	Réduction des spores de <i>Nosema</i>	Shumkova <i>et al.</i> , 2021
	Extrait éthanolique de <i>Laurus nobilis</i>	Réduction des spores de <i>Nosema</i>	Pasca <i>et al.</i> , 2021
	Souches de <i>Bifidobacterium</i> et de <i>Lactobacillus</i>	Réduction des spores de <i>N. ceranae</i> chez l'abeille	Alberoni <i>et al.</i> , 2023
	<i>Azadirachta indica</i> , <i>Ocimum basilicum</i> L., <i>Vernonia amygdalina</i> , <i>Calpurnia aurea</i> , <i>Verbascum sinaiticum</i> benth, <i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Maesa lanceolata</i> Forssk	Mortalités chez les larves de <i>G. mellonella</i>	Beyene et Woldatsadik, 2019
	Huiles essentielles de <i>Thymbra capitata</i> L. et de <i>Mentha pulegium</i> L	Mortalités chez <i>G. mellonella</i>	Ncibi <i>et al.</i> , 2021

Synthèse bibliographique

Fausse teigne			
	Produits biologiques (huile de pongamia, huile de citronnelle, extrait de gousse d'ail, extrait de feuille de tabac et <i>Bacillus thuringiensis</i>)	Mortalités chez <i>G. mellonella</i>	Singh <i>et al.</i> , 2022
	Cinq huiles essentielles (ail, <i>Allium sativum</i> ; camphre, <i>Cinnamomum camphor</i> ; menthol, <i>Mentha</i> sp. ; cannelle, <i>Cinnamomum Erum</i> ; et clou de girofle, <i>Dianthus</i> sp.).	Mortalités chez <i>G. mellonella</i>	Helaly <i>et al.</i> , 2022
	<i>Syzygium aromaticum</i> , <i>Eucalyptus</i> spp, <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Cinnamomum verum</i>	Mortalités chez les larves de <i>G. mellonella</i>	Omer <i>et al.</i> , 2023
	<i>Bacillus thuringiensis</i> (B401)	Mortalités chez les larves de <i>G. mellonella</i>	Han <i>et al.</i> , 2023
	formulation Detech® (terre de diatomée turque) « DE »	Mortalités chez les larves <i>G. mellonella</i>	Güneşdoğdu <i>et al.</i> , 2023
	Diverses huiles essentielles (menthol, ail, basilic, cannelle, thym, citron, orange, jasmin, camphre, sésame, romarin, lavande et huile de girofle)	Mortalités chez les larves, nymphes et adultes de <i>G. mellonella</i>	Marzouk <i>et al.</i> , 2025

Partie II: Partie Expérimentale

Chapitre I. Etude ethnobotanique et pharmacologique de la propolis

1. Matériel et méthodes

L'étude ethnobotanique et pharmacologique se compose de plusieurs étapes illustrées sur la figure (11). A travers une enquête, les propriétés thérapeutiques et non thérapeutiques de la propolis sont exposées et évaluées au moyen d'une série de tests et d'analyses et de mesures qualitatifs et quantitatifs sur la base d'une étude statistique. L'étude ethno pharmacologique consiste essentiellement à :

- *Collecter les renseignements concernant les caractéristiques sociodémographiques des personnes interrogées ;
- *Collecter les informations relatives aux différents usages de la propolis par la population locale ;
- *Exploiter et analyser les résultats de l'enquête par des indices ethnobotaniques et une analyse statistique.

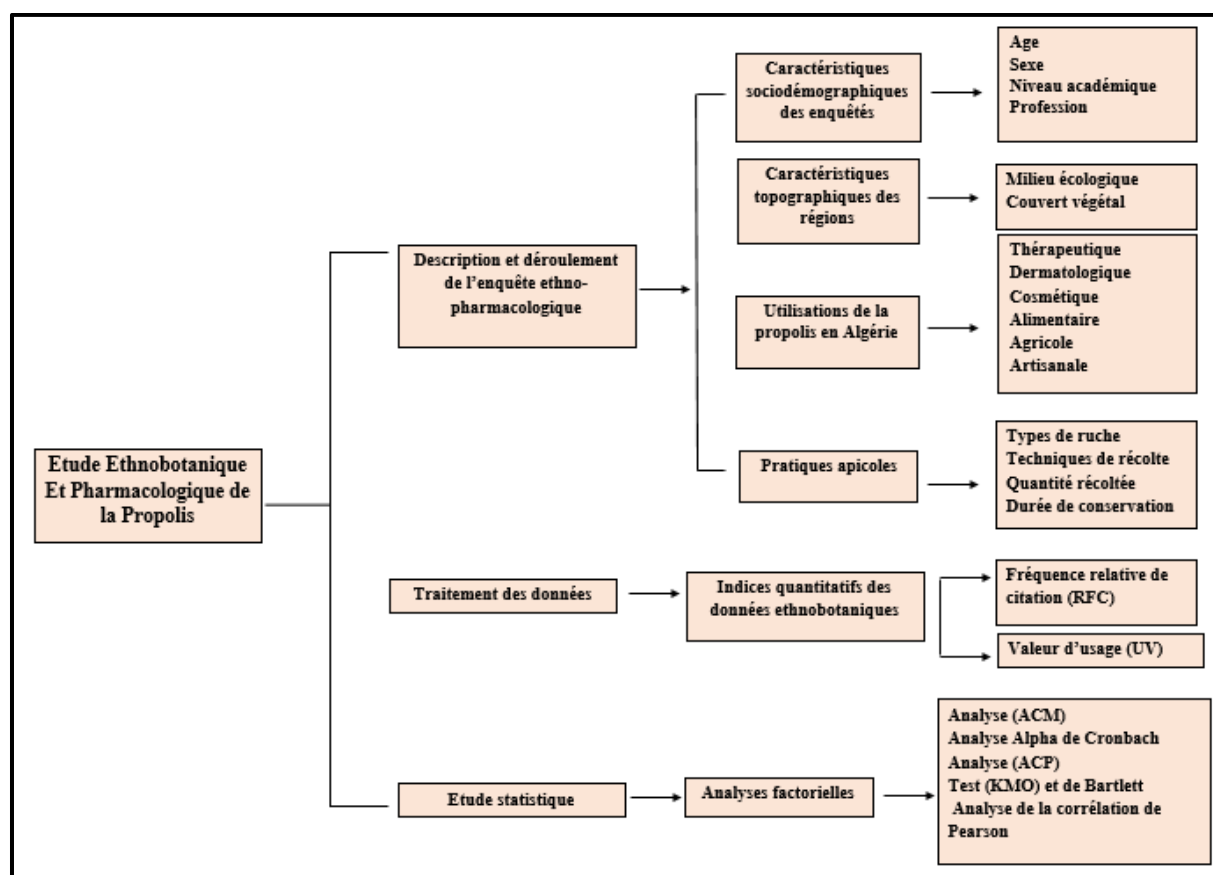


Figure 12 : Schéma illustrant les différentes étapes de la réalisation de l'enquête ethno-pharmacologique de la propolis.

1.1. Description et déroulement de l'enquête ethno-pharmacologique

1.1.1. Situation géographique de la zone d'étude

L'Algérie est un pays nord-méditerranéen qui couvre une superficie de 2.381.741 km². Notre étude a porté sur 28 wilayas réparties partout sur le territoire national à savoir ; Ain Defla, Alger, Annaba, Batna, Bejaïa, Biskra, Blida, Bouira, Boumerdes, Constantine, Eltaref, Jijel, M'sila, Mascara, Médéa, Mila, Oran, Oum El Bouaghi, Sétif, Skikda, Tébessa, Tiaret, Tipaza, Tizi Ouzou, Tlemcen. La sélection s'est portée principalement sur les régions à vocation apicole en Algérie. Pour la partie sud du pays, les seules wilayas interrogées sont Timimoune, Adrar et Tamanrasset (Figure 12).



Figure 13 : Présentation des zones couvertes par l'enquête ethno-pharmacologique.

1.1.2. Déroulement de l'enquête

Notre enquête a permis de recueillir les informations nécessaires auprès de la population locale principalement sur l'usage de la propolis en Algérie. L'enquête qui s'est déroulée durant une année (de juillet 2020 jusqu'à juillet 2021), a été diffusée en deux langues, française et arabe et par différentes voies : par contact direct avec les personnes enquêtées de différents tranches d'âges et niveaux intellectuels, dont des herboristes, des apiculteurs et d'autres personnes de différentes régions d'Algérie. Elle a été diffusée aussi par voie électronique sur les réseaux sociaux. En outre, ces enquêtes ont été complétées par des données fournies par les Directions des services agricoles (DSA) et les Chambres agricoles des différentes wilayas (figure 13).

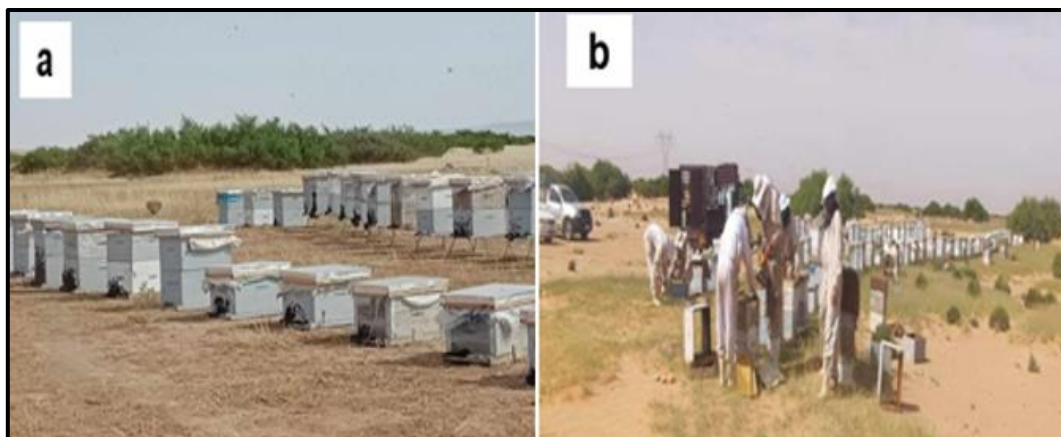


Figure 14 : Déroulement de l'enquête sur le terrain avec les personnes interrogées ; (a) un rucher visité, (b) déroulement de l'interrogatoire.

1.2. Traitement des données

Les indices ethnobotaniques suivants ont été calculés pour l'analyse des données. Pour ces calculs, nous avons appliqué les formules décrites par **Ahmad *et al.* (2014)** ; **Hedidi *et al.* (2024)** et **Belhacini *et al.* (2024)**.

1.2.1. Fréquence relative des citations (RFC)

Le RFC reflète l'importance de la propolis dans différentes régions d'Algérie, en tant que produit reconnu au niveau national. La formule suivante a été appliquée pour son calcul :

$$(RFC=FC/N \ (0 < RFC < 1))$$

Où :

FC : Fréquence des citations de la connaissance de la propolis parmi les informateurs;

N : Nombre total de participants à l'enquête.

1.2.2. Valeur d'utilisation (UV)

Cet indicateur ethnobotanique est largement utilisé pour évaluer de manière plus objective l'importance de l'utilisation de la propolis dans différentes applications au sein de la société algérienne.

$$(UV=Ui/N)$$

Où : **Ui** est le nombre total de citations. Ces citations concernent les différentes utilisations de la propolis algérienne. **N**: le nombre d'informateurs.

1.3. Etude statistique

1.3.1. Analyse de la fiabilité et homogénéité des données

1.3.1.1. Méthode alpha de Cronbach

Pour évaluer la cohérence interne de notre enquête, nous avons utilisé le coefficient alpha de Cronbach (1951), un indice statistique permettant d'apprécier la cohérence ou l'homogénéité d'un instrument de mesure composé d'un ensemble d'items visant à évaluer une même dimension. Cet indice reflète le degré d'homogénéité entre les items et offre une mesure directe de la cohérence interne d'un questionnaire, avec une valeur comprise entre 0 et 1. Par ailleurs, la cohérence interne est un concept fondamental qui désigne la manière dont les différentes composantes d'un test sont reliées entre elles (**Piette, 2016 ; Adeniran, 2025**).

1.3.1.2. Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et Bartlett

Il existe deux tests statistiques pour évaluer la factorisation des données : la mesure de l'adéquation de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et le test de sphéricité de Bartlett. Selon **Shrestha. (2021)**, le test de KMO permet d'évaluer la pertinence des données pour une analyse factorielle en déterminant si la taille de l'échantillon est suffisante. Il examine l'adéquation de chaque variable individuellement ainsi que celle du modèle dans son ensemble. De son côté, **Panda. (2021)** indique que le test de sphéricité de Bartlett évalue la compatibilité des données en mesurant l'interdépendance entre les variables, ce qui permet de vérifier si les corrélations sont suffisamment fortes pour justifier une analyse factorielle.

1.3.2. Analyse de la corrélation de Pearson

L'analyse de corrélation de Pearson, est une mesure statistique permettant de quantifier la relation linéaire entre les variables de l'enquête.

Dans le cadre de notre étude, nous avons formulé deux hypothèses spécifiques. La première concerne l'origine de la propolis en Algérie en se basant sur plusieurs variables telles que la couleur, le biome ou région écologique et le type de plantes présentes dans les ruchers. La deuxième hypothèse porte sur les critères de production de la propolis en Algérie, en tenant compte des variables telles que la saison de récolte, la quantité récoltée et le type de ruche. Pour analyser les résultats et étudier la relation entre toutes ces variables, nous avons effectué une analyse des correspondances multiples (ACM) et une analyse des correspondances principales (ACP). Cela nous a permis d'obtenir une évaluation précise des relations observées.

2. Résultats

2.1. L'utilisation de la propolis par la population locale

111 personnes ont été enquêtées, ces derniers ont présenté des réponses qui diffèrent selon plusieurs paramètres.

2.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Les enquêtés appartiennent à toutes les tranches d'âge (figure14), avec une prédominance chez les personnes de 20 à 40 ans (52,3 %). Cependant, pour la tranche d'âge de 41 à 60 ans, on note un taux de (43,2 %) contre (4,5 %) pour les personnes âgées de plus de 60 ans. L'examen des résultats selon le sexe montre un taux de (20,7 %) de femmes intéressées par l'activité apicole et ayant des connaissances sur les produits de la ruche, contre (79,3 %) pour les hommes. D'autre part, la grande majorité des enquêtés sont les universitaires avec un pourcentage de (71,2 %), les personnes ayant le niveau d'étude secondaire ont un pourcentage de (25,2 %).

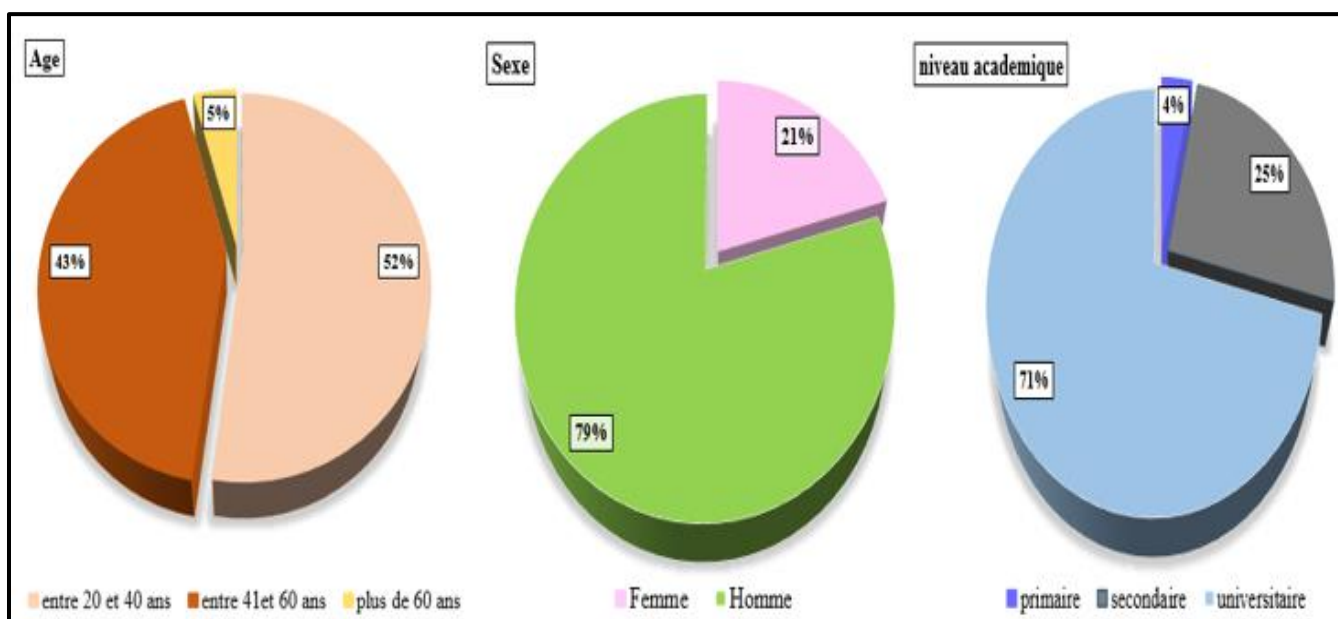


Figure 15 : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés.

Concernant la répartition selon la profession (tableau 7), les apiculteurs et les arboristes constituent la grande partie avec un pourcentage de (34,2 %), ce qui explique que la pratique de leur activité leur a permis d'acquérir beaucoup de connaissances sur l'apithérapie. Les autres personnes enquêtées se les procurent à travers l'expérience des autres.

Tableau 6 : Caractéristiques de la profession des enquêtés.

	Catégories	Nombre	Pourcentage (%)
Profession	Apiculteur/Arboriste	38	34,2
	Travail académique	24	21,6
	Ingénieur/ agronome	7	6,3
	Professions médicales/Kinésithérapeute	7	6,3
	Commerçant	11	9,9
	Etudiant	3	2,7
	Doctorant	4	3,6
	Employé/gestionnaire	11	9,9
	Retraité	4	3,6
	Sans emploi	2	1,8

2.1.2. Répartition des enquêtés selon la région

D'après les résultats de la Figure (15), 28 wilayas d'Algérie sont concernées par notre enquête. Vu que le questionnaire a été diffusé en ligne, des personnes de cinq pays tels que Égypte, Irak, Maroc, Syrie et Tunisie ont participé aussi. Sur une population de 110 répondants, ces derniers sont répartis comme suit : (53,2 %) au centre d'Algérie, (22,5 %) à l'Est, et (12,6 %) à l'Ouest. Cependant, pour le sud nous n'avons noté qu'un taux de (2,7 %). L'Algérie est riche en opportunités apicoles et l'apiculture est pratiquée dans de nombreuses régions. Par ailleurs, plusieurs personnes interrogées dans les wilayas du désert (telles que Adrar, Timimoune, Tamanrasset) ont exprimé leur méconnaissance de la propolis, car l'activité apicole n'est pas exercée au Sahara vu la contrainte pédoclimatique et floristique de la région.

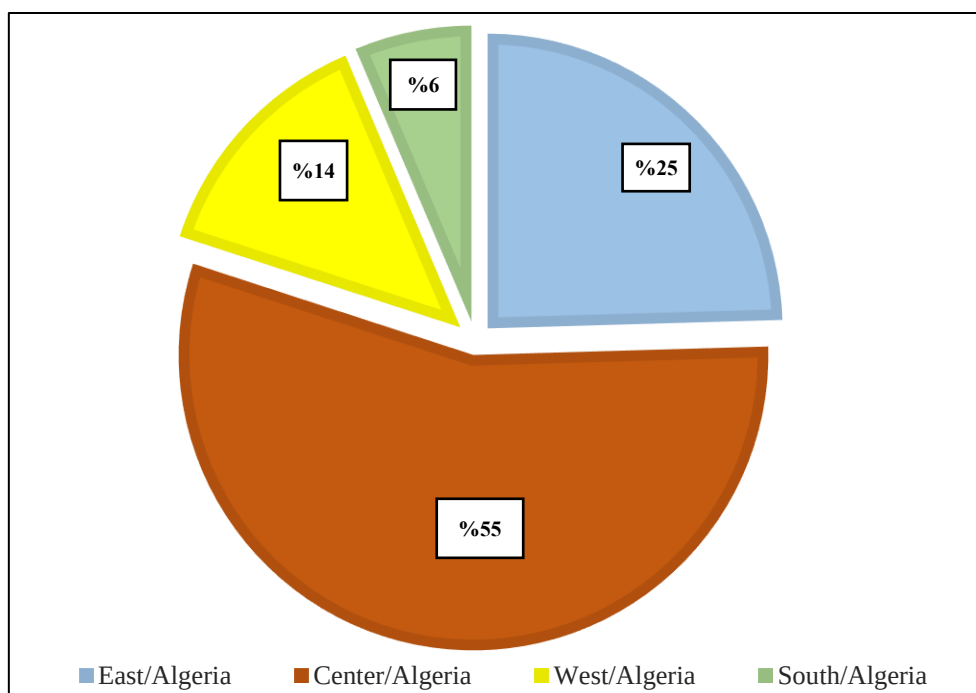


Figure 16: Répartition de la fréquence des renseignements selon la région d'Algérie.

2.1.3. Dénomination « les noms régionaux » et les différentes couleurs de la propolis Algérienne

Durant notre enquête, il s'est révélé que (94,6 %) des personnes interrogées connaissent la propolis. En plus, l'investigation ethno-pharmacologique dans les différentes régions d'Algérie a indiqué que la principale dénomination locale de ce produit de la ruche est bien "propolis البروبوليس". Elle a également indiqué neuf autres appellations : العكبر (Akbar), الشمع (Alchamaa), (Safour) الستفور, علك النحل (Alk Elnahl), صمغ النحل (Samgh Elnahl), Elchahda), الشهدة, القير (Elkir), الزفت (Elzaftar), قطمير (katmir). Les noms de propolis, qu'ils soient d'origine scientifique ou vernaculaire, traduisent la diversité linguistique algérienne. Par ailleurs, les résultats de l'enquête ethno-pharmacologique indiquent que la propolis produite en Algérie est principalement de couleur brune (46,8 %), environ (39,6 %) des personnes interrogées ont relaté que les couleurs étaient variables (tableau 8).

Tableau 7 : Répartition de la fréquence des caractéristiques générales de la propolis en Algérie

Connaissez-vous la propolis?	Oui	94.6%	100%
	Non	5.4%	
Dénomination principale en Algérie	Propolis البروبوليس	37.8%	100%
	Akber العكبر	43.2%	
	Alchamaa الشمع / Samgh صمغ النحل	7.2%	
	Autres appellations (Satfour الستفور), (Alk Elnahl علك النحل) (Elchahda الشهدة), (Elkir القير) (katmir قطمير), (Elzaftar الزفتر)	11.7%	
Couleur	Brune	46.8%	100%
	Jaune	5.4%	
	Brun foncé (noir)	3.6%	
	Vert	2.7%	
	Rouge	1.8%	
	Couleurs variables	39.6%	

2.2. Les diverses utilisations de la propolis en Algérie

2.2.1. Utilisations thérapeutiques

Les produits naturels de la ruche, tels que la propolis, ont un intérêt important en tant que matériaux originaux dans divers domaines d'activités notamment thérapeutiques. Notre enquête a révélé que la majorité des usages thérapeutiques de la propolis concerne le renforcement du système immunitaire (72.1%) et du système respiratoire (47.7%) et digestives (40.5%). Selon les résultats de l'enquête, (36 %) des enquêteurs ont déclaré que la substance est utilisée pour les affections du système ORL (Oto-rhino-laryngologie) et les affections bucco- dentaires (46.8%). Ces propriétés de la propolis algérienne sont multiples en médecine classique et même en médecine moderne, la recherche visait à obtenir une meilleure compréhension des qualités thérapeutiques et traditionnelles utilisées dans plusieurs wilayas d'Algérie (Figure 16).

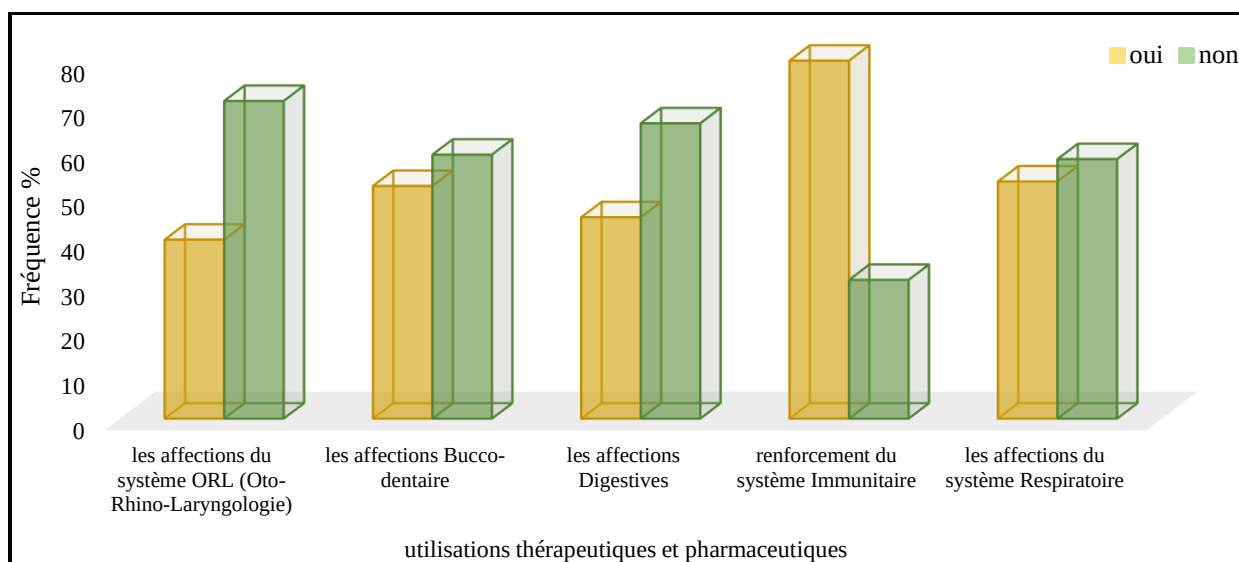


Figure 17: Répartition de la fréquence les propriétés thérapeutiques et pharmaceutiques de la propolis en Algérie.

2.2.2. Utilisations dermatologiques

D'après notre étude, il s'avère que l'application locale de la propolis a un intérêt pour le traitement des blessures et des plaies (66,7 %), bien que son usage contre l'eczéma et les brûlures (63,1 %) ait également été mentionné. Elle a une action nettoyante (55 %), et elle stimule la cicatrisation des baumes (39,6 %) et des onguents (37,8 %) en agissant comme un antifongique (60,4 %). Elle peut être utilisée sous forme de pommade ou crème. En effet, la propolis est connue par excellence dans diverses utilisations. Cela confirme son action importante dans la thérapie locale (figure17).

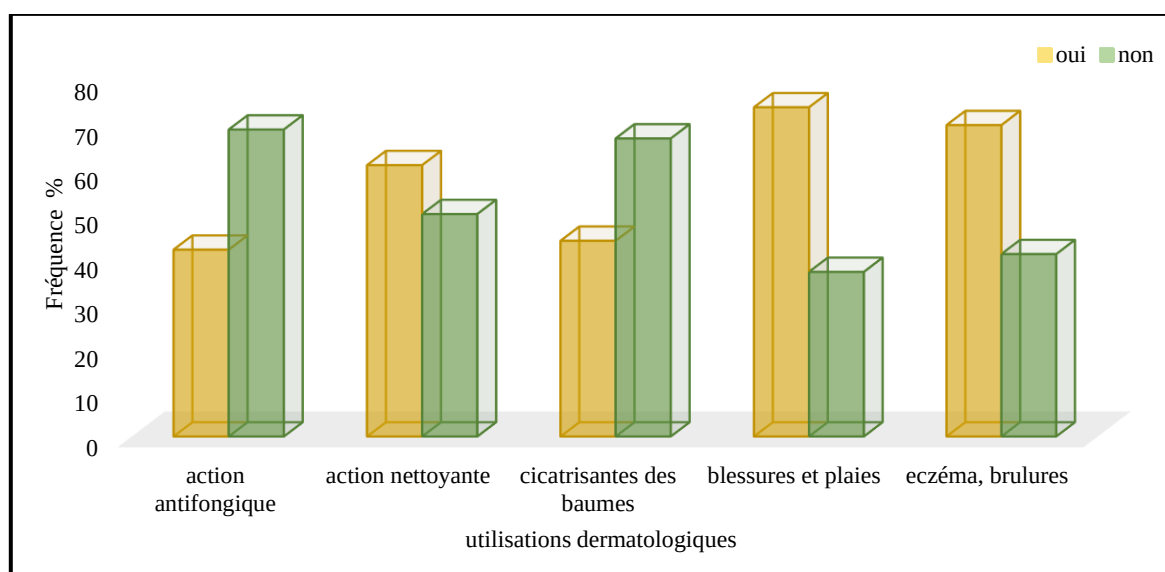


Figure 18: Répartition de la fréquence des propriétés dermatologiques de la propolis en Algérie.

2.2.3. Utilisations cosmétiques

L'analyse des résultats de l'usage cosmétique de la propolis représenté par la figure 18 montre que la propolis est très utilisée dans les crèmes hydratantes (50,5 %). Il a également été confirmé par près de (33,3 %) des interviewés que la propolis est intégrée dans la fabrication des dentifrices. En plus, pour les soins des cheveux, selon les répondants l'utilisation de propolis dans l'industrie des shampooings est estimée à environ (21,6 %).

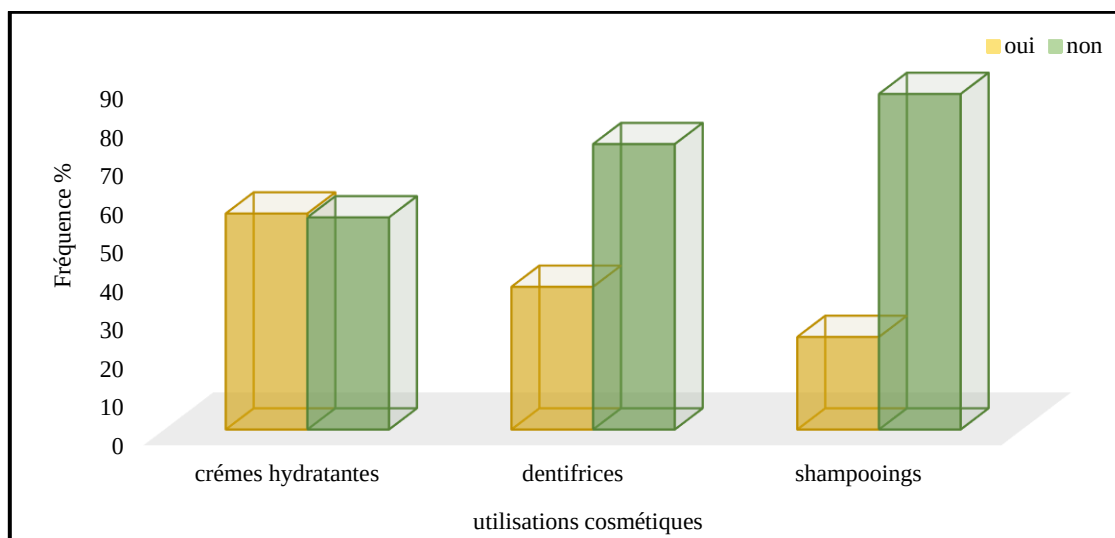


Figure 19: Répartition de la fréquence des propriétés cosmétiques de la propolis en Algérie.

2.2.4. Utilisation en industrie agro-alimentaire

La propolis occupe une place importante dans ce domaine (figure 19), et son utilisation comme additif alimentaire est la plus fréquemment utilisée avec un taux de (57.7%) et comme substance antioxydante avec un pourcentage plus élevé de (59.5%). Avec une fréquence moins élevée, la propolis peut être utilisée pour l'emballage de nourriture et aussi comme conservateur pour la prolongation de la durée de vie des aliments, notamment des poissons. Dans le même sens, on peut constater aussi l'efficacité de son effet anticorrosif, permettant de réduire la corrosion des métaux, qui entrent en contact avec les produits alimentaires pendant la fabrication, le stockage ou le transport. Ceci confirme que l'utilisation des produits de la ruche comme la propolis ne se limite pas à l'utilisation thérapeutique et cosmétique ; elle entre aussi dans la technologie agro-alimentaire.

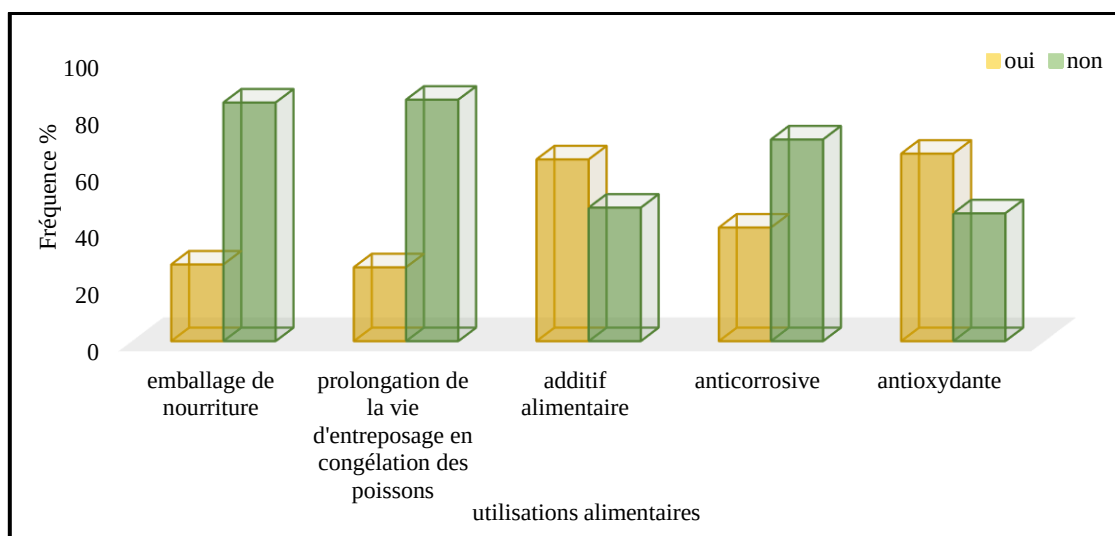


Figure 20: Répartition de la fréquence des propriétés agro-alimentaires de la propolis en Algérie.

2.2.5. Utilisation artisanale et agricole

Concernant l'utilisation agricole, la conservation et le stockage des semences et des tubercules sont les plus fréquents (48,6 %), ils sont suivis par l'alimentation avicole (42,3 %). D'autre part, la figure (20) montre aussi l'usage artisanal de la propolis comme vernis avec un taux de (27 %). D'autre part, 73 % des participantes à l'enquête ont indiqué qu'il pouvait y avoir d'autres utilisations de la propolis.

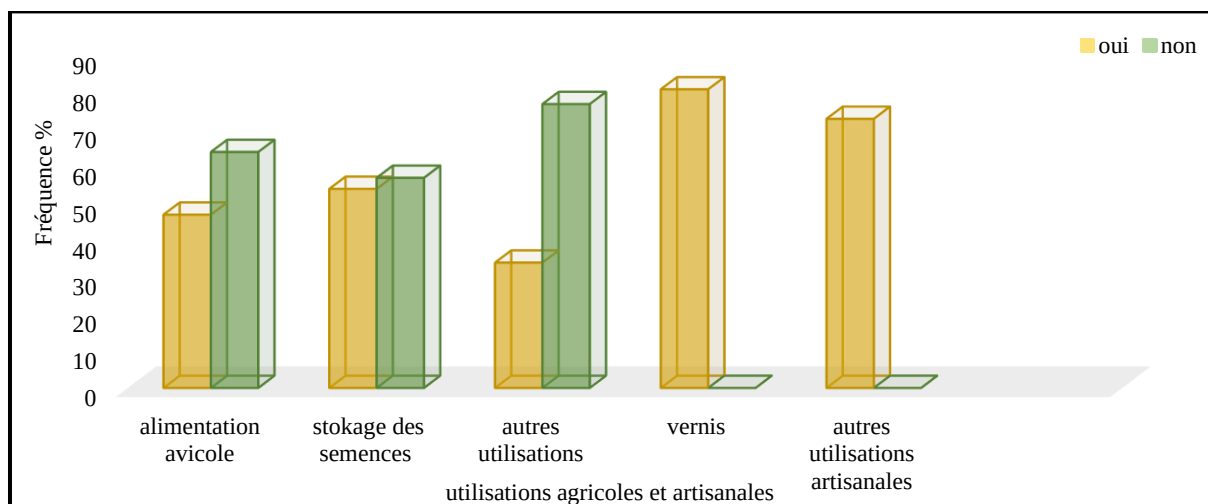


Figure 21: Répartition de la fréquence des propriétés agricoles et artisanales de la propolis en Algérie.

2.3. Différentes formes et modes d'applications de la propolis

Ce travail, qui contribue à une meilleure connaissance des usages traditionnels pratiqués de la propolis en Algérie, a permis de constater que la forme d'utilisation la plus fréquente est la poudre (66,7 %). Elle a permis aussi de répertorier un certain nombre d'associations thérapeutiques. Les résultats obtenus ont révélé qu'elle est mélangée avec d'autres produits de la ruche pour augmenter son effet. Il s'agit de la cire d'abeille, du miel, du pollen et de la gelée royale, et aussi de la caroube et de l'huile d'olive avec un taux de (55,9 %). Le tableau (9) montre aussi que la majorité utilisait la propolis par voie dermique (18,9 %), buccale (14,4 %) et/ou par les deux méthodes (51,4 %) et ce par macération, infusion ou encore décoction. La connaissance des modes d'usage de la propolis et de leurs propriétés est généralement acquise en conséquence d'une longue expérience accumulée et transmise d'une génération à l'autre.

Tableau 8 : Différentes formes et modes d'application de la propolis en Algérie.

Formes et modes administration de la propolis				Fréquence %
Forme d'utilisation	Poudre	Oui	66.7%	100%
		Non	33.3%	
	solution	Oui	38.7%	100%
		Non	61.3%	
Préparation	Macération	Oui	17.1%	100%
		Non	82.9%	
	infusion	Oui	15.3%	100%
		Non	84.7	
	décoction	Oui	9%	100%
		Non	91%	
Association avec d'autres produits		Seul	23.4%	100%
		Mixture avec (cire d'abeille, miel, pollen et gelée royale, Le caroube, huile d'olive)	55.9%	
		Les deux cas	20.7%	
Mode d'administration		Topique	18.9%	100%
		Buccal	14.4%	
		Les deux cas	51.4%	

		Autres modes d'administration	15.3%	
--	--	-------------------------------	-------	--

2.4. Méthode et durée de conservation de la propolis

La durée et la méthode de conservation de la propolis constituent des indices importants pour obtenir un produit de qualité standard et adapté aux besoins du marché. Selon notre enquête (tableau 10), la majorité des interviewés conserve la propolis à l'abri de la lumière (57,5 %), dans des flacons en verre (81,1 %). Certains la conservent dans des sacs en plastique (43,2 %) ou en papier (36,9 %). Il existe une relation évidente entre la méthode et la durée de conservation de la propolis ; (53,2 %) des personnes la conservent pendant une durée illimitée. Par ailleurs, 17 % la conservent pour une durée de moins d'un an, et (10,8 %) pour une durée entre 1 et 3 ans. Enfin (18,9 %) des personnes conservent la propolis pour plus de 3 ans.

Tableau 9: Répartition de la fréquence des méthodes et de la durée de conservation de la propolis.

Conditions de conservation				Fréquence %
Méthodes de conservation	A l’abri de la lumière	Oui	57.7%	100%
		Non	42.3%	
	Exposée à la lumière	Oui	32.4%	100%
		Non	67.6%	
Nature de Matière de conservation	Flacons en verre	Oui	81.1%	100%
		Non	18.9%	
	Sac en plastiques	Oui	43.2%	100%
		Non	56.8%	
	Sac en papier	Oui	36.9%	100%
		Non	63.1%	
	Autres	Oui	18%	100%
		Non	82%	
Durée de conservation	Illimité	53.2%		100%
	Moins de 1 an	17.1%		
	Entre 1- 3 ans	10.8%		
	Plus de 3 ans	18.9%		

2.5. Production de la propolis et sa commercialisation en Algérie

Selon nos résultats, il s'avère qu'un petit nombre de personnes en Algérie achètent de la propolis, ce nombre ne dépassant pas un taux de (29,7 %), cela est dû à son prix élevé selon (62,2 %) des personnes enquêtées. Il est noté aussi que nos enquêteurs utilisent principalement la propolis locale (84,7 %) plutôt que la propolis importée (5,4 %), comme le montre l'analyse des informations recueillies. Ils expliquent cette forte utilisation de propolis locale notamment au prix élevé de la propolis importée, la proximité et la confiance étant donné que le producteur est généralement un proche.

2.6. Questions destinées exclusivement aux apiculteurs producteurs de la propolis algérienne

Afin de recueillir des informations fiables et précises ainsi que de mieux connaître les conditions de production de cette substance en Algérie, des apiculteurs producteurs de la propolis ont été interrogés par des questions spécifiques.

2.6.1. Caractéristiques topographiques des régions des enquêtées

D'après le tableau (11), On remarque que la majorité des apiculteurs connaisseurs et/ou producteurs de propolis habite dans des zones montagneuses avec un taux de (33.3%), (14.4%) des enquêtés sont du littoral, (6.3%) des hauts plateaux, et (10.8%) de la steppe. Certains enquêtés sont des apiculteurs nomades, qui n'ont pas de localité fixe (28.8%), il se déplacent en raison de leur activité apicole utilisant la transhumance. En effet, ces derniers déplacent leurs ruches d'abeilles à la recherche d'une flore mellifère et d'un climat approprié permettant une meilleure cueillette de miel. Le couvert végétal des zones d'étude (tableau 11) est constitué de plantes forestières (18%), arbres fruitiers (10.8%), cultures maraichères (6.3%), plantes fourragères (3.6%), et de végétation spontanée (3.6%). Un couvert végétal diversifié caractérise (57,7%) des sites visités (figure 21).

Tableau 10: Répartition de la fréquence des renseignements selon les caractéristiques topographiques et le couvert végétal des régions enquêtées.

Caractéristiques topographiques des régions	Montagneuse 33.3%	Désertique 6.3%	Steppique 10.8%	Plateaux 6.3%	Littorale 14.4%	Autres/transhumance 28.8%
Couvert végétal	Fruitiers 10.8%	Fourragères 3.6%	Forestiers 18%	Maraichères 6.3%	Végétation spontanée 3.6%	Diverses plantes 57.7%

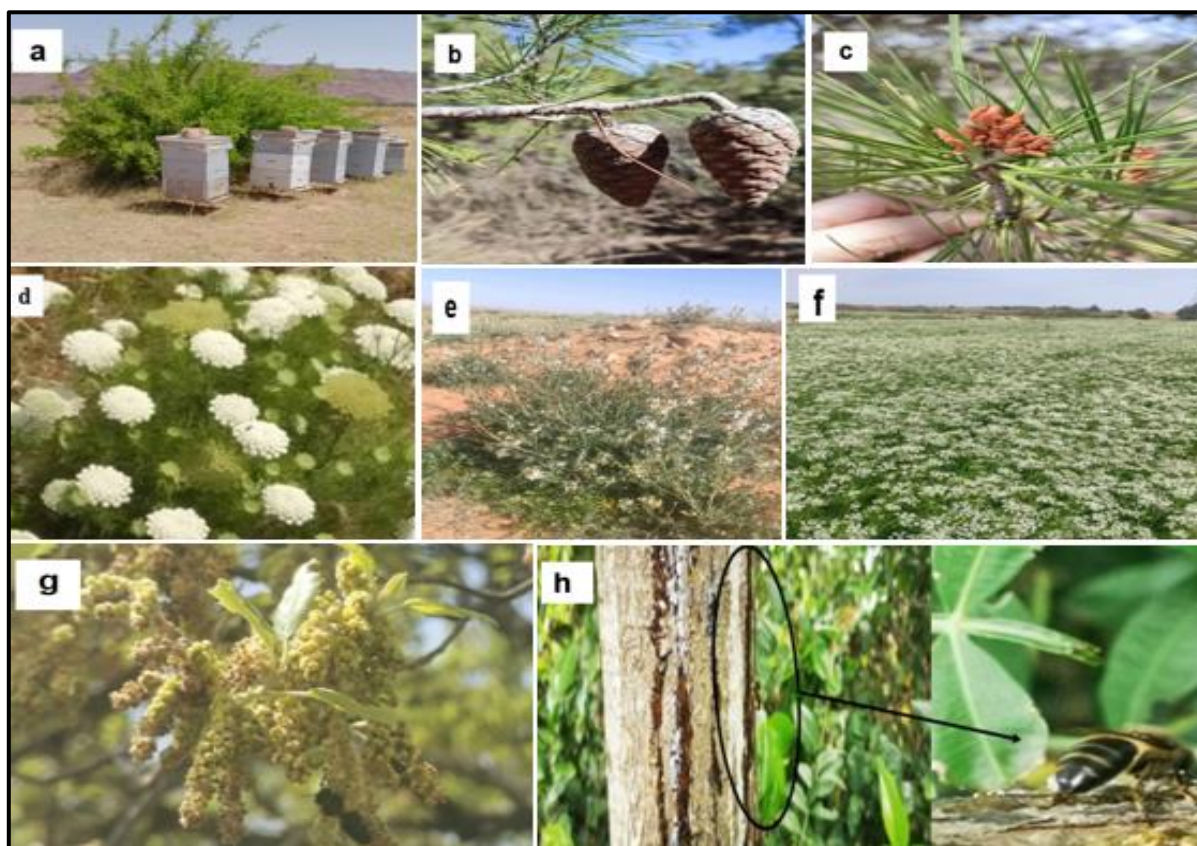


Figure 22: Quelques plantes présentes autour des ruchers visités. (a) *Ziziphus* sp. ; (b) *Pinus halepensis* (cône femelle) ; (c) *Pinus halepensis* (cône mâle) ; (d) *Daucus* sp. ; (e) *Eruca sativa*; (f) *Pimpinella anisum* ; (g) *Quercus* sp. ; (h) *Cupressus* sp. (Elle a été identifiée par le professeurue Guechi. N; enseignante à l'université de Sétif).

2.6.2. Types de ruche utilisés

La ruche peut être qualifiée de source ou d'unité de production pour l'apiculteur. En effet (78 %) des personnes interrogées utilisent la ruche de type Langstroth, (6,3 %) utilisent la ruche Dadant et (1,8 %) seulement utilisent le voirnot. En plus, le choix de l'utilisation de la ruche Langstroth en Algérie est lié à la disponibilité de ce type de ruche, la facilité d'installation, la

possibilité de porter un nombre important de cadres (figure 22).

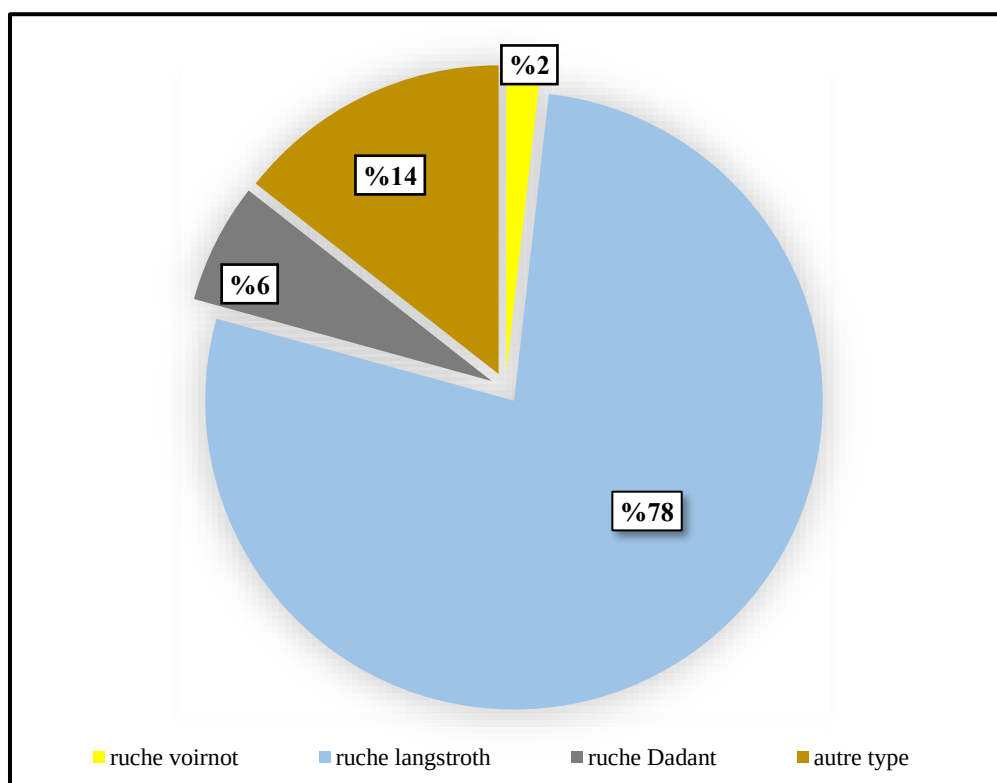


Figure 23 : Répartition de la fréquence des renseignements sur le type de ruche utilisée par les apicultures.

2.6.3. Saison et techniques de récolte de propolis

Selon les figures (23) et (24), on peut dire que la meilleure saison est l'automne pour la récolte de propolis avec un taux de (57%) des personnes répondantes, car l'abeille utilise la propolis comme remède pour réduire l'entrée des intrus dans les ruches et boucher des fissures pour se préparer à la période hivernale, suivi par la période printanière (22 %). Par contre l'été et l'hiver restent deux saisons défavorables pour la récolte de la propolis. Parmi les personnes enquêtées, (36,9 %) d'eux utilisent la technique traditionnelle de récolte par grattage des cadres. Cette fréquence élevée est liée à la facilité et la rapidité de la récolte et la quantité de propolis extraite par cette technique. Néanmoins, la récolte par des grilles à propolis en plastique enregistre un pourcentage de (29,7 %).

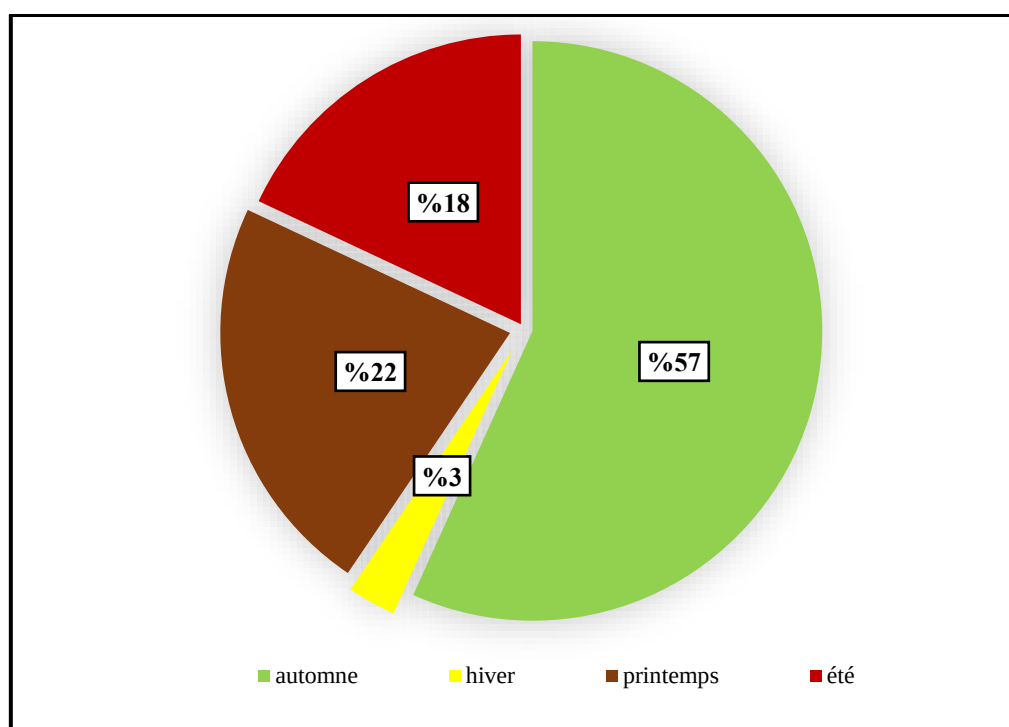


Figure 24: Répartition de la fréquence du moment de la récolte de la propolis en Algérie.

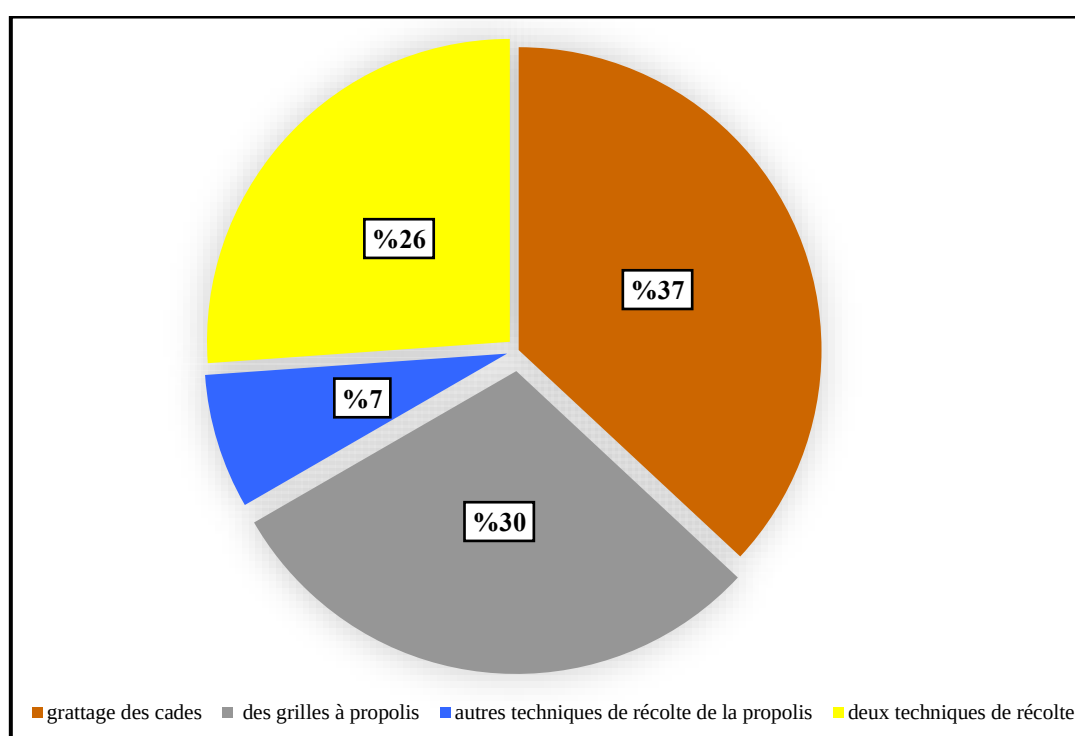


Figure 25: Répartition de la fréquence des techniques de récolte de la propolis en Algérie.

2.6.4. Quantité de la propolis récoltée

D'après la figure (25). Les résultats de cette étude indiquent que la majorité des personnes interrogées (42%) récoltent la propolis avec des quantités inférieures à 100 g par ruche. Par ailleurs, (04%) des personnes récoltent plus de 300 g par ruche par saison. Cette divergence est due à plusieurs facteurs, à savoir les variations des conditions climatiques (température, le vent, pluviométrie,), et aussi d'autres facteurs, tels que l'âge de la colonie.

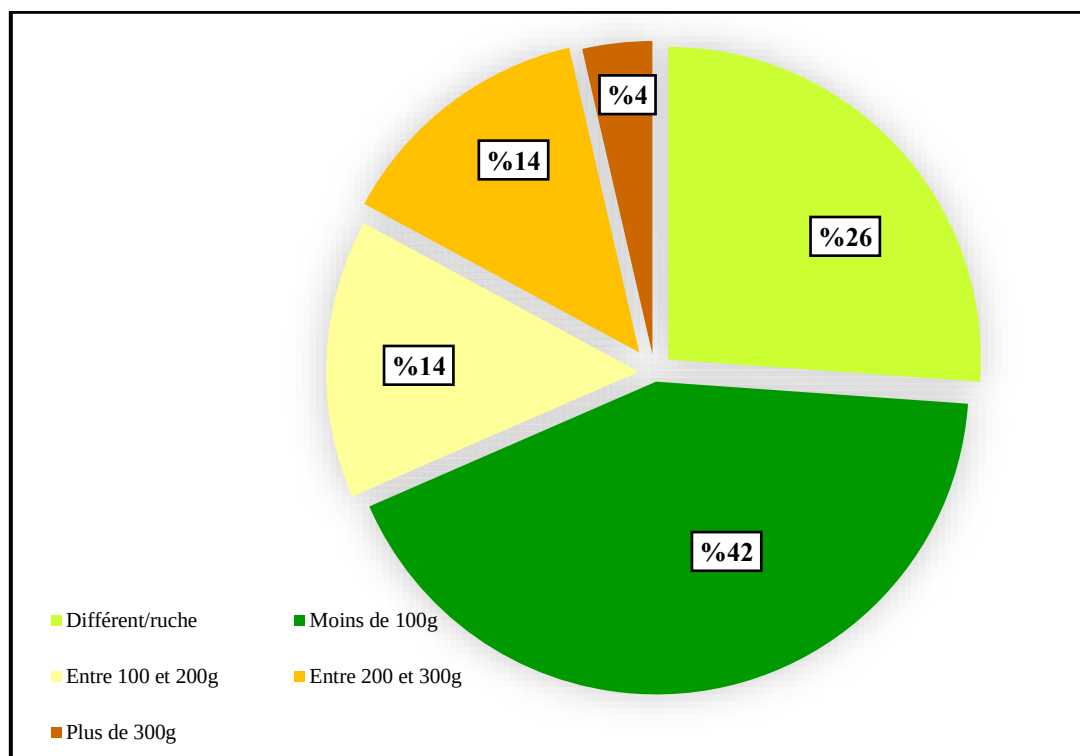


Figure 26: Répartition de la fréquence de la quantité de récolte en gramme de propolis par ruche.

2.7. Résultats des analyses quantitatives des données ethnobotaniques

Dans le cadre de notre étude, nous avons déterminé la fréquence relative des citations (RFC) et la valeur d'usage (UV) comme indicateurs clés pour évaluer les connaissances et l'utilisation de la propolis par la communauté.

2.7.1. Fréquence relative de citation (RFC)

Le RFC pour la propolis variait de 0,009 à 0,135 parmi les participants (tableau 12). Les valeurs les plus élevées ont été observées, en particulier à Alger (0,135), M'sila (0,081) et Boumerdes (0,054), les autres provinces affichent des valeurs moyennes de RFC comprises entre 0,018 et 0,027.

Tableau 11. Valeurs de la fréquence relative des citations (RFC) pour la propolis en Algérie.

Région d'Algérie (provinces)		RFC de propolis
Nord	Tipaza	0.018
	Alger	0.135
	Boumerdes	0.054
	Bejaïa	0.036
	Tizi Ouzou	0.027
Centre	M'sila	0.081
	Biskra	0.009
	Bouira	0.054
	Médéa	0.018
	Ain Defla	0.018
	Blida	0.018
Ouest	Tiaret	0.027
	Tlemcen	0.054
	Oran	0.009
	Mascara	0.009
Est	Skikda	0.036
	Tébessa	0.018
	Jijel	0.018
	Mila	0.009
	Eltaref	0.009
	Constantine	0.027
	Batna	0.036
	Annaba	0.009
	Sétif	0.027
	Oum Bouaghi	0.009
Sud	Timimoune	0.018
	Tamanrasset	0
	Adrar	0.009

2.7.2. Valeur d'usage (UV)

Cette approche a révélé diverses applications, classées en cinq groupes (tableau 13). Les valeurs d'utilisation notables comprennent : le renforcement du système immunitaire (0,720) ; l'eczéma et le traitement des brûlures (0,630) ; les applications comme additifs alimentaires (0,576), et la conservation des graines et des tubercules (0,486).

Tableau 12. Valeurs d'utilisation (UV) de la propolis pour les différentes catégories.

Categories	Applications	UV
Utilisations thérapeutiques et pharmaceutiques	Maladies ORL (oreilles, nez et gorge)	0.360
	maladies bucco-dentaires	0.468
	maladies digestives	0.405
	système immunitaire	0.720
	maladies du système respiratoire	0.477
Utilisations cosmétiques	shampooings	0.216
	crèmes hydratantes	0.504
	Dentifrices	0.333
Utilisations dermatologiques	action antifongique	0.378
	action nettoyante	0.549
	baumes cicatrisants	0.396
	blessures et les plaies	0.666
	Eczéma et brûlures	0.630
Utilisations agro-alimentaires	emballage des aliments	0.243
	Prolonger la durée de conservation par congélation du poisson	0.234
	additif alimentaire	0.576
	anticorrosif	0.360
	antioxydant	0.594
Utilisations agricoles	nutrition des volailles	0.423
	Conservation et stockage des semences et tubercules	0.486
Utilisations artisanales	Vernis	0.270

2.8. Résultats de l'étude statistique

2.8.1. Résultats des tests d'analyse de la fiabilité et homogénéité des données

2.8.1.1. Analyse des correspondances multiples (ACM)

L'analyse des correspondances multiples (ACM) fournie sous forme d'une représentation graphique globale permet de visualiser les relations entre les variables. La figure (26) montre des corrélations significatives entre les trois différentes variables sélectionnées ; couleurs (marron, vert, jaune, rouge, noir et couleurs variables); milieu écologique ou biome (montagne, steppe, plateau, littorale et désert) et type de plante (fruitiers, fourragères, forestiers,

maraichères, végétation spontanée et divers plantes). L'analyse des correspondances multiples (ACM) permet de mettre en lumière les couleurs de la propolis présentes en Algérie en relation avec les différentes espèces végétales dominantes dans les différentes régions apicoles du territoire algérien. La figure (27) présente quatre autres variables sélectionnées (saisons de récolte, type de ruche, quantité de propolis produite et durée de conservation) montrant leurs intercorrélations. L'analyse des correspondances multiples (ACM) montre clairement l'utilisation de ruches de type langstroth par la population algérienne. La propolis est principalement récoltée en automne. Selon les régions d'Algérie, la quantité de propolis récoltée dans la ruche est variable, allant de 100 à 300 grammes pouvant même dépasser 300 grammes. La même figure indique que la propolis peut être conservée indéfiniment.

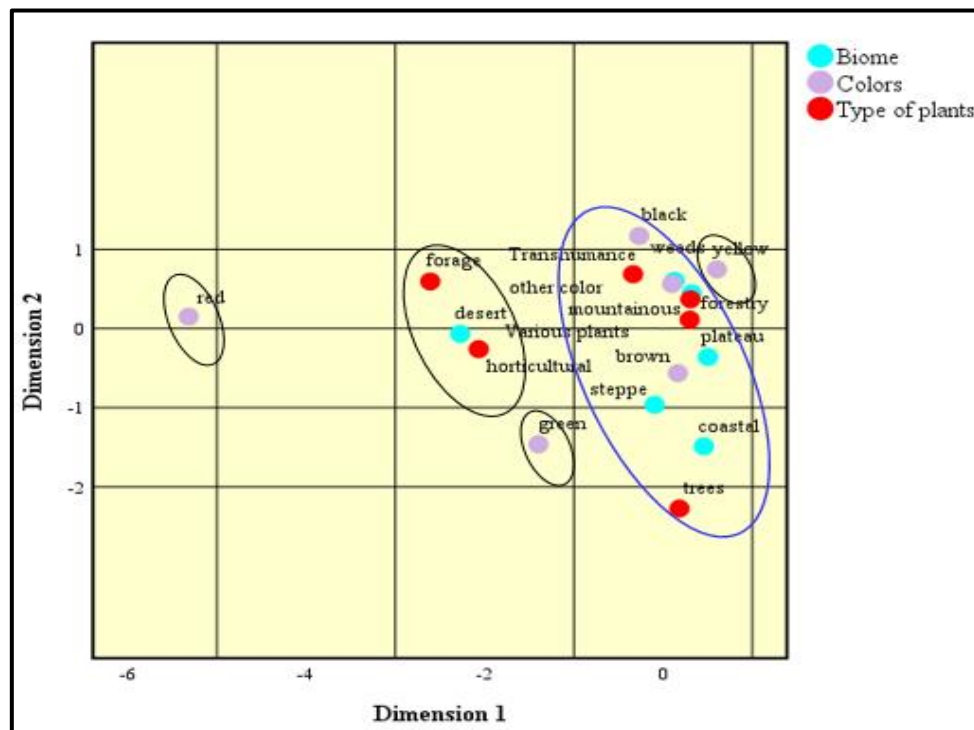


Figure 27 : Analyse des Correspondances Multiples (ACM) de l'origine de la propolis en Algérie.

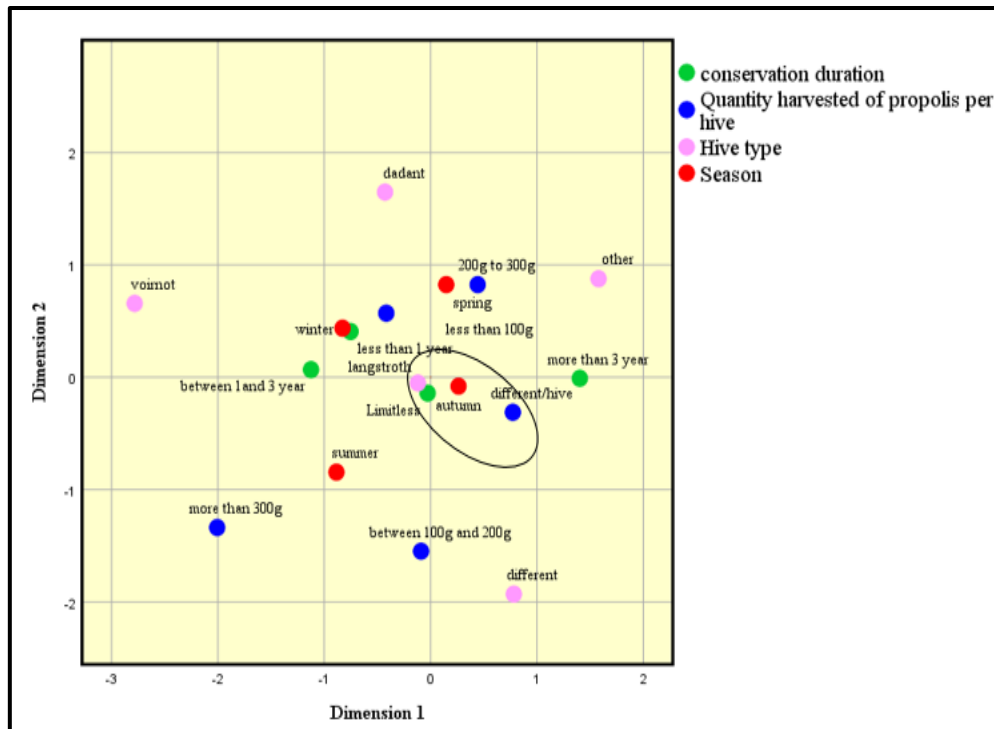


Figure 28: Analyse des Correspondances Multiples (ACM) de la production de la propolis en Algérie.

2.8.1.2. Analyse alpha de Cronbach

Comme le montre le tableau (14), l'analyse de Cronbach indique que les données ont été divisées en deux axes et que les valeurs alpha de Cronbach sont acceptables. Dans les deux cas étudiés, ces valeurs sont considérées comme satisfaisantes. Cela suggère donc que l'étude est fiable et cohérente pour l'ensemble des paramètres de notre questionnaire.

Tableau 13. Analyse alpha de Cronbach.

L'origine de la propolis en Algérie				
Dimension	cronbach's alpha	Variance représentée		
		Total (valeur propre)	Inertie	% de la variance
1	0,685	1,840	0,613	61,322
2	0,615	1,695	0,565	56,506
Total		3,535	1,178	
Moyen	0,651^a	1,767	0,589	58,914
Les paramètres de production de propolis en Algérie				
Dimension	cronbach's alpha	Variance représentée		
		Total (valeur propre)	Inertie	% de la variance

1	0,500	1,599	0,400	39,979
2	0,444	1,499	0,375	37,486
Total		3,099	0,775	
Mean	0,473^a	1,549	0,387	38,732
^a L'alpha de Cronbach est basé sur la valeur propre moyenne.				

2.8.1.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de réduire la taille d'un ensemble de données. Dans notre cas, nous avons étudié la relation entre les propriétés thérapeutiques et non thérapeutiques de la propolis selon trois axes (figure 28). On peut dire que les Algériens l'utilisent beaucoup plus pour les soins bucco-dentaires, pour renforcer le système immunitaire et traiter les troubles digestifs. Il est également efficace pour traiter les maladies de la peau, telles que l'eczéma et les plaies, ainsi que pour être utilisée comme aliment complémentaire. Quant à ses autres utilisations, dans l'alimentation, comme emballage de nourriture et pour prolonger la durée de conservation du poisson congelé, ainsi que son utilisation dans l'agriculture, comme aliment pour la volaille ; elles paraissent moins importantes.

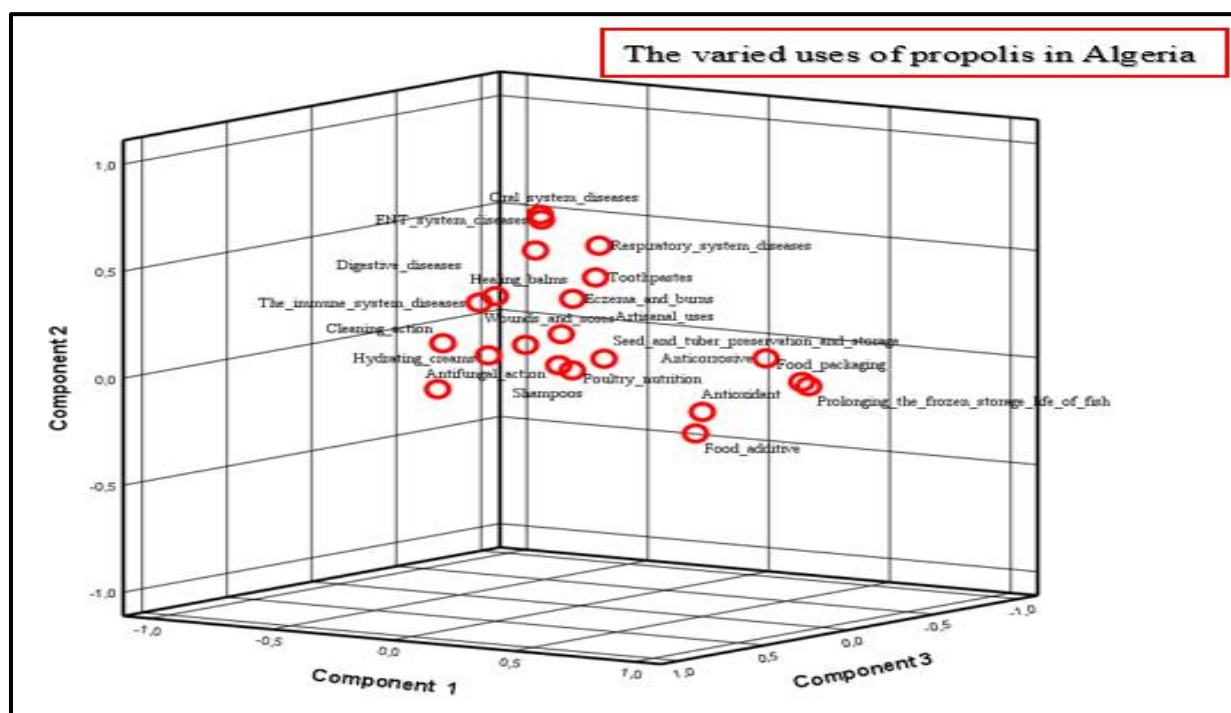


Figure 29 : Analyse en composantes principales (ACP) des différentes utilisations de la propolis en Algérie.

2.8.1.4. Test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et de Bartlett

L'évaluation des vingt utilisations de la propolis en Algérie a été réalisée. Pour atteindre cet objectif, nous avons mis en œuvre la méthode d'analyse de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) et le

test de sphéricité de Bartlett, les résultats des tests de KMO et de Bartlett sont présentés dans le tableau 15. Le calcul de l'indice KMO a donné une valeur de 0,654 indiquant une corrélation acceptable, le test de Bartlett a eu une valeur hautement significative renforçant la validité de l'analyse: $\chi^2 = 888,635$; $p < 0,000$. Comme indiqué précédemment, cela valide l'alignement des données avec l'analyse en composantes principales (ACP). Cet ensemble de données est donc adapté à l'analyse factorielle.

Tableau 14. KMO et test de Bartlett.

KMO et test Bartlett		
Indice de Kaiser-Meyer-Olkin pour mesurer la qualité de l'échantillonnage		0,655
Test de sphéricité Bartlett	Chi ²	925,770
	dl.	210
	Signification	0,000

2.8.2. Analyse de la corrélation de Pearson

L'analyse des corrélations de Pearson (tableau 16) a fourni des informations pertinentes sur la relation entre les caractéristiques botaniques et géographiques. En outre, une corrélation a été identifiée entre la couleur de la propolis en Algérie et le type des plantes, y (0,293**). La couleur de la propolis est directement liée à la source végétale sur laquelle les abeilles récoltent les matières résineuses qu'elles utilisent pour la produire. De plus, la propolis étant fabriquée à partir de matières résineuses récoltées par les abeilles sur des bourgeons de plantes et des écorces d'arbres, cela explique la variété des couleurs observées. Par ailleurs, il existe une corrélation entre la technique de récolte de la propolis et la quantité produite (0,262**), il a donc été conclu que l'efficacité des techniques de récolte de la propolis employées en Algérie, telles que l'utilisation de grilles à propolis ou le grattage des cadres de ruches, a inévitablement un impact sur la quantité et la qualité de la propolis extraite. Il s'ensuit que les techniques les plus appropriées garantissent une extraction maximale de la substance résineuse, mais que des techniques inappropriées peuvent entraîner la perte d'une partie de celle-ci ou l'obtention d'un produit moins pur.

Tableau 15 : Analyse de corrélation de Pearson entre les paramètres de production, l'origine botanique et géographique de la propolis.

Corrélation						
		Milieu écologique	type de plantes	couleurs	Technique pour récolter la propolis	Quantité de propolis récoltée par ruche
Milieu écologique	Pearson	1	0,024	0,057	0,114	0,129
	Spearman	1,000	0,065	0,068	0,137	0,169
type de plantes	Pearson	0,024	1	0,293**	0,148	0,188*
	Spearman	0,065	1,000	0,287**	0,153	0,177
couleurs	Pearson	0,057	0,293**	1	0,295**	0,262**
	Spearman	0,068	0,287**	1,000	0,310**	0,235*
Technique pour récolter la propolis	Pearson	0,114	0,148	0,295**	1	0,195*
	Spearman	0,137	0,153	0,310**	1,000	0,165
Quantité de propolis récoltée par ruche	Pearson	0,129	0,188*	0,262**	0,195*	1
	Spearman	0,169	0,177	0,235*	0,165	1,000
*La corrélation est significative au niveau 0,05 (bipartite). **La corrélation est significative au niveau 0.01 (biqueté).						

3. Discussion

La présente étude fournit un inventaire complet des applications de la propolis en Algérie. Les recherches antérieures sur la propolis algérienne ont principalement porté sur ses propriétés antibactériennes (**Otmane et al., 2020, Debab et al., 2022**), antifongiques (**Aşan et al., 2022, Ouahab et al., 2023**) et antioxydantes (**Soltani et al., 2020**). Par ailleurs, la présente enquête révèle de nombreuses autres applications de cette précieuse substance dans la société algérienne.

La fréquence d'utilisation et de production de propolis par la population locale est très liée au profil des personnes enquêtées. La majorité des personnes enquêtées sont des jeunes âgés entre (20-40ans) qui connaissent généralement l'apiculture et ses bienfaits comparés aux personnes âgées de plus de 40 ans, nos résultats sont désaccordés avec ceux cités dans les travaux de **Bentabet et al. (2022)** qui ont trouvé dans une étude menée à l'Ouest du pays dans la région de Ain Temouchent que les jeunes ne connaissent pas l'utilité des espèces végétales et dérivées utilisées dans le traitement des maladies dermatologiques. Ainsi, au cours de notre enquête,

nous avons une prédominance masculine parmi les connaisseurs de la propolis. Nos résultats sont similaires à ceux de **Zonbakin et al. (2021)** qui ont noté qu'une prédominance des hommes connaissent les plantes utilisées pour traiter l'infertilité masculine au Bénin et de même dans une étude effectuée au Maroc par **Bachiri et al. (2015)**.

La couleur de la propolis varie du vert jaune au rouge et au brun foncé en fonction de son âge (temps écoulé depuis sa récolte) et de sa source (**Çandir et al., 2009 ; Nadra, 2020**). Par ailleurs, **Dezmirean et al. (2020)** ont démontré que la propolis dérivée du peuplier varie du jaune orangé au brun rougeâtre, souvent avec des nuances de brun foncé. L'enquête ethnobotanique confirme que la couleur brune est la première couleur produite en classification des couleurs en Algérie. D'autre part, nos résultats indiquent que les enquêtés connaisseurs de la propolis habitent généralement dans des zones montagneuses caractérisées par une richesse floristique. En effet, la provenance de la propolis dépend de la région, de la flore botanique à proximité des ruches et des préférences de l'abeille. La propolis d'Algérie est issue principalement du pin, du chêne, du châtaignier ou du peuplier (**Ferhoum, 2010**). Ces espèces végétales comptent parmi les plantes recensés autour des ruchers visités.

Les résultats de l'enquête montrent que les régions montagneuses présentent la plus forte prévalence de production de propolis. Ces résultats sont en accord avec **Ibishi et al. (2023)**, qui ont rapporté que les régions montagneuses sont caractérisées par une flore particulièrement riche, ce qui contribue à la composition distinctive de la propolis collectée dans ces environnements. Les résines végétales utilisées comme matières premières pour la production de propolis représentent un élément crucial dans cette analyse (**Bobis, 2022**).

Selon plusieurs études, la propolis possède de nombreuses propriétés biologiques et les résultats de notre enquête révèlent que l'utilisation thérapeutique et pharmaceutique est très répandue dans la société algérienne principalement, sur le renforcement du système immunitaire, en plus de contribuer au traitement des affections du système respiratoire. En effet, nos résultats concordent avec ceux de **Abd-Elrazek et al., (2020)** qui explique ces effets par la présence dans la propolis d'un composé phénolique ; la pinocembrine qui diminue la quantité de cytokines pro-inflammatoires. De même **Ngenge et al. (2017)** notent que les triterpènes également présents ont des propriétés anti-inflammatoires et jouent un rôle dans le fonctionnement du système immunitaire en régulant l'adhésion des monocytes lors de l'inflammation.

La propolis a également un intérêt pour le traitement des blessures et des plaies. Nos résultats sont proches de ceux de **Oršolic (2022)** annonçant que la propolis contient un grand nombre de composés qui accélèrent les processus de guérison de la peau, tels que la résistance à la traction

et l'élasticité, et permet la croissance, l'expansion et la migration des kératinocytes humains. En outre **Saeed et al. (2017)** démontrent que la propolis a également été traitée à de nombreux cas de dermatite, tels que la vésiculite, l'eczéma, le prurit et l'érythème.

Les analyses des résultats de l'usage cosmétiques de la propolis montrent aussi que la propolis est très utilisée dans les crèmes hydratantes, les pommades, les crèmes, les lotions, les bains de bouche et les produits cosmétiques. Les études menées par **Farooqui et al. (2012)** ont déjà avancé ce résultat.

En outre, la préparation du traitement varie d'une région à l'autre, la forme de poudre est la plus fréquente que la solution. La méthode d'infusion est plus couramment utilisée que la macération et la décoction, respectivement. On constate également que certaines personnes interrogées utilisent exclusivement la propolis par voie dermique plutôt que buccale. En conséquence, il est possible de conclure que les nombreuses utilisations thérapeutiques de la propolis par la société algérienne indiquent la diversité des traditions thérapeutiques et spécificité de chaque région d'Algérie, et que les formes d'utilisation de la propolis sont très variables ce qui facilite son administration et son utilisation. L'utilisation thérapeutique de la propolis est le résultat d'une longue expérience accumulée et transmise de génération en génération. Par ailleurs, les utilisations alimentaires les plus courantes de la propolis en Algérie sont en tant qu'additif alimentaire. De plus, une étude menée en Inde **Alolofi et al. (2019)** a montré l'effet de la propolis sur la production et la composition du lait. L'ajout d'extraits méthanoliques de propolis indienne, récoltée dans la région de Bulandshahr, a augmenté la production de lait et le nombre de cellules somatiques chez les vaches d'une ferme laitière appartenant à l'université hindoue de Banaras, à Varanasi. Aussi l'extrait de propolis a augmenté le nombre d'hémoglobine des poissons après quatre semaines de traitement (**Nur et al., 2016**). Des résultats similaires ont été obtenus par **Abdel-Rahman et al. (2013)**, ayant noté que l'utilisation de la propolis comme additif alimentaire naturel chez les canards avait entraîné une réduction du stress, une amélioration des performances de croissance, une augmentation de la réponse immunitaire.

Enfin, concernant l'utilisation agricoles, les enquêtées ont déclaré son utilisation dans la conservation et le stockage des semences et des tubercules et dans l'alimentation avicole. Dans le même sens, **Açikgöz et al. (2005)** ont étudié l'utilisation de la propolis en tant que facteur de croissance dans l'alimentation des poulets.

Les résultats obtenus ont été exploités par des indices quantitatifs, tels que le RFC et l'UV. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés précédemment par **Boutabia et al. (2020)**, **Merouane et al. (2022)** et **Belmouhoub et al. (2024)**.

L'analyse multifactorielle des résultats a révélé l'utilisation prédominante de systèmes de ruches modernes en Algérie ; les ruches Langstroth et Dadant, représentant les types de ruches modernes les plus courants dans le monde (**Erat et Menemen, 2019**). Nos résultats s'alignent sur ceux de **Valencia et al., (2012)**, qui ont observé que la collecte de résine d'abeille atteint un pic entre l'été et l'automne, coïncidant avec la réduction de la production de miel. Le pic saisonnier de collecte de propolis (de la fin de l'été au début de l'automne) semble principalement motivé par les modèles de comportement des butineuses plutôt que par des facteurs climatiques ou la préparation des ruches pour l'hiver. Néanmoins, la propolis présente de multiples variations attribuables à divers facteurs. Il s'agit notamment de la situation géographique, du type de végétation, de l'origine botanique, des variations climatiques (y compris les vagues de chaleur et les périodes de sécheresse prolongées) et des conditions météorologiques. Comme l'ont démontré **do Nascimento et al., (2019)**, d'autres facteurs doivent être pris en compte, y compris, mais sans s'y limiter, le type d'abeille et la génétique de la reine, la gestion de la ruche et le moment de la récolte. La qualité de la propolis varie considérablement en fonction du type de plante sur laquelle les abeilles récoltent la résine, ainsi que de la méthode de récolte. On peut dire que le type de plante est le facteur déterminant car la composition chimique et les propriétés thérapeutiques de la propolis dépendent des plantes sur lesquels les abeilles la récoltent. Cela affecte sa couleur, son odeur et son efficacité. En outre, les méthodes utilisées pour collecter le matériel dans les ruches peuvent influencer sa nature.

De plus, il existe une relation entre la méthode de récolte et la durée de conservation de la propolis ; selon notre enquête la plupart des populations enquêtées conservent la propolis dans des flacons en verre et à l'abri de la lumière. Ces deux paramètres de conservation sont des indicateurs importants pour obtenir un produit de qualité à long terme. Bien que la propolis soit coûteuse et difficile à obtenir en Algérie, un nombre n'important de personnes en achète avec une préférence à la propolis produite localement plutôt que les produits de l'importation.

Cette étude fournit une analyse complète de l'utilisation de la propolis en Algérie, offrant des informations précieuses sur la démographie, les méthodes de récolte, et les formes d'utilisations de cette ressource naturelle. Les résultats de l'étude révèlent plusieurs principes et relations clés qui pourraient guider les stratégies futures visant à accroître la productivité de la propolis dans le pays.

Chapitre II. Etude des caractéristiques physicochimiques et phytochimiques de la propolis de la région de M'sila

1. Matériel et Méthodes

1.1.Présentation de la zone d'étude

La région de M'sila est constituée de surfaces planes, avec des réseaux hydrographiques et des bas-massifs. Elle représente environ 1 029 945 ha de parcours steppiques et sahariens. La wilaya de M'sila s'étend sur une superficie de 18 175 km² (D.S.A, 2014).

La zone d'étude se situe dans les contreforts de la montagne de l'Atlas (Ksour Ouled Naïl, Zibans et Aurès), là où il existe une chaîne des oasis marquée comme étant le portail du Sahara.

Le mot El-Hodna désigne la brassée (cuvette) dans un cadre montagneux. Elle fait partie de la zone des hautes plaines steppiques algériennes. Ces plaines sont encadrées par les Atlas telliens au nord, sahariens au sud. D'est en ouest, elles sont constituées d'un chapelet de bassins endoréiques représentés par les montagnes, les zones steppiques, les chotts et les sebkhas. (Bounab, 2017).

La région de M'sila se caractérise par une grande surface agricole, incluant principalement la céréale culture, le maraîchage et l'arboriculture.

Elle se situe au sud-est d'Alger, à 248 km, entre les latitudes 35.42' N et 4.33' E, et à une altitude d'environ 500 m. Elle est limitée au nord par les wilayas de Médéa, Bouira et Bordj-Bou-Argeridj, à l'est par celle de Batna, à l'ouest par celle de Djelfa et au sud par celle de Biskra, comme le montre la figure 29 (Atllaoui *et al.*, 2017).

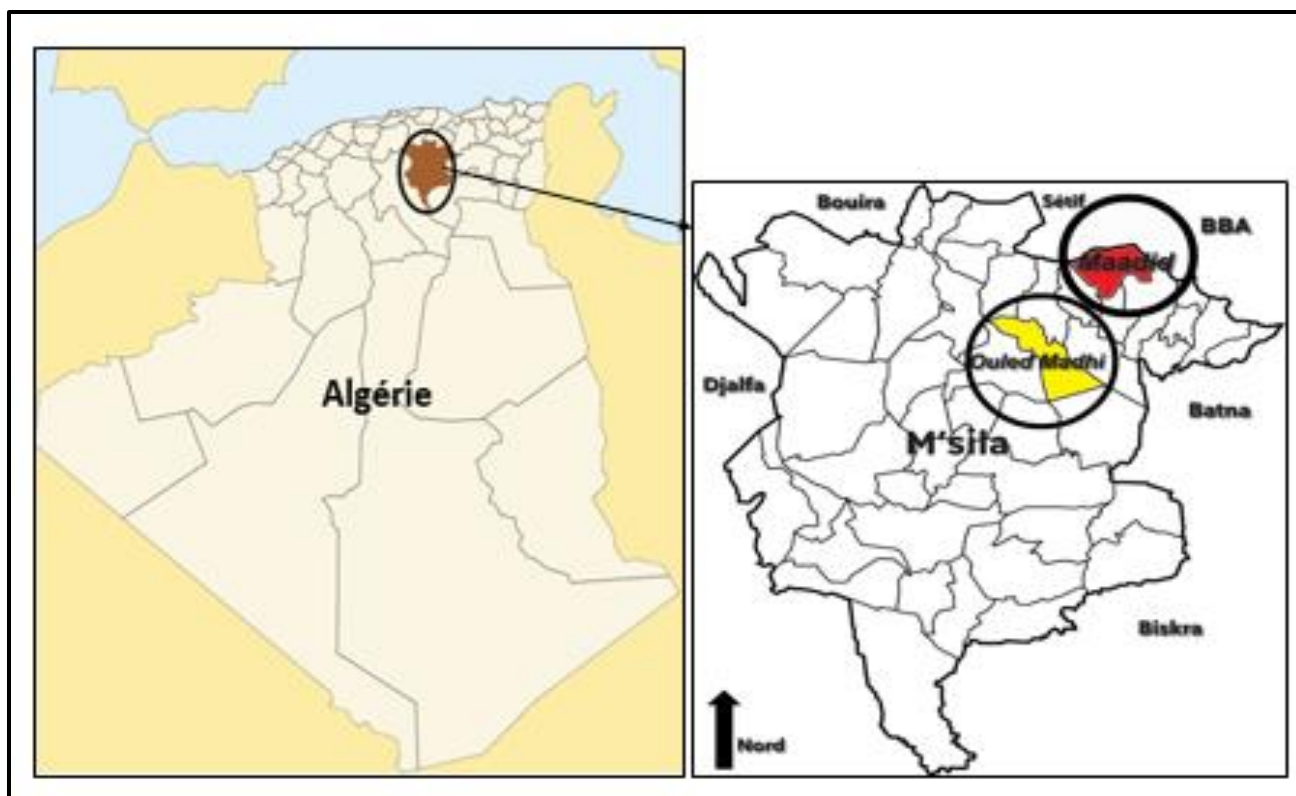


Figure 30 : Situation géographique des sites d'échantillonnage de propolis au niveau de la région de M'sila.

1.2.Choix des sites d'échantillonnage

Les échantillons sont issus de de sites ; Ouled Madhi et Maadid qui ont été choisis particulièrement en fonction, de la diversité florale et des pratiques apicoles dans les deux stations telles que la méthode de récolte de la propolis et la pratique de technique de la transhumance.

Dans la station d'Ouled Madhi, la récolte de la propolis s'effectue à l'aide de grilles de propolis. Les ruches sont déplacées dans différentes régions d'Algérie, comme la Mitidja, les wilayas de Tipaza et d'El Tarf, surtout en automne (les mois de septembre, octobre et novembre), afin d'améliorer la récolte du miel et de la propolis.

En revanche, dans la région de Maadid, la récolte de la propolis s'effectue par grattage des cadres. Les ruches ne sont pas déplacées et la technique de transhumance n'est pas utilisée. La récolte a lieu surtout en fin d'été et au début d'automne. La récolte de propolis de station de Maadid (P2), effectuée en été en Août jusqu'à l'Octobre à des températures élevées, contraste avec celle de (P1), réalisée début de Septembre (saison de l'automne)

Le tableau (17) présente les caractéristiques de l'apiculture et de la production de miel dans ces deux zones.

Tableau 16: Caractéristiques apicoles des deux stations d'étude.

Station	Modernes	Traditionnelles	Total	Essaims morts	Ruches Dépéries	Nombre de colonies mises à l'essaimage	Production d'essaims	Nombre de ruches pleines	Production de Miel (Kg)
Maadid	1 020	60	1 080	70	70	15	15	925	4 625
Ouled Madhi	250	0	250	0	0	5	5	245	686
Total de la région de Msila									
année 2019	6 200	300	6 500	100	150	850	850	5400	44800
année 2020	6 800	300	7 100	200	250	850	850	5800	29000
année 2021	7 200	300	7 500	150	150	500	500	6700	30200
année 2022	7 400	300	7 700	-	-	500	500	6300	31500

(Des données fournies par DSA de M'sila.2024)

Les données géographiques et climatiques de la region de Msila sont présentées dans le tableau (18).

Tableau 17 : données géographiques et caractéristiques bioclimatiques de site d'échantillonnage de propolis.

M'sila	Coordonnées géographiques			Pluviométrie Période sèche	Pluviométrie Période pluvieuse	Température moyenne (Saison chaude)	Température moyenne (Saison fraîche)	Etage Bioclimatique
	Latitude	Longitude	Altitude (m)					
	35° 40' N	04°30' E	441	4 millimètres par mois	34 millimètres par mois	Supérieure à 33 °C	Inférieure à 19 °C	Aride

(S.M.M : Station météorologique de M'Sila)

1.3. Collecte, purification et préparation des extraits de propolis

1.3.1. Collecte de la propolis brute

La propolis a été récoltée et fournie par des apiculteurs de deux stations de la région de M'sila, Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2).

Le poids de l'échantillon de propolis prélevé est compris entre 10 et 200 g. La récolte a été effectuée selon deux méthodes : par raclage des cadres mellifères des ruches et par des grilles de propolis. Une fois la propolis brute reçue, il a fallu la répartir sur une surface propre, comme le présente la figure (30). Il faut alors retirer toutes les impuretés visibles, telles que les tiges de bois, les ailes et les corps d'abeilles, ainsi que les petites larves d'abeilles mortes. Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre à l'obscurité, à une température de 4 °C, jusqu'à leur utilisation

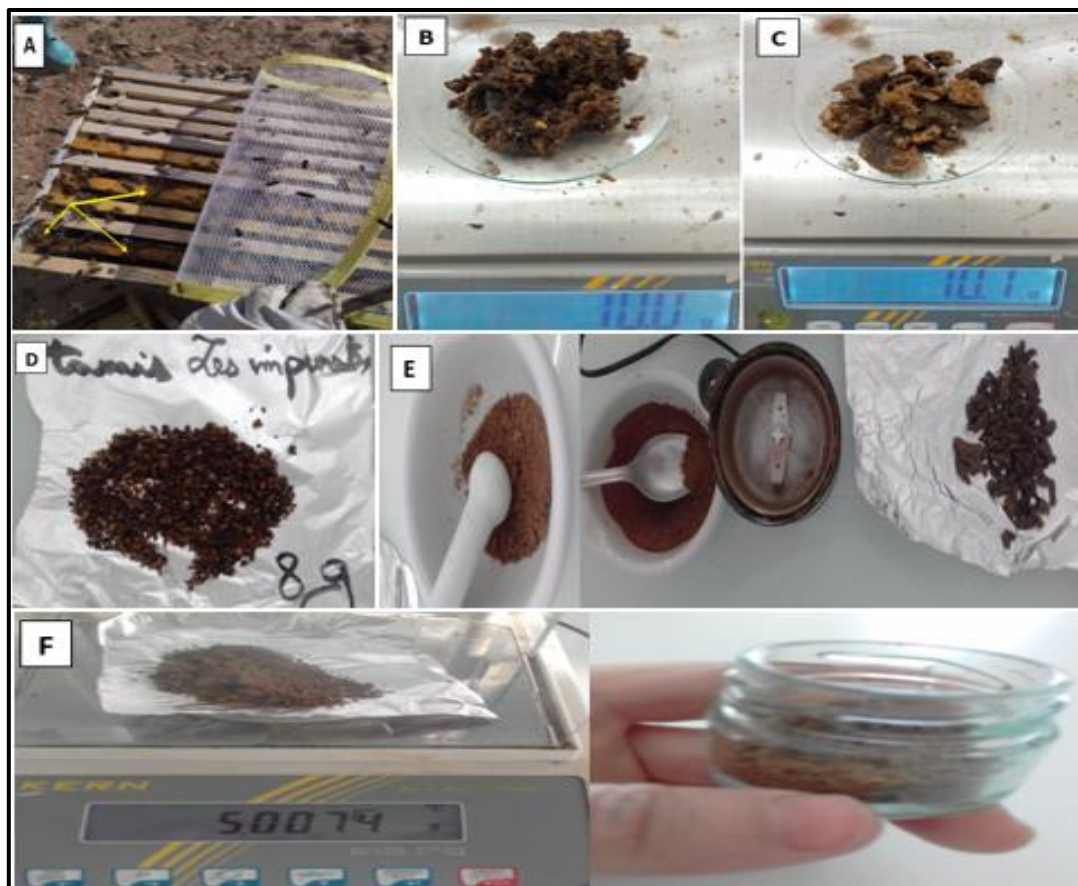


Figure 31 : Collecte et purification des échantillons de propolis, (A) :Récolte de propolis, (B) : propolis de station d'Ouled Madhi (issu de recolte par grille à propolis), (C) : propolis de station de Maadid (issu de recolte par raclages des cadres), (D) et (E) : tamissage et broyage de propolis, (F) : conservation dans des flacons en verre jusqu'à leur utilisation.

1.3.2. Extraction de propolis et solvants utilisés

L'extraction est une étape essentielle avant l'analyse quantitative et qualitative des substances. Elle est choisie en fonction des composés phytochimiques à étudier.

Il s'agit d'une extraction solide-liquide ; la propolis préalablement broyée, est laissée en contact avec trois solvants organiques ; l'éthanol (70 %), le méthanol (80 %) et l'eau distillée. A cet effet, trois extraits de propolis brute ont été obtenus, un extrait éthanolique (EEP), un extrait méthanolique (EMP) et un extrait aqueux (EAP).

L'extraction et la caractérisation de la propolis est illustrée dans la figure (31) suivante :

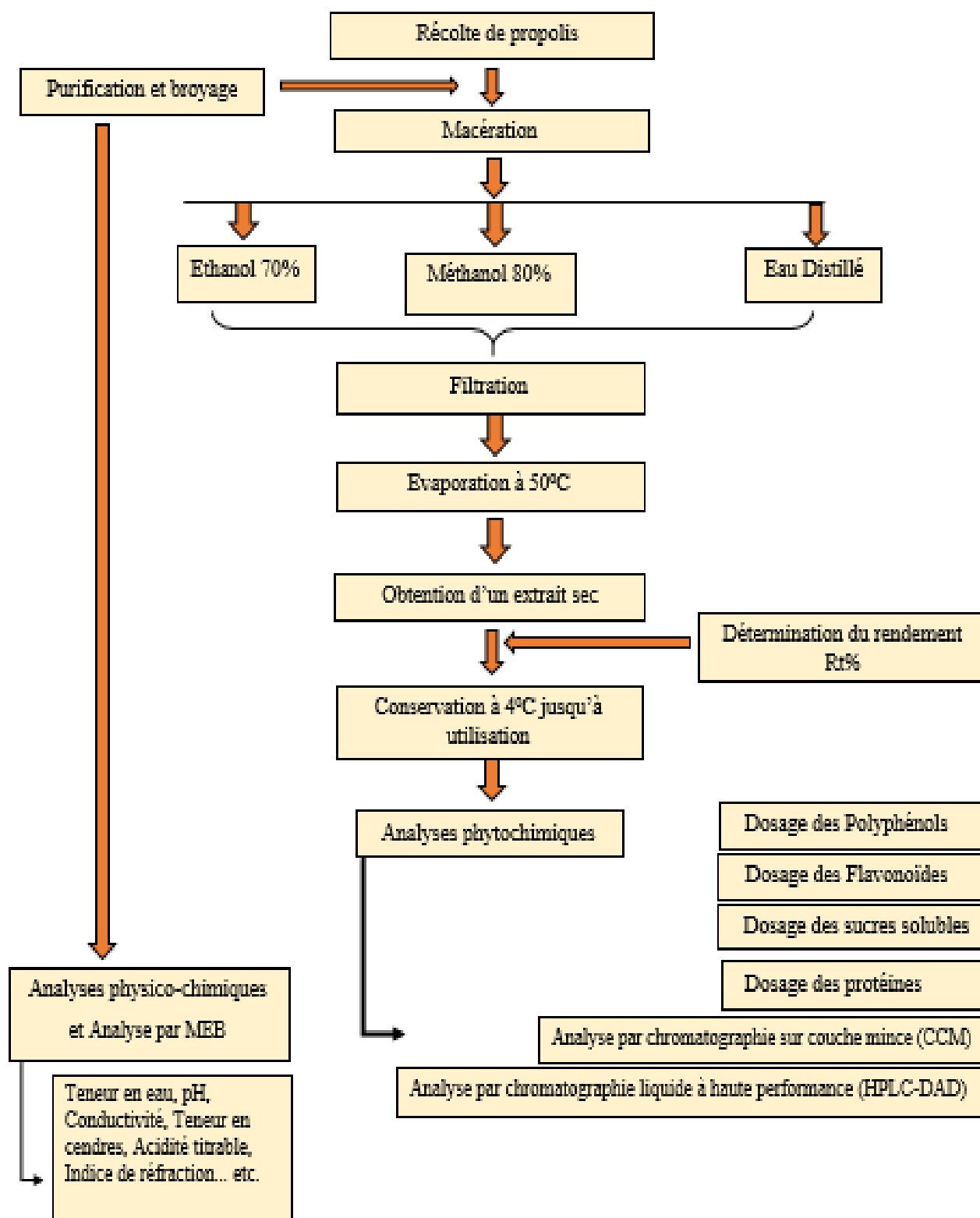


Figure 32 : Diagramme des principales étapes d'extraction et de caractérisation de la propolis.

1.3.3. Méthodes d'extraction

Trois extraits de propolis (EEP, EMP, EAP) ont été préparées comme suit ;

1.3.3.1. Préparation des extraits éthanoliques de propolis (EEP)

Le protocole d'extraction adopté est celui de **Segueni (2011)** avec quelques modifications. La propolis est additionnée de dix volumes de solvant de son poids. En effet, 10 grammes de chaque échantillon de propolis brute ont été macérées dans 100ml d'éthanol 70% à température ambiante pendant une semaine sous agitation, à l'abri de la lumière. Après filtration, le solvant éthanolique a été éliminé par un évaporateur rotatif (Laborata 4000- efficient- Heidolph) sous pression réduite à 50°C. Ces analyses sont répétées trois fois pour chaque échantillon. Les extraits secs résiduels (EEP) sont pesés, puis conservés dans l'obscurité jusqu'à utilisation.

1.3.3.2. Préparation des extraits méthanoliques de propolis (EMP)

10 grammes de chaque échantillon de propolis brute ont été macérées dans 100ml méthanol 80% à température ambiante pendant une 24 heure sous agitation. Les filtrats sont ensuite, évaporés à 50°C par évaporateur rotatif sous pression réduite. Les extraits secs résiduels sont pesés, puis conservés à l'obscurité et à 4 °C jusqu'à utilisation. (**Mohdaly et al., 2015**).

1.3.3.3. Préparation des extraits Aqueux de propolis (EAP)

50 grammes de propolis brute sont macérés dans 150 ml d'eau distillée sous agitation pendant 48h. L'extrait aqueux résultant est filtré, puis les filtrats sont évaporés à 50 °C, puis séchés dans une étuve à 40 °C et conservés à l'obscurité jusqu'à utilisation (**Soltani, 2017**) (Annexe 01).

1.4. Analyses physico-chimiques de la propolis

Toutes les analyses physico-chimiques de la propolis pure ont été effectuées selon **Dias et al. (2012)** et **Figueiredo et al. (2015)**.

1.4.1. Détermination de la teneur en eau libre

1g de propolis pure a été pesé dans chaque capsule prédécoupée en petits morceaux, puis placé dans l'étuve à 103 ± 2 °C pendant 3 heures (annexe 01). Le processus a été répété jusqu'à l'obtention d'un poids constant, en réduisant le temps de séchage à 30 minutes afin d'éviter la caramélisation.

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante:

$$(H\% = \frac{(M1 + M2)}{p} \times 100)$$

Soit :

H % : Humidité + matières volatiles

M1 : masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g de la propolis pure

M2 : masse de l'ensemble après séchage en g

P : masse de la prise d'essai en g

La teneur en matières sèches de propolis est calculée comme suit :

$$(Matières sèches = 100 - H\%)$$

1.4.2. Détermination de la teneur en cendres

2g de propolis pure coupée en petits morceaux ont été pesés dans des capsules en porcelaine, puis calcinée dans un four à moufle de type NABERTHARM réglé à 550 °C pendant 5 heures, jusqu'à obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre. Les capsules ont ensuite été retirées du four et placées dans un dessiccateur pour les laisser refroidir, puis pesées. La teneur en cendres est déterminée selon la formule suivante:

$$(MO\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100)$$

Soit :

MO% : matière organique

M1 : masse des capsules + prise d'essai

M2 : masse des capsules + cendres

P : Masse de la prise d'essai

La teneur en cendres (Cd) est calculée comme suit :

$$(Cd = 100 - MO\%)$$

1.4.3. Détermination du pH et de la Conductivité

Des petits morceaux de l'échantillon de propolis pure ont été coupés, puis placés dans un bécher et 3 fois son volume d'eau distillée a été ajouté. Le mélange a été chauffé au bain-marie pendant 30 minutes puis filtré et le pH a été déterminé en veillant à ce que l'électrode soit complètement

immergée dans la solution. La conductivité électrique de la solution de propolis a été mesurée à l'aide d'un conductimètre, puis exprimée en milli-siemens par centimètre (mS/cm).

1.4.4. Détermination de l'acidité titrable

25 g de propolis pure ont été coupée en petits morceaux et placés dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélangé jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. Ensuite, un réfrigérant à reflux est adapté à la fiole conique, puis le contenu est chauffé au bain-marie pendant 30 minutes. Après le refroidissement, le contenu de la fiole conique est transféré dans une fiole jaugée de 250 ml et complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Après filtration et agitation, 100 ml de l'échantillon sont prélevés à la pipette pour essai selon l'acidité présumée. Avec une solution d'hydroxyde de sodium, les échantillons ont été titrés rapidement jusqu'à un pH de 7, puis lentement jusqu'à un pH de 8. L'acidité titrable est exprimée selon la formule suivante :

$$(A\% = \frac{250 \times V_1 \times 100}{V_0 \times M \times 10})$$

Soit :

M : masse en gramme de produit prélevé

V₀ : volume en millilitres de la prise d'essai

V₁ : volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à utiliser.

1.4.5. Détermination de l'indice de réfraction (Degré °Brix)

Le réfractomètre est réglé à 20°C, il est étalonné avec de l'eau distillée. Une goutte de propolis est déposée et étalée en couche mince sur la platine du prisme. La lecture est faite à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre la zone claire et la zone obscure, l'indice est affiché après quelques minutes.

1.5. Analyses par microscope électronique à balayage (MEB)

Le MEB est une méthode microscopique qui permet de mesurer la microstructure d'un matériau en trois dimensions. Quand le faisceau d'électrons bombarde l'échantillon, une partie des électrons le traverse ; l'autre partie est récupérée et est utilisée pour construire l'image et le résultat est une représentation de la surface de l'objet que l'on observe.

L'analyse a été réalisée par un (MEB) au sein du laboratoire du Centre de recherche scientifique et technique en analyses physico-chimiques (CRAPC) de Biskra, en Algérie.

Les caractéristiques morphologiques et les variations de taille des échantillons de propolis ont été observées à l'aide d'un microscope électronique à balayage (MEB), ce qui permet d'étudier la microstructure en trois dimensions. Les échantillons sont placés dans une base et bombardés d'un flux d'électrons, ce qui permet d'observer la structure à différents grossissements.

1.6. Analyses phytochimiques de la propolis

1.6.1. Détermination des rendements

Le rendement est défini comme le rapport entre le poids de chaque extrait et le poids de la poudre sèche (**Chun Chong et Suan Chua, 2020**), une fois que les extraits ont été récupérés, on calcule le rendement en utilisant la formule suivante :

$$((Rt\%) = P_e / P_m \times 100)$$

Rt%: rendement d'extrait (en %).

P_e: le poids de l'extrait de propolis (mg).

P_m: le poids de la propolis brute (mg).

1.6.2. Screening des substances phytochimique

Le screening phytochimique est une série de tests chimiques qui ont été effectués sur les différents échantillons de propolis brute d'Ouled Madhi et de Maadid. Cette étude a permis d'identifier les différentes classes de composés naturels présents.

En d'autres termes, il s'agit d'un examen qualitatif qui permet de déterminer la présence et/ou l'absence de certaines substances responsables des activités biologiques. Cette méthode repose sur des réactions de coloration et/ou des précipitations de certains grands groupes chimiques, qui ont été réalisées conformément aux méthodes courantes. Les groupes étudiés sont notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les terpénoïdes avec d'autres groupes.

Le tableau 19 ci-dessous présente les différents tests phytochimiques effectués (**María del Rosario et al., 2007; Njoku et Obi., 2009; Boudieb, 2019 ; Balingui et al., 2021**).

Tableau 18: Les différents tests et analyses phytochimiques réalisés sur la propolis récoltée.

Recherche des composés phénoliques	
Anthocyanes	5ml d'extrait aqueux sont ajoutés à quelques gouttes d'HCL. L'apparition d'une couleur rose- rouge virant au bleu- violet indique la présence d'anthocyane.
Tanins Totaux	5 ml d'infusé et quelques gouttes de solution de FeCl ₃ ont été ajoutées. On observe la coloration vert brunâtre ou bleu-noir.
Flavonoïdes	Quelques gouttes de solution d'aluminium à 1% ont été ajoutées à une partie de chaque filtrat. Une coloration jaune indique la présence de flavonoïdes.
Flavonols et flavones	3ml d'extrait ont été mélangés avec 4 ml de chlorure d'aluminium à 1% dans le méthanol dans un tube à essai et la couleur jaune observée indique un résultat positif .
Coumarines	3ml de Na OH 10% ont été ajoutées à 2ml d'extrait aqueux, la formation d'une couleur jaune indique la présence de coumarines.
Phlobatanins	Environ 2ml de l'extrait aqueux ont été ajoutés à 2 ml de HCL 1% et le mélange a été porté à ébullition. Le dépôt d'un précipité rouge a été considéré comme une preuve de la présence de phlobatanins.
Anthraquinones (tests de borntrager)	3ml d'extrait aqueux sont agité avec 3ml de benzène, filtré et additionnée de 5ml de solution d'ammoniaque à 10%. Le mélange a été agité et la présence d'une couleur rose, rouge, ou violette dans la phase ammoniacale indique la présence d'anthraquinones.
Recherche des composés réducteurs	
Mucilages	5ml d'éthanol absolu sont ajoutés à 1ml d'infusé. Le mélange est incubé pendant 15 minutes. Une précipitation floconneuse indique un résultat positif.
Recherche des composés glucosides	
Irridoides	A 2ml d'infusé, on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique. La formation d'une couleur bleue indique un résultat positif.

Les hydrates de carbone	A 3ml de l'extrait aqueux, on a ajouté environ 1ml de solution iodée. Une coloration violette à l'interphase indique la présence d'hydrates de carbone.
Glycosides-tests de Salkowski	2ml de chaque extrait ont été dissous dans 2ml de chloroforme, 2ml d'acide sulfurique sont ajoutés avec précaution et secoués doucement. Une couleur brun rougeâtre indique la présence d'un anneau stéroïdien (c'est-à-dire une glycone).
Recherche des composés terpéniques	
Saponines	5ml d'extrait aqueux ont été secoués vigoureusement avec 5ml d'eau distillé dans un tube à essai et chauffé. La formation d'une mousse est considérée comme un indicateur de la présence de saponines.
Terpénoïdes	2ml de propolis ont été dissous dans 2ml de chloroforme, puis évaporés jusqu'à séchage complet. 2 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutées. Une couleur grisâtre indique la présence de terpénoïdes.
Triterpenoides	10 mg de l'extrait ont été dissous dans 1ml de chloroforme, 1ml d'anhydride acétique a été ajouté après l'addition de 2ml d'acide sulfurique concentrée. La formation d'une couleur violet rougeâtre indique la présence de triterpenoides.
Recherche d'autres substances bioactives	
Stéroïdes	Le développement d'une couleur verdâtre lorsque 2ml de l'extrait dissous dans 2ml de chloroforme et traités avec l'acide sulfurique et l'acide acétique, indique la présence de stéroïdes.
Protéines	1 ml d'infusé est ajouté à 1 ml d'hydroxyde de sodium à 40 %, puis quelques gouttes de sulfate de cuivre sont ajoutées lentement dans les côtés des tubes à essai. L'apparition d'une couleur rose violette indique la présence des protéines.
Stérols réaction de Liebermann-Burchard	1ml d'extrait dissout dans 1 ml de chloroforme a été mélangé avec 1ml d'anhydride acétique et 0.5ml de H ₂ SO ₄ concentrée. Un anneau bleu-vert indique la présence de terpénoïdes.
Chalcones	2ml d'hydroxyde d'ammonium ont été ajoutés à 0.5g d'extrait. L'apparition d'une couleur rougeâtre indique la présence de chalcones.

Emodines	2ml de NH ₃ OH et 3 ml de benzène sont ajoutés à l'extrait. L'apparition d'une couleur rouge indique la présence d'émodines.
Composées Acides	A 2 ml d'extrait alcoolique, on ajoute 1 ml de solution de bicarbonate de sodium, l'effervescence produite indique la présence de composés acides.
Les Acides Aminées - étest à la ninhydrine	2 gouttes de solution de ninhydrine sont ajoutées à 2 ml de filtrat aqueux. L'apparition d'une couleur violette indique la présence d'acides aminés.

1.6.3. Quantification de quelques composées principales de la propolis

Pour chaque extrait de propolis (éthanoliques EEP, méthanoliques EMP et aqueux EAP), le dosage des polyphénols et des flavonoïdes est effectué à l'aide de méthodes colorimétriques et d'une spectrométrie UV-visible (2401-Shimadzu) avec quelques ajustements, ainsi qu'à l'aide d'un dispositif de microplaque (Heighlay skay). Les sucres totaux et les protéines solubles ont également été quantifiés (annexe 02).

1.6.3.1. Détermination de la teneur en polyphénols (TPC)

Les teneurs en polyphénols totaux dans différents extraits ont été évaluées par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, selon la procédure de **Talla *et al.* (2014)** avec quelques modifications. Le dosage consiste à comparer l'absorbance de chaque solution à celle d'un étalon d'acide gallique de concentration connue, permettant ainsi de déterminer l'équivalence en acide gallique (**Bentabet *et al.*, 2014**).

Les extraits secs ont été dissous à raison de 1 g / extrait sec dans 1 ml de leur solvant respectif, puis analysés à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec différentes concentrations d'acide gallique. Les résultats, exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g), sont obtenus en remplaçant la solution de l'extrait par celle de l'étalon.

Pour la mesure, à 0,5 ml de chaque dilution a été ajoutés 5 ml d'eau distillée, puis 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué dix fois (v/v). Après une incubation de 3 minutes, 0,5 ml de carbonate de sodium à 10 % a été incorporé. Les tubes ont été laissés pendant une heure à température ambiante, à l'abri de la lumière. Le blanc de référence correspond à 5 ml d'eau distillée, avec le même volume de réactif et de carbonate.

Les absorbances mesurées à 760 nm après agitation et repos pendant une heure, ont permis de calculer les concentrations en composés phénoliques à partir de la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique. Toutes les mesures sont effectuées en triplicata.

1.6.3.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes (TF)

Les flavonoïdes ont été mesurés à l'aide d'un test colorimétrique réalisé avec du chlorure d'aluminium.

Ces composés possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, situé en position 5, capable de former un complexe coloré avec AlCl_3 en présence du groupe carbonyle (CO). Lors de cette chélation avec des métaux comme le fer ou l'aluminium, les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres, résultant de la perte de deux électrons par le métal Al pour s'associer à deux oxygènes de la molécule phénolique, qui jouent le rôle de donneurs d'électrons (**Soltani, 2017**).

La mesure de la quantité totale de flavonoïdes présents dans les extraits de propolis (éthanolique, méthanolique et aqueux) est effectuée à l'aide de la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl_3).

Pour réaliser ce test, 1 g / extrait sec de propolis a été mis dans un tube à essai, puis 1 ml de solution de chlorure d'aluminium à 2 % a été ajouté. Le mélange a été laissé à incuber à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 60 minutes. La lecture des absorbances a été effectuée à une longueur d'onde de 430 nm. Toutes les mesures sont réalisées en triplicata. Les extraits sont analysés en fonction de la courbe d'étalonnage obtenue à différentes concentrations de quercétine pour déterminer les concentrations en flavonoïdes. Le standard de quercétine remplace la solution d'extrait. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent étalon par g d'extrait (mg EQ/g d'extrait).

1.6.3.3. Détermination de la teneur des sucres solubles

Les sucres solubles sont dosés par la méthode du phénol (**Dubois *et al.*, 1956**), simplifiée et mise au point par **Bendarradji *et al.* (2016)** ; Le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de déshydratation des polymériques par l'acide sulfurique qui, très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques se colorant en jaune orange avec le phénol.

La méthode consiste à prélever 100 mg d'extrait sec dans des tubes à essai, puis à ajouter 100 ml d'éthanol à 70 % afin d'extraire les sucres. Le tout est laissé à température ambiante pendant 24 heures dans l'obscurité. 20 ml d'eau distillée sont ajoutés à l'extrait dans chaque tube. La

solution à analyser, dans une proportion de 2 ml, est mélangée à 1 ml de phénol à 5 % revoir la formulation (le phénol a été dilué dans l'eau distillée) dans des tubes à essais propres. Enfin, 5 ml d'acide sulfurique concentré à 96 % (H_2SO_4) sont ajoutés rapidement à l'aide d'une burette, en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. Pour homogénéiser la couleur de la solution, une solution jaune-orange est obtenue à la surface, est ensuite passée par le vortex. Les tubes sont laissés à température ambiante pendant 10 à 20 minutes. Les mesures d'absorbance sont réalisées à une longueur d'onde de 485 nm. Les valeurs des densités optiques sont mesurées sur une courbe étalon de sucres solubles exprimés en glucose à différentes concentrations. Le glucose est utilisé comme standard, et la solution de l'extrait est remplacée. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent étalon par g d'extrait (mg EG/g d'extrait).

1.6.3.4. Détermination de la teneur en protéines solubles

Selon la méthode de **Bradford (1976)**, qui utilise le bleu brillant de Coomassie (BBC) et le sérum albumine bovine (BSA) à 1mg/ml comme standard, la quantification des protéines est réalisée à l'aide d'une gamme d'étalonnage. Une solution de BSA à 1 mg/ml est préparée en dissolvant 1 g / extrait sec dans 1 ml d'eau distillée, puis mélangée. Par la suite, 100 μ L de cette solution sont prélevés et ajoutés à 5ml de BBC, le tout étant agité pendant 5 minutes. La densité optique (DO) est ensuite mesurée à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, en utilisant un blanc composé de 100 μ L d'eau distillée et 4 ml de BBC. Pour déterminer la concentration en protéines dans les extraits de propolis, 10 μ L de l'échantillon sont mélangés avec 90 μ L de solution tampon et 5 ml de réactif de Bradford. Ce mélange est incubé à température ambiante, à l'abri de la lumière, pendant 10 minutes. La lecture de la densité optique s'effectue à 597 nm.

1.7. Analyse chromatographique et séparation**1.7.1. Analyse qualitative par chromatographie sur couche mince CCM**

La séparation des extraits éthanoliques, méthanoliques et aqueux de propolis a été réalisée par chromatographie sur couche mince (CCM) selon la méthode préconisée par **Moreno et al., 2000**), avec quelques adaptations. Les échantillons ont été déposés sur des plaques de CCM en gel de silice sur un support en verre de 10×10 cm. La phase mobile a été élaborée à partir de trois systèmes de solvants :

- **Le premier système** : hexane, acétone et éthanol (40:10:10) (v : v : v).
- **Le deuxième système** : chloroforme et acétone (45 : 5) (v : v).
- **Le troisième système** : chloroforme, acétone et méthanol ; (40:5:5) (v : v : v).

10 µl de l'extrait de propolis sont déposés à l'aide d'une micropipette à 1,5 cm du bord inférieur de la plaque. Une fois le développement du chromatogramme effectué, la plaque est séchée à température ambiante, puis la migration est laissée se poursuivre pendant une nuit. La révélation est faite sous une lampe ultraviolette (UV), qui permet de visualiser les spots. Pour l'interprétation des chromatogrammes, il est nécessaire de calculer les rapports frontaux (RF) : $RF = d/D$, où d représente la distance parcourue par le constituant en cm et D celle parcourue par le front de l'éluant en cm.

1.7.2. Analyses qualitatives et quantitatives des composées par chromatographie HPLC-DAD

L'analyse est réalisée par un HPLC (VP SHIMADZU LIQUID CHROMATOGRAPH) au sein du laboratoire du centre de recherche de biotechnologie en Tunisie. Pour déterminer les profils et identifier les composés individuels présents dans les échantillons, il est nécessaire de remplacer les méthodes traditionnelles par des techniques séparatives (annexe 01). L'HPLC constitue sans doute la technique analytique la plus adaptée pour caractériser les composés polyphénoliques.

En s'appuyant sur le protocole décrit par **Pellati et al. (2011)** avec quelques ajustements, l'identification des composés polyphénoliques (notamment les phénoliques et flavonoïdes) a été réalisée à l'aide d'un système HPLC-DAD (dégazeur sous vide, échantillonneur automatique et pompe binaire avec une pression maximale de 400 bars ; modèle Agilent 1260, Agilent technologies, Allemagne). La colonne analytique utilisée était 'une colonne C18 en phase inversée de 4,6 × 100 mm, avec une taille de particule de 3,5 µm (Zorbax Eclipse XDB C18). Le détecteur DAD était réglé sur une plage de balayage allant de 200 à 400 nm. La température de la colonne a été maintenue à 23°C. Le volume d'échantillon injecté était de 2 µl avec un débit

de phase mobile de 0,4 ml/min. La phase mobile B était composée d'eau Milli-Q additionnée de 0,1 % d'acide formique tandis que la phase mobile A était de l'Acétonitrile. Le gradient d'élution optimisé était le suivant :

De 5 à 10 minutes, 20-30 % A ; de 10 à 15 minutes, 30-50 % A ; de 15 à 20 minutes, 50-70 % A ; de 20 à 25 minutes, 70-90 % A ; de 25 à 30 minutes, retour à 50 % A ; puis, de 30 à 45 minutes, le système retrouvait ses conditions initiales.

2. Résultats

2.1. Résultats des analyses physico-chimiques de la propolis

Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata et les données sont exprimées sous forme de moyenne $\pm$ SD.

2.1.1. Teneur en eau libre

Le tableau (20) ci-dessous indique que les échantillons de propolis ont perdu de l'eau pendant le séchage. Il s'agit d'un élément important pour évaluer le degré de qualité et de stabilité de la propolis. En effet, ce paramètre permet d'indiquer l'état de la récolte, qu'elle soit récente ou ancienne. Dans ce dernier cas, il nous renseigne sur les conditions de conservation. Nous considérons par ailleurs que les échantillons de propolis provenant de deux régions sont pauvres en eau, avec des taux moyens de 2,51 g/ propolis pure (station d'Ouled Madhi) et 2,78 g/ propolis pure (station de Maadid) qui sont le reflet des conditions de conservation de ces échantillons, dans un endroit sec, ce qui la rend dure.

De plus, nous observons que les échantillons de propolis de M'sila, qui se caractérisent par une structure à la fois dure et solide, semblent réagir aux variations climatiques, ce qui peut influencer la teneur en eau de propolis.

Tableau 19: Teneur en eau et pourcentage de matière sèche des échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).

Echantillon	Taux des pertes pendant le séchage	Matière sèche (%)
P1	2.51 $\pm$ 0.29	92.08 $\pm$ 5.79
P2	2.78 $\pm$ 0.52	94.07 $\pm$ 4.86

2.1.2. Taux de cendres

Le pourcentage des cendres est un moyen de mesurer la quantité totale des sels minéraux présente dans un échantillon de propolis, Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (21) ci-dessous.

En effet, il existe une légère différence dans le taux de cendre entre les deux régions d'Ouled Madhi (P1) et de Maadid (P2). En comparant la teneur en cendres de notre échantillon, on constate un taux compris entre 5,43 g/ propolis pure et 5,83 g/ propolis pure, avec un taux de matière organique, compris entre 90,66 g/ propolis pure et 93,5 g/ propolis pure, les taux des deux stations sont très proches. Les résultats obtenus permettent de déduire que la propolis de la région de M'sila est riche en matière organique.

Tableau 20: Taux de cendres et de la matière organique de la propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).

Echantillon	Taux de cendres	MO (taux de matière organique)
P1	5.43±0.97	90.66±7.18
P2	5.83±1.25	93.5±0.5

2.1.3. pH et conductivité de la propolis

Les résultats montrent un pH acide de 5,32 et de 5,45, et une conductivité de 719 et de 980 $\mu\text{S/cm}$. Ces valeurs indiquent que les échantillons des deux régions ont une capacité relativement élevée à conduire le courant électrique. Cela suggère qu'ils contiennent une quantité significative d'ions dissous, tels que des sels minéraux, des acides aromatiques ou d'autres composés bioactifs. En effet, la conductivité est directement liée à la concentration d'ions en solution : plus cette concentration est élevée, plus la conductivité l'est aussi. Les résultats reflètent la présence importante de substances dissoutes, ce qui peut indiquer une richesse en composants bioactifs et minéraux bénéfiques.

Tableau 21: Valeurs de pH et de conductivité des différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).

Echantillon	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)
P1	5.45±0.01	719±1.73
P2	5.32±0.005	980±0

2.1.4. Acidité titrable de la propolis

Les valeurs de l'acidité totale sont élevées indiquant l'acidité de la propolis analysée avec 8,3 mg/ 100g pour P1 à 11,9 mg/ 100g pour P2. Ce paramètre est important pour éviter les fermentations indésirables.

Tableau 22: Acidité Titrable de différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).

Echantillon	Acidité Titrable (mg/ 100g)
P1	8.3±1.05
P2	11.9±0.52

2.1.5. Degré Brix de la propolis

Les valeurs sont faibles. Elles varient entre 1,15 et 1,71 (tableau 24). Il existe donc une légère différence entre le degré Brix qui représente la matière soluble.

Tableau 23: Teneur en matières solides solubles de différents échantillons de propolis dans la station d'Ouled Madhi (P1) et la station de Maadid (P2).

Echantillon	°Brix
P1	1.15±0.13
P2	1.71±0.68

2.2. Résultats de l'analyse par microscope électronique à balayage (MEB)

La surface de la propolis a été étudiée par microscopie électronique utilisant un faisceau d'électrons à haute énergie, permettant ainsi d'en enregistrer la structure. L'analyse a eu lieu au centre de recherche de Biskra (CRAPC-PTAPC de Biskra). La micromorphologie de la propolis montre qu'elle est sphérique et cristallisée, avec une surface lisse. La figure (32) montre les différentes morphologies des deux échantillons. On observe une différence entre les deux échantillons de propolis, comme le montrent les deux figures. La micromorphologie de la propolis de la région d'Ouled Madi a révélé qu'elle se présentait sous la forme d'une cavité sphérique à la surface lisse. La propolis de la région de Maadid, quant à elle, se présente sous la forme d'une croûte allongée et cylindrique, ce qui s'explique probablement par la méthode de récolte utilisée dans cette région : le grattage. À Ouled Madi, et à l'aide de grilles à propolis à Maadid.

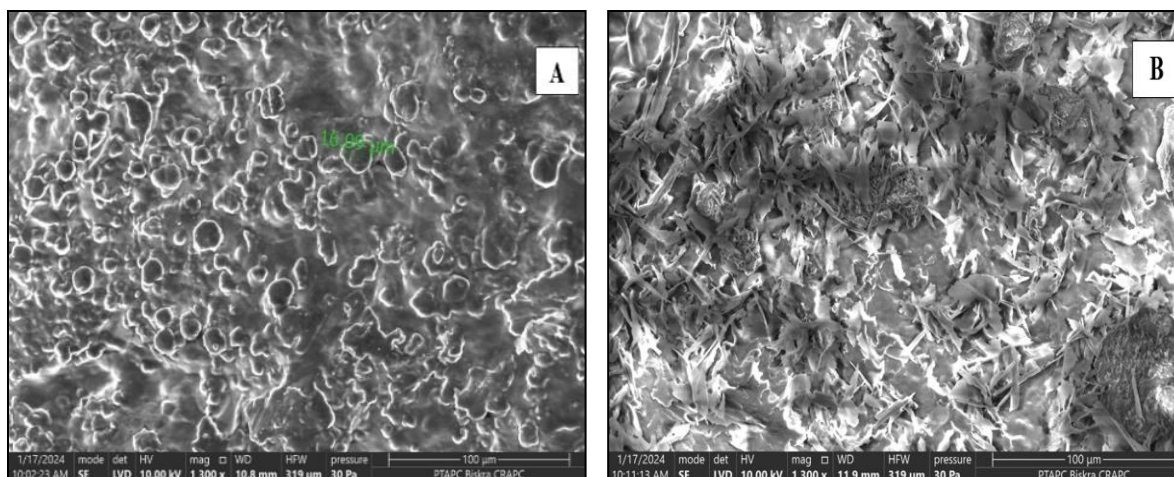


Figure 33: Observation de la structure micro morphologique de la propolis par microscopie électronique à balayage (MEB). (A) : station d'Ouled Madhi (P1) et (B) : station de Maadid (P2).

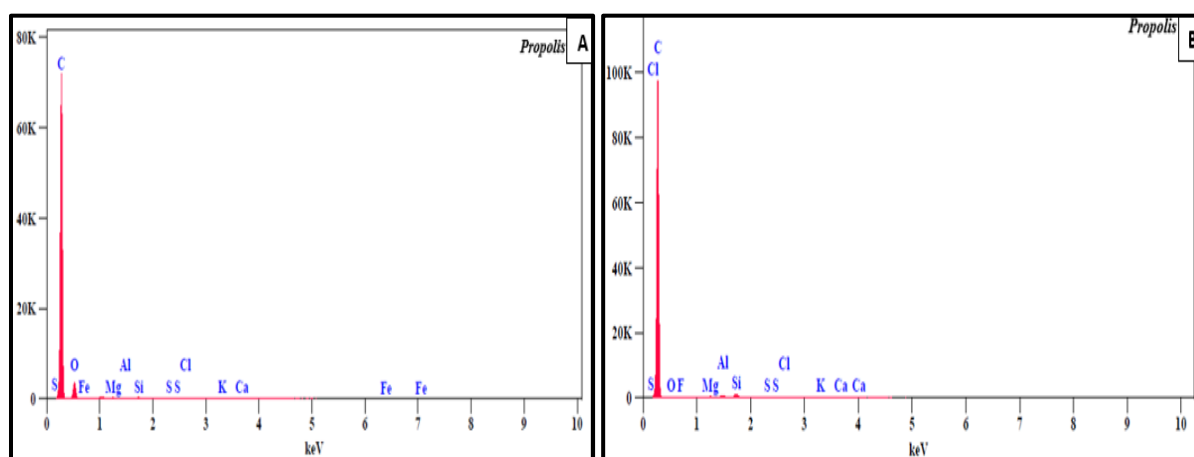


Figure 34: Les analyses MEB-EDS. (A) : station d'Ouled Madhi (P1) et (B) : station de Maadid (P2).

La figures (33) et le tableau (25) ci-dessous indiquent que la propolis des deux régions étudiées (Ouled Madhi et Maadid) contient certains éléments minéraux, tels que le carbone (C), l'oxygène (O), le magnésium (Mg), l'aluminium (Al), le silicium (Si), le soufre (S), le chlore (Cl), le potassium (K), le calcium (Ca) et le fer (Fe).

Tableau 24: Les résultats de analyses MEB-EDS.

Région d'Ouled Madhi										
Poids%										
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
élément	78.35	8.04	0.03	0.07	0.14	0.03	0.10	0.13	0.14	12.97
Atome%										
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe

élément	89.64	6.90	0.02	0.04	0.07	0.01	0.04	0.05	0.05	3.19
Région de Maadid										
Poids%										
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
élément	81.76	5.33	11.03	0.11	0.45	0.70	0.03	0.02	0.10	0.47
Atome%										
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Fe
élément	87.46	4.28	7.46	0.06	0.22	0.32	0.01	0.01	0.03	0.15

2.3. Résultats des analyses phytochimiques de la propolis

2.3.1. Rendement des extraits

Les résultats du rendement d'extraction de la propolis (en %) sont présentés dans le tableau (26). Ces rendements ont été obtenus en utilisant différents solvants : Éthanol (EtOH), eau (H₂O) et Méthanol (MtOH). Ils ont été calculés en fonction du poids sec de la masse brute utilisée. L'extraction par macération dans ces solvants a permis d'obtenir un résidu sec d'extrait dont le rendement et l'aspect varient selon le solvant employé ainsi que la provenance de la propolis.

Tableau 25: Aspect et Rendement (Rt%) des extraits de propolis étudiés en fonction des solvants utilisés.

Région	Solvant	Extrait	La forme et l'aspect	Rendement (Rt%)
P1(Ouled Madhi)	EtOH	EEP1	Solide collant	39.84±0.58
	MtOH	EMP1	Solide collant	31.15±1.74
	H ₂ O	EAP1	Poudre sèche	10.69±3.05
P2 (Maadid)	EtOH	EEP2	Solide collant	49.78±0.58
	MtOH	EMP2	Solide collant	30.75±2.08
	H ₂ O	EAP2	Poudre sèche	4.69±1.14

Les valeurs ont été exprimées en tant que moyen de trois essais ±SD.

Les résultats sont illustrés aussi par la figure (38) suivante :

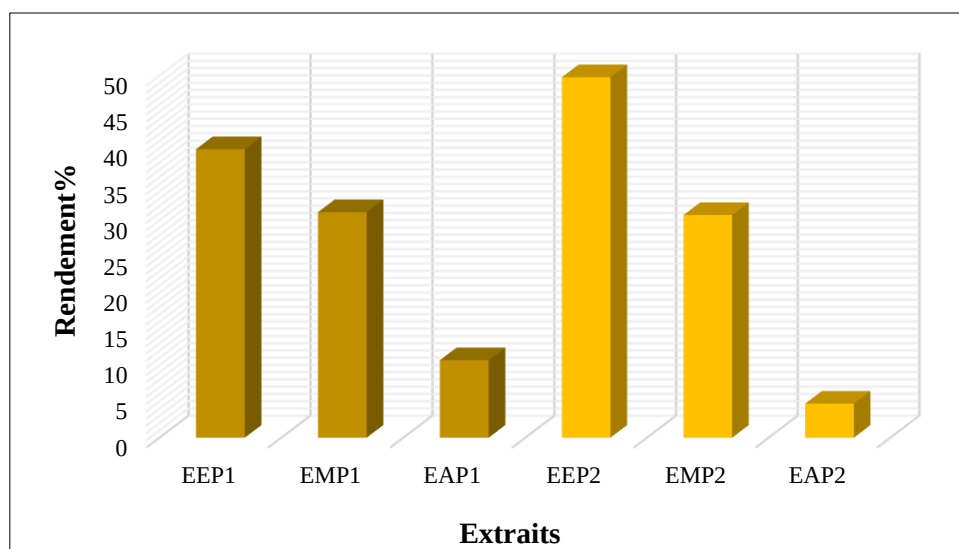


Figure 35: Comparaison des rendements (en %) de différents extraits de propolis.

La figure montre que l'éthanol et le méthanol donnent des rendements plus élevés que l'eau dans les deux régions de M'sila. Plus précisément, dans la région Ouled Madhi (P1), le rendement atteint 39,84 % avec l'éthanol et 31,15 % avec le méthanol, tandis que dans P2, ces valeurs sont respectivement de 49,78 % et 30,75 %. En revanche, l'eau présente un rendement de seulement 10,69 % dans la première station et 4,69 %, dans la deuxième station ce qui correspond au rendement le plus faible.

En comparant les deux solvants, il s'avère que le taux d'extraction à l'éthanol des échantillons P1 et P2 était supérieur à celui des autres échantillons.

Nos résultats indiquent aussi que le rendement peut varier d'un échantillon à l'autre au sein d'une même région. Les extraits de propolis de la région de Maadid ont montré des rendements élevés, particulièrement avec les solvants polaires comme l'éthanol, en raison de leur affinité avec les composés extraits. Par ailleurs, la propolis provenant de la région d'Ouled Madhi (P1) a affiché les taux de productivité les plus élevés pour les deux solvants. La récolte de propolis de station de Maadid (P2), effectuée en été en Août à des températures élevées, contraste avec celle de (P1), réalisée début de Septembre (saison de l'automne). Et on peut déduire que ce paramètre peut influencer significativement la composition de la propolis.

2.3.2 Screening phytochimique

Le criblage phytochimique est nécessaire pour détecter les composés bioactifs. Dans cette étude, 22 composés ont été recherchés dans tous les extraits de propolis provenant des deux stations de la région de M'sila (tableau 27).

Tableau 26: Résultats du criblage phytochimique des extraits de propolis de la région de M'sila.

Le composé		P1 (Ouled Madhi)	P2 (Maadid)
Composés phénoliques	Anthocyanes	+	+
	Tanins totaux	+	+
	Flavonoïdes	++	++
	Flavonols et Flavones	+	+
	Coumarines	+	+
	Phlobatanins	+	+
	Anthraquinones	-	-
	Polyphénols	++	++
Composés réducteurs	Mucilages	+	+
Composés glucosides	Iridoides	-	-
	Hydrates de carbone	-	-
	Glycosides	-	-
Composés terpéniques	Terpénoïdes	++	++
	Triterpenoides	-	-
	Saponines	-	+
Autres substances bioactifs	Stéroïdes	-	-
	Protéines	-	-
	Stérols	-	-
	Chalcones	-	-
	Emodines	-	-
	Composées acides	-	-
	Acides Aminées	-	-

(++) : présence du composé recherché en forte quantité ; (+) : présence du composé ; (-) : absence du composant recherché.

L'étude chimique de screening de divers extraits de propolis a montré que la majorité des métabolites secondaires sont présents dans tous les types de propolis issus des deux régions de M'sila. Ces composés incluent les tanins totaux, les flavonoïdes, ainsi que des composés terpéniques tels que les terpénoïdes, et d'autres substances comme les mucilages. Un seul composée est présent dans une seule station (P2), il s'agit des saponines.

Il est à noter que les anthocyanes, les tanins totaux, les coumarines, les phlobatanins et les mucilages sont présents en faible quantité dans les deux échantillons. Les tests chimiques réalisés ont révélé l'absence de stéroïdes et de chalcones dans tous les extraits testés.

D'un autre côté, une présence distincte et évidente de terpénoïdes a été observée dans les deux échantillons de propolis. Par ailleurs, chaque famille de composés réagit différemment lors du test, par précipitation ou par coloration, selon un phénomène spécifique. L'intensité des couleurs obtenues permet de déduire la présence de diverses substances contenues dans la propolis, témoignant d'une richesse variable.

Enfin, la variabilité des tests phytochimiques et la présence ou l'absence de certains composés sont influencées par plusieurs facteurs telles que le climat, la région de récolte et la végétation environnante. Ces éléments affectent les voies de biosynthèse des substances et par conséquent leur profil phytochimique.

2.3.3. Quantification de quelques composées principales de la propolis

2.3.3.1. Teneur en polyphénols

Les valeurs moyennes de la teneur en polyphénols des extraits de propolis sont indiquées dans le tableau (28) Elles sont exprimées en équivalents d'acide gallique par gramme de propolis sec (mg EAG/g d'extrait sec de propolis). Selon les résultats obtenus, les extraits de propolis de M'sila sont riches en polyphénols. En outre, les teneurs en polyphénols sont différentes d'un extrait à l'autre dans la même région et d'une région à l'autre.

La station de Maadid (P2) présente une teneur maximale en polyphenols totaux avec $102,86 \pm 3,42$ mg EAG/g, ce résultat a été obtenu avec l'extrait éthanolique, tandis que l'extrait aqueux présente la valeur la plus faible avec $51,33 \pm 4,47$ mg EAG/g de propolis. Cela peut s'expliquer par la solubilité des phénols et l'affinité pour le solvant.

Tableau 27: Teneurs en polyphénols des différents échantillons de propolis testés.

<i>Extraits</i>		<i>Polyphenols totaux (mg EAG/g)</i>
P1	EEP	84.63±8.74
	EMP	81.40±3.40
	EAP	58.35±5.94
P2	EEP	102.86±3.42
	EMP	97.89±5.20
	EAP	51.33±4.47

Les valeurs sont exprimées en moyenne $\pm$ écart-type.

2.3.3.2. Teneur en flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des échantillons de propolis des régions d'Ouled Madhi (P1) et de Maadid (P2) sont exprimées en équivalents de quercétine par gramme de propolis sec (mg EQ/g d'extrait).

Parallèlement aux résultats des polyphénols, la teneur en flavonoïdes des extraits de Maadid était plus élevée que celle des extraits de propolis récoltée dans la région d'Ouled Madhi. En outre, en comparant les résultats selon le solvant utilisé, l'éthanol a donné des quantités plus élevées de flavonoïdes, de 55,31 (P2) et 53,69 mg EQ/g d'extrait sec (P1) de propolis.

Tableau 28: Teneurs en flavonoïdes des différents échantillons de propolis testés.

<i>Extraits</i>		<i>Flavonoïdes totaux (mg EQ /g)</i>
P1	EEP	53.69±4.19
	EMP	45.36±4.57
	EAP	9.04±3.07
P2	EEP	55.31±0.97
	EMP	50.47±1.60
	EAP	12.95±2.19

. Les valeurs sont exprimées en moyenne $\pm$ écart-type.

2.3.3.3. Teneur en sucres solubles

Telle qu'indiqué dans le tableau (30), la teneur en sucres totaux est exprimée en mg équivalent de glucose. Nos résultats ont démontré que la propolis contient une certaine proportion de sucres. La présence de ces sucres semble dépendre du type de plante à partir duquel la propolis a été récoltée. Il peut s'agir de chênes, de saules ou d'autres espèces d'arbres.

La propolis provenant de Maadid présente un niveau élevé de sucres totaux dans les extraits polaires et apolaires, compris entre 2,74 et 3,82 mg EGLU/g d'extrait sec.

Toutefois, les quantités de sucres dans les échantillons de propolis provenant d'Ouled Madhi varient de 3,50 à 0,66 mg EGLU/g de propolis. Des variations dans la teneur en sucres ont été observées dans les extraits de propolis en fonction du solvant utilisé et du lieu de récolte. Ces

variations sont également dues à la présence d'autres produits de la ruche, tels que le pollen et le miel, mélangés à la propolis.

Tableau 29: Teneurs en sucres solubles des différents échantillons de propolis testés.

<i>Extraits</i>		<i>Teneurs en sucres solubles (mg EGLU/g)</i>
P1	EEP	3.50±0.70
	EMP	1.94±0.43
	EAP	0.66±0.32
P2	EEP	2.74±0.76
	EMP	3.82±0.50
	EAP	1.02±0.84

(Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type)

2.3.3.4. Teneur en protéines solubles

Les différents échantillons de propolis analysés ont montré un taux de protéines différent d'un extrait à l'autre (tableau 31).

Parallèlement aux résultats des polyphénols et flavonoïdes, la teneur en protéines de l'échantillon de Maadid (P2) dans l'extrait éthanolique est plus élevée que celle d'Oued Madi (P1) avec 11,08 mg EBSA/g de propolis contre 10,29 mg EBSA/g de propolis). Pr ailleurs, comme mentionné dans le tableau, le méthanol et l'eau ont révélé des teneurs en protéines plus faibles et proches dans les deux stations. La présence de protéines dans la propolis est due à la présence d'autres substances produites de la ruche tel que de pollen, miel et nectar.

Tableau 30: Teneurs en protéines des différents échantillons de propolis testés.

<i>Extraits</i>		<i>Teneurs en protéines (mg EBSA/g)</i>
P1	EEP	10.29±1.36
	EMP	7.9±3.36
	EAP	1.97±0.12
P2	EEP	11.08±0.75
	EMP	7.03±0.92

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type.

2.4. Résultats de l'analyse chimique des extraits de propolis

2.4.1. Analyse par chromatographie sur couche mince (CCM)

Les résultats de la CCM après révélation sont présentés dans le tableau 32 et les figures (35 et 36). La révélation de la plaque CCM par la lumière UV montre une série de taches de coloration de nombre et de couleur différents. L'identification des composés est basée sur la comparaison des rapports frontaux (Rf) et la couleur observée.

Pour la propolis de Ouled Madhi (P1) : En comparant les taches révélées avec les systèmes 2 et 3 dans les extraits éthanoliques et méthanoliques, on a pu observer plusieurs taches.

Cependant, on a constaté l'absence des spots dans l'extrait aqueux avec le système 3 et l'apparition de deux taches avec le système 2.

Pour les composés retrouvés dans la propolis de Maadid (P2):

On a révélé plusieurs taches de différentes couleurs dans les deux extraits éthanolique et méthanolique, avec l'absence de taches dans l'extrait aqueux.

Tableau 31: Les classes des composées identifiées par chromatographie sur couche mince des différents extraits de la propolis.

<i>Echantillons</i>	<i>Extrait</i>	<i>Couleur spot UV (365nm)</i>	<i>Rf (Syst 2) (cm)</i>	<i>Couleur spot UV (365nm)</i>	<i>Rf (Syst 3) (cm)</i>
P1	EEP	Jaune	0.412	Jaune foncé	0.625
		Orange	0.475	Orange	0.687
		Marron	0.5	Violet	0.75
		Violet	0.75	Bleu	0.837
		Bleu	0.825	Orange	0.85
		Marron	0.5	Marron	0.862
		-	-	Marron foncé	0.912
	EMP	Jaune	0.437	Jaune foncé	0.687
		Violet	0.75	Violet	0.8
		Marron foncé	0.837	Orange	0.812
		Marron	0.5	Marron foncé	0.9
	EAP	Jaune claire	0.375	-	-
		Jaune claire	0.312	-	-
P2	EEP	Jaune	0.5	Jaune	0.687
		Orange	0.575	Orange	0.775
		Violet claire	0.625	Violet	0.812
		Marron	0.737	Jaune foncé	0.862
		Marron foncé	0.75	Marron	0.875
	EMP	Jaune	0.5	Jaune	0.687
		Orange	0.562	Marron	0.75
		Bleu claire	0.687	Violet	0.812
		Marron	0.762	Marron	0.85
		Marron	0.812	Orange	0.9
		-	-	-	-
		-	-	-	-
	EAP	-	-	-	-

Remarque :

Système 1 (Hexane- acétone-éthanol) : On n'a pas relevé de migration des composés et on a observé une traînée, ce qui indique une mauvaise séparation.

Système 2 (chloroforme-acétone) : migration des composés est lente sur la plaque CCM.

Système 3 (chloroforme-acétone-méthanol) : migration des composés est très lente sur la plaque CCM.

(-) : tache non identifiée.

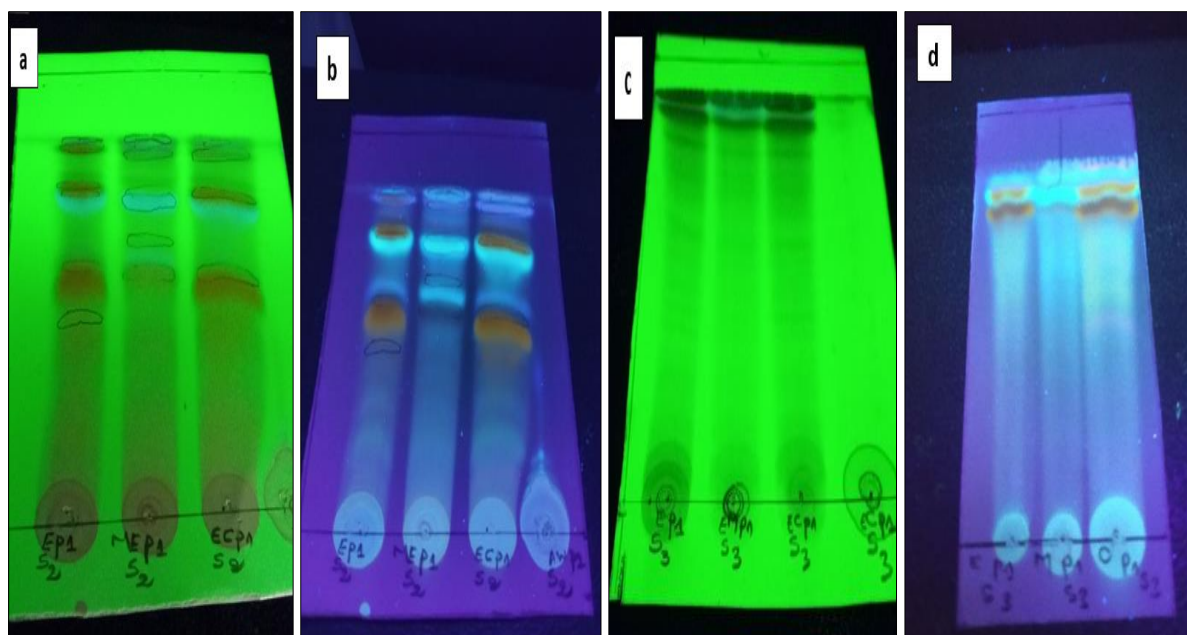


Figure 36: Résultats de la révélation du chromatogramme des extraits de propolis P1 sous lumière UV. (a) : système 2 (chloroforme-acétone), (b) : système 2 (chloroforme-acétone), (c) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol), (d) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol) à 365 et 254 nm.

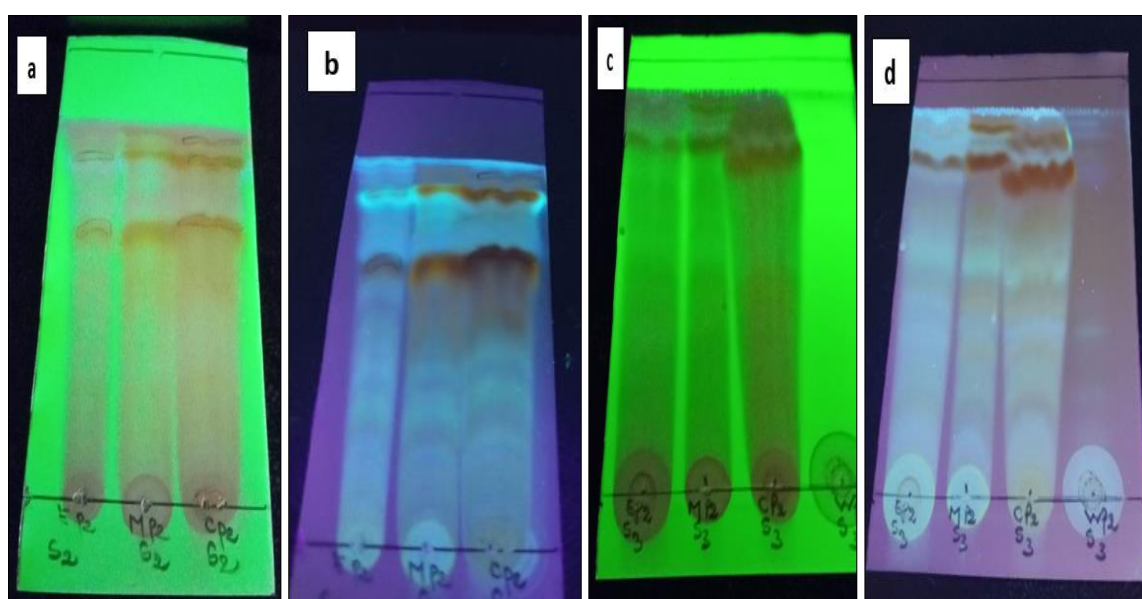


Figure 37: Résultats de la révélation du chromatogramme des extraits de propolis P2 sous lumière UV. (a) : système 2 (chloroforme-acétone), (b) : système 2 (chloroforme-acétone), (c) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol), (d) : système 3 (chloroforme-acétone-méthanol) à 365 et 254 nm.

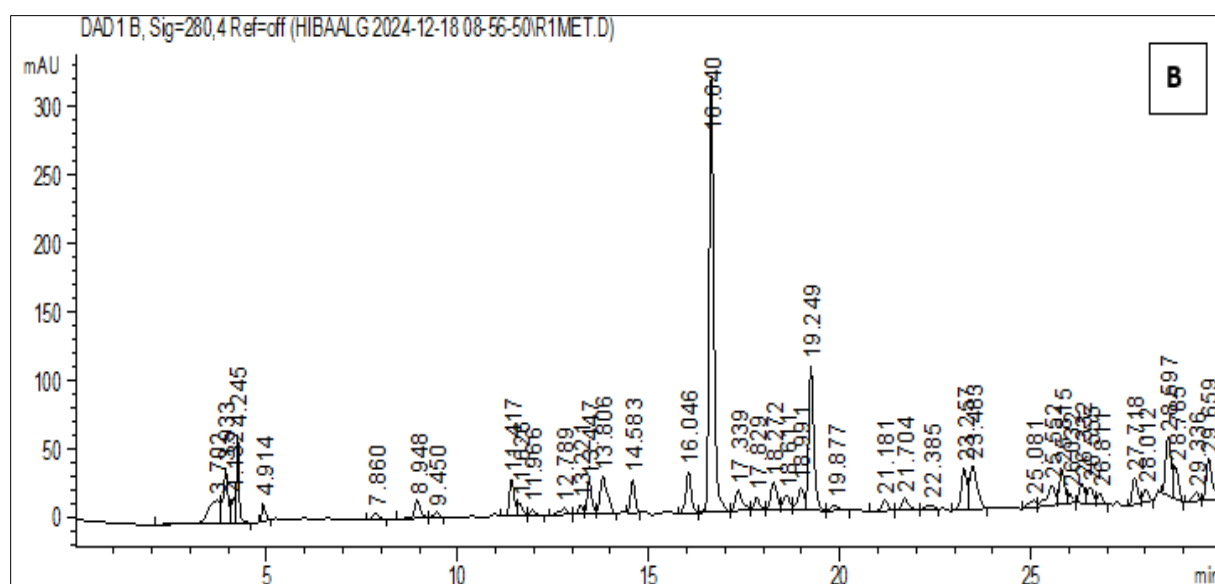
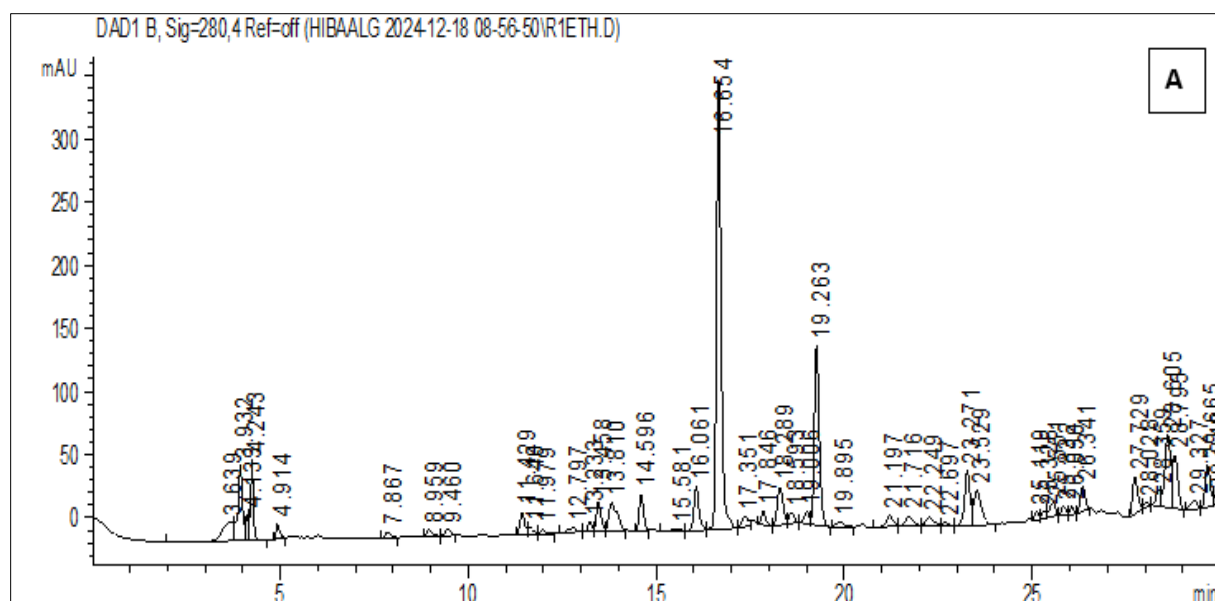
Dans le cadre de la présente étude, deux échantillons de la propolis ont été examinés et ont révélé la présence de plusieurs bandes orange et jaunes (typiques des flavonoïdes, comme la quercétine), ainsi que de bandes bleu clair distinctes (pour les polyphénols comme la galangine). L'extrait éthanolique et l'extrait méthanolique de deux stations présentaient des

bandes jaune clair et vert faibles pour l'acide caféique et les dérivés *p*-coumarique et pinocembrine. Des bandes violettes, mais moins intenses ont également été observées. En revanche, l'extrait aqueux provenant de deux stations n'a révélé qu'une couleur jaune pâle, probablement issue du groupe des flavonoïdes, par exemple de la quercétine.

2.4.2. Analyse par chromatographie liquide à haute performance (HPLC-DAD)

La chromatographie liquide à haute performance (HPLC-DAD) a été utilisée pour caractériser les principaux composés bioactifs présents dans les extraits de propolis issus de deux régions Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2) à Msila ainsi que pour déterminer les différences entre les échantillons en fonction de leur concentration. Les polyphénols ont ensuite été identifiés et attribués. Ces résultats sont résumés dans les tableaux 33 et 34 et illustrés par les chromatogrammes présentés dans les figures (37 et 38). L'analyse de nos résultats a révélé la présence de 13 composés dans les extraits de propolis recueillis dans différentes régions avec des concentrations variables: acide gallique, epigallocatechine, acide caféique, épicatechine, acide *p*-coumarique, rutine, laricitine, pinobanksine, pinocembrine, apigénine, chrysin, galangine et quercétine 3,3'. Comme le montrent les figures, le pic d'épicatechine a été détecté dans tous les échantillons à des temps de rétention différents, tout comme la concentration maximale de ce composé était observée dans tous les extraits de P1, avec respectivement de 8,5 µg/g, 7,56 µg/g et 0,57 µg/g, tandis que dans la station de Maadid (P2), elle atteignait 4,63 µg/g, 1,44 µg/g et 1,02 µg/g respectivement.

Nos résultats ont révélé l'absence de rutine, de quercétine, d'epigallocatechine et d'acide gallique dans les extraits aqueux des stations d'Ouled Madhi et de Maadid. Cette absence s'explique par le type de solvant utilisé, qui influence la composition chimique de la propolis.



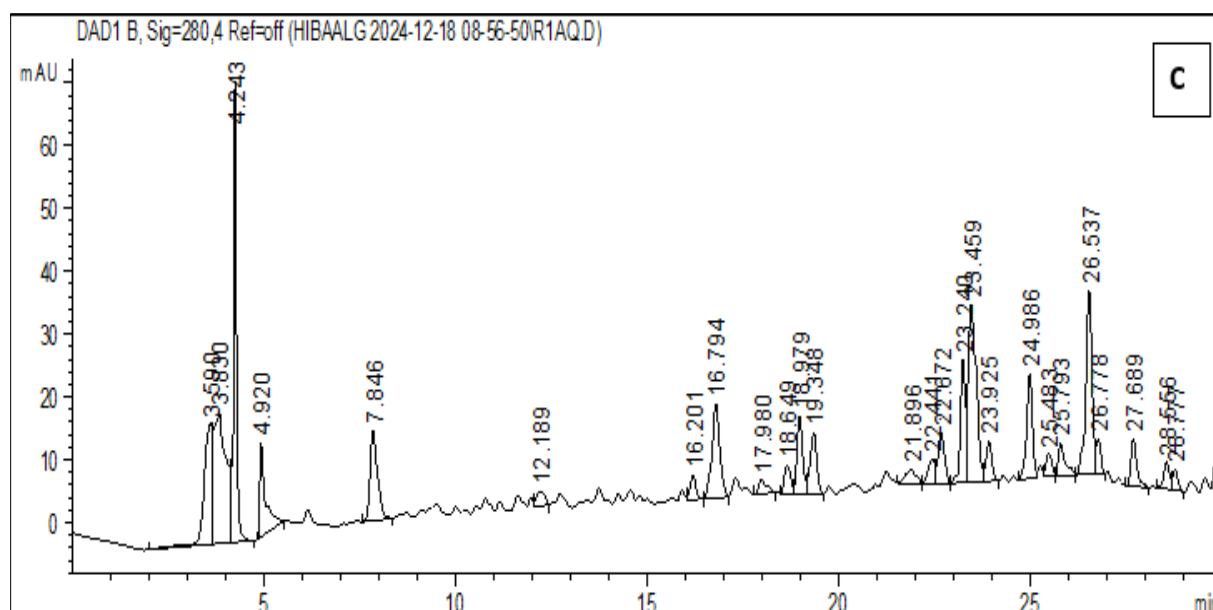
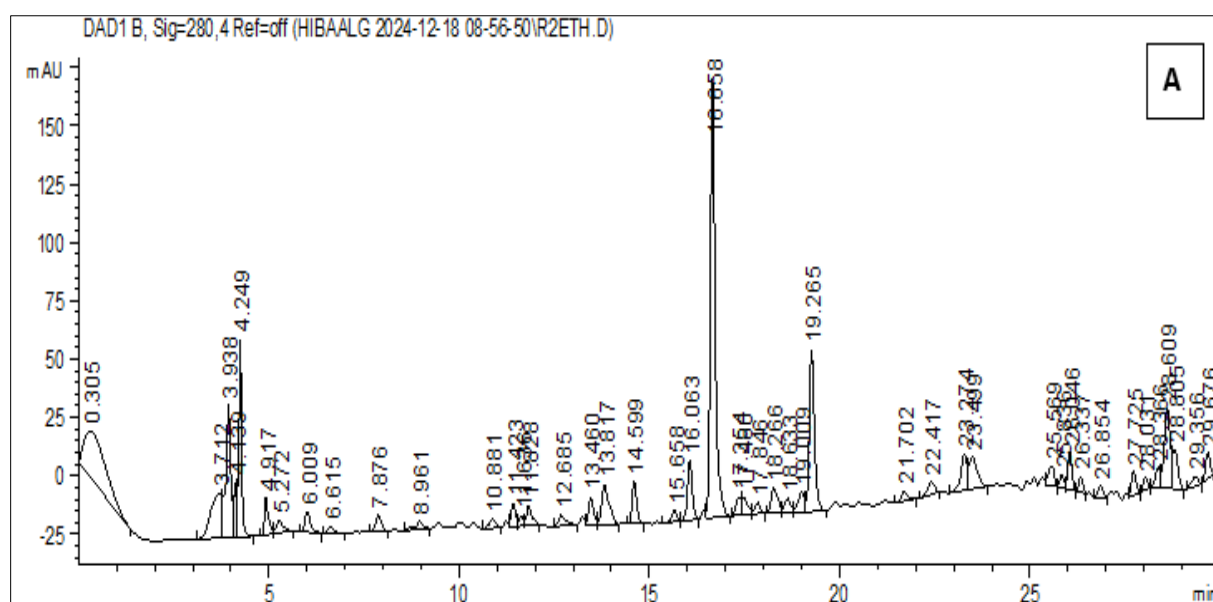


Figure 38 : Profils chromatographiques HPLC-DAD de composés à 280 nm des extraits de propolis de région P1. (A) : extrait éthanolique, (B) : extrait méthanolique, (C) : extrait aqueux.



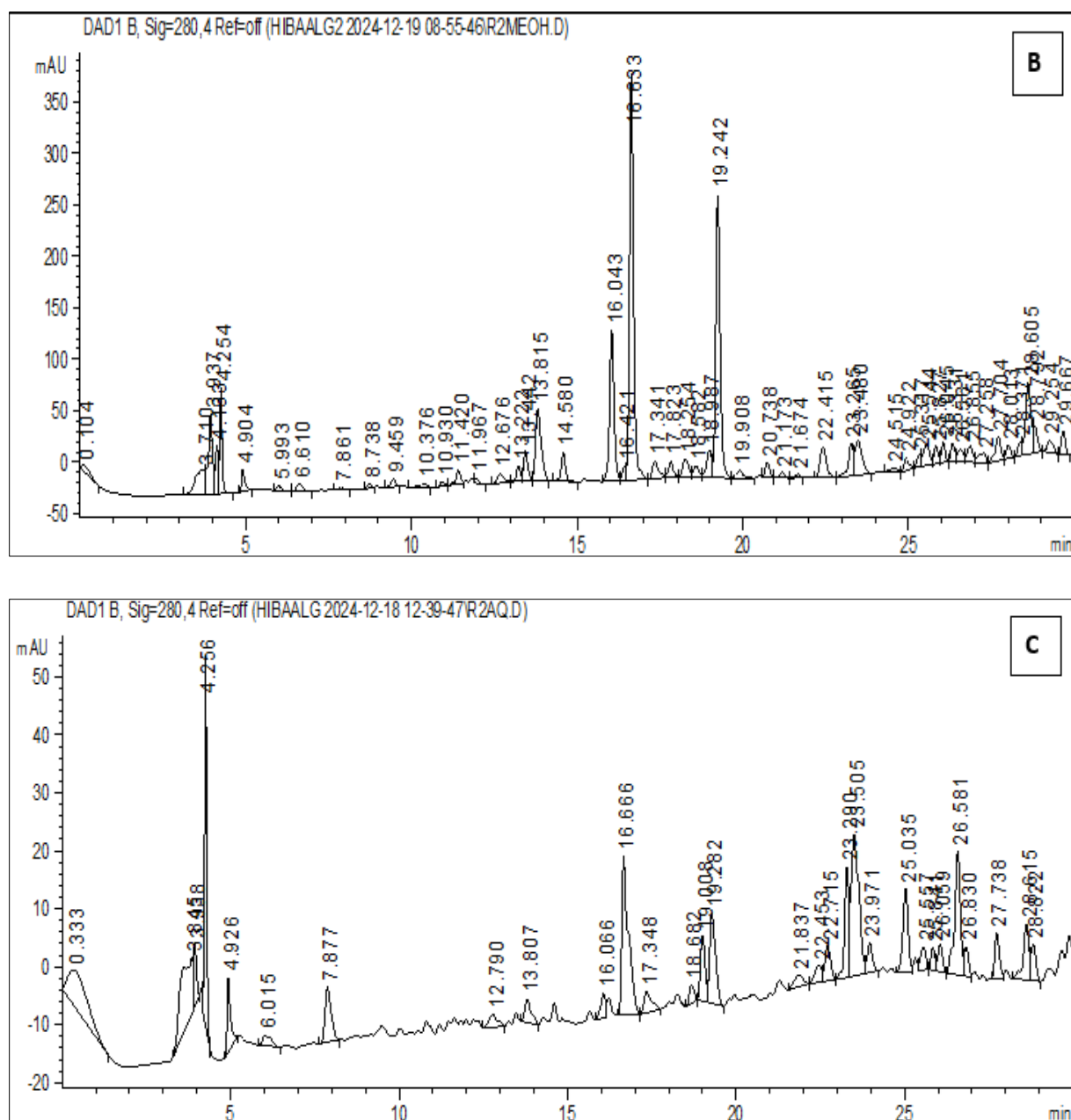


Figure 39 : Profils chromatographiques HPLC-DAD de composés à 280 nm des extraits de propolis de Région P2. (A) : extrait éthanolique, (B) : extrait méthanolique, (C) : extrait aqueux.

Tableau 32: Profile chromatographie HPLC-DAD de la station d'Ouled Madhi (P1).

Échantillons de propolis (P1)											
			EPP1			EMP1			EAP1		
N°	Standards	R ²	R _T	Area%	[µg/g EP]	R _T	Area%	[µg/g EP]	R _T	Area%	[µg/g EP]
1	Gallic acid	0.999	8,95890808	42,8360062	0,018	8,94809723	143,235153	0,063	ND	ND	ND
2	Epigallocatechin in	0.998	14,5957994	235,425919	0,643	14,5825348	192,339783	0,52	16,2008038	41,5361366	0,12
3	Epicatechin	0.998	16,6540642	3089,31128	8,5	16,6398296	2750,02246	7,56	16,7942944	211,804794	0,57
4	Caffeic acid	0.999	17,3507805	91,0633926	0,036	17,3387947	195,839172	0,08	17,9796772	33,0105133	0,011
5	<i>p</i> -coumaric acid	0.999	19,2630768	1295,58972	0,377	19,2491989	993,016479	0,289	19,3482208	116,456047	0,032
6	Rutin	0.998	21,1973305	109,345215	0,21	21,1809807	81,5857391	0,145	ND	ND	ND
7	Laricitin	0.994	23,2710075	450,781281	0,715	23,2572174	303,497162	0,49	ND	ND	ND
8	Pinobanksin	0.997	23,528616	380,053925	0,404	23,4832706	445,297791	0,477	23,4589787	423,013855	0,452
9	Pinocembrin	0.997	25,5507755	116,292671	0,111	25,5523129	210,079239	0,215	25,4831524	35,3946953	0,021
10	Apigenin	0.997	25,8319511	54,6779518	0,003	25,8154907	233,835815	0,14	25,792593	61,6226959	0,001
11	Chrysin	0.994	26,3407097	181,860596	0,319	26,3315811	134,991867	0,25	ND	ND	ND
12	Galangin	0,997	ND	ND	ND	26,8108387	77,028038	0,067	26,7782478	45,3486214	0,0321
13	Quercétine 3,3',,,,,,	0.998	28,6046906	603,717285	0,63	28,5965176	426,185699	0,45	28,7768879	31,4247894	0,04

Tableau 33: Profile chromatographie HPLC-DAD de la station de Maadid (P2).

Échantillons de propolis											
			EPP2			EMP2			EAP2		
N°	Standards	R ²	R _T	Area%	[µg/g EP]	R _T	Area%	[µg/g EP]	R _T	Area%	[µg/g EP]
1	Gallic acid	0.999	8,96122456	48,2180099	0,02	8,73754025	35,0199699	0,014	7,87658167	117,243	0,051
2	Epigallocatechin	0.998	14,5994291	147,551605	0,401	14,5802574	254,613708	0,696	ND	ND	ND
3	Epicatechin	0.998	16,6576996	1685,13672	4,63	16,6329708	3401,23267	1,44	16,6656723	372,663	1,02
4	Caffeic acid	0.999	17,4796467	85,057724	0,033	17,3413239	223,560165	0,092	17,3483791	56,8055	0,022
5	p-coumaric acid	0.999	19,264698	649,669189	0,188	19,2417755	2515,74438	0,73	19,2815399	189,121	0,053
6	Rutin	0.998	ND	ND	ND	21,1863575	63,0160446	0,101	ND	ND	ND
7	Laricitin	0.994	23,2739639	177,449738	0,316	23,2651901	342,239655	0,55	ND	ND	ND
8	Pinobanksin	0.997	23,4992161	201,783127	0,206	23,480402	496,242828	0,53	23,5051441	387,191	0,412
9	Pinocembrin	0.997	25,5686016	93,4951172	0,085	25,5435925	257,203827	0,267	25,5567284	42,9045	0,029
10	Apigenin	0.997	25,8356762	39,0026169	0,007	25,8271694	146,872772	0,07	25,8410168	31,6055	0,001
11	Chrysin	0.994	26,3372231	51,35355	0,127	26,3309746	153,567917	0,028	ND	ND	ND
12	Galangin	0,997	26,8535519	49,6406479	0,036	26,8548889	185,414108	0,018	26,8299675	46,5552	0,03
13	Quercétine 3,3',,,,,	0.998	28,609314	374,806488	0,37	28,7918167	224,794113	0,24	28,8215256	61,9863	0,072

3. Discussion

Comme mentionné précédemment, les caractéristiques de la propolis varient essentiellement en fonction de l'origine végétale et de la localisation géographique en Algérie. En conséquence, plusieurs études ont été consacrées à l'étude de ses propriétés dans différentes provinces du pays (**Bakchiche et al., 2017 ; Teggat et al., 2023**). La qualité de la propolis étant principalement déterminée par ses paramètres physico-chimiques, nos résultats constituent une avancée par rapport aux données rapportées pour des propolis issues d'autres régions du monde,

En effet, les échantillons de propolis ont une faible teneur en eau et en substances volatiles (2,51%-2,78%), ce qui explique leur texture solide. Nos résultats sont similaires à ceux précédemment rapportés pour vingt échantillons de propolis marocaine (teneur en eau de 0,72% à 4,52%) (**El Menyiy et al., 2021**), et six échantillons de propolis brésilienne (teneur en eau de 2,55% à 4,59%) (**Cunha et al., 2004**).

De plus, ces résultats sont en accord avec ceux de **Pant et al. (2021)** sur la propolis indienne (taux d'humidité allant de 4,89% à 7,37%) et avec ceux de **Aksoy et al. (2017)** sur la propolis turque (humidité de 2,1%). Par ailleurs, les résultats obtenus dans les régions de collines et de plaines en Italie montrent des taux d'humidité de $0,74 \pm 0,38$ et $0,69 \pm 0,52$ (**Pavlovic et al., 2020**).

D'autre part, les cendres sont les résidus de la combustion de la matière organique, la teneur en minéraux des cendres dépend du type de matériau. En outre, la présence de sels organiques et inorganiques influence directement la teneur en cendres, qui est essentielle pour évaluer la faisabilité d'un échantillon (**Syukri et al., 2020**). En fait, **Aboulghazi et al. (2022)** ont rapporté qu'il est particulièrement important de déterminer la teneur totale en cendres des échantillons de propolis, car cela permet d'identifier les éventuelles impuretés dans le matériau. Ces résultats sont cohérents avec ceux mentionnés dans la littérature. Les résultats de cette étude indiquent que la teneur en cendres est comparable à celle rapportée pour la propolis du Portugal (**Dias et al., 2012**). La teneur en minéraux de la propolis permet de distinguer les zones géographiques où elle est produite. Elle indique également la pollution de l'environnement (**González-Martín et al., 2015**). Selon une étude réalisée par **Tosic et al. (2017)**, la teneur en 22 éléments majeurs et mineurs a été déterminée dans dix échantillons de propolis serbe. Le calcium était l'élément le plus présent, tandis que le sodium l'était le moins. Le fer était également l'élément le plus courant. L'analyse a également permis de déterminer les niveaux d'éléments toxiques tels que le plomb, le cadmium, l'arsenic et le mercure. Il est à souligner que le MEB nous a permis de

détecter certains éléments minéraux bénéfiques dans nos échantillons tels que le le magnésium (Mg), l'aluminium (Al), le chlore (Cl), le potassium (K), le calcium (Ca) et le fer (Fe).

Les mesures de conductivité effectuées ont révélé des valeurs de (719 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$), qui sont dans l'intervalle de celles enregistrées dans diverses régions de l'Uruguay, avec des mesures allant de (40 à 1 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (**Cracco et al., 2023**).

Cependant, le pH de nos échantillons (entre 5.45 et 5.32) est inférieur à celui de la propolis collectée dans les régions d'Iran (pH 6), comme le montrent les travaux **d'Aslani et Malekpour. (2016)** et supérieur à celui du Brésil avec un pH de 4,1(**Sales-Peres et al., 2011**). Ces constatations ouvrent la voie à une discussion sur les facteurs influençant ces variations et leur impact sur la qualité et les propriétés de la propolis.

L'acidité titrable, qui est un paramètre de qualité important à un impact à la fois sur la saveur et la durée de conservation (**Güney et Ertürk, 2020**). Il permet également de déterminer la quantité d'acides organiques présents dans la propolis. Dans ce sens, une étude a montré que l'ajout d'extrait aqueux de propolis, un conservateur naturel, au lait cru est la meilleure solution pour améliorer sa sécurité microbiologique (**El-Deeb, 2017**). Une autre étude a examiné l'utilisation de l'émulsion de propolis comme substitut aux conservateurs non synthétiques dans le jus d'orange. La couleur claire, le degré d'acidité et l'acidité analytique ont été préservés par la propolis (**Yang et al., 2017**). De plus, l'incorporation de propolis dans le yaourt a aussi été étudiée (**Mowafi et al., 2025**).

Concernant le degré de Brix, les valeurs mentionnées dans la littérature sont hautement supérieures à celles de notre étude (avec des valeurs de 1,15-1,71). Toutefois, cette différence peut s'expliquer par l'origine végétale. **Adaškevičiūtė et al. (2019)** ont constaté que le degré de Brix variait entre 8,96 et 13,84 dans la propolis de la Pologne et la Lituanie. Une étude menée par **Ufuk et Sengul. (2019)** a permis de mesurer les valeurs Brix de divers extraits de propolis préparés à l'aide de différents types de solvants. Les résultats montrent que les valeurs de Brix sont entre 16,50 et 27,50 °Brix.

Pour le MEB, les résultats obtenus par des auteurs ont rapporté que la micromorphologie de la propolis analysée par MEB indiquait que celle-ci avait une forme sphérique et une surface lisse (**Zhang et al., 2023 ; Saleh et al., 2024**).

Les résultats de l'analyse phytochimique des échantillons de propolis sont similaires à ceux rapportés par **Usman et al. (2016)**, qui ont mis en évidence la présence des flavonoïdes,

phénols, xanthoprotéines, terpènes et résines dans des extraits méthanoliques et aqueux de propolis malaisienne. Une étude chimique de la propolis indonésienne réalisée par **Mulyati et al. (2020)** a également révélé la présence d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de polyphénols, de saponines et de terpénoïdes.

Un certain nombre de facteurs, y compris le type de solvant utilisé, affectent la présence, le type et la teneur des composés phénoliques dans la propolis tel que. La teneur phénolique totale (TPC) et la teneur en flavonoïdes totaux (TFC). Cela a été confirmé dans notre étude. En effet, **Tumbariski et al. (2023)** ont examiné 80 échantillons d'extraits méthanoliques de propolis bulgare et ont trouvé des valeurs beaucoup plus élevées que nos valeurs avec des teneurs en polyphénols de (63,14 à 737,27mg GAE/g) et en flavonoïdes de (29,22 à 234,17mg QE/g). Nos résultats sont dépassés par ceux de **Syed Salleh et al. (2021)**, qui ont signalé la présence de composés phénoliques avec (7,60 à 13,21 mg GAE/g) et de flavonoïdes avec (34,17 à 34,53 mg QE/g) dans les extraits aqueux de trois types de propolis malaisienne et **Ding et al. (2021)** ont trouvé que la quantité de polyphénols dans la propolis chinoise est d'environ (72,02 à 201,43 mg GAE/g).

Des teneurs en protéines relativement élevées, de l'ordre de 1 177 mg/100 g, ont également été rapportées dans des échantillons de propolis algérienne provenant de la région de Laghouat (**Bakchiche et al., 2017**). **Kaewmuangmoon et al. (2012)** Ont signalé des résultats similaires, avec des teneurs en protéines comprises entre 1,71 et 2,05 et des teneurs en sucres dans la propolis comprise entre 1,494 et 0,232.

Bien que les deux régions étudiées appartiennent à la même province, M'sila, plusieurs différences existent entre elles, tant au niveau des caractéristiques physico-chimiques que phytochimiques.

Notre étude a démontré que la propolis de la région de Maadid se distingue de celle de la région d'Ouled Madi, notamment en ce qui concerne la teneur en flavonoïdes, en polyphénols et en protéines dans tous les extraits. Ainsi, les extraits éthanoliques sont les plus riches.

En ce qui concerne les propriétés physico-chimiques, la différence est minime entre les deux régions. Cette différence s'explique probablement par plusieurs facteurs, tels que la méthode et le moment de la récolte de la propolis, le solvant utilisé, la pratique de technique de la transhumance ou encore la localisation de la région.

L'analyse de la composition chimique de la propolis de deux régions de M'sila par chromatographie HPLC a révélé la présence de Treize composés chimiques.

Des études antérieures ont indiqué que des composés biologiquement actifs identifiés dans la propolis de M'Sila ont été répertoriés dans des échantillons provenant de différentes régions du pays. L'extrait éthanolique riche en acides gallique, rutine, *p*-coumarique, caféique correspond aux résultats rapportés par **Segueni et al. (2022)** dans leur étude UFLC/MS-MS sur des extraits de propolis algérienne provenant de la région de Jijel.

En outre, des composés phénoliques ont également été identifiés dans la propolis chilienne et il a été démontré qu'elle contenait des composés clés tels que la pinocembrine, la quercétine et le CAPE (**Alvear et al., 2021**). L'acide caféique, l'acide *p*-coumarique, l'acide férulique, la naringénine, la pinocembrine, la chrysine, la galangine, la pinobanksine et la quercétine ont également été détectés dans la propolis marocaine (**Touzani et al., 2019**). En outre, des niveaux d'acide *p*-coumarique compris entre 0,6 et 2,73 mg/g d'EPA ont également été observés dans des extraits d'échantillons de propolis prélevés dans trois endroits différents de la province de Buenos Aires, en Argentine (**Fangio et al., 2019**). **Woźniak et al. (2022)** ont trouvé que la propolis de Pologne contenait une forte concentration d'épicatéchine.

Bozkuş et al. (2021) ont révélé la présence de deux composés phénoliques et de deux composés d'acide caféoylquinique dans l'extrait aqueux de propolis provenant de différentes régions de Turquie. En outre, l'analyse de l'extrait éthanolique a permis d'identifier dix composés phénoliques, dont sept flavonoïdes, deux acides phénoliques et un ester d'acide phénolique. Le constituant le plus abondant est la chrysine (641,33 mg/ml), suivie de la pinocembrine (572,67 mg/ml) et de la galangine (534,11 mg/ml).

Les recherches de **Gargouri et al. (2019)** ont révélé la présence d'acide *p*-coumarique, de rutine, de pinobanksine, d'apigénine, de pinocembrine, de chrysine, d'acide caféique et de galangine dans la propolis provenant de quatre régions tunisiennes. Il est important de noter que la composition chimique de la propolis peut varier en fonction de plusieurs facteurs, dont la biodiversité et l'origine géographique de cette substance naturelle (**Silva et al., 2008**).

Une autre étude a confirmé ces résultats sur de la propolis prélevée dans différentes régions de Serbie (**Ristivojević et al., 2013**).

Enfin, il faut souligner que les molécules chimiques répertoriées dans la propolis en Algérie dans le cadre de notre étude présentent beaucoup de potentialités. Des recherches antérieures ont montré que les phénols comme l'acide caféique, la quercétine et les flavonoïdes peuvent affecter l'activité antibactérienne et antioxydante, ce qui est similaire aux résultats trouvés dans la présente étude (**Ristivojević et al., 2016**). Trois autres flavonoïdes connus pour leurs

propriétés antibactériennes sont la catéchine, l'acide gallique et la quercétine (**Borozan et al., 2023**). Les mêmes auteurs mentionnent également que la quercétine renforce l'activité antibactérienne. La quercétine et le CAPE sont des antioxydants efficaces (**Venegas et al., 2016**) c'est pourquoi la présence de ces composés dans les échantillons de propolis peut être utilisée pour indiquer la qualité, en raison de son profil chimique varié ; la propolis est une source précieuse d'antioxydants,...etc.

L'identification des composants actifs de la propolis constitue un outil indispensable, elle est essentielle pour déterminer les substances responsables de ses diverses activités biologiques.

Chapitre III. Étude des activités thérapeutiques et agroalimentaires de la propolis

1. Matériel et méthodes

1.1.Évaluation de l'activité antibactérienne de la propolis

Après la préparation des extraits éthanoliques EEP, méthanoliques EMP et aqueux EAP de la propolis, ces derniers ont été conservés à l'abri de la lumière et de la chaleur. Nous avons ensuite mené une étude comparative de leur activité antibactérienne au laboratoire de l'Institut Pasteur de M'sila.

Les souches utilisées sont *Staphylococcus aureus* ATCC 22923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Escherichia coli* ATCC 22922. Ces dernières souches de référence ont été fournies par l'Institut Pasteur de M'sila (tableau 35). La sélection de ces trois micro-organismes s'appuie sur nos recherches antérieures portant sur les propriétés pharmacologiques de la propolis en Algérie (chapitre I). En effet, lors de l'enquête, les participants ont souligné que la propolis possédait de nombreuses propriétés thérapeutiques bénéfiques, particulièrement pour le système digestif, le système immunitaire et le système respiratoire (annexe 03).

Tableau 34: Les caractéristiques des souches bactériennes testées

Souche bactérienne	Caractéristique selon Gram	Référence	Milieu sélectif
<i>Escherichia coli</i> ATCC	Gram négatif	ATCC 22922	gélose Héктоen
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC	Gram négatif	ATCC 27853	Gélose nutritif
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC	Gram positif	ATCC 22923	Gélose Chapman

1.1.1. Evaluation par méthode de diffusion

La méthode de diffusion en milieu gélifié de Mueller-Hinton (MH) a été utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits de propolis. En effet, cette méthode des disques, permet de mesurer les diamètres d'inhibition en millimètres afin de déterminer l'activité antimicrobienne des différents extraits de propolis provenant des deux régions Ouled Madhi et Maadid (EEP.EMP.EAP).

1.1.1.1. Préparation d'inoculum

Trois à cinq colonies bien isolées ont été prélevées et mélangées à 10 ml d'eau physiologique stérile, puis incubées pendant 18 heures à 37°C sur un milieu MH (Mehanni, 2015). Afin de standardiser la suspension bactérienne, des dilutions ont ensuite été effectuées. La densité optique (entre 0,08 et 0,10) à 625 nm correspond à une concentration finale d'inoculum ajustée

au standard Mc Farland (0,5) et une concentration finale de l'inoculum de 10^7 UFC / ml (Daoudi *et al.*, 2016).

1.1.1.2. Mise en place

Les tests antibactériens ont été réalisés comme indiqué par **Nadji et loucif, (2014) et Okpekon *et al.* (2023)** avec quelques ajustements. Après avoir été imprégnés à des concentrations croissantes de 200mg/ml, 400mg/ml et 600mg/ml de propolis dissous dans le DMSO ($v=20\ \mu\text{l}$), des disques stériles de 6 mm de diamètre ont été déposés à la surface de la gélose à l'aide d'une pince stérile. Après cela, les boîtes de Petri ont été laissées à une température ambiante pendant 15 minutes puis à 37°C pendant 18h à 24 heures. Chaque opération a été effectuée à trois répétitions. Les résultats des extraits testés ont été comparés à ceux des disques imprégnés de DMSO (témoin négatif) et des antibiogrammes réalisés avec trois disques contenant des antibiotiques appropriés prêts à l'emploi tels qu'Imipenème, Colistine et Gentamicine à $10\ \mu\text{g}$ (témoin positif).

● L'expression des résultats

Les diamètres des zones d'inhibition autour des disques sont mesurés avec précision à l'aide d'une règle graduée en millimètre de l'extérieur de la boîte fermée après incubation.

1.2.Evaluation de l'activité antioxydante

1.2.1. Test au DPPH

Dans la présente étude, l'activité antioxydante des différents extraits de propolis (extraits éthanolique EEP, méthanolique EMP et aqueux EAP) issus des deux stations (P1 et P2) a été déterminée selon la méthode du test au DPPH. Cette méthode permet d'évaluer le pouvoir anti radicalaire en mesurant le pourcentage de neutralisation du radical DPPH par les antioxydants présents dans les extraits de propolis étudiés.

Le 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) est un radical libre stable grâce à la délocalisation de l'électron disponible, qui lui confère une couleur violette profonde. Le DPPH réagit avec des groupements amines, des phénols, des acides, des composées hydro-aromatiques, etc (**Ferhoum, 2010**). Lorsqu'il est réduit par un donneur de proton H^+ , sa couleur devient jaune. Plus un composé cède facilement son atome d'hydrogène, plus il est considéré comme efficace en tant qu'antioxydant. Le pourcentage de DPPH restant est proportionnel à la concentration de l'antioxydant (**Mehdi, 2016**).

Pour évaluer la capacité de piégeage des radicaux libres, le test DPPH a été réalisé. Chaque puits d'une microplaque à 96 puits ($300\ \mu\text{l}$) a reçu $40\ \mu\text{l}$ d'extraits de propolis à différentes

concentrations (0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 mg/ml). Ensuite, 200 µl de solution de DPPH (0,04 mg/ml) en solution méthanolique ont été ajoutés. Après agitation, le mélange a été incubé à température ambiante, à l'obscurité, pendant 30 minutes (**Rebiai et al., 2011 ; Bouaroura, 2020**).

La mesure de l'absorbance a été effectuée à 517nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible en comparant au témoin négatif contenant uniquement la solution de DPPH. Des contrôles positifs tels que les standards ; l'acide ascorbique, la quercétine, acide gallique et le BHT (Butylhydroxytoluène) ont également été utilisés (figure 43).

● L'expression des résultats

L'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode DPPH est exprimée en pourcentage selon la relation suivante :

$$(PI\% = \frac{Abs\ C - Abs\ E}{Abs\ C} \times 100)$$

PI% : %pourcentage d'inhibition

Abs C : absorbance du control négatif

Abs E : absorbance de l'échantillon testé

Les résultats sont exprimés en tenant compte de la moyenne des trois mesures obtenues pour chaque type d'extrait.

1.2.1.1. Détermination de l'IC₅₀

Pour estimer le pouvoir antioxydant des différents extraits, il est nécessaire de déterminer la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH. La IC₅₀ est déterminée graphiquement par les régressions linéaires (pourcentages d'inhibition en fonction des concentrations de l'extrait). Le pouvoir anti-radicalaire est inversement proportionnel à l'IC₅₀ (**Saidi, 2019**).

1.3. Évaluation préliminaires de l'effet anti-germinatif de la propolis sur les graines du petit pois *Pisum sativum* stockées

L'utilisation d'un extrait naturel pourrait représenter une alternative écologique et sûre aux agents chimiques de conservation. La présente étude vise à explorer le potentiel de la propolis dans la conservation des graines, soit en empêchant une germination prématurée, soit en protégeant leur intégrité contre les agents délétères.

Notre étude comprend deux parties : la première consacrée à l'évaluation de la germination des graines, et la seconde à l'étude de la croissance des racines. L'essai de germination a été réalisé selon la procédure suivante : des graines de petits pois (*Pisum sativum* ; variété Onward) procurées par le fournisseur du matériel agricole de l'université de M'sila, ont été mises en germination à l'obscurité, sur du papier filtre imbibé d'eau distillée, dans des boîtes de Petri, à raison de 6 graines par boîte. La stérilisation superficielle préalable a été effectuée en immergeant les graines dans de l'eau de Javel à 6 % pendant quelques minutes, suivie de trois rinçages à l'eau distillée stérile (**Bendarradji et al, 2010**).

Les boîtes de Pétri ont ensuite été placées dans une étuve à 23°C, et ont été observées quotidiennement afin de suivre la cinétique de germination. Selon **Mrani Alaoui et al. (2013)**, la germination est considérée comme effective lorsque la radicule sort des téguments de la graine, avec une longueur d'au moins 2 mm.

Les extraits de propolis de Ouled Madhi et de Maadid dissouts dans l'eau ont été ajoutés lors de l'imbibition (10ml) et de l'arrosage des graines dans les boîtes de Pétri, à trois concentrations différentes (0,5mg/ml, 1mg/ml et 2 mg/ml), comme le montre la figure 39. Pour le témoin, les graines de petit pois ont été imbibées et arrosées uniquement avec de l'eau.

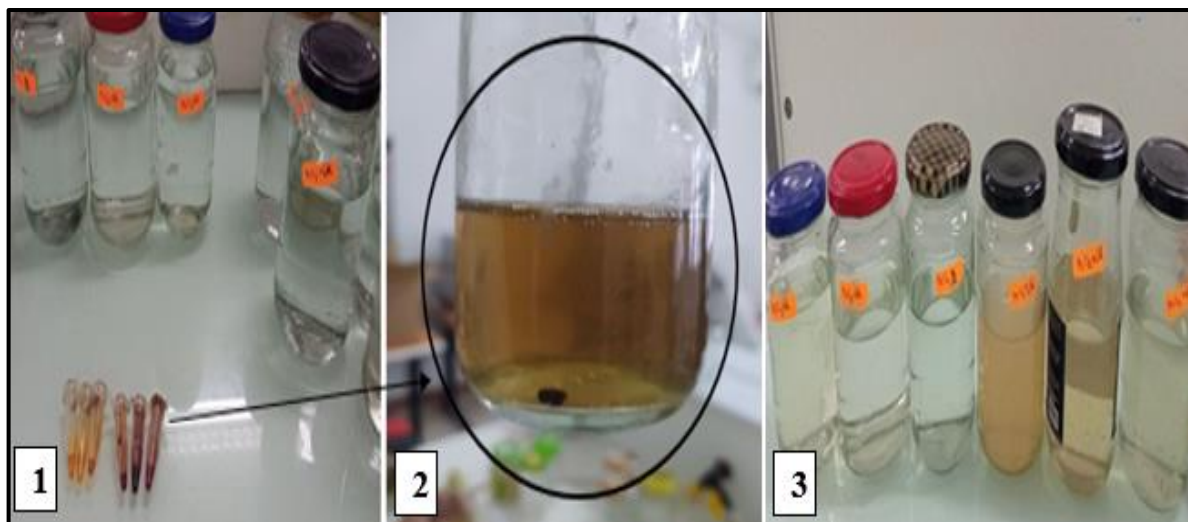


Figure 40: Test de l'effet anti-germinatif de la propolis sur les graines du petit pois (1) et (2) : Préparation des concentrations 0.5mg/ml, 1mg/ml et 2mg/ml des extraits de propolis des stations Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2), (3) : Dissolution des extraits dans de l'eau.

1.3.1. Détermination du taux d'inhibition de la germination

La détermination du taux d'inhibition de la germination par les extraits de propolis à différentes concentrations a été effectuée en suivant la méthode décrite par **Kumar et Singhal (2009)**, **Mbayo et al. (2016)**, et **Debab (2019)**.

La germination des graines de petits pois est notée après 7 jours, le taux d'inhibition a été déterminé selon la formule suivante :

Soit :

$$H\% = ((N-n) / N \times 100)$$

H% : pourcentage d'inhibition

N : nombre totale des graines

n : nombre des graines germées

1.3.2. Détermination du taux d'inhibition de la croissance des racinelles

Ce test a été fait parallèlement au test de germination. Pour cela, les graines ont été placées dans des boîtes de pétri imbibées et arrosées avec les extraits testés à différentes concentrations (0,5mg/ml, 1mg/ml et 2 mg/ml). Notant que le témoin contenait des graines de petit pois arrosées uniquement avec de l'eau (**Debab, 2020**).

Le pourcentage d'inhibition de l'élongation racinaire est calculé selon la formule suivante :

$$H\% = ((T_0 - T_1) / T_0 \times 100)$$

H% : pourcentage d'inhibition

T₀: Taille des racines du témoin.

T₁ : Taille des racines en présence de l'extrait.

D'après **Bendarradji et al. (2010)**, la longueur des racines est déterminée comme étant la longueur de la racine la plus longue. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'une réglette graduée afin d'évaluer la croissance des radicules des graines traitées par les extraits de propolis testés.

1.4. Analyses statistiques

Pour confirmer l'efficacité des différents extraits de propolis, une analyse de la variance (one-way ANOVA) a été réalisée. De plus, les différences significatives entre les moyennes des tests ont été comparées par le test de Tukey en utilisant le logiciel SPSS (version 28). Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata et les moyennes $\pm$ SD ont été calculées par Graph Pad Prism 8.4.3 (686).

2. Résultats

2.1. Résultats de l'activité antimicrobienne

Les résultats de l'étude du pouvoir antimicrobien des différents extraits de propolis (EEP, EMP et EAP) par la méthode de diffusion des disques sont présentés et regroupés dans le tableau (36) ci-dessous ; Ils montrent que ces extraits inhibent la croissance des souches bactériennes avec des diamètres allant de (4.16 $\pm$ 7.21mm à 44 $\pm$ 3.46mm) autour des colonies. L'effet d'inhibition le plus élevé a été présenté par tous les extraits de propolis contre *S. aureus* qui s'est montrée extrêmement sensible. Les extraits éthanoliques et méthanoliques présentent les meilleurs résultats sur l'ensemble des souches testées, avec un diamètre maximal de zone d'inhibition de (44 $\pm$ 3.46mm) sur *S. aureus*. L'extrait aqueux s'est montré sans effet sur *P. aeruginosa* avec un effet modéré sur *S. aureus* et *E. coli*.

Tableau 35: Diamètres des zones d'inhibition en (mm) et sensibilité des souches bactériennes vis-à-vis des extraits de propolis des deux régions Ouled Madhi (P1) et Maadid (P2) comparativement aux antibiotiques de références.

Extraits		Concentration [mg/ml]	Souche bactérienne et zone d'inhibition (mm)		
			<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 22923)	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 22922)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)
P1	EEP	200	10.00±01.00	18.66±01.15	19.66±00.57
		400	15.66±01.15	19.16±00.28	21.00±01.73
		600	23.66±01.15	23.50±02.04	21.33±02.21
	MEP	200	30.66±01.02	11.33±01.15	09.33±00.57
		400	40.33±00.57	10.66±01.15	13.16±01.25
		600	42.00±01.35	15.33±00.57	15.16±00.76
	EAP	200	12.66±02.30	-	-
		400	13.66±01.21	-	-
		600	12.66±02.30	-	-
	EEP	200	29.83±08.94	07.66±06.71	-
		400	30.0±01.32	16.83±05.85	-
		600	38.00±07.76	16.00±03.5	36.33±01.15

P2	EMP	200	30.00±01.32	08.83±07.84	09.66±08.43
		400	36.13±06.37	09.33±08.22	09.66±08.37
		600	44.00±03.46	08.83±07.84	13.33±02.92
	EAP	200	10.83±00.76	04.16±07.21	-
		400	11.50±00.86	09.50±08.67	-
		600	10.16±01.25	07.33±06.42	-
Imipènème			23.00±01.00	17.33±01.86	23.66±01.21
Colistine			22.66±20.84	15.00±06.08	20.33±08.22
Gentamicine			22.33±20.40	19.00±7.00	27.66±02.08

-Les valeurs sont des moyennes ± SD (n = 3).

L'antibiogramme montre que les trois souches bactériennes sont sensibles aux extraits de propolis et aux antibiotiques utilisés (figure 40). Par ailleurs, chaque souche a réagi de manière différente.

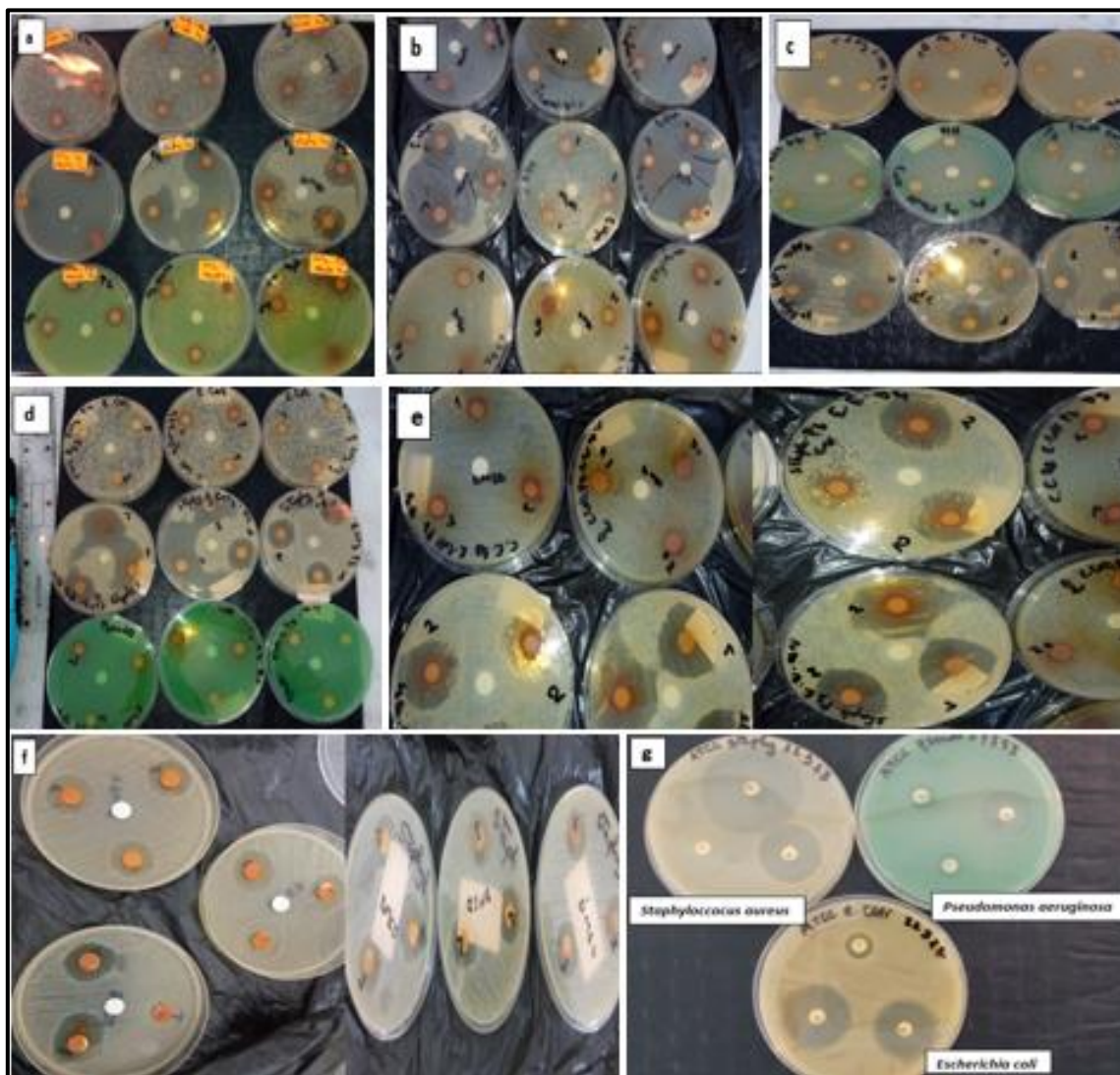


Figure 41: Variation des diamètres des zones d'inhibition des souches bactériennes traitées par les extraits de propolis et les antibiotiques. (a) : EEP1, (b) : EMP1, (c) : EAP1 ; (d) : EEP2, (e) : EMP2, (f) : EAP2 et (g) : les antibiotiques.

On remarque aussi que les bactéries Gram-positives sont particulièrement plus sensibles aux extraits de la propolis que les bactéries Gram négatives. En conséquence et à titre de comparaison, le potentiel antibactérien de tous les extraits de propolis testées a réagi de manière différente en raison de leurs teneurs différentes en substances bioactives, leurs concentrations, leurs provenances et aussi aux propriétés des bactéries testées. En général, l'activité antibactérienne de la propolis est attribuée principalement aux substances bioactives comme les

flavonoïdes, les polyphénols présents dans la résine végétale. Les figures ci-dessous illustrent bien les résultats (figure 41 et 42).

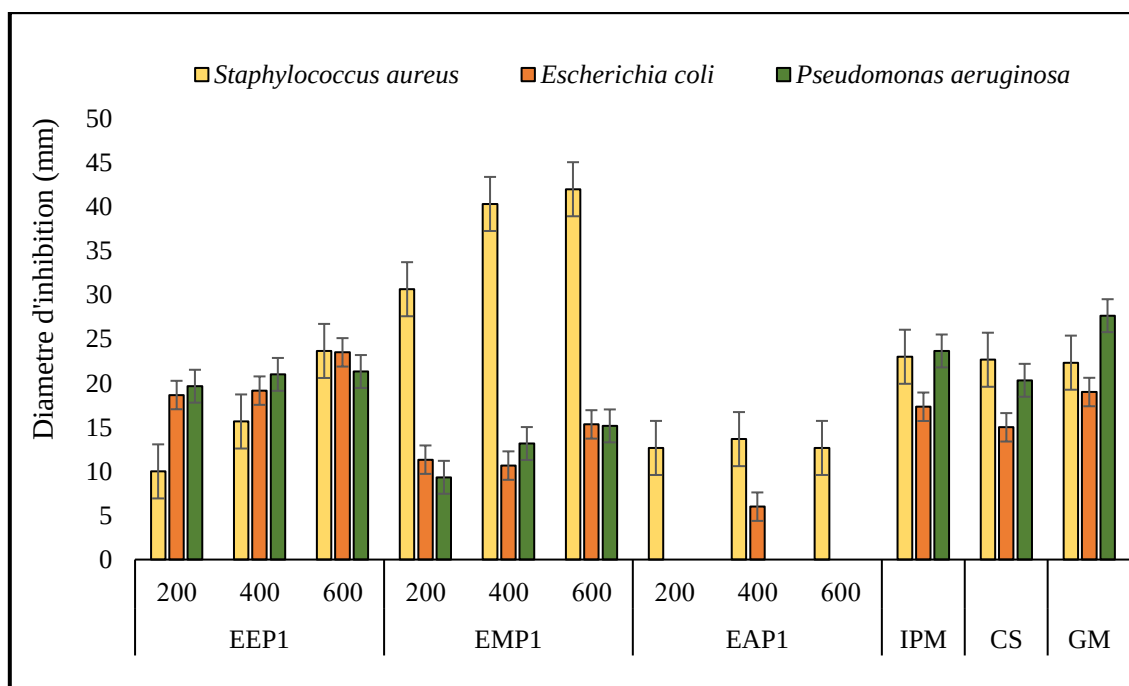


Figure 42: Variations des diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne obtenus par les extraits de P1 exprimés en (mm)

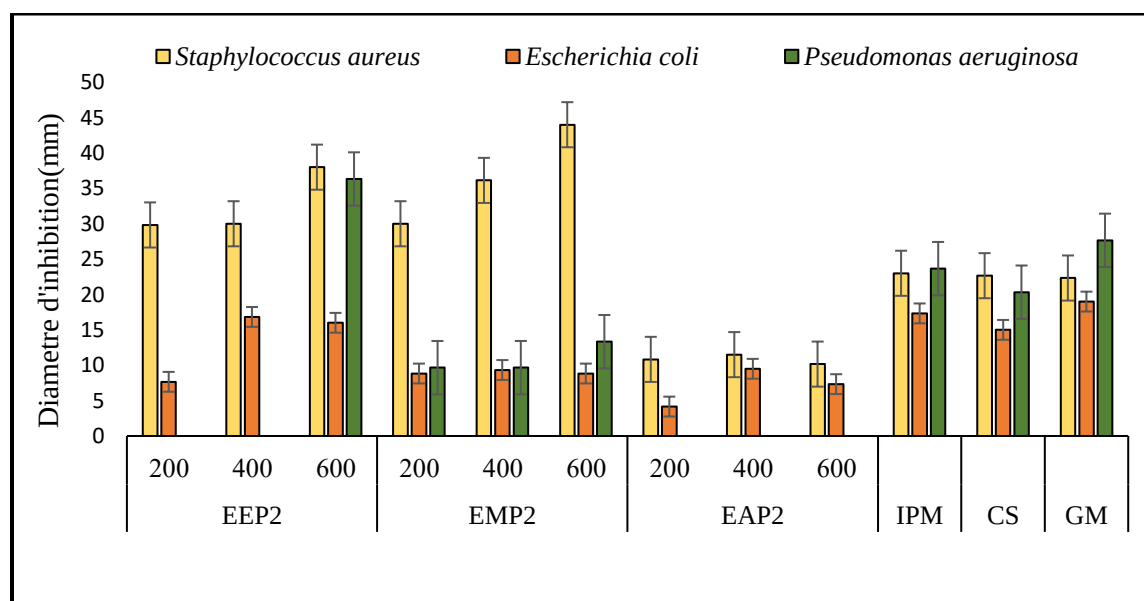


Figure 43: Variations des diamètres des zones d'inhibition de la croissance bactérienne obtenus avec les extraits de P2 exprimés en (mm).

2.2.Résultats de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante de la propolis a été évaluée par le test DPPH, qui mesure la capacité à piéger les radicaux libres et à inhiber leur décoloration. La capacité antioxydante des extraits est exprimée comparativement à des antioxydants de références tels que BHT, acide ascorbique, quercétine et acide gallique par la valeur IC_{50} , qui correspond à la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire de 50%, la concentration de DPPH (annexe 03). D'après les résultats des pourcentages d'inhibition des radicaux libres et l' IC_{50} (tableau 37), il existe une grande variabilité dans la capacité antioxydante des extraits, indiquant qu'ils possèdent des activités de piégeage de radicaux libres significatives.

Tableau 36: Les pourcentages d'inhibition et l' IC_{50} des différents extraits testés.

<i>Extraits</i>		<i>Pourcentage d'inhibition %</i>	<i>IC_{50} (mg/ml)</i>
P1	EEP	79.87	0.234 ± 0.023
	EMP	79.04	0.115 ± 0.0009
	EAP	74.02	0.622 ± 0.051
P2	EEP	81.03	0.212 ± 0.028
	EMP	81.15	0.194 ± 0.016
	EAP	76.55	0.301 ± 0.007
Les contrôles positifs	Quercétine	82.61	0.102 ± 0.003
	Acide Ascorbique	83.56	0.102 ± 0.006
	Acide Gallique	78.63	0.094 ± 0.009
	BHT (ButylHydroxyToluène)	84.85	0.087 ± 0.003

Toutes les valeurs sont des moyennes $\pm$ SD (n=3).

Les résultats obtenues (figure 43) montrent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour les contrôles positifs ou pour les extraits de propolis des deux stations (EEP, EMP, et EAP). Il faut noter aussi que le pourcentage d'inhibition des deux extraits (EEP, EMP) à une concentration de 1 mg/ml sont très proches avec 79.87% et 79.04% d'inhibition pour P1 ; 81.03 % et 81.15 % d'inhibition pour P2 respectivement (tableau 42 et annexe 03). Par ailleurs, l'extrait aqueux a donné des pourcentages plus faibles avec toutes les concentrations testées. Il est à noter aussi que l'acide

ascorbique, a démontré une efficacité remarquable en réduisant presque intégralement (83,56 %) les radicaux libres avec les extraits de P2.

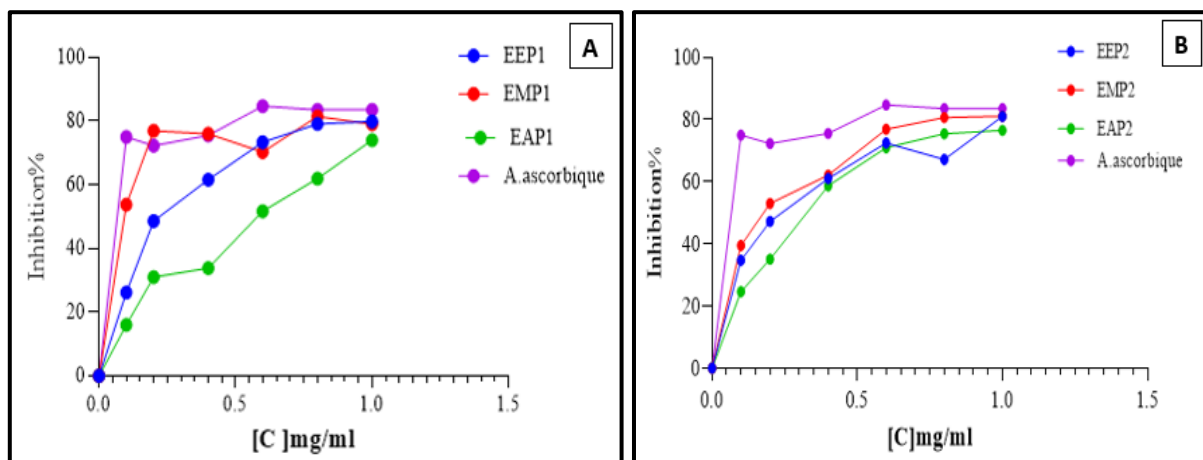


Figure 44: Taux d'inhibition du radical DPPH en fonctions des différentes concentrations des extraits de propolis et l'acide ascorbiques, (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2).

L'étude révèle un pouvoir antioxydant considérable des différents extraits de propolis testés particulièrement avec les extraits de la région de Maadid, ce pouvoir étant confirmé par les valeurs des concentrations qui provoquent une perte de 50 % de l'activité des radicaux libres, IC_{50} obtenues (figures 44). L'extrait éthanolique présente une activité antioxydante important, les IC_{50} de l'extrait éthanolique sont de l'ordre de 0.234 ± 0.023 à P1, et 0.212 ± 0.028 à P2. Ces valeurs de IC_{50} sont nettement supérieures à celle obtenue par le contrôle positif l'acide ascorbique avec (0.102 ± 0.006). Cependant, les extraits méthanoliques ont présenté des valeurs plus faibles que ceux obtenues par extraits éthanolique et aqueux avec 0.115 ± 0.0009 à P1, et 0.194 ± 0.016 à P2.

La concentration est un facteur déterminant de l'activité antioxydante, comme le révèlent nos résultats. Ainsi, plus la concentration en extraits de propolis est élevée, plus le taux d'inhibition des radicaux libres DPPH est important. Cette réaction est comparable à l'activité antioxydante de la substance DPPH dans l'antioxydant acide ascorbique.

La propolis présente des propriétés antioxydantes qui pourraient être attribuées à la présence de flavonoïdes et à ses teneurs en composés phénoliques. Ces différences peuvent être dû aussi à l'influence de facteurs environnementaux aussi,

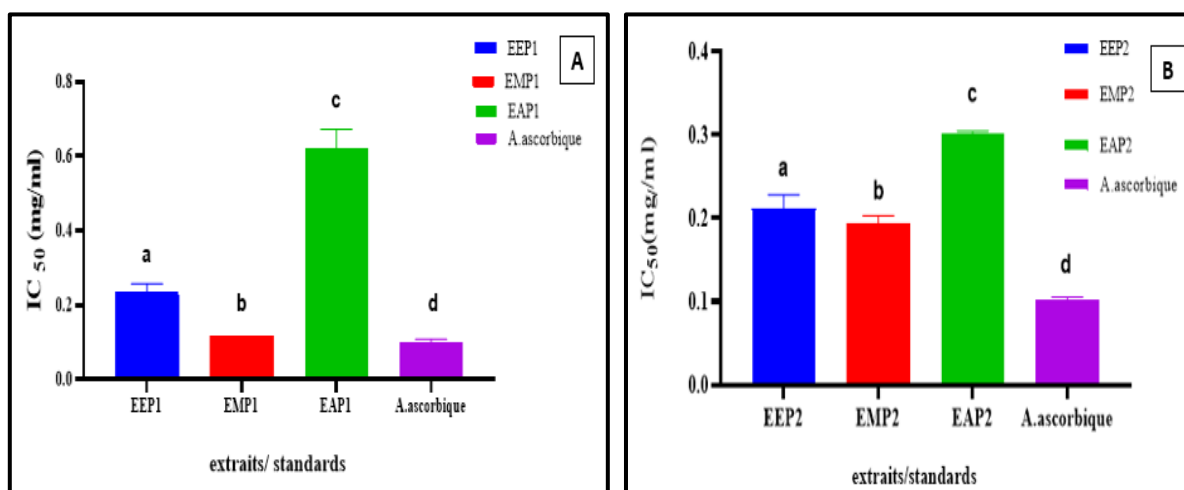


Figure 45: Valeurs des IC₅₀ obtenues avec les différents extraits de propolis et l'acide ascorbiques (les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD). EEP1 et EAP1 p-value<0.0001 très hautement significative en comparaison avec le standard. (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2).

2.3. Résultats de l'effet anti germinatif de la propolis sur les graines du petit pois *Pisum sativum* stockées

Les extraits de propolis (EEP, EMP et EAP) peuvent empêcher la germination des graines. L'effet inhibiteur peut être lié au type de solvant. En effet, les concentrations les plus élevées entraînent une inhibition plus marquée de la germination, comme le montrent la figure (45). De plus, notre étude a déjà montré que la propolis contient plusieurs composés ayant un effet négatif sur la croissance ou la germination du *Pisum sativum*.

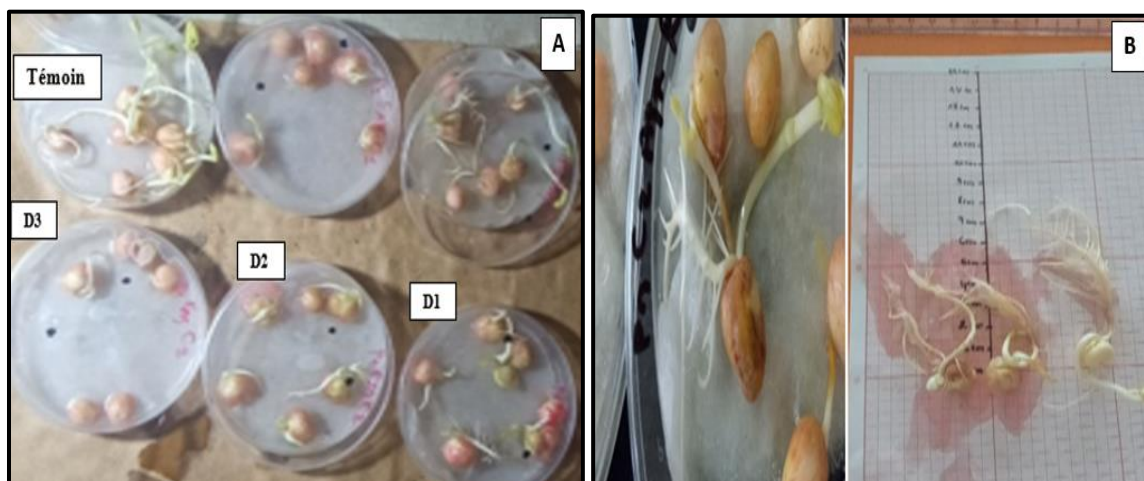


Figure 46: Test d'inhibition de la germination et de l'élongation racinaire de *P. sativum*. (A) : résultats du test d'inhibition après traitement par les extraits de propolis à différentes concentrations, (B) : inhibition de l'élongation racinaire des plantules.

2.3.1. Taux d'inhibition de la germination de *P. sativum*

Les résultats de l'activité anti germinative illustrés dans les figures (46), indiquent que le taux d'inhibition de la germination de *P. sativum* est de plus de 50 % après 3 jours et ce avec l'ensemble des extraits de propolis testés. Les EEP et les EMP des deux régions P1 et P2 ont un pouvoir anti-germinatif très important, avec un taux qui atteint 83 % après 7 jours. Celui de l'extrait aqueux, est plus faibles, il est compris entre 50 % et 67 %.

On constate également, que même après 7 jours, il y a toujours une inhibition, mais qui est moins importante. Toutefois, nos résultats montrent que le pouvoir anti-germinatif des petits pois est proportionnel à la concentration des différents extraits testés et au temps de germination, quelle que soit le type d'extrait de propolis. Par rapport à la région et contrairement aux résultats précédant, Ouled Madhi (P1), a donné le meilleur effet.

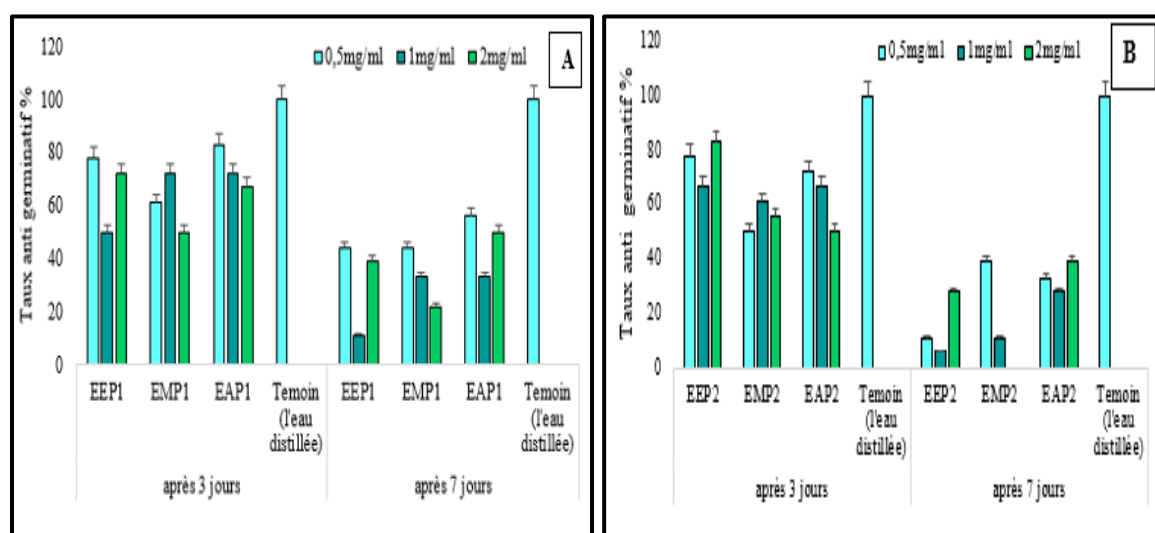


Figure 47: Les taux d'inhibition de la germination des graines de petits pois (*P. sativum*) traitées par les extraits de propolis après 3 et 7 jours. (A) : station d'Ouled Madhi (P1), (B) : station de Maadid (P2). (L'ANOVA révèle qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % pour tous les extraits de propolis, et les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD).

2.3.2. Taux d'inhibition de la croissance des racinelles de *P. sativum*

Les mesures d'allongement racinaire indiquent des résultats différents entre les divers types de propolis récoltés dans les deux régions, et même entre les différentes concentrations d'extraits de propolis appliquées. Globalement, la croissance racinaire des plantules de petits pois germées est nettement inférieure. Nous avons pu remarquer que la forte concentration (2mg/ml) des extraits de propolis testées a enregistré des longueurs plus faibles (entre 16.9 et 4.03cm).

Les extraits de la région d'Ouled Madhi présentent un taux d'inhibition de la croissance des racelles très important avec tous les extraits (figure 47).

À la lumière de ces résultats, il est intéressant de conclure que l'étude du pouvoir anti-germinatif et d'inhibition de la croissance racinaire des graines de *Pisum* traitées par nos extraits a démontré qu'ils possèdent un effet inhibiteur agissant même à faibles concentrations. Le taux d'inhibition dépend toutefois de la concentration et de l'origine des extraits de propolis.

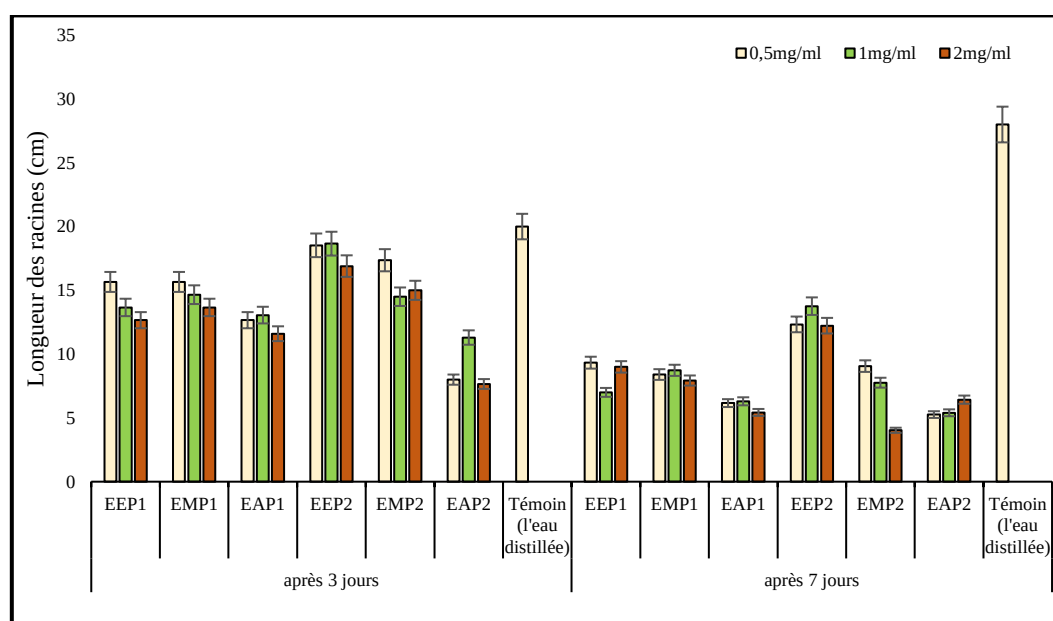


Figure 48 : Longueurs racinaires des plantules de *P. sativum* après la germination en fonction des différentes concentrations des extraits des propolis testées. (L'ANOVA révèle qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % pour tous les extraits de propolis de la station d'Ouled Madhi, alors qu'il y a une différence significative au seuil de 5 % pour les extraits de la station de Maadid et les valeurs sont la moyenne de trois essais $\pm$ SD).

3. Discussion

La propolis est un remède naturel utilisée depuis longtemps, elle possède une variété d'activités biologiques, y compris des propriétés, antitumorales, antibactériennes, antivirales, anti-inflammatoires, antioxydantes, anticancéreuses, anti protozoaires, cariostatiques, hépato protectrices et immunostimulantes. (Barlak *et al.*, 2011 ; Athikomkulchai *et al.*, 2013 ; Ngenge *et al.*, 2017 ; Doğan *et al.*, 2020). Des études antérieures ont été réalisées sur la propolis produite en Algérie intéressant notamment son effet antibactérien (Segueni *et al.*, 2014 ; Otmane *et al.*, 2020 ; Soltani *et al.*, 2021 ; Debab et Toumi-Benali, 2022),

antifongique (**Asan-ozusaglam et al., 2022 ; Ouahab et al., 2023**) et antioxydant (**Boulechfar et al., 2019; Soltani et al., 2021 ; Ouahab et al., 2023**).

Pour les propriétés antibactériennes des extraits de propolis testée sur *S. aureus* et *E. coli*, l'effet était remarquable et comparable à celle de l'antibiotique Imipenem. Cette étude a également donné des résultats similaires à ceux de **Drago et al. (2007)** et de **Bayram et al. (2017)**, qui ont constaté que la propolis était efficace contre *S. aureus* et *E. coli*. Selon **Soltani et al. (2020)**, l'extrait aqueux de propolis de la région de Sétif en Algérie présente de fortes propriétés antibactériennes, inhibant le développement de *Pseudomonas aeruginosa* et de *Klebsiella pneumoniae*. **Boufadi et al. (2021)** ont signalé une sensibilité particulière de *S. aureus* à l'extrait d'acétate éthylique de propolis. **Akkaya et al. (2020)** ont souligné que la propolis est connue pour avoir des effets inhibiteurs importants sur les bactéries à Gram positif, alors qu'elle a peu d'effet sur les micro-organismes à Gram négatif. De plus, les résultats de cette étude concordent avec ceux des études de **Sönmez et al. (2023)** et **Subaşı-Zarbaliyev et al., (2023)**. Alors que d'autres ont montré une faible activité contre les bactéries à Gram négatif, en effet, la perméabilité de la membrane cellulaire du micro-organisme est responsable des différences entre les souches (**Kolayli et al., 2020**). En outre, une autre étude réalisée par **Aşan et al. (2022)** indique que la nature de la membrane externe de *Pseudomonas aeruginosa* confère une résistance à la plupart des agents antimicrobiens.

On note aussi que les propriétés antimicrobiennes de la propolis diffèrent selon le type de solvant utilisé, la concentration et les bactéries étudiées. Cette activité inhibitrice pourrait être due également aux composants biologiquement actifs de la propolis, comme les flavonoïdes et les polyphénols. **Sönmez et al. (2023)** révèlent que l'activité antibactérienne contre les bactéries Gram+ et Gram-, ainsi que contre les levures et les champignons, pourrait être due aux substances chrysine, rutine, CAPE, et pinocembrine présentes dans les échantillons de propolis.

Altuntaş et al. (2023) ont révélé la présence d'acides caféique, *p*-coumarique et férulique, ainsi que de pinobanksine et d'apigénine dans vingt-quatre échantillons de propolis provenant de Turquie. Ces composées sont répertoriées dans notre étude. Les auteurs ajoutent que ces composés sont responsables des activités antimicrobiennes contre les micro-organismes *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans* et *Aspergillus niger*.

La propolis iranienne se distingue par ses propriétés antimicrobiennes remarquablement efficaces contre les agents pathogènes *Candida albicans*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Cette activité antimicrobienne remarquable pourrait être attribuée à la présence de

composés actifs tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et les terpènes dans la composition de la propolis iranienne (**Afrouzan et al., 2018**).

En effet, grâce à sa composition chimique diversifiée, la propolis constitue une excellente source d'antioxydants. Des tests DPPH ont confirmé que les différents extraits de notre propolis possèdent des propriétés antioxydantes. Et plusieurs études récentes s'accordent (**Rosli et al., 2016 ; Najafpour et al., 2019 ; Soltani et al., 2020 ; Rivero-cruz et al., 2020 ; Ding et al., 2020 ; Sulaeman et al., 2021**). La présence de groupes hydroxyles phénoliques dans la structure chimique des composés phénoliques est à l'origine de cette réaction. Ces groupes peuvent en effet céder leurs électrons ou leurs atomes d'hydrogène, ce qui conduit à la formation de produits finaux stables (**El Mannoubi, 2023**).

Dans cette étude, les extraits de propolis testés ont montré une activité élevée de nettoyage en termes de radicaux libres DPPH. Les résultats sont cohérents avec ceux d'autres régions géographiques. Selon **Kurek-Górecka et al. (2022)**, il a été mentionné que la propolis de Pologne et d'Uruguay présentait un pouvoir antioxydant avec une valeur IC_{50} de 0,585 mg/ml, tandis que celle de la Roumanie présentait une valeur IC_{50} de 0,355 mg/ml, et que la propolis de Turquie avait une IC_{50} de 0,325 mg/ml. En termes de pourcentage d'inhibition, l'extrait de propolis à l'éthanol du Pakistan a présenté (73,18 %), et l'extrait de méthanol a montré (70,06 %), tandis que l'extrait aqueux a donné un pourcentage d'inhibition de (44,73 %) (**Shahbaz et al., 2021**).

En outre, nos résultats sont comparables à celui de **Fikri et al. (2019)** qui ont trouvé une IC_{50} plus élevée de la propolis de l'Indonésie allant de 452.52 ± 29.27 à 1027.288 ± 25.47 mg/ml. De même, l' IC_{50} de la propolis provenant d'une variété indienne (**Ramnath et al., 2016**) est de $600.88 \mu\text{g/ml}$. Toutefois, les résultats de la capacité antioxydante sont moindres par rapport à ceux de la propolis brésilienne (**Mendonça et al., 2020**) avec des IC_{50} de $294 \mu\text{g/ml}$, et sont en dessous de la propolis de la Croatie, telle que rapportée par (**Svečnjak et al., 2020**), avec une valeur de 2.6 à 81.6 mg/ml. Enfin, **Habryka et al. (2020)** ont rapporté des variations de la propolis en Pologne, allant de 10.69 ± 0.46 à 15.34 ± 0.40 mM.

Des études menées en Algérie, ont révélé que l'extrait EEP de propolis de Mascara s'est révélé le plus puissant contre les radicaux libres, avec une concentration inhibitrice de 50 % des radicaux DPPH (IC_{50}) de 0,045 mg/ml, tandis que l'extrait EEP de Sidi Dahou était le moins

efficace, avec une IC₅₀ de 19,95 mg/ml (**Debab *et al.*, 2016**). Des résultats similaires ont été obtenus en Algérie, dans la province de Souk Ahras (**Ouahab *et al.*, 2022**).

Teggar *et al.* (2023) ont indiqué que les vingt composés phénoliques identifiés par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) dans la propolis algérienne provenaient de plusieurs régions : Tébessa, Blida, Bouira, Batna, Sidi Bel Abbés et Ghardaïa. Cela donne à la propolis une bonne capacité de résistance à l'oxydation.

Les composés phénoliques, tels que les acides hydroxybenzoïque, sinapique et coumarique, ainsi que l'acide caféique, un dérivé de l'acide sinapique, possèdent également de puissantes propriétés antioxydantes. De plus, l'acide caféique, qui contient deux groupes OH adjacents, agit comme un chélateur pour la plupart des ions métalliques oxydants susceptibles de déclencher une réaction (**Mohdaly *et al.*, 2015**). La majorité de ces composées a été inventoriée dans notre étude.

En général, les composés phénoliques, notamment des flavonoïdes, des acides phénoliques et leurs esters. La chrysine, l'apigénine, la galangine, le kaempférol, la pinostrobin, la pinobanksine, la naringine, la quercétine, ainsi que les acides phénoliques tels que l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide gallique, l'acide benzoïque, l'acide cinnamique, l'acide coumarique et l'acide vanillique, sont les principaux composants de la propolis et sont responsables de ses propriétés biologiques (**Kurek-Górecka *et al.*, 2023**).

Dans un autre contexte, la dernière étude que nous avons qualifié d'un intérêt agroalimentaire, vise à déterminer si l'extrait de propolis peut servir d'agent antigerminatif efficace pour assurer la stabilité et la conservation à long terme des graines, en empêchant leur germination durant le stockage, afin de préserver leur qualité pour l'alimentation ou la semence ultérieure.

En effet, il s'avère à la lumière des résultats obtenus, que le pouvoir anti germinatif de la propolis varie en fonction de la concentration de l'extrait, laquelle est probablement liée à la concentration des molécules actives qui inhibent la germination des graines. Ainsi, les extraits de propolis ont retardé la germination des graines traitées et croissance des radicules par rapport aux graines témoins. En effet, la croissance des plantules est un phénomène fortement influencé par les conditions et les stress biotiques ou abiotiques. Le premier volet de notre thèse a révélé que la propolis contient des métabolites secondaires qui affectent la germination des graines et la croissance des plantules par divers mécanismes, notamment par la présence des composés phénoliques, les alcaloïdes, les flavonoïdes, etc. Il est donc probable que ces composés aient la

capacité d'inhiber l'action des enzymes végétales et les phytohormones responsables de la germination et de la croissance.

Contrairement à ces résultats, **Umer et al. (2010)**, ont montré que les extraits de plantes médicinales stimulaient la croissance du blé (*Triticum aestivum*) de 150 % pour les pousses et de 40 % pour les racines. Par contre, les bio-essais menés par **Javaid et Anjum. (2005)**, par pulvérisation foliaire indiquent que les extraits aqueux avaient un impact notable sur la diminution de la germination et de la croissance des semis de *Parthénium*, une plante exotique envahissante. **Shafique et al. (2011)** ont examiné l'effet d'extraits aqueux de *Tagetes erectus*, qui contient des composés herbicides empêchant ainsi la germination et la croissance de la plante nuisible *Parthenium hysterophorus* L. Les extraits de cette plante ont entraîné une réduction de 25 à 88 % de la longueur des pousses et des racines, ainsi que de la biomasse.

Il faut souligner que les deux derniers travaux cités s'inscrivent dans un autre contexte différent du notre, visant à exploiter respectivement les propriétés stimulatrices de la croissance et bio herbicides de certains extraits de plantes pour un usage dans le cadre du contrôle biologique des mauvaises herbes.

De ce point de vue, pour réduire au minimum l'utilisation d'herbicides synthétiques, il convient d'utiliser des extraits végétaux, seuls ou en combinaison avec des herbicides. Ces extraits contiennent des allélochimiques potentiels, tels que des composés phénoliques, des terpénoïdes, des alcaloïdes, des coumarines, des tanins, des flavonoïdes, des stéroïdes et des quinine. Ces substances sont capables d'influencer de manière sélective ou non la germination et la croissance des plantes, souvent à des concentrations très faibles (**Safdar et al., 2016**).

Ces substances chimiques à potentiel allélopathique sont présentes dans presque toutes les plantes, et plus précisément dans de nombreux tissus tels que les feuilles, les tiges, les inflorescences, les fruits, les graines et les racines. Dans certaines conditions spécifiques, ces substances sont libérées dans l'environnement et peuvent avoir un effet positif ou négatif sur la croissance et le développement de la végétation (**Mandal et Mondal, 2011**). L'utilisation de ces substances ne se limitent pas aux inhibiteurs. Elles peuvent aussi être des stimulants, comme les nutriments minéraux, les acides organiques, les glucides ou les régulateurs de croissance. Il est crucial de déterminer la concentration à laquelle chaque réponse particulière se manifeste si l'on désire exploiter l'interaction allélopathique (**El-Mergawi et al., 2019**).

En effet, durant la germination, les mitoses sont plus actives et contribuent à l'augmentation de la taille des jeunes plantes. Un indice de mitose élevé traduit donc une forte activité mitotique et une augmentation importante du nombre de cellules. Inversement, un indice de mitose faible indique une faible activité mitotique, qui peut être due à la présence d'une substance inhibant la polymérisation de la tubuline (**Mbayo et al., 2016**).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la propolis peut être utilisée dans plusieurs domaines. Dans l'agro-alimentaire, elle est notamment utilisée pour inhiber la germination. C'est ce que nous avons observé dans notre étude : la propolis peut effectivement augmenter la durée de conservation des aliments, comme l'ont prouvé certaines études. **Kahramanoglu et Usanmaz. (2017)** ont étudié les effets de la propolis et de l'huile de nigelle sur la durée de conservation du jus de grenade fraîchement pressé. Une autre étude, menée par **Pobiega et al. (2019)**, indique que la durée de conservation des tomates cerises est prolongée par la propolis, ce qui est intéressant pour les producteurs et les consommateurs.

Dans la conservation des aliments et les emballages actifs, **Segueni et al. (2023)** ont indiqué que la propolis pouvait être utilisée seule ou en association avec des huiles végétales ou aromatiques. Un mélange de propolis, d'acide gallique et d'huiles essentielles de thé a été testé comme conservateur naturel pour le céleri frais, les poireaux et les courges. Une autre étude illustre les propriétés conservatrices de la propolis. **Tzima et al. (2015)** ont démontré que la propolis, le thym et le romarin pouvaient servir à développer des conservateurs naturels efficaces.

Chapitre IV. Évaluation de l'effet antagoniste de la propolis contre les organismes nuisibles de l'abeille mellifère *Apis mellifera***1. Matériel et méthodes****1.1.Choix et origine des bio agresseurs testés**

Afin de mener à bien cette expérimentation, des visites de prospection et de dépistage ont été effectuées dans la région de M'sila pour détecter et isoler les principaux bio agresseurs de l'abeille dans cette région. Ce travail a été effectué en parallèle avec l'enquête ethnobotanique. En effet, en plus du parasite de l'abeille *Varroa destructor* ; *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.*, et *Galleria mellonella* L. ont été recensés. Par ailleurs le choix s'est porté sur les trois dernières espèces. Le premier site contaminé par la bactérie *P. larvae* a été détecté en février 2022 dans un rucher situé dans la région de Maadid (Wilaya de M'sila) sur la base des symptômes caractéristiques de la Loque américaine, des prélèvements ont eu lieu afin de procéder à l'isolement de la bactérie. Pour la Nosébose, le rucher infecté par cette maladie se trouve dans la région de Boussaâda à M'sila. Sur la base des signes d'infection, des prélèvements des abeilles infectées ont été réalisés entre Février et Mars de l'année 2022. Enfin, concernant *Galleria mellonella*, les cadres de ruche infectés ont été prélevés en mois de septembre de l'année 2022 dans la région de Maadid, à M'sila.

1.2.Etude de l'effet antagoniste de la propolis contre l'agent de la loque américaine***Paenibacillus larvae*****1.2.1. Isolement et identification de l'agent de la loque américaine dans la région d'étude****1.2.1.1.Préparation des solutions mères et des dilutions**

En effet, vu que les individus infectés par la loque américaine ont été éliminés immédiatement par l'apiculteur propriétaire du rucher qui a procédé à la brulure de toutes ruches infectées pour stopper la propagation de la maladie, l'isolement de *P. larvae* a été fait à partir de pollen et de miel prélevés directement des ruches infectées avant leurs purifications. En effet, une quantité de 500 g a été prélevée de chaque type d'échantillon et conservée dans des flacons stériles portant des indications de lieu et de date de prélèvement. Par la suite, de chaque échantillon, 10 g ont été pesés puis dissout dans 90 ml d'eau physiologique stérile. Après agitation, la solution mère a été autoclavée à 80°C pour éliminer les formes non sporulantes et faciliter la purification. Enfin, des dilutions successives sont préparées (Oulebsir-Mohandkaci *et al.*, 2016).

Par ailleurs, nous soulignons que le sol provenant du rucher également a été utilisé mais, aucun isolat correspondant aux critères de *P. larvae* n'a été obtenu.

1.2.1.2. Technique d'ensemencement et purification

À proximité d'un bec Bunsen, un volume de 0,1 ml de chaque dilution a été prélevé, puis étalé par épuisement à la surface d'une boîte de Pétri contenant le milieu sélectif MYPGP (annexe 04). Dans le but d'isoler des souches de *Paenibacillus larvae*, les cultures ont ensuite été incubées pendant 24 à 72 heures à 37 °C. Ensuite, des repiquages successifs sur milieu MYPGP ont eu lieu par la méthode des stries jusqu'à l'obtention des cultures pures et des colonies semblables et bien individualisées. Le choix des colonies bactériennes est basé sur celles qui semblent répondre aux critères de l'espèce visées tels que la forme, l'aspect et la couleur.

1.2.1.3. Caractérisation et identification phénotypique

Pour cela, nous avons procédé à une étude macroscopique et microscopique afin d'obtenir un certain nombre d'informations permettant une identification phénotypique préliminaire des souches isolées. Cette description directe permet de déterminer l'aspect macroscopique des colonies (forme, aspect, couleur, taille, ...). En outre, plusieurs tests ont été réalisés selon **Joffin et Leyral. (2006)**, avec quelques ajustements : observation microscopique à l'état frais, coloration de Gram et coloration des spores. Les tests biochimiques permettent d'identifier les caractères métaboliques des bactéries isolées. Douze tests biochimiques ont été réalisés à l'aide des galeries API 20E, ainsi que d'autres tests classiques tels que la catalase et l'oxydase, nitrate réductase, type respiratoire, mannitol-mobilité, milieu viande foie (VF), le milieu TSI, le milieu Clark et Lubs, tests lipase, amylase, caseinase (annexe 05).

L'introduction dans le logiciel ABIS des résultats de la caractérisation morphologique, physiologiques, biochimique et ceux relatifs à la recherche de certaines enzymes, nous a permis de faire une identification préliminaire de nos isolats. Uniquement deux souches ont été identifiées par ce logiciel (souche de miel et souche de pollen), pour les autres souches, le nombre de tests réalisés était insuffisant (annexe 05). La clés d'identification de **Guiraud (2003)** a également été utilisée.

1.2.2. Bio-essais et traitement des différents isolats de *Paenibacillus larvae* par la propolis

L'activité antibactérienne des extraits éthanoliques, méthanoliques et aqueux de propolis (EEP, EMP et EAP) provenant de deux station Ouled Madhi et Maadid a été évaluée par la méthode de diffusion des disques sur gélose Muller Hinton, dont le principe est de déterminer la sensibilité ou la résistance de *Paenibacillus larvae* aux solutions testées à des concentrations

croissantes (200 mg/ml, 400 mg/ml et 600 mg/ml). Cette méthode consiste à utiliser des disques stériles en papier Whatman de 6 mm de diamètre. À l'aide d'une pince stérile, chaque disque est imprégné de 10 μ l d'extrait testé. L'oxytétracycline (OT) a été choisie comme témoin positif. Selon des études scientifiques, cet antibiotique est mentionné pour son efficacité contre la bactérie *P. larvae* (Plavša *et al.*, 2011 ; Obshta *et al.*, 2023). En outre, selon l'extrait testé, l'éthanol, méthanol ou encore l'eau ont été employés comme contrôle négatif. Après le dépôt des disques dans le milieu de culture préalablementensemencé par *Paenibacillus larvae*, l'incubation se fait à 37°C pendant 24h. L'évaluation du pouvoir antimicrobien des extraits de propolis à tester se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition, qui se traduit par un halo clair autour du disque absorbant. Enfin, la lecture de l'antibiogramme a été faite en mesurant à l'aide d'une règle graduée les diamètres d'inhibition autour des disques (figure 48).

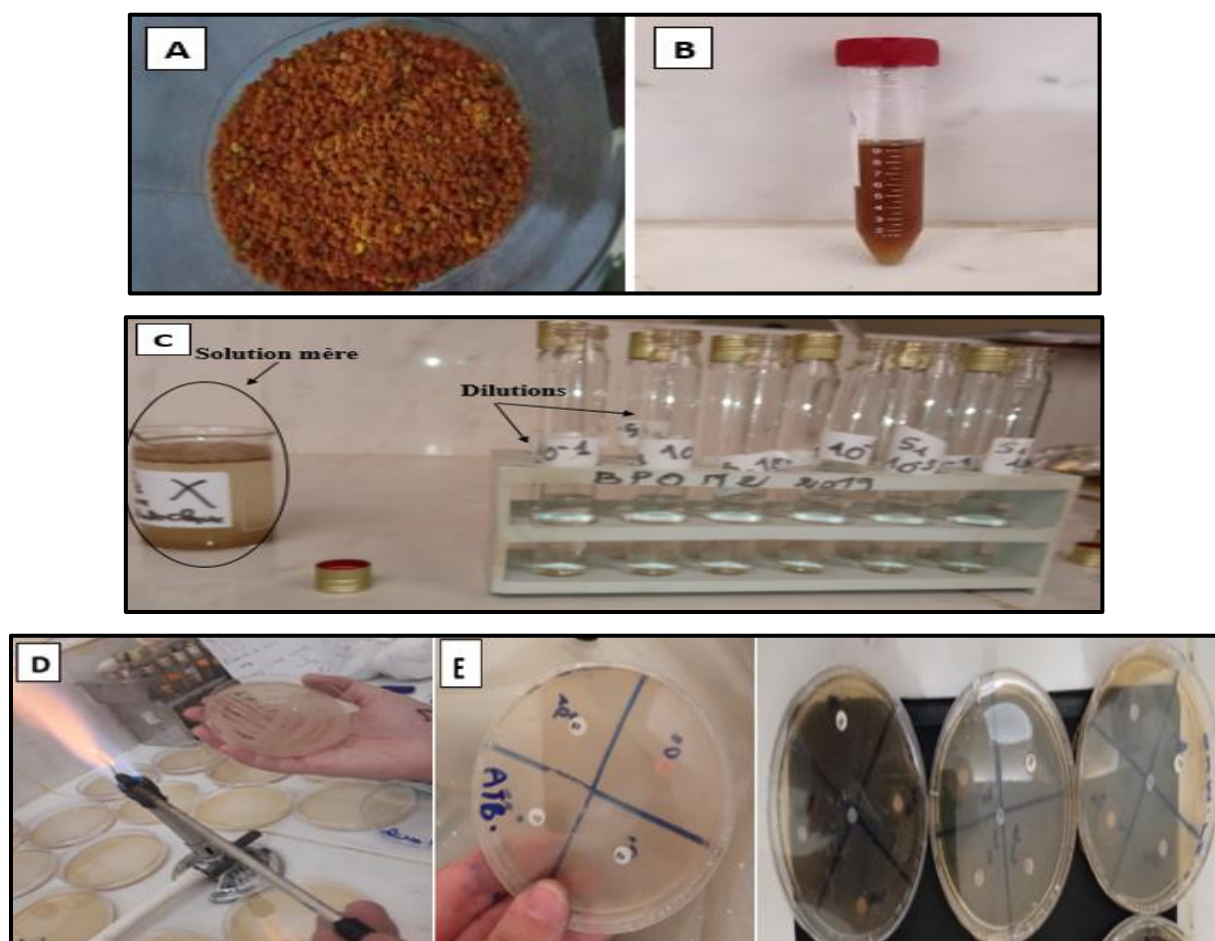


Figure 49: Isolement et évaluation de l'effet antagoniste de la propolis contre *P. larvae* (A) et (B) les échantillons de pollen et de miel utilisés, (C): préparation des dilutions décimales (10^{-1} à 10^{-6}), (D) : Préparation d'inoculum, (E) : Dépôt des disques.

1.3. Etude de l'effet antiparasitaire de la propolis contre *Nosema sp.*

Des individus présentant des signes d'infection par la nosérose ont été déplacés du rucher vers le laboratoire et placés dans des cagettes pour confirmer et évaluer les taux d'infestation.

1.3.1. Préparation des cagettes

Les cagettes utilisées dans cette étude sont de type « pain modifié » (10 × 8,5 × 6 cm). Chacune contient 20 individus. Ces individus sont alimentés avec du pollen et du miel confectionné en boule et de sirop de sucre avec de l'eau pure, fournis dans des tubes à hémolyse en plastique percés au fond. Toutes les cagettes sont placées dans une étuve réglée à 32 °C et à une humidité relative de 70 %.

1.3.2. Evaluation du taux d'infestation par la nosérose dans les colonies d'abeilles visitées et détermination des concentrations sporale de *Nosema*

Pour ce faire, nous avons procédé à l'extraction de spores de *Nosema sp.*, à partir d'ouvrières traitées. L'extraction a été réalisée selon le protocole proposé par l'OIE (Office international des épizooties). Le comptage des spores de *Nosema* a ensuite été effectué au microscope optique sur une cellule de Malassez. Sachant que les spores de *Nosema sp.*, ne parasitent que l'intestin de l'abeille, nos prélèvements ont concerné uniquement l'abdomen des ouvrières (figure 49).

Pour cela, les abdomens de cinq ouvrières sont prélevés à l'aide d'une pince entomologique et broyés avec 5 ml d'eau distillée stérile. La suspension obtenue est filtrée à l'aide d'un papier Whatman n°4 dans un entonnoir placé au-dessus d'un tube à centrifuger gradué. Cette filtration sert à récupérer le jus des abdomens broyés contenant les spores de *Nosema sp.* Les tubes contenant le filtrat sont égalisés à 10 ml avec de l'eau distillée stérile. Ensuite, ils ont été centrifugés à 800G et à température ambiante pendant 6 minutes. Les surnageants sont décantés et les tubes contenant les culots sont complétés à 10 ml, cette procédure est répétée trois fois pour assurer une purification optimale des spores et éliminer le maximum de débris tissulaires (Dadoun, 2021).

L'échelle de classification utilisée pour déterminer le degré d'infestation des colonies d'abeilles en fonction du nombre de spores est la suivante :

- 1 : infection très forte (plus de 5 millions de spores par abeille) ;
- 2 : infection forte (2 à 5 millions de spores par abeille) ;
- 3 : infection faible (0,5 à 2 millions de spores par abeille) ;
- 4 : infection très faible infection (moins de 0,5 million de spores par abeille) ;
- 5 : pas d'infection.



Figure 50: Détermination des concentrations sporales.

1.3.3. Bio-essais et méthode de traitement des abeilles infectées par la nosémosse par les extraits de propolis

L'effet antagoniste des différents échantillons des extraits de propolis (EEP, EMP et EAP) provenant de deux stations Ouled Madhi et Maadid sur l'agent de la nosémosse a été évalué. En effet, trois lots d'abeilles ont été utilisés dans la présente étude et chacun est constitué de trois cagettes contenant chacune 20 ouvrières.

Pour le lot traité contenant des abeilles malades, les concentrations des extraits de propolis testées sont de 20, 40 et 60 mg/ml, dissoutes dans du sirop d'abeille préalablement préparé. Le lot témoin contenant des abeilles saines reçoit du sirop non additionné d'EP. Un troisième lot d'abeilles, qui sert de témoin positif, a été soumis à un traitement à base de Diprim (sulfaméthoxazole + triméthoprine, TMP-SMX 200/40 mg), conformément aux études scientifiques. Nous avons sélectionné ce contrôle (TMP-SMX) en raison de son utilisation répandue dans divers traitements thérapeutiques (**Moon et Oberhelman, 2005 ; Kappagoda et al., 2011 ; Nsiangani Lusambo et al., 2023**). Les trois lots ont été déposés à une température de 32 °C (figure 50).

En parallèle, des mesures de la consommation journalière en pollen et en sirop a été mesurée dans l'ensemble des lots.



Figure 51: Type de cagette utilisée et traitement des abeilles infectées par la nosérose

1.3.4. Expression des résultats et comptage de la mortalité

La durée de suivi de l'expérimentation est de 10 jours. Pendant cette période, des comptages journaliers de la mortalité chez *Nosema* ont été effectués au niveau des lots traités et non traités. A cet effet, la solution sporale est déposée au fond de la chambre et les spores sont observées au microscope photonique LEICA DM500, avec un grossissement de x 40.

Le calcul du nombre de spores par abeille est effectué avant et après traitement selon une règle de trois.

Nombre de spores comptés —————> 0.015mm³ (volume total compté dans la cellule).

Nombre de spores totaux —————> Volume final de suspension.

1.4. Etude de l'effet larvicide de la propolis sur la fausse teigne des ruches *Galleria mellonella* L.

1.4.1. Elevage

Des larves de *Galleria mellonella* ont été utilisées pour ce test, ces dernières sont issues d'un cadre fourni par un apiculteur dans la région de Maadid a Msila. Elles ont été déposées dans des bocaux en verre, à l'abri de la lumière à une température moyenne de 32 °C et nourries d'un mélange de pollen, miel et de cire. A l'émergence, les adultes sont transférées dans d'autres bocaux pour l'accouplement et la ponte des Œufs. Pour les préparer aux tests, les larves impropres à l'expérience ont été éliminées, nous avons sélectionné un grand nombre de larves

pesant chacune environ 0,6 gramme, puis nous les avons laissées sous surveillance pendant 24 avant le traitement dans des boîtes de Pétri pour éliminer les mortalités naturelles.

1.4.2. Application des traitements

Au cours de cette étude, l'effet larvicide a été évalué en fonction du taux de mortalité des larves traitées avec différentes concentrations des extraits de propolis (EEP, EMP et EAP) des deux stations ; Ouled Madhi et Maadid (D1 = 20 mg/g, D2 = 40 mg/g et D3 = 60 mg/g). Ces concentrations ont été ajoutées à l'aliment des larves. Un second lot constitué de larves de *G. mellonella* a été nourri avec le pollen, cire et de miel non traité par la propolis. Les deux lots de larves ont été maintenus à une température de 32 °C (figure 51).



Figure 52: Répartition des larves pour l'étude de l'effet larvicide de la propolis sur *G. mellonella* L.

1.4.3. Comptage des mortalités observées et des mortalités corrigées

Les mortalités des larves traitées et des témoins ont été vérifiées quotidiennement. Les mortalités exprimées en pourcentage ont ensuite été corrigées (Serradj, 2010 ; Lebbouz, 2017) par la formule d'Abbott ci-dessous :

$$\text{Mortalité observée (\%)} = (\text{Nombre des larves mortes} / \text{Nombre total des larves testées}) \times 100$$

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = (\% \text{ de mortalité des larves traitées} - \% \text{ de mortalité des larves témoin}) / (100 - \% \text{ de mortalité des larves témoin}) \times 100$$

1.5. Analyses statistiques et calcul des CL₅₀

Toutes les expériences ont été réalisées en triplicata et les données sont exprimées sous forme de moyenne $\pm$ SD. L'analyse de variance (ANOVA) et la comparaison multiple de Tukey ont été considérées comme significatives (au seuil de 5%) par GraphPad Prism 8.4.3 (686). Une analyse probit a été réalisée pour calculer les concentrations létales de 50 % de la population (CL₅₀) avec le logiciel IBM SPSS version 26. De plus, des modèles linéaires généralisés univariés (GLM) tels que binomiale négative et test de Poisson ont été utilisés.

2. Résultats**2.1. Détection des principales pathologies de l'abeille dans la région d'étude**

Notre étude s'est concentrée sur l'importance des dommages causés par *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.*, et *Galleria mellonella* dans les ruchers de la région de M'Sila. Leur propagation a été détectée, comme le montre la figure (52) ci-dessous. Les dégâts provoqués par *Nosema sp.* et *Galleria* ont été clairement observés. En ce qui concerne la maladie causée par *Paenibacillus larvae*, toutes les ruches ont été brûlées afin d'éviter la propagation de l'infection dans le rucher. En ce qui concerne la maladie causée par *Paenibacillus larvae*, toutes les ruches ont été brûlées afin d'éviter la propagation de l'infection dans le rucher.

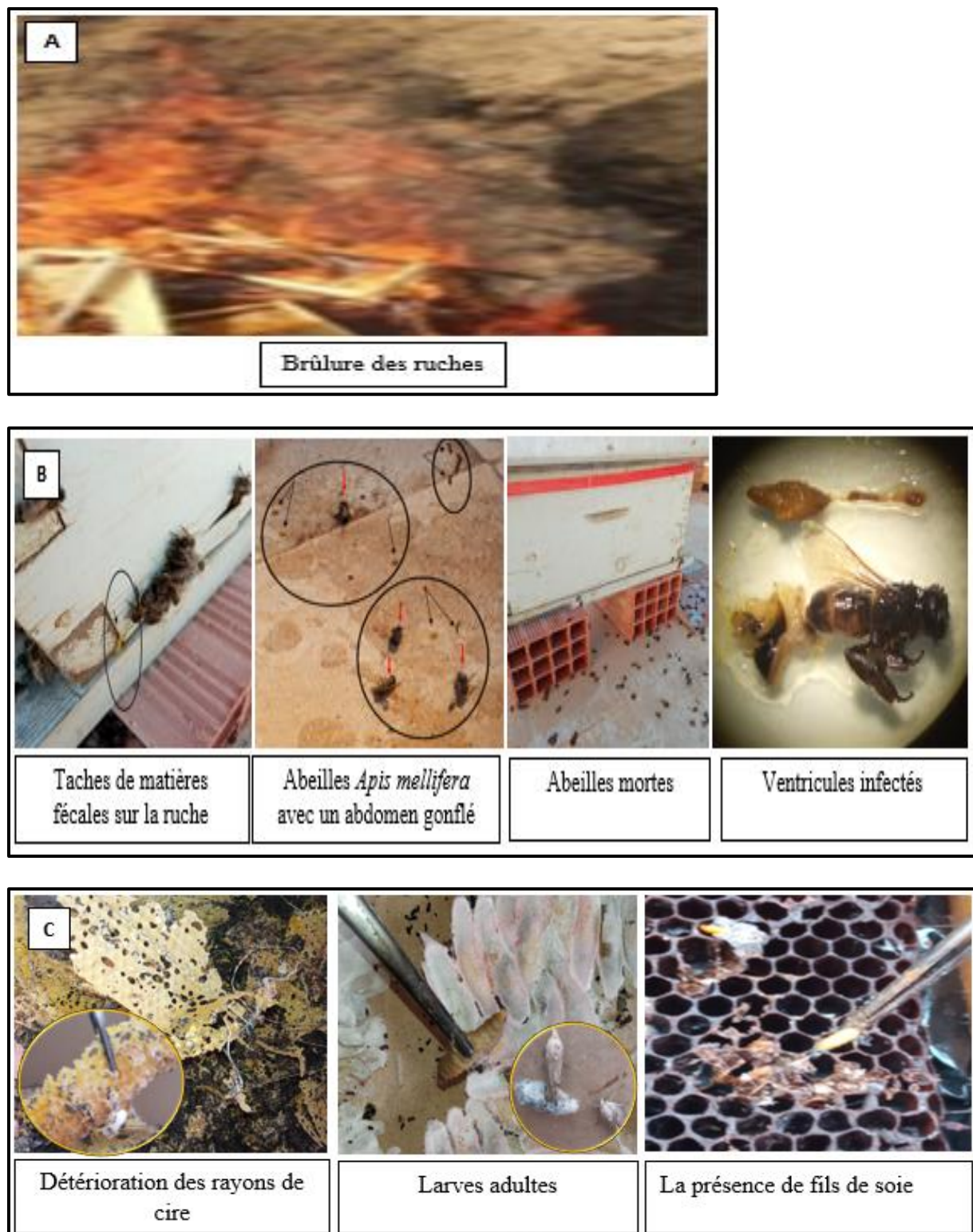


Figure 53 : Dépistage de la *Paenibacillus larvae*, *Nosema* sp., et *Galleria mellonella* L chez les larves d'abeilles *Apis mellifera*.

2.2. Résultats de l'activité antagoniste des extraits de propolis contre *P. larvae*

2.2.1. Résultats de l'isolement et la caractérisation phénotypique

2.2.1.1. Etude des caractères macroscopiques

Les différents échantillons analysés ont permis la purification de plus de 10 isolats. Des colonies distinctes visibles à l'œil nu, présentant les caractéristiques morphologiques spécifiques de *Paenibacillus larvae* se sont formé sur le milieu sélectif MYPGP-agar, elles sont petites, régulières, de forme plate, et de couleur blanchâtre ou beiges. Ces dernières apparaissent parfois sèches ou friables (Figure 53).

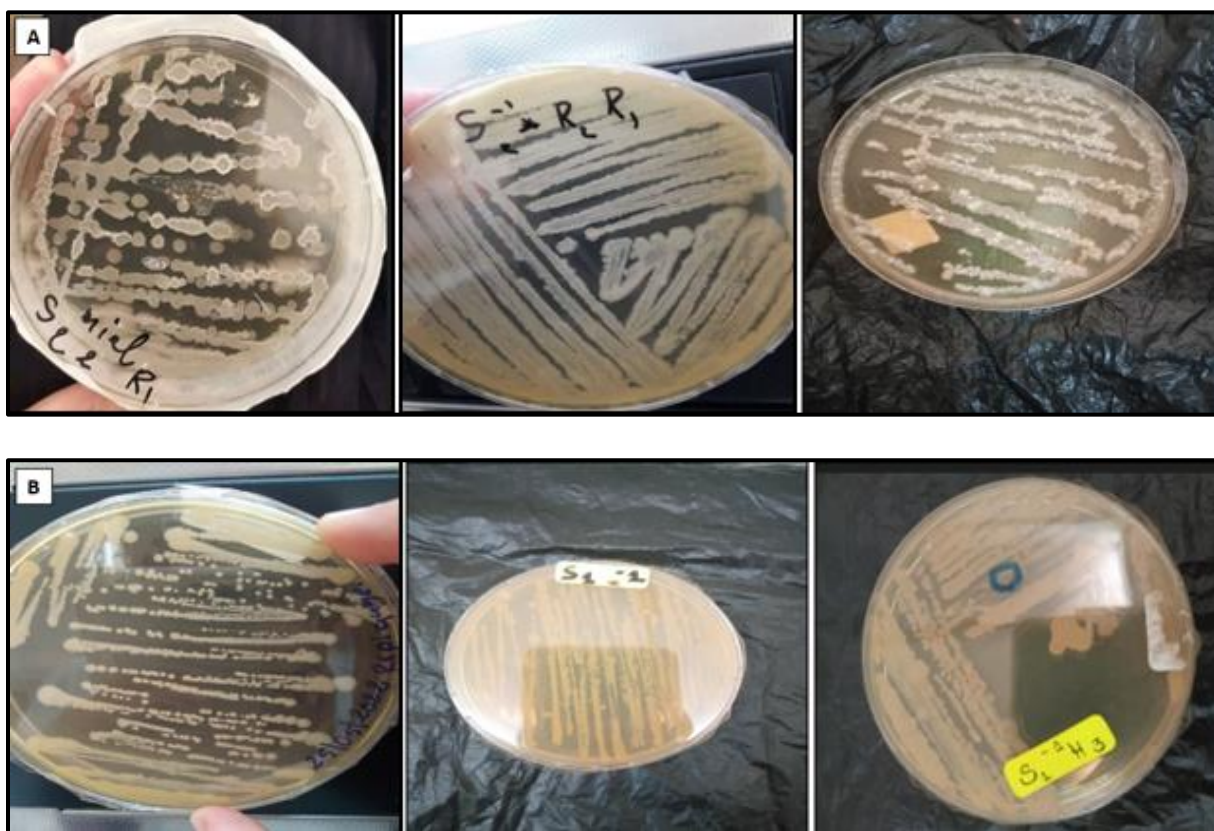


Figure 54: Aspect macroscopiques des isolats *P. larvae* sur le milieu MYPGP. (A) : Souches isolées à partir du miel, (B) : Souches isolées à partir de pollen.

2.2.1.2. Etude des caractères microscopiques et biochimiques

Les isolats bactériens sont des Gram positif. En effet, la coloration de Gram, a permis d'observer au microscope optique des cellules bleu-violettes isolées ou associées en chaîne, et sa forme est bacillaire.

Dans la présente étude, chaque isolat a été soumis à une série d'examen biochimiques, les résultats communs pour l'ensemble des isolats sont illustrés dans le tableau (38).

Tableau 37: Résultats des caractères biochimiques des souches isolées

<i>Test</i>	<i>Résultat</i>	
Catalase	Négatif	Apparition des bulles ou dégagement gazeux d'oxygène.
Oxydase	Positif	L'apparition d'une coloration violette du disque, ce qui indique la présence de cytochrome c –oxydase
Respiratoire	Positif	Certains tubes ont présenté des cultures tout au long de tube donc il s'agit de bactéries Aéro anaérobies facultatif. Sauf une souche qui a poussé juste en surface
Nitrate réductase	Positif	La coloration rouge indique que les nitrates sont réduits en nitrite. Donc, la bactérie a une réductase positive de nitrite.
Mannitol mobile	Positif	Dégradation du mannose qui se traduit par l'apparition de la coloration jaune. Il y a une diffusion de la culture autour de la piqûre centrale sous forme de trouble donc les bactéries sont mobiles
Test de la dégradation de lactose	Positif	Acidification visible dans tous les tubes (culot +pente) et une fermentation de lactose dans tous les tubes de TSI
Réaction de Vogues Proskauer (VP)	Positif	Coloration rouge apparaît dans tous les tubes ce qui signifie la formation d'acétone
Réaction au rouge de méthyle(RM)	Positif	Une coloration rouge apparaît ce qui traduit la production d'acide (RM ⁺)
Hydrolyse de l'amidon	Positif	Apparition des zones claires après l'ajoute d'une solution de Lugol indique une réponse positive à l'inverse les zones contenant de l'amidon se colorent en brun
Hydrolyse de caséine de laite	Positif	Apparition d'un halo clair entre les colonies et la production de caséinase a été retrouvée chez toutes les souches de <i>Bacillus</i> isolées
Production des lipases	Positif	Apparition d'un halo dans la boîte
Production des lécithinases	Positif	Une zone opaque autour de la culture, traduit la présence d'une lécithinase

En comparant les résultats des tests phénotypiques avec avec **Guiraud (2003)** et **Ashiralieva et Genersch. (2006)** ainsi que le logiciel Abis, on peut supposer que les bactéries isolées appartiennent à l'espèce *Paenibacillus larvae*. Ces résultats s'ajoutent aux signes symptomatologiques d'infection observés chez les abeilles infectées. Nous signalons enfin, que l'identification moléculaire des isolats a été entravée par la propagation du COVID 19 et la fermeture des frontières durant cette période.

2.2.2. Résultats de l'activité antibactérienne de la propolis contre les deux isolats de *P. larvae*

Pour l'évaluation du potentiel antibactérien des extraits EEP, EMP et EAP de propolis récoltée d'Ouled Madhi et Maadid contre les deux isolats de *P. larvae* ; PP et PM, la méthode de diffusion de disques utilisée a permis de constater l'importante sensibilité de ces dernières à la propolis testée (tableau 44). Nous constatons que la souche PP décèle une sensibilité vis-à-vis des différentes concentrations testées avec des zones d'inhibition différentes dans tous les extraits de propolis avec des diamètres variés allant de $11,33 \pm 1,52$ mm à $49,16 \pm 1,89$ mm. En outre, nous observons que la souche PM semble plus sensible aux différentes concentrations testées avec des zones d'inhibition plus élevées allant de $26,83 \pm 1,44$ mm à $53,6 \pm 2,42$ mm. Par ailleurs, l'antibiotique Oxytétracycline (OT) a donné des zones d'inhibition plus faibles variant entre $9,33 \pm 0,57$ à $24,16 \pm 3,81$ mm. On conclut alors que les extraits de propolis testés à différentes concentrations exercent un effet significatif contre les souches PP et PM par rapport à l'antibiotique Oxytétracycline. De plus, nous remarquons que la propolis de région Maadid (P2) présente un pouvoir antimicrobien plus significatif que celui des propolis d'Ouled Madhi (P1).

Les résultats des tests de sensibilité/ résistance des deux isolats bactériens PP et PM avec l'antibiotique OT sont illustrés par la figure (54).

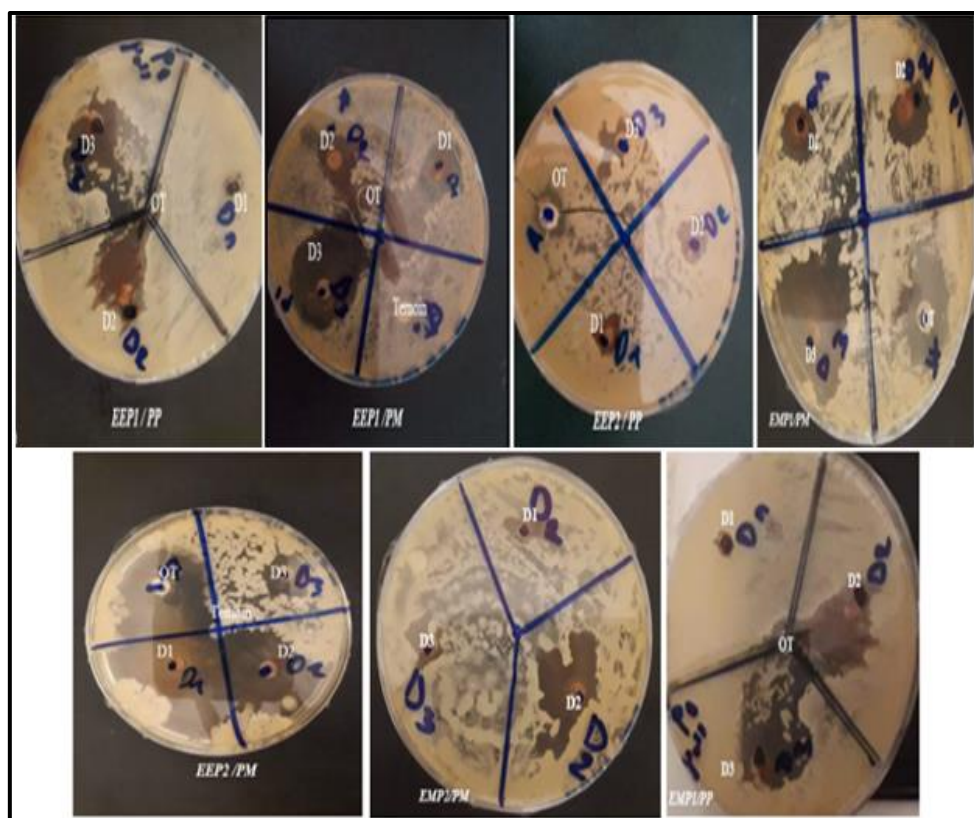


Figure 55: L'effet antibactérien des extraits de propolis (EEP1, EMP1 et EAP1) issus de la station d'Ouled Madhi et EEP2, EMP2 et EAP2 de la station de Maadid contre les différents isolats de *P. larvae* ; PM : isolée à partir de miel et PP isolée à partir de pollen.

D'après les diamètres des zones d'inhibition, (tableau 44), l'extrait éthanolique EEP1 a démontré la meilleure activité antibactérienne avec la concentration de 600 mg/ml sur la souche PM, avec un diamètre moyen de 53.6 ± 2.42 mm. De plus, l'isolat PP a montré un diamètre d'inhibition de 50.33 ± 4.16 mm après traitement avec le même extrait de propolis EEP1. On a pu observer des zones très faibles avec la concentration de 200 mg/ml testée sur PM et PP avec des diamètres variant entre 11.33 et 36.83 mm. Ainsi avec la concentration de 400 mg/ml, la sensibilité des souches bactériennes est modérée.

Tableau 38: Comparaison de l'activité des extraits de propolis à l'égard des deux isolats de *P. larvae*.

<i>Souche bactériennes</i>	<i>Extraits</i>	<i>Concentration (mg/ml)</i>	<i>Zone d'inhibition (mm)</i>	<i>Extraits</i>	<i>Concentration (mg/ml)</i>	<i>Zone d'inhibition (mm)</i>
PP	EEP1	200	11.33±1.52	EEP2	200	22.66±0.57
		400	31.33±1.15		400	29.33±0.57
		600	44±1.73**		600	43.16±2.75**
		Oxytétracycline	13.66±1.52*		Oxytétracycline	11.66±1.52*
	EMP1	200	-	EMP2	200	39.16±3.81
		400	39.5±5.76		400	40.5±1.8
		600	42±2.59**		600	49.16±1.89**
		Oxytétracycline	19.66±4.5*		Oxytétracycline	23±2.64*
	EAP1	200	-	EAP2	200	-
		400	-		400	-
		600	37.83±1.04		600	41.33±3.21
		Oxytétracycline	18.33±1.52*		Oxytétracycline	24.16±3.81*
PM	EEP1	200	29.66±0.28	EEP2	200	32.33±0.57
		400	37.67±1.15**		400	44.16±1.04**
		600	53.6±2.42		600	50.33±4.16
		Oxytétracycline	9.33±0.57*		Oxytétracycline	10.33±1.52*
	EMP1	200	30.33±3.17	EMP2	200	35.33±1.52
		400	33.83±1.75**		400	49.83±0.76**
		600	37.66±1.15		600	43.16±1.6
		Oxytétracycline	16.5±1.32*		Oxytétracycline	21.33±2.3*
	EAP1	200	36.83±4.19	EAP2	200	-
		400	34.83±4.19**		400	30.83±5.34**
		600	26.83±1.44		600	31±2.17
		Oxytétracycline	19.33±0.57*		Oxytétracycline	19.83±0.76*

(**) : très significatif ; (*) : significatif.

2.3. Résultats de l'activité antiparasitaire de la propolis contre *Nosema sp.***2.3.1. Résultats du dépistage de la nosérose et évaluation du taux d'infestation dans les colonies d'abeilles visitées**

Avant le traitement et afin de bien mesurer l'efficacité de nos traitements biologiques, nous avons procédé à l'analyse des taux d'infection de *Nosema sp* chez les abeilles montrant des signes d'infection (tableau 40 et figure 55).

Pour cela, le dénombrement des spores par abeille a été fait. A cet effet, des individus pris aléatoirement à partir des dix colonies du rucher prospecté, ces derniers ont été répartis en 10 cagettes à raison de 20 abeilles par cagette (figure 55). Un nombre total de 200 abeilles a été donc analysé. Ces individus ont été utilisés par la suite dans les traitements biologiques par la propolis. Les résultats de la prévalence de la nosérose dans notre station sont présentés dans le tableau 40.

Tableau 39: Prévalence de la nosérose dans les colonies d'abeilles prospectées avant les traitements.

<i>Cagette</i>	<i>Nombre des spores /abeille</i>
cagette n°1	12×10^5
cagette n°2	12×10^5
cagette n°3	10×10^5
cagette n°4	7×10^5
cagette n°5	8×10^5
cagette n°6	11×10^5
cagette n°7	10×10^5
cagette n°8	8×10^5
cagette n°9	13×10^5
cagette n°10	10×10^5

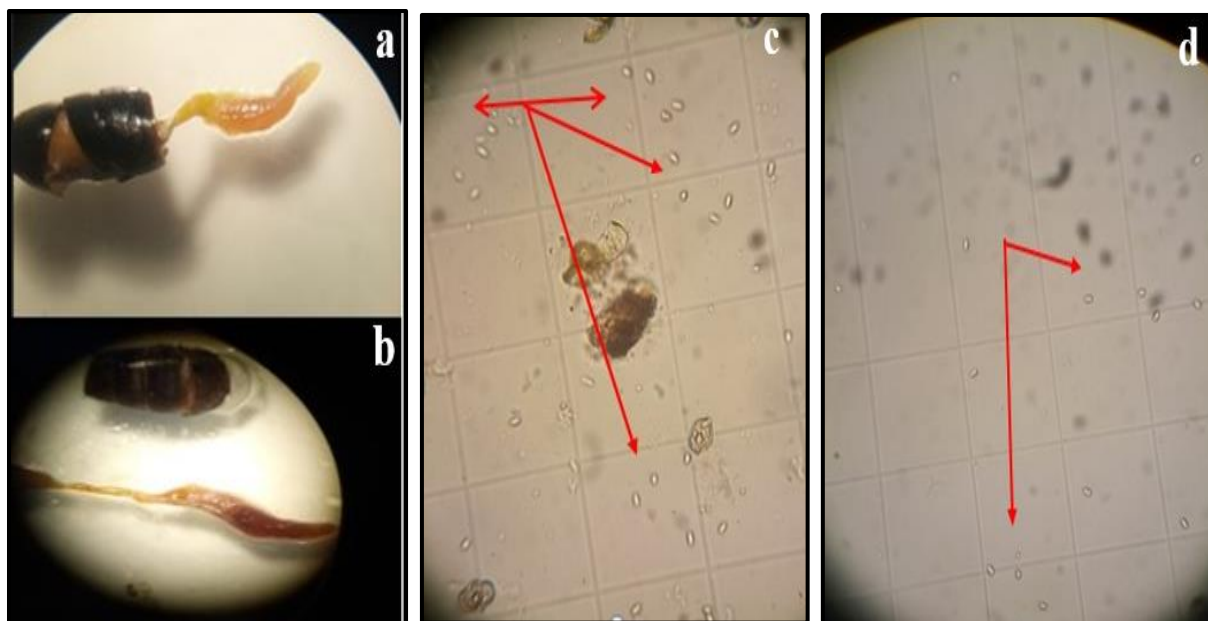


Figure 56: Dépistage de la nosémose chez l'abeille mellifère. (a) : ventricule sain ; (b) : ventricule présentant la nosémose, (c) : quantification des spores de *Nosema* sous microscope optique (Gr x 40) avant traitement ; (d) : quantification des spores de *Nosema* après le traitement.

2.3.2. Résultats de l'effet antiparasitaire de la propolis sur *Nosema* sp.

L'activité antiparasitaire des extraits de propolis testées (EEP, EMP et EAP) de station Ouled Madhi et de Maadid, a été évaluée en calculant le nombre de spores par lame de Malassez pendant 10 jours après traitement. Les résultats obtenus nous ont permis d'évaluer la résistance/sensibilité de *Nosema* sp à la propolis et ce en comparant le nombre de spores détecté après traitement avec celui obtenu avant le traitement (voir partie précédente). En effet, nous constatons que le pouvoir antiparasitaire varie d'un extrait à l'autre et d'une concentration à l'autre. L'efficacité des EP est très marquée avec une diminution significative pour la forte concentration testée (60 mg/ml) de l'EEP, EMP et l'EAP, des deux stations. Par ailleurs, comparativement au témoin, l'ensemble des extraits et des concentrations ont donné un effet contre *Nosema* sp. La charge sporale chez les abeilles traitées par Diprim (TMP-SMX) est restée relativement élevée (figure 67 et 68).

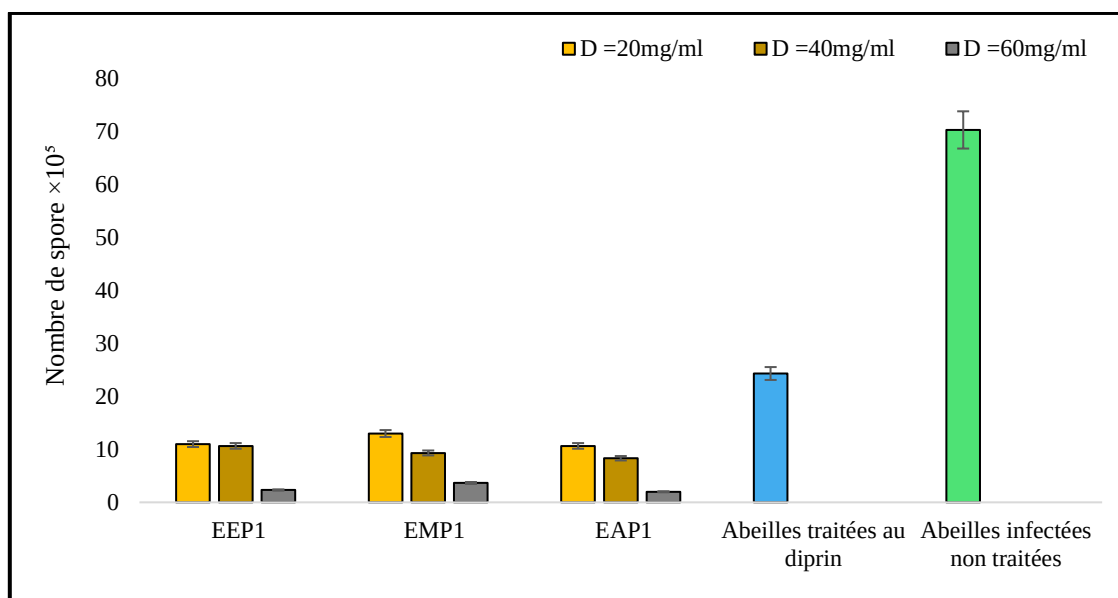


Figure 57: L'effet de divers extraits de propolis de la station d'Ouled Madhi sur Nosema sp. 10 jours après traitement (L'ANOVA révèle une différence très significative au seuil de 5% avec $p < 0,000$ pour tous les extraits de propolis).

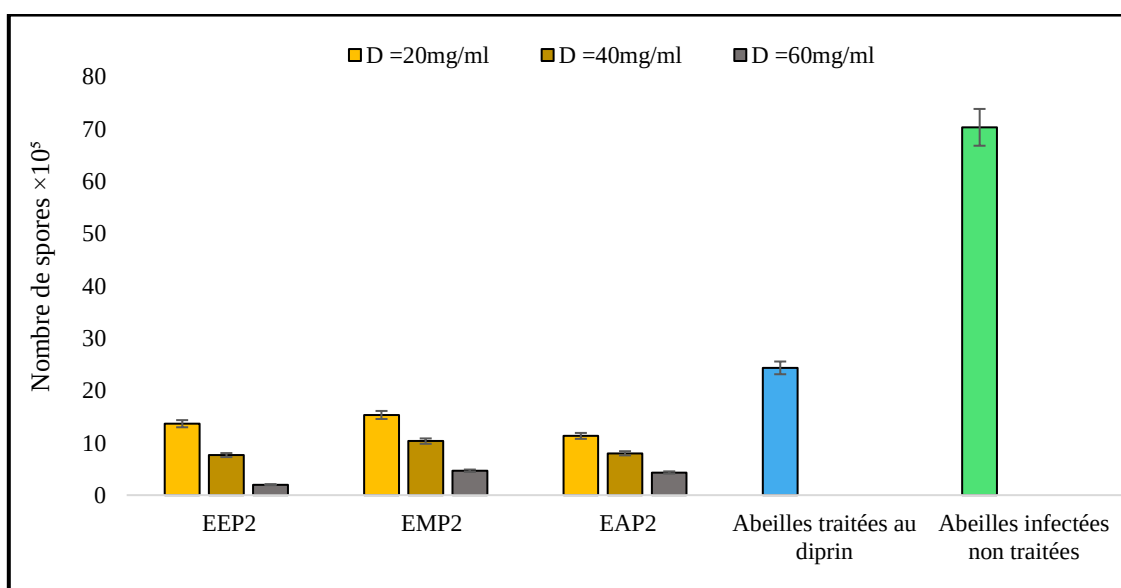


Figure 58: L'effet de divers extraits de propolis de station de Maadid qui sur Nosema sp., 10 jours après traitement (L'ANOVA révèle une différence très significative au seuil de 5% avec $p < 0,000$ pour tous les extraits de propolis).

Parallèlement au comptage de la charge sporale chez les individus traités par EEP1, EMP1, EAP1, EEP2, EMP2 et EAP2, la consommation de sirop et de pollen a été enregistrée pendant les 10 jours de traitement (figure 59). Nous constatons pour le sirop, une diminution de la consommation chez les lots infectés comparativement aux abeilles saines. Cette variabilité dans

la consommation de nourriture semble être une caractéristique distinctive de la *Nosema* qui se développent rapidement en produisant plusieurs millions de spores.

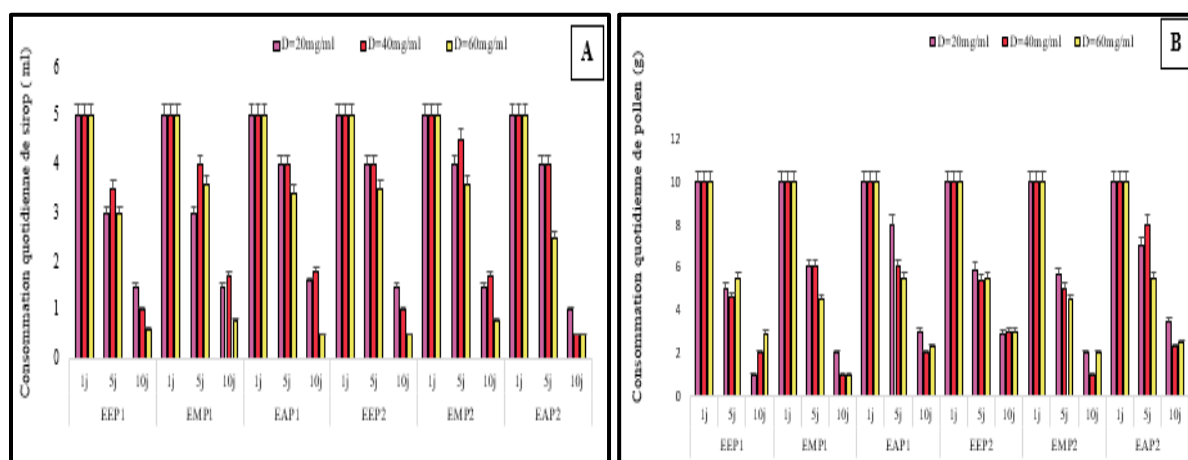


Figure 59: Suivi de la consommation, (A) de sirop (ml) et (B) de nourriture à base de pollen (g) par les abeilles mellifères *A. mellifera* traitées avec des extraits de propolis.

2.3.3. Analyse de l'effet antiparasitaire par des modèles linéaires généralisés univariés (GLM)

Un analyse statistique à l'aide d'une régression linéaire généralisée a été effectuée pour évaluer l'effet de traitement à base de propolis des deux stations (Ouled Madhi et Maadid) sur *Nosema* sp. La comparaison de la charge parasitaire des abeilles a été effectuée à l'aide d'un GML à une seule variable, ainsi qu'une GML négative binaire GLM test de Poisson.

Il semble que l'effet antiparasitaire agoniste ait eu une influence significative sur le nombre de spores après exposition au traitement à base de la propolis (figure 64). Il est intéressant de noter que le nombre de spores a diminué significativement lorsque les abeilles ont été nourries avec un régime contenant des extraits de propolis. Nous avons également observé que, pour le test GLM univarié ($p < 0,000$) comme pour le test GLM de Poisson, les extraits de propolis des deux stations d'Ouled Madhi et Maadid présentent des valeurs comprises entre : test GLM de Poisson : $p < 0,000$ et $p < 0,001$ pour la concentration de 20 mg/ml, et $p < 0,001$ et $p < 0,002$ pour la concentration de 40 mg/ml ; et $p < 0,069$ et $p < 0,097$ pour la concentration de 60 mg/ml.

Il convient également de noter que tous les extraits ont été testés positifs pour *Nosema* sp. Il a également été constaté que les résultats statistiques du test binomial négatif GLM ont montré une variabilité considérable dans les charges de spores après le traitement à la propolis. Cette information est également illustrée dans la figure (60). Comme indiqué précédemment, le modèle de régression linéaire (GLM binôme négatif) appliqué aux tous les extraits de propolis (éthanolique,

méthanolique et aqueux) a révélé des résultats significatifs. Notre analyse statistique, qui montre l'effet des concentrations d'extraits de propolis, révèle que les variables D1, D2 et D3 sont statistiquement significatives à un niveau de confiance de $p < 0,004$, $p < 0,16$ et $p < 0,186$ respectivement, notamment pour l'extrait d'éthanolique de la région de Maadid (EEP2).

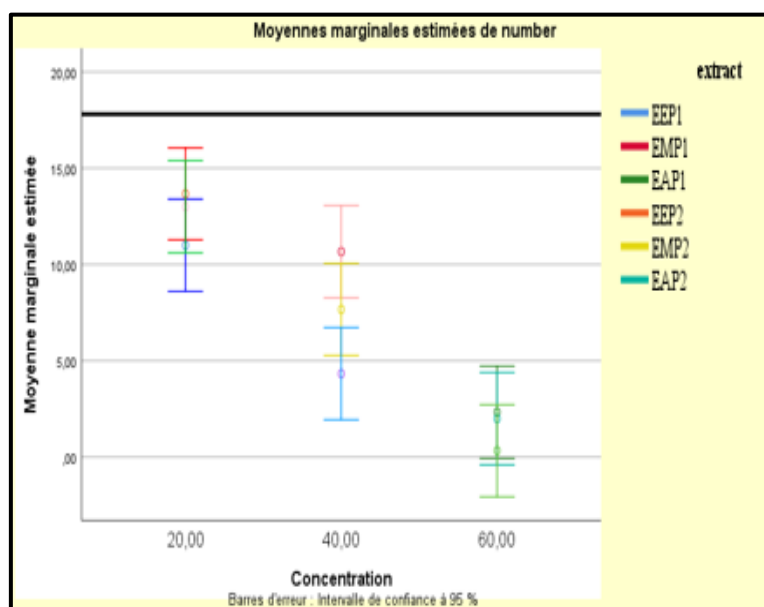


Figure 60 : L'effet antiparasitaire de la propolis des deux stations (Ouled Madhi et Maadid) à différentes concentrations. La différence entre les traitements est significative (GLM, $p < 0,05$) par des modèles linéaires généralisés univariés.

2.4. Résultats de l'activité larvicide de la propolis contre *Galleria mellonella*

Les résultats des tableaux (41 et 42) et des figures (61 et 62), démontre que les extraits de propolis testés présentent des différences significatives dans leur capacité à réduire le nombre de larves de *G. mellonella*. Les pourcentages de mortalité ont été obtenus en fonction de la concentration et du temps de consommation.

2.4.1. Taux de mortalité de la fausse teigne obtenus

Les résultats obtenus (figure 61 et 62) indiquent une activité larvicide très signifiante avec une relation dose-réponse très marquée. 3 jours après traitement ; les plus fortes concentrations d'EP ont entraîné les plus fortes mortalités des larves de *G. mellonella* ; l'extrait EEP1 avec 43.33% ; l'extrait EMP1 avec un taux de 30% et l'extrait EAP1 avec 20% de mortalité, respectivement. En revanche, les plus faibles concentrations utilisées ont causé les plus faibles taux de mortalité allant de 10 % à 20 %. 7 jours après traitement ; l'exposition des larves de *G. Mellonella* aux fortes concentrations d'EP, a révélé une mortalité corrigée de de 70 % pour EEP1 ; 66,66 %

pour EMP1 et 86,66 % pour EEP2, 86.66% EMP2, respectivement. Cependant, les extraits aqueux EA ont révélé les plus faibles mortalités de la fausse teigne.

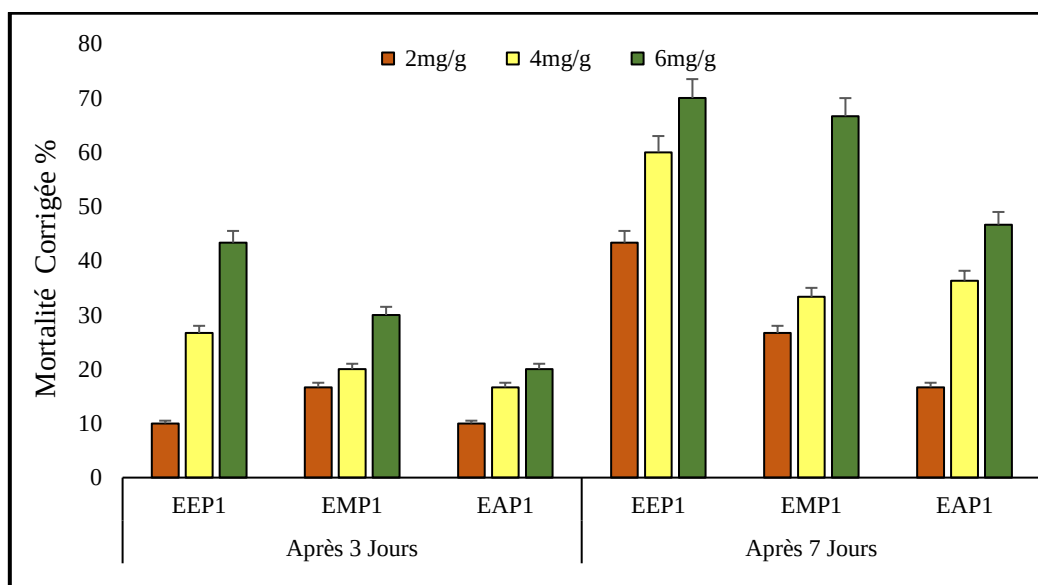


Figure 61: Pourcentage de mortalité larvaire chez *G. mellonella* en fonction des concentrations des EEPs de la region d'Ouled Madhi après 3 et 7 jours d'exposition.

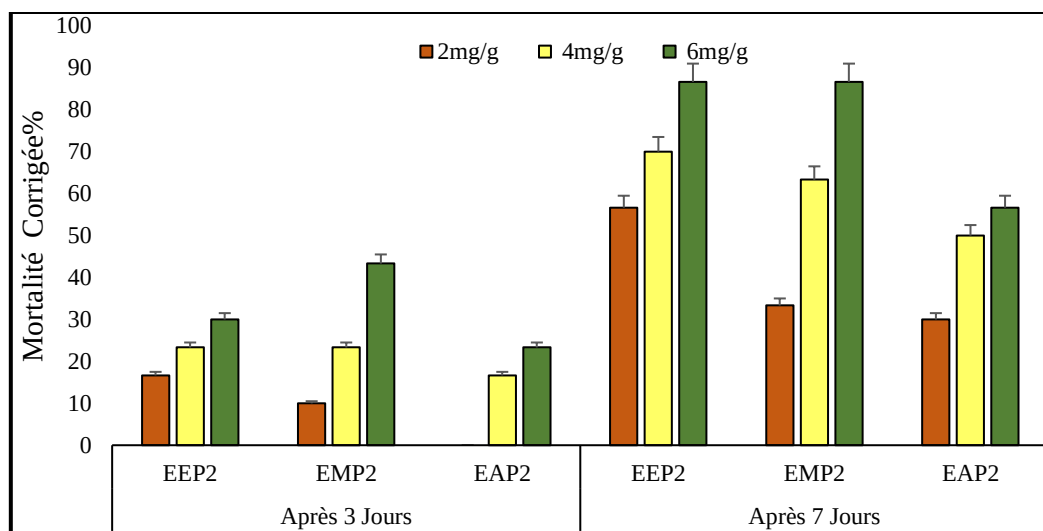


Figure 62: Pourcentage de mortalité larvaire chez *G. mellonella* en fonction des concentrations des EEPs de la region de Maadid après 3 et 7 jours d'exposition.

2.4.2. Les concentrations létales 50 obtenues

L'effet toxique de la propolis a augmenté de manière croissante, en fonction des concentrations utilisées et du temps. D'après les résultats de l'analyse de Probit, on peut constater pour tous les extraits que lorsque le temps augmente, la CL₅₀ diminue (tableau 41 et 42).

Tableau 40: Résultats de l'analyse Probit des traitements avec les trois extraits de propolis après 3 jours d'exposition (par SPSS software)

Station	Extrait	Dose (mg)	MC%	CL ₅₀	(X ²)	Equation	R ²
P1	EEP	2	10±0	6.75	0.20	Y=-1.71+0.26x	0.93
		4	26.66±5.77				
		6	43.33±5.77				
	EMP	2	16.66±5.77	13.01	0.08	Y=-1.05+0.08x	0.75
		4	20±0				
		6	30±10				
	EAP	2	10±10	13.05	0.15	Y=-1.43+0.11x	0.75
		4	16.66±5.77				
		6	20±17.32				
P2	EEP	2	16.66±11.54	13.01	0.84	Y=-1.05+0.08x	0.75
		4	23.33±5.77				
		6	30±0				
	EMP	2	10±0	7.04	0.01	Y=-1.82+0.26x	0.99
		4	23.33±11.54				
		6	43.33±5.77				
	EAP	2	0±0	8.13	0.32	Y=-2.16+0.22x	1
		4	16.66±5.66				
		6	23.33±5.77				

Tableau 41: Résultats de l'analyse Probit des traitements avec les extraits de propolis après 7 jours d'exposition (par SPSS software)

Station	Extrait	Dose (mg)	MC%	CL ₅₀	(X ²)	Equation	R ²
P1	EEP	2	43.33±5.77	3.09	0.57	Y=-0.6+0.19x	0.97
		4	60±0				
		6	70±10				
	EMP	2	26.66±23.09	5.34	0.58	Y=-1.04+0.19x	0.75
		4	33.33±28.86				
		6	66.66±15.27				
	EAP	2	16.66±15.27	7.68	0.002	Y=-1.13+0.15x	0.99
		4	36.66±5.77				
		6	46.66±5.77				
P2	EEP	2	56.66±15.27	1.85	0.04	Y=-0.39+0.21x	0.98
		4	70±0				
		6	86.66±5.77				
	EMP	2	33.33±28.86	3.43	0.035	Y=-1.18+0.34x	0.99
		4	63.33±5.77				
		6	86.66±5.77				
	EAP	2	30±0	4.45	0.76	Y=-0.87+0.19x	0.96
		4	50±0				
		6	56.66±5.77				

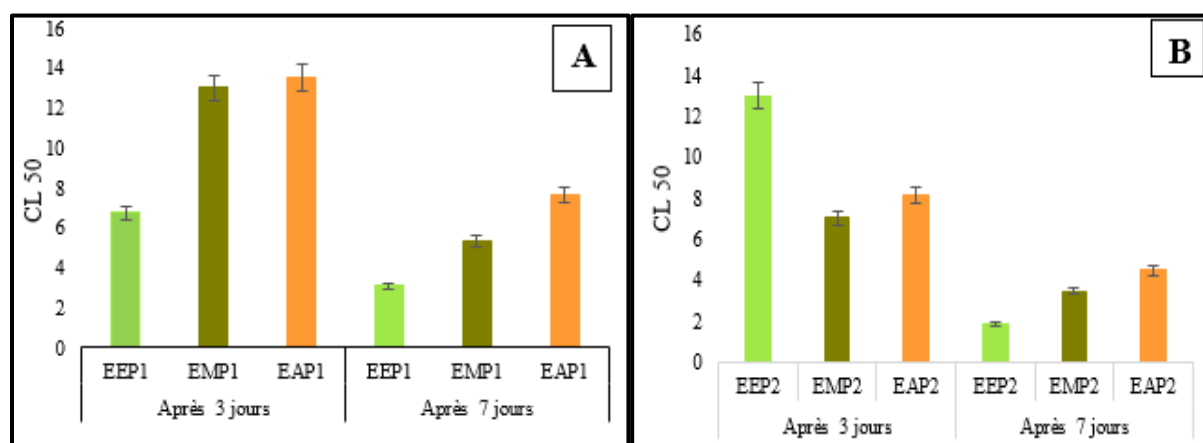


Figure 63: Valeurs des CL₅₀ obtenues chez les larves de *G. mellonella* L. (A) traitées avec les extraits de propolis de la région d'Ouled Madhi et (B) de la region de Maadid après une exposition de 3 et 7 jours. (Les valeurs sont des moyennes ± SD).

D'après les résultats obtenus (figure 63), nous remarquons que la concentration létale pour 50 CL₅₀ diminue progressivement avec le temps ; elle est de 6,75, 13,01 et 13,05 pour la propolis de la région d'Ouled Madhi, et de 13,01, 7,04 et 8,13 pour celle de la région de Maadid, après 3 jours. Après 7 jours, nous constatons que la CL₅₀ est diminuée dans tous les extraits de propolis testés : 3,09, 5,34 et 7,68, 1,85, 3,43 et 4,45 respectivement.

3. Discussion

Depuis l'Antiquité, l'apiculture est une pratique agricole courante dans le monde entier. Comme l'a montré notre étude précédente, dans notre pays, elle joue un rôle crucial. Cependant, ces dernières années, le nombre de ces précieux insectes a considérablement diminué, ce qui pose un sérieux problème tant pour les plantes dont ils dépendent pour se reproduire que pour les animaux qui se nourrissent de ces mêmes plantes. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour tenter d'expliquer ce phénomène et d'identifier les facteurs de risque, notamment l'utilisation intensive de pesticides, le changement climatique et le manque de nourriture nécessaire à la croissance des colonies d'abeilles. Les bio agresseurs s'ajoutent à ce large éventail de risques comme les bactéries, les champignons et les arthropodes.

Complémentairement, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a identifié trois éléments qui contribuent à l'émergence de maladies chez les abeilles. Ces éléments comprennent (i) les origines génétiques et le comportement hygiénique des reines; (ii) les facteurs environnementaux, tels que l'humidité, la température et la présence de plantes à nectar, et en plus des pratiques apicoles incorrectes ; Et (iii) les agents pathogènes, tels que les parasites, les bactéries, les virus et les champignons, qui varient en termes de présence, de virulence et de charge infectieuse. (El-Seedi *et al.*, 2022).

Notre étude a permis de détecter *Paenibacillus* dans le miel et le pollen récoltés en utilisant un milieu de culture sélectif (MYPGP). Des résultats similaires ont été rapportés dans d'autres travaux (Bakonyi *et al.*, 2003), indiquant que *Paenibacillus larvae* a été détecté dans des échantillons de miel récoltés dans différentes régions du monde (Australie, Autriche, Chine, France, Grèce, Hongrie, Iran et Roumanie). Grubbs *et al.* (2021), suggèrent que les abeilles mellifères pourraient utiliser les actinobactéries présentes dans le pollen pour préserver la santé de la colonie.

En outre, une étude réalisée par Ansari *et al.* (2017) en Arabie saoudite, a révélé que toutes les colonies de *P. larvae* se distinguent par leur petite taille (3 mm de diamètre), leur forme régulière, leur rugosité, leur surélévation et leur brillance dans le milieu MYPGP.

En effet, les abeilles comme toutes les autres espèces vivantes, sont sensibles aux infections bactériennes, en particulier celles provoquées par la loque américaine. Actuellement, 270 espèces de *Paenibacillus* environ sont correctement identifiées. Les espèces de *Paenibacillus* sont largement présentes dans divers milieux, comme le sol, les plantes, les vers de terre, les êtres humains et les insectes. Sur les sept espèces liées aux abeilles mellifères, trois sont responsables de maladies chez ces dernières. *Paenibacillus larvae* est un pathogène bien connu qui affecte le couvain d'abeilles et provoque une maladie grave appelée « loque américaine » (Ory *et al.*, 2023).

Par conséquent, les recherches récentes sur le diagnostic et l'identification de cet agent responsable de la loque américaine se basent sur ses caractéristiques morphologiques, biochimiques et moléculaires, notamment par PCR (Piccini *et al.*, 2002 ; Genersch *et al.*, 2006 ; Gillard *et al.*, 2008 ; Mostafa Shaimaa *et al.*, 2008 ; Martinez *et al.*, 2010 ; Ansari *et al.*, 2017 ; Bassi *et al.*, 2018 ; Ebling *et al.*, 2023 ; Karaoğlu *et al.*, 2023).

Pour lutter contre ces maladies bactériennes, il y a de nombreuses études dans la littérature (Bastos *et al.*, 2008 ; Isidorov *et al.*, 2017) qui mettent en évidence la capacité antibactérienne de la propolis.

Notre étude confirme l'efficacité de cette substance et son effet inhibiteur important contre le pathogène de l'abeille *P. larvae*, effet qui varie toutefois selon le site de son prélèvement. D'après une étude menée par Bilikova *et al.* (2013), les constituants bioactifs de la propolis, tels que la pinocembrine peuvent être à l'origine de cette activité inhibitrice. Et cette substance a été détectée dans tous nos extraits de deux stations d'Ouled Madhi et la région de Maadid.

Par ailleurs, plusieurs études menées à l'échelle mondiale, notamment aux États-Unis, ont rapporté l'utilisation d'antibiotiques, comme le chlorhydrate d'oxytétracycline (OTC), pour traiter les colonies d'abeilles mellifères infectées par *Paenibacillus larvae*. C'est ce qui justifie notre choix de cette substance pour comparer les résultats obtenus avec la propolis. Néanmoins, Özkırım *et al.* (2014) dans une étude comparative des activités de propolis grecque et turque contre les larves de *Paenibacillus*, ont noté que l'utilisation intensive d'antibiotiques (OTC) peut causer la formation de résidus dans les produits de la ruche, en particulier le miel, ce qui diminue leur qualité et rend leur commercialisation plus difficile. Cela est une autre raison pour laquelle, il est important de remplacer les méthodes actuelles de lutte contre ces maladies par des méthodes naturelles et saines. Nous avons observé que les deux types de propolis prélevés

dans des endroits divers de la région de M'sila ; Maadid et Ouled Madhi étaient efficaces contre *P. larvae* mais ils ne présentent pas la même activité antimicrobienne, nous remarquons que les extraits de P1 présentent un pouvoir antimicrobien significatif que celui des P2, Cette variation des résultats peut être due à la composition phytochimique de chaque propolis ainsi que l'origine botanique de chacun. La propolis algérienne présente une qualité exceptionnelle, elle est également constituée de substances phytochimiques divers telles que les composés phénoliques et les flavonoïdes (Segueni, 2011 ; Soltani, 2017).

Dans le cas de la Nosémore, les résultats de nos traitements sont très positifs, mais leur efficacité diffère d'une concentration à l'autre. Pendant le dépistage, nous avons noté que les colonies des abeilles étudiées présentent des symptômes particuliers tels qu'un affaiblissement, une diarrhée, et les abeilles se regroupent pour mourir.

Nosema sp., un champignon microsporidien, se propage dans les matières fécales et infecte les cellules épithéliales de l'intestin moyen des jeunes abeilles. Il perturbe les fonctions digestives, provoque la malnutrition, le vieillissement physiologique, la diminution des glandes hypopharyngiennes et la mort prématurée des abeilles. (Alvaro et al., 2023).

Pour lutter contre la nosémore, au cours des dernières années, de nombreux scientifiques ont expérimenté des méthodes naturelles, en particulier fabriquées à partir de plantes et de leurs composés dérivés, y compris les huiles essentielles, les extraits éthanoliques et méthanoliques (Arismendi et al., 2018 ; Dumitru et al., 2017 ; Yilmaz et al., 2020).

Les extraits de propolis testés dans le cadre de notre étude, étaient généralement bénéfiques pour la survie de l'abeille et la réduction de la charge de *Nosema sp.* Des abeilles infectées, tout en étant non toxiques pour les abeilles. Une recherche récente de Arismendi et al. (2018) au Chili a démontré que l'ajout de la propolis dans l'alimentation pendant une certaine période peut causer des altérations physiologiques chez les abeilles traitées, d'où l'importance de rationaliser les concentrations appliquées. Il ajoute que l'extrait méthanolique de la propolis a diminué la charge de *N. ceranae* chez les abeilles qui ont subi des traitements par rapport aux abeilles non traitées.

Nos résultats concordent également avec ceux de Suwannapong et al. (2018) qui ont montré dans une étude intéressante que les abeilles traitées avec l'extrait de propolis après une infection par des spores de *N. ceranae* avaient une durée de vie significativement plus longue et une charge parasitaire réduite. De plus, ils ont confirmé que l'utilisation de l'extrait de propolis d'abeille peut être un traitement efficace pour non seulement améliorer la santé des abeilles en diminuant les charges parasitaires de *N. ceranae*, mais aussi contrer l'un des principaux effets

pathologiques, connu sous le nom de stress énergétique, qui se manifeste par une diminution des niveaux de tréhalose dans l'hémolymphe.

Récemment, une recherche faite en Italie par **Satta et al. (2020)** indiquent que la propolis utilisée empêchait la prolifération des spores de *N. ceranae* dans l'intestin des abeilles. En outre, les abeilles traitées n'ont pas montré de signes cliniques ou d'autres effets indésirables. Une autre étude *in vitro* a été menée pour évaluer l'efficacité d'un produit naturel à base d'huiles essentielles dérivées d'herbes pour traiter la nosébose dans les colonies d'abeilles. Certains composés de laurier (*Laurus nobilis*), d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), de thym (*Thymus vulgaris*), d'ail (*Allium sativum*) ont un effet inhibiteur sur la nosébose (**Dumitru et al., 2017 ; Formato et al., 2022, Yilmaz et al., 2022**).

Baffoni et al. (2015) ont constaté que la consommation quotidienne de sirop par les abeilles avec des bifidobactéries et des lactobacilles a provoqué une réduction considérable de la charge en spores de *N. ceranae*. En outre, une recherche réalisée par **Peghaire et al. (2020)** a examiné l'efficacité des traitements probiotiques, tels que la souche *Pediococcus*, qui semblait être plus efficace contre *N. ceranae*.

Concernant le traitement de la fausse teigne *G. mellonella*, des résultats satisfaisants ont été obtenus. En effet, plusieurs études ont comparé l'activité biologique de la propolis sur *Galleria mellonella*. **Garedew et al. (2003)** ont constaté que la propolis est toxique pour la fausse teigne à des concentrations élevées et que le traitement par la propolis perturbe les caractéristiques habituelles de l'activité de *G. mellonella*.

Parallèlement, les résultats des taux de mortalité montrent que les larves de *G. mellonella* traitées avec les extraits méthanoliques de la propolis de la région de Maadid présentent un taux de mortalité plus élevé que celles traitées avec les extraits de la région d'Ouled Madhi.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Algalil et al. (2022)** qui ont démontré que l'extrait éthanolique de propolis donnait un taux de mortalité larvaire élevé de fausse teigne à une concentration de 15 % après 96 heures. Ils sont en accord aussi avec les études menées par **Hussein et al. (2023)** qui ont indiqué que l'extrait éthanolique de propolis et la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt) à forte concentration entraînent une mortalité de 100 % sur les larves de *G. mellonella*. Par ailleurs, une étude effectuée par **Sanad et Mohanny. (2015)** sur deux sources de propolis égyptienne et chinoise et trois extraits de plantes (menthe, cannelle et clou de girofle) testées sur les larves de fausse teigne a indiqué que le pourcentage de mortalité était de 40 % et 60 % trois jours après application de la propolis, tandis que le traitement de la menthe a donné un taux plus élevé de 70 % de mortalité larvaire.

Toutefois, de nombreuses recherches menées par **Oulebsir-Mohandkaci et al. (2021, 2023)** ; ont permis de remarquer que le pourcentage de mortalité était élevé chez *G. mellonella* lorsqu'on utilisait des suspensions fongiques et bactériennes provenant de la rhizosphère.

Enfin, l'utilisation de la propolis en tant qu'insecticide peut nous aider à minimiser le problème de la pollution environnementale causé par l'utilisation d'insecticides synthétiques. Elle permet également de diminuer le problème sans cesse croissant de la résistance aux insecticides. La propolis est un produit naturel complexe, il est peu probable ou très lent de disposer de divers composants ayant des actions différentes (**Ararso et Legesse, 2016**).

Conclusion et Perspectives

Conclusion et perspectives

La propolis parfois désignée sous le nom de colle d'abeille et souvent perçue comme un antibiotique naturel. Elle présente de nombreuses activités biologiques dans de multiples domaines d'application.

En Algérie, les connaissances des propriétés et des usages de la propolis sont généralement acquises par une longue expérience accumulée et transmise d'une génération à l'autre.

En effet, l'investigation ethnobotanique qui a couvert plusieurs régions à travers le territoire national, a révélé que 73 % des participants avaient des connaissances sur les propriétés et la bioactivité de la propolis. Les vertus thérapeutiques mentionnés par les enquêtés concernaient particulièrement le système immunitaire (72 %), système respiratoire (47,7%) et la cicatrisation (39,6 %). L'étude a démontré aussi que pour améliorer ses effets, la propolis peut être associée à d'autres produits tels que la cire d'abeille, le miel, le caroube et l'huile d'olive (55,9 %).

La caractérisation physicochimique et phytochimique des échantillons de propolis récoltée dans deux stations de la région de M'sila (Ouled Madhi et Maadid) indiquent qu'ils étaient de bonne qualité chimique. Les résultats ont montré un pH acide (5,32-5,45) et une conductivité élevée (719-980) $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cela suggère qu'ils contiennent une quantité significative d'ions dissous, tels que des sels minéraux, des acides aromatiques ou d'autres composés bioactifs. Nous avons constaté que les valeurs d'acidité totale de la propolis analysée variaient entre 8,3 % pour P1 et 11,9 % pour P2. Ce paramètre est important pour éviter toute fermentation indésirable et contribue à augmenter sa durée de conservation. L'étude chimique de screening de divers extraits de propolis a montré que la plupart des métabolites secondaires sont présents dans tous les extraits de propolis provenant des deux régions de M'sila. La teneur en polyphénols est comprise entre (102.86 à 51.33 mg EAG/g) et celle en flavonoïdes entre (55.31 à 9.04 mg EQ /g) avec une teneur élevée en protéine et en sucre solubles. L'analyse qualitative et quantitative par HPLC-DAD a indiqué la présence de 13 composants chimiques avec des concentrations variables tels que l'acide gallique, epigallocatechine, acide caféique.

Un autre volet visait à évaluer les propriétés biologiques des extraits de propolis recueillie, notamment leur activité antibactérienne et antioxydante, avec une étude préliminaire de son pouvoir antigerminatif des graines de *Pisum sativum*. L'activité antibactérienne a montré que ces extraits inhibaient la croissance des souches bactériennes avec des diamètres de zone d'inhibition allant de (4.16 $\pm$ 7.21mm à 44 $\pm$ 3.46mm). L'effet inhibiteur le plus élevé a été obtenu par l'extrait éthanolique et méthanolique de propolis s contre *S. aureus*. Par, ailleurs les extraits

aqueux ont montré de faibles activités. D'autre part, grâce à sa composition chimique diversifiée, les tests DPPH ont révélé que la propolis constitue une excellente source d'antioxydants. Cela s'est manifesté par le pourcentage d'inhibition du radical DPPH qui augmente avec l'augmentation de la concentration que ce soit pour les contrôles positifs ou pour les extraits de propolis des deux stations (EEP, EMP, et EAP). Les extraits aqueux et éthanolique présentent une activité antioxydante importante, les IC_{50} de l'extraits aqueux sont de (0.622 ± 0.051) à P1 et (0.301 ± 0.007) à P2. En ce qui concerne le pouvoir anti germinatif, les extraits éthanoliques et méthanoliques des deux régions ont fortement inhibé la germination des graines de *Pisum sativum* ainsi que sa croissance radicale, avec un taux d'inhibition de la germination qui atteint (83 %) permettant ainsi de prolonger la durée de conservation de ces graines. Celui de l'extrait aqueux, est plus faibles, il est compris entre (50 % et 67 %).

La dernière partie de notre étude a consisté à évaluer les potentialités de bio contrôle des extraits de propolis obtenus contre les bio agresseurs de l'abeille ; l'agent pathogène responsable de la loque américaine ; *Paenibacillus larvae*, le parasite de l'abeille *Nosema sp.*, responsable de la nosémose et l'insecte destructeur des cadres des ruches, *Galleria mellonella*. Notre étude a prouvé que les extraits de propolis présentaient une activité antibactérienne contre de deux isolats de *Paenibacillus larvae*; PP et PM. Nous avons constaté que la souche PP décèle une sensibilité vis-à-vis des différentes concentrations de tous les extraits de propolis testées avec des zones d'inhibition allant de $(11,33 \pm 1,52 \text{ mm})$ à $(49,16 \pm 1,89 \text{ mm})$. La souche PM semble plus sensible aux différentes concentrations testées avec des zones d'inhibition plus élevées allant de $(26,83 \pm 1,44 \text{ mm})$ à $(53,6 \pm 2,42 \text{ mm})$. Par ailleurs, l'antibiotique Oxytétracycline (OT) a donné des zones d'inhibition plus faibles. En effet, nous constatons que le pouvoir antiparasitaire varie d'un extrait à l'autre et d'une concentration à l'autre. Il est intéressant de noter que le nombre de spores a diminué significativement lorsque les abeilles ont été nourries avec un régime contenant des extraits de propolis. Enfin, concernant la toxicité de la propolis contre *G. mellonella*, nous constatons que les valeurs des concentrations létales pour 50 % des individus diminuent en fonction du temps et du traitement, elles sont de 6,75, 13,01 et 13,05 pour la propolis de la région d'Ouled Madhi, et de 13,01, 7,04 et 8,13 pour celle de la région de Maadid, après 3 jours. Des variations dans les potentialités de la propolis sont constatées entre les extraits des deux régions. Il s'avère alors, que le lieu et la technique de récolte de la propolis peuvent jouer un rôle primordial dans ses diverses activités.

Les extraits présentent une parfaite bioactivité. Cela confirme que la propolis algérienne est une source importante de composés naturels ayant des potentialités thérapeutiques, alimentaires et d'intérêt agronomique.

En effet, l'Algérie offre de nombreuses opportunités pour le développement de la filière apicole, et ce en raison de ses conditions climatiques favorables et de sa diversité floristique permettant à l'abeille mellifère de trouver un environnement idéal pour butiner et augmenter sa production. En outre, la politique agricole dans notre pays favorise l'investissement dans l'apiculture en contribuant à la formation et à la subvention des jeunes apiculteurs pour exploiter pleinement ces potentialités et faire de l'apiculture un secteur stratégique pour l'économie nationale.

D'autre part, pour enrichir nos connaissances et exploiter la propolis produite dans les ruchers algériens, il serait intéressant de compléter l'étude par d'autres recherches :

- Elargir l'enquête pour couvrir l'ensemble des wilayas d'Algérie, et inciter les autorités à prendre en charge les contraintes soulevées cela permettra d'améliorer les pratiques apicoles et les conditions d'élevage afin d'augmenter la production de la propolis locale de point de vue quantitatif et qualitatif.
- Caractérisation par ATR-FTIR (Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier par Réflectance Totale Atténuée et RMN (Résonance Magnétique Nucléaire), ainsi que par centrifugation. Et purification des molécules bioactives de la propolis par chromatographie utilisant des méthodes avancées tel que les techniques de LC-MS (Chromatographie Liquide-Spectrométrie de Masse), LC-MS/MS (Chromatographie Liquide couplée à la Spectrométrie de Masse en Tandem) et GC-MS (Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse), ainsi que sur colonne d'absorption CO₂ supercritique-éthanol afin d'identifier avec précision les composés responsables des activités biologiques.
- Extraction et caractérisation des huiles essentielles de la propolis à l'aide de la technique de l'hydro distillation pour explorer leurs potentialités.
- Analyse de la propolis locale par méliissopalynologie dans le but de déterminer le l'origine botanique de la propolis récoltée.
- Étudier d'autres propriétés biologiques de cette substance, à savoir ses propriétés anti-inflammatoires, antivirales, anticancéreuses et toxicologiques, afin d'en améliorer la connaissance et d'en faciliter l'usage.
- Évaluation de la propolis par des études *in silico* (docking moléculaire).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abban**, S., Smith, B., Corona, M., Cook, S. C., Evans, J. D., Chen, Y., & Alburaki, M. (2024). Prevalence and distribution of *Varroa destructor* and *Nosema spp.* In symptomatic honeybee colonies across the USA from 2015 to 2022. *Scientific Reports*, 14(1), 1726. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51514-9>.
- Abbas**, A. O., Alaqil, A. A., El-Beltagi, H. S., Abd El-Atty, H. K., & Kamel, N. N. (2020). Modulating Laying Hens Productivity and Immune Performance in Response to Oxidative Stress Induced by *E. coli* Challenge Using Dietary Propolis Supplementation. *Antioxidants*, 9(9), 893. <https://doi.org/10.3390/antiox9090893>.
- Abdel-Aziz**, Nada Y.; Ali, M.A.M.; El-Sayed, W.A. and Elbassiouny, A.M. (2023). Chemical analysis of propolis from different regions of Egypt. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute. Egypt. J. Plant Prot. Res. Inst*, 6 (4): 491 –500.
- Abdel-Rahman** MA, Mosaad GM. (2013). Effect of Propolis as Additive on Some Behavioural Patterns, Performance and Blood Parameters in Muscovy Broiler Ducks. *Journal of Advanced Veterinary Research* 3:64-68.
- Abd-Elrazek**, A., Mahmoud, S., & Abd ElMoneim, A. (2020). The comparison between curcumin and propolis against sepsis-induced oxidative stress, inflammation, and apoptosis in kidney of adult male rat. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 86. <https://doi.org/10.1186/s43094-020-00104-3>.
- Abduh**, M. Y., Shafitri, T. R., & Elfahmi, E. (2024). Chemical profiling, bioactive compounds, antioxidant, and anti-inflammatory activities of Indonesian propolis extract produced by *Tetragonula laeviceps*. *Heliyon*, 10(19), e38736. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38736>
- Abdulhay**, H. S., Yonius, M. I. (2020.). Effects of diseases and pests on honeybee (*Apis Mellifera*) in different parts in Baghdad city, Iraq. *Plant Archives*. 20 (1), pp. 220-223.
- Aboulghazi**, A, Touzani S, Fadil M, Lyoussi B. (2022). Physicochemical characterization and in vitro evaluation of the antioxidant and anticandidal activities of Moroccan propolis, *Veterinary World*.341 349. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.341-349>.
- Abou-Shaara**, H. F. (2014). The foraging behaviour of honeybees, *Apis mellifera* : A review. *Veterinární Medicína*, 59(1), 1-10. <https://doi.org/10.17221/7240-VETMED>.
- Achenbach**, J., Deyerling, N., Mello Dos Santos, M., Sultana, S., Islam, M. K., & Locher, C. (2024). Physicochemical Properties, Antioxidant Activity, and High-Performance Thin-Layer Chromatography Profiling of Propolis Samples from Western Australia. *Plants*, 13(14), 1919. <https://doi.org/10.3390/plants13141919>.
- Açık** MN, Karagülle B, Yakut S, ÖztürkY, KutluM A, Kalın R, ÇetinkayaB. (2024). Production, characterization and therapeutic efficacy of egg yolk antibodies specific to *Nosema ceranae*. *PLOS ONE*. 19(2): e0297864. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297864>.
- Açıkgöz**, Z., Yücel, B., & Altan, Ö. (s. d.). (2005). the effects of propolis supplementation on broiler performance and feed digestibility. *Arch.Geflügelk*. 69 (3), 117–122.
- Acito**, M., Varfaj, I., Brighenti, V., Cengiz, E. C., Rondini, T., Fatigoni, C., Russo, C., Pietrella, D., Pellati, F., Bartolini, D., Sardella, R., Moretti, M., & Villarini, M. (2024). A novel black poplar propolis extract with promising health-promoting properties : Focus on its chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory, and anti-genotoxic activities. *Food & Function*, 15(9), 4983-4999. <https://doi.org/10.1039/D3FO05059A>.

Références bibliographiques

- Adaškevičiūtė**, V., Kaškonienė, V., Kaškonas, P., Barčauskaitė, K., & Maruška, A. (2019). Comparison of Physicochemical Properties of Bee Pollen with Other Bee Products. *Biomolecules*, 9(12), 819. <https://doi.org/10.3390/biom9120819>.
- Adeniran** AO. (2025). Understanding Cronbach's Alpha in Social and Management Studies. *Current Science Research Bulletin* (02):11-16. <https://csrbjournal.org/index.php/csrb>.
- Adoui**. M (2019). Caractérisation des souches de *Staphylococcus aureus* résistantes à la méticilline (SARM) et évaluation de leur sensibilité à la propolis. Thèse doctorat. Université de Constantine. P 74-75-76.
- Afata** TN, Nemo R, Ishete N, Tucho GT, Dekebo A. (2022). Phytochemical investigation, physicochemical characterization, and antimicrobial activities of Ethiopian propolis. *Arabian Journal of Chemistry*. 15(7), 103931. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103931>.
- Afrouzan** H, Tahghighi A, Zakeri S, Es-haghi A. (2018). Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Iranian Propolis. *Iranian Biomedical Journal*. 22(1). <https://doi.org/10.22034/ibj.22.1.50>.
- Aglagane**, A., Carra, E., Ravaioli, V., Er-Rguibi, O., Santo, E., Mouden, E. H. E., Aourir, M., & Frasnelli, M. (2023). Molecular examination of nosemosis and foulbrood pathogens in honeybee populations from southeastern Morocco. *Apidologie*, 54(4), 42. <https://doi.org/10.1007/s13592-023-01022-y>.
- Ahmad** M, Sultana S, Fazl-i-Hadi S, Ben Hadda T, Rashid S, Zafar M, Khan MA, Khan MP Z, Yaseen G. (2014). An Ethnobotanical study of Medicinal Plants in high mountainous region of Chail valley (District Swat- Pakistan). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10(1): 36. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-36>.
- Ahmed**, R., Tanvir, E. M., Hossen, Md. S., Afroz, R., Ahmmed, I., Rumpa, N.-E.-N., Paul, S., Gan, S. H., Sulaiman, S. A., & Khalil, Md. I. (2017). Antioxidant Properties and Cardioprotective Mechanism of Malaysian Propolis in Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017(1), 5370545. <https://doi.org/10.1155/2017/5370545>.
- Airen**, B., Sarkar, P., Tomar, U., & Bishen, K. (2018). Antibacterial effect of propolis derived from tribal region on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus* : An *in vitro* study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 36(1), 48. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_1128_17.
- Akkaya** H, Bayrakal GM, Dümen E (2020). Investigation of propolis in terms of hygienic quality, some pathogenic bacteria and *Nosema spp.* *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*.44(4), 838 844. <https://doi.org/10.3906/vet-2001-20>.
- Aksoy** C, Atabay MM, Tirasoglu E, Koparan ET, Kekillioglu A (2017). Elemental content profiles in propolis from several cities of Turkey. *Functional Foods in Health and Disease*. 7(8), 661. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v7i8.358>.
- Alam**, S., Khan, M. N., Rafique, K., & Malik, S. (2022). The incidence of *Nosema spp.* On honeybees (*Apis mellifera*) colonies in Pakistan. 2583. 1(2):01-04
- Alanazi** S, Alenzi N, Alenazi F, Tabassum H, Watson D. (2021). Chemical characterization of Saudi propolis and its antiparasitic and anticancer properties. *Scientific Reports*. 11(1): 5390. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84717-5>.

Références bibliographiques

- Alanazi S**, Alenzi ND (2024). Phytochemical profiling and characterization of flavonoid derivatives from propolis sample and investigation of cytotoxic and antiprotozoal activities. *Scientific Reports*.14 (1), 21295. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72379-y>.
- Alberoni**, D., Di Gioia, D., & Baffoni, L. (2023). Alterations in the Microbiota of Caged Honeybees in the Presence of *Nosema ceranae* Infection and Related Changes in Functionality. *Microbial Ecology*, 86(1), 601-616. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-02050-4>.
- Alburaki**, M., Abban, S. K., Evans, J. D., & Chen, Y. P. (2024). Occurrence and distribution of two bacterial brood diseases (American and European foulbrood) in US honey bee colonies and resistance to antibiotics from 2015 to 2022. *Journal of Apicultural Research*, 63(4), 701-710. <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2329854>.
- Alcivar-Saldaña**, J. J., Rodriguez-Monroy, M. A., Carrillo-Miranda, L., & Canales-Martinez, M. M. (2024). Botanical Origin and Biological Properties of Honey and Propolis from Cuautitlan, State of Mexico, Mexico. *Antioxidants*, 13(7), 874. <https://doi.org/10.3390/antiox13070874>.
- Alencar**, S. M., Oldoni, T. L. C., Castro, M. L., Cabral, I. S. R., Costa-Neto, C. M., Cury, J. A., Rosalen, P. L., & Ikegaki, M. (2007). Chemical composition and biological activity of a new type of Brazilian propolis : Red propolis. *Journal of Ethnopharmacology*.
- Algalil**, W. A. H. N., Khaeir, S. M., Ali, A. E., & Mahmoud, M. E. E. (2022). Bioactivity and Prospects of Using Ethanolic Extracts of Some Plants and Bee Glue (Propolis) to Control the Greater Wax Moth *Galleria mellonella* (L) (Lepidoptera : Pyralidae). *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 9, 100-109. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2022.09.8>.
- Alghutaimel** H, Matoug-Elwerfelli M, Alhaji M, Albawardi F, Nagendrababu V, Dummer P. MH. (2024). Propolis Use in Dentistry: A Narrative Review of Its Preventive and Therapeutic Applications. *International Dental Journal* 74(3): 365-386. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.01.018>.
- Alippi**, A. M., & Reynaldi, F. J. (2006). Inhibition of the growth of *Paenibacillus larvae*, the causal agent of American foulbrood of honeybees, by selected strains of aerobic spore-forming bacteria isolated from apiarian sources. *Journal of Invertebrate Pathology*, 91(3), 141-146. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.12.002>.
- Alolofi**, A. (2019). Impact of Propolis on Milk Yield, Composition and Somatic Cell Count of Cow Breeds at Dairy Farm of Banaras Hindu University, Varanasi, India. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 12(2). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.06.2019.14>.
- Altuntaş Ü**, Güzel İ, Özçelik B. (2023). Phenolic Constituents, Antioxidant and Antimicrobial Activity and Clustering Analysis of Propolis Samples Based on PCA from Different Regions of Anatolia. *Molecules*. 28(3) : 1121. <https://doi.org/10.3390/molecules28031121>.
- Alvarez-Suarez**, J.M. (2017). Bee products chemical and biological properties. Springer, P.
- Álvaro DR**, Clemente LF, Socorro SM, Dany DC, Daniel CM, Henry LC. (2023). Variación de la prevalencia de *Varroa*, *Nosema* y *Acarapis* en dos regiones del estado de Campeche, México. *Abanico Veterinario*. (13). <https://doi.org/10.21929/abavet2023.8>.
- Alvear** M, Santos E, Cabezas F, Pérez-SanMartín A, Lespinasse M, Veloz J. (2021). Geographic Area of Collection Determines the Chemical Composition and Antimicrobial

Références bibliographiques

Potential of Three Extracts of Chilean Propolis. *Plants*. 10(8): 1543. <https://doi.org/10.3390/plants10081543>.

Alves, G. L., Barreto, L. S., Lopes, D. R., Capelossi, V. R., & Lins, V. F. C. (2024). Anticorrosive Coating of Propolis Extract for CA-50 Carbon Steel Reinforcement. *Materials Research*, 27(suppl 1), e20240034. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2024-0034>.

Alzahrani, T. A., Alyahya, H. S., Alqurashi, S. I., & Mahyoub, J. A. (2025). Lifecycle of Greater Wax Moth *Galleria mellonella* (Lepidoptera : Pyralidae) and Its Control by Natural Products. *The Journal of King Abdulaziz University: Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture*;1:76–87.

Andrade, J. K. S., Denadai, M., De Oliveira, C. S., Nunes, M. L., & Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. *Food Research International*, 101, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.066>.

Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M. A., Tahir, M., Ansari, M. J., Ghramh, H. A., Adgaba, N., & Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue) : A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.013>.

Ansari MJ, Al-Ghamdi A, Nuru A, and Ahme AM, Ayaad TH, Khan KA, Al-Waili N. (2017). Diagnosis and molecular detection of *Paenibacillus larvae*, the causative agent of American foulbrood in honey bees in Saudi Arabia. *International Journal of Tropical Insect Science*. 37 (03): 137-148. <https://doi.org/10.1017/S1742758417000133>.

Ansari, M. J., Al-Ghamdi, A., Usmani, S., Al-Waili, N., Nuru, A., Sharma, D., Khan, K. A., Kaur, M., & Omer, M. (2015). *In vitro* evaluation of the effects of some plant essential oils on *Paenibacillus larvae*, the causative agent of American foulbrood. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(1), 49-55. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1086690>.

Ararso Z & Legesse G. (2016). Insecticidal action of honeybees propolis extract against larvae of lesser wax moth. *Agriculture and biology journal of North America*. 7(6): 302-306. <https://doi.org/10.5251/abjna.2016.7.6.302.306>.

Arismendi, N., Vargas, M., López, M. D., Barría, Y., & Zapata, N. (2018). Promising antimicrobial activity against the honey bee parasite *Nosema ceranae* by methanolic extracts from Chilean native plants and propolis. *Journal of Apicultural Research*, 57(4), 522-535. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1453006>.

Aşan Özusağlam M, Tacer S, Boulechfar S, Zellagui A. (2022). An Investigation of the Bactericidal and Fungicidal Effects of Algerian Propolis Extracts and Essential Oils. *Cumhuriyet Science Journal*. 43(1), 14-19. <https://doi.org/10.17776/csj.936040>.

Ashiralieva, A., & Genersch, E. (2006). Reclassification, genotypes and virulence of *Paenibacillus larvae*, the etiological agent of American foulbrood in honeybees – a review. *Apidologie*, 37(4), 411 420. <https://doi.org/10.1051/apido:2006028>.

Références bibliographiques

- Aslani** A, Malekpour N. (2016). Design, formulation, and physicochemical evaluation of periodontal propolis mucoadhesive gel. *Dental Research Journal*; 13(6), 484. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.197037>.
- Atallaoui**, K., & Benmehaia, R. (2017). Palmeraies de la wilaya de M'sila, une diversité phoenicicole menacée. Journée d'étude : Diversité biologique et développement durable dans les zones arides et semi-arides d'Algérie. M'sila, Algérie.
- Athikomkulchai**, S., Awale, S., Ruangrungsi, N., Ruchirawat, S., & Kadota, S. (2013). Chemical constituents of Thai propolis. *Fitoterapia*, 88, 96-100. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.04.008>.
- Auamcharoen** W, H Phankaew H. (2016). Antibacterial Activity and Phenolic Content of Propolis from four different areas of Thailand. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 37(1), No. 14, Pages: 77-82.
- Aziz**, S., Akbar, A., Gul, Z., Sadiq, M. B., Achakzai, J. K., Khan, N. A., Samad, A., Rehman, Z. U., & Ali, I. (2022). Functional Potential and Chemical Profile Analysis of Propolis Oil Extracted from Propolis of Balochistan. *Journal of Food Quality*, 2022, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/4782813>.
- Azonbakin**, S., Dangbemey, P., Osseni, R., Yaude, S. A., Kora, F., Adovoeke, D., Djego, F., Laleye, A., & Awede, B. (2021). Enquête ethnobotanique sur les plantes utilisées dans le traitement de l'infertilité masculine au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(4), 1667-1677. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i4.28>.
- Bachiri**, L., Labazi, N., Daoudi, A., Ibijbijien, J., Nassiri, L., Echchegadda, G., & Mokhtari, F. (2015). Etude ethnobotanique de quelques lavandes marocaines spontanées. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(3), 1308. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.16>.
- Baffoni**, L., Gaggia, F., Alberoni, D., Cabbri, R., Nanetti, A., Biavati, B., & Di Gioia, D. (2016). Effect of dietary supplementation of *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains in *Apis mellifera* L. against *Nosema ceranae*. *Beneficial Microbes*, 7(1), 45-52. <https://doi.org/10.3920/BM2015.0085>.
- Bakchiche**, B. (2017). Total Phenolic, Flavonoid Contents and Antioxidant Activities of Honey and Propolis Collected from the Region of Laghouat (South of Algeria). *International Journal of Pharmacognosy & Chinese Medicine*, 1(2). <https://doi.org/10.23880/IPC-M-16000110>.
- Bakdash**, A., Almohammadi, O. H., Taha, N. A., Abu-Rumman, A., & Kumar, S. (2018). Chemical Composition of Propolis from the Baha Region in Saudi Arabia. *Czech J. Food Sci.*
- Bakkaloglu**, Z., Arici, M., & Karasu, S. (2021). Optimization of ultrasound-assisted extraction of Turkish propolis and characterization of phenolic profile, antioxidant and antimicrobial activity. *Food Science and Technology*, 41(3), 687-695. <https://doi.org/10.1590/fst.14520>.
- Bakonyi** T, Derakhshifar I, Grabensteiner E, Nowotny N. (2003). Development and Evaluation of PCR Assays for the Detection of *Paenibacillus larvae* in Honey Samples : Comparison with Isolation and Biochemical Characterization. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(3): 1504-1510. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.3.1504-1510.2003>.
- Bakour** M, Fernandes Â, Barros L, Sokovic M, Ferreira ICFR, Lyoussi B (2019). Bee bread as a functional product : Chemical composition and bioactive properties. *Food and technology LWT.* (109): 276 282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.008>.

- Balderas-Cordero D**, Canales-Alvarez O, Sánchez-Sánchez R, Cabrera-Wrooman A, Canales-Martinez MM, Rodriguez-Monroy MA. (2023). Anti-Inflammatory and Histological Analysis of Skin Wound. *International Journal of Molecular Sciences* 24(11831): 2-19. <https://doi.org/10.3390/ijms241411831>.
- Balingui**, C. F., Rodrigue, T. E., Benoît, N. M., & Emmanuel, T. (2021). Phenolic and Flavonoid contents, DPPH antiradical scavenging and antidiabetic activities of the hydromethanolic extract of Nyambaka propolis. *The Journal of Phytopharmacology*, 10(5), 357-361. <https://doi.org/10.31254/phyto.2021.10513>.
- Bankova**, V., Bertelli, D., Borba, R., Conti, B. J., Da Silva Cunha, I. B., Danert, C., Eberlin, M. N., I Falcão, S., Isla, M. I., Moreno, M. I. N., Papotti, G., Popova, M., Santiago, K. B., Salas, A., Sawaya, A. C. H. F., Schwab, N. V., Sforcin, J. M., Simone-Finstrom, M., Spivak, M., Zampini, C. (2019). Standard methods for *Apis mellifera* propolis research. *Journal of Apicultural Research*, 58(2), 1-49. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1222661>.
- Barlak**, Y., Değer, O., Çolak, M., Karataylı, S., Bozdayı, A., & Yücesan, F. (2011). Effect of Turkish propolis extracts on proteome of prostate cancer cell line. *Proteome Science*, 9(1), 74. <https://doi.org/10.1186/1477-5956-9-74>.
- Barros** KBNT, Neto EMR, Fonteles MMDF. (2019). Propolis and its Cosmetic Applications: A Technological Prospection. *Journal of Young Pharmacists* 11(4): 350 352. <https://doi.org/10.5530/jyp.2019.11.72>.
- Bassi**, S., Carpana, E., Bergomi, P., & Galletti, G. Detection and quantification of *Paenibacillus larvae* spores in samples of bees, honey and hive debris as a tool for American foulbrood risk assessment. *Bulletin of Insectology* 71 (2): 235-241
- Bastos** EMAF, Simone M, Jorge DM, Soares AEE, Spivak M. (2008). *In vitro* study of the antimicrobial activity of Brazilian propolis against *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 97(3):273-281. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.10.007>.
- Bayir**, T., Uslu, U. (2025). Spatial epidemiological analysis of American foulbrood outbreaks over the past 18 years in Türkiye. *Veterinarski Arhiv*, 95(1), 99 112. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.2601>.
- Bayram** S, Bayram NE, Gercek YC, Aydogan MN, Oz GC. (2017). Chemical Analysis and Antimicrobial Effect of Propolis from Hakkari Province of Turkey against Some Pathogenic Microorganisms. *Eur J Biol*. 76(2), 74-8.
- Beims**, H., Wittmann, J., Bunk, B., Spröer, C., Rohde, C., Günther, G., Rohde, M., Von Der Ohe, W., & Steinert, M. (2015). *Paenibacillus larvae*-Directed Bacteriophage HB10c2 and Its Application in American Foulbrood-Affected Honey Bee Larvae. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(16), 5411-5419. <https://doi.org/10.1128/AEM.00804-15>.
- Belhacini** F, Anteur D, Rahim Z. (2024). Ethnobotanical study of the therapeutic plants of the Beni Haoua region in the wilaya of Chlef (Algeria). *Ethnobotany Research and Applications* (29). <https://doi.org/10.32859/era.29.49.1-15>.
- Belmouhoub** M, Aberkane B, Tacherfiout M, Boukhalfa F, Khodja YK, Bachir-bey M. (2024). Ethnobotanical survey of medicinal plants used by people cured of SARS-CoV-2 in the center of Algeria. *Ethnobotany Research and Applications* 28:42. <http://dx.doi.org/10.32859/era.28.42.1-26>.

Références bibliographiques

- Ben Abdelkader**, F. (2020). Situation of Beekeeping in North Africa. *Journal of Apitherapy and Nature*, 3(1), 1-9. <https://doi.org/10.35206/jan.719721>.
- Bendarradji** L, Bouzerzour H, Kellou K, Ykhlef N, Brini F, Masmoudi K, Djekoun A. (2010) Étude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) soumises à un stress salin. *Science et Technologie C*, (32) :23-30.
- Bendarradji** L, Hadji N., Kellou K, Benniou, Brini F. (2016). Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre cultivées *in vitro* en milieu hydroponique. *Revue Agriculture*. 1 :278 – 286.
- Bentabet** N, Rajaa R, Sakina N. (2022). Enquête ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies dermatologiques dans la ville d'Ain Temouchent. *Journal of Applied Biosciences* 170: 17704-17719. <https://doi.org/10.35759/JABs.170.4>.
- Bentabet**, N., Boucherit-Otmani, Z., & Boucherit, K. (2014). Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie*, 12(6), 364-371. <https://doi.org/10.1007/s10298-014-0834-x>.
- Bertrams** J, Kunz N, Müller M, Kammerer D, Stintzing FC. (2013). Phenolic compounds as marker compounds for botanical origin determination of German propolis samples based on TLC and TLC-MS. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 86(1). <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2013.086.020>.
- Beyene**, T., Woldatsadik, M. (2019). Evaluating the Effect of Plant Extracts against Greater Wax Moth, *Galleria Mellonella* (L). *Journal of Natural Sciences Research* .(9):21.
- Bilikova** K, Popova M, Trusheva B, Bankova V. (2013). New *anti-Paenibacillus larvae* substances purified from propolis. *Apidologie*. 44(3) :278-285. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0178-1>.
- Bittencourt** MLF, Ribeiro PR, Franco RLP, Hilhorst HWM, De Castro RD, Fernandez LG. (2015). Metabolite profiling, antioxidant and antibacterial activities of Brazilian propolis: Use of correlation and multivariate analyses to identify potential bioactive compounds. *Food Research International*. 76, 449 457. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.008>.
- Bobiş** O. (2022). Plants: Sources of Diversity in Propolis Properties. *Plants* 11(17): 2298. <https://doi.org/10.3390/plants11172298>.
- Borozan** AB, Popescu S, Madosa E, Ciulca A, Moldovan C, Gergen I. (2023). Comparative study on the antimicrobial activity of propolis, catechin, quercetin and gallic acid. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 51(2), 12826. <https://doi.org/10.15835/nbha51212826>.
- Bouaroura** A. (2020). Etude comparative du profil chimique et de l'activité antioxydante de plusieurs propolis de l'Est algérien et investigation phytochimique de la propolis la plus active. Thèse doctoral. Université Frères Mentouri-Constantine 1. P 46-47.
- Bouaroura**, A., Segueni, N., Erenler, R., May, A., Bensouici, C., Akkal, S., & Rhouati, S. (2021). Phytochemical Investigation of Phenolic Constituents and *In vitro* Evaluation of Antioxidant Activity of Five Algerian Propolis. *Current Bioactive Compounds*, 17(8), e010621189764. <https://doi.org/10.2174/1573407216999201231200041>.
- Boudieb**, K., Kaki, S. A. S.-A., & Amellal-Chibane, H. (2019). Traditional uses, phytochemical study and morphological characterization of *Pistacia lentiscus* L. fruits from three areas of

Références bibliographiques

northern Algeria. Journal of Applied Biosciences, 135(1), 13788. <https://doi.org/10.4314/jab.v135i1.5>

Boudou F, Guendouzi A, Belkredar A, Rasheed M. (2024). An integrated investigation into the antibacterial and antioxidant properties of propolis against *Escherichia coli* cect 515: A dual in vitro and *in silico* analysis. Notulae Scientia Biologicae. (16).11837. <https://doi.org/10.15835/nsb16211837>.

Boufadi MY, Soubhye J, Van Antwerpen P. (2021). Anti-inflammatory, antioxidant effects, and bioaccessibility of Tizirt propolis. Journal of Food Biochemistry. 45(4). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13663>.

Boufadi, Y. M., Soubhye, J., Nève, J., Van Antwerpen, P., & Riazi, A. (2016). Antimicrobial effects of six Algerian propolis extracts. International Journal of Food Science & Technology, 51(12), 2613-2620. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13247>.

Bouhala Aissam DR, (2012). Inventaire des plantes mellifères dans la région de Jijel (cas d'El Kennar). Magister thesis. University of Jijel, Algeria. 14-15.

Boulechfar, S., Zellagui, A., Chemsia, A. E., Bensouici, C., Segueni, N., Lahouel, M., Öztürk, M., & Duru, M. E. (2019). Investigation of Antioxidant and Anticholinesterase Potential of Essential Oil and Methanolic Extract of Propolis from Mila Region. Journal of Biologically Active Products from Nature, 9(6), 434-444. <https://doi.org/10.1080/22311866.2019.1703816>.

Bounab S.(2020). Biodiversité végétale de la région du Hodna (M'sila) : étude phytochimique et activité biologique de quelques espèces médicinales. Thèse doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif 1. p57-58-59.

Boutabet, K., Kessa, W., Alyane, M., & Lahouel, M. (2011). Polyphenolic fraction of Algerian propolis protects rat kidney against acute oxidative stress induced by doxorubicin. Indian Journal of Nephrology, 21(2), 101. <https://doi.org/10.4103/0971-4065.82131>.

Boutabia L, Telailia S, Menaa M. (2020). Traditional therapeutic uses of Marrubium vulgare L. By local populations in the Haddada region (Souk Ahras, Algeria). Ethnobotany Research & Applications 19:44.

Bouzahouane H, Ayari A, Guehria I, Riah O. (2021). Propolis : Antimicrobial activity and chemical composition analysis: Properties of propolis. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 10(6): e3211. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.3211>.

Bozkuş, T. N., Değer, O., & Yaşar, A. (2021). Chemical characterization of water and ethanolic extracts of Turkish propolis by HPLC-DAD and GC-MS. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 44(1-2), 77-86. <https://doi.org/10.1080/10826076.2021.1883648>.

Brady, T. S., Merrill, B. D., Hilton, J. A., Payne, A. M., Stephenson, M. B., & Hope, S. (2017). Bacteriophages as an alternative to conventional antibiotic use for the prevention or treatment of Paenibacillus larvae in honeybee hives. Journal of Invertebrate Pathology, 150, 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.09.010>.

Brahimi HA, Oulebsir-Mohandkaci H, Guelil AH. (2024). Evaluation of the Anti-Free Radical and Antibacterial Properties of Methanolic and Aqueous Extracts of an Algerian Propolis. MGIBR. 1. <https://doi.org/10.3390/blsf2024036001>.

Bravo, J., Carbonell, V., Sepúlveda, B., Delporte, C., Valdovinos, C. E., Martín-Hernández, R., & Higes, M. (2017). Antifungal activity of the essential oil obtained from *Cryptocarya alba*

against infection in honey bees by *Nosema ceranae*. Journal of Invertebrate Pathology, 149, 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.08.012>.

Bruschi, M. L., Franco, S. L., & Gremião, M. P. D. (2003). Application of an HPLC Method for Analysis of Propolis Extract. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 26(14), 2399-2409. <https://doi.org/10.1081/JLC-120023254>.

Cabral, I. S. R., Oldoni, T. L. C., Alencar, S. M. D., Rosalen, P. L., & Ikegaki, M. (2012). The correlation between the phenolic composition and biological activities of two varieties of Brazilian propolis (G6 and G12). Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 48(3), 557-564. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502012000300023>.

Can, Z., Yildiz, O., Şahin, H., Asadov, A., & Kolaylı, S. (2015). Phenolic Profile and Antioxidant Potential of Propolis from Azerbaijan. Mellifera. 15(1):16–28

Çandır, E. E., Özdemir, A. E., Soylu, E. M., Sahinler, N., & Gül, A. (2009.). Effects of Propolis on Storage of Sweet Cherry Cultivar Aksehir Napolyon. Asian J. Chem. (21):4.2659-2666

Chang, H., Wang, Y., Yin, X., Liu, X., & Xuan, H. (2017). Ethanol extract of propolis and its constituent caffeic acid phenethyl ester inhibit breast cancer cells proliferation in inflammatory microenvironment by inhibiting TLR4 signal pathway and inducing apoptosis and autophagy. BMC Complementary and Alternative Medicine, 17(1), 471. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1984-9>.

Chen, Y., Evans, J. D., Zhou, L., Boncristiani, H., Kimura, K., Xiao, T., Litkowski, A. M., & Pettis, J. S. (2009). Asymmetrical coexistence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in honeybees. Journal of Invertebrate Pathology, 101(3), 204–209. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.05.012>.

Chi, Y., Luo, L., Cui, M., Hao, Y., Liu, T., Huang, X., & Guo, X. (2020). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil of Chinese Propolis. Chemistry & Biodiversity, 17(1), e1900489. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900489>.

Choi YM, Noh DO, Cho SY, Suh HJ, Kim KM, Kim JM. (2006). Activités antioxydantes et antimicrobiennes de la propolis de plusieurs régions de Corée. LWT. (39)756.

Chong, F. C., & Chua, L. S. (2020). Effects of Solvent and pH on Stingless Bee Propolis in Ultrasound-Assisted Extraction. AgriEngineering, 2(2), 308-316. <https://doi.org/10.3390/agriengineering2020020>.

Choukri Barour DR, (2012). Analyse de la Biodiversité des Populations d'Abeilles Mellifères *Apis mellifera intermissa* (Butteli-Reepen, 1906) (Hymenoptera : Apidea) dans le Nord Algérien: Morphométrie Moderne Basée sur la Configuration des Points-Repères (Landmarks). Doctoral thesis. University of Badji Mokhtar Annaba, Algeria. 17-18.

Contieri LS, De Souza Mesquita LM, Sanches VL, Viganó J, Martinez J, Da Cunha DT, Rostagno MA. (2022). Standardization proposal to quality control of propolis extracts commercialized in Brazil: A fingerprinting methodology using a UHPLC-PDA-MS/MS approach. Food Research International. 161, 111846. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111846>.

Corrêa, J. L., Veiga, F. F., Jarros, I. C., Costa, M. I., Castilho, P. F., De Oliveira, K. M. P., Rosseto, H. C., Bruschi, M. L., Svidzinski, T. I. E., & Negri, M. (2020). Propolis extract has bioactivity on the wall and cell membrane of *Candida albicans*. Journal of Ethnopharmacology, 256, 112791. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112791>.

Références bibliographiques

- Cracco, P.,** Cabrera, M. C., & Gallieta, G. (2023). Caracterización fisicoquímica de propóleos georeferenciados de 14 localidades de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 27, e1181. <https://doi.org/10.31285/AGRO.27.1181>.
- Cuesta-Rubio, O.,** Piccinelli, A. L., Campo Fernandez, M., Márquez Hernández, I., Rosado, A., & Rastrelli, L. (2007). Chemical Characterization of Cuban Propolis by HPLC–PDA, HPLC–MS, and NMR : The Brown , Red , and Yellow Cuban Varieties of Propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(18), 7502–7509. <https://doi.org/10.1021/jf071296w>.
- Cuesta-Rubio, O.,** Frontana-Urbe, B. A., Ramírez-Apan, T., & Cárdenas, J. (2002). Polyisoprenylated Benzophenones In Cuban Propolis; Biological Activity Of Nemorosone §. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 57(3-4), 372–378. <https://doi.org/10.1515/znc-2002-3-429>.
- Cunha, I. B. S.,** Sawaya, A. C. H. F., Caetano, F. M., Shimizu, M. T., Marcucci, M. C., Drezza, F. T., Povia, G. S., & Carvalho, P. D. O. (2004). Factors that influence the yield and composition of Brazilian propolis extracts. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15(6), 964–970. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532004000600026>.
- Da silva FC,** Da Fonseca CR, De Alencar SM, Thomazini M, Balieiro JCDC, Pittia P, Favaro-Trindade CS. (2013). Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. *Food and Bioproducts Processing* 91(1): 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.08.006>.
- Da Silveira, C. C. S. D. M.,** Fernandes, L. M. P., Silva, M. L., Luz, D. A., Gomes, A. R. Q., Monteiro, M. C., Machado, C. S., Torres, Y. R., Lira, T. O. D., Ferreira, A. G., Fontes-Júnior, E. A., & Maia, C. S. F. (2016). Neurobehavioral and Antioxidant Effects of Ethanolic Extract of Yellow Propolis. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016(1), 2906953. <https://doi.org/10.1155/2016/2906953>.
- Dadoun** Nedjma DR, (2021). Effets combinés de la Varroase (*Varroa destructor*) et de la Nosemose (*Nosema* sp) sur le déclin de l’abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis*. Doctoral thesis. University of M’hamed Bougara Boumerdes, Algeria. 44–45.
- Dadoun, N.,** Nait-Mouloud, M., Mohammedi, A., & Sadeddine Zennouche, O. (2020). Differences in grooming behavior between susceptible and resistant honeybee colonies after 13 years of natural selection. *Apidologie*, 51(5), 793–801. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00761-6>.
- Dantas Silva, R. P.,** Machado, B. A. S., Barreto, G. D. A., Costa, S. S., Andrade, L. N., Amaral, R. G., Carvalho, A. A., Padilha, F. F., Barbosa, J. D. V., & Umsza-Guez, M. A. (2017). Antioxidant, antimicrobial, antiparasitic, and cytotoxic properties of various Brazilian propolis extracts. *PLOS ONE*, 12(3), e0172585. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172585>.
- Daoudi, A.,** Hrouk, H., Belaidi, R., Slimani, I., Ibijbjen, J., & Nassiri, L. (2016). Valorisation de *Ruta Montana* et *Ruta chalepensis* : Etude ethnobotanique, Screening phytochimique et pouvoir antibactérien Valorization of *Ruta montana* and *Ruta chalepensis* : Ethnobotanical study, phytochemical screening and Antibacterial activity.
- Datta, S.,** Bull, J. C., Budge, G. E., & Keeling, M. J. (2013). Modelling the spread of American foulbrood in honeybees. *Journal of The Royal Society Interface*, 10(88), 20130650. <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0650>.

- Daugusch**, A., Moraes, C. S., Fort, P., & Park, Y. K. (2008). Brazilian Red Propolis—Chemical Composition and Botanical Origin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 5(4), 435-441. <https://doi.org/10.1093/ecam/nem057>.
- De Graaf**, D. C., Alippi, A. M., Brown, M., Evans, J. D., Feldlaufer, M., Gregorc, A., Hornitzky, M., Pernal, S. F., Schuch, D. M. T., Titêra, D., Tomkies, V., & Ritter, W. (2006). Diagnosis of American foulbrood in honey bees : A synthesis and proposed analytical protocols. *Letters in Applied Microbiology*, 43(6), 583-590. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.02057.x>.
- De Graaf**, D. C., Alippi, A. M., Antúnez, K., Aronstein, K. A., Budge, G., De Koker, D., De Smet, L., Dingman, D. W., Evans, J. D., Foster, L. J., Fünfhaus, A., Garcia-Gonzalez, E., Gregore, A., Human, H., Murray, K. D., Nguyen, B. K., Poppinga, L., Spivak, M., Van Engelsdorp, D., Genersch, E. (2013). Standard methods for American foulbrood research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-28. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.11>.
- Debab**, M., & Toumi-Benali, F. (2022). Activités antimicrobienne et anthelminthique de la propolis de l'Ouest algérien. *Phytothérapie*, 20(4-5), 224-229. <https://doi.org/10.3166/phyto-2021-0288>.
- Debbache**, N., Atmani, D., & Atmani, D. (2014). Chemical analysis and biological activities of *Populus nigra*, flower buds extracts as source of propolis in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 53, 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.018>.
- Derrar**, S., Nava, V., Ayad, M. A., Saim, M. S., Aggad, H., Spanò, I. M., Litrenta, F., Leonardi, M., Albergamo, A., Lo Turco, V., Potortì, A. G., & Di Bella, G. (2024). Safety Assessment of Honeys from Northern and Southern Algerian Regions. *Agriculture*, 14(9), 1503. <https://doi.org/10.3390/agriculture14091503>.
- Dezmirean** DS, Pașca C, Moise AR, Bobiș O. (2020). Plant Sources Responsible for the Chemical Composition and Main Bioactive Properties of Poplar-Type Propolis. *Plants*, 10(1): 22. <https://doi.org/10.3390/plants10010022>.
- Dias** LG, Pereira AP, Estevinho LM. (2012). Comparative study of different Portuguese samples of propolis : Pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. *Food and Chemical Toxicology*. 50 (12), 4246 4253. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.08.056>.
- Ding**, Q., Sheikh, A. R., Gu, X., Li, J., Xia, K., Sun, N., Wu, R. A., Luo, L., Zhang, Y., & Ma, H. (2021). Chinese Propolis : Ultrasound-assisted enhanced ethanolic extraction, volatile components analysis, antioxidant and antibacterial activity comparison. *Food Science & Nutrition*, 9(1), 313-330. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1997>.
- Djukic**, M., Brzuszkiewicz, E., Fünfhaus, A., Voss, J., Gollnow, K., Poppinga, L., Liesegang, H., Garcia-Gonzalez, E., Genersch, E., & Daniel, R. (2014). How to Kill the Honey Bee Larva : Genomic Potential and Virulence Mechanisms of *Paenibacillus* larvae. *PLoS ONE*, 9(3), e90914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090914>.
- do Nascimento** TG, Dos Santos Arruda RE, Da Cruz Almeida ET, Dos Santos Oliveira JM, Basílio-Júnior ID, Celerino De Moraes Porto IC, Rodrigues Sabino A, Tonholo J, Gray A, Ebel, RE, Clements C, Zhang T, Watson DG. (2019). Comprehensive multivariate correlations between climatic effect, metabolite-profile, antioxidant capacity and antibacterial activity of Brazilian red propolis metabolites during seasonal study. *Scientific Reports* 9(1): 18293. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54591-3>.

Références bibliographiques

- Doğan**, H., Silici, S., & Ozcimen, A. A. (2020). Biological Effects of Propolis on Cancer. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 8(3), 573-579. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i3.573-579.2939>.
- Dos Santos** FF, Morais-Urano RP, Cunha WR, De Almeida SG, Cavallari PSDSR, Manuquian, HA, Pereira HDA, Furtado R, Santos MFC, Amdrade E, Silva ML. (2022). A review on the anti-inflammatory activities of Brazilian green, brown and red propolis. Journal of Food Biochemistry. 46(10). <https://doi.org/10.1111/jfbc.14350>.
- Drago**, L., De Vecchi, E., Nicola, L., & Gismondo, M. R. (2007). In vitro antimicrobial activity of a novel propolis formulation (Actichelated propolis) : Activity of Actichelated propolis. Journal of Applied Microbiology, 103(5), 1914-1921. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03421.x>.
- Duarte** CRA, Eyng C, Murakami AE, Santos TC. (2013). Intestinal morphology and activity of digestive enzymes in broilers fed crude propolis. Canadian Journal of Animal Science 94(1): 105-114. <https://doi.org/10.4141/cjas2013-059>.
- Dumitru** A, Chioveanu G, Ionita M, Dobre G, Mitrea, IL. (2017). *In vitro* studies on using natural essential oils in treatment on *Nosemosis* in honeybees: determination of the therapeutic dose. Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine. (2):165-170.
- Duran**, N., Muz, M., Culha, G., Duran, G., & Ozer, B. (2011). GC-MS analysis and antileishmanial activities of two Turkish propolis types. Parasitology Research, 108(1), 95-105. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2039-z>.
- Dutra**, R. P., De Sousa, M. M., Mignoni, M. S. P. M., De Oliveira, K. G. M., Pereira, E. B., Figueredo, A. S., Da Costa, A. A. C., Dias, T. G., Vasconcelos, C. C., Silva, L. A., Reis, A. S., & Lopes, A. J. O. (2023). Brazilian Amazon Red Propolis : Leishmanicidal Activity and Chemical Composition of a New Variety of Red Propolis. Metabolites, 13(9), 1027. <https://doi.org/10.3390/metabo13091027>.
- Dvykaliuk**, R., & Adamchuk, L. (2021). Development of a propolis-collecting device. Animal science and food technology, 12(3), 76-88. <https://doi.org/10.31548/animal2021.03.007>
- Ebeling**, J., Reinecke, A., Sibum, N., Fünfhaus, A., Aumeier, P., Otten, C., & Genersch, E. (2023). A Comparison of Different Matrices for the Laboratory Diagnosis of the Epizootic American Foulbrood of Honey Bees. Veterinary Sciences, 10(2), 103. <https://doi.org/10.3390/vetsci10020103>.
- Ecem Bayram** N, Gerçek YC, Bayram S, Toğar B. (2020). Effects of processing methods and extraction solvents on the chemical content and bioactive properties of propolis. Journal of Food Measurement and Characterization. 14(2): 905-916. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00340-z>.
- El Ali**, M., Jaber, A., Dorra, Z., El Riachi, M., Ibrahim, G., & Cheble, E. (2021). Chemical Analysis and Antioxidant Activity of Four Propolis Samples Collected from Different Regions of Lebanon. Journal of Apitherapy and Nature, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.35206/jan.828140>.
- El Mannoubi**, I. (2023). Impact of different solvents on extraction yield, phenolic composition, in vitro antioxidant and antibacterial activities of deseeded *Opuntia stricta* fruit. Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences, 9(2), 176-184. <https://doi.org/10.1007/s43994-023-00031-y>.

Références bibliographiques

- El Menyiy** N, Bakour M, El Ghouizi A, El Guendouz S, Lyoussi B. Influence of Geographic Origin and Plant Source on Physicochemical Properties, Mineral Content, and Antioxidant and Antibacterial Activities of Moroccan Propolis. *International Journal of Food Science*. (2021); 1 12. <https://doi.org/10.1155/2021/5570224>.
- El-Deeb** A M. (2017). Utilization of Propolis Extract as A Natural Preservative in Raw Milk *Journal Food and Dairy Sci., Mansoura Univ.*, 8 (8): 315 – 321.
- El-Didamony**, S. E., Gouda, H. I. A., Zidan, M. M. M., & Amer, R. I. (2024). Bee products : An overview of sources, biological activities and advanced approaches used in apitherapy application. *Biotechnology Reports*, 44, e00862. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00862>
- El-Guendouz**, S., Lyoussi, B., & Miguel, M. G. (2019). Insight on Propolis from Mediterranean Countries : Chemical Composition, Biological Activities and Application Fields. *Chemistry & Biodiversity*, 16(7), e1900094. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900094>.
- Elkhateeb** OM, Badawy MEI, Noreldin AE, Abou-Ahmed HM, El-Kammar MH, Elkhenany HA. (2022). Comparative evaluation of propolis nanostructured lipid carriers and its crude extract for antioxidants, antimicrobial activity, and skin regeneration potential. *BMC Complementary Medicine and Therapies* 22(1): 256. <https://doi.org/10.1186/s12906-022-03737-4>.
- Ellis**, J. D., Graham, J. R., & Mortensen, A. (2013). Standard methods for wax moth research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-17. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.10>.
- El-Meihy**, R. M., Hassan, E. O., Alamoudi, S. A., Negm, S., Al-Hoshani, N., Al-Ghamdi, M. S., & Nowar, E. E. (2024). Probing the interaction of *Paenibacillus larvae* bacteriophage as a biological agent to control the American foulbrood disease in honeybee. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(6), 104002. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2024.104002>.
- El-Mergawi**, R. A., & Al-Humaid, A. I. (2019). Searching for natural herbicides in methanol extracts of eight plant species. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0063-4>.
- El-Sakhawy**, M., Salama, A., & Mohamed, S. A. A. (2024). Propolis applications in food industries and packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(13), 13731-13746. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04044-9>.
- El-Seedi** HR, El-Wahed AAA, Naggar YA, Saeed A, Xiao J, Ullah H, Musharraf SG, Boskabady MH, Cao W, Guo Z, Daglia M, Wakil AE, Wang K, Khalifa, SAM. (2022). Insights into the Role of Natural Products in the Control of the Honey Bee Gut Parasite (*Nosema spp.*). *Animals*. (12):3062. <https://doi.org/10.3390/ani12213062>.
- Erat** S, Menemen Y. (2019). Comparison of Plastic and Wooden Langstroth Hives in Terms of Some Traits. *International Journal of Veterinary and Animal Research*. 2651-3609 2(2): 37-45.
- Eroğlu**, Ö. Yüksel S (2020). GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE PROPOLİS. *Journal of social, humanities and administrative sciences*, 6(26), 623 629. <https://doi.org/10.31589/JOSHAS.310>.
- Esnault**, O. (2018). Diversité des agents pathogènes de l'abeille dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien dans un contexte d'invasion récente de *Varroa destructor* et mortalités associées. Thèse doctorat, Université de La Réunion. France.
- Falcão**, S. I., Vale, N., Gomes, P., Domingues, M. R. M., Freire, C., Cardoso, S. M., & Vilas-Boas, M. (2013). Phenolic Profiling of Portuguese Propolis by LC-MS Spectrometry :

Références bibliographiques

Uncommon Propolis Rich in Flavonoid Glycosides. *Phytochemical Analysis*, 24(4), 309-318. <https://doi.org/10.1002/pca.2412>.

Fangio MF, Orallo DE, Gende LB, Churio MS. (2019). Chemical characterization and antimicrobial activity against *Paenibacillus larvae* of propolis from Buenos Aires province, Argentina. *Journal of Apicultural Research*. 58(4): 626-638. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1601318>.

Farooqui Tahira, Akhlaq A. Farooqui. (2012). Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases. *Frontiers in Bioscience E4*, 779-793.

Fawzy AM. Al-Ahmadi SS. Hanan M. Al-Hazmi. (2017). Influence of Some Natural Substances for Control the Greater Wax Moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Plant Prot. And Path., Mansoura Univ., Vol.8 (8)*: 407 – 413.

Ferhoum F. (2010). Analyses physico chimiques de la propolis locale selon les étages bioclimatiques et les deux races d'abeille locales (*Apis mellifica intermissa* et *Apis mellifica sahariensis*), University of M'hamed bougara Boumerdes, Algeria, Thesis Magister ; p 12-13-46-49.

Fernández-Calderón, M. C., Hernández-González, L., Gómez-Navia, C., Blanco-Blanco, M. T., Sánchez-Silos, R., Lucio, L., & Pérez-Giraldo, C. (2021). Antifungal and anti-biofilm activity of a new Spanish extract of propolis against *Candida glabrata*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03323-0>.

Fernando EV, Harry KK. (2012). *Insect pathology*. Book. P446.

Fikri, A. M., Sulaeman, A., Handharyani, E., Marliyati, S. A., & Fahrudin, M. (2019). The effect of propolis administration on fetal development. *Heliyon*, 5(10), e02672. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02672>.

Firacative, C., Khan, A., Duan, S., Ferreira-Paim, K., Leemon, D., & Meyer, W. (2020). Rearing and Maintenance of *Galleria mellonella* and Its Application to Study Fungal Virulence. *Journal of Fungi*, 6(3), 130. <https://doi.org/10.3390/jof6030130>.

Forma, E., & Bryś, M. (2021). Anticancer Activity of Propolis and Its Compounds. *Nutrients*, 13(8), 2594. <https://doi.org/10.3390/nu13082594>.

Formato, G., Rivera-Gomis, J., Bubnic, J., Martín-Hernández, R., Milito, M., Croppi, S., & Higes, M. (2022). Nosemosis Prevention and Control. *Applied Sciences*, 12(2), 783. <https://doi.org/10.3390/app12020783>.

Fouzia A, Benabdellah BB, Ahmed H, Abdelkader H. (2022). Etat sanitaire de l'apiculture dans trois régions du Nord-Ouest algérien : Tiaret, Relizane et Mostaganem. *Papers on Life Science, Marine & Environmental Research*. (1)1 : 1-5.

Fries, I., & Camazine, S. (2001). Implications of horizontal and vertical pathogen transmission for honey bee epidemiology. *Apidologie*, 32(3), 199-214. <https://doi.org/10.1051/apido:2001122>.

Gajardo-Rojas, M., Muñoz, A. A., Barichivich, J., Klock-Barría, K., Gayo, E. M., Fontúrbel, F. E., Olea, M., Lucas, C. M., & Veas, C. (2022). Declining honey production and beekeeper adaptation to climate change in Chile. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(5), 737-756. <https://doi.org/10.1177/03091333221093757>.

Références bibliographiques

- Galeotti**, F., Maccari, F., Fachini, A., & Volpi, N. (2018). Chemical Composition and Antioxidant Activity of Propolis Prepared in Different Forms and in Different Solvents Useful for Finished Products. *Foods*, 7(3), 41. <https://doi.org/10.3390/foods7030041>.
- Galeotti** F., C. Federica, F. Alfredo, V. (2019). Nicola, Recent advances in analytical approaches for the standardization and quality of polyphenols of propolis, *Journal of Medicinal Plants Research*, 13(19), 487 500. <https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6849>.
- Garedew**, A., Schmolz, E., & Lamprecht, I. (2004). Effect of the bee glue (propolis) on the calorimetrically measured metabolic rate and metamorphosis of the greater wax moth *Galleria mellonella*. *Thermochimica Acta*, 413(1-2), 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2003.10.014>
- Gargouri** W, Osés SM, Fernández-Muiño MA, Sancho MT, Kechaou N. (2019). Evaluation of bioactive compounds and biological activities of Tunisian propolis. *LWT*. 111, 328 336. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.044>.
- Genersch**, E., Forsgren, E., Pentikäinen, J., Ashiralieva, A., Rauch, S., Kilwinski, J., & Fries, I. (2006). Reclassification of *Paenibacillus larvae subsp. Pulvifaciens* and *Paenibacillus larvae subsp. Larvae* as *Paenibacillus larvae* without subspecies differentiation. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56(3), 501-511. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63928-0>.
- Genersch**, E. (2010). American Foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S10-S19. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.015>.
- Genersch**, E. (2017). Foulbrood Diseases of Honey Bees—From Science to Practice. In R. H. Vreeland & D. Sammataro (Éds.), *Beekeeping – From Science to Practice* (p. 157-174). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60637-8_10.
- Ghorab**, A., Rodríguez-Flores, M. S., Nakib, R., Escuredo, O., Haderbache, L., Bekdouche, F., & Seijo, M. C. (2021). Sensorial, Melissopalynological and Physico-Chemical Characteristics of Honey from Babors Kabylia's Region (Algeria). *Foods*, 10(2), 225. <https://doi.org/10.3390/foods10020225>.
- Giammarino**, A., Bellucci, N., & Angiolella, L. (2024). *Galleria mellonella* as a Model for the Study of Fungal Pathogens: Advantages and Disadvantages. *Pathogens*, 13(3), 233. <https://doi.org/10.3390/pathogens13030233>.
- Gillard** M, Charriere J.D, Belloy L. (2008). Distribution of *Paenibacillus larvae* spores inside honeybee colonies and its relevance for diagnosis. *Journal of Invertebrate Pathology*. 99: 92–95. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.05.010>.
- Giménez-Martínez** P, Cugnata N, Alonso-Salces RM, Arredondo D, Antúnez K, Castro RD, Castro D, Fuselli SR. (2019). Natural molecules for the control of *Paenibacillus larvae*, causal agent of American foulbrood in honeybees (*Apis mellifera* L.). 17(3).
- Giménez-Martínez** P, Zúñiga F, Medici S, Fuselli S, Martínez J. (2024). Spent coffee grounds extract : Antimicrobial activity against *Paenibacillus larvae* and its effect on the expression of antimicrobial peptides in *Apis mellifera*. *Veterinary Research Communications*. 48(2): 889-899. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10256-1>.
- Glevitzky**, M., Corcheș, M. T., Popa, M., Glevitzky, I., & Vică, M. L. (2025). Propolis : Biological Activity and Its Role as a Natural Indicator of Pollution in Mining Areas. *Environments*, 12(4), 105. <https://doi.org/10.3390/environments12040105>.

Références bibliographiques

- Gomaa M**, Abdelhameed K, Sobhy S, Konper H, Hassanein Z, Saleh A, Jamal M, E. Hafez. (2025). Antioxidant activity, antibacterial behavior, and anticancer impact of Egyptian propolis. *Open Veterinary Journal*. 15(1), 126. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i1.12>.
- Gómez-Moracho T**, Durand T, Pasquarella C, Heeb P, Lihoreau M. (2021). Artificial Diets Modulate Infection Rates by *Nosema ceranae* in Bumblebees. *Microorganisms*. 9(1): 158. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010158>.
- González-Martín M**, Escuredo O, Revilla I, Vivar-Quintana A, Coello M, Riocerezo C, Moncada G. (2015). Determination of the Mineral Composition and Toxic Element Contents of Propolis by Near Infrared Spectroscopy. *Sensors*. 15 (11), 27854–27868. <https://doi.org/10.3390/s151127854>.
- Graaf DC**, Alippi AM, Antúnez K, Aronstein KA, Budge G, De Koker D, De Smet L, Dingman DW, Evans JD, Foster LJ, Fünfhaus A. (2013). Standard methods for American foulbrood research. *Journal of Apicultural Research*. 52(1): 1–28. <https://doi.org/10.3896/ibra.1.52.1.11>.
- Grady, EN**, MacDonald, J., Liu, L., Richman, A., Yuan, Z.-C. (2016). Current knowledge and perspectives of *Paenibacillus*: A review. *Microbial Cell Factories*, 15(1), 203. <https://doi.org/10.1186/s12934-016-0603-7>.
- Grassi, G.**, Capasso, G., Gambacorta, E., & Perna, A. M. (2023). Chemical and Functional Characterization of Propolis Collected from Different Areas of South Italy. *Foods*, 12(18), 3481. <https://doi.org/10.3390/foods12183481>.
- Grubbs KJ**, May DS, Sardina JA, Dermenjian RK, Wyche TP, Pinto-Tomás AA, Clardy J, Currie CR. (2021). Pollen *Streptomyces* Produce Antibiotic That Inhibits the Honey Bee Pathogen *Paenibacillus larvae*. *Frontiers in Microbiology*. (12): 632-637. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.632637>.
- Guermah, H.**, Hadjem, S. Zemhi H. (2021). Effet de la méthode de récolte sur la production de propolis par l'abeille locale *Apis mellifera intermissa* en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 33 (6).
- Guiraud. JP.** (2003). *Microbiologie alimentaire ; Application à l'étude des principaux groupes microbiens*. Ed. DUNOD, 651p.
- Gul M.**, Halvacı E., Kars H., Kozak T., Ikbali D., Ozengul A., Sen, F. (2025). Bee diseases and treatment methods. *Journal of Scientific Reports-C*. 9: 28-53.
- Günbatan T**, Gürbüz İ, Gençler Özkan AM. (2016). The current status of ethno-pharmacobotanical knowledge in Çamlıdere (Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Botany* 40: 241-249. <https://doi.org/10.3906/bot-1501-37>.
- Güneşdoğdu, M.**, Bayram, A., Işıkbir, A. A., Şekeroğlu, A., & Bozkurt, H. (2023). Insecticidal Effect of a Natural Turkish Diatomaceous Earth Formulation on Greater Wax Moth. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(12), 2372-2376. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i12.2371-2375.6436>.
- Güney, F.**, & Ertürk, Ö. (2020). Determination of the effects of propolis ethanolic extract on some properties of fruit yoghurt during storage. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 145-152. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.694712>.
- Habryka, C.**, Socha, R., & Juszczak, L. (2020). The Effect of Enriching Honey with Propolis on the Antioxidant Activity, Sensory Characteristics, and Quality Parameters. *Molecules*, 25(5), 1176. <https://doi.org/10.3390/molecules25051176>.

Références bibliographiques

- Hafshejani** SF, Lotfi S, Rezvannejad E, Mortazavi M, Riahi-Madvar A. (2023). Correlation between total phenolic and flavonoid contents and biological activities of 12 ethanolic extracts of Iranian propolis. *Food Science & Nutrition*. 11(7), 4308–4325. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3356>.
- Haderbache** L., Mohammedi A. (2015). Etude sur le comportement de consommation du miel en Algérie : attentes et préférences Honey consumption behaviors in Algeria: survey and expectations. *Revue Agriculture*. 09 (2015) 19 – 24.
- Haghdoust** NS, Salehi TZ, Khosravi A, Sharifzadeh A. (2016). Antifungal activity and influence of propolis against germ tube formation as a critical virulence attribute by clinical isolates of *Candida albicans*. *Journal de Mycologie Médicale*. 26(4): 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2015.11.004>.
- Hamdi** C, Essanaa J, Sansonno L, Crotti E, Abdi K, Barbouche N, Balloi A, Gonella E, Alma A, Daffonchio D, Boudabous A, Cherif A. (2013). Genetic and Biochemical Diversity of *Paenibacillus* larvae Isolated from Tunisian Infected Honey Bee Broods. *BioMed Research International*. (1): 9. <https://doi.org/10.1155/2013/479893>.
- Hamzah**, M. H. (2022). Propolis mouthwash for preventing radiotherapy-induced mucositis in patients with nasopharyngeal carcinoma. 77(4).
- Han**, B., Zhang, L., Geng, L., Jia, H., Wang, J., Ke, L., Li, A., Gao, J., Wu, T., Lu, Y., Liu, F., Song, H., Wei, X., Ma, S., Zhan, H., Wu, Y., Liu, Y., Wang, Q., Diao, Q., Dai, P. (2023). Greater wax moth control in apiaries can be improved by combining *Bacillus thuringiensis* and entrapments. *Nature Communications*, 14(1), 7073. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42946-4>.
- Hedidi** D, Zemmar N, Belabass M, Hamdani FZ, Belhacini F, Abaidia, S. (2024). Valorization of local ethnobotanical knowledge in Ouled Ben Abdelkader region, Northwest of Algeria. *Ethnobotany Research and Applications* (28). <https://doi.org/10.32859/era.28.18.1-20>.
- Hegazi**, A. G., & Hady, F. K. A. E. (2001). Egyptian Propolis : 1-Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Upper Egypt Propolis. *Zeitschrift Für Naturforschung C*, 56(1-2), 82-88. <https://doi.org/10.1515/znc-2001-1-214>.
- Heidari**, G. D. Najafpour, M. Mohammadi, A. A. Moghadamnia. (2019). Microwave Ultrasound-Assisted Extraction : Determination of Quercetin for Antibacterial and Antioxidant Activities of Iranian Propolis. (2019). *International Journal of Engineering*, 32(8). <https://doi.org/10.5829/ije.2019.32.08b.01>.
- Helaly**, E., Ali, M. A., & Ghazala, N. (2022). Evaluation of some Essential Oils against Wax Moth Larvae (Lepidoptera: *Galleria mellonella* L.) and Adult Honeybee Workers (Hymenoptera: *Apis mellifera* L.). *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 0(0), 0-0. <https://doi.org/10.21608/ajs.2022.108974.1441>.
- Hernández Zarate** MS, Abraham Juárez MDR, Cerón García A, Ozuna López C, Gutiérrez Chávez AJ, Segoviano Garfias JDJN, Avila Ramos F. (2018). Flavonoids, phenolic content, and antioxidant activity of propolis from various areas of Guanajuato, Mexico. *Food Science and Technology*. 38(2), 210–215. <https://doi.org/10.1590/fst.29916>.
- Herrera-López**, M. G., Rubio-Hernández, E. I., Leyte-Lugo, M. A., Schinkovitz, A., Richomme, P., Calvo-Irabién, L. M., & Peña-Rodríguez, L. M. (2019). Botanical origin of triterpenoids from Yucatecan propolis. *Phytochemistry Letters*, 29, 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.10.015>.

- Hitouche**, S., Ridha Messak, M., Imane, A., & Lazereg, M. (2024). Challenges of Beekeeping in Arid Regions. *SocioEconomic Challenges*, 8(4), 191-204. [https://doi.org/10.61093/sec.8\(4\).191-204.2024](https://doi.org/10.61093/sec.8(4).191-204.2024).
- Hochheim**, S., Guedes, A., Faccin-Galhardi, L., Rechenchoski, D. Z., Nozawa, C., Linhares, R. E., Filho, H. H. D. S., Rau, M., Siebert, D. A., Micke, G., & Cordova, C. M. M. D. (2019). Determination of phenolic profile by HPLC–ESI-MS/MS, antioxidant activity, *in vitro* cytotoxicity and anti-herpetic activity of propolis from the Brazilian native bee *Melipona quadrifasciata*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(3), 339-350. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.12.010>.
- Huang**, W.-F., Solter, L. F., Yau, P. M., & Imai, B. S. (2013). *Nosema ceranae* Escapes Fumagillin Control in Honey Bees. *PLoS Pathogens*, 9(3), e1003185. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003185>.
- Huang**, S., Zhang, C.-P., Wang, K., Li, G., & Hu, F.-L. (2014). Recent Advances in the Chemical Composition of Propolis. *Molecules*, 19(12), 19610-19632. <https://doi.org/10.3390/molecules191219610>.
- Hudz** N, O Yezerska, V Turkina, O Motyka, M Shanaida, D Hrebenka, O Tkachenko, PP Wieczorek, I Jasicka-Misiak. (2022). Propolis as a source for the development of new antimicrobial pharmaceutical.
- Hulaj**, B., Goga, I., Cana, A., Merovci, X., Rossi, F., Crudele, S., Ricchiuti, L., & Mutinelli, F. (2021). Passive surveillance of American foulbrood in the Republic of Kosovo : Geographic distribution and genotype characterization. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 320-325. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1892400>.
- Hussien**, W. A., Adam, A. H. M., Khaeir, S. M., & Ali, A. E. E. (2023). Effect of Bio-Controlling Methods (Proplis and Bacteria) on the 3rd_larval Instar of *Galleria mellonella* (Lepidoptera : Pyralidae). *Journal of Agronomy Research*, 4(4), 24-29. <https://doi.org/10.14302/issn.2639-3166.jar-22-4389>.
- Ibishi** B, Kolovski V, Xhezairi B, Karapetkovska V. (2023). Study on methods for extracting propolis collected in Mountain apiaries. *Professional paper (638)*:135. 497.7.
- Ibrahim**, N., Mohd Niza, N. F. S., Mohd Rodi, M. M., Zakaria, A. J., Ismail, Z., & Mohd, K. S. (2016). Chemical and biological analyses of Malaysian stingless bee propolis extracts. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 20(2), 413-422. <https://doi.org/10.17576/mjas-2016-2002-26>.
- Inui**, S., Hosoya, T., & Kumazawa, S. (2014). Hawaiian Propolis : Comparative Analysis and Botanical Origin. *Natural Product Communications*, 9(2), 1934578X1400900208. <https://doi.org/10.1177/1934578X1400900208>.
- Iorizzo**, M., Letizia, F., Ganassi, S., Testa, B., Petrarca, S., Albanese, G., Di Criscio, D., & De Cristofaro, A. (2022). Recent Advances in the Biocontrol of Nosemosis in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Fungi*, 8(5), 424. <https://doi.org/10.3390/jof8050424>.
- Isidorov** VA, Buczek K, Zambrowski G, Miastkowski K, Swiecicka I. (2017). *In vitro* study of the antimicrobial activity of European propolis against *Paenibacillus larvae*. *Apidologie*. 48(3): 411-422. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0485-z>.

Références bibliographiques

- Isla**, M. I., Paredes-Guzman, J. F., Nieva-Moreno, M. I., Koo, H., & Park, Y. K. (2005). Some Chemical Composition and Biological Activity of Northern Argentine Propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 1166-1172. <https://doi.org/10.1021/jf040130h>.
- Islam**, S., Shujaat, S., Hussain, E. A., Parveen, Z., & Ali, S. T. (2025). Analytical studies and biological activities of propolis oil from north Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 57(2). [https://doi.org/10.30848/PJB2025-2\(32\)](https://doi.org/10.30848/PJB2025-2(32)).
- Ivancajic**, S., Mileusnic, I., & Cenic-Milosevic, D. (2010). In vitro antibacterial activity of propolis extracts on 12 different bacteria in conditions of 3 various pH values. *Archives of Biological Sciences*, 62(4), 915-934. <https://doi.org/10.2298/ABS1004915I>.
- İzol**, E., Bursal, E., Yapıcı, İ., Abdullah Yilmaz, M., Yilmaz, İ., & Gülçin, İ. (2024). Chemical Content by LC–MS/MS, Antiglaucoma, and Antioxidant Activity of Propolis Samples From Different Regions of Türkiye. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 7488590. <https://doi.org/10.1155/2024/7488590>.
- Javaid**, A., & Anjum, T. (2006). Control of Parthenium hysterophorus L., by aqueous extracts of allopathic grasses. *ak. J. Bot.*, 38(1): 139-145.
- Javid** A, Anjum T. (2006). Fungi associated with seeds of some economically important crops in Pakistan- A review. *PJST* (1):8-9.
- Jmal**, S., Ben Ismail, H., Hamzaoui, M., Ben Salem, H., & Debbabi, H. (2024). Analysis of Tunisian Beekeepers' Perceptions in Honey Bee Diseases and Pests Management. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*, 75(1), 48-59. <https://doi.org/10.21608/ejarc.2024.345965>.
- Joffin**, J.N and Lateral, G., (2006). Microbiologie technique. Tom 1. Dictionnaire des techniques. Bordeaux, France: Centre Régional De Documentation Pédagogique, 368.
- Johan** P Van Den Heever, J. P., Thompson, T. S., Otto, S. J. G., Curtis, J. M., Ibrahim, A., & Pernal, S. F. (2015). The effect of dicyclohexylamine and fumagillin on *Nosema ceranae*-infected honeybee (*Apis mellifera*) mortality in cage trial assays. *Apidologie*, 47(5), 663-670. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0411-9>.
- Jończyk-Matysiak**, E., Popiela, E., Owczarek, B., Hodyra-Stefaniak, K., Świtała-Jeleń, K., Łodej, N., Kula, D., Neuberg, J., Migdał, P., Bagińska, N., Orwat, F., Weber-Dąbrowska, B., Roman, A., & Górski, A. (2020). Phages in Therapy and Prophylaxis of American Foulbrood – Recent Implications from Practical Applications. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1913. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01913>.
- Jongjitaree** S, Koontongkaew S, Niyomtham N, Yingyongnarongkul B, Utispan K. (2022). The Oral Wound Healing Potential of Thai Propolis Based on Its Antioxidant Activity and Stimulation of Oral Fibroblast Migration and Proliferation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 1 17. <https://doi.org/10.1155/2022/3503164>.
- Jorjão**, A. L., Oliveira, L. D., Scorzoni, L., Figueiredo-Godoi, L. M. A., Cristina A. Prata, M., Jorge, A. O. C., & Junqueira, J. C. (2018). From moths to caterpillars : Ideal conditions for *Galleria mellonella* rearing for *in vivo* microbiological studies. *Virulence*, 9(1), 383-389. <https://doi.org/10.1080/21505594.2017.1397871>
- Justino**, I. A., Furlan, J. P. R., Ferreira, I. R. S., Marincek, A., Aldana-Mejía, J. A., Tucci, L. F. F., Bastos, J. K., Stehling, E. G., Marzocchi-Machado, C. M., & Marcato, P. D. (2024). Antimicrobial, Antioxidant, and Anticancer Effects of Nanoencapsulated Brazilian Red

Références bibliographiques

Propolis Extract: Applications in Cancer Therapy. *Processes*, 12(12), 2856. <https://doi.org/10.3390/pr12122856>.

Kaewmuangmoon, J. (2012). Preliminary Screening for Various Bioactivities in Honey and Propolis Extracts from Thai Bees. *European Journal of Medicinal Plants*, 2(2), 74-92. <https://doi.org/10.9734/EJMP/2012/941>.

Kahramanoglu I, Serhat Usanmaz S. (2017). Effects of Propolis and Black Seed Oil on the Shelf Life of Freshly Squeezed Pomegranate Juice. *Food Science and Nutrition Studies*. 1(2), pp114-121.

Kalia P, Kumar NR, Harjai K. (2013). Phytochemical Screening and Antibacterial activity of different extracts of propolis. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Research (IJPBR)*.

Kapare, H., Gadge, S., Patil, N., Patole, V., & Raut, S. (2025). Development and evaluation of propolis loaded mixed micellar gel : Formulation, optimization and anticancer potential. *ACTA Pharmaceutica Scientia*, 63(1), 2. <https://doi.org/10.23893/1307-2080.APS6301>.

Kappagoda S, Singh U, Blackburn BG. (2011). Antiparasitic Therapy. *Mayo Clinic Proceedings*. 86(6): 561-583. <https://doi.org/10.4065/mcp.2011.0203>.

Kara Y , Can Z , Kolaylı S. (2022). What Should Be the Ideal Solvent Percentage and Solvent-Propolisratio in the Preparation of Ethanolic Propolis Extract? *Food Analytical Methods* (2022) 15:1707–1719. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02244-z>.

Kara, Y., & Birinci, C. (2024). Usability of the phenolic profile analysis method developed in RP-HPLC-PDA in natural products. *Journal of Apitherapy and Nature*, 7(1), 14-27. <https://doi.org/10.35206/jan.1430767>.

Karadal, NE Onmaz, S Abay, Y Yildirim, S Al, I Tatyuz, A Akcay. (2018). A Study of Antibacterial and Antioxidant Activities of Bee Products : Propolis, Pollen and Honey Samples. *Ethiop. J. Health Dev.* 32(2), 117-122.

Karaoğlu Şengül Alpay · Bozdeveci1 Arif · Pinarbaş Çetin Müberra · Sevim Elif · Şeyma Suyabatmaz · Akpınar Rahşan. (2023). Isolation, characterization, and genetic diversity of *Paenibacillus* larvae from AFB suspected specimens in the Central and Eastern Black Sea Regions. *Biologia*.78:2919–2929. <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01448-w>.

Kartal, M., Yıldız, S., Kaya, S., Kurucu, S., & Topçu, G. (2003). Antimicrobial activity of propolis samples from two different regions of Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 86(1), 69-73. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00042-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00042-4).

Kasiotis, K. M., Anastasiadou, P., Papadopoulos, A., & Machera, K. (2017). Revisiting Greek Propolis : Chromatographic Analysis and Antioxidant Activity Study. *PLOS ONE*, 12(1), e0170077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170077>.

Kaskinova, M., Gaifullina, L., Zaitsev, G., Davydychev, A., & Saltykova, E. (2025). Nosemosis in Russian *Apis mellifera* L. Populations : Distribution and Association with Hybridization. *Insects*, 16(6), 641. <https://doi.org/10.3390/insects16060641>.

Kasote, D. M. (2017). Propolis : A Neglected Product of Value in the Indian Beekeeping Sector. *Bee World*, 94(3), 80-83. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2017.1345223>.

Katircioglu H, Mercan N. (2006). Antimicrobial activity and chemical compositions of Turkish propolis from different regions. *African Journal of Biotechnology* Vol. 5 (11), pp. 1151-1153.

Références bibliographiques

- Katirciolu H**, Mercan N. (2006). Antimicrobial activity and chemical compositions of Turkish propolis from different regions. *African Journal of Biotechnology* Vol. 5 (11), pp. 1151-1153.
- Kekeçoğlu, M.**, Eroğlu, N., Kambur, M., & Uçak, M. (2018). The Relationships between propolis collecting capability and morphometric features of Some Honey Bee Races and Ecotypes in Anatolia. *Tarım Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.447319>.
- Kekeçoğlu, M.**, Keskin, M., Biriñci, C., Biriñci, E., & Kolaylı, S. (2021). Effects of honeybee race and season on propolis composition. *Tarım Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.619996>.
- Khosravi AR**, Shokri H, Sohrabi N. (2014). Potential effects of *Trachyspermum copticum* essential oil and propolis alcoholic extract on Mep3 gene expression of *Microsporum canis* isolates. *Journal de Mycologie Médicale*. 24(3) : e101-e107. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2014.03.003>.
- Khoudali, S.** (2014). Étude de l'activité antioxydante et de l'action anti corrosion de l'extrait méthanolique des feuilles du palmier nain (*Chamaerops humilis* L.) du Maroc Study of antioxidant activity and anticorrosion action of the methanol extract of dwarf palm leaves (*Chamaerops humilis* L.) from Morocco.
- Khyade, V. B.** (2018). Review on Biodegradation of Plastic through Waxworm (Order : Lepidoptera; Family: Pyralidae). *International Academic Journal of Economics*, 05(01), 84-91. <https://doi.org/10.9756/IAJE/V5I1/1810008>.
- Kiziltas, H.**, & Erkan, C. (2020). The effects of different beehives on propolis production and quality. *Food Science and Technology*, 41(4), 877-883. <https://doi.org/10.1590/fst.20120>.
- Koc AN**, Silici S, Mutlu-Sariguzel F, Sagdic O. (2007). Antifungal Activity of Propolis in Four Different Fruit Juices. *Food Technol. Biotechnol.* 45 (1): 57–61.
- Kochansky J**, Knox DA, Feldlaufer M, Pettis JS. (2001). Screening alternative antibiotics against oxytetracycline-susceptible and -resistant *Paenibacillus larvae*. *Apidologie*. 32(3): 215-222. <https://doi.org/10.1051/apido:2001123>.
- Kolaylı S**, Palabiyik I, Atik DS, Keskin M, Bozdeveci A, Karaoglu SA. (2020). Comparison of Antibacterial and Antifungal Effects of Different Varieties of Honey and Propolis Samples. *Acta Alimentaria*. 49(4), 515-523. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.4.18>.
- Kolaylı, S.** (2024). A Miracle Food Supplement Obtained from Beehives : Propolis. In E. Ivanišová (Éd.), *Herbs and Spices—New Perspectives in Human Health and Food Industry*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004254>.
- Komala**, Devina. (2020). Greater Wax Moth (*Galleria mellonella* L.) an important insect pest of honeybees. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*. 1860-1867.
- Kosalec, I.**, Pepeljnjak, S., Bakmaz, M., & Vladimir-Kne, S. (2005). Flavonoid analysis and antimicrobial activity of commercially available propolis products. *Acta Pharm.* 55 :423–430
- Kumar L, V.**, & Singhal, A. (2009). Germinating seeds of the mung bean, *Vigna radiata* (Fabaceae), as a model for the preliminary evaluation of cytotoxic effects of drugs. *BIOCELL*, 33(1), 19-24. <https://doi.org/10.32604/biocell.2009.33.019>.
- Kumar G.**, Khan MS. (2018). Study of the life cycle of greater wax moth (*Galleria mellonella*) under storage conditions in relation to different weather conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(3): 444-447.

- Kumar, Y., & Yadav, S.** (2018). Seasonal incidence of Greater wax moth, *Galleria mellonella* Linnaeus in *Apis mellifera* colonies in ecological condition of Hisar. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(1): 790-795.
- Kurek-Górecka A, Keskin Ş, Bobis O, Felitti R, Górecki M, Otręba M, Stojko J, Olczyk P, Kolayli S, Rzepecka-Stojko A.** (2022). Comparison of the Antioxidant Activity of Propolis Samples from Different Geographical Regions. *Plants*. 11(9), 1203. <https://doi.org/10.3390/plants11091203>.
- Kwadha, C. A., Ong'amo, G. O., Ndegwa, P. N., Raina, S. K., & Fombong, A. T.** (2017). The Biology and Control of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*. *Insects*, 8(2), 61. <https://doi.org/10.3390/insects8020061>.
- Lagouri, V., Prasianaki, D., & Krysta, F.** (2014). Antioxidant Properties and Phenolic Composition of Greek Propolis Extracts. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 511-522. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.654561>.
- Lazo, G. L., Lemes, D. C., Pauletti, P. M., Ambrósio, S. R., Veneziani, R. C. S., & Pires, H.** (2025). Analysis of the antimicrobial activity of propolis : A narrative review of *in-vitro* studies.
- Letullier, C., Manduchet, A., Dlalal, N., Hugou, M., Georgé, S., Sforcin, J. M., & Cardinault, N.** (2020). Comparison of the antibacterial efficiency of propolis samples from different botanical and geographic origins with and without standardization. *Journal of Apicultural Research*, 59(1), 19-24. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1681117>.
- Lopes-Rocha MSC, Miranda JL, Lima NL, Ferreira FO, Santos AS, Marinho SA, Verli FD.** (2012). Effect of topical propolis and dexamethasone on the healing of oral surgical wounds. *Wound Healing Southern Africa* 5(1): 25-30.
- Lotfy M.** (2006). Biological Activity of Bee Propolis in Health and Disease. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, Vol 7.
- Machado, C. S., Mokochinski, J. B., Lira, T. O. D., De Oliveira, F. D. C. E., Cardoso, M. V., Ferreira, R. G., Sawaya, A. C. H. F., Ferreira, A. G., Pessoa, C., Cuesta-Rubio, O., Monteiro, M. C., De Campos, M. S., & Torres, Y. R.** (2016). Comparative Study of Chemical Composition and Biological Activity of Yellow, Green, Brown, and Red Brazilian Propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016(1), 6057650. <https://doi.org/10.1155/2016/6057650>.
- Machado, G. M. D. C., Leon, L. L., & Castro, S. L. D.** (2007). Activity of Brazilian and Bulgarian propolis against different species of *Leishmania*. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 102(1), 73 77. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762007000100012>.
- Maciejewicz, W.** (2001). Isolation of flavonoid aglycones from propolis by a column chromatography method and their identification by GC-MS and TLC methods. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technology*, v.24, p. 1171-1179.
- Maggi, M., Antúnez, K., Invernizzi, C., Aldea, P., Vargas, M., Negri, P., Brasesco, C., De Jong, D., Message, D., Teixeira, E. W., Principal, J., Barrios, C., Ruffinengo, S., Da Silva, R. R., & Eguaras, M.** (2016). Honeybee health in South America. *Apidologie*, 47(6), 835-854. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0445-7>
- Magnavacca A, Sangiovanni E, Racagni G, Dell'Agli M.** (2022). The antiviral and immunomodulatory activities of propolis : An update and future perspectives for respiratory diseases. *Medicinal Research Reviews* 42(2): 897 945. <https://doi.org/10.1002/med.21866>.

Références bibliographiques

- Mahdavi-Roshan**, M., Gheibi, S., & Pourfarzad, A. (2022). Effect of propolis extract as a natural preservative on quality and shelf life of marinated chicken breast (chicken Kebab). *LWT*, 155, 112942. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112942>.
- Mandal**, A., & Mondal, A. K. (2011). Taxonomy and Ecology of Obnoxious Weed *Alternanthera Philoxeroides* Grisebach (Family Amaranthaceae) on Spore Germination in *Ampelopteris Prolifera* (Ketz.) Cop. *ADV. BIORES.* (2): 103 – 110.
- María del Rosario** Moncayo Luján, Alejandro Moreno Reséndez, Gretel Sagrario Galván Barrón, José Luis Reyes Carrillo, María Luisa Carrillo Inungaray. (2007). Antibacterial activity and phenolic content of propolis extracts obtained by different extraction methods *Actividad antibacteriana y contenido fenólico de extractos de propóleos obtenidos por diferentes métodos de extracción*. *Nova Scientia*. 20, 10(1), pp: 397 – 412.
- Marín-García**, P. J., Peyre, Y., Ahuir-Baraja, A. E., Garijo, M. M., & Llobat, L. (2022). The Role of *Nosema ceranae* (Microsporidia : Nosematidae) in Honey Bee Colony Losses and Current Insights on Treatment. *Veterinary Sciences*, 9(3), 130. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030130>.
- Martinez** J, Simon V., Gonzalez B, and Conget P. (2010). A real-time PCR-based strategy for the detection of *Paenibacillus larvae* vegetative cells and spores to improve the diagnosis and the screening of American foulbrood. *Letters in Applied Microbiology*. 50: 603–610.
- Martín-Hernández** R, Botías C, Barrios L, Martínez-Salvador A, Meana A, Mayack C, Higes M. (2011). Comparison of the energetic stress associated with experimental *Nosema ceranae* and *Nosema Apis* infection of honeybees (*Apis mellifera*). *Parasitology Research*. 109(3): 605-612. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2292-9>.
- Marzouk**, W. M., Kamel, A. A., Elsayh, H. A. S., & Dayem, M. R. A. E. (2025). Efficacy of Plant Oils against the Greater Wax Moth *Galleria mellonella*. *Indian Journal of Entomology*. <https://doi.org/10.55446/IJE.2025.2608>.
- Matović**, K., Žarković, A., Debeljak, Z., Vidanović, D., Vasković, N., Tešović, B., & Ćirić, J. (2023). American Foulbrood—Old and Always New Challenge. *Veterinary Sciences*, 10(3), 180. <https://doi.org/10.3390/vetsci10030180>.
- Mavri**, A., Abramovič, H., Polak, T., Bertonec, J., Jamnik, P., Smole Možina, S., & Jeršek, B. (2012). Chemical Properties and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Slovenian Propolis. *Chemistry & Biodiversity*, 9(8), 1545-1558. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201100337>.
- Mbayo**, M. K., Kalonda, E. M., Muya, R. K., Tshisand, P. T., Kanangila, A. B., Maseho, F. M., Kihuya, E. N., Bakari, S. A., Kahumba, J. B., & Lumbu, J. B. S. (2016). Test d'activité antimicrobienne et étude chimique préliminaire de quelques Euphorbiaceae du Katanga méridional (RDC). *Phytothérapie*. <https://doi.org/10.1007/s10298-016-1060-5>.
- Mehanni** M. (2015). Activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camendulensis* dans la région de Ouargla. Thèse doctorat. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Mehdi** Y. (2016). Caractérisation physicochimique, palynologique et effets antibactérien, antioxydant et immun modulateur des miels de la région ouest d'Algérie. Thèse doctorat. Université Djilali Liabes. Sidi Bel Abbes. p71.
- Meikle**, W. G., Barg, A., & Weiss, M. (2022). Honeybee colonies maintain CO₂ and temperature regimes in spite of change in hive ventilation characteristics. *Apidologie*, 53(5), 51. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00954-1>.

- Mello** BCBS, Petrus JCC, Hubinger MD. (2010). Concentration of flavonoids and phenolic compounds in aqueous and ethanolic propolis extracts through nanofiltration. *Journal of Food Engineering*; 96(4), 533-539. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.040>.
- Mendonça**, M. A. A. D., Ribeiro, A. R. S., Lima, A. K. D., Bezerra, G. B., Pinheiro, M. S., Albuquerque-Júnior, R. L. C. D., Gomes, M. Z., Padilha, F. F., Thomazzi, S. M., Novellino, E., Santini, A., Severino, P., B. Souto, E., & Cardoso, J. C. (2020). Red Propolis and Its Dyslipidemic Regulator Formononetin: Evaluation of Antioxidant Activity and Gastroprotective Effects in Rat Model of Gastric Ulcer. *Nutrients*, 12(10), 2951. <https://doi.org/10.3390/nu12102951>.
- Merouane**, A., Fellag, S., Touaibia, M., & Beldi, A. (2022). Ethnobotanical survey of medicinal plants consumed during holy month of Ramadan in the Chlef region, Algeria. *Ethnobotany Research and Applications*, 23. <https://doi.org/10.32859/era.23.29.1-14>.
- Miguel**, M. G., Nunes, S., Dandlen, S. A., Cavaco, A. M., & Antunes, M. D. (2014). Phenols, flavonoids and antioxidant activity of aqueous and methanolic extracts of propolis (*Apis mellifera* L.) from Algarve, South Portugal. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(1), 16-23. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014000100002>.
- Milbrath**, M. O., Fowler, P. D., Abban, S. K., Lopez, D., & Evans, J. D. (2021). Validation of Diagnostic Methods for European Foulbrood on Commercial Honey Bee Colonies in the United States. *Journal of Insect Science*, 21(6), 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab075>.
- Moharrami**, M., Mojangani, N., Bagheri, M., & Toutiaee, S. (2022). Role of Honey Bee Gut Microbiota in the Control of American Foulbrood and European Foulbrood Diseases. *Archives of Razi Institute*, 77(4). <https://doi.org/10.22092/ari.2022.358073.2146>.
- Mohdaly**, A. A. A., Mahmoud, A. A., Roby, M. H. H., Smetanska, I., & Ramadan, M. F. (2015). Phenolic Extract from Propolis and Bee Pollen: Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities: Phenolic Extract from Propolis and Bee Pollen. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5), 538-547. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12160>.
- Moon** TD, Oberhelman RA. (2005). Antiparasitic Therapy in Children. *Pediatric Clinics of North America*. 52(3): 917-948. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2005.02.012>.
- Morawetz**, L., Köglberger, H., Griesbacher, A., Derakhshifar, I., Crailsheim, K., Brodschneider, R., & Moosbeckhofer, R. (2019). Health status of honey bee colonies (*Apis mellifera*) and disease-related risk factors for colony losses in Austria. *PLOS ONE*, 14(7), e0219293. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219293>.
- Moreno** MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*. 71(1-2), 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0).
- Moritz**, R. F. A., De Miranda, J., Fries, I., Le Conte, Y., Neumann, P., & Paxton, R. J. (2010). Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*, 41(3), 227-242. <https://doi.org/10.1051/apido/2010010>.
- Moussaoui** S. (2019). Effet de la propolis sur les bactéries résistantes aux antibiotiques par inhibition des pompes à efflux. Thèse Doctorat. Université de Constantine.P6.
- Mowafi**, I. R., Ali, M. A., & Ahmed, H. (2025). Incorporation of propolis as a natural additive to enhance rheological, physicochemical and sensorial properties of yoghurt. *SVU-*

Références bibliographiques

International Journal of Agricultural Sciences, 7(2), 171-181. <https://doi.org/10.21608/svuijas.2025.388688.1475>.

Mrani Alaoui M, El Jourmi L, Ouarzane A, Lazar S, El Antri S, Zahouily M, Hmyene A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties). J. Mater. Environ. Sci. 4 (6) :997-1004.

Mulyati, A. H., Sulaeman, A., Marliyati, S. A., Rafi, M., & Fikri, A. M. (2020). Phytochemical analysis and antioxidant activities of ethanol extract of stingless bee propolis from Indonesia. 030014. <https://doi.org/10.1063/5.0005567>.

Mura A, Pusceddu M, Theodorou P, Angioni A, Floris I, Paxton RJ, Satta, A. (2020). Propolis Consumption Reduces *Nosema ceranae* Infection of European Honey Bees (*Apis mellifera*). Insects. 11(2): 124. <https://doi.org/10.3390/insects11020124>.

Murray KD & Aronstein KA. (2006). Oxytetracycline-resistance in the honeybee pathogen *Paenibacillus larvae* is encoded on novel plasmid pMA67. Journal of Apicultural Research. (45):207-214. <https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101349>.

Najafpour G. D., G. Heidaria, M. Mohammadia, A. A. (2019). Moghadamnia Microwave Ultrasound Assisted Extraction : Determination of Quercetin for Antibacterial and Antioxidant Activities of Iranian Propolis. International Journal of Engineering, 32(8). <https://doi.org/10.5829/ije.2019.32.08b.01>.

Naudi, S., Raimets, R., Jürison, M., S. Liiskmann, E., Mänd, M., Salkova, D., & Karise, R. (2022). Effect of *Nosema Apis* and *N. ceranae* on honeybee (*Apis mellifera*) queen development. Acta Morphologica ET Anthropologica, 29(3-4). <https://doi.org/10.7546/AMA.29.3-4.2022.33>.

Ncibi, S., Ben Amor, A., & Ben Abdelkader, F. (2021). Efficacy of essential oils of *Thymbra capitata* L. And *Mentha pulegium* L. collected in TUNISIA on Larvae of *Galleria mellonella* L. Uludağ Arıcılık Dergisi, 21(1), 31-38. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.888724>.

Nedji N, Loucif-Ayad W. (2014). Antimicrobial activity of Algerian propolis in foodborne pathogens and its quantitative chemical composition. Asian Pacific Journal of Tropical Disease. 4(6), 433 437. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60601-0](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60601-0).

Neov, B., Shumkova, R., Palova, N., & Hristov, P. (2021). The health crisis in managed honeybees (*Apis mellifera*). Which factors are involved in this phenomenon? Biologia, 76(8), 2173-2180. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00684-2>.

Nesrine, B., Rajaa, R., Sakina, N. (2022). Enquête ethnobotanique et inventaire des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies dermatologiques dans la ville d'Ain Temouchent. Journal of Applied Biosciences, 170, 17704-17719. <https://doi.org/10.35759/JABs.170.4>.

Ngege TA, Emmanuel T, Maurice TF, Joseph MT. (2017). A New Spinastane-type Triterpenoid from a Cameroonian Propolis sample and Evaluation of Antibacterial and Anti-inflammatory Potential of Extracts. Journal of Chemistry and Chemical Sciences. 7(10): 763-770.

Nichittoi MM, Josceanu AM, Isopescu RD, Isopencu GO, Geana EI, Ciucure CT, Lavric V. (2021). Polyphenolics profile effects upon the antioxidant and antimicrobial activity of propolis extracts. Scientific Reports. 11(1): 20113. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97130-9>.

Références bibliographiques

- Nicodemo**, D., Malheiros, E. B., De Jong, D., & Couto, R. H. N. (2014). Increased brood viability and longer lifespan of honeybees selected for propolis production. *Apidologie*, 45(2), 269-275. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0249-y>.
- Nilsson**, A., D'Alvise, P., Milbrath, M. O., & Forsgren, E. (2024). Lactic acid bacteria in Swedish honey bees during outbreaks of American foulbrood. *Ecology and Evolution*, 14(2), e10964. <https://doi.org/10.1002/ece3.10964>.
- Nina**, N., Quispe, C., Jiménez-Aspee, F., Theoduloz, C., Feresín, G., Lima, B., Leiva, E., & Schmeda-Hirschmann, G. (2015). Antibacterial Activity, Antioxidant Effect and Chemical Composition of Propolis from the Región del Maule, Central Chile. *Molecules*, 20(10), 18144-18167. <https://doi.org/10.3390/molecules201018144>.
- Njoku**. (2011). Phytochemical constituents of some selected medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 10(66). <https://doi.org/10.5897/AJB11.1948>.
- Nowotnik**, P., Chorbiński, P., Migdał, P., & Górski, B. (2024). Bacterial Agents for Biocontrol of American Foulbrood (AFB) of Larvae Honey Bee. *Microbiology Research*, 15(4), 2394-2413. <https://doi.org/10.3390/microbiolres15040161>.
- Nsiangani Lusambo** N, Kaimbo Wa Kaimbo D, Ngoyi Mumba DM, de-la-Torre A. (2023). Outcomes of trimethoprim/ sulfamethoxazole treatment for ocular toxoplasmosis in Congolese patients. *BMC Ophthalmology*. 23(1): 440. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03183-x>.
- Nur**, F. M., Nugroho, R. A., & Fachmy, S. (2017). Effects of propolis (*Trigona* sp.) extract supplementation on the growth and blood profile of *Pangasius djambal*. 020024. <https://doi.org/10.1063/1.4975962>.
- Obshta** O, Zabrodski MW, Soomro T, Wilson G, Masood F, Thebeau J, Silva MCB, Biganski S, Kozii IV, Koziiy RV, Raza MF, Jose MS, Simko E, Wood SC. (2023). Oxytetracycline-resistant *Paenibacillus larvae* identified in commercial beekeeping operations in Saskatchewan using pooled honey sampling. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 35(6): 645-654. <https://doi.org/10.1177/10406387231200178>.
- Okpekon**, A. T., Koffi, K. L., Bony, F. N., Gono, K. N., Kpaïbe, A. S., & Amin, C. N. (2023). Activité antibactérienne et Constituants chimiques des feuilles de *Mareya micrantha* (Euphorbiaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(4), 1619-1630. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v17i4.26>.
- Oliveira**, A., França, H., Kuster, R., Teixeira, L., & Rocha, L. (2010). Chemical composition and antibacterial activity of Brazilian propolis essential oil. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 16(1), 121-130. <https://doi.org/10.1590/S1678-91992010005000007>.
- Omer**, H. H. S., Demirtas, I., & Ozen, T. (2023). Investigation of phenolic contents and bioactivities of water-based extracts prepared from cryogenically pulverized Turkish propolis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1586-1601. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01716-4>.
- Oršolić**, N. (2022). Allergic Inflammation : Effect of Propolis and Its Flavonoids. *Molecules*, 27(19), 6694. <https://doi.org/10.3390/molecules27196694>.
- Ory** F, Dietemann V, Guisolan A, Von Ah U, Fleuti C, Oberhaensli S, Charrière JD, Dainat B. (2023). *Paenibacillus melissococcoides* sp. Nov, isolated from a honeybee colony affected by

Références bibliographiques

European foulbrood disease. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 73(4). <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.005829>.

Ostap-Chec, M., Cait, J., Scott, R. W., Arct, A., Morón, D., Rapacz, M., & Miler, K. (2024). Nosemosis negatively affects honeybee survival : Experimental and meta-analytic evidence. Parasitology, 151(14), 1530-1542. <https://doi.org/10.1017/S0031182024001446>.

Otmane B, Mohamed H, Liliane B, Brahim A. (2020). Etude comparée des propriétés anti oxydante et anti microbienne de la propolis de quelques régions d'Algérie. Algerian Annals of Agronomy – ex. Annales de l'Institut National Agronomique El-Harrach (32) :1 & 2.

Otten, C., & Ahrweiler, S. (2003). A general overview on AFB and EFB pathogen, way of infection, multiplication, clinical symptoms and outbreak. Apiacta

Ouahab, A., Grara, N., Menaiaia, K., Khaldi, K., & Bensouici, C. (2023). Phytochemical Analysis, Antioxidant, and Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of Propolis from Northeastern Algeria. Phytothérapie, 21(2 3), 119 129. <https://doi.org/10.3166/phyto-2022-0359>.

Oulebsir-Mohand Kaci H, Talbi-Khemili S, Gana-Kebbouche S, Doumandji-Mitiche B. (2016). Antagonistic Activity of two-*bacillus* sp. Strains isolated from an Algerian soil towards the migratory locust *Locusta migratoria* (LINNAEUS 1758). The Journal « Agriculture and Forestry ». 62(1). <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.62.1.17>.

Oumani Abdelati DR, (2021). Contribution à l'étude de l'activité anti oxydante et anti microbienne de la propolis d'origine marocaine. Doctoral thesis. University of Hassan 1er Doctoral Studies Centre, Algeria. 33-34.

Ożarowski M, Karpiński TM, Alam R, Łochyńska M. (2022). Antifungal Properties of Chemically Defined Propolis from Various Geographical Regions. Microorganisms. 10(2): 364. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020364>.

Ozbilge H, Kaya EG, Albayrak S, Silici S. (2010). Anti- leishmanial activities of ethanolic extract of Kayseri propolis. African Journal of Microbiology Research Vol. 4 (7), pp. 556-560.

Özkırım A, Çelemlı ÖG, Schiesser A, Charistos L, Hatjina F. (2014). A comparison of the activities of Greek and Turkish propolis against *Paenibacillus larvae*. Journal of Apicultural Research. 53(5): 528-536. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.5.01>.

Özkırım, A., & Küçüközmen, B. (2021). Application of Herbal Essential Oil Extract Mixture for Honey Bees (*Apis mellifera* L.) Against *Nosema ceranae* and *Nosema apis*. Journal of Apicultural Science, 65(1), 163-175. <https://doi.org/10.2478/jas-2021-0010>

ÖzüiÇli M, GiRiŞgiN AO, DiKer Aİ, Baykalir Y, Kisadere İ, Aydın L. (2023). The Efficacy of Thyme, Peppermint, Eucalyptus Essential Oils, and Nanoparticle Ozone on Nosemosis in Honey Bees. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2023.29167>.

Panda DP, Mishra S, Behera DB. (2021). Developing a Research Methodology with the Application of Explorative Factor Analysis and Regression. Journal of Business and Management (IOSR-JBM) (23):23-35. <https://doi.org/10.9790/487X-2304022335>.

Pant K, Thakur M, Chopra HK, Nanda V, Javed Ansari M, Pietramellara G, Pathan SI, Alharbi SA, Almoallim HS, Datta R. (2021). Characterization and discrimination of Indian propolis based on physico-chemical, techno-functional, thermal and textural properties : A multivariate

Références bibliographiques

approach. Journal of King Saud University – Science. 33(4), 101405. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101405>.

Park Y. K., Alencar S. M., Aguiar C. L. (2002) Botanical origin and chemical composition of Brazilian Propolis. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50(9): 2502-2506.

Pașca, C., Matei, I. A., Diaconeasa, Z., Rotaru, A., Erler, S., & Dezmirean, D. S. (2021). Biologically Active Extracts from Different Medicinal Plants Tested as Potential Additives against Bee Pathogens. Antibiotics, 10(8), 960. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080960>

Paudel, Y. P., Mackereth, R., Hanley, R., & Qin, W. (2015). Honey Bees (*Apis mellifera* L.) and Pollination Issues : Current status, impacts and potential drivers of decline. Journal of Agricultural Science, 7(6), p93. <https://doi.org/10.5539/jas.v7n6p93>

Paulraj, S., Govindasamy, U., & Ayyaswami Pernamallur, S. (2021). Evaluation of botanical extracts for the management of greater wax moth *Galleria mellonella* Linnaeus (Lepidoptera : Pyralidae). Under Stored Conditions. Uludağ Arıcılık Dergisi, 21(2), 227-236. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1001135>

Pavlovic R, Borgonovo G, Leoni V, Giupponi L, Ceciliani G, Sala S, Bassoli A, Giorgi A. (2020). Effectiveness of Different Analytical Methods for the Characterization of Propolis : A Case of Study in Northern Italy. Molecules. 25(3), 504. <https://doi.org/10.3390/molecules25030504>.

Peghaire, E., Moné, A., Delbac, F., Debroas, D., Chaucheyras-Durand, F., & El Alaoui, H. (2022). Corrigendum to “A *Pediococcus* strain to rescue honeybees by decreasing *Nosema ceranae*- and pesticide-induced adverse effects” [Pesticide Biochemistry and Physiology, 2020, 163 : 138–146]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 184, 105112. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105112>

Peirson, M., & Pernal, S. F. (2024). A Systematic Review of Fumagillin Field Trials for the Treatment of *Nosema* Disease in Honeybee Colonies. Insects, 15(1), 29. <https://doi.org/10.3390/insects15010029>

Pellati F, Orlandini G, Pinetti D, Benvenuti S. (2011). HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS/MS methods for metabolite profiling of propolis extracts. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 55(5), 934 948. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.03.024>.

Pettis, J. S., & Delaplane, K. S. (2010). Coordinated responses to honey bee decline in the USA. Apidologie, 41(3), 256-263. <https://doi.org/10.1051/apido/2010013>.

Piccini, C., D’Alessandro, B., Antúnez, K., & Zunino, P. (2002). Detection of *Paenibacillus larvae* subspecies larvae spores in naturally infected bee larvae and artificially contaminated honey by PCR. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(8), 761-765. <https://doi.org/10.1023/A:1020435703165>.

Piette P. (2016). Métrologie appliquée à la kinésithérapie : mesures, tests et bilans, concepts fondamentaux. EMC - Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation (16) : 1-15. [https://doi.org/10.1016/s1283-0887\(16\)73672-3](https://doi.org/10.1016/s1283-0887(16)73672-3).

Plavša N, Stojanovi D, Stojanov I, Puva N. (2011). Evaluation of oxytetracycline in the prevention of American foulbrood in bee colonies. African Journal of Agricultural Research. 6(6):1621-1626. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.1060>.

- Pobiega**, K., Kraśniewska, K., Derewiaka, D., & Gniewosz, M. (2019). Comparison of the antimicrobial activity of propolis extracts obtained by means of various extraction methods. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5386-5395. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04009-9>.
- Pobiega** K, Kot AM, Przybył JL, Synowiec A, Gniewosz M. (2023). Comparison of the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Propolis from Urban Apiaries. *Molecules*. 28 (18), 6744. <https://doi.org/10.3390/molecules28186744>.
- Popescu**, A., Dinu, T. A., Stoian, E., & Serban, V. (2024). Beehives and honey production - A brief statistics in the world and European union 2000-2022 and honeybees between interlinked crisis of biodiversity, pollution and climate change. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 24(3).655-676.
- Popova**, M., Trusheva, B., Ilieva, N., Thanh, L. N., Lien, N. T. P., & Bankova, V. (2021). *Mangifera indica* as propolis source : What exactly do bees collect? *BMC Research Notes*, 14(1), 448. <https://doi.org/10.1186/s13104-021-05863-7>.
- Poppinga** L, Janesch B, Fünfhaus A, Sekot G, Garcia-Gonzalez E, Hertlein G, Hedtke K, Schäffer C, Genersch E. (2012). Identification and Functional Analysis of the S-Layer Protein SplA of *Paenibacillus larvae*, the Causative Agent of American Foulbrood of Honey Bees. *Plo Pathogens*, 8(5): e1002716. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002716>.
- Porrini** LP, Porrini MP, Garrido PM, Principal J, Suarez CJB, Bianchi B, Iriarte PJF, Eguaras MJ. (2017). First Identification of *Nosema Ceranae* (Microsporidia) Infecting *Apis Mellifera* in Venezuela. *Journal of Apicultural Science*. 61(1): 149-152. <https://doi.org/10.1515/jas-2017-0010>.
- Porrini** MP, Fernández NJ, Garrido PM, Gende LB, Medici SK, Eguaras MJ. (2011). *In vivo* evaluation of antiparasitic activity of plant extracts on *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Apidologie*. 42(6) : 700-707. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0076-y>.
- Porrini** MP, Garrido PM, Eguaras MJ. (2013). individual feeding of honey bees : Modification of the Rinderer technique. *Journal of Apicultural Research*. 52(5):194-195. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.5.04>.
- Porrini** MP, Garrido PM, Gende LB, Rossini C, Hermida L, Marcángeli JA, Eguaras MJ. (2017). Oral administration of essential oils and main components : Study on honeybee survival and *Nosema ceranae* development. *Journal of Apicultural Research*. 56(5): 616-624. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1348714>.
- Porrini** MP, Garrido PM, Umpiérrez ML, Porrini LP, Cuniolo A, Davyt B, González A, Eguaras MJ, Rossini C. (2020). Effects of Synthetic Acaricides and *Nosema ceranae* (Microsporidia : Nosematidae) on Molecules Associated with Chemical Communication and Recognition in Honey Bees. *Veterinary Sciences*. 7(4): 199. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040199>.
- Postali**, E., Peroukidou, P., Giaouris, E., & Papachristoforou, A. (2022). Investigating Possible Synergism in the Antioxidant and Antibacterial Actions of Honey and Propolis from the Greek Island of Samothrace through Their Combined Application. *Foods*, 11(14), 2041. <https://doi.org/10.3390/foods11142041>
- Pratami**, D. K., Mun'im, A., Yohda, M., Hermansyah, H., Gozan, M., Putri, Y. R. P., & Sahlan, M. (2019). Total phenolic content and antioxidant activity of spray-dried microcapsules propolis from *Tetragonula* species. 020040. <https://doi.org/10.1063/1.5095018>.

- Pratami** DK, Indrawati T, Istikomah I, Farida S, Pujianto P, Sahlan M. (2020). Antifungal activity of microcapsule propolis from *Tetragonula* spp. To *Candida albicans*. Communications in Science and Technology. 5(1): 16-21. <https://doi.org/10.21924/cst.5.1.2020.178>.
- Prytyk**, E., Dantas, A. P., Salomão, K., Pereira, A. S., Bankova, V. S., Castro, S. L. D., & Neto, F. R. A. (2003). Flavonoids and trypanocidal activity of Bulgarian propolis. Journal of Ethnopharmacology, 88(2-3), 189-193. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00210-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00210-1).
- Ptaszyńska**, A. A., Borsuk, G., Zdybicka-Barabas, A., Cytryńska, M., & Małek, W. (2016). Are commercial probiotics and prebiotics effective in the treatment and prevention of honeybee nosemosis C? Parasitology Research, 115(1), 397-406. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4761-z>.
- Puvača**, N. (2022). Influence of lavender essential oil (*Lavandula angustifolia*) and oxytetracycline in nutrition of honeybees, prevention of American foulbrood and overall welfare. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 73(1), 3773-3782. <https://doi.org/10.12681/jhvms.25747>.
- Pyrgioti**, E., Graikou, K., Aligiannis, N., Karabournioti, S., & Chinou, I. (2022). Qualitative Analysis Related to Palynological Characterization and Biological Evaluation of Propolis from Prespa National Park (Greece). Molecules, 27(20), 7018. <https://doi.org/10.3390/molecules27207018>.
- Qiao**, J., Wang, Y., Zhang, Y., Kong, L., & Zhang, H. (2023). Botanical Origins and Antioxidant Activities of Two Types of Flavonoid-Rich Poplar-Type Propolis. Foods, 12(12), 2304. <https://doi.org/10.3390/foods12122304>.
- Ramanauskienė**, K., Savickas, A., Inkėnienė, A., Vitkevičius, K., Kasparavičienė, G., Briedis, V., & Amšiejus, A. (2009). Analysis of content of phenolic acids in Lithuanian propolis using high-performance liquid chromatography technique. Medicina, 45(9), 712. <https://doi.org/10.3390/medicina45090093>.
- Ramnath**, S., & Venkataramgowda, S. (2016). Antioxidant Activity of Indian Propolis—An *In vitro* Evaluation. International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine, 5, 79-85. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/IJPPE.5.79>.
- Rebhi**, S., Basharat, Z., Wei, C. R., Lebbal, S., Najjaa, H., Sadfi-Zouaoui, N., & Messaoudi, A. (2024). Core proteome mediated subtractive approach for the identification of potential therapeutic drug target against the honeybee pathogen *Paenibacillus larvae*. PeerJ, 12, e17292. <https://doi.org/10.7717/peerj.17292>.
- Rebiai** A, Lanez T, Belfar ML. (2011). *In vitro* evaluation of antioxydant capacity of Algerian propolis by spectrophotometrical and electrochemical assays. International journal of pharmacology; <https://doi.org/10.3923/ijp2011>.
- Rebiai**, A., Ben Seghir, B., Hemmami, H., Zeghoud, S., Belfar, M. L., & Kouadri, I. (2021). Determination of some phenolic acids in Algerian propolis. Ovidius University Annals of Chemistry, 32(2), 120-124. <https://doi.org/10.2478/auoc-2021-0018>.
- Reis**, J. H. D. O., Barreto, G. D. A., Cerqueira, J. C., Anjos, J. P. D., Andrade, L. N., Padilha, F. F., Druzian, J. I., & Machado, B. A. S. (2019). Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. PLOS ONE, 14(7), e0219063. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219063>.

Références bibliographiques

- Reynaldi**, F. J., Albo, G. N., & Alippi, A. M. (2008). Effectiveness of tilmicosin against *Paenibacillus larvae*, the causal agent of American Foulbrood disease of honeybees. *Veterinary Microbiology*, 132(1-2), 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.04.034>.
- Ristivojević**, P., Trifković, J., Andrić, F., & Milojković-Opsenica, D. (2015). Poplar-type Propolis : Chemical Composition, Botanical Origin and Biological Activity. *Natural Product Communications*, 10(11), 1934578X1501001117. <https://doi.org/10.1177/1934578X1501001117>.
- 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>.
- Rivera-Yañez**, N., Rivera-Yañez, C. R., Pozo-Molina, G., Méndez-Catalá, C. F., Reyes-Realí, J., Mendoza-Ramos, M. I., Méndez-Cruz, A. R., & Nieto-Yañez, O. (2021). Effects of Propolis on Infectious Diseases of Medical Relevance. *Biology*, 10(5), 428. <https://doi.org/10.3390/biology10050428>.
- Rivero-Cruz** JF, Granados-Pineda J, Pedraza-Chaverri J, Pérez-Rojas JM, Kumar-Passari A, Diaz-Ruiz G, Rivero-Cruz BE. (2020). Phytochemical Constituents, Antioxidant, Cytotoxic, and Antimicrobial Activities of the Ethanolic Extract of Mexican Brown Propolis. *Antioxidants* 9(1), 70. <https://doi.org/10.3390/antiox9010070>.
- Rocha**, B. A., Bueno, P. C. P., Vaz, M. M. D. O. L. L., Nascimento, A. P., Ferreira, N. U., Moreno, G. D. P., Rodrigues, M. R., Costa-Machado, A. R. D. M., Barizon, E. A., Campos, J. C. L., De Oliveira, P. F., Acésio, N. D. O., Martins, S. D. P. L., Tavares, D. C., & Berretta, A. A. (2013). Evaluation of a Propolis Water Extract Using a Reliable RP-HPLC Methodology and *in vitro* and *In vivo* Efficacy and Safety Characterisation. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2013/670451>.
- Rodríguez-García** C, Heerman MC, Cook SC, Evans JD, DeGrandi-Hoffman G, Banmeke O, Zhang Y, Huang S, Hamilton M, Chen YP. (2021). Transferrin-mediated iron sequestration suggests a novel therapeutic strategy for controlling Nosema disease in the honeybee, *Apis mellifera*. *PLOS Pathogens*. 17(2): e1009270. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009270>.
- Rosli**, N. L., Roslan, H., Omar, E. A., Mokhtar, N., Hapit, N. H. A., & Asem, N. (2016). Phytochemical analysis and antioxidant activities of *Trigona Apicalis* propolis extract. 020018. <https://doi.org/10.1063/1.4968873>.
- Sadallah**, A., Aprea, E., Cignola, R., Caratti, A., Cordero, C., Angeli, A., Martens, S., & Di Francesco, A. (2025). Propolis Hydroalcoholic Extracts : Biochemical Characterization and Antifungal Efficacy. *Horticulturae*, 11(2), 122. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020122>
- Saeed**, M., Arain, M. A., Kamboh, A. A., Memon, S. A., Umar, M., Rashid, M., Babazadeh, D., Abd El-Hack, M. E., & Alagawany, M. (2017). Raw Propolis as a Promising Feed Additive in Poultry Nutrition : Trends and Advances. *Journal of Animal Health and Production*, 5(4). <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2017/5.4.132.142>.
- Safdar**, M. E., Tanveer, A., Khaliq, A., Ali, H. H., & Burgos, N. R. (2016). Exploring Herbicidal Potential of Aqueous Extracts of Some Herbaceous Plants against *Parthenium Weed*. *Planta Daninha*, 34(1), 109-116. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340100011>

- Sahinler** N., Gul A. (2005). The Effects of Propolis Production Methods and Honeybee Genotypes on Propolis Yield. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(9), 1212-1214. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1212.1214>.
- Sakr**, S. H. A. (2024). Evaluation of propolis production by different honeybee (*Apis mellifera*, L.) races and collection TRAPS. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 13(2), 0-0. <https://doi.org/10.21608/sinjas.2024.296519.1274>.
- Salatino** A. J., Teixeira E. W., Negri G., Message D. (2005). Origin and Chemical Variation of Brazilian Propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2(1): 33-38. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh060>.
- Saleh** S, Salama A, Ali AM, Saleh AK, Elhady BA, Tolba E. (2023). Egyptian propolis extract for functionalization of cellulose nanofiber/poly (vinyl alcohol) porous hydrogel along with characterization and biological applications. *Scientific Reports*. 13(1): 7739. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34901-6>.
- Saleh**, D. S., Story, C. M., Palmer, W., Ha, G. J., Madella, S., Ryabov, E. V., & Corona, M. (2024). Deformed wing virus in bee bread : Infectivity and thermal inactivation. *Journal of Apicultural Research*, 63(4), 711-720. <https://doi.org/10.1080/00218839.2024.2357448>.
- Sales-Peres** SHDC, Carvalho FND, Marsicano JA, Mattos MC, Pereira JC, Forim MR, Silva MFDGFD. (2011). Effect of propolis gel on the in vitro reduction of dentin permeability *Journal of Applied Oral Science*. 19(4), 318-323. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572011005000004>.
- Salomão** K, Pereira PRS, Campos LC, Borba CM, Cabello PH, Marcucci MC, De Castro SL. (2008). Brazilian Propolis : Correlation between Chemical Composition and Antimicrobial Activity. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 5(3): 317-324. <https://doi.org/10.1093/ecam/nem058>.
- Sanad** RE, Mohanny KM. (2015). Toxicology and biological effects of propolis and three plant extracts of the greater wax moth *Galleria mellonella* L. *Egyptian journal of biological pest control*. 25(1). 213-219.
- Santos** EL, Barbosa JM, Porto-Neto FF, Ludke JV, Silva TJ, Lima MR, Soares EC, Ludke, M. CMM. (2023). Propolis extract as a feed additive of the Nile tilapia juveniles. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia*, 75(4): 744-752. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12806>.
- Santos**, F. A., Bastos, E. M. A. F., Maia, A. B. R. A., Uzeda, M., Carvalho, M. A. R., Farias, L. M., & Moreira, E. S. A. (2003). Brazilian Propolis : Physicochemical properties, plant origin and antibacterial activity on periodontopathogens. *Phytotherapy Research*, 17(3), 285-289. <https://doi.org/10.1002/ptr.1117>.
- Saral**, Ö. Kiliçarslan, M., ŞahiN, H., Yildiz, O., & DiNçer, B. (2019). Evaluation of antioxidant activity of bee products of different bee races in Turkey. *Turkish journal of veterinary and animal sciences*, 43(4), 441-447. <https://doi.org/10.3906/vet-1901-3>.
- Sarapa**, A., Peter, A., Buettner, A., & Loos, H. M. (2025). Organoleptic and chemical properties of propolis: A review. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04708-y>.
- Sarwar**, M. (2016). Challenges due to bacterial infections of the honeybees and contributions to manage pest problems. *International Journal of Entomology Research*. 04-10.

- Sawaya**, A. C. H. F., Barbosa Da Silva Cunha, I., & Marcucci, M. C. (2011). Analytical methods applied to diverse types of Brazilian propolis. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-27>.
- Schüler** V, Liu YC, Gisder S, Horschler L, Groth D, Genersch E. (2023). Significant, but not biologically relevant: *Nosema ceranae* infections and winter losses of honeybee colonies. *Communications Biology*. 6(1) : 229. <https://doi.org/10.1038/s42003-023-04587-7>.
- Segueni** N. (2011). Contribution à l'étude de la composition chimique et des Propriétés biologiques de la propolis. Thèse doctorat. Université Mentouri de Constantine. P15-78.
- Segueni** N, K Benlabed, B Hassane, Fairouz M, A Zellagui, M Lahouel, S Rhouati. (2014). Antibacterial Activity of Two Algerians Propolis. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 25(1):106-110.
- Segueni** N, Akkal S, Benlabed K, Nieto G. (2022). Potential Use of Propolis in Phytocosmetic as Phytotherapeutic Constituent. *Molecules*. 27(18): 5833. <https://doi.org/10.3390/molecules27185833>.
- Segueni**, N., Boutaghane, N., Asma, S. T., Tas, N., Acaroz, U., Arslan-Acaroz, D., Shah, S. R. A., Abdellatouff, H. A., Akkal, S., Peñalver, R., & Nieto, G. (2023). Review on Propolis Applications in Food Preservation and Active Packaging. *Plants*, 12(8), 1654. <https://doi.org/10.3390/plants12081654>.
- Sena-Lopes**, Â., Bezerra, F. S. B., Das Neves, R. N., De Pinho, R. B., Silva, M. T. D. O., Savegnago, L., Collares, T., Seixas, F., Begnini, K., Henriques, J. A. P., Ely, M. R., Rufatto, L. C., Moura, S., Barcellos, T., Padilha, F., Dellagostin, O., & Borsuk, S. (2018). Chemical composition, immunostimulatory, cytotoxic and antiparasitic activities of the essential oil from Brazilian red propolis. *PLOS ONE*, 13(2), e0191797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191797>.
- Sevim** E, Bozdeveci A, Pınarbaş Çetin M, Kekeçoğlu M, Akpınar R, Keskin, M, Kolaylı S, Alpay Karaoğlu Ş. (2021). Antibacterial effects of anatolian propolis on *Paenibacillus* Larvae. *Uludağ Arıcılık Dergisi*. 21(2) : 177-186. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.976536>.
- Sha**, N., Huang, H.-L., Zhang, J.-Q., Chen, G.-T., Tao, S.-J., Yang, M., Li, X.-N., Li, P., & Guo, D.-A. (2009). Simultaneous Quantification of Eight Major Bioactive Phenolic Compounds in Chinese Propolis by High-Performance Liquid Chromatography. *Natural Product Communications*, 4(6), 1934578X0900400615. <https://doi.org/10.1177/1934578X0900400615>.
- Shafique**, S., Bajwa, R., & Shafique, S. (2011). *Tagetes erectus* L. – A potential resolution for management of *parthenium hysterophorus* L. *Pak. J. Bot.*, 43(2): 885-894.
- Shahbaz** M, Zahoor T, Arshad R, Rafiq S, Qaisrani TB, Liaqat A, Javed MS, Akbar Z, Raza N, Murtaza S, Farooq U, Imran M, El-Ghorab A, Bacha U, Ahmad I, Mehmood Z, Muzaffar R, Gondal TA, Shah SAM, Umer M. (2021). Chemical profiling, HPLC characterization and in-vitro antioxidant potential of Pakistani propolis collected from peripheral region of Faisalabad. *Cellular and Molecular Biology*. 67(1), 40-44. <https://doi.org/10.14715/cmb/2021.67.1.6>.
- Shehata** MG, Ahmad FT, Badr AN, Masry SH, El-Sohaimy SA. (2020). Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions. *Annals of Agricultural Sciences*. 65(2), 209-217. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.12.001>.

Références bibliographiques

- Shrestha** N. (2021). Factor Analysis as a Tool for Survey Analysis. American Journal of Applied Mathematics and Statistics 9(1): 4-11. <https://doi.org/10.12691/ajams-9-1-2>.
- Shumkova**, R., Balkanska, R., & Hristov, P. (2021). The Herbal Supplements NOZEMAT HERB® and NOZEMAT HERB PLUS® : An Alternative Therapy for *N. ceranae* Infection and Its Effects on Honey Bee Strength and Production Traits. Pathogens, 10(2), 234. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020234>.
- Silici**, S., Ünlü, M., & Vardar-Ünlü, G. (2007). Antibacterial activity and phytochemical evidence for the plant origin of Turkish propolis from different regions. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 23(12), 1797-1803. <https://doi.org/10.1007/s11274-007-9430-7>.
- Silva** BB, Rosalen PL, Cury JA, Ikegaki M, Souza VC, Esteves A, Alencar SM. Chemical Composition and Botanical Origin of Red Propolis, a New Type of Brazilian Propolis, Evidence-Based Complementary and Alternative. Medicine. (2008). 5(3), 313 316. <https://doi.org/10.1093/ecam/nem059>.
- Silva**, J. C., Rodrigues, S., Feás, X., & Estevinho, L. M. (2012). Antimicrobial activity, phenolic profile and role in the inflammation of propolis. Food and Chemical Toxicology, 50(5), 1790-1795. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.097>.
- Silveira** DMA, Menezes MDA, Souza SP, Galvão EBDS, Berretta AA, Caldas J1, Teixeira M B, Dantas Gomes MM, Damiani LP, Bahiense BA, Cabral JB, De Oliveira CWLM1, Mascarenhas TR, Pinheiro PCG, Alves MS, Vieira de Melo RM, Leite FM, Nonaka CKV, de Freitas Souza BS, Baptista NU, Teles F, da Guarda SF, Almeida Mendes AV, Rogério da HB. (2023). Standardized Brazilian green propolis extract (EPP-AF®) in COVID-19 outcomes: a randomized double-blind placebo-controlled trial. Scientific Reports 13: 18405. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43764-w>.
- Simone-Finstrom**, M., & Spivak, M. (2010). Propolis and bee health : The natural history and significance of resin use by honeybees. Apidologie, 41(3), 295-311. <https://doi.org/10.1051/apido/2010016>.
- Singh**, L. B., Yadav, A. S., & Omar, V. (2022). Efficacy of bio products on larval population of greater wax moth, (*Galleria mellonella*). The Pharma Innovation Journal. SP-11(9): 2076-2081.
- Soltani** ELkhamisa, (2017). Caractérisation et activités biologiques de substances naturelles, cas de la propolis. Doctoral thesis. University of Ferhat Abbas, Setif 1. Algeria. p27-35.
- Soltani** EK, Mokhnache K, Charef N. (2020). Polyphenol Contents and Antioxidant Activity of Ethanolic and Aqueous Algerian Propolis Extracts (Region of Serdj el Ghoul). Journal of Drug Delivery and Therapeutics. 10(1), 1-4. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i1.3797>.
- Sönmez** E. (2023). Investigation of chemical content and antimicrobial activities of different plant sources of Anatolian propolis samples. Uludağ Arıcılık Dergisi. 23(1): 37-48. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.1208667>.
- Sonmez**, E., Kekecoglu, M., Bozdeveci, A., & Alpay Karaoglu, S. (2025). *In vitro* Research on Antimicrobial Activity of Native Anatolian Honey Bee Products against *Paenibacillus larvae* Strains. Journal of Agricultural Science and Technology, 27(1). <https://doi.org/10.22034/jast.27.1.189>.

- Stavropoulou**, M.-I., Termentzi, A., Kasiotis, K. M., Cheilari, A., Stathopoulou, K., Machera, K., & Aligiannis, N. (2021). Untargeted Ultrahigh-Performance Liquid Chromatography-Hybrid Quadrupole-Orbitrap Mass Spectrometry (UHPLC-HRMS) Metabolomics Reveals Propolis Markers of Greek and Chinese Origin. *Molecules*, 26(2), 456. <https://doi.org/10.3390/molecules26020456>.
- Stephan**, J. G., De Miranda, J. R., & Forsgren, E. (2020). American foulbrood in a honeybee colony : Spore-symptom relationship and feedbacks between disease and colony development. *BMC Ecology*, 20(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00283-w>.
- Stojanović**, S., Najman, S. J., Bogdanova-Popov, B., & Najman, S. S. (2020). Propolis : Chemical Composition, Biological and pharmacological activity – a review. *Acta Medica Medianae*, 59(2), 108 113. <https://doi.org/10.5633/amm.2020.0215>.
- Strachecka**, A., Paleolog, J., Olszewski, K., & Borsuk, G. (2012). Influence of Amitraz and Oxalic Acid on the Cuticle Proteolytic System of *Apis mellifera* L. Workers. *Insects*, 3(3), 821-832. <https://doi.org/10.3390/insects3030821>.
- Subaşı-Zarbaliyev**, B., Kutlu, G., & Törnük, F. (2023). Polyvinyl alcohol nanoparticles loaded with propolis extract : Fabrication, characterization and antimicrobial activity: Original scientific paper. *ADMET and DMPK*. <https://doi.org/10.5599/admet.1740>.
- Sulaeman**, A., Nusa, C. P., & Marliyati, S. A. Antioxidant Activity and Total Phenolic of Encapsulated Stingless Bee Propolis by Spray Drying Method. 16:65-72.
- Šulcerová** H, Mihok M, Jůzl M, Haščík P. (2014). Effect of addition of pollen and propolis to feeding mixtures during the production of broiler chickens ROSS 308 to the colour of thigh and breast muscle and pH determination. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 59(6): 359-366. <https://doi.org/10.11118/actaun201159060359>.
- Suwannapong** G, Maksong S, Phainchajoen M, Benbow ME, Mayack C. (2018). Survival and health improvement of *Nosema* infected *Apis florea* (Hymenoptera : Apidae) bees after treatment with propolis extract. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 21(2): 437-444. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.02.006>.
- Svečnjak**, L., Marijanović, Z., Okińczyc, P., Marek Kuś, P., & Jerković, I. (2020). Mediterranean Propolis from the Adriatic Sea Islands as a Source of Natural Antioxidants : Comprehensive Chemical Biodiversity Determined by GC-MS, FTIR-ATR, UHPLC-DAD-QqTOF-MS, DPPH and FRAP Assay. *Antioxidants*, 9(4), 337. <https://doi.org/10.3390/antiox9040337>.
- Syed Salleh** SNA, Mohd Hanapiah NA, Ahmad H, Wan Johari WL, Osman NH, Mamat MR. (2021). Determination of Total Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity and GC-MS Analysis of Malaysian Stingless Bee Propolis Water Extracts, *Scientifica*. 1 11. <https://doi.org/10.1155/2021/3789351>.
- Syukri** Y, Purwati R, Hazami N, Anshory Tahmid H, Fitria A. (2020). Standardization of Specific and Non-Specific Parameters of Propolis Extract as Raw Material for Herbal Product, EKSAKTA. *Journal of Sciences and Data Analysis*. 36 43. <https://doi.org/10.20885/EKSAKTA.vol1.iss1.art6>.
- Talla** E, Tamfu AN, Biyanzi P, Sakava P, Asoboe FP, Mbafor JT, Tchuenguem NFF, Ndjouenkeu R. (2014). Phytochemical screening, antioxidant activity, total polyphenols and flavonoids content of different extracts of propolis from Tekel (Ngoundal, Adamawa region,

Cameroon). The Journal of Phytopharmacology. 3(5), 321-329. <https://doi.org/10.31254/phyto.2014.3504>.

Tamali, H. S., & Özkırım, A. (2019). Beekeeping Activities in Turkey and Algeria. H S. Mellifera, 19(1):30-40

Teggar N, Bakchiche B, Abdel-Aziz MES, Bardaweel SK, Ghareeb MA. (2023). Chemical Composition and Biological Evaluation of Algerian Propolis from Six Different Regions. Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences. 184-197. <https://doi.org/10.35516/jjps.v16i2.1319>.

Teixeira, É. W., Negri, G., Meira, R. M. S. A., Message, D., & Salatino, A. (2005). Plant Origin of Green Propolis: Bee Behavior, Plant Anatomy and Chemistry. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2(1), 85-92. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh055>

Terry RK, Cythia MF. (2021). Honeybee medicine for the veterinary practitioner. P 297.

Tibbi Önemi AÜ, Hegazi AG., (2012). Medical importance of bee products. U. Arı Drg. Kasım 2012 / U Bee J. 12 (4): 136-146.

Timofeev, S. A. (2023). Nosemosis type of bee caused by microsporidia *Nosema (Vairimorpha) ceranae*: Current views, Pathogenesis, Prevention, Diagnosis and treatment (review). Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya, 58(2), 274-287. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.2.274eng>

Tomás-Barberán, F. A., García-Viguera, C., Vit-Olivier, P., Ferreres, F., & Tomás-Lorente, F. (1993). Phytochemical evidence for the botanical origin of tropical propolis from Venezuela. Phytochemistry, 34(1), 191-196. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)90804-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)90804-5).

Tosic S, Stojanovic G, Mitic S, Pavlovic A, Alagic S, (2017). Mineral Composition of Selected Serbian Propolis Samples. Journal of Apicultural Science. 61(1), 5-15. <https://doi.org/10.1515/jas-2017-0001>.

Touzani S, Embaslat W, Imtara H, Kmail A, Kadan S, Zaid H, ElArabi I, Badiaa L, Saad B. (2019). In Vitro Evaluation of the Potential Use of Propolis as a Multitarget Therapeutic Product: Physicochemical Properties, Chemical Composition, and Immunomodulatory, Antibacterial, and Anticancer Properties. BioMed Research International. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2019/4836378>.

Trifa O. (2022). Caractérisation phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante de *Nicotiana glauca* (Solanaceae). Thèse doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Tumbariski Y, Todorova M, Topuzova M, Gineva G, Yanakieva V, Ivanov I, Petkova N. (2023). Comparative Study on Physicochemical, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Propolis Collected from Different Regions of Bulgaria. Journal of Apicultural Science. 67(1), 37-56. <https://doi.org/10.2478/jas-2023-0004>.

Tumbariski, Y., Ivanov, I., & Pencheva, M. (2025). New Insights into the Therapeutic Activities of Propolis Samples from Bulgaria. Medicine and Pharmacology. <https://doi.org/10.20944/preprints202504.1133.v1>.

Tzani A, Pitterou I, Divani F, Tsiaka T, Sotiroudis G, Zoumpoulakis P, Detsi A. (2022). Green Extraction of Greek Propolis Using Natural Deep Eutectic Solvents (NADES) and Incorporation of the NADES-Extracts in Cosmetic Formulation. Sustainable Chemistry 4(1): 8-25. <https://doi.org/10.3390/suschem4010002>.

Références bibliographiques

- Tzima K, Makris D, Constantinos VN, Mourtzinis I.** (2025). Potential use of Rosemary, Propolis and Thyme as Natural Food Preservatives. *Journal of Nutrition and Health*, 1(1):6. <https://doi.org/10.13188/2469-4185.1000002>.
- Ufuk, S., & Şengül, M.** (2023). The Effects of Different Extraction Methods and Solvents on Antioxidant Properties of Propolis. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(4), 386-393. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1273535>.
- Umer, A., Yousaf, Z., Khan, F., Hussain, U., Anjum, A., Nayyab, Q., & Younas, A.** (2010). Evaluation of allelopathic potential of some selected medicinal species. *African Journal of Biotechnology*. 9(37), pp. 6194-6206.
- Usman, A. N., Syam, Y., Natzir, R., Pratiwi, S., Hatta, M., Raya, I., Widaningsih, Y., & Zulkifli, A.** (2016). Nutrient Content and pH of Honey Propolis Trigona from Masamba, South Sulawesi Indonesia. *International Journal of Sciences*, 26(3).
- Valencia D, Alday E, Robles-Zepeda R, Garibay-Escobar A, Galvez-Ruiz JC, Salas-Reyes M, Jiménez-Estrada M, Velazquez-Contreras E, Hernandez J, Velazquez C.** (2012). Seasonal effect on chemical composition and biological activities of Sonoran propolis. *Food Chemistry* 131(2): 645 651. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.086>.
- Valenzuela-Barra, G., Castro, C., Figueroa, C., Barriga, A., Silva, X., De Las Heras, B., Hortelano, S., & Delporte, C.** (2015). Anti-inflammatory activity and phenolic profile of propolis from two locations in Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Journal of Ethnopharmacology*, 168, 37 44. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.03.050>.
- Velavan, S.** (2015). Phytochemical techniques- A review. *World Journal of Science and Research*. 1(2): 80-91.
- Venegas Y, Peña C, Pastene E, Contreras D.** (2016). A new near-infrared method for simultaneous determination of caffeic acid phenethyl ester and antioxidant activity of propolis samples. *Journal of Apicultural Research*. 55(1), 8-18. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1192374>.
- Vică ML, Glevitzky M, Dumitrel GA, Popa M, Glevitzky I, Teodoru CA.** (2024). Antimicrobial Activity of Honey and Propolis from Alba County, Romania. *Antibiotics*. 13(10): 952. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13100952>.
- Vijayakumar KT, Neethu T, Shabarishkumar S, Nayimabanu Taredahalli, Madhu KV, Bhat NS and Kuberappa GC.** (2019). Survey, biology and management of greater wax moth, *Galleria mellonella* L. in Southern Karnataka, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2019; 7(4): 585-592.
- Vrsalović, L., Gudić, S., Gracić, D., Smoljko, I., Ivanić, I., Kliškić, M., & Oguzie, E. E.** (2018). Corrosion Protection of Copper in Sodium Chloride Solution using Propolis. *International Journal of Electrochemical Science*, 13(2), 2102 2117. <https://doi.org/10.20964/2018.02.71>.
- Wakgari, M., & Yigezu, G.** (2021). Honeybee keeping constraints and future prospects. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), 1872192. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1872192>.
- Widelski J, Okińczyc P, Suśniak K, Malm A, Paluch E, Sakipov A, Zhumashova G, Ibadullayeva G, Sakipova Z, Korona-Glowniak I.** (2023). Phytochemical Profile and Antimicrobial Potential of Propolis Samples from Kazakhstan. *Molecules*. 28(7): 2984. <https://doi.org/10.3390/molecules28072984>.

Références bibliographiques

- Wojda, I., Staniec, B., Sułek, M., & Kordaczuk, J. (2020).** The greater wax moth *Galleria mellonella*: Biology and use in immune studies. *Pathogens and Disease*, 78(9), ftaa057. <https://doi.org/10.1093/femspd/ftaa057>.
- Wolska, K. (2019).** Immunomodulatory Effects of Propolis and its Components on Basic Immune Cell Functions. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*.
- Woźniak M, Sip A, Mrówczyńska L, Broniarczyk J, Waśkiewicz A, Ratajczak I. (2022).** Biological Activity and Chemical Composition of Propolis from Various Regions of Poland. *Molecules*. 28(1): 141. <https://doi.org/10.3390/molecules28010141>.
- Yaman, M., & Sağlam, T. (2023).** Prevalence of Nosemosis and Varroosis in Honeybees (*Apis mellifera* L., 1758) in Bolu Region. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(1), 50-56. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1205399>.
- Yang, L., Yan, Q., Ma, J., Wang, Q., Zhang, J., & Xi, G. (2013).** High Performance Liquid Chromatographic Determination of Phenolic Compounds in Propolis. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12(5), 771-776. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v12i5.17>.
- Yang, W., Wu, Z., Huang, Z. Y., & Miao, X. (2017).** Preservation of orange juice using propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3375-3383. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2754-x>.
- Ye, M., Li, X., Yang, F., & Zhou, B. (2023).** Beneficial bacteria as biocontrol agents for American foulbrood disease in honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Science*, 23(2), 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead013>.
- Yılmaz F, Kuvancı A, Konak F, Öztürk SH, Şahin AE. (2020).** the Effects of Some Essential Oils against Nosemosis. *Bee Studies- Apiculture Research Institute*. 12(2): 37-41. <https://doi.org/10.51458/BSTD.2021.7>.
- Zerek, A., Yaman, M., & Dik, B. (2022).** Prevalence of nosemosis in honeybees (*Apis mellifera* L., 1758) of the Hatay province in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 61(3), 368-374. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.2008706>.
- Zhang Q, Yang A, Tan W, Yang W. (2023).** Development, Physicochemical Properties, and Antibacterial Activity of Propolis Microcapsules. *Foods*. 12(17): 3191. <https://doi.org/10.3390/foods12173191>.
- Zulhendri, F., Felitti, R., Fearnley, J., & Ravalia, M. (2021).** The use of propolis in dentistry, oral health, and medicine: A review. *Journal of Oral Biosciences*, 63(1), 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.01.001>.

Annexes

Annexe 01 : étapes de la caractérisation physico-chimique de la propolis



Figure 01. Extraction de la propolis

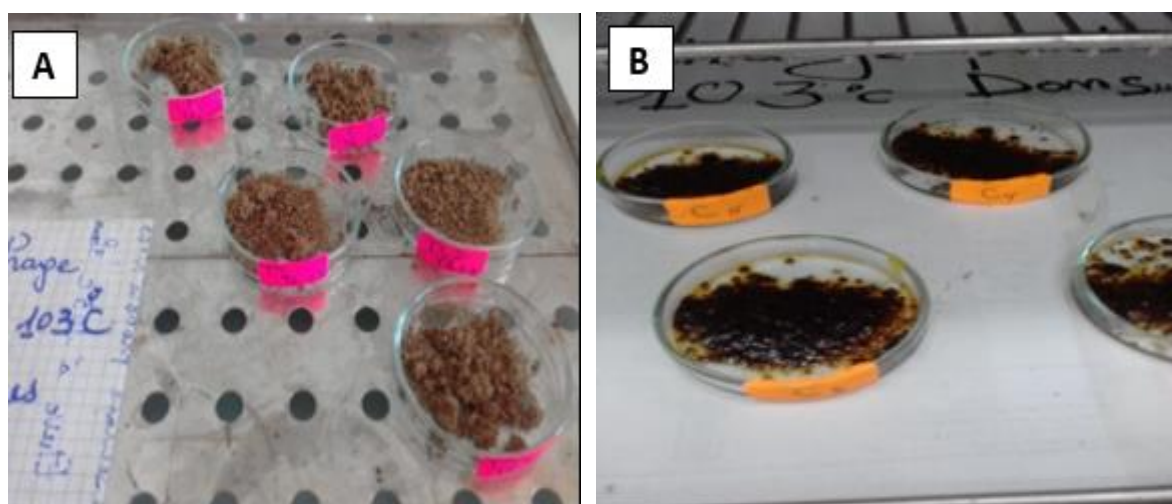


Figure 02. Détermination de taux d'humidité. (A) : avant le séchage, (B) : après le séchage.

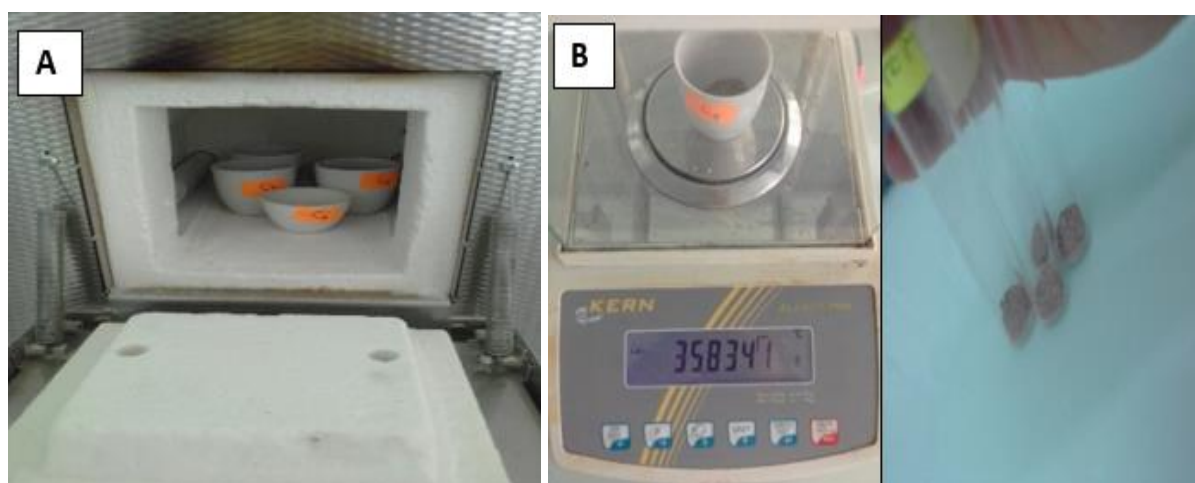


Figure 03. Détermination de La teneur en cendres.



Figure 04. Analyse par chromatographie liquide à haute performance (HPLC-DAD).

Annexe 02 : Analyse phytochimiques de la propolis

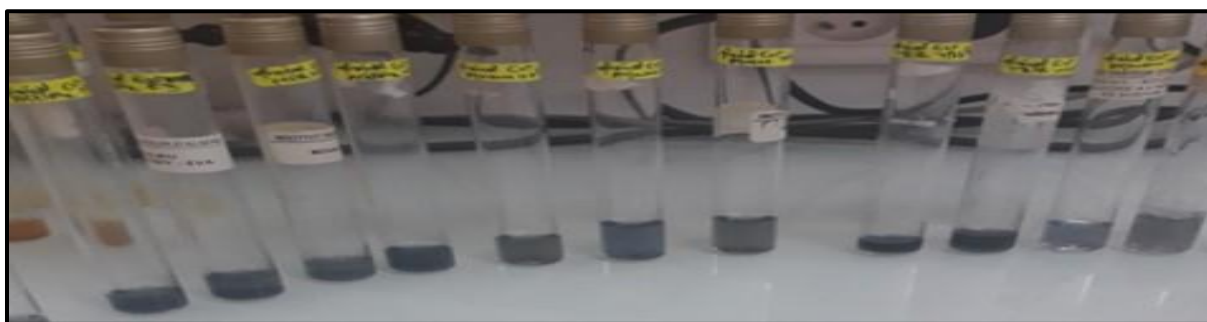


Figure 05. Dosage des composées phénoliques dans la propolis.



Figure 06. Dosage des flavonoïdes dans la propolis.



Figure 07. Dosage des sucres solubles dans la propolis.



Figure 08. Dosage des protéines solubles dans la propolis

Annexe 03 : Courbes d'étalonnages et activité antioxydante et antimicrobienne

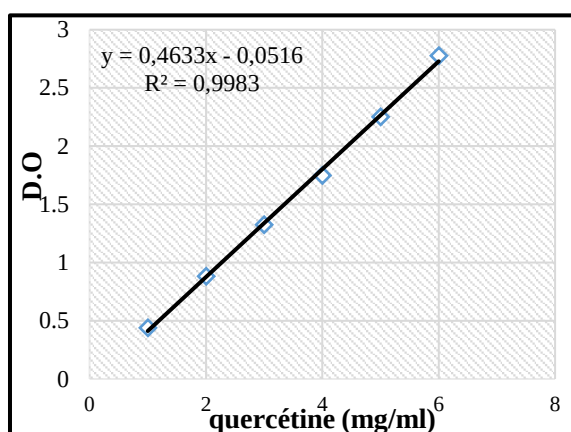


Figure 09. Courbe d'étalonnage du Quercétine.

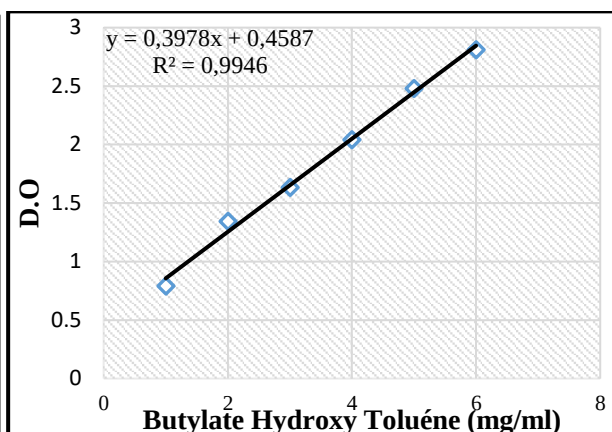


Figure 10. Courbe d'étalonnage du BHT.

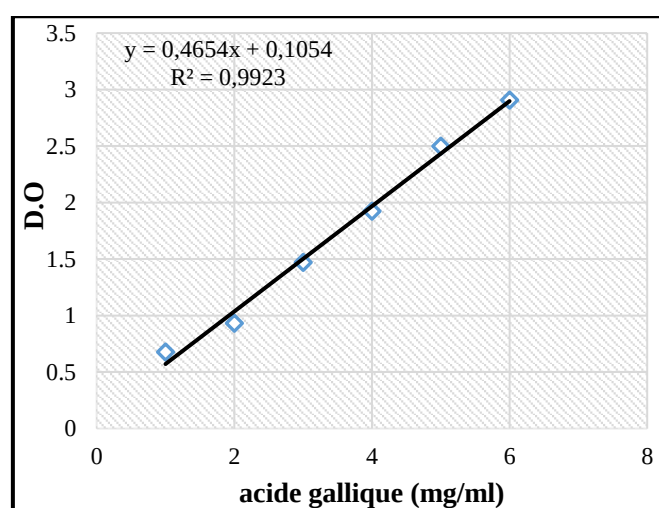


Figure 11. Courbe d'étalonnage d'acide Gallique.



Figure 12. Évaluation du pouvoir antioxydant par le test DPPH.

Tableau 01. Préparation des dilutions de la solution du DPPH pour réalisation la courbe d'étalonnage entre 0et 60 minutes.

[µg/ml]	0.5	10	15	20	25	30	40	50	60
VMeOH (ml)	100	100	66.66	50	40	33.33	25	20	16.6

[µg/ml] : les concentrations obtenues de DPPH.

VMeOH (ml) : volume du solvant ajouté (méthanol).

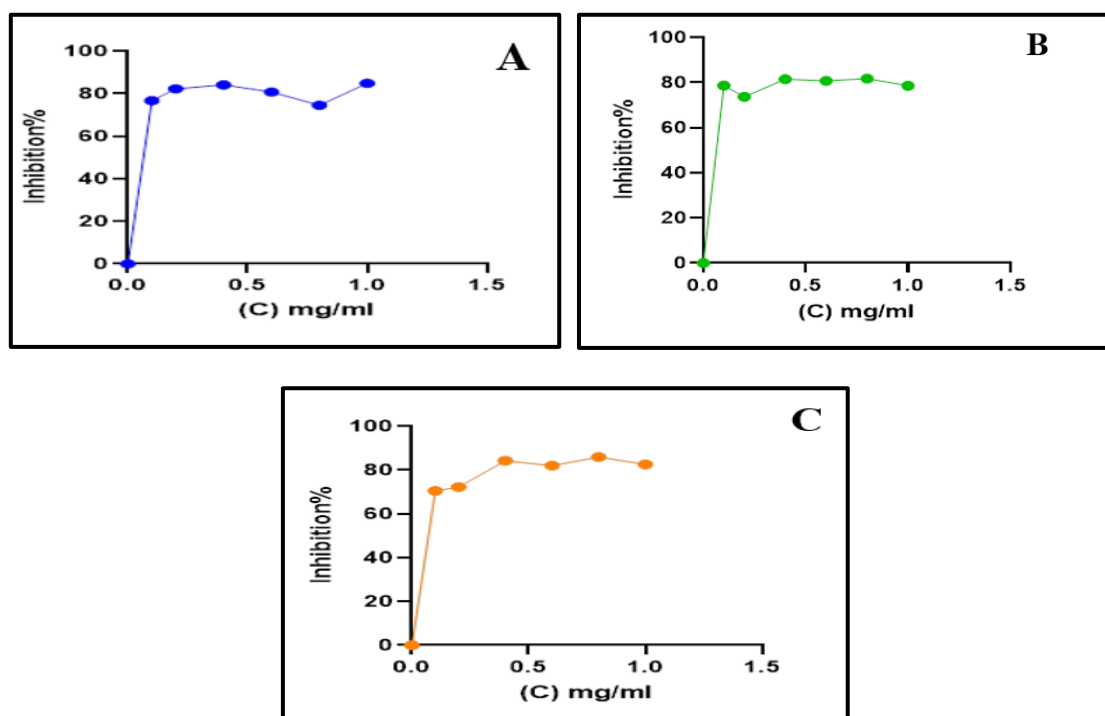


Figure 13. Inhibition du radical libre DPPH par : (A) Butylate Hydroxy Toluène, (B) Acide gallique, (C) Quercétine.

Tableau 02. Les propriétés des souches bactériennes testées.

<i>Staphylococcus aureus</i>	Responsable de diverses infections cutanées, du système immunitaire des pneumonies, des endocardites et des intoxications alimentaires.
<i>Escherichia coli</i>	Responsable d'infections intestinales (diarrhées) ou des infections urinaires.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Responsable d'infections variées (poumon, système immunitaire, voies urinaires, plaies, sang, etc.).

Annexe 04 : Isolement de *P. larvae* et étude de l'effet antagoniste de la propolis

Tableau 03. Les milieux de culture préparés.

1. Milieu casénase (gélose au lait)	<i>Gélose</i> 200ml <i>Lait</i> 100ml
2.Milieu lipase	<i>Tween 80</i> 10gouttes <i>Gélose</i> 1000ml
3.Milieu de viande de foie	<i>Viande de foie</i> 34g <i>gélose</i> 1000ml
4.Milieu lécithinase	<i>10 % de Jaune d'œuf (à partir d'une préparation de 5ml j. œuf +100ml d'eau physiologique)</i> 10ml <i>Gélose</i> 100ml
5.Milieu gélose à base d'amidon	<i>Amidon</i> 10g/l <i>gélosé</i> 250ml
L'eau physiologique	<i>Na Cl</i> 9g <i>D'eau distillée</i> 1000ml

Tableau 04. Le milieu de culture MYPGP a été utilisé pour la mise en évidence de *P. larvae*.

Bouillon Müller- Hinton (Oxo id CMO₄O₅)	10g
Extrait de levure	15g
Phosphate de potassium K₂PO₄	3g
Glucose	2g
Pyruvate de sodium C₃H₃NO₃	1g
Gélose	20g
Le milieu est stérile après homogénéisation à 120°C pendant 1 heure.	

Annexe 05 : Tests biochimiques des souches testées

Tableau 05. Emploi de la Galeries AP20E

Testes de galerie	Galerie de l'isolat du miel		Galerie de l'isolat du pollen	
	couleur	résultat	couleur	résultat
ONPG	Incolore	Négative(-)	Incolore	Négative (-)
ADH	Rose	Positive(+)	Rose	Positive(+)
LDC	Jaune	Négative(-)	Rose	positive(+)
ODC	Orange	Positive(+)	ROSE	positive(+)
CIT	Blue	Positive(+)	Blue	Positive(+)
H2S	Incolore	Négative(-)	incolore	Négative(-)
URE	Halo rouge	Positive(+)	Halo rouge	Positive(+)
TDA	Jaune	Négative(-)	Jaune	Négative(-)
IND	Jaune	Négative(-)	Jaune	Négative(-)
VP	Rouge cerise	Positive(+)	Rouge cerise	Positive(+)
GEL	Noir	Positive(+)	Noire	Positive(+)
GLU	Rouge	Positive(+)	Rouge brique	Positive(+)
MAN	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
INO	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
SOR	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
RHA	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
SAD	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
MEL	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
AMY	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)
ARA	Jaune	Positive(+)	Jaune	Positive(+)

Tableau 06. Les résultats de ABIS pour la souche du pollen.

Espèce	Pourcentage de similarité
<i>Paenibacillus larvae</i>	90.2%
<i>Bacillus firmus</i>	81.5%
<i>Brevibacillus brevis</i>	78.6%
<i>Brevibacillus laterosporus</i>	74.4%

Tableau 07. Les résultats de ABIS pour la souche du miel.

Espèce	Pourcentage de similarité
<i>Paenibacillus larvae</i>	75.1%
<i>Bacillus luciferensis</i>	74.4%

LISTE DES PUBLICATIONS

-**Hibat-Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Noui Hendel, Madani Sarri. 2025. Ethnobotanical knowledge and traditional uses of propolis among the Algerian population: a comparative and multivariate analysis. *Ethnobotany Research and Applications*, 31:57-
<http://dx.doi.org/10.32859/era.31.57.1-18>.

-**Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. 2024. Evaluation of the Anti-Free Radical and Antibacterial Properties of Methanolic and Aqueous Extracts of an Algerian Propolis. *Biology and life sciences forum*, MDPI, 36, 1.
<https://doi.org/10.3390/blsf2024036001>. (Proceeding)

LISTE DES COMMUNICATIONS

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Analyse phytochimique par détermination des taux d'extraction par différents solvants sur différents types de propolis locaux ET contribution à l'étude de leurs caractéristiques physico-chimiques. Journée International Organisé par université de Boumerdès (UMBB), 27-28 Avril 2022.

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et la variation des taux de rendement de la propolis locale. 1^{ère} journée doctorale organisé par université de Boumerdès (UMBB), 29 juin 2022.

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Etude de l'effet comparé de la propolis et une Rhizobactérie contre la fausse teigne des ruches *Galleria mellonella* L. Colloque national organisé par université de Tissimesilt, 29 février 2024.

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Évaluation des propriétés anti-radicalaires et antibactériennes des extraits Méthanoliques et aqueux de la propolis Algérienne. Séminaire International (MGIBR) organisé par université de Tlemcen, 20-21-22 avril 2024.

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Étude phytochimique des extraits éthanolique et aqueux de la propolis Algérienne et évaluation de son pouvoir antibactérien. Séminaire National organisé par université de Biskra, 18-19 mars 2024.

- **Hibat Allah Brahimi**, Hakima Oulebsir-Mohandkaci, Abdel Hamid Guelil. Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques et de l'activité antioxydante extrait éthanolique et aqueux de la propolis. Séminaire national organisé par université de Relizane, 10 juin 2024.

- **Hibat Allah Brahimi**, Oulebsir-Mohandkaci Hakima, Sadaoui-Smadhi Nesrine, Khemili-Talbi Souad, Guelil Abdelhamid. Investigating the insecticidal potential of brown propolis: *In Silico* analysis of key compounds targeting acetylcholinesterase and glutathione S-transferase. Séminaire International (2ICB'24) organisé par université de Boumerdès (UMBB), 13 et 14 Novembre 2024.
- **Hibat Allah Brahimi**, Oulebsir-Mohandkaci Hakima, Sadaoui-Smadhi Nesrine, Khemili-Talbi Souad, Guelil Abdelhamid. *In silico* investigation of the antimicrobial properties of propolis through molecular docking analysis. Séminaire International (2ICB'24) organisé par université de Boumerdès (UMBB), 13 et 14 Novembre 2024.
- **Hibat Allah Brahimi**, Oulebsir-Mohandkaci Hakima. Étude de la teneur en polyphénols totaux, son pouvoir antioxydant et antibactérien des extraits de propolis. Séminaire national organisé par université de Boumerdès (UMBB), 22 Octobre 2025.

Résumé/ Abstract/الملخص

Résumé

La propolis est une résine naturelle recueillie par les abeilles à partir des végétaux. Elle est reconnue pour ses vertus bénéfiques. La présente étude vise dans un premier temps, à fournir une vue d'ensemble des différentes applications thérapeutiques, alimentaires et d'intérêt agricole de la propolis en Algérie à travers un questionnaire qui cible la population locale. Elle vise également à évaluer les propriétés physicochimiques et phytochimiques de la propolis récoltée de deux sites de la région de M'Sila ; Oued Madhi et Maadid ; et à quantifier les niveaux de polyphénols et de flavonoïdes, des protéines et des sucres solubles à l'aide de méthodes colorimétriques. Pour confirmer la richesse de ces extraits, nous avons procédé à une analyse qualitative et quantitative par HPLC-DAD ayant permis de détecter 13 composés phénoliques. Ces résultats seront utiles pour valider les propriétés antioxydantes, antimicrobiennes et antigerminatives de la propolis, ainsi que pour évaluer son efficacité contre les agents nuisibles des abeilles ; *Paenibacillus larvae*, *Nosema* sp., et *Galleria mellonella*.

L'enquête ethnobotanique a révélé que 73% des participants avaient des connaissances approfondies sur les propriétés de la propolis. Les bienfaits thérapeutiques rapportés concernaient le système digestif (40,5 %), le système immunitaire (72 %) et le traitement des plaies (66,7 %). L'étude a également révélé qu'en Algérie la propolis est souvent associée à d'autres produits naturels (55,9 %) afin d'accroître son efficacité. D'autre part, l'analyse physico-chimique a révélé une teneur en eau de (2.51-2.78%), un taux de cendres de (5.43-5.83%), et une conductivité électrique de (719 -980) $\mu\text{S/cm}$. L'étude phytochimique a révélé une teneur totale élevée en polyphénols et en flavonoïdes dans les extraits de propolis. Une légère différence a été constatée entre les échantillons de la station d'Ouled Madhi et la station de Maadid. Les résultats indiquent que la propolis de la région de Msila est riche en composés biologiquement actifs, en matières organiques et en minéraux bénéfiques. En outre, le test DPPH et le test d'inhibition de la germination des graines de *Pisum sativum* ont révélé que les extraits méthanoliques et l'éthanoliques présentaient une bonne activité. L'extrait aqueux a eu un effet modéré sur *Staphylococcus aureus*, sans affecter les bactéries Gram négatif. Enfin, tous les trois extraits de propolis testés EEP, EMP et EAP ; ont montré un effet antagoniste contre *P. larvae*, antiparasitaire contre *Nosema* sp., et anti larvaire contre *G. mellonella*.

Notre étude munie sur terrain et au laboratoire a permis d'élargir notre compréhension de la propolis et de ses bienfaits potentiels pour la santé humaine et la santé des abeilles.

Mots clés : Propolis, Algérie, caractérisation, HPLC-DAD, propriétés thérapeutiques, pouvoir anti germinatif, *Paenibacillus larvae*, *Nosema* sp., *Galleria mellonella*.

Abstract

Propolis is a natural resin collected by bees from plants. It is known for its beneficial properties. This study aims, first and foremost, to provide an overview of the various therapeutic, dietary, and agricultural applications of propolis in Algeria through a questionnaire targeting the local population. It also aims to evaluate the physicochemical and phytochemical properties of propolis harvested from two sites in the M'sila region: Ouled Madhi and Maadid. And to quantify the levels of polyphenols and flavonoids, proteins, and soluble sugars using colorimetric methods. To confirm the richness of these extracts, we performed a qualitative and quantitative analysis by HPLC-DAD, which detected 13 phenolic compounds. These results will be useful for validating the antioxidant, antimicrobial, and antigerminative properties of propolis, as well as for evaluating its effectiveness against harmful agents affecting bees, such as *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.*, and *Galleria mellonella*. The ethnobotanical survey revealed that 73% of participants had in-depth knowledge of the properties of propolis. The therapeutic benefits reported concerned the digestive system (40.5%), the immune system (72%), and wound treatment (66.7%). The study also revealed that in Algeria, propolis is often combined with other natural products (55.9%) to increase its effectiveness. On the other hand, physicochemical analysis revealed a water content of (2.51-2.78%), an ash content of (5.43-5.83%), and an electrical conductivity of (719-980) $\mu\text{S}/\text{cm}$. The phytochemical study revealed a high total content of polyphenols and flavonoids in propolis extracts. A slight difference was observed between samples from the Ouled Madhi station and the Maadid station. The results indicate that propolis from the M'sila region is rich in biologically active compounds, organic matter, and beneficial minerals. In addition, the DPPH test and the *Pisum sativum* seed germination inhibition test revealed that the methanolic and ethanolic extracts exhibited good activity. The aqueous extract had a moderate effect on *Staphylococcus aureus*, without affecting Gram-negative bacteria. The aqueous extract had a moderate effect on *Staphylococcus aureus*, without affecting Gram-negative bacteria. Finally, all propolis extracts tested (EEP, EMP, and EAP) showed an antagonistic effect against *P. larvae*, an antiparasitic effect against *Nosema sp.*, and an anti-larval effect against *G. mellonella*. Our field and laboratory research has broadened our understanding of propolis and its potential benefits for human health and bee health.

Keywords: Propolis, Algeria, characterization, HPLC-DAD, therapeutic properties, anti-germinative, *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.*, *Galleria mellonella*.

الملخص

البروبوليس هو مادة صمغية طبيعية يجمعها النحل من النباتات. وهو معروف بخصائصه المفيدة. تهدف هذه الدراسة، أولاً إلى تقديم لمحة عامة عن مختلف الاستخدامات العلاجية والغذائية والزراعية للبروبوليس في الجزائر من خلال استبيان يستهدف السكان المحليين. كما يهدف إلى تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والنباتية للبروبوليس الذي تم حصاده من موقعين في منطقة مسيلة: أولاد ماضي والمعاضيد. ولتحديد مستويات البوليفينول والفلافونويد والبروتينات والسكريات القابلة للذوبان باستخدام طرق قياس الألوان. وللتأكد من غنى هذه المستخلصات، أجرينا تحليلاً نوعياً وكمياً الذي كشف عن 13 مركباً فينولياً باستخدام تقنية HPLC – DAD .

ستكون هذه النتائج مفيدة في التحقق من خصائص البروبوليس المضادة للأكسدة والميكروبات والجراثيم، وكذلك في تقييم فعاليته ضد العوامل الضارة التي تؤثر على النحل، مثل *Paenibacillus larvae*, *Nosema sp.* و *Galleria mellonella*.

كشفت الدراسة الميدانية أن (73٪) من المشاركين لديهم معرفة عميقة بخصائص البروبوليس. وتعلقت الفوائد العلاجية المبلغ عنها بالجهاز الهضمي (40.5٪) والجهاز المناعي (72٪) وعلاج الجروح (66.7٪)، كما كشفت الدراسة أن البروبوليس في الجزائر غالباً ما يتم مزجه مع منتجات طبيعية أخرى (55.9٪) لزيادة فعاليته. من ناحية أخرى، كشف التحليل الفيزيو-كيميائي عن محتوى مائي بنسبة (2.51-2.78٪)، ومحتوى رماد بنسبة (5.43-5.83٪)، وموصلية كهربائية بنسبة $719-980 \mu S/cm$ وكشفت الدراسة الكيمياء النباتية عن محتوى إجمالي مرتفع من البوليفينول والفلافونويد في مستخلصات البروبوليس ولقد لوحظ اختلاف طفيف بين العينات المأخوذة من منطقة أولاد ماضي منطقة المعاضيد. وتشير النتائج إلى أن البروبوليس من منطقة المسيلة غني بالمركبات النشطة بيولوجياً والمواد العضوية والمعادن المفيدة.

بالإضافة إلى ذلك، أظهر اختبار DPPH واختبار تثبيط إنبات بذور *Pisum sativum* أن المستخلصات الميثانولية والإيثانولية قد أظهرت نشاطاً جيداً. وكان للمستخلص المائي تأثير معتدل على المكورات العنقودية الذهبية، دون أن يؤثر على البكتيريا سالبة الجرام. أخيراً، أظهرت جميع مستخلصات البروبوليس التي تم اختبارها (EEP و EMP و EAP) تأثيراً مضاداً ضد *P. larvae*، وتأثيراً مضاداً للطفيليات ضد *Nosema sp*، وتأثيراً مضاداً للبرقات ضد *G. mellonella*. لقد وسعت أبحاثنا الميدانية والمخبرية من فهمنا للبروبوليس وفوائده المحتملة لصحة الإنسان وصحة النحل.

الكلمات المفتاحية: البروبوليس، الجزائر، الخصائص، HPLC-DAD، الخصائص العلاجية، مضاد للإنبات،

Galleria mellonella ، *Nosema sp.*، *Paenibacillus larvae*