



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Institut des sciences vétzrinaires- Tiaret-

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle

Domaine : Sciences Vétérinaires

Spécialité : Parasitologie Vétérinaire

Présentée par :

KADARI Yamina

Thème

Evaluation de l'activité scolicide de quelques huiles essentielles

Soutenue publiquement le 14/07/2025

Devant le jury :

M ^r HEMIDA Houari	Président	Professeur	Université de Tiaret
M ^r SELLES Sidi Mohammed Ammar	Directeur de thèse	Professeur	Université de Tiaret
M ^{me} KOUIDRI Mokhtaria	Co-Directrice de thèse	Professeur	Université de Tiaret
M ^{me} BENFODIL Karima	Examinatrice	MCA	Université de Bouira
M ^r BELHAMITI Tahar Belkacem	Examineur	MCA	Université de Tiaret
M ^r MOHAMED-CHERIF Abdallah	Examineur	MCA	Université de Tissemsilt

Année universitaire : 2024-2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

{ سُورَةُ طه }



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions **Allah** le tout puissant pour la volonté et la patience qui' il nous a donnés durant toutes ces années d'étude.

Mes vifs remerciements s'adressent au **Professeur SELLES Sidi Mohammed Ammar**, directeur de cette recherche, qui m'a accompagnée et orientée tout au long de ce travail, que ce soit pour la sélection du sujet, sa précieuse disponibilité ou son soutien constant, Je tiens à le remercier d'avoir été le professeur qui a réussi à me transmettre confiance et passion pour l'apprentissage. Merci de m'avoir offert le meilleur encadrement possible.

J'espère que **Professeur KOUIDRI Mokhtaria**, co-directrice de cette thèse, trouve ici un témoignage de ma gratitude pour son aide précieuse et ses conseils avisés, pour sa disponibilité et son soutien. Que ces mots expriment mon profond respect et mes remerciements sincères.

Des remerciements particuliers s'adressent ;

Au **Professeur HEMIDA Houari**, à qui je souhaiterai exprimer ma gratitude et mes sincères remerciements pour nous avoir honorés par sa participation à présider le jury de ce travail.

Au **docteur BELHAMITI Tahar Belkacem**, qui nous a honorés en acceptant d'examiner et de juger ce modeste travail, qu'il trouve ici mes remerciements les plus vifs, et mon profond respect.

Au **docteur BENFOUDHIL Karima**, pour avoir aimablement accepté de participer à ce jury. Hommage respectueux,

Au **docteur MOHAMED-CHERIF Abdallah**, qu'il soit vivement remercié pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant l'examen de cette recherche.

Au **professeur Ait Hammou Mohamed** (Botaniste) de la Faculté des Sciences Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret pour sa collaboration lors de cette étude.

Au **directeur de laboratoire de recherche de reproduction des animaux de la ferme**, Institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret qui a financé une partie de cette étude.

A **Madame BOUDJEMAA DjefAL Aouda**, je n'oublierai jamais son soutien et ses encouragements, celle qui n'a pas cessé de m'aider jusqu'aux derniers moments.

A tous les enseignants de l'institut des sciences vétérinaires, Tiaret. Et pour tous les éléments de l'abattoir municipal de Tiaret.

Merci infiniment

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverai jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, mon précieux offre du Dieu qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect,
mon cher père.*

A ma mère. Qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*A mes chères sœurs **Hadjer, Andalibe, et Séline**, et mes chères frères **Assem et Baraa** et à mon fiancé **Kadri Belkacem** qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long mes études, que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mes adorables **Amine, Siradje, Racile, Samade, wadoude, Abd et haddi, Abd-el illah, et Elline** ; qui savent toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A toute ma famille **KADARI, BENDIDA** et ma belle-famille **KADRI**, A tous mes amis qui m'ont toujours encouragée et à qui je souhaite plus de succès.*

Sommaire

Sommaire	I
Liste des illustrations	VI
Liste des abréviations	IX
Résumé	X
ملخص	XI
Abstract	XII

Introduction	1
--------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : Kyste hydatique

1- Définition.....	7
2- Epidémiologie	7
2-1 Répartition géographique	7
2-2 Prévalence	8
2-2-1 Selon l'organe.....	8
2-2-2 Selon le sexe	9
2-2-3 Selon l'âge	9
3- Importance médicale et économique	9
4- Classification taxonomique	10
5- Morphologie du parasite	10
5-1 Forme adulte	10
5-2 Œuf	10
5-3 Hydatide	12
5-3-1 Adventice.....	12
5-3-2 Cuticule ou membrane laminaire	12
5-3-3 Couche germinale ou membrane prolifère	12
5-3-4 Vésicules filles	13
5-2-6 Cellule germinative	13
5-2-6 Protoscolex	13
5-2-7 Liquide hydatique	14

6- Souches d' <i>Echinococcus granulosus</i>	14
7- Cycle du parasite	15
8- Physiopathologie	16
9- Classification des kystes hydatiques	17
10- Symptômes	20
11- Diagnostic	20
11-1 Imagerie	20
11-1-1 Echographie	20
11-1-2 Radiologie	22
11-1-3 Tomodensitométrie	22
11-1-4 IRM	22
11-2-5 Endoscopie Rétrograde	23
11-2 Sérologies	23
11-2-1 Hémagglutination indirect	24
11-2-2 ELISA	24
11-2-3 Western Blot	24
12- Traitement	25
12-1 Traitement médical	25
12-2 Traitement par les techniques percutanées	25
12-2-1 Technique P.A.I.R	25
12-2-2 Technique de cathétérisme standard	26
12-2-3 Technique de cathétérisme modifiée	26
12-3 Traitement chirurgical	26
12-4 Cryochirurgie et L'ARF	28
12-5 Observation et Attente	28
13- Mesures prophylactiques.....	29
14- Vaccination	29

Chapitre II : Les huiles essentielles

1-Définition	31
2- Composition chimique.....	31
3- Méthodes d'extraction des huiles essentielles	33
3-1 Méthodes conventionnelles/classiques	33
3-1-1 Hydrodistillation	33

3-1-2 Entrainement à la vapeur d'eau	34
3-1-3 Extraction par expression à froid	34
3-1-4 Extraction par solvants	36
3-2 Méthodes avancées/innovantes	37
3-2-1 Extraction par fluide supercritique	37
3-2-2 Extraction des HE assistée par ultrasons	38
3-2-3 Extraction assistée par micro-ondes	38
3-3 Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction.....	39
4- Domaine d'utilisation des huiles essentielles	42
5-Activité biologiques	42
5-1 Activité antibactérienne	42
5-2 Activité antiparasitaire	43
5-3 Activité antivirale	44
4-4- Activité antifongique	44
4-5- Activité antioxydante.....	44
4-6- Activité anti-inflammatoire	44

2^{ème} Partie : Partie expérimentale

Matériel& Méthodes

1- Objectifs.....	47
2- Zone d'étude	47
3- Période d'étude	47
3- Laboratoires	45

Première partie

Extraction et caractérisation des huiles essentielles

1- Matériel végétal	51
2- Identification botanique.....	54
3- Extraction de l'huile essentielle	54
3-1 Mode opératoire.....	54
3-2 Traitement de l'extrait.....	55
3-3 Rendement en huile essentielle.....	55
4- Analyse de la composition chimique	56

Deuxième partie

Activités antioxydantes

1- Pouvoir réducteur.....	59
2- Activité anti-radicalaire à l'égard du DPPH.....	61
3- Analyse statistique	63

Troisième partie

Activité scolicide

1- Matériel parasitaire	66
2- Examen macroscopique du liquide hydatique	66
3- Examen microscopique du liquide hydatique	66
3-1 COLLECTE DES PROTOCOLEX	66
3-2 Détermination de la fertilité des kystes	66
3-3 Test de viabilité	67
3-4 Conservation	68
4- Activité scolicide.....	68
4-1 PREPARATION DES CONCENTRATIONS A TESTER	68
4-2 Protocole	69
4-3 Test de viabilité	69
5- Analyse statistique	69

Résultats et discussion

Première partie

Extraction et caractérisation des huiles essentielles

1- Rendement de l'huile essentielle	72
2- COMPOSITION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES : ANALYSE PAR CG/MS CG/FID.....	74

Deuxième partie

Activités antioxydantes

1- <i>Thymus pallezens</i>	83
1-1 Capacité de piégeage des radicaux libres DPPH	83
1-2 Pouvoir réducteur	84
2- <i>Origanum vulgare</i>	86
2-1 Capacité de piégeage des radicaux libres DPPH	86

2-2 Pouvoir réducteur	87
Troisième partie	
Activité scolicide	
1- Activité scolicide de l'huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i>	90
2- Activité scolicide de l'huile essentielle d' <i>Origanum vulgare</i>	94
Conclusion	98
Références bibliographiques	100

Liste des illustrations

Liste des figures

Partie Bibliographique

Figure 1.1 : Carte géographique démontrant la répartition géographique d' <i>Echinococcus granulosus</i> s.l et d' <i>Echinococcus multilocularis</i>	7
Figure 1.2 : Stade adulte d' <i>Echinococcus spp</i>	11
Figure 1.3 : Description générale de l'œuf et de l'oncosphère d' <i>Echinococcus spp</i>	11
Figure 1.4 : Structure du kyste hydatique	12
Figure 1.5 : Cuticule d'un kyste hydatique	13
Figure 1.6 : Protoscolex sous microscope électronique	13
Figure 1.7 : Répartition géographique des souches d' <i>Echinococcus granulosus</i> sensu lato .	15
Figure 1.8 : Cycle évolutif d' <i>Echinococcus granulosus</i>	16
Figure 1.9 : Différentes méthodes de diagnostic des kystes hydatiques	21
Figure 1.10 : Images échographiques révélant une grande lésion kystique anéchogène solitaire située dans la région supra rénale droite	21
Figure 1.11 : Tomodensitométrie du kyste hydatique pancréatique	22
Figure 1.12 : IRM du kyste hydatique pancréatique	23
Figure 1.13 : Structure schématique du kyste hydatique et différentes approches pour l'ablation chirurgicale	27
Figure 1.14 : Les trois grands axes du programme de lutte contre l'hydatidose /échinococcose	29
Figure 1.15 : Structures chimiques des composants prépondérants des huiles essentielles ...	32
Figure 1.16 : Résumé schématique des méthodes d'extraction conventionnelles et innovantes	33
Figure 1.17 : Principe schématisé de l'hydrodistillation	34
Figure 1.18 : Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau	35
Figure 1.19 : Schéma du montage de l'expression à froid	35
Figure 1.20 : Schéma d'extraction par solvant	37
Figure 1.21 : Montage d'extraction par les fluides supercritiques	38
Figure 1.22 : Schémas des méthodes d'extraction par ultrasons	39
Figure 1.23 : Schéma de l'extraction assistée par micro-ondes des plantes	39
Figure 1.24 : Mécanisme antibactérien des huiles essentielles	43

Partie Expérimentale

Figure 2.1 : Protocole expérimental récapitulatif d'extraction des huiles essentielles	50
Figure 2.2: <i>Thymus pallescens</i>	51
Figure 2.3: <i>Origanum vulgare</i>	52
Figure 2.4 : Dispositif d'hydro-distillation utilisé lors d'extraction des huiles essentielles ...	55
Figure 2.5 : Huile essentielle après décantation	56
Figure 2.6 : Protocole expérimental récapitulatif de différentes étapes de l'étude l'activité antioxydante des huiles essentielles	58
Figure 2.7 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP	59
Figure 2.8 : Protocole de détermination du pouvoir réducteur	61
Figure 2.9 : Réaction du test DPPH	62
Figure 2.10 : Protocole de l'évaluation de l'activité anti-radicalaire au DPPH	63
Figure 2.11 : Protocole expérimental récapitulatif de différentes étapes de l'étude l'activité scolicide des huiles essentielles (Illustration personnelle).	65
Figure 2.12: Kyste hydatique fertile.....	67
Figure 2.13: Photo des protoscolex viables après exposition à l'éosine 0.1%.	68
Figure 2.14: Rendement en huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i> et d' <i>Origanum vulgare</i> . 72	
Figure 2.14: Les effets de l'huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i> sur les protoscolex.....	93
Figure 2.15: Les effets de l'huile essentielle d' <i>Origanum vulgare</i> sur les protoscolex.	96

Liste des tableaux

Partie Bibliographique

Tableau 1.1 : Souches d' <i>Echinococcus granulosus</i> sensu lato	14
Tableau 1.2 : Classification des kystes hydatiques	18
Tableau 1.3 : Fiabilité des tests sérologiques dans l'hydatide hépatique et pulmonaire	24
Tableau 1.4 : Protocoles thérapeutiques pour différents types d'hydatide	28
Tableau 1.5 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles	40

Partie Expérimentale

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i> (T.p) et d' <i>Origanum vulgare</i> (O. v) par CG/MS – CG/FID.....	75
Tableau 2.2: Résultats de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles et des molécules de standard	83

Tableau 2.3 : Activité scolicide de l'huile essentielle de <i>Thymus pallescens</i> contre les protoscolex du kyste hydatique à différentes concentrations et à différents temps d'exposition	91
Tableau 2.4 : Activité scolicide de l'huile essentielle d' <i>Origanum vulgare</i> contre les protoscolex du kyste hydatique à différentes concentrations et à différents temps d'exposition	94

ABZ : Albendazol
ADN : Acide désoxyribonucléique
ARN : Acide ribonucléique
CG/FID : La chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur d'ionisation de flamme
CG/MS : La chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse
CT-scan : Tomodensitométrie scan
DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle ou 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
EC1-EC5 : Echinococcose kystique type 1- Echinococcose kystique type 5
EC3a : Echinococcose kystique type 3 type a
EC3b : Echinococcose kystique type 3 type b
EC₅₀: Concentration efficace median
EgHF: *Echinococcus granulosus* hydatid fluid antigen
Egp : *Echinococcus granulosus* protoscolex extract
FRAP : Pouvoir réducteur
G1-G10 : Genotype1-Genotype10
GL: Germinal layer
HE: Huile essentielle
Hex: Hexacanthé
Hsv: Herpes simplex virus
IC₅₀ : Concentration inhibitrice median
IgE : immunoglobuline E
IgG : immunoglobuline G
IgM : immunoglobuline M
IRM : Imagerie par résonance magnétique
KH : Kyste hydatique
NADH: Nicotinamide adénine dinucléotide
OM: Oncospheric membrane
OMS : Organisation mondiale de la santé
OMS-IWGH: The World Health Organization informal working group on echinococcosis
TDM: Tomodensitométrie
WPPC: Whey protein phospholipid concentrate

Ce travail visait à évaluer les constituants chimiques et étudier les activités scolicides et antioxydantes in vitro des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare*. L'hydrodistillation et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM) et GC couplée à un détecteur à ionisation de flamme ont été utilisées pour extraire et déterminer les composants des huiles essentielles, respectivement. L'activité antioxydante des huiles essentielles a été évaluée par les méthodes de DPPH et le pouvoir réducteur. Prélevés aseptiquement à partir de foies de moutons infestés par des kystes hydatiques abattus à l'abattoir de Tiaret, les protoscolex utilisés dans la présente étude ont été préalablement lavés avec une solution saline normale stérile. L'activité scolicide des huiles essentielles a été réalisée aux doses de 4.55, 9.1 et 13.65 mg/ml pour *Thymus pallescens* et aux doses de 9.3 et 13.95 mg/ml pour *l'Origanum vulgare* pendant 5, 10 et 15 min pour chaque huile.

Un rendement moyen en huile essentielle de 1.87 ± 0.30 % (p/p) pour *Thymus pallescens* et 1.94 ± 0.13 % (p/p) pour *l'Origanum vulgare* a été obtenu. Dans la présente étude. Le carvacrol (57.31 %) et le thymol (69.33 %) étaient respectivement les constituants majoritaires de ces deux huiles essentielles. L'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a montré un bon pouvoir réducteur et une bonne activité piègeuse sur le radical DPPH avec une valeur IC_{50} de $842,52 \pm 127,29$ µg/ml et une valeur EC_{50} de 882.51 ± 72.79 µg/ml, respectivement. Cependant, une activité antioxydante modérée a été démontrée par huile essentielle de *Thymus pallescens* avec une valeur IC_{50} de 1090.03 ± 153.59 µg/ml et une valeur CE_{50} de 1043.51 ± 130.86 µg/ml. Tous les protoscolex ont été tués seulement après 5 min d'exposition à la dose de 9.1 mg/ml d'huile essentielle de *Thymus pallescens* et de 13.95 mg/ml d'huile essentielle d'*Origanum vulgare*.

Nos résultats montrent une bonne activité antioxydante et scolicide des huiles essentielles d'*Origanum vulgare* et de *Thymus pallescens* contre les protoscolex d'*E. granulosus*. Cependant, d'autres études (ex vivo et in vivo) seront nécessaires pour confirmer ces résultats.

Mots-clés : Activité antioxydante, huile essentielle, activité scolicide, *Thymus pallescens* *Origanum vulgare*, Protoscolex.

الملخص

كان الهدف من هذا البحث هو دراسة المكونات الكيميائية، التأثير القاتل لزيت الأساسي للزعتر والمردقوش الشائع (البري) على حيوية الرؤيسات الأولية للمشوكة الحبيبية للكيس العذري (دراسة في الزجاج) وكذا أنشطة مضادات الأكسدة. تم استخراج الزيت الأساسي عن طريق التقطير المائي وتحليله بواسطة كروماتوغرافيا الغاز المدمج مع المطيافية الكتلية وكروماتوغرافيا الغاز المدمج مع كاشف التأين باللهب. تم استخدام طريقة DPPH والقوة الاختزالية لتقييم نشاط مضادات الأكسدة بواسطة. تم جمع الرؤيسات الأولية للمشوكة الحبيبية للكيس العذري المستخدمة في الدراسة الحالية بطريقة معقمة من أكباد الأغنام المصابة بالكيس المائي والتي تم ذبحها في مسلخ تيارت، وتم غسلها مسبقاً بمحلول ملحي عادي معقم. تم تقييم النشاط القاتل لزيتين الأساسيين على حيوية الرؤيسات الأولية من خلال تعريضها لتركيز (4.55 و 9.1 و 13.65 ملغم/مل) من الزيت الأساسي للزعتر و (9.3 و 13.95 ملغم/مل) من الزيت الأساسي للمردقوش الشائع لمدة 5، 10 و 15 دقيقة لكل زيت.

تم الحصول على متوسط إنتاج للزيت الأساسي للزعتر بنسبة لزيت $1.87 \pm 0.3\%$ (وزن/وزن) و $1.94 \pm 0.13\%$ (وزن/وزن) بالنسبة لزيت الأساسي للمردقوش الشائع. في الدراسة الحالية، كان الكارفاكرول (57.31%) الثيمول (69.33%) هما المركبان الرئيسيان للزيتين الأساسيين. أظهر الزيت الأساسي للمردقوش الشائع نشاطاً جيداً مضاداً للأكسدة بواسطة طريقة DPPH واختبار قدرة الاختزال مع قيمة IC_{50} تبلغ 127.29 ± 842.52 ميكروغرام/مل وقيمة EC_{50} تبلغ 72.79 ± 882.51 ميكروغرام/مل، على التوالي. بينما أظهر الزيت الأساسي للزعتر نشاطاً مضاداً للأكسدة معتدلاً مع قيمة IC_{50} تبلغ 1090.03 ± 153.59 ميكروغرام/مل، وقيمة EC_{50} تبلغ 130.86 ± 1043.51 ميكروغرام/مل. تم قتل جميع الرؤيسات الأولية بعد 5 دقائق فقط من التعرض لجرعة 9.1 ملغم/مل لزيت الأساسي للزعتر و 13.95 ملغم/مل لزيت الأساسي للمردقوش الشائع. قد أظهرت الدراسة الحالية نشاطاً جيداً مضاداً للأكسدة وعلى حيوية الرؤيسات الأولية للزيوت الأساسية من نبات المردقوش الشائع والزعتر. ومع ذلك، فإن الدراسات الأخرى (من الجسم الحي وفي الجسم الحي) ضرورية لتأكيد هذه النتائج.

الكلمات المفتاحية: نشاط مضاد للأكسدة، زيت عطري، نشاط مضاد للأكسدة، المردقوش الشائع،

الزعتر، الرؤيسات الأولية.

This work investigated the chemical constituents, in vitro scolicidal, and antioxidant activities of *Thymus pallescens* and *Origanum vulgare*. Hydrodistillation and gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS) and GC coupled with a flame ionization detector were used to extract and determine the compounds of essential oils, respectively. The antioxidant activity of essential oil was assessed by DPPH assay and FRAP assay. Collected aseptically from the sheep livers infected with hydatid cysts slaughtered at the Tiaret abattoir, the protoscoleces used in the present study were washed previously with sterile normal saline. Essential oil scolicidal activity was carried out at the doses (4.55, 9.1, and 13.65 mg/ml) for *Thymus pallescens* essential oil and at the doses (9.3 and 13.95 mg/ml) for *Origanum vulgare* essential oil during 5, 10, and 15 min. An average essential oil yield of 1.87 ± 0.30 % (w/w) for *Thymus pallescens* and 1.94 ± 0.13 % (w/w) for *Origanum vulgare* was obtained in the present study. Carvacrol (57.31%) and thymol (69.33%) were the majority constituents of these two essential oils, respectively. *Origanum vulgare* essential oil exhibited a good reducing power and scavenger activity on the DPPH radical with an IC_{50} value of 842.52 ± 127.29 μ g/ml and an EC_{50} value of 882.51 ± 72.79 μ g/ml, respectively. However, moderate antioxidant activity was observed for *Thymus pallescens* essential oil, with an IC_{50} value of 1090.03 ± 153.59 μ g/ml and an EC_{50} value of 1043.51 ± 130.86 μ g/ml. All protoscoleces were killed only after 5 min of exposure to the dose of 9.1 mg/ml of *Thymus pallescens* essential oil and 13.95 mg/ml of *Origanum vulgare* essential oil. Our findings show good antioxidant and scolicidal activities of *Origanum vulgare* essential oil and *Thymus pallescens* essential oil against protoscoleces of *E. granulosus*. However, further studies (ex vivo and in vivo) will be needed to confirm these results.

Keywords: Antioxidant activity, Essential oil, Scolicidal activity, *Thymus pallescens*, *Origanum vulgare*, Protoscolex.

Introduction

L'hydatidose (échinococcose kystique (EC)) est l'une des helminthoses les plus importantes. Elle est causée par le stade larvaire d'*Echinococcus granulosus* (sensu lato) (Mahmoudvand et al., 2019 et 2020 ; Ali et al., 2020 ; Youssefi et al., 2020). Le stade adulte du parasite colonise l'intestin des hôtes définitifs (chiens et autres canidés) (Hassanzadeh et al., 2023). L'organisation mondiale de la santé (OMS) la classe parmi les maladies tropicales négligées (Solomon et al., 2017 ; Ezzatkhan et al., 2021). C'est une zoonose parasitaire d'importance médicale humaine et vétérinaire (Moghadaszadeh et al., 2021). C'est une maladie cosmopolite extrêmement endémique, notamment dans certaines régions d'Amérique du Sud, d'Afrique du Nord, de Chine et du Moyen-Orient (Harandi et al., 2012).

L'infestation peut survenir chez des hôtes intermédiaires (humains, bovins, ovins, porcins et équins) par ingestion d'œufs excrétés dans les excréments de chien, par contact étroit ou contamination environnementale. Cela entraîne la croissance de kystes hydatiques contenant des des protoscolex dans différentes parties du corps, notamment le foie et les poumons (Moazeni et al., 2012a ; Mahmoudvand et al., 2014a). Chez l'homme, la maladie représente une menace sanitaire et économique (entraînant une augmentation des coûts médicaux et un risque de décès) (Moghadaszadeh et al., 2021 ; Jalil et al., 2022). Chez l'animal, elle entraîne une diminution de la qualité de la viande, de la production laitière, des fibres de laine et du nombre de petits survivants (Moghadaszadeh et al., 2021 ; Garedaghi et al., 2022).

Le traitement de l'échinococcose kystique dépend du type de kyste (selon la classification américaine OMS-IWGE) (McManus et al., 2012), de sa taille, de sa localisation et de la présence ou non de complications, ainsi que de l'expertise médicale et du matériel disponibles. Le traitement curatif consiste en l'ablation complète du kyste, quelle que soit sa localisation. Si le kyste et toutes ses couches (y compris l'adventice) ne peuvent être complètement retirés (cystectomie subtotale, tous les types de cystectomie partielle et la technique percutanée « PAIR » (ponction, aspiration, injection et réaspiration), il est obligatoire d'associer des agents scolicides afin d'éviter la dissémination peropératoire du liquide riche en protoscolex pendant l'intervention chirurgicale et, par conséquent, la récurrence de l'échinococcose kystique (Brunetti et al., 2010).

Cependant, de nombreux agents scolicides conventionnels entraînent des effets secondaires indésirables tels que la cholangite sclérosante, la nécrose hépatique et la méthémoglobinémie (Rajabi, 2009 ; Gholami et al., 2013). Par conséquent, il n'existe toujours pas d'agent scolicide idéal, efficace et sûr (Moazeni et al., 2017). L'OMS a signalé que la découverte d'un nouvel agent scolicide plus efficace et entraînant moins d'effets indésirables est cruciale

(Kheirandish et al., 2020). Ainsi, l'utilisation de nouveaux médicaments scolicides offrant une efficacité élevée, une durée d'exposition plus courte, moins d'effets secondaires, une toxicité moindre et une résistance moindre aux médicaments est un besoin essentiel pour les chirurgiens (Pensel et al., 2015 ; Aryamand et al., 2019).

Les plantes médicinales sont des sources notables de agents thérapeutiques utiles contre de nombreuses infections pathologiques (Houshmand et al., 2019). A l'heure actuelle, l'activité scolicide d'un grand nombre de plantes médicinales appartenant à différentes familles dans le but de neutraliser les protoscolex d'*E. granulosus* in vitro, ex vivo et dans des modèles in vivo ont été démontrée (Moazeni et al., 2012 a, b ; Mahmoudvand et al., 2016 ; Selles et al., 2020a ; Ali et al., 2020 ; Alyousif et al., 2021). Cependant, de nombreuses autres plantes n'ont pas encore été explorées (Ali et al., 2020). Parmi ces nouvelles approches, les huiles essentielles sont des composés naturels prometteurs pour une utilisation dans l'activité scolicide.

Le *Thymus* est l'un des genres les plus importants en terme de nombre d'espèces au sein de la famille des Lamiacées (Hazzit et al., 2009). Ce genre comprend plus de 350 espèces d'herbes et d'arbustes aromatiques vivaces qui poussent principalement dans le bassin méditerranéen et en Asie (Benchabane et al., 2015). Parmi ces plantes, *Thymus pallescens* de Noé (également appelé *Thymus fontanesii* Boiss. et Reut.) est une espèce commune et endémique du nord de l'Algérie.

Cette plante est largement utilisée comme additif alimentaire et dans la médecine populaire algérienne (Alloun et al., 2019).

Le genre *Origanum* fait partie de la famille des Lamiacées (Botineau, 2010). Il comprend environ 38 espèces, 6 sous-espèces et 17 hybrides (Moradi et al., 2015). L'espèce *Origanum vulgare* L. est la plus répandue et la plus connue de la famille des Lamiacées (Spada et Perrino, 1996). Elle pousse principalement en Europe, en Afrique du Nord et en Asie (Lagouri et al., 1993).

Les plantes d'origan sont largement utilisées dans l'agriculture, l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire (Moisa et al., 2018). Son importance comme plante médicinale, aromatique, culinaire, épicée, ornementale et mellifère a été démontré (Gonceariuc et al., 2014).

Divers activités pharmacologiques et biologiques des espèces d'origan et de thym ont été rapporté dans la littérature principalement dues aux activités antioxydantes, antimicrobiennes, insecticides (Mahmoudi 1992 ; Moisa et al., 2018 ; Zaïri et al., 2019 ; Özer, 2020),

Plusieurs études ont examiné l'activité scolicide de diverses huiles essentielles de thym et d'origan (Yones et al., 2011 ; Pensel et al., 2014 ; Hizem et al., 2020). Une étude antérieure

menée par Selles et al. (2024) a déterminé la composition chimique et les activités scolicides et antioxydantes de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*.

Dans ce sens, notre étude a tracé les objectifs suivants :

- Déterminer le rendement des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare* collectés dans la localité de Sebaïne et Ould Boughadou (Tiaret, Algérie), respectivement ;
- Déterminer la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare*;
- Déterminer l'activité anti-oxydante des huiles essentielles étudiées ;
- Tester in-vitro les activités scolicides des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare*.

Partie
Bibliographique

Chapitre I : *Kyste hydatique*

1- Définition

L'échinococcose est une parasitose cosmopolite commune à l'homme et aux espèces de mammifères. La maladie résulte du développement de la forme larvaire ou hydatide du ténia canin, *Echinococcus granulosus* sensu lato (s.l.) (Hasbi et Slioui, 2017). C'est l'une des maladies zoonotiques les plus importantes au monde et figure actuellement parmi les cinq zoonoses les plus fréquemment diagnostiquées en méditerranée (Sadjjadi, 2006 ; Dakkak, 2010). Elle représente un grave problème de santé publique et a un impact socio-économique important puisqu'elle constitue une contrainte financière importante dérivée des coûts de santé humaine et des pertes de production animale. Le fardeau économique de l'échinococcose kystique sur l'industrie mondiale de l'élevage a été estimé à plus de 2 milliards de dollars par an (Otero-Abad et Torgerson, 2013).

2- Epidémiologie

2-1 Répartition géographique

L'hydatidose est l'une des maladies parasitaires anthroponozoonoses, très répandue, en particulier dans les régions où il existe des interactions étroites entre le bétail, les chiens (l'hôte définitif) et les humains (Fakhri et al., 2024), et plusieurs études l'ont décrite comme une infection émergente ou ré-émergente ; en particulier dans les pays en développement (Pays méditerranéens, Nouvelle-Zélande, Australie, Amérique du Nord, Amérique du Sud, Amérique centrale et Asie (figure 1.1) (Dziri et al., 2004 ; Shnawa et al., 2021).

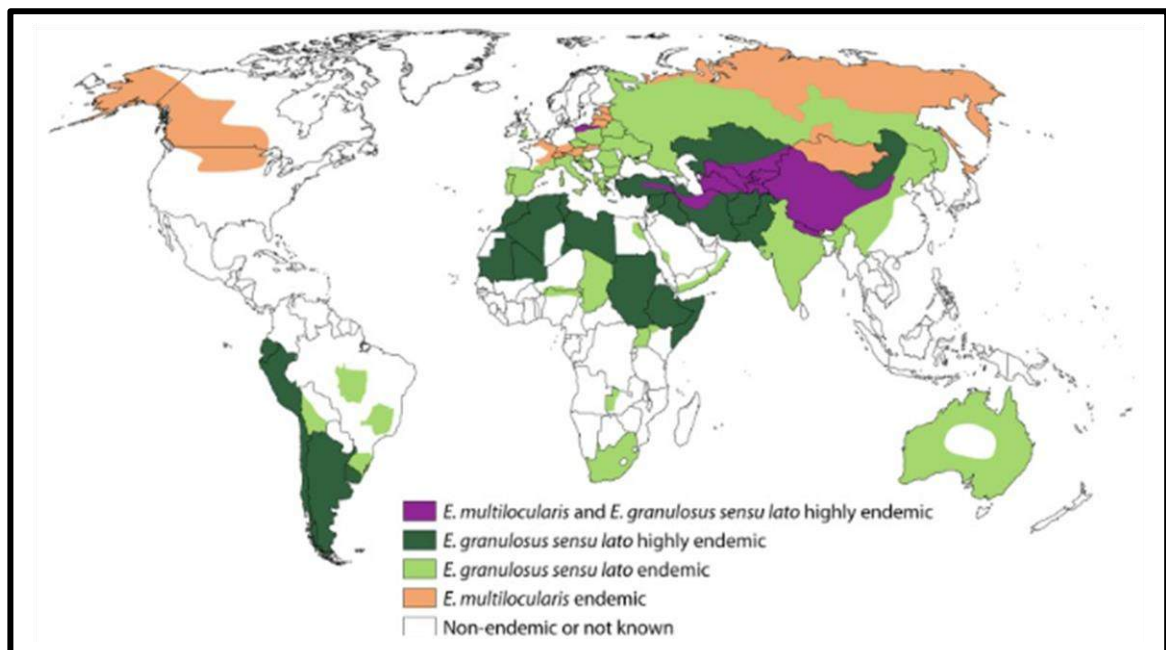


Figure 1.1 : Carte géographique démontrant la répartition géographique d'*Echinococcus granulosus* s.l et d'*Echinococcus multilocularis* (Wen et al., 2019).

En terme d'hydatidose humaine la répartition mondiale de la maladie varie en fonction de plusieurs facteurs tels que le contact avec le chien, le climat géographique, la fréquence des chiens, le comportement alimentaire (consommation d'eau, d'aliments et des légumes crus contaminés par les œufs du parasite), le lieu de résidence (urbain, rural ou nomade), le niveau d'éducation et la profession (Ün et al., 2020).

Récemment, des études ont montré qu'il existe une transmission active d'*Echinococcus granulosus*, *s. l.* entre les humains et les animaux (y compris la faune sauvage) dans des pays auparavant non considérés comme endémiques y compris les zones hyper-endémiques comme la Libye, la Tunisie, l'Algérie, et le Maroc (Woolsey et Miller, 2021). En Algérie, elle est endémique chez l'homme, avec une incidence annuelle variant de 1,78 à 2,26 pour 100 000 humains (Benchikh El-Fegoun et al., 2016). Les deux espèces identifiées en Algérie sont *Echinococcus granulosus s.* et *Echinococcus canadensis*, et seule *Echinococcus granulosus s.s.* est responsable de la maladie hydatique humaine (Zait et al., 2013).

2-2 Prévalence

2-2-1 Selon l'organe

▪ Chez l'homme

La maladie hydatique kystique est le plus souvent associée au foie (50-70%), bien qu'elle puisse également affecter les poumons (10% - 50%), suivie par les reins (3 %), les os (1,4%) et le cerveau (1.2%), d'autres sites tels que le cœur, la rate, le pancréas et les muscles sont très rarement touchés (Padmane et Gujar, 2021 ; Tajmalzai et Aien, 2025). L'atteinte pulmonaire est plus fréquente chez les enfants que chez les adultes, et la croissance du kyste est plus rapide chez les enfants (Aydin et al., 2022).

▪ Chez les animaux

Plusieurs auteurs ont rapporté que le foie est l'organe le plus touché suivi par les poumons chez les ovins (Brik et al., 2018 ; Ghasemian et al., 2018) mais chez les bovins il est rapporté que les poumons sont l'organe le plus touché (Gheroucha et al., 2021 ; Hamrat et al., 2013 ; Jarjees et al Bakri, 2012) et ceci peut s'expliquer par le fait que les foies et les poumons possèdent les premiers grands sites capillaires rencontrés par l'oncosphère.

2-2-2 Selon le sexe**▪ Chez l'homme**

Les femmes sont plus souvent touchées que les hommes. Cela peut s'expliquer par un contact plus étroit avec les chiens dans le cadre de travaux tels que l'alimentation, la garde des troupeaux et la traite des animaux de ferme (Aydin et al., 2022 ; Kadhim et al., 2023).

▪ Chez les animaux

Les femelles sont plus infestées que les mâles, puisque ces derniers sont abattus à un âge plus jeune. De plus, pendant la gestation, l'immunité chez les femelles devient très faible, favorisant ainsi l'infestation par l'*Echinococcus* (Brik et al., 2018).

2-2-3- Selon l'âge**▪ Chez l'homme**

Le taux d'infestation par les kystes hydatiques en fonction de l'âge de manière générale était le plus élevé dans le groupe des jeunes et le plus bas dans les groupes des très jeunes et des très vieux (Kadhim et al., 2023). En Europe occidentale, la plupart des personnes infestées présentent des symptômes entre 50 et 60 ans, les cas chez les enfants sont très rarement signalés. Ce n'est pas le cas dans les pays asiatiques, où les infestations sont diagnostiquées entre 40 et 50 ans (Woolsey et Miller, 2021).

3- Importance médicale et économique

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la maladie est classée parmi les maladies tropicales négligées, avec un impact financier annuel mondial d'environ 3 milliards de dollars. La nature asymptomatique de cette maladie et l'absence de suspicion clinique suggèrent que le nombre total des patients impliqués est probablement sous-évalué (Abbasi et al., 2021).

▪ Chez l'homme

Plusieurs études préalables ont évalué le taux des récurrences après traitement médical dans des séries de patients suivis pendant un nombre significatif d'années, L'éventail des récurrences observées était assez large, allant de moins de 3 % à 30 % des cas (Stamatakis et al., 2009) ; et en ce qui concerne le taux de mortalité post-opératoire a été estimé à de 0.9 à 3.6 % (Botezatu et al., 2018).

▪ Chez les animaux

L'importance de l'échinococcose est principalement due à son impact sur la production animale et aux pertes économiques dues à la diminution de la production et de la qualité de la viande, du lait et de la laine, au faible taux de natalité, au retard de performance et de croissance

des organes, en particulier du foie et des poumons, aux coûts d'élimination des animaux infectés et morts, à l'interdiction de l'exportation des animaux et de leurs produits et au coût de la lutte (Nur et al., 2017).

4- Classification taxonomique (Nur et al., 2017)

Embranchement : Helminthes

Sous embranchement : Plathelminthes (vers plats)

Classe : Cestodes (vers segmentés)

Sous classe : Eucestodes

Ordre : Cyclophyllidea (scolex portant des ventouses et parfois des crochets)

Famille : Taeniidae

Genre : *Echinococcus*

Espèces : *Echinococcus granulosus*

5- Morphologie du parasite

5-1 Forme adulte (figure 1.2)

Echinococcus granulosus n'a pas d'organes intestinaux, circulatoires ou respiratoires. Il est monoïque, produisant des œufs diploïdes qui donnent naissance à des embryons ovoïdes (les oncosphères). La strobilisation est une caractéristique notable de la biologie des cestodes, par lequel les proglottis bourgeonnent distalement à partir du scolex antérieur. Une caractéristique unique des larves (protoscolex) dans le kyste hydatique est une capacité à développer bidirectionnellement dans un ver adulte dans le tractus gastro-intestinal du chien ou dans un kyste hydatique secondaire chez l'hôte intermédiaire, un processus déclenché par les acides (Zheng et al., 2013).

5-2 Œuf (figure 1.3)

Structure résultant de la fécondation hermaphrodite dans le proglottis final de la forme adulte d'*Echinococcus* spp., qui se libère dans les fèces de l'hôte définitif et dans son environnement. (Bellanger et al., 2021). Les œufs ou les oncosphères constituent le seul stade libre du parasite (Umhang et al., 2014). A ce stade parasitaire, aucune distinction morphologique ne peut être faite entre les genres de la famille des Taenidae (Umhang, 2017).

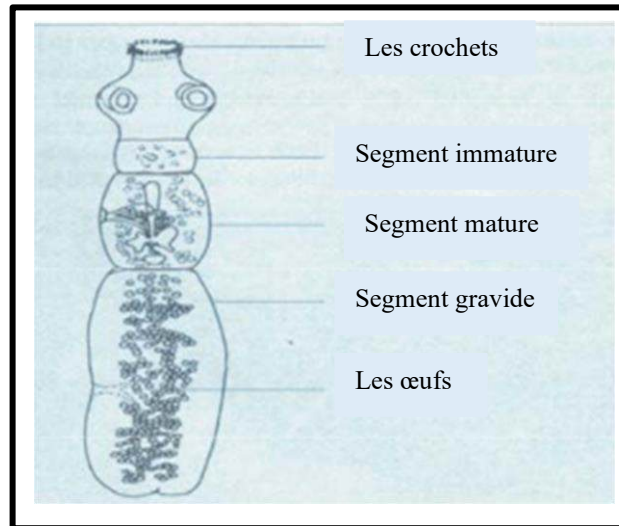


Figure 1.2 : Stade adulte d'*Echinococcus* spp. (Nur et al., 2017)

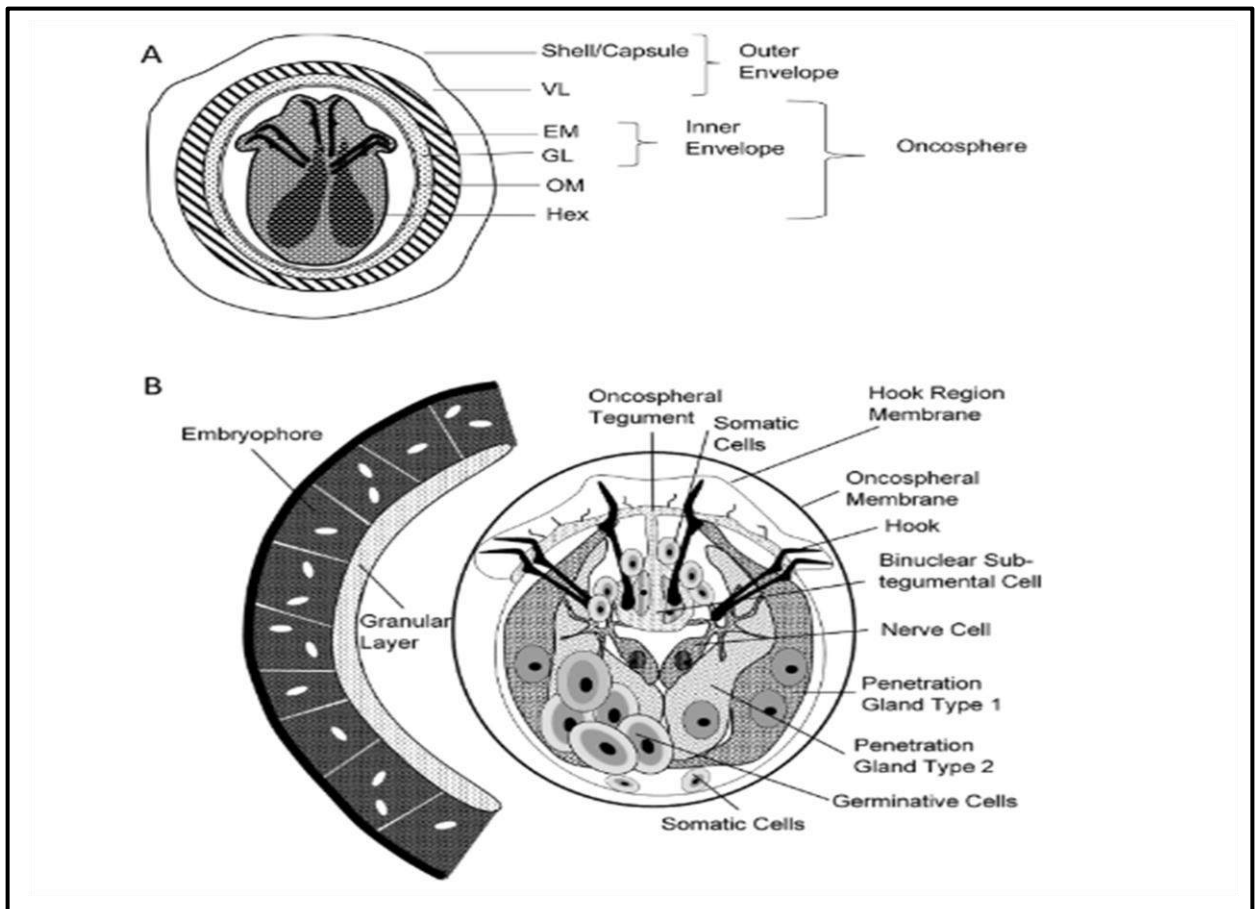


Figure 1.3 : Description générale de l'œuf et de l'oncosphère d'*Echinococcus* spp, (A) Schéma d'une oncosphère illustrant la structure et la symétrie bilatérale dans le schéma des crochets et l'organisation cellulaire de l'embryon hexacanthé. VL : couche vitelline ; EM : embryophore ; GL : couche granulaire ; OM : membrane oncosphérique ; Hex : embryon hexacanthé. (B) Organisation cellulaire de l'oncosphère. Les oncosphères mesurent environ 25 à 30 μm (Vuitton et al., 2020).

5-3 Hydatide (figure 1.4)

L'analyse histologique a révélé que les kystes hydatiques des hôtes intermédiaires ressemblent à une vessie uniloculaire remplie de liquide kystique et de protoscolex. Ces structures sont entourées d'une couche adventice créée par l'hôte formant une barrière protectrice contre la réponse immunitaire, et les kystes sont composés d'une paire de couches dérivées du parasite : une couche laminée externe et une couche germinale interne (Wang et al., 2023).

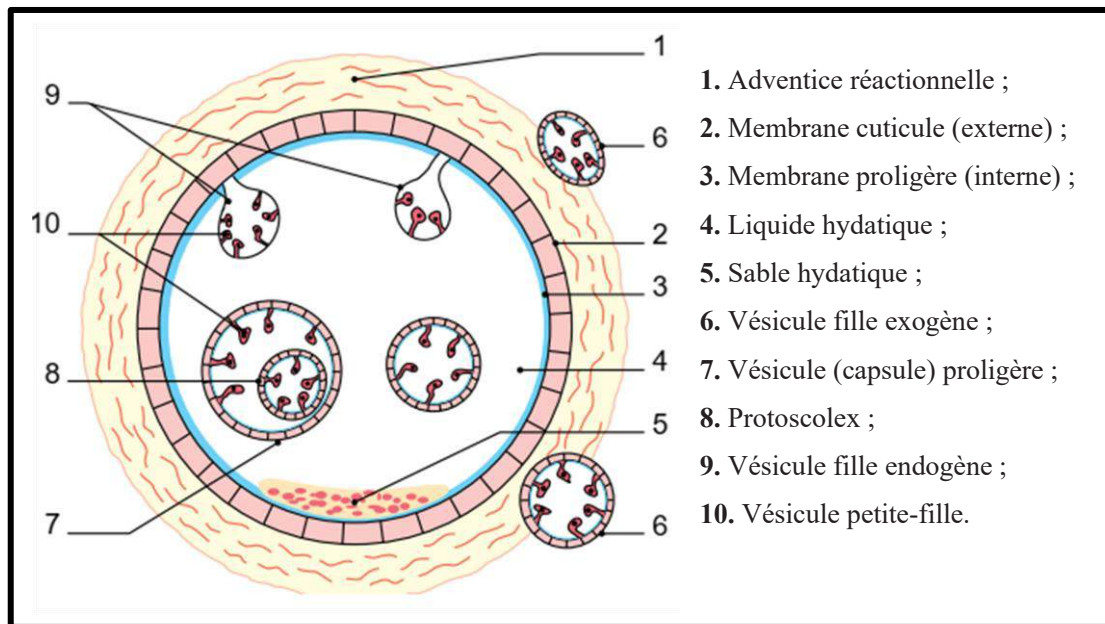


Figure 1.4 : Structure du kyste hydatique (Klotz et al., 2000).

5-3-1 Adventice (figure 1.5)

L'adventice, constituée d'une couche de cellules du tissu hôte écrasée par le volume du kyste, ne fait pas partie du parasite. Ce tissu adventice est constitué de granulomes inflammatoires et de cellules giganto-cellulaires (Bourée et Bisaro, 2007).

5-3-2 Cuticule ou membrane laminaire

Est une membrane anhiste d'aspect lamellaire, comprend du cholestérol, du galactose, et des protéines, et présente une faible teneur en glycogène (Bourée et Bisaro, 2007).

5-3-3 Couche germinale ou membrane prolifère

Partie cellulaire interne du métacestode d'*Echinococcus* spp., qui comprend plusieurs types de cellules et produit plusieurs types de composants biologiques du métacestode (liquide du kyste, vésicule prolifère et protoscolex) (Vuitton et al., 2020).



Figure 1.5 : Cuticule d'un kyste hydatique (Botezatu et al., 2018).

5-3-4 Vésicules filles

Élément bourgeonnant à partir de la couche germinale qui produit des protoscolex (Vuitton et al., 2020).

5-3-5 Cellule germinative

Les cellules germinatives sont les seules à posséder une fonction mitotique dans le métacestode, ce qui génère des cellules différenciées (Bellanger et al., 2021).

5-3-6 Protoscolex (figure1.6)

Etat préliminaire au scolex, généré par la capsule proligère. Il se libère de la couche germinale d'*Echinococcus* sp. et est ensuite libéré dans le liquide kystique pour les kystes hydatiques ou microkystique pour les kystes alvéolaires (Bellanger et al., 2021).



Figure 1.6 : Protoscolex sous microscope électronique (Albani et al., 2024).

5-3-7 Liquide hydatique

Liquide sécrété par la couche germinale de la forme larvaire d'*Echinococcus* spp. et recueilli au centre du kyste (Vuitton et al., 2020).

6- Souches d'*Echinococcus granulosus*

Actuellement, dix génotypes distincts d'*Echinococcus granulosus* s.l., désignés comme G1-G10 (tableau 1.1), ont été décrites dans le monde entier sur la base de diversité génétique liée aux séquences nucléotidiques de la sous-unité 1 de la NADH déshydrogénase mitochondriale (NADH1) et les gènes de la sous-unité 1 du cytochrome C oxydase (Ahmed et al., 2018).

Le typage moléculaire des souches d'*Echinococcus granulosus* est essentiel pour définir une stratégie ciblée de lutte contre l'échinococcose kystique car les souches se différencient selon divers facteurs : pouvoir pathogène pour l'humain, durée de la période pré-patente chez l'hôte définitif et le pouvoir antigénique (Kohil et al., 2018).

Tableau 1.1 : Souches d'*Echinococcus granulosus* sensu lato (Thompson, 2020 ; Oksanen et Lavikainen, 2015).

Espèces	Souche/ Génotype	Hôtes intermédiaires	Hôtes définitifs	Infectiosité pour l'homme
<i>Echinococcus granulosus</i>	Ovins/G1	Ovins (bovins, porcs, chameaux, chèvres, macropodes)	Chien, renard, dingo, chacal et hyène	Oui
	Ovins de Tasmanie/G2	Ovins (Bovins)	Chien, renard	Oui
	Buffle/G3	Buffle (Bovins)	Chien, renard	Oui
<i>Echinococcus equinus</i>	Cheval/G4	Chevaux et autre équidés	Chien	Probablement non
<i>Echinococcus ortleppi</i>	Bovins/G5	Bovins	Chien	Oui
<i>Echinococcus canadensis</i>	Cervidés/G8, G9, G10	Cervidés	Loup, chien	Oui
<i>Echinococcus intermedius</i>	Camel/Porc/G6/ G7	Chameaux, porcs, Ovins	Chien	Oui

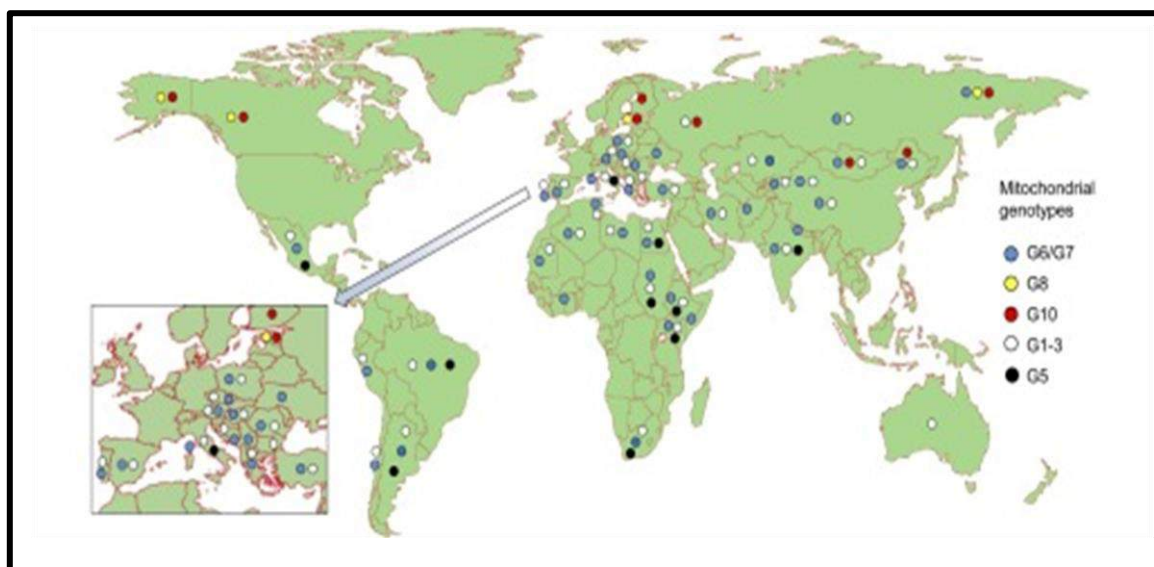


Figure 1.7 : Répartition géographique des souches d'*Echinococcus granulosus* s. l.

(Ito et al., 2017).

7- Cycle du parasite (figure 1.8)

Deux hôtes vertébrés sont nécessaires pour compléter le cycle de vie d'*Echinococcus granulosus*. Les protoscolex jouent un rôle vital dans l'initiation du cycle de vie de ce parasite car ils constituent le stade infestant pour les carnivores (chiens), qui représentent l'hôte final (Shnawa et al., 2021), les hôtes définitifs, peuvent être infestés en mangeant les viscères kystiques d'un hôte intermédiaire, principalement des moutons. Les protoscolex des organes kystiques sont libérés et se fixent sur le duodénum et le jéjunum de la muqueuse intestinale. Le cycle de vie biologique du pathogène dépend alors de la croissance et de la différenciation des protoscolex dans les sections primaires de l'épithélium intestinal et de la formation des vers adultes avec les proglottis gravides. Les proglottis gravides contiennent plusieurs œufs qui peuvent contaminer une large zone (Pourseif et al., 2021) ; après ingestion de ces œufs par un hôte intermédiaire approprié, ces œufs éclosent dans l'intestin grêle, libérant des oncosphères à six crochets ; les oncosphères libérées pénètrent dans la muqueuse intestinale par les mouvements de ses crochets et possiblement aussi des sécrétions et via le système porte, sont disséminées dans le foie, les poumons, les muscles ou d'autres organes. A ces endroits, les oncosphères se transforment en kystes hydatiques à parois épaisses, qui s'agrandissent progressivement et génèrent des protoscolex et des kystes filles (Mihetiu et al., 2024).

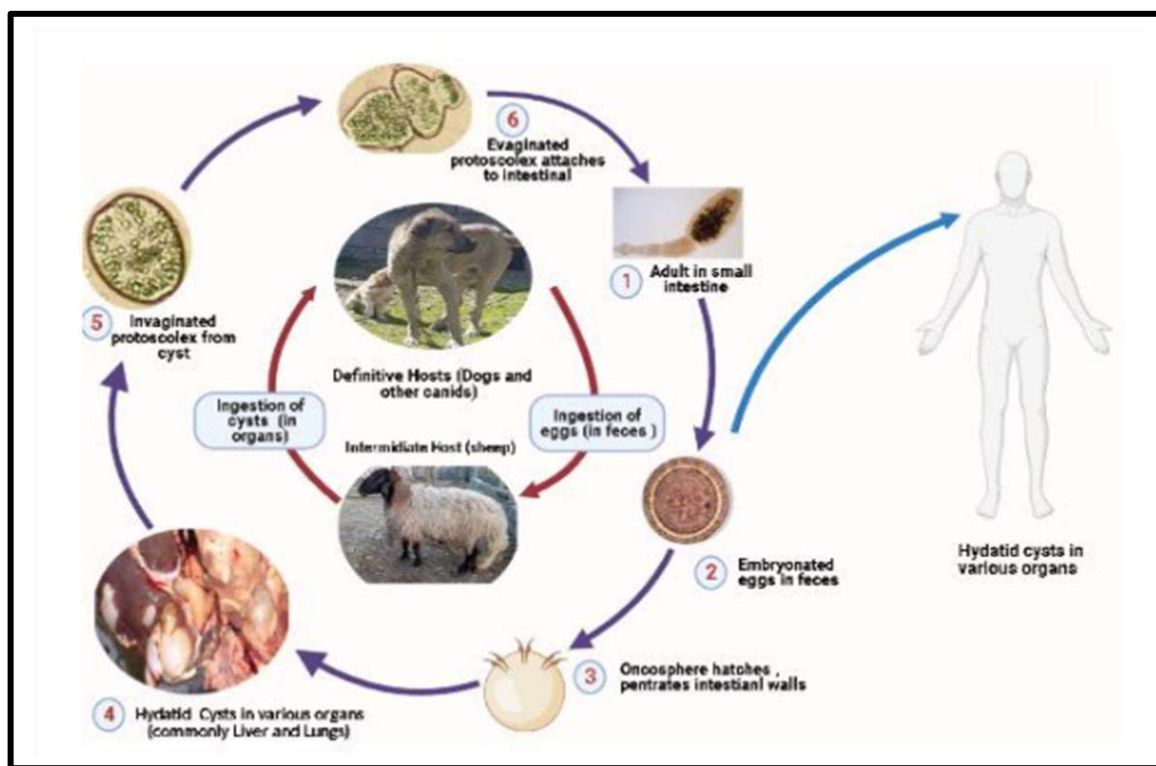


Figure 1.8 : Cycle évolutif d'*Echinococcus granulosus* (Shnawa et al., 2021).

8- Physiopathologie

Une fois que l'aliment contaminé est consommé par l'homme, les embryons d'hexacanthe atteignent le foie via la circulation portale. En conséquence, la majorité des kystes hydatiques se développent dans le foie. Cependant, certains hexacanthès échappent au filtre hépatique et atteignent les poumons après avoir traversé le cœur. L'hydatide extra-hépatique et extra-pulmonaire se produit dans ces cas (Malik et Ul Bari, 2019).

Il faut savoir que les kystes hydatiques sont de deux types, le kyste primaire et le kyste secondaire. Le kyste primaire se produit uniquement après une infestation par la voie orale par les œufs *Echinococcus granulosus* (Nur et al., 2024), et les théories qui impliquent des mécanismes autres que l'ingestion des œufs ne sont pas plausibles ; car l'environnement gastro-intestinal est nécessaire pour le développement des œufs en larves (Paspala et al., 2024), tandis que le kyste secondaire se produit par rupture du kyste primaire (Nur et al., 2024). Le kyste est enfermé dans une couche adventice dure produite par l'hôte et tapissée par une seule couche de cellules germinales, l'endocyste. Ces cellules se différencient en parasites immatures ; deux fonctions majeures du péri-kyste ou adventice la première protectrice bien que difficile à évaluer, peut être appréciée si l'on considère l'extrême fragilité du parasite. La seconde devient plus évidente si l'on

considère que le taux métabolique total du parasite, en particulier ceux de grande taille, nécessiterait un apport nutritionnel constant qui est assuré par les canaux vasculaires à l'intérieur du péri-kyste. Il est intéressant de noter que les changements dégénératifs du péri-kyste annoncent une dégénérescence amorphe ou l'expulsion spontanée d'un kyste hydatique. Ce phénomène peut également être observé dans les cas où des canaux ou des conduites non vasculaires de l'organe hôte, tels que les canalicules biliaires, se forment dans le foie, les orifices bronchiques, dans les bronches, dans les poumons ou les tubules collecteurs dans les reins, s'ouvrent à la surface du kyste (Golzar et Sokouti, 2014).

Parfois, des kystes filles complets se forment à l'intérieur du kyste mère ou à l'extérieur ; dans ce dernier cas, ils peuvent être transportés vers d'autres parties du corps pour former de nouveaux kystes hydatiques ; Il existe des kystes qui ne produisent pas de capsules germinales ou de protoscolex, appelés kystes stériles (Gessese, 2020).

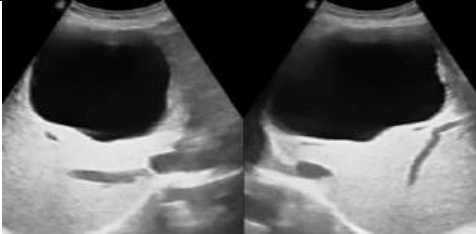
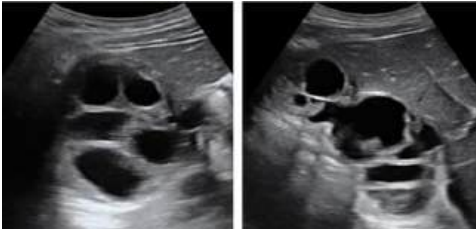
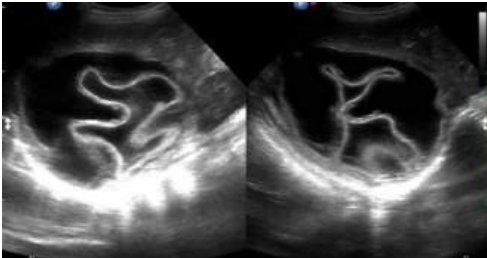
9- Classification des kystes hydatiques

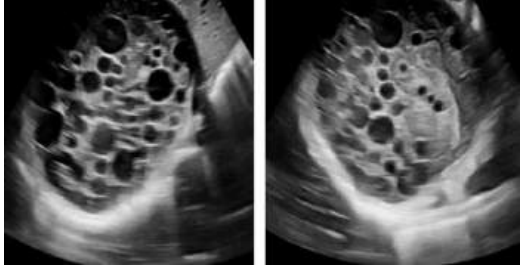
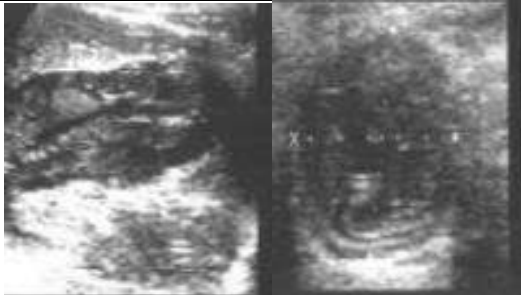
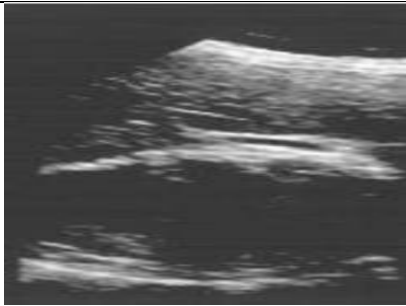
Le groupe de travail informel de l'OMS sur l'échinococcose (WHO-IWGE) a rétabli une classification des kystes hydatiques. Cette classification a permis de répartir les six stades kystiques en trois groupes cliniques (Alshoabi et al., 2023) :

- **Kyste « actif »** : il s'agit de kystes en développement, qui peuvent être uniloculaires (CE1) ou multivésiculaires avec vésicules filles (CE2), généralement sont des kystes fertiles contenant des protoscolex viables (Alshoabi et al., 2023).
- **Kyste « transitionnel »** : il s'agit des kystes avec décollement de la membrane de l'endocyste (CE3a) ou des kystes majoritairement solides contenant des vésicules filles (CE3b).
- **Kyste « inactif »** : il comprend des kystes à contenu solide (CE4) ou à contenu solide avec calcification (CE5), qui sont presque toujours non viables (Alshoabi et al., 2023).

Cette classification de l'OMS fournit une base rationnelle pour le choix du schéma thérapeutique et du suivi appropriés. Le tableau 1.2 récapitule la classification proposée par l'OMS.

Tableau 1.2 : Classification des kystes hydatiques (Botezatu et al., 2018 ; Tévez-Craise et al., 2022 ; Alshoabi et al., 2023 ; Alpaca Rodriguez et al., 2024).

Classification de Gharbi		Classification d'OMS	
Type I	 Kyste fertile anéchoïque	CE1 Structure simple, remplie de liquide, avec un « signe de double ligne » = Kyste actif	 Images échographiques montrant une lésion kystique hydatique hépatique bien circonscrite, uniloculaire, anéchogène, sans septation interne ni composant solide, ni calcification franche.
Type III	 Multiples vésicules filles Kyste fertile	CE2 un kyste multi-septés, « en rosette/en nid d'abeille » =Kyste actif	
Type II	 Membranes détachées Kyste fertile	CE3a Membranes détachées =Kyste transitoire	 Images échographiques transversales et longitudinales montrent un kyste avec des membranes détachées (« signe du nénuphar »)

		CE3b Des kystes filles dans une matrice solide = Kyste actif		
Type IV	 Hétérogène, solide et kystique rarement fertile	CE4 Le kyste meurt et dégénère en un kyste hétérogène = Kyste inactif		
Type V	 Kyste complètement calcifié Kyste inactif	CE5 Kyste calcifié = Kyste inactif		

10- Symptômes

Chez l'homme, il arrive souvent que le diagnostic soit fortuit et que les patients manifestent une variété de symptômes non spécifiques, étroitement liés à la localisation, à la taille et à la quantité des kystes. L'infestation peut entraîner un choc septique suite à une rupture intrapéritonéale, ce qui accroît le risque de décès (Galvis et al., 2023). La douleur dans le quadrant supérieur droit et hépatomégalie sont les deux symptômes les plus fréquents en cas d'échinococcose hépatique et la cholangite aiguë est le syndrome le plus courant lorsqu'un kyste est découvert (Dziri et al., 2004), et en ce qui concerne les kystes pulmonaires se manifestent par une toux chronique, une dyspnée, une douleur thoracique pleurétique et une hémoptysie (Ün et al., 2020). En outre, si les kystes éclatent alors qu'ils sont encore à l'intérieur du corps, soit en raison d'un traumatisme corporel, soit à la suite d'une intervention chirurgicale visant à les retirer, ils entraîneront probablement de la fièvre, un prurit, un gonflement des lèvres et des paupières, une dyspnée, un stridor, une rhinorrhée et un choc anaphylactique (Badwaik et al., 2024).

11- Diagnostic

La figure 1.9 résume les diverses méthodes réalisées en vue de diagnostiquer le kyste hydatique chez l'homme.

11-1 Imagerie

La majorité des cas d'échinococcose kystique sont diagnostiqués fortuitement par imagerie (Ün et al., 2020). Cependant, les techniques d'imagerie, comme l'échographie, sont utiles pour obtenir un premier aperçu, mais peuvent souvent être mal interprétées, car les kystes hydatiques peuvent être confondus avec d'autres lésions kystiques (Dietrich et al., 2020 ; Noori et Jabbar, 2020). Toutefois, une imagerie de haute résolution peut être obtenue grâce à la tomodensitométrie (TDM) et à l'imagerie par résonance magnétique (IRM), bien que ces méthodes soient coûteuses et ne conviennent pas pour distinguer les types de kystes (Caraiani et al., 2020 ; Abbasi et al., 2021 ; Calame et al., 2022).

11-1-1 Echographie

L'échographie est la modalité d'imagerie préférée car, précise pour détecter les lésions hépatiques avec une précision de 90 à 95 %, elle est abordable, non invasive et fournit des résultats immédiats (Ün et al., 2020) ; et en plus l'échographie peut clairement mettre en évidence le sable hydatique, les membranes, les kystes filles et les vésicules à l'intérieur du kyste hydatique (figure 1.10) (Alshoabi et al., 2023).

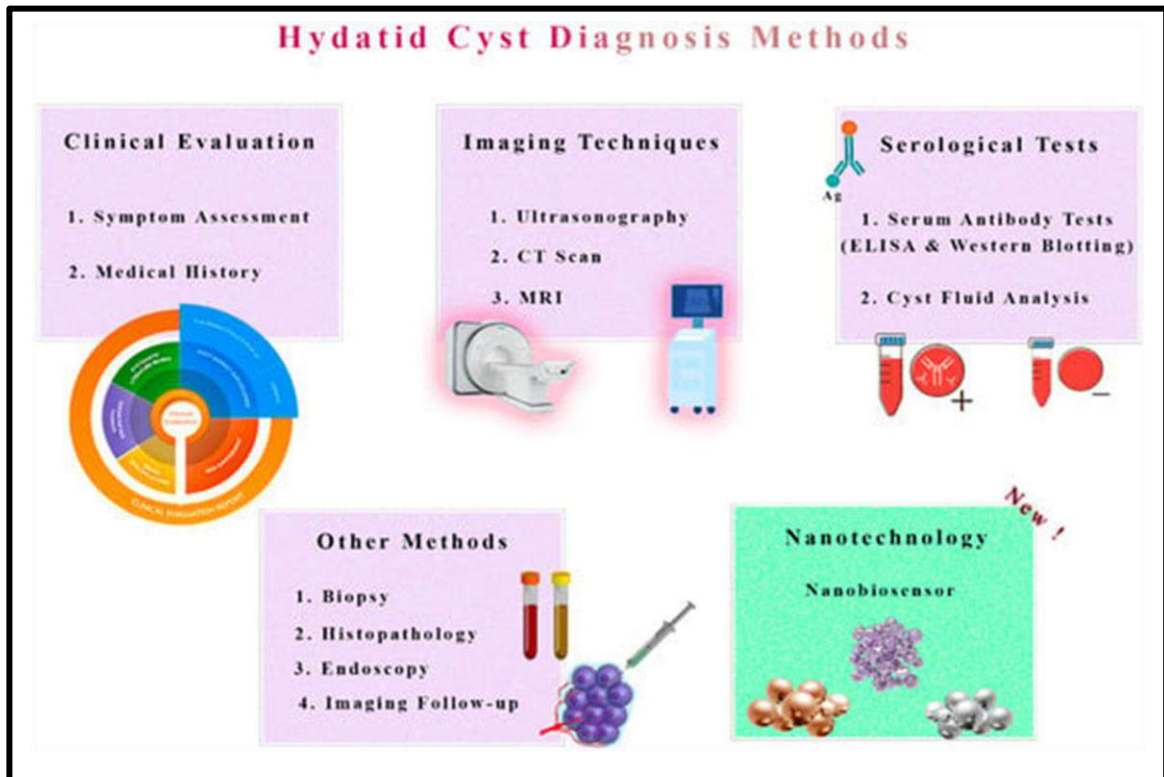


Figure 1.9 : Différentes méthodes de diagnostic des kystes hydatiques (Sadr et al., 2023).

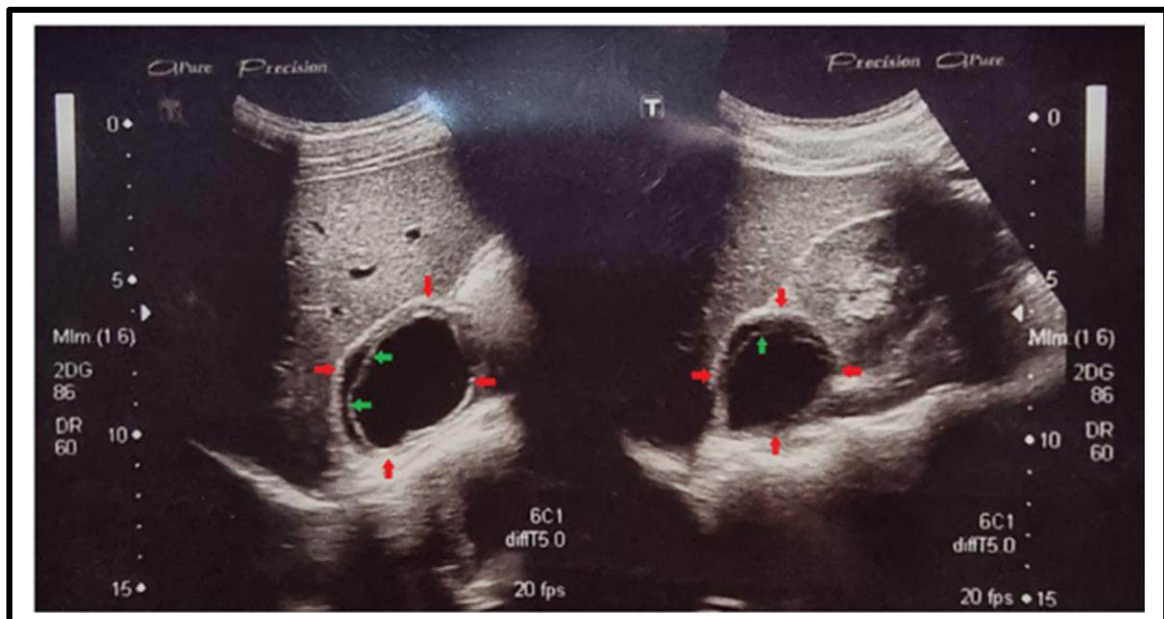


Figure 1.10 : Images échographiques révélant une grande lésion kystique anéchogène solitaire située dans la région supra rénale droite (flèches rouges), présentant un signe de double paroi (flèches vertes) (Tajmalzai et Aien, 2025).

11-1-2 Radiologie

Dans les enquêtes du terrain, la radiographie est déconseillée en raison des dangers liés aux rayons X (Kalinova, 2007).

11-1-3 Tomodensitométrie

La tomodensitométrie (CT) est plus sensible et plus spécifique dans la détection et la caractérisation de l'hydatide (Ün et al., 2020 ; Badwaik et al., 2024). La tomodensitométrie aide au diagnostic du kyste hydatique en montrant la paroi à forte atténuation du kyste hydatique qui peut être vue lorsqu'elle est calcifiée ou même sans calcification (figure 1.11) (Singla et al., 2021).



Figure 1.11 : Tomodensitométrie du kyste hydatique pancréatique. **a** kyste pancréatique induisant une dilatation des voies biliaires et du canal pancréatique principal ; **b** kyste hydatique de la tête du pancréas (Wu et al., 2021).

11-1-4 IRM

Dans certaines situations, elle est appliquée pour le diagnostic des kystes hydatiques du cerveau (figure 1.12) (Pawlowski et al., 2001).

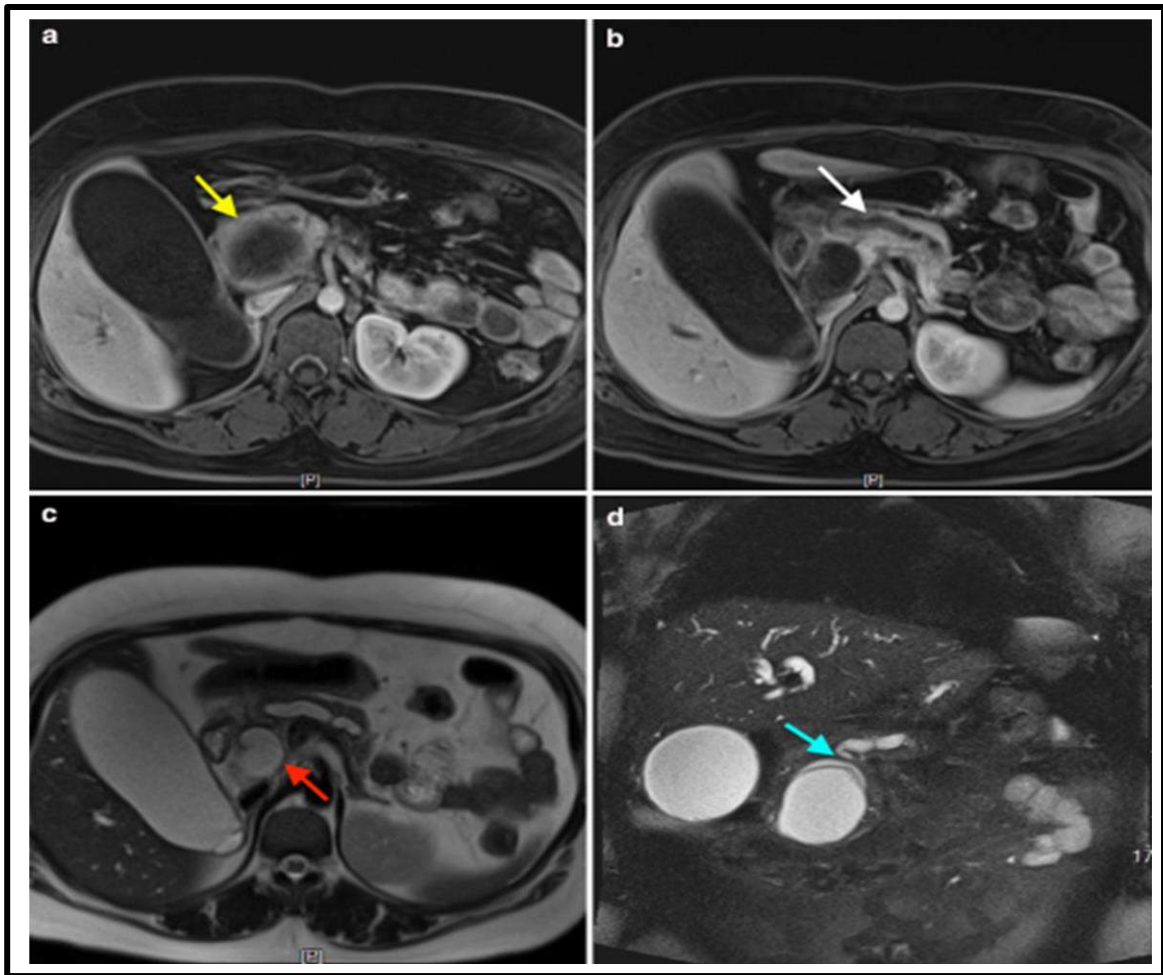


Figure 1.12 : IRM du kyste hydatique pancréatique. a. (flèche jaune) La masse du kyste hydatique b. (flèche blanche) Le canal pancréatique principal élargi c. (flèche rouge) Le canal biliaire élargi. d. (flèche bleu) Le kyste hydatique a envahi le canal pancréatique principal (Wu et al., 2021).

11-1-5 Endoscopie Rétrograde

Cette technique est recommandée pour les patients souffrant de cholécystite et d'ictère, et elle peut aussi être synchronisée à un traitement par drainage (Pawlowski et al., 2001).

11-2 Tests sérologiques

La sérologie spécifique pour le diagnostic de l'échinococcose comprend la mise en évidence d'anticorps de l'hôte contre différents antigènes d'*Echinococcus* spp. qui sont détectés par ELISA, Western-Blot ou par dosage à flux latéral. Les antigènes utilisés sont des antigènes purifiés issus d'isolats de métacestodes obtenus dans des modèles animaux, ainsi que des antigènes recombinants. Les isolats de métacestodes proviennent à la fois d'*Echinococcus multilocularis* et d'*Echinococcus granulosus*. Comme la plupart des antigènes présentant une faible spécificité par

rapport à *Echinococcus* spp. (Réactions croisées dans 53-86 % des cas). Cela ne suffit pas pour différencier les espèces. Inversement, pour le diagnostic de l'échinococcose alvéolaire (EA), des antigènes spécifiques d'*Echinococcus granulosus* s. l., tels que par exemple EgP et EgHF, qui ont une sensibilité de 95 % pour l'EA et de 93 % pour l'EC. L'utilisation de plusieurs antigènes permet d'augmenter encore la sensibilité de la sérologie (Deibel et Müllhaupt, 2024).

11-2-1 Hémagglutination indirecte

Les premiers tests sont l'hémagglutination indirecte (IHA) pour les anticorps IgG, IgM ou IgE. Le test IHA est positif dans plus de 80 % des kystes hydatiques du foie tableau 1.3 (Kankilic et al., 2020).

11-2-2 ELISA

Le test ELISA pourrait être utilisé dans des enquêtes sérologiques pour détecter les animaux porteurs des kystes provenant des zones endémiques en transit vers des zones sans kystes hydatiques afin de minimiser la propagation d'*Echinococcus granulosus* s.l., ainsi que pour identifier les élevages qui peuvent représenter des sources potentielles d'infection ou de réinfection pour les élevages sous contrôle d'hydatide (Sykes et al., 2022).

11-2-3 Western Blot

Western Blot (WB) est un test qualitatif qui est généralement effectué pour valider un résultat positif ou incertain tiré des tests de dépistage traditionnels comme les tests ELISA. Cette technique se distingue par sa spécificité et sa sensibilité en comparaison des méthodes immuno-enzymatiques ; Les Western blots resteront une méthode biochimique essentielle pour la recherche protéomique, les réseaux d'anticorps et la semi-quantification des protéines cibles (Sule et al., 2023).

Tableau 1.3 : Fiabilité des tests sérologiques dans l'hydatide hépatique et pulmonaire (Bourée et Bisaro, 2007)

Test	Foie	Poumons
Latex	88%	58%
Hémagglutination	90%	61%
Immunoélectrophorèse	71%	51%
Dosage des ELISA :		
IgE	88%	44%
IgG	84%	96%
IgM	88%	62%

12- Traitement

Les principales options thérapeutiques pour les kystes hydatiques hépatiques sont : le traitement antiparasitaire, le traitement chirurgical conservateur (aspiration du kyste, kystectomie partielle) et le traitement chirurgical radical (kystectomie totale, résections hépatiques) (Hălmăciu et al., 2021). Le traitement des kystes hydatiques dépend du stade, de la taille, de la localisation et des complications des kystes (Rostami et al., 2016)

12-1 Traitement médical

Chez l'homme de manière traditionnelle, les kystes d'*Echinococcus granulosus* sont traités avec de l'albendazole et de la mebendazole qui sont le fondement de la chimiothérapie conventionnelle (Sadr et al., 2023). Mais, bien que ces médicaments soient efficaces, ils présentent plusieurs limites et ils restent la solution privilégiée, sauf dans les cas non opérables (Moazeni et al., 2014). Un des défis majeurs est l'obligation d'attendre la durée du traitement, qui peut durer plusieurs mois ou même plusieurs années (Sadr et al., 2023). On considère que le traitement médical est efficace pour les CE1 et CE3a de moins de 5 cm et inefficace pour les kystes hydatiques de type CE4 et CE5 et sont simplement suivis par une approche d'attente et de surveillance (Akhan, 2023).

12-2 Traitement par les techniques percutanées (Akhan, 2023)

Trois techniques percutanées pour le traitement des kystes hydatiques hépatiques sont principalement décrites dans la littérature, bien que chaque technique ait plusieurs variantes. Il s'agit :

- La technique P.A.I.R (ponction, aspiration, injection, réaspiration) ;
- La technique de cathétérisme standard
- La technique de cathétérisme modifiée (MoCaT).

12-2-1 Technique P.A.I.R (ponction, aspiration, injection, réaspiration)

Dans la méthode PAIR, le kyste est drainé à l'aide d'une aiguille de calibre 18 gauge sous guidage échographique ou tomodensitométrie, ce qui permet d'aspirer l'intégrité du liquide contenu dans le kyste. Des agents scolocidaux, comme de l'alcool 95 % ou sérum physiologique de 20%, sont injectés dans la cavité du kyste, remplaçant 1/3 du volume initial retiré du kyste. Après 15 à 30 minutes, les agents scolocidaux sont réaspirés (Ormeci, 2014).

Le succès de la technique du PAIR varie entre 88% et 100%, selon plusieurs sources publiées. Le taux de récurrence se situe entre 1.6 % et 10.9 %, le taux d'anaphylaxie est de 0.03 %, tandis que le taux de mortalité est très faible qu'il peut être annulé (Ormeci, 2014).

12-2-2 Technique de cathétérisme standard

C'est la modification de la technique P.A.I.R qui comprend l'insertion d'un cathéter laissé ou non dans le kyste temporairement pour le traitement (Vuitton et al., 2020).

12-2-3 Technique de cathétérisme modifiée (MoCaT)

C'est une méthode percutanée pour traiter les kystes hydatiques qui implique la suppression des diverses couches du kyste (parfois également les kystes filles), en plus du fluide kystique et des protoscolex. Cette procédure comprend l'installation d'un cathéter, généralement de grande dimension, et une aspiration ; la technique « Mo-CAT » distingue clairement cette procédure de la PAIR conventionnelle et des techniques de cathétérisations standard. Dans cette méthode, le mode de guidage, le type/taille de cathéter et le mode d'aspiration devrait être précisés (Bellanger et al., 2021).

12-3 Traitement chirurgical (figure 1.13)

La procédure chirurgicale reste la principale méthode thérapeutique et la méthode de choix pour les gros kystes de type CE2 et CE3b avec plusieurs kystes filles, les kystes exerçant une pression sur les organes vitaux adjacents, les kystes superficiels uniques qui peuvent se rompre spontanément, ou lorsque le drainage percutané n'est pas disponible (Akhan, 2023), mais la fuite du liquide kystique riche en protoscolex durant l'opération est la principale cause de récurrence; c'est pourquoi les agents scolicides sont utilisés pour inactiver les protoscolex pendant la chirurgie. Cependant, ces agents ont de nombreux effets indésirables (Shnawa et al., 2021).

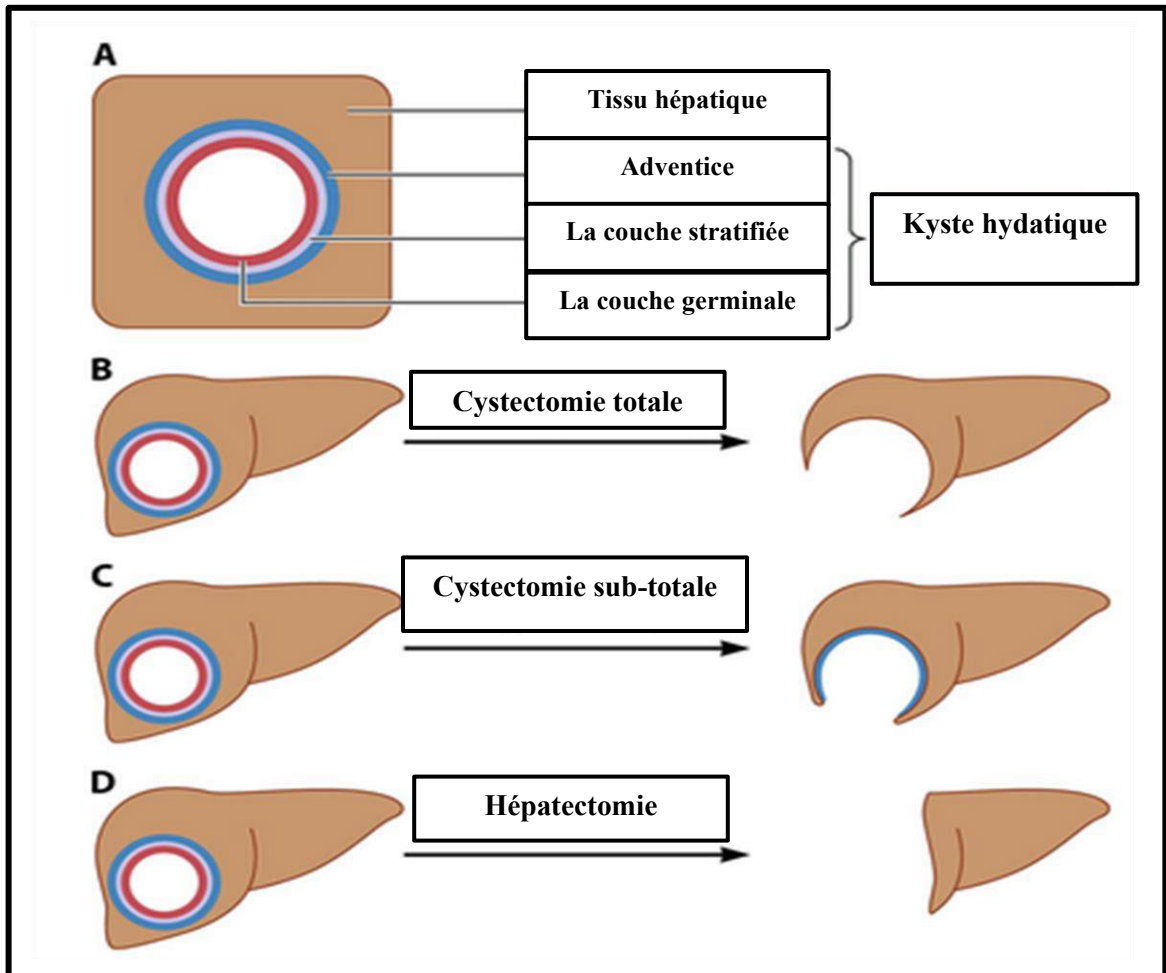


Figure 1.13 : Structure schématique du kyste hydatique et différentes approches pour l'ablation chirurgicale. (A) Le kyste hydatique est constitué de la couche adventitielle, de la couche stratifiée et de la couche germinale (de l'extérieur vers l'intérieur). (B) La cystectomie totale implique la résection de la totalité de la couche adventitielle (« résection sous-adventitielle »), de la couche stratifiée et de la couche germinale. (C) La cystectomie sous-totale implique une résection partielle de la couche adventitielle et une résection totale de la couche stratifiée et de la couche germinale, en laissant en place des parties de la couche adventitielle lorsque l'opération est difficile en raison de la proximité de gros vaisseaux et/ou d'adhérences. (D) L'hépatectomie implique la résection en bloc du kyste échinococcique et d'une partie du parenchyme hépatique normal. La kystectomie partielle, qui nécessite l'ouverture du kyste, peut laisser tout ou partie de la couche stratifiée et de la couche germinale et repose sur l'efficacité d'un protoscoleicide pour détruire le métacestode ; elle ne doit généralement pas être envisagée en raison du risque de récurrence (Wen et al., 2019).

12-4 Cryochirurgie et L'ARF (La cryothérapie Ablation par Radio Fréquence)

La cryochirurgie et l'ablation par radiofréquence sont d'autres méthodes d'élimination des kystes hydatiques, particulièrement utiles lorsque les kystes sont inopérables ou récurrents (Badwaik et al., 2024).

12-5 Observation et Attente

L'observation et l'attente constituent une autre technique de traitement. Dans cette méthode, il ne faut pas traiter le patient, mais il doit bénéficier d'un suivi attentif. Ce traitement peut parfois être utile puisque certains kystes, trop calcifiés, se métamorphosent en des structures totalement non pathologiques (Ün et al., 2020).

Tableau 1.4 : Protocoles thérapeutiques pour différents types d'hydatide (Botezatu et al., 2018).

Stade	Taille	Traitement de première option	Traitement alternatif
Refus d'intervention ou contre-indications pour un traitement invasif		ABZ (6 mois)	
CE1, CE3a	Petit	Seulement ABZ (6 mois).	PAIR + ABZ (1 mois).
	Moyen	Traitement chirurgical + ABZ (1-6 mois).	PAIR + ABZ (1mois).
	Grand	Traitement chirurgical + ABZ (1-6 mois).	MoCaT + ABZ (1 mois).
CE2, CE3b	Petit	Uniquement ABZ (6 mois).	MoCaT + ABZ (1 mois).
	Moyen	Traitement chirurgical + ABZ (1-6 mois).	MoCaT + ABZ (1 mois).
	Grand	Traitement chirurgical + ABZ (1-6 mois).	MoCaT + ABZ (1 mois).
CE4, CE5	Tout diamètre	Attitude d'attente	Attitude d'attente
Kystes compliqués, quel que soit le stade	Tout diamètre	Traitement chirurgical (+/- endoscopie interventionnelle en cas de rupture dans les voies biliaires) + ABZ (6 mois).	Traitement chirurgical en cas de rupture ; drainage percutané en cas d'infection + ABZ (1 mois).

13- Mesures prophylactiques

Le combat contre l'échinococcose se caractérise par un délai considérable entre l'infestation et la manifestation clinique, une épidémiologie particulièrement focalisée, une diversité des stratégies adoptées sans coordination et le manque d'un véritable continuum d'intérêts entre les éleveurs et les consommateurs (Chandenier et al., 2021) ; La prévention contre échinococcose dans les pays en développement peut nécessiter une approche à multiples facettes. Un aspect crucial est le contrôle de la transmission des œufs d'*Echinococcus* des animaux infestés à l'homme. Cela implique la mise en œuvre des mesures telles que des programmes de vermifugation du bétail, l'élimination correcte des carcasses d'animaux infestés et la promotion de bonnes pratiques d'hygiène parmi les personnes qui manipulent le bétail et la population. Sensibiliser les individus aux risques associés à la manipulation d'animaux infestés et à l'importance d'une bonne hygiène des mains pour réduire la transmission du parasite (Hussein et al., 2024).

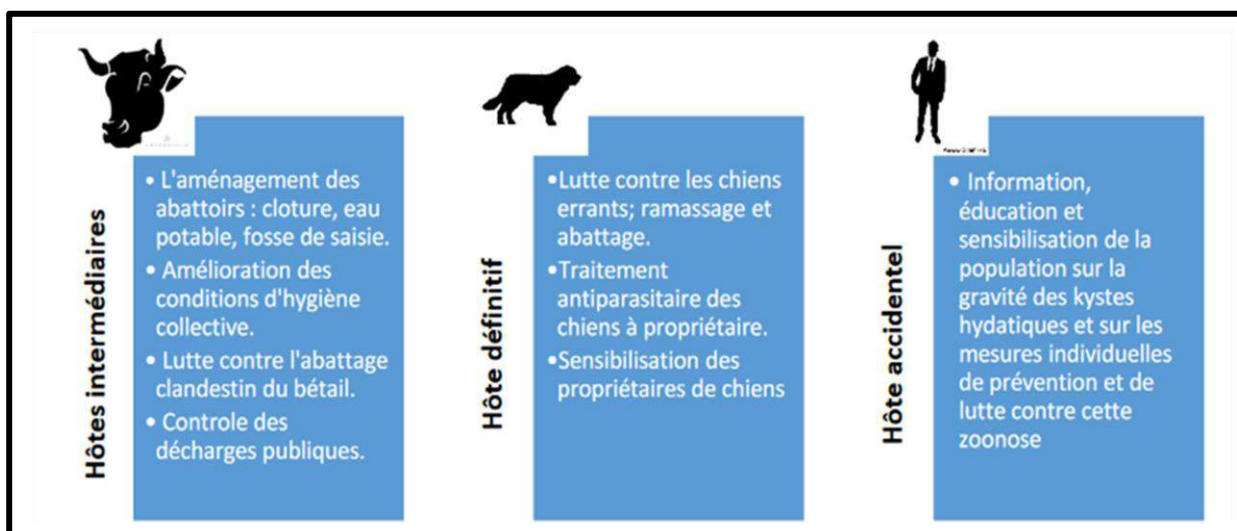


Figure 1.14: Les trois grands axes du programme de lutte contre l'hydatidose/échinococcose (Saadi, 2021).

14- Vaccination

La vaccination contre le cycle de transmission d'*Echinococcus granulosus* entre les chiens et les moutons est essentielle pour contrôler l'infestation. Afin de développer un vaccin recombinant multi-antigène analogue et d'évaluer l'efficacité du vaccin candidat. Les premières analyses immunologiques sont effectuées sur les anticorps IgG et IgE et sur la cytokine IL-4 dans les sérums des chiens et des moutons immunisés, qui augmentent après deux séries d'injections de vaccin, tandis que le nombre total de kystes diminue (environ 85,43%) (Pourseif et al., 2021).

Chapitre II :
Les huiles
essentielles

1- Définition

Les huiles essentielles (essences essentielles ou essences aromatiques) sont des composés naturels volatils et complexes à forte odeur provenant d'herbes aromatiques (Daoudi et Bnouham., 2020). Duval (2012) définit l'huile essentielle comme un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physique : soit par entraînement, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sèche.

Cependant, seulement 10 % des espèces végétales sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique (Bruneton, 1999). Ces huiles essentielles sont élaborées au sein du cytoplasme des cellules sécrétrices et stockées dans des structures cellulaires spécialisées ; cellules à huiles essentielles (Lauraceae et Zingiberaceae), cellules à poils sécréteurs (Lamiaceae), canaux sécréteurs (Apiaceae et Asterceae) ou des poches sécrétrices (Myrtaceae), contrairement aux huiles végétales les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras (Bouhdid et al., 2012).

2- Composition chimique des huiles essentielles (figure 1.15)

Les huiles essentielles sont composées d'éléments organiques tels que le carbone, l'hydrogène et l'oxygène sous forme de mélanges variables (Bouyahya et al., 2017 ; Sharma et al., 2021 ; Meenu et al., 2023). Ce mélange complexe est composé principalement par des constituants qui appartiennent à deux grandes familles : les composés terpéniques qui sont majoritaires et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Rassem et al., 2016).

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou non (acyclique, monocyclique, bicyclique ou tricyclique) (El-Kolli, 2017). On peut les retrouver sous formes saturées ou insaturées, linéaires ou cycliques. Ces différentes configurations confèrent à la famille des terpènes des propriétés pharmacologiques spécifiques à chaque variété. Les terpènes ont tendance à se polymériser sous l'influence de divers facteurs comme la lumière, l'atmosphère ou la chaleur (Poirot, 2016). Les terpènes peuvent être classés selon le nombre d'entités isoprènes penta carbonées (C_5)_n ramifiées en monoterpènes (C_{10}), sesquiterpènes (C_{15}), diterpènes (C_{20}), sesterpènes (C_{25}), triterpènes (C_{30}), tétraterpènes de huit isoprènes (C_{40}) qui conduisent aux caroténoïdes et les polyterpènes (C_5H_8)_n ou $C > 40$ (Hernandez-Ochoa, 2005 ; El-Kolli, 2017).

La deuxième classe de composés des huiles essentielles est constituée de composés aromatiques volatils, dérivés du phénylpropane. Elles contiennent les aldéhydes, les alcools, des phénols, des composés méthoxy, des dérivés des méthylendroxy (Basaid et al., 2021).

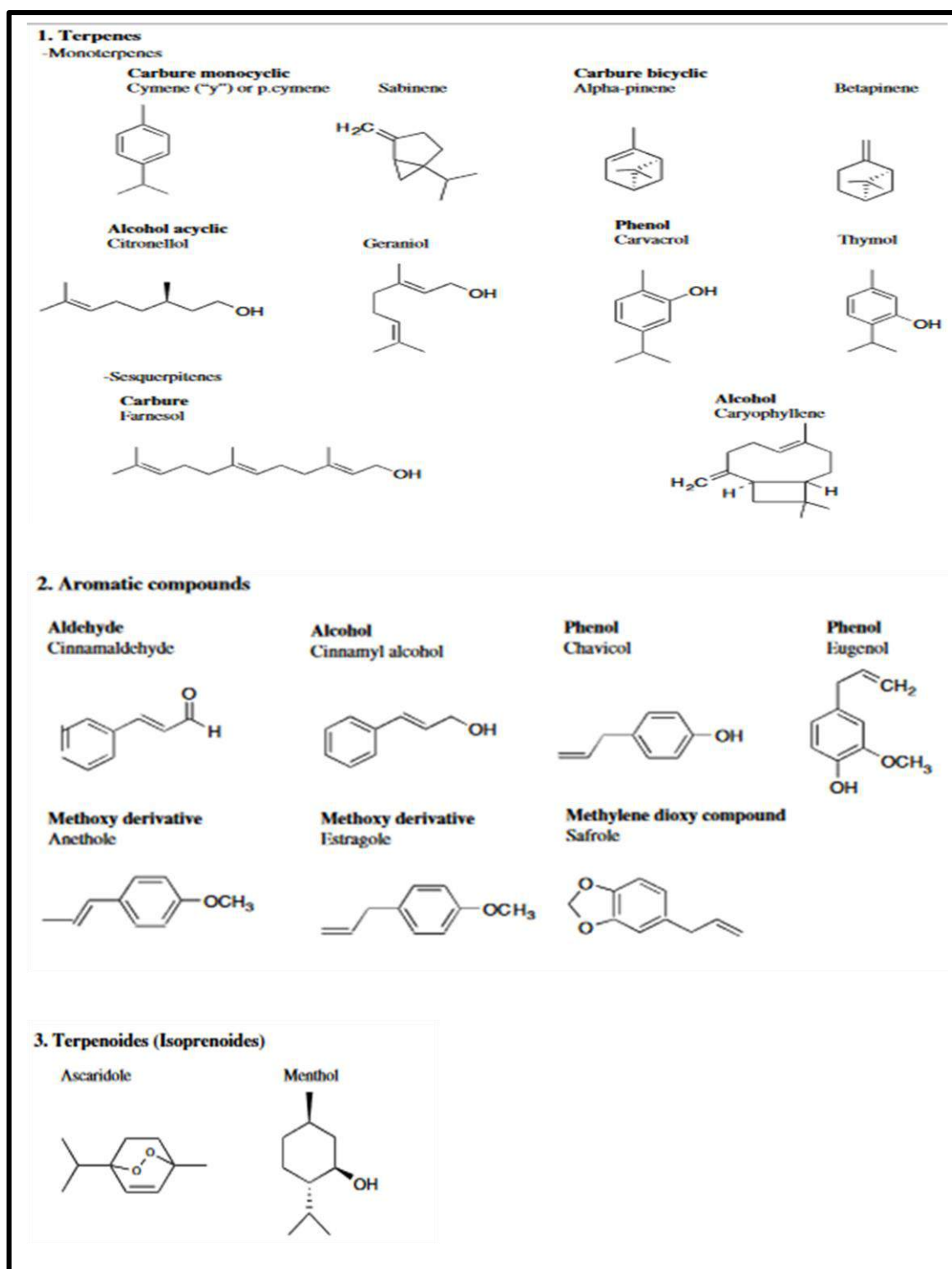


Figure 1.15 : Structures chimiques des composants prépondérants des huiles essentielles (Bakkali et al., 2008).

3- Méthodes d'extraction des huiles essentielles

La figure 1.16 regroupe l'ensemble des méthodes d'extraction (conventionnelles et innovantes) qui peuvent être utilisées en vue d'extraire les huiles essentielles.

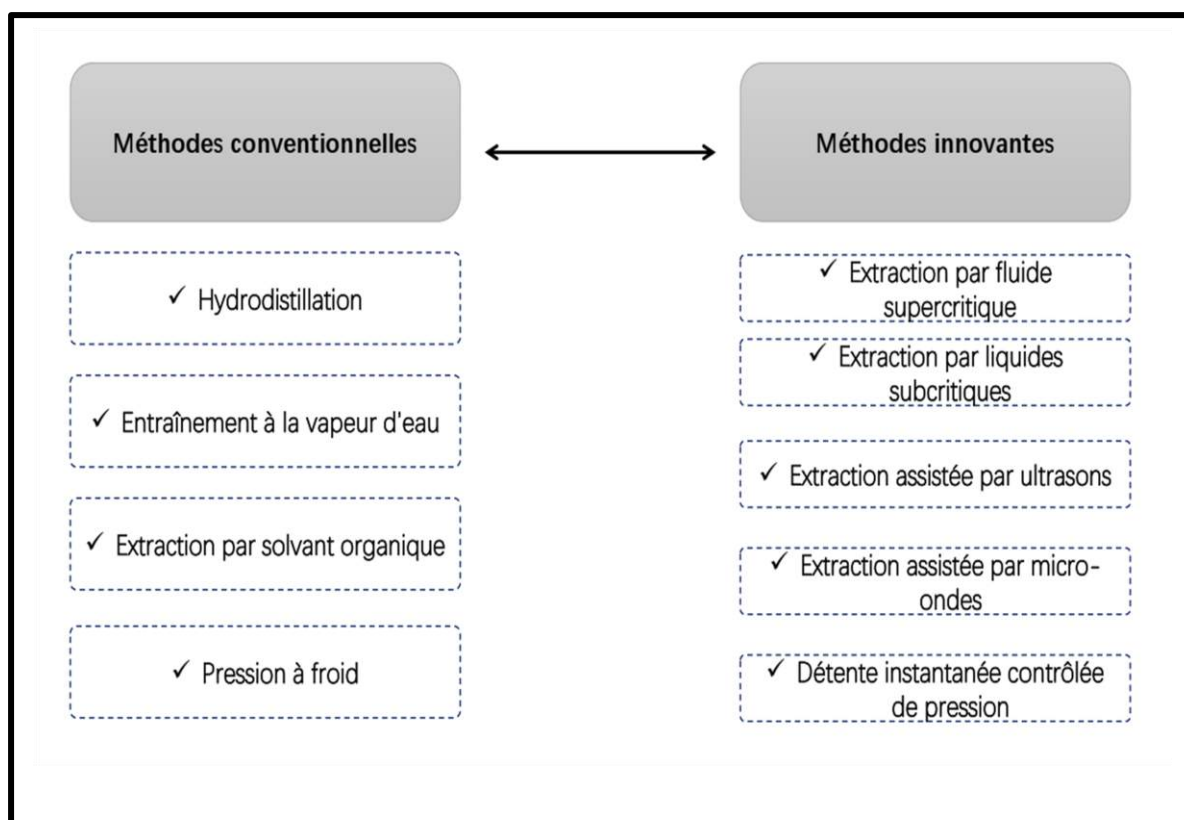


Figure 1.16 : Résumé schématique des méthodes d'extraction conventionnelles et innovantes (Cimino et al., 2021).

3-1 Méthodes conventionnelles/classiques

3-1-1 Hydro-distillation (HD)

C'est la méthode la plus ancienne (5000 ans) et la plus utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. C'est une méthode facile à mettre en œuvre, à entretenir et est plus rentable que d'autres méthodes (Katekar et al., 2022). Le principal avantage de l'hydrodistillation est l'extraction des plantes hydrophobes ayant un point d'ébullition élevé. De même cette technique est capable d'extraire le matériel végétal à moins de 100°C (Sharma et al., 2021).

La méthode d'hydrodistillation consiste en un mélange de plantes médicinales et de l'eau dans un récipient sphérique et l'ensemble est porté à l'ébullition (figure 1.17). Les vapeurs d'eau ainsi formées sont condensées dans le réfrigérant. L'huile essentielle se sépare

de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions) (Goudjil, 2016 ; Katekar et al., 2023).

3-1-2 Entraînement à la vapeur d'eau (figure 1.18)

C'est une technique qui convient à l'extraction de composés et de substances sensibles à la chaleur (Brah et al., 2024). A la différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter (Goudjil, 2016). Cette méthode consiste à introduire les matières végétales dans une chambre disposant d'une plaque perforée qui est située au-dessus de l'entrée de vapeur sans exposition directe à une source de chaleur, mais plutôt à la vapeur provenant de la chaudière (Brah et al., 2024). Le flux de vapeur d'eau entraîne l'évaporation de l'huile qui est emportée par la vapeur d'eau, laquelle est ensuite condensée et séparée par décantation (Elisa et al., 2023).

3-1-3 Extraction par expression à froid (figure 1.19)

Cette technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en déchirant ces dernières par un traitement mécanique (Boukhatem et al., 2019), sans utilisation de la chaleur lors du processus d'extraction (Razola-Díaz et al., 2021). Il existe des machines qui rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation (Chaintreau et al., 2003). De plus, l'extraction par expression à froid a permis d'obtenir un rendement plus élevé (Razola-Díaz et al., 2021).

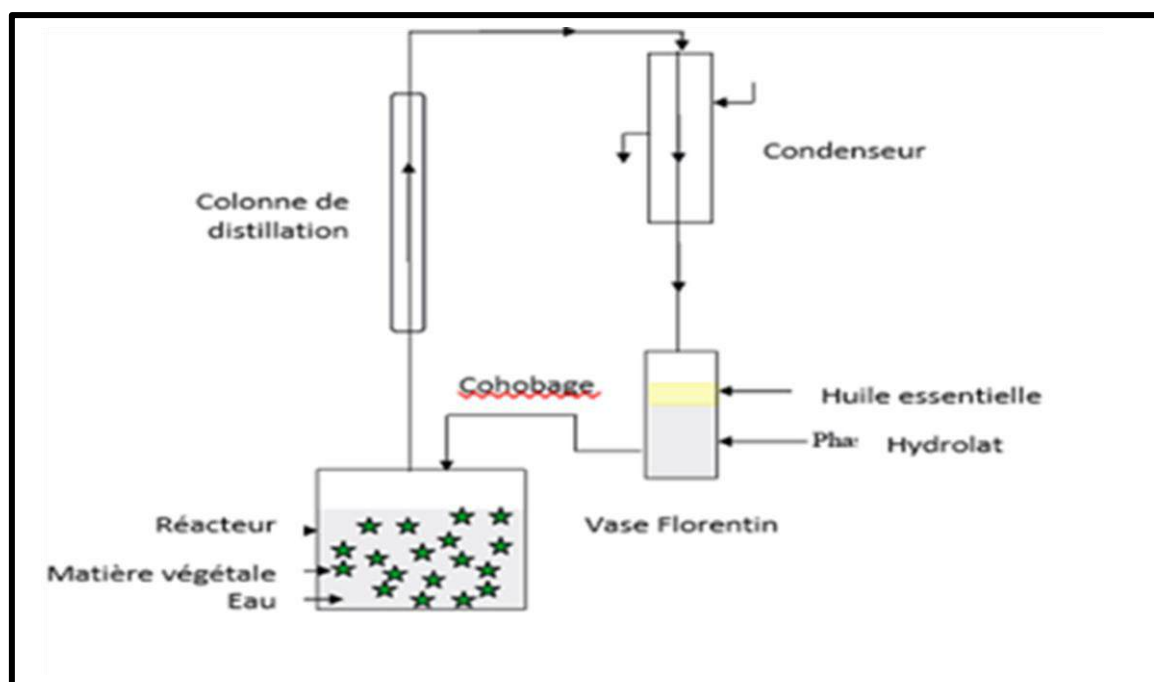


Figure 1.17: Principe schématisé de l'hydrodistillation (Boukhatem et al., 2019).

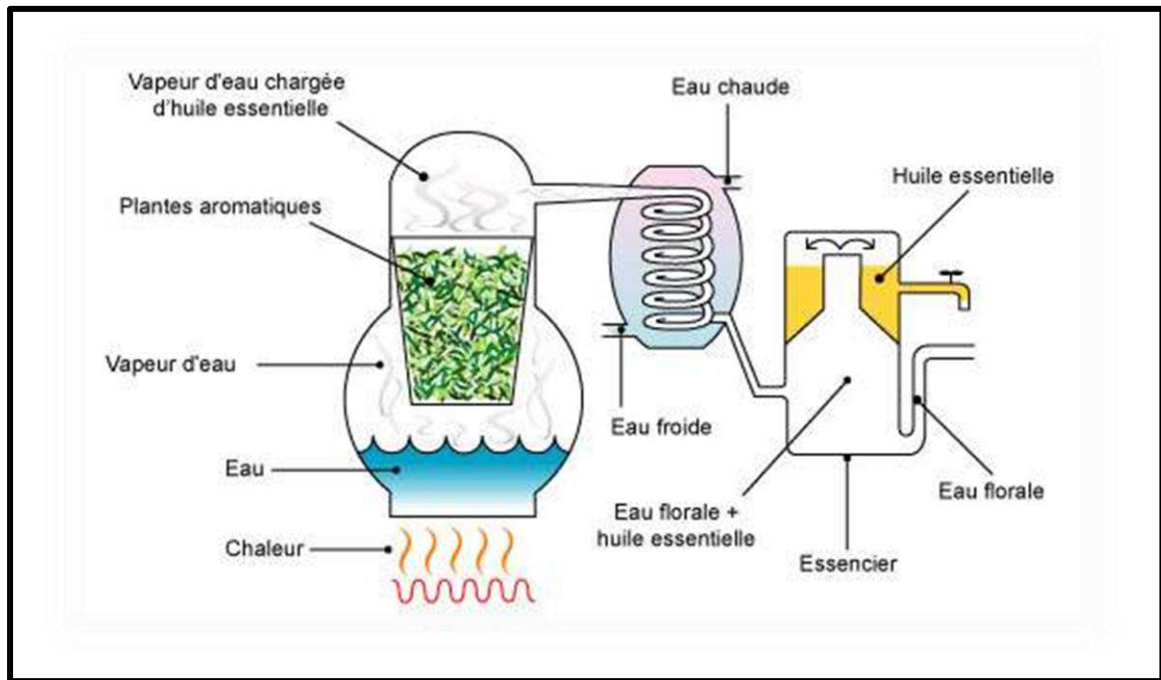


Figure 1.18: Montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Goudjil, 2016).

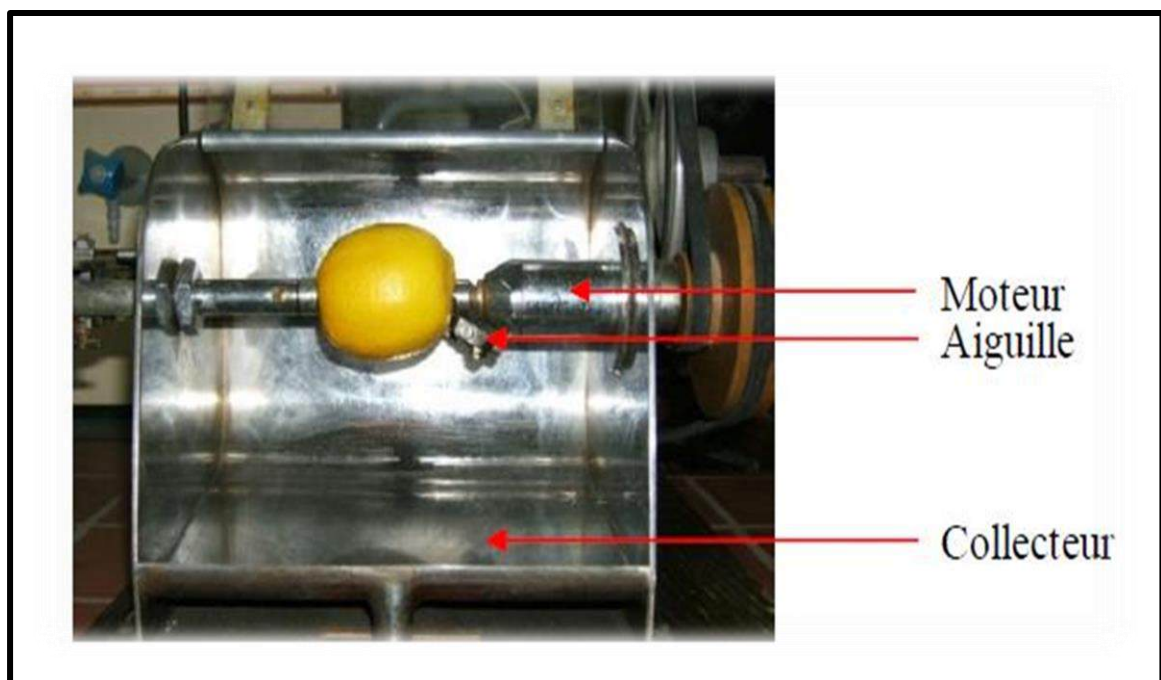


Figure 1.19: Schéma du montage de l'expression à froid (Ferhat, 2007).

3-1-4 Extraction par solvant (figure 1.20)

Ce procédé est utilisé pour les matériaux fragiles et sensibles à la chaleur, c'est-à-dire les plantes qui ne peuvent pas supporter une température élevée pendant le processus de chauffage de l'extraction et de la distillation à la vapeur (Mohideen et al., 2021). De plus, cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation (Goudjil, 2016). Il s'agit d'extrait de plantes obtenu au moyen de solvants non aqueux (Hernandez-Ochoa, 2005 ; Hellal, 2011). Le méthanol, l'hexane et l'éther sont les solvants le plus utilisés dans le processus d'extraction par solvant (Mohideen et al., 2021). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras (Hernandez-Ochoa, 2005 ; Hellal, 2011).

Elle consiste à la mise en contact dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va dissoudre et extraire les constituants solubles contenus dans la plante avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé « concrète ». (Mebarka, 2007 ; Goudjil, 2016). La solution alcoolique ainsi récoltée est refroidie jusqu'à -10°C, pour séparer les cires végétales qui se solidifient (Proust, 2006). Le traitement de cette concrète par l'alcool absolu conduit à « l'absolue » (Mebarka, 2007 ; Goudjil, 2016).

L'un des principaux inconvénients de cette méthode est la non adaptation des huiles extraites par solvant à l'industrie pharmaceutique et alimentaire en raison de l'utilisation en grande quantité de solvants chimiques synthétiques, ce qui entraîne un équilibre écologique instable (Mohideen et al., 2021).

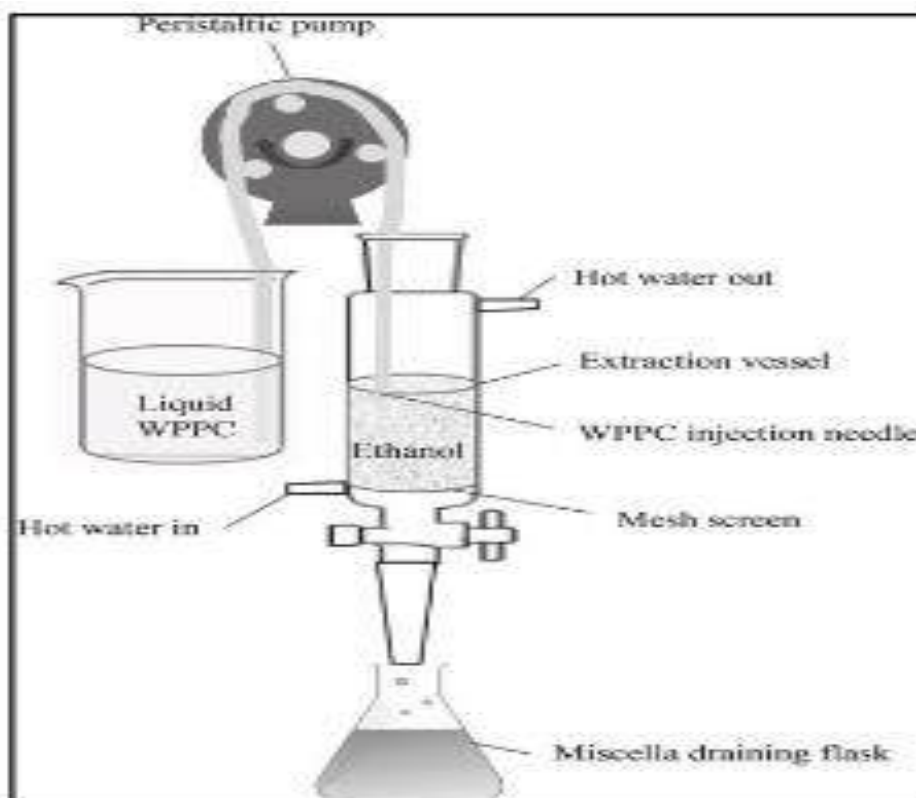


Figure 1.20 : Schéma d'extraction par solvant
(Mohideen et al., 2021).

3-2 Méthodes avancées/innovantes

3-2-1 Extraction par fluide supercritique (ESF) (figure 1.21)

L'extraction par fluide supercritique ou extraction par CO₂ supercritique est une technique qui permet la séparation des composants de la matrice à l'aide des fluides supercritiques. Les solvants utilisés dans cette méthode comprennent des gaz comprimés tels que l'éthane, le propane, l'éthylène, l'oxyde de diazote et le dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone est le solvant le plus fréquemment utilisé (Nde et Foncha, 2020). Ce solvant à l'état supercritique (à T= 31°C et P = 73bars) (Goudjil, 2016) est non toxique, ininflammable, possède un bon pouvoir d'extraction, une faible viscosité, une grande diffusivité, peut être facilement éliminé du produit (ne laisse pas de résidus de solvants organiques) et est facilement disponible à faible coût. L'EFS consiste à chauffer le solvant au-dessus de son point critique et à une pression supérieure à 1100 psi. La vitesse à laquelle ce solvant est pompé à travers l'échantillon est comprise entre 10 et 40 volumes (Nde et Foncha, 2020).

3-2-2 Extraction des HE assistée par ultrasons (EAU) (figure 1.22)

Les principes de cette extraction impliquent l'interaction entre les ondes ultrasonores, la matière végétale et le solvant (généralement de l'eau) utilisé pour l'extraction des huiles essentielles. Les ondes ultrasonores créent une alternance de zones de haute et de basse pression dans la suspension (solvant et matière végétale). Ce phénomène est connu sous le nom de cavitation (Perović et al., 2024).

3-2-3 Extraction assistée par micro-ondes (EAM) (figure 1.23)

L'extraction assistée par micro-ondes est l'une des méthodes alternatives d'extraction d'huile les plus récentes et les plus attrayantes. La matière protéique est dénaturée pendant le traitement par micro-ondes, ce qui améliore l'extraction. Le chauffage rapide et la destruction de la structure des cellules biologiques par les micro-ondes garantissent une extraction efficace en peu de temps, nécessitant de petites quantités de solvant et produisant une huile de haute qualité. Un autre avantage important de ce procédé est qu'il nécessite moins d'énergie, ce qui réduit l'impact sur l'environnement et les coûts financiers (Nde et Foncha, 2020).

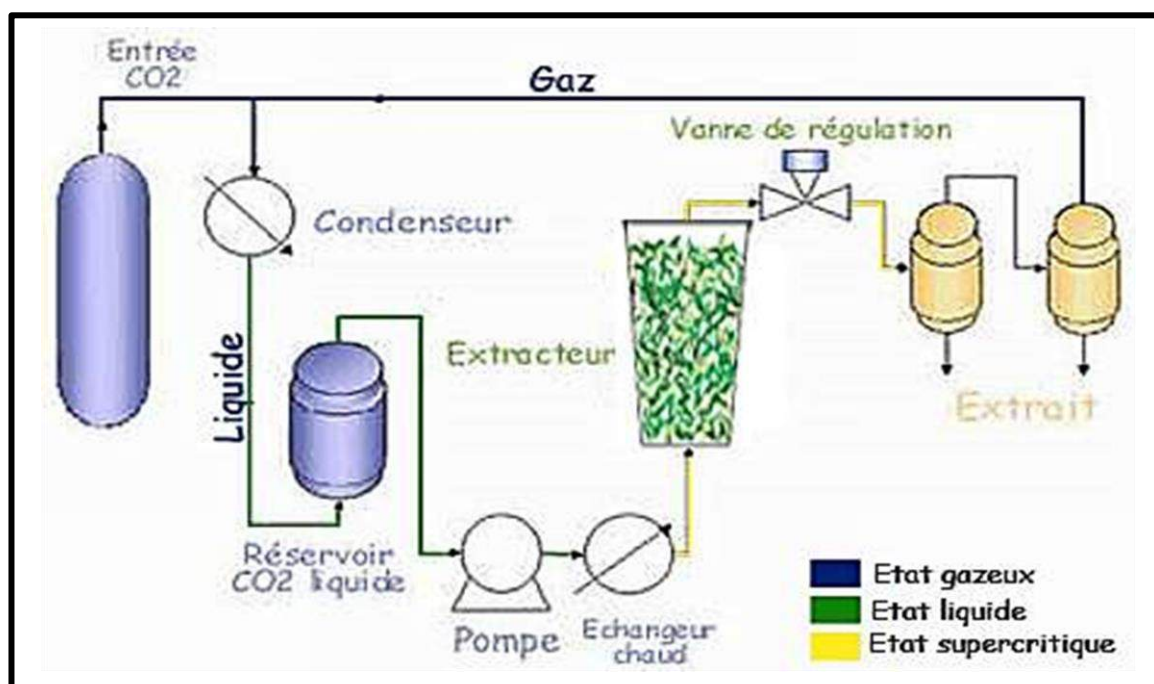


Figure 1.21: Montage d'extraction par les fluides supercritiques (Goudjil, 2016).

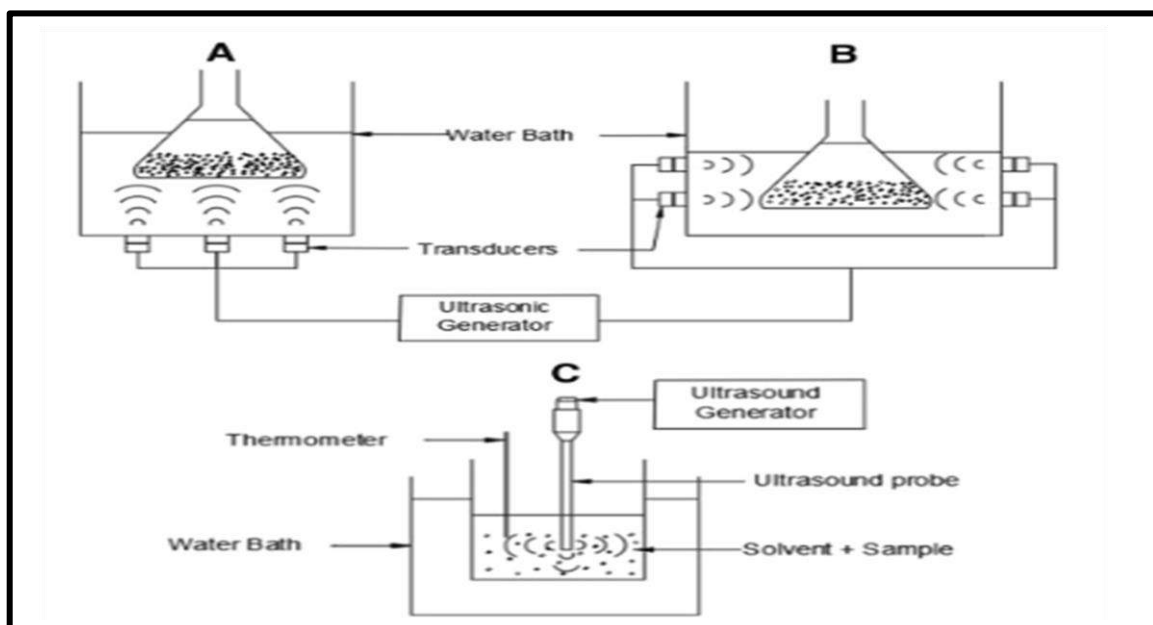


Figure 1.22 : Schémas des méthodes d'extraction par ultrasons, bain ultrasonique où les transducteurs sont fixés **A** : verticalement, **B** : horizontalement et **C** : sonde ultrasonique (Thilakarathna et al., 2023).

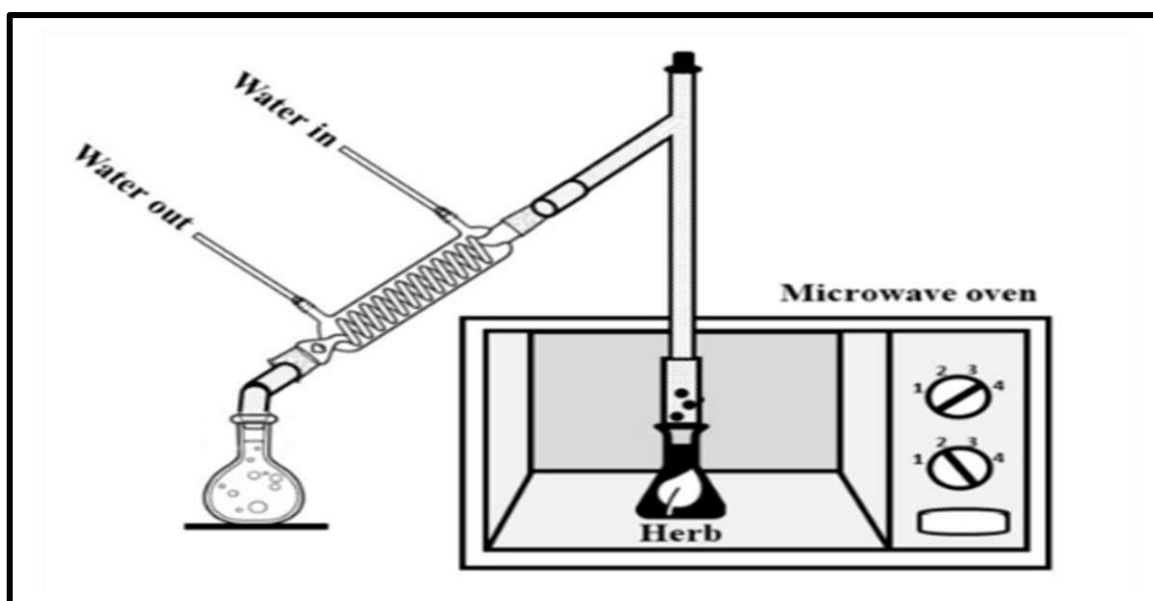


Figure 1.23 : Schéma de l'extraction assistée par micro-ondes des plantes (Pogorzelska-Nowicka et al., 2024).

3-2 Avantages et inconvénients des méthodes d'extraction

Le tableau 1.5 résume les avantages et les inconvénients des méthodes d'extraction des huiles essentielles

Tableau 1.5 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles (Cimino et al., 2021).

Méthode		Avantage	Inconvénients
Méthodes conventionnelles	Hydro distillation	Les huiles essentielles et l'eau sont facilement séparées par décantation	- Longue durée d'extraction - Altération chimique due à l'ébullition prolongée - Perte de certains composés polaires dans l'eau évaporée
	Entraînement par la vapeur d'eau	Le temps d'extraction est réduit	- Plusieurs heures de chauffage ; - Dégradation des composés thermolabiles ; - Dégradation de l'odeur
	Extraction par solvant organique	Les altérations chimiques sont évitées	- Le solvant organique peut laisser des résidus dans l'huile produite, ce qui compromet la sécurité du produit (non utilisable en pharmaceutique)
	Extraction par expression à froid	- Les propriétés indigènes (en termes de composés) sont préservées - Faibles coûts - Pas de problèmes de sécurité pour les plantes.	- Le contenu nutraceutique est plus faible par rapport à l'huile obtenue par extraction au solvant - Odeurs piquantes, dues aux produits de décomposition des glucosinolates
Méthodes innovantes	Extraction par fluide supercritique	- Meilleure qualité des extraits, avec meilleures activités - Températures relativement basses - Inertie chimique	- Coûts élevés (équipement et maintenance) - Nécessité d'une grande pureté du CO₂ - Affinité du CO₂ supercritique pour les composés peu polaires et non polaires
	Liquides d'extraction	- Le temps d'extraction est réduit	- Présence moindre de composés mono-

	sous-critiques	- Pas de perte de composés volatils et thermolabiles - Faible coût	terpéniques que dans l'huile hydrodistillée; - Quantité élevée d'agent d'extraction nécessaire
	Extraction assistée par ultrasons	- Rendement élevé - Faible température - Réduction de la consommation de solvants - Moins d'énergie consommée	- Formation potentielle de radicaux libres au cours de la sonolyse du solvant, avec dégradation conséquente du composé labile par oxydation
	Extraction assistée par micro-ondes	- Réduction du temps d'extraction - Respect de l'environnement - Réduction des solvants - Extraction rapide et efficace - Meilleures propriétés sensorielles.	- Utilisation de températures élevées avec formation des composés indésirables - Utilisation fréquente des solvants toxiques
	Chute de pression contrôlée instantanée	- Réduction du temps d'extraction - Diminution de la consommation d'énergie et d'eau	- Pas d'inconvénients significatifs : il est actuellement considéré comme la méthode la plus efficace pour l'extraction des huiles essentielles

4- Domaine d'utilisation des huiles essentielles

Il existe environ 300 huiles essentielles commercialisées pour une variété d'applications, notamment dans les domaines pharmaceutique, cosmétique et en agro-alimentaire (El Yaagoubi et al., 2021).

L'industrie agro-alimentaire accorde une attention croissante aux conservateurs à base de plantes, en particulier les HE et les extraits de plantes (Maurya et al., 2021) pour rehausser le goût des aliments (Sacchetti et al., 2011). En raison de leurs puissantes propriétés antibactériennes contre les bactéries pathogènes (Meenu et al., 2023) ainsi que leur effet antioxydant (Burt, 2004 ; Kadam et al., 2021).

En pharmacie, l'utilisation des HEs est liée à divers effets thérapeutiques exercé par ces derniers tels que l'effet fongicide, antibactérien, anti-inflammatoire, antioxydant, analgésique, anesthésiques, toniques, stimulantes du système nerveux central, antidépresseur ainsi que ses propriétés digestives, hypotensive et anticancéreuse (cancer du sein, tumeurs, leucémie, gliome) (Milner, 2001 ; Garneau, 2005 ; Edris, 2007 ; Kaloustian et Hadji Minaglou, 2012).

En parfumerie et en cosmétique, les HEs sont utilisées pour leur propriété odoriférante (Ouis, 2015) tel que l'huile essentielle de menthe poivrée (*Mentha x piperita* L.) qui est utilisée comme agent de saveur par l'industrie cosmétique dans les dentifrices (Garneau, 2005).

5- Activités biologiques

Les produits dérivés des plantes sont particulièrement attractifs en raison de leur faible toxicité, de leur faible permanence dans l'environnement et de la chimie complexe qui entrave le développement des résistances (Selles et al., 2021). Les effets biologiques des huiles essentielles dépendent à la fois des composés majoritaires, de leurs effets synergétiques et/ou additifs ainsi que des composés mineurs qui y sont présents (Bouyahya et al., 2017). De plus, il dépend de l'organisme biologique en cause (dû à la variabilité de l'épaisseur de la membrane, de la composition et des activités métaboliques cellulaires) (Maurya et al., 2021).

5-1 Activité antibactérienne

Les huiles essentielles permettent d'inhiber la formation des colonies bactériennes ; la multiplication bactérienne ; la sporulation ; la fabrication des toxines et la production des biofilms (Chabenat et Couic-Marinier, 2021).

Toutefois, à l'échelle cellulaire (figure 1.24), et en raison du caractère hydrophobe des huiles essentielles. Celle-ci provoquent des dommages structuraux et fonctionnels à la membrane cellulaire en agissant sur la membrane bactérienne en dissolvant la partie hydrophobe (phase de perméabilisation membranaire), ce qui augmente ainsi la perméabilité de la membrane et provoque la perte de structure dans la bicouche phospholipidique, la dégradation des chaînes ioniques,

conduisant à des dommages cytoplasmiques et enzymatique (phase de perturbation homéostatique). Elle entraîne une altération du matériel génétique et l'expression des gènes (phase complémentaire) (Bouyahya et al., 2017 ; Bora et al., 2020 ; Chabenat et Couic-Marinier, 2021).

Ce caractère hydrophobe donne aux huiles essentielles la capacité à agir aussi bien sur les bactéries Gram positives que sur les bactéries Gram négatives. Toutefois, les bactéries Gram négatives apparaissent moins sensibles à leur action et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire (Burt, 2004).

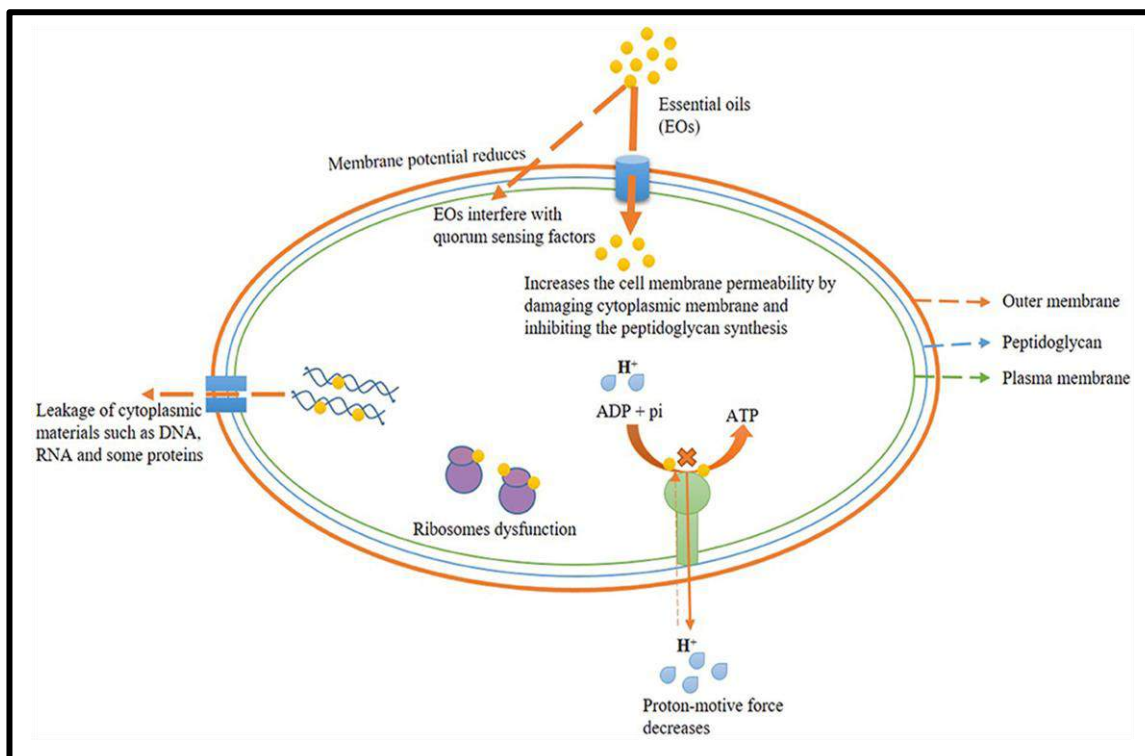


Figure 1.24 : Mécanisme antibactérien des huiles essentielles (Maurya et al., 2021).

5-2 Activité antiparasitaire

Les huiles essentielles peuvent induire un stress oxydatif chez les parasites, en intensifiant les taux d'oxyde nitrique dans l'hôte infecté, en réduisant la résistance des parasites face aux espèces réactives de l'oxygène et en amplifiant la peroxydation des lipides, ce qui résultent des lésions considérables aux membranes cellulaires (Panda et al., 2022).

De même, la dispersion en spray dans l'air des huiles essentielles de géranium, de la citronnelle, de menthe et de la lavande permet de protéger de manière efficace contre les attaques des insectes, en particulier les moustiques. Également, elles tiennent à distance les poux et les mites (Buronzio, 2008).

5-3 Activité antivirale

Plusieurs études antérieures ont démontré que les huiles essentielles sont d'excellents candidats pour traiter les infections résistantes aux antiviraux, en raison de leur complexité chimique qui leur confère des mécanismes d'action à large spectre et des propriétés antivirales non spécifiques (Ma et Yao, 2020). Les huiles essentielles sont actives contre de nombreux virus à ADN et à ARN, notamment l'herpès simplex de type 1 (HSV-1) et de type 2 (HSV-2), le poliovirus, l'adénovirus, le virus de la dengue de type 2, le virus de la fièvre jaune, le virus de la grippe, le virus respiratoire syncytial, le virus Zika, les coronavirus, le coxsackievirus B-1 et le virus Junin (de Sousa et al., 2023). De plus, les virus sont très sensibles aux HEs riches en phénol et en monoterpénol (Girard, 2010 ; Mayer, 2012). Toutefois, les phénols sont plus puissants, mais à prescrire avec prudence. Alors que, les monoterpénols ne présentent aucun effet secondaire notable (Girard, 2010).

5-4 Activité antifongique

Le phényl-propanoïde eugénol a souvent été détecté dans les huiles essentielles possédant une forte activité contre les moisissures. De plus, les monoterpènes bicycliques non phénoliques (camphre et l' α -pinène) exercent des activités antifongiques notables. Les huiles essentielles ayant des quantités élevées en thymol, carvacrol, cymène, linalol ou α -pinène manifestent un fort effet à l'égard des levures. Additionnellement, de nombreuses huiles essentielles de la famille Lamiacées, notamment *Thymus* spp, *Origanum* spp, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum sanctum* et *Zataria multiflora* exercent des effets inhibiteurs sur les levures (Böhme et al., 2013).

5-5 Activité antioxydant

Le potentiel antioxydant d'une huile essentielle dépend de sa composition. Il est bien connu que les phénols et les métabolites secondaires avec des doubles liaisons présentent généralement des propriétés antioxydantes substantielles. Les huiles essentielles de cannelle, de noix de muscade, de girofle, de basilic, de persil, d'origan et de thym sont caractérisées par les propriétés antioxydantes les plus importantes. Le thymol et le carvacrol sont les composés les plus actifs. Ils ont des propriétés redox et jouent donc un rôle important dans la neutralisation des radicaux libres et dans la décomposition des peroxydes (Padalia et al., 2023).

5-6 Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire des huiles essentielles est due à leur richesse en aldéhydes. Les huiles essentielles d'eucalyptus citronné, de géranium, de gingembre, de giroflier ont un bon pouvoir anti-inflammatoire (Girard, 2010). Cependant, les huiles essentielles diminuent les composés qui exagèrent le processus d'inflammation, à savoir les espèces réactives de l'oxygène (ROS), les espèces azotées, le NF- κ B et les cytokines pro-inflammatoires (Osaili et al., 2023).

Partie *Expérimentale*

Matériel
&
Méthodes

Notre étude expérimentale a été scindée en trois parties :

- Première partie : Extraction et caractérisation des huiles essentielles étudiées ;
- Deuxième partie : Détermination de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles à tester ;
- Troisième partie : Évaluation de l'effet scolical in-vitro des huiles essentielles à tester.

1- Objectifs

- Extraction de l'huile essentielle du thym « *Thymus pallescens* » et d'origan « *Origanum vulgare* » ;
- Détermination de la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare* par la chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrophotométrie de masse et la chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur d'ionisation de flamme (CG/MS, CG/FID) ;
- Détermination de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles étudiées par la méthode du pouvoir réducteur (FRAP) et l'activité de piégeage des radicaux libres DPPH.
- Evaluation de l'effet scolical in-vitro des huiles essentielles étudiées vis-à-vis des protoscolex des kystes hydatiques.

2- Zone d'étude

Cette étude a été réalisée au niveau de l'abattoir municipal de Tiaret et l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Cependant les plantes utilisées dans la présente étude ont été collecté dans deux localités de la wilaya de Tiaret (Sebaïne et Ould Boughadou) Algérie.

La Wilaya de Tiaret est située à l'ouest de l'Algérie (35° 15' N de latitude et 1° 26' E de longitude), à 300 km au sud-ouest d'Alger. Son relief est variable, avec des altitudes comprises entre 800 et 1200 m. C'est une zone agropastorale au climat de type continental méditerranéen avec hiver rigoureux, été chaud et sec, et les précipitations sont de 300-400 mm par an en moyenne. La moyenne thermique maximale (26°C) est enregistrée en août et la moyenne minimale (6°C) en janvier. La saison chaude et sèche peut s'étendre sur six mois (de mai à octobre) (Boukkaboul, 2003 ; Houssou et al., 2018).

3- Périodes d'étude

Cette d'étude a été réalisée pendant la période qui s'étale de Mai 2022 à Décembre 2024.

4- Laboratoires

Quatre laboratoires ont été sollicités pour la réalisation de ce travail :

- Les laboratoires pédagogiques ; de parasitologie et de pharmacologie de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

- La sarl Pyrenessences Analyse (France) où on a réalisé l'analyse chromatographique de nos huiles essentielles.

- Le laboratoire d'agro-biotechnologie et nutrition en zones semi-arides de la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie , Université Ibn Khaldoun de Tiaret où on a réalisé l'identification botanique des plantes étudiées.

- Le laboratoire de recherche de reproduction des animaux de la ferme, Institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

*Première partie :
Extraction et
caractérisation
des huiles
essentiellles*

Première partie

Cette première partie a été consacrée à l'extraction et la caractérisation de la composition chimique des huiles essentielles. Elle a été réalisée au laboratoire de pharmacologie de l'institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Cependant, l'analyse chromatographique de l'huile essentielle a été faite au niveau de la Sarl Pyrenessences Analyse (France).

Les différentes étapes utilisées dans cette partie de l'étude sont résumées dans le protocole expérimental suivant (figure 2.1).

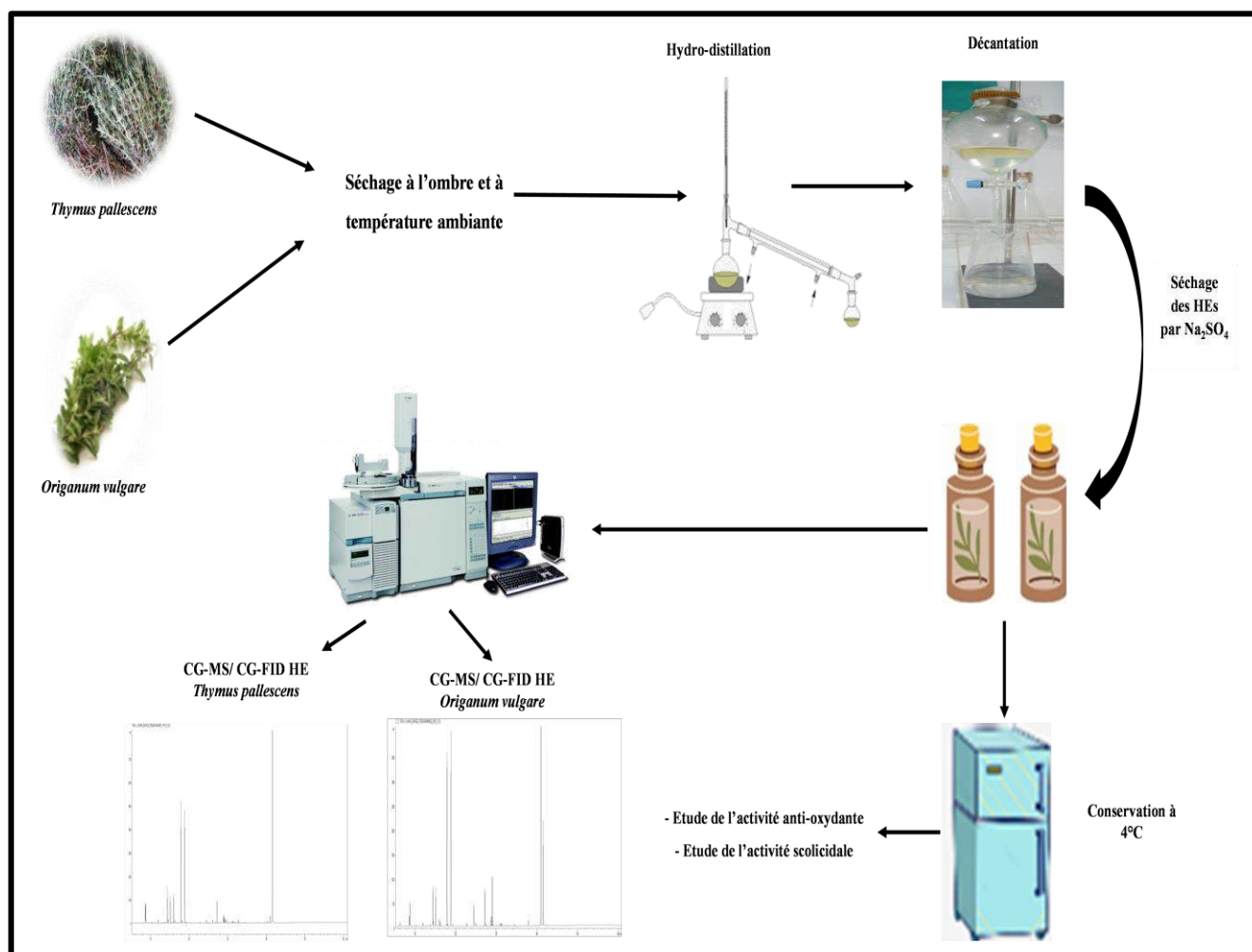


Figure 2.1 : Protocole expérimental récapitulatif d'extraction des huiles essentielles (Illustration personnelle).

1- Matériel végétal

Les plantes utilisées dans ce travail sont des plantes autochtones qui se trouvent sur le marché presque tout au long de l'année à l'état séché. Elles revêtent une importance majeure vue leurs usages dans la cuisine Algérienne.

Les espèces utilisées dans la présente étude appartiennent à la famille des lamiacées (labiées) à savoir *Thymus pallescens* (thym) et *Origanum vulgare* (origan).

▪ *Thymus pallescens*

Thymus pallescens (thym) (figure 2.2) provient de la région de Sebaïne, une localité située au Nord-Est de wilaya de Tiaret (35° 27' 22" N and 1° 36' 13" E). La récolte de parties aériennes de notre espèce de thym a été réalisée durant le mois de Mai 2022. Elles ont été ensuite séchées au laboratoire à l'air libre, à l'abri de la lumière et de l'humidité, puis conservées dans des bocaux en verre jusqu'au moment de l'extraction.



Figure 2.2: *Thymus pallescens*

Ce genre appartient à la famille des Lamiacées (labiacées). Il comprend plus de 350 espèces poussant principalement dans le bassin méditerranéen et en Asie (Hazzit et al., 2009 ; Benchabane et al., 2015). C'est une plante très répandue dans le nord ouest africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye) (Dob et al., 2006).

En Algérie, le genre *Thymus* compte 12 espèces qui sont : *Thymus fontanesii*, *Thymus commutatus* (Ball.), *Thymus dreatensis*, *Thymus numidicus*, *Thymus guyonii*, *Thymus lanceolatus*, *Thymus pallidus*, *Thymus glandulosus*, *Thymus hirtus*, *Thymus algeriensis*, *Thymus ciliatus*, et *Thymus capitatus* (L.) (Quezel et Santa, 1963 ; Bouchikhi Tani, 2011).

Parmi ces espèces, *Thymus pallescens* de Noé (synonyme *Thymus fontanesii* Boiss. et Reut.) est une plante originaire du nord de l'Algérie (Alloun et al., 2019). Elle est appelée communément Zaâteur par les populations locales, très utilisée par les populations locales pour ses vertus médicinales (Haddouchi et al., 2009) et est couramment utilisée comme conservateur alimentaire et dans la médecine populaire algérienne (Alloun et al., 2019).

Mahmoudi (1992) a rapporté que les plantes de ce genre possèdent des activités antiseptique, antifongique, antimicrobienne et anti-inflammatoire. De même, l'huile essentielle de thym est une source naturelle facilement accessible d'antibiotiques, d'antioxydants et d'autres applications médicinales, non toxique et riche en composés phénoliques (Zaïri et al., 2019). De plus les plantes de ce genre sont utilisées pour le traitement des troubles respiratoires comme la toux. Pansal et al. (2014) ont rapporté l'activité antiparasitaire de l'huile essentielle de thym. Des essais de l'activité scolicidale des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et de *Thymus fontanesii* ont été réalisés par Pansal et al. (2014) et Selles et al. (2024), respectivement.

▪ ***Origanum vulgare***

Origanum vulgare communément appelé origan (Lombrea et al., 2020) (figure 2.3) provient de la région de Ouled Boughadou, une localité située au Nord-Est de wilaya de Tiaret (35° 27' 22" N and 1° 36' 13" E). La récolte de parties aériennes de notre espèce d'origan a été réalisée durant le mois de Juin 2022. Elles ont été ensuite séchées au laboratoire à l'air libre, à l'abri de la lumière et de l'humidité, puis conservées dans des bocaux en verre jusqu'au moment de l'extraction.



Figure 2.3: *Origanum vulgare*

Cette plante aromatique fait partie de la famille des Lamiacées (Botineau, 2010). Son origine géographique est l'Europe, le nord du continent africain et la majeure partie de l'Asie tempérée (Lombrea et al., 2020). Cette espèce se concentre dans la région méditerranéenne et principalement dans l'Est Méditerranéen, essentiellement en Turquie, en Grèce et au Moyen Orient (Şahin et al., 2004 ; Lombrea et al., 2020). Elle a également été introduite en Amérique du Nord (Lombrea et al., 2020).

Le genre *Origanum* comprend environ 38 espèces, 6 sous-espèces et 17 hybrides (Moradi et al., 2015). L'espèce *Origanum vulgare* L. est la plus répandue et la plus connue de la famille des Lamiacées (Spada et Perrino, 1996). Elle pousse principalement en Europe, en Afrique du Nord et en Asie (Lagouri et al., 1993).

Selon la révision taxonomique faite par Ietswaart (1980), *Origanum vulgare* est une espèce extrêmement variable. Cette espèce englobant six sous-espèces (Ietswaart 1980 ; Andi et Maskani, 2021) : *O. vulgare* L. subsp. *glandulosum* (Desfontaines) Ietswaart, *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Lien) Ietswaart, *O. vulgare* L. subsp. *gracile* (Koch) Ietswaart, *O. vulgare* L. subsp. *virens* (Hoffmannsegg et Link) Ietswaart, *O. vulgare* L. subsp. *vulgare* L. et *O. vulgare* L. subsp. *viride* (Boissier) Hayek. Cette classification est basée sur la taille et la couleur des bractées et des fleurs, le nombre de glandes sessiles et les différences d'indumentum (Kokkini, 1997) ainsi que la longueur de la tige, l'arrangement, le nombre et la longueur des branches et les formes des feuilles (Kintzios, 2002).

Les plantes d'origan sont largement utilisées dans l'agriculture, l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire (Moisa et al., 2018). Son importance comme plante médicinale, aromatique, culinaire, épicée, ornementale et mellifère a été démontré (Gonceariuc et al., 2014). Les feuilles et les fleurs d'origan sont traditionnellement utilisées pour soigner la toux et les maux de gorge (Stanojević et al., 2016). En plus d'être utilisé en médecine traditionnelle, l'*Origanum vulgare* L. est un diurétique et un antiseptique pour le traitement des affections gastro-intestinales et la constipation (Bakkali et al., 2008 ; Moulodi et al., 2018). De plus l'origan est connu pour ses propriétés sédatives, carminatives, emménagogues. Il est également utilisé comme aromatisant et conservateur dans les produits alimentaires (Gottumukkala et al., 2011). En médecine traditionnelle chinoise, l'origan a été utilisé pour traiter les coups de chaleur, la fièvre, les vomissements, la gastro-entérite aiguë et les troubles respiratoires (Han et al., 2017).

Les activités pharmacologiques et biologiques des espèces d'*Origanum* sont principalement dues aux activités antioxydantes, antimicrobiennes, insecticides (Moisa et al., 2018 ; Özer, 2020),

anticancéreuses, analgésiques, anti-radicalaires, cytotoxiques, antifongiques (Özer, 2020), antivirales, cholérétiques, diaphorétiques, génotoxiques (Moisa et al., 2018), diurétique, gastrique, antinévralgique, antitussif, expectorant, sédatif, stimulant, carminatif et antirhumatismal (Moradi et al., 2015), antiseptique et antispasmodique (Gottumukkala et al., 2011) de leurs huiles essentielles. De même, l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* possède d'importante activité antiparasitaire (Pansal et al., 2014). Ces mêmes auteurs ont réalisé des essais in-vitro de l'activité protoscolicidale de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*.

2- Identification botanique

L'identification botanique de ces plantes a été réalisée au niveau du laboratoire d'agro-biotechnologie et nutrition en zones semi-arides, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, université Ibn Khaldoun de Tiaret par un botaniste ; M^r Ait Hammou Mohamed.

Cette identification a été réalisée en se basant sur les clés d'identification de Quezel et Santa (1963).

3- Extraction des huiles essentielles

3-1 Mode opératoire

Les feuilles sèches de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare* ont été broyées (froissées à la main) afin de faciliter l'éclatement des cellules et de permettre la libération des molécules volatiles.

Les huiles ont été extraites par hydro-distillation, à l'aide d'un dispositif d'hydro-distillation (figure 2.4). Cette matière végétale (20 g des feuilles sèches de *Thymus pallescens* ou 15 g d'*Origanum vulgare*) a été imprégnée dans 500 ml d'eau distillée. Le tout a été rempli dans un ballon d'un litre puis soumis à l'ébullition à pression atmosphérique et l'hydro-distillation se fait pendant 3 heures pour le thym et 5h pour l'origan, la chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs chargées d'huile essentielle, en traversant un réfrigérant se condensent et chutent dans une ampoule à décanter, l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.



Figure 2.4 : Dispositif d'hydro-distillation utilisé lors d'extraction des huiles essentielles.

3-2 Traitement de l'extrait (figure 2.5)

L'eau est rejetée et la phase huileuse est récupérée à l'aide d'un pipeteur muni d'une pipette pasteur. La phase huileuse récupérée est séchée par le sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) (Eyob et al., 2008).

3-3 Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter.

$$RHE (\%) = MHE / MS . 100$$

R : Rendement en extraits fixes en g /100g de matière sèche ;

MHE : Quantité d'extrait récupérée exprimée en g ;

MS : Quantité de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g

Les huiles essentielles extraites ont été conservées à 4 °C dans des fioles scellées hermétiquement et couvertes de papier aluminium jusqu'à leurs utilisations ultérieures (réalisation des tests antioxydants et évaluation de l'effet scolicidal).

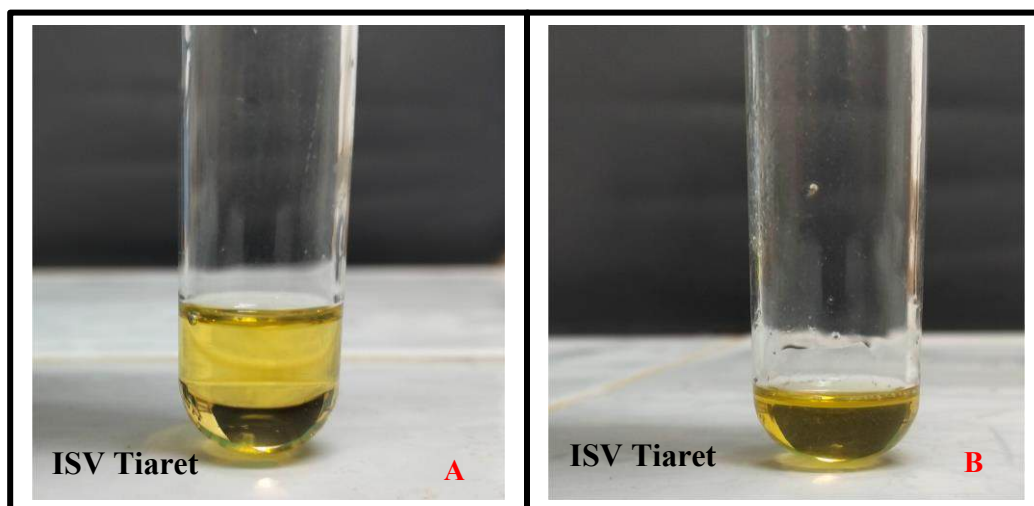


Figure 2.5 : Huile essentielle après décantation. **A :** Huile essentielle thym ;
B : Huile essentielle d'origan

4- Analyse de la composition chimique des H.Es par CG/MS et CG/FID

L'analyse des échantillons des huiles essentielles a été réalisée par la Sarl Pyrenessences Analysis (France), selon la norme ISO 11024. La chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (FID) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/MS) ont été utilisées afin de déterminer la composition chimique de point de vue qualitatif et quantitatif de ces huiles essentielles.

Les analyses chromatographiques ont été effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CG-MS 6890/5973 Agilent) et à un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID 6890 Agilent), équipés d'une colonne polaire VFWAX (60 m × 0,25 mm × 0,25 µm). L'échantillon est dilué dans l'hexane (10 % v/v). Le volume injecté a été de 1 µl. Le gaz vecteur est l'hélium (30 psi/FID ; 23 psi/MS). La température de la colonne est programmée à 60°C durant 6 minutes, puis 2°C/min jusqu'au 250°C et 10 minutes à 250°C (Selles et al., 2020b).

Les composés ont été identifiés par une recherche combinée des temps de rétention (base de données interne de la Sarl) et des spectres de masse (bibliothèque MS interne "ESSENCE.L" et bibliothèque MS commerciale "NIST.L"). Les pourcentages sont calculés à partir des surfaces de pics donnés par le CG/FID, sans l'utilisation de facteur de correction.

Deuxième partie :
Activités
antioxydantes

Deuxième partie

Cette deuxième partie a été consacrée à l'étude de la capacité antioxydante des huiles essentielles testées. Cette activité antioxydante a été mesurée par deux méthodes complémentaires à savoir le pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire à l'égard du DPPH. La figure 2.6 récapitule les différentes étapes de l'étude de l'activité antioxydante des huiles essentielles. Elle a été réalisée au laboratoire de pharmacologie de l'institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

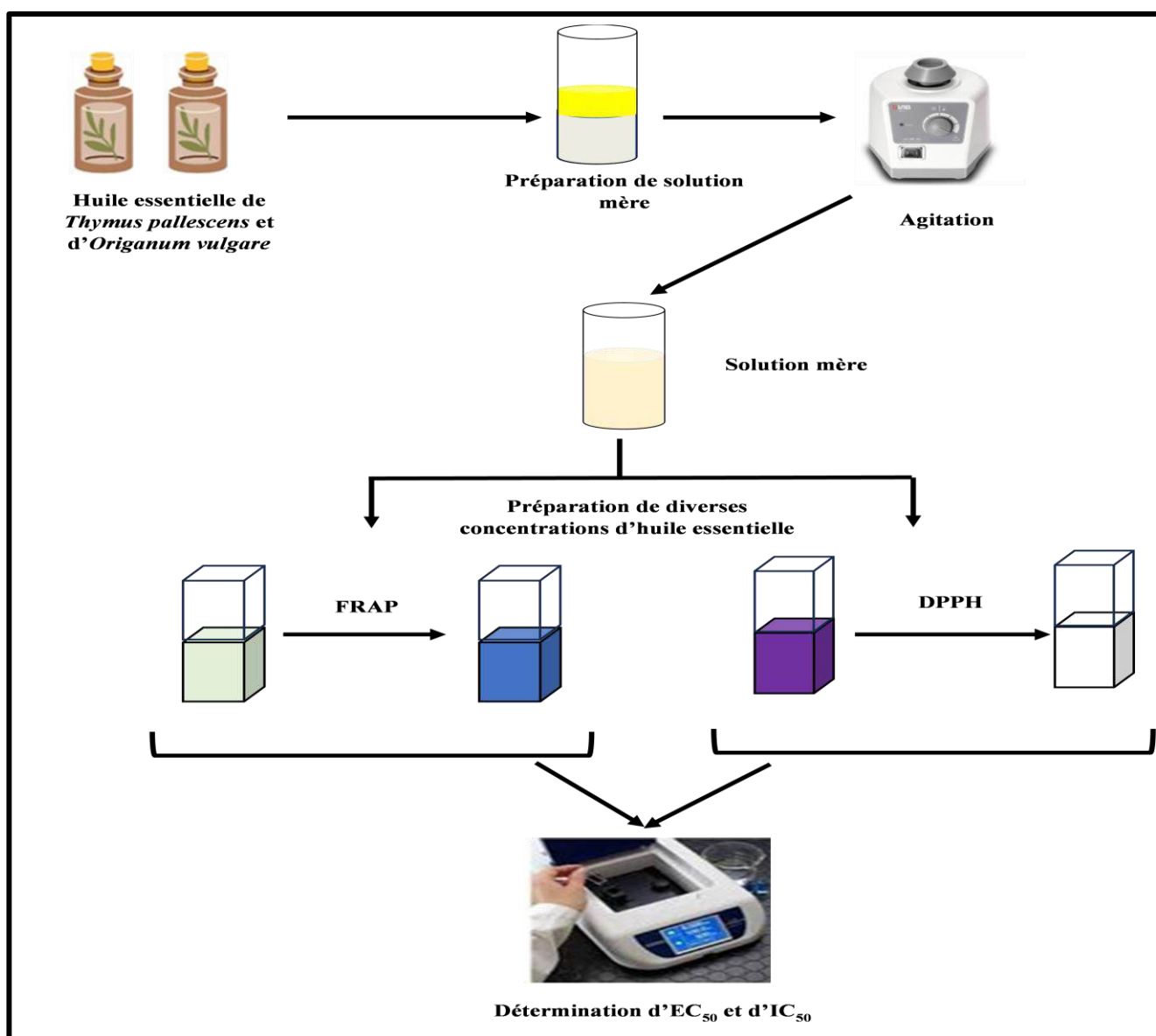


Figure 2.6 : Protocole expérimental récapitulatif de différentes étapes de l'étude l'activité antioxydante des huiles essentielles (illustration personnelle)

1- Pouvoir réducteur

- Principe

La méthode de Yen et Duh (1993) et Vijayalakshmi et Ruckmani (2016) légèrement modifiée a été utilisée pour évaluer le pouvoir réducteur des huiles essentielles testées. Cette méthode est basée sur l'aptitude de ces extraits à réduire le Fe^{3+} du ferricyanure $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ en Fe^{2+} du fer ferreux ou ferrocyanure $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$. La présence des réducteurs (AH) dans ces huiles provoque la réduction de Fe^{3+} du complexe ferricyanide ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) à la forme ferreux (Fe^{+2}) (figure 2.7). Par conséquent, ce dernier peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur de ferrocyanure ferrique (bleu de Prusse) dans le milieu réactionnel à 700 nm (Chang et al., 2007).

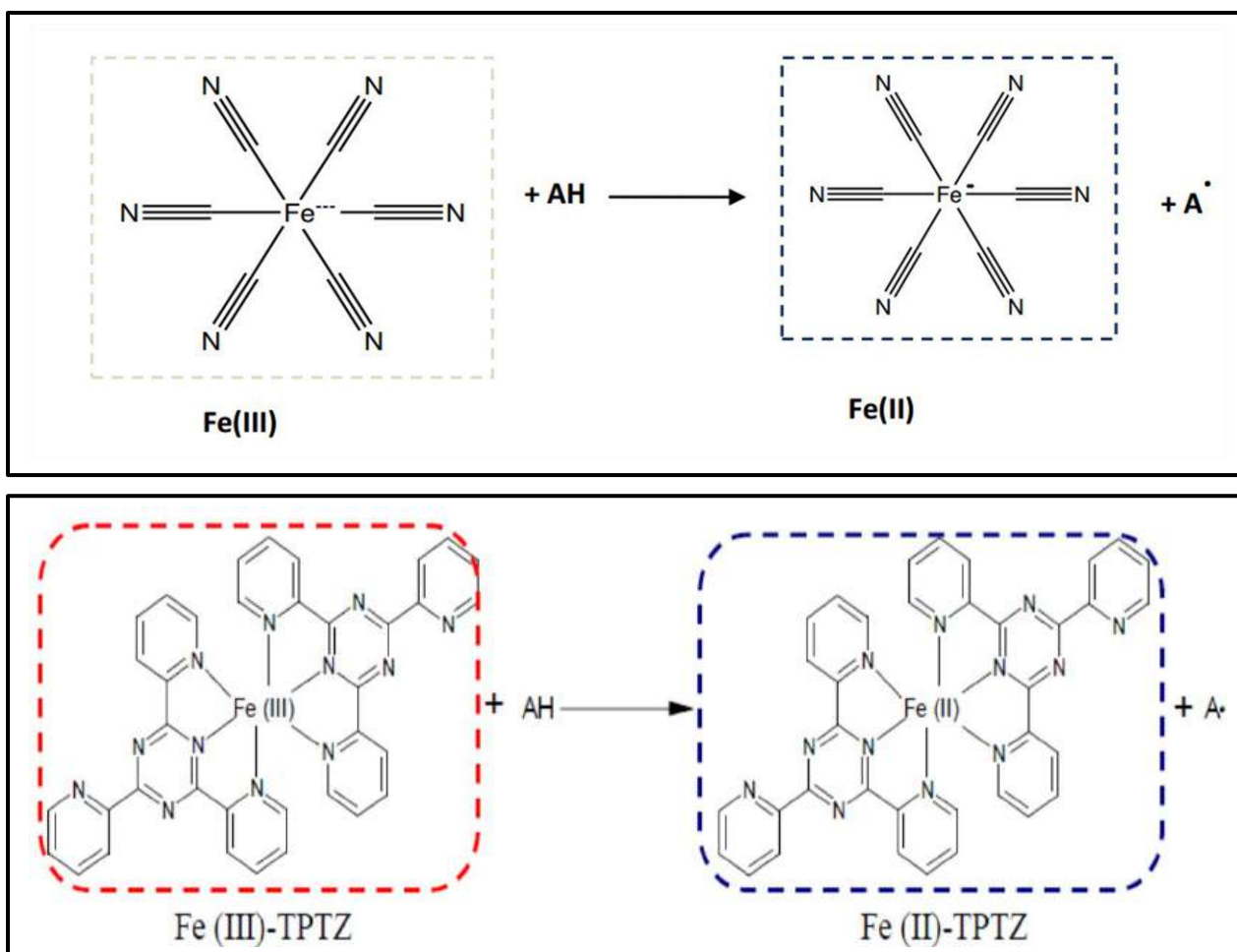


Figure 2.7 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe ferricyanure ferrique Fe (III) et un antioxydant (AH) (Thomas, 2011; Laraba et al., 2016).

- Mode opératoire

Les huiles essentielles ont été solubilisées dans l'éthanol (1/200 v/v), les concentrations finales utilisées dans la présente étude ont varié de 0.182 à 0.91 mg/ml pour l'huile essentielle de *Thymus palleescens* et de 0.186 à 0.93 mg/ml pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*. Alors que l'éthanol a été utilisé pour échantillon contrôle.

Le test consiste en une incubation à 50°C pendant 20 min d'un mélange contenant des volumes égaux : de différentes concentrations des huiles essentielles testées avec de tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et de $C_6N_6FeK_3$ (1%) à raison de 1 ml pour chaque constituant. À la fin de cette incubation, un volume de 1 ml d'acide trichloracétique (10%) a été ajouté au mélange puis centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 min. Après centrifugation, 1 ml de surnageant a été prélevé et mélangé avec le même volume d'eau distillée et 0.5 ml de $FeCl_3$ (0.1%). Le mélange a été laissé à température ambiante dans l'obscurité pendant 10 min avant la lecture.

Un blanc sans échantillon a été préparé dans les mêmes conditions en remplaçant les huiles essentielles par l'éthanol.

- Expression des résultats

Toutes les opérations sont réalisées en triplicata. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel (échantillon et blanc) a été réalisé à l'aide d'un spectrophotomètre (JENWAY 7205) à une longueur d'onde de 700 nm contre un blanc.

L'acide ascorbique a été utilisé comme contrôle positif. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur de l'huile à tester. La valeur d' EC_{50} est la concentration à laquelle l'absorbance est égale à 0.5 pour la capacité réductrice et est obtenue à partir des courbes à régression linéaire (Chang et al., 2007).

La figure 2.8 reprend les principales étapes du protocole expérimental du pouvoir réducteur.

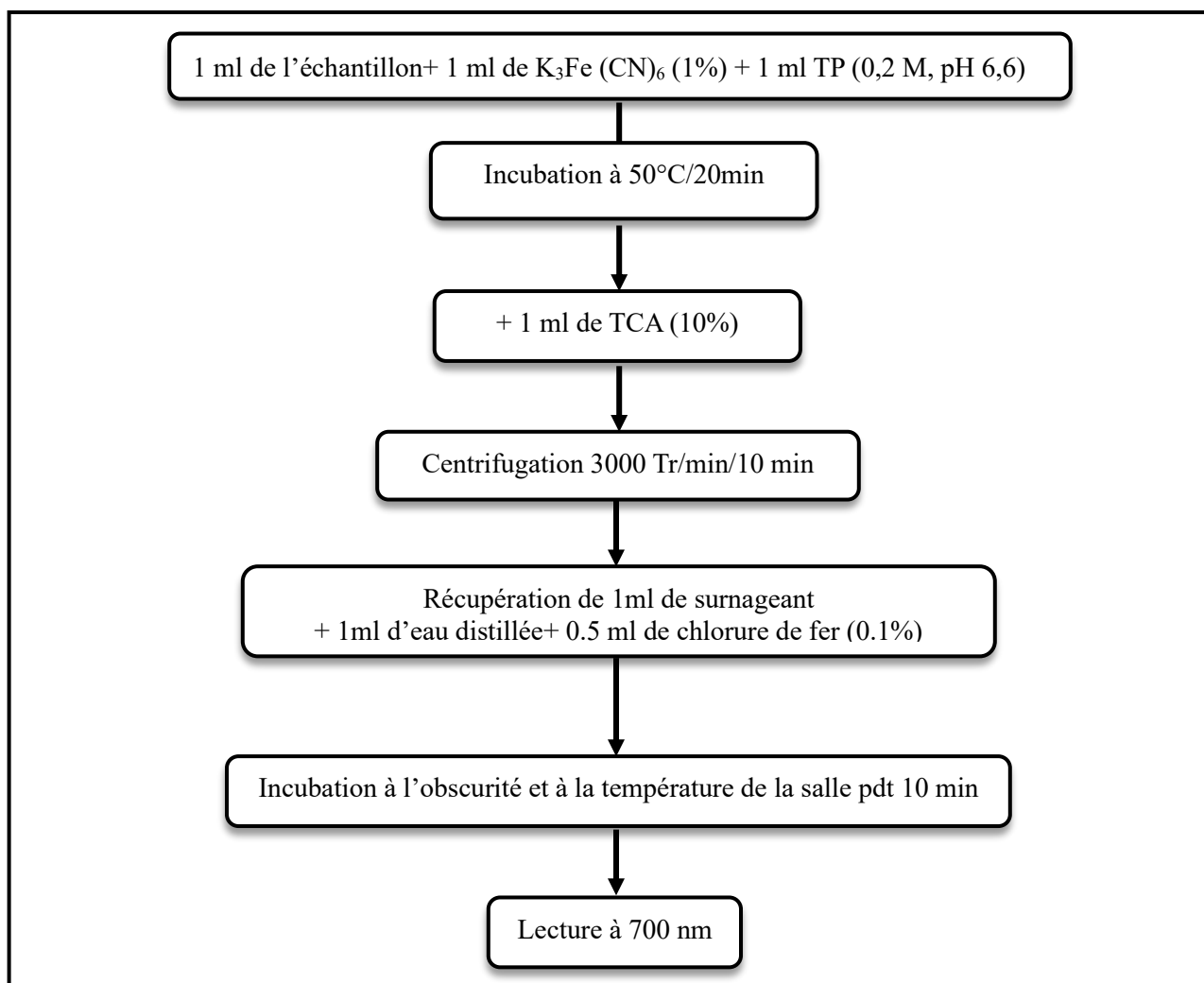


Figure 2.8 : Protocole de détermination du pouvoir réducteur (Yen et Duh, 1993).

2- Activité anti-radicalaire à l'égard du DPPH

La méthode précédemment décrite par Blois. (1958) a été utilisée pour évaluer l'activité de piégeage des radicaux libres.

- Principe

Le DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl ; α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) est pratiquement, le radical libre le plus stable. Cette stabilité est due à la délocalisation des électrons libres au sein de la molécule. La présence de ces radicaux DPPH• donne lieu à une couleur violette foncée de la solution dont l'intensité est mesurée à 517 nm (Niki, 2010). Lorsque son électron seul est apparié à un hydrogène, le DPPH est réduit à la forme non radicalaire de couleur jaune pâle

(figure 2.9) (Molyneux, 2004). Ce passage, de la première forme à la seconde, est accompagné d'une diminution de l'absorbance qui peut exprimer le pourcentage de réduction du DPPH.

Le changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie à 517nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être déterminé (Popovici et al., 2010 ; Molyneux, 2004).

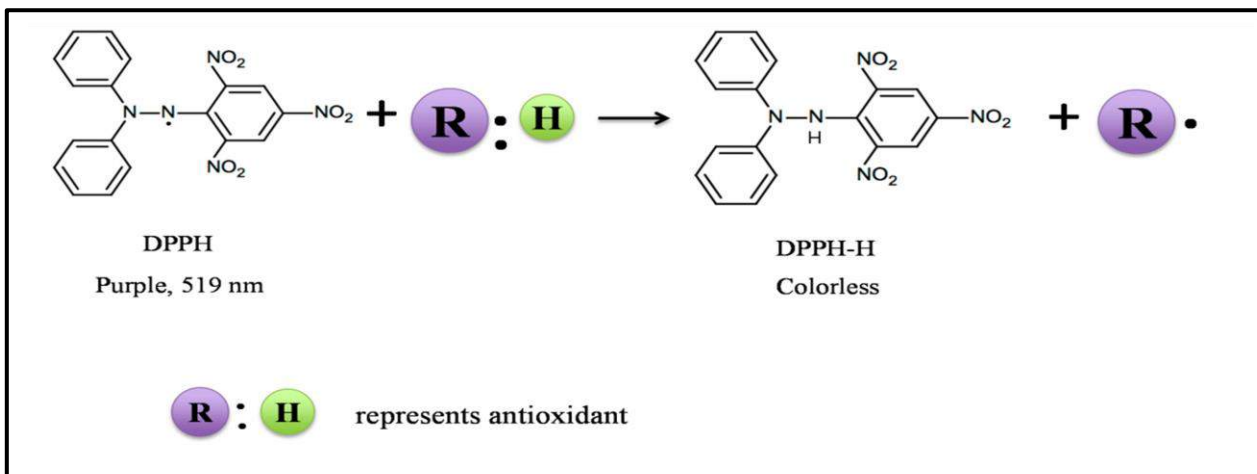


Figure 2.9 : Réaction du test DPPH (α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) (Molyneux, 2004 ; Liang et Kitts, 2014).

- **Mode opératoire (figure 2.10)**

Ce test consiste à un mélange de 0.2 ml d'une solution éthanolique de DPPH (0.5 mM) avec un ml de différentes dilutions des huiles essentielles de *Thymus pallescens* (0.182 à 0.91 mg/ml) et d'*Origanum vulgare* (0.186 à 0.93 mg/ml) préalablement solubilisées dans l'éthanol (1/200 v/v). Le mélange obtenu a été ensuite vigoureusement agité et gardé à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 30 minutes. Un témoin composé de 0.2 ml de la solution de DPPH et de 1ml d'éthanol a été préparé dans les mêmes conditions.

- Expression des résultats

Tous les tests ont été réalisés en trois exemplaires et les résultats ont été exprimés en valeurs moyennes $\pm$ écart-type. La vitamine C et l'acide gallique ont été utilisés comme molécules standards. L'absorbance a été mesurée à 517 nm (échantillon, témoin et molécules standards).

L'activité de piégeage a été estimée à l'aide de l'équation suivante. Où :

$$AA (\%) = \frac{(A_T - A_E)}{A_T} \times 100$$

AA : activité anti-radicalaire

A_T : absorbance du témoin.

A_E : absorbance de l'échantillon

Les résultats sont exprimés en IC_{50} (l' IC_{50} est la concentration d'extrait nécessaire pour l'obtention de 50% de la forme réduite du radical DPPH). Cette dernière a été calculée à partir des courbes à régression linéaire (Chang et al., 2007).

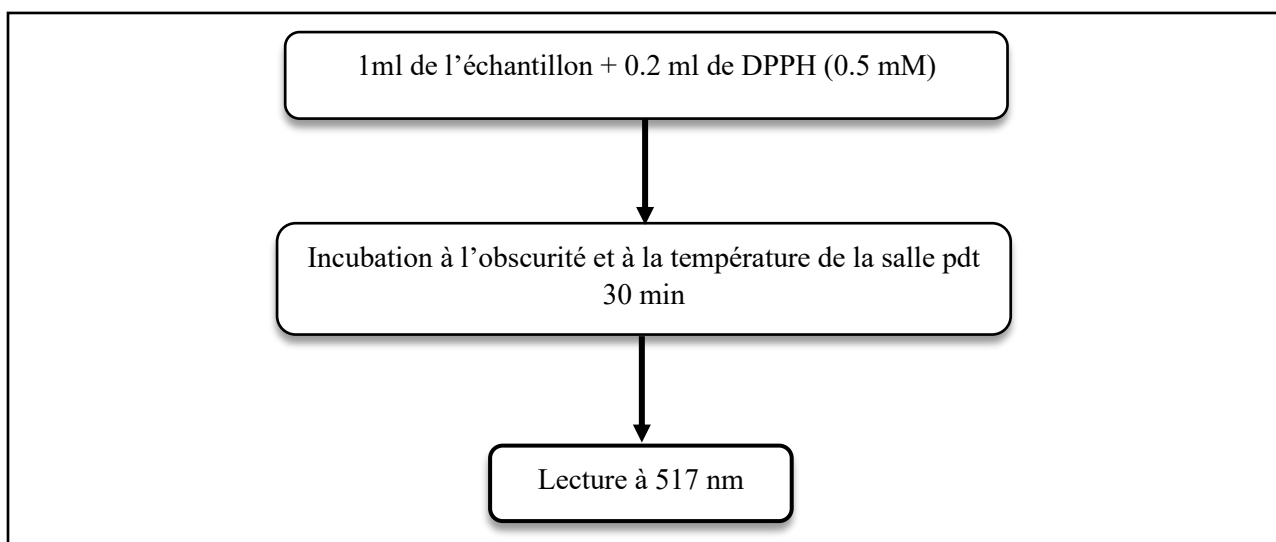


Figure 2.10 : Protocole de l'évaluation de l'activité anti-radicalaire au DPPH
(Tien et al., 2005).

3- Analyse statistique

Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel de statistique R (version 4.3.1/ 16- 06-2023). Toutes les expériences de partie ont été effectuées en trois exemplaires et les résultats ont été exprimés sous forme de valeurs moyennes avec écarts-types. Les différences significatives ($p < 0.05$) ont été obtenues par une analyse de variance à un seul facteur (ANOVA) suivie d'un test post hoc de différence hautement significative (HSD) de Tukey.

Troisième partie :
Activité
scolicídale

Troisième partie

Cette troisième partie a été consacrée à l'étude de l'activité scolicide des huiles essentielles. Elle a été réalisée à l'abattoir municipal de Tiaret et au laboratoire de parasitologie de l'institut des Sciences Vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. Elle a été consacrée à l'étude de l'effet scolicide des huiles essentielles testées. La figure 2.11 récapitule les différentes étapes de l'étude de l'activité scolicide des huiles essentielles.

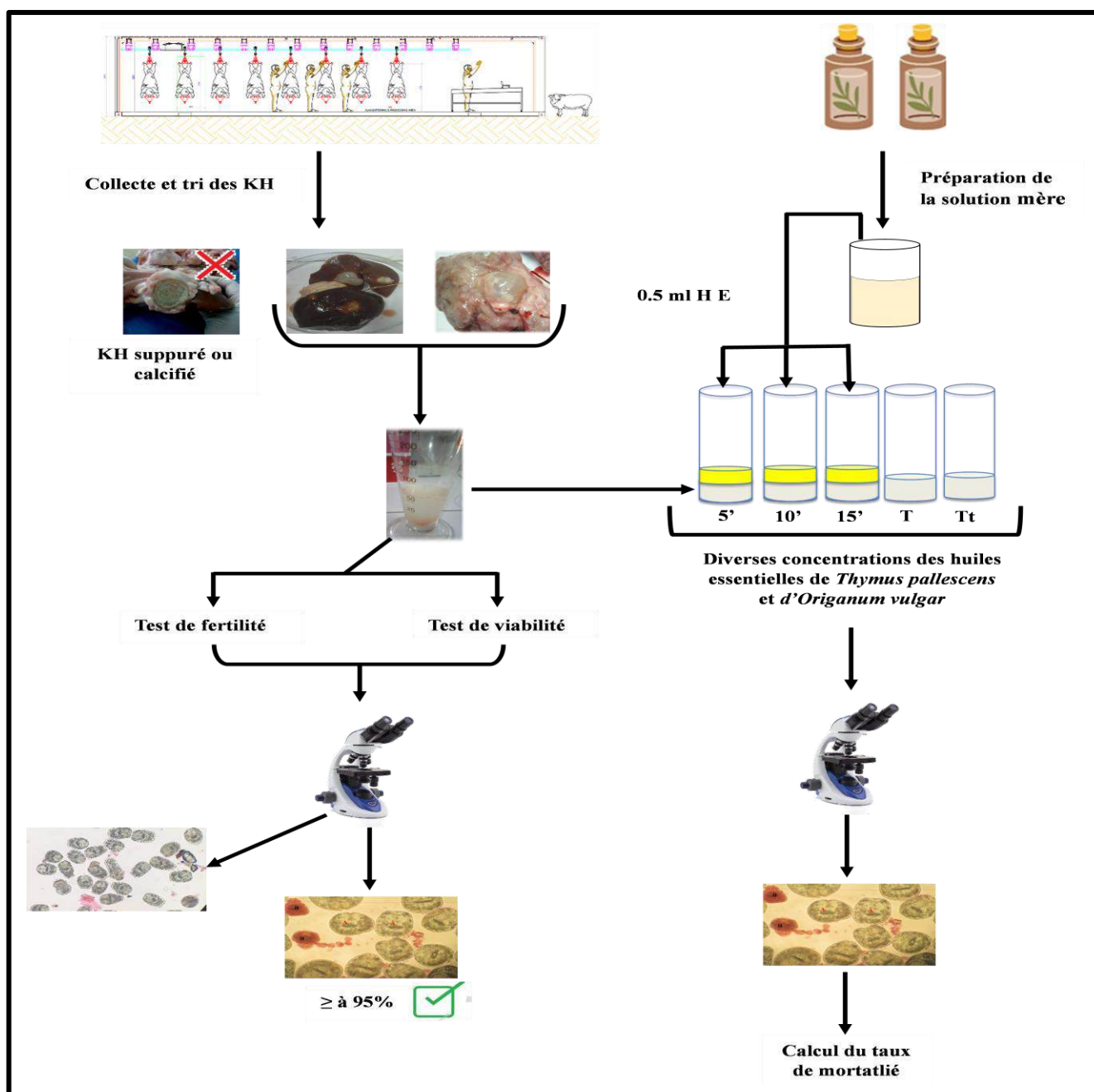


Figure 2.11 : Protocole expérimental récapitulatif de différentes étapes de l'étude l'activité scolicide des huiles essentielles (Illustration personnelle).

1- Matériel parasitaire

Les kystes hydatiques issus de foies et de poumons de moutons infestés naturellement ont été récupérés à l'abattoir de Tiaret.

2-Examen macroscopique du liquide hydatique

Seulement les kystes présentant un liquide clair, sous-pression et contenant un sable hydatique ont été considérés comme fertiles et choisis pour la réalisation de l'étude. Les kystes qui ne contiennent pas de sable hydatique, calcifiés et suppurés ont été considérés comme stériles et ont été écartés de l'étude. Ensuite, les kystes ont été identifiés et acheminés au laboratoire de parasitologie de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Tiaret pour plus d'investigations.

3-Examen microscopique du liquide hydatique

3-1 Collecte des protoscolex

La collecte des protoscolex a été réalisée de manière aseptique selon le protocole décrit par Moazeni et al. (2017), légèrement modifié. Le liquide hydatique a été aspiré aseptiquement à l'aide d'une seringue, puis transféré dans des cylindres en verre (Moazeni et al., 2012b). Puis laissé décanter pendant 30 minutes pour faciliter la sédimentation des protoscolex (Kavoosi et Purfard, 2013). Par la suite, les protoscolex ont été lavés trois fois avec solution saline stérile (NaCl 0.9 %) (Mahmoudvand et al., 2014a ; Moazeni et al., 2017).

3-2 Détermination de la fertilité des kystes

Immédiatement après la collecte du liquide hydatique, la fertilité de ce dernier a été vérifié dans le but de déterminer la présence ou l'absence de protoscolex dans les kystes étudiés.

Ce test a été réalisé selon la méthode décrite par Daryani et al. (2009) et Mahmoudvand et al. (2014a). Il s'agit de placer une goutte du sédiment entre lame et lamelle et l'observer au microscope optique au grossissement X10.

Les sédiments riches en protoscolex (contenant au moins 2×10^3 de protoscolex/ml) ont été utilisés pour l'activité scolicide (figure 2-12).

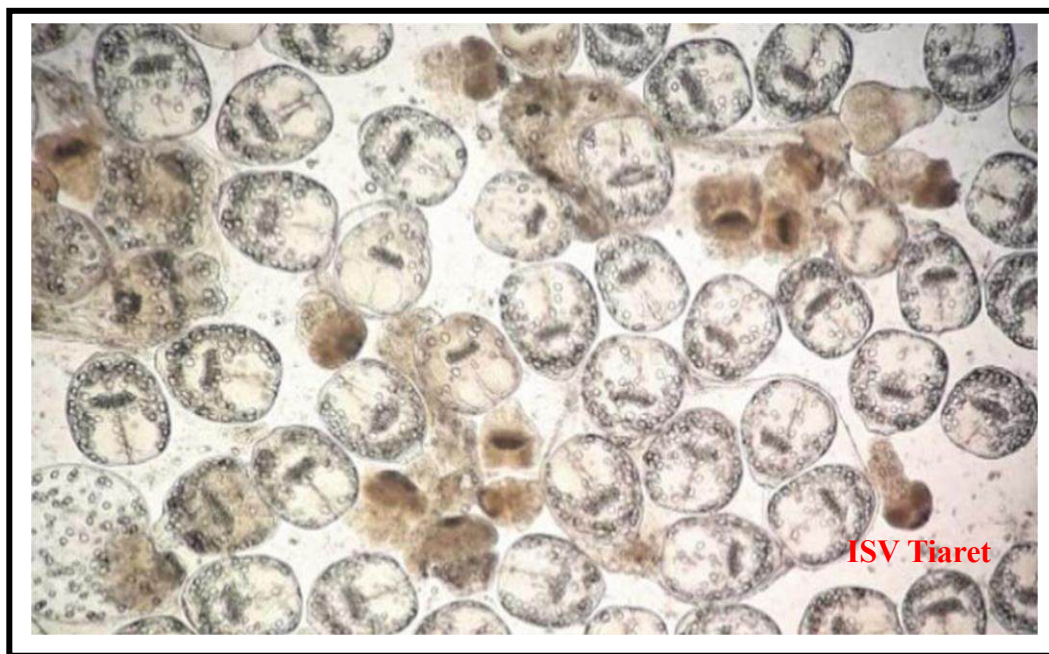


Figure 2.12: Kyste hydatique fertile.

3-3 Test de viabilité

Ce test est basé sur l'observation des protoscolices sous microscope optique afin d'évaluer la motilité des cellules à flamme, l'intégrité de la membrane et la présence de corpuscules calcaires abondants (Elisondo et al., 2004).

Ce test a été réalisé selon la méthode décrite par Miman et al. (2010), qui consiste en un mélange d'une goutte riche en protoscolices avec une goutte de solution d'éosine à 0.1 %. Après 15 minutes d'exposition, une goutte du mélange déposée entre lame et lamelle et observée au microscope optique au grossissement X40.

Lecture

Les protoscolices colorés en rouge sont considérés comme morts, tandis que les incolores sont vivants (figure 2.13).

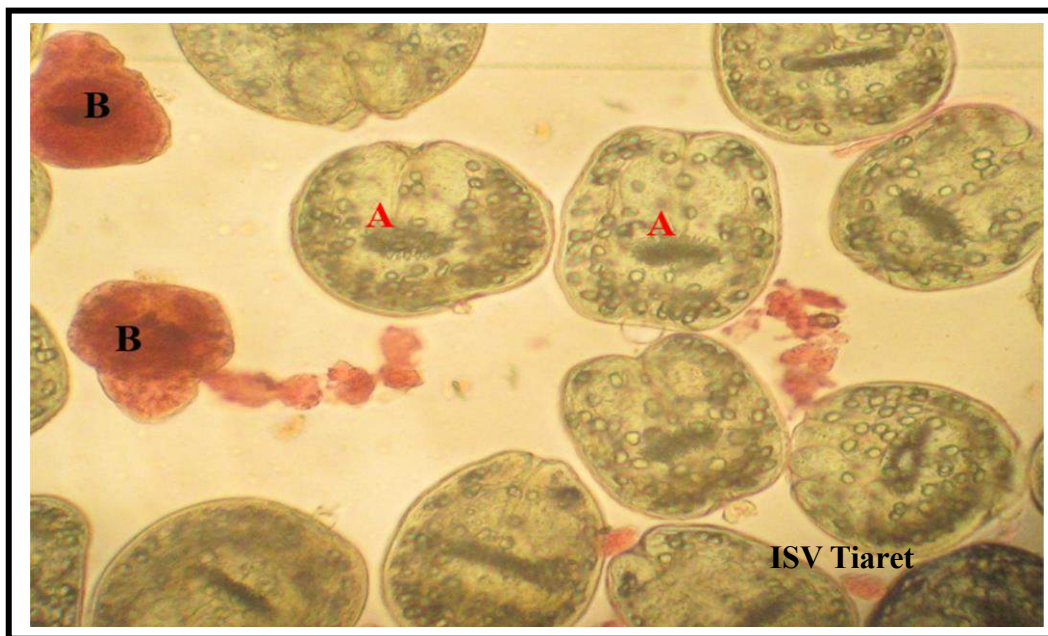


Figure 2.13: Photo des protoscolex viables après exposition à l'éosine 0.1%.

A : Protoscolex vivants ; **B :** Protoscolex morts (grossissement X40).

3-4 Conservation

Les liquides présentant une viabilité des protoscolex d'au moins 95 % ont été retenus pour la réalisation ultérieure des tests de l'activité scolicide des huiles essentielles.

Finalement, ces liquides ont été transférés dans des flacons hermétiques contenant une solution saline isotonique et conservés à 4 ° C (Smyth and Barrett, 1980).

4- Activité scolicide

Afin d'évaluer l'activité scolicide d'huile essentielle de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare* à l'égard des protoscolex de kyste hydatique, la méthode de Mahmoudvand et al. (2016), légèrement modifiée a été utilisée.

4-1 Préparation des concentrations à tester

Afin d'évaluer l'activité scolicide des huiles essentielles étudiées. Trois concentrations d'huile essentielle de *Thymus pallescens* (4.55 ; 9.1 et 13.65 mg/ml) et deux concentrations d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* (9.3 et 13.95 mg/ml) ont été séparément préparées et dissoutes dans du Tween 20/solution saline physiologique normale préalablement préparée à la concentration

1/10 (v/v), puis mélangée à l'aide d'un agitateur vortex (Dragon Lab MX-S) afin d'assurer une bonne dispersion des huiles essentielles.

4-2 Protocole

Un demi millilitre d'une solution riche en protoscolex (contenant au moins 1×10^3 /ml) a été placé dans des tubes à essai, auquel, on ajoute un demi millilitre de concentrations des deux huiles essentielles préalablement préparées. Le contenu des tubes a été mélangé doucement, puis incubé à 37 °C pendant 5, 10, 15 minutes. Des témoins négatifs contenant des protoscolex plus une solution saline isotonique ou tween 20 à la concentration de 1/10 (v/v) ont été préparés. Toutes les expériences ont été réalisées en trois exemplaires.

4-3 Test de viabilité

Afin d'évaluer la viabilité des protoscolex de kyste hydatique, la méthode de Moazeni et al. (2012a), légèrement modifiée a été utilisée. A la fin de chaque incubation, la phase supérieure a été soigneusement éliminée (Selles et al., 2020a). Puis un demi millilitre d'éosine à une concentration de 0,1% a été additionné aux tubes et mélangé doucement. Après 15 minutes d'exposition à une température ambiante et après élimination de la partie supérieure de la solution, le culot restant des protoscolex de chaque tube à essai a été étalé sur une lame et examiné sous un microscope optique (Moazeni et al., 2012a ; Lashkarizadeh et al., 2015).

Les pourcentages de protoscolex morts ont été déterminés en comptant au minimum 1000 protoscolex. Le taux de mortalité a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \left(\frac{\text{Protoscolex morts}}{\text{Protoscolex viables} + \text{morts}} \right) \times 100$$

5- Analyse statistique

Toutes les expériences ont été réalisées en trois exemplaires et les résultats ont été exprimés sous forme de valeurs moyennes avec écarts-types. Les différences significatives ont été obtenues par une analyse de variance à un seul facteur (ANOVA) suivie d'un test post hoc de différence hautement significative (HSD) de Tukey ($p < 0,05$). Cette analyse a été réalisée en utilisant le logiciel de statistique R (version 4.3.1/ 16- 06-2023).

Résultats
&
Discussion

*Première partie :
Extraction et
caractérisation
des huiles
essentiellles*

1-Rendement en huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites des feuilles séchées de deux plantes : *Thymus pallescens* et *Origanum vulgare* à l'aide d'un hydro distillateur. Le rendement en huile essentielle est exprimé par la quantité d'huile (en g) obtenu pour 100g de matière végétale sèche.

La figure 2.14 résume le rendement moyen en huile essentielle extrait de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare*. L'huile essentielle de *Thymus pallescens* a permis d'obtenir un rendement moyen de $1.87 \pm 0,30\%$ (p/p). Alors que l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a affichée un taux de $1.94 \pm 0,13\%$ (p/p).

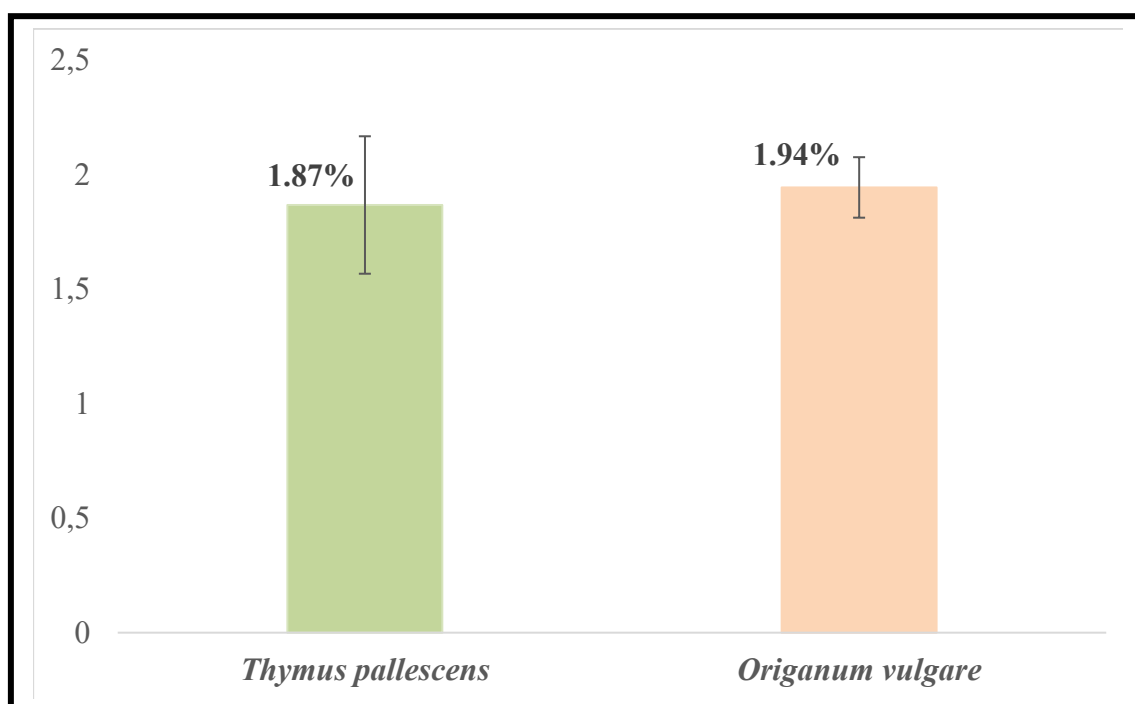


Figure 2.14: Rendement en huile essentielle de *Thymus pallescens* et d'*Origanum vulgare*.

▪ *Thymus pallescens*

Dans la présente étude, le rendement moyen obtenu en huile essentielle extraite des feuilles séchées de *Thymus pallescens* par la méthode hydrodistillation variait de $1.87 \pm 0.30\%$ (p/p). Un résultat similaire avec un taux de 1.7 à 1.9 % a été rapporté par Benchabane et al. (2015) pour l'huile essentielle de *Thymus pallescens* récolté dans le nord centre d'Algérie et extraite à l'aide d'un appareil Clevenger à différents temps de distillation. De même, Ghannadi et al. (2004) ont noté un rendement similaire (1.9 % p/p) en huile essentielle de *Thymus fontanesii* récolté dans la ville de Sétif (Nord-Est de l'Algérie). Cependant, les

rendements en HE de *Thymus pallescens* collectée à Ain Defla (Algérie) par distillation à la vapeur et diffusion à la vapeur étaient respectivement, de 1.54 ± 0.07 % et 1.50 ± 0.04 % (Sadjia et al., 2012). Tandis que, ces mêmes auteurs ont obtenu un rendement inférieur (1 ± 0.05 %) en utilisant la méthode d'hydrodistillation. Également, Dob et al. (2006) ont signalé un rendement en huile essentielle de *Thymus fontanesii* de 0.9 % pour la plante récoltée à Djelfa (Algérie).

En revanche, des rendements supérieurs ont été mentionnés par Hazzit et al. (2009), Hazzit et al. (2013), Sid Ali et al. (2017), Mouhi et al. (2017), Nabet et al. (2017), Benyoucef et al. (2018) et Selles et al. (2024), issus de *Thymus pallescens* (*Thymus fontanesii*) récoltés à de diverses régions d'Algérie avec un rendement compris entre 2.06 % et 6.2 %.

Le rendement peut être influencé par la période de récolte et le stade de développement (Hazzit et al., 2009). Ces auteurs ont constaté qu'un rendement maximal de 4.6 % était obtenu en pleine floraison, tandis qu'un rendement minimal d'environ 0.9 % a été affiché au début du cycle végétatif.

De plus, la différence en rendement peut être attribuée aux différents sites de récolte (région), le climat, l'altitude, le stade de développement de la plante (Dob et al., 2006 ; Mouhi et al., 2017), la période de récolte, le type et la durée de la distillation (Hazzit et al., 2009).

▪ *Origanum vulgare*

Le rendement moyen obtenu en huile essentielle d'*Origanum vulgare* a été de 1.94 ± 0.13 % (p/p). Un rendement proche à celui rapporté dans cette étude a été noté par Goyal et al. (2021) avec une valeur de 2.1% pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* au stade de floraison. De même, Moulodi et al. (2018) ont noté un rendement de 2% pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* récolté dans les régions montagneuses du Kurdistan.

Des rendements supérieurs ont été rapportés par Ozdemir et al. (2018) avec une valeur de 2.53%. Mechergui et al. (2016) ont été enregistré des rendements plus élevés par rapport à celui de la présente étude avec des valeurs de 4.6%, 5.8% et 4.3% pour les années 2007, 2008, 2009, respectivement.

Cependant, Goyal et al. (2021) ont mentionné des rendements inférieurs respectifs en huile essentielle d'*Origanum vulgare* au stade végétatif, stade de la formation des graines et le stade végétatif précoce avec des taux de 1.66 %, 1.64 % et 1.49 %. De même, Ilić et al. (2022) ont rapporté un rendement de 0.35 ml/100g pour les plantes cultivées à l'ombre.

Toutefois, Bekka (2009) ont obtenu un résultat faible (1.21 ± 0.13 %) à celui noté dans la présente étude pour une espèce du même genre qui est *Origanum glandulosum* en utilisant la méthode d'hydrodistillation. Bien que, Bekhechi et al. (2008) et Bendahou et al. (2008) ont

enregistré des rendements en huiles essentielles très élevés allant de 3.53% à 4.8% à partir *O. glandulosum* récoltée dans différentes stations de la région de Tlemcen.

Cette différence de rendement dépend de plusieurs facteurs tels que la méthode de séchage, le temps de séchage et la températures utilisés (Ozdemir et al., 2018 ; Caputo et al., 2022), la technique d'extraction et la partie anatomique de la plante utilisée pour l'extraction, ainsi que l'espèce choisie, ce qui influe sur le rendement et la composition des HEs (Leyva-López et al., 2017 ; Morshedloo et al., 2017).

Le stade de la récolte influe aussi le rendement en huile essentielle d'origan. En fait, Sellami et al. (2009) ont rapporté que le rendement en HE de certaines espèces d'origan se produisait à un stade de floraison. Alors que Béjaoui et al. (2013a), ont trouvé que le rendement est plus important au stade végétatif tardif. Machado et al., (2023) ont constaté que le rendement en HE des plantes plus jeunes étant inférieur à celui des plantes plus développées. De plus, une augmentation en rendement de 75% (de 0.02 jusqu'à 0.08) a été observé par Assis et al. (2024) pour l'*Origanum* traité par certain engrais tel que *Crotalaria juncea* L.

2- Composition chimique des huiles essentielles : analyse par CG/MS CG/FID

La chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (FID) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/MS) ont été utilisées pour déterminer la composition chimique des deux huiles essentielles étudiées. Ces analyses de la composition chimique ont été effectuées par la Sarl Pyrenessences Analyse (France) et ont permis de quantifier 107 composés soit environ 100 % de la composition totale pour l'huile essentielle de *Thymus pallescens* contre 73 composés soit environ 99,97% de la composition totale de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* (tableau 2.1).

Le carvacrol a été le composant majoritaire de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* (57.31 %), suivi par le γ -terpinène (14.09 %), le p-cymène (10.64 %), le β -myrcène (2.65 %), le limonène (2.09 %), l' α -terpinène (1.92 %), l' α -pinène (1.40 %), le linalol (1.34 %) et l' α -thuyène (1.28 %). Cependant, cette huile essentielle contient une faible quantité de thymol (0.60 %). Alors que la composition de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a été dominée par le thymol (69.33%), suivi par le p-cymène (7.94 %), le γ -terpinène (7.78 %), le carvacrol (4.22%), le β -caryophyllène (1.67%), le β -myrcène (1.31 %), l' α -terpinène (1.25 %) et le linalol (1.14 %).

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus palleseus* (T.p) et d'*Origanum vulgare* (O. v) par CG/MS – CG/FID

Temps de rétention (min)	Constituants	T. p %	O. v %
6.30	Ethanol	-	0.11
8.16	2-methylbutyrate de méthyle	0.01	-
8.20	Isovalerate de méthyle	0.01	-
8.66	α -Pinène	1.40	0.35
8.77	α -Thuyène	1.28	0.77
10.31	Camphene	0.10	0.05
12.03	β -pinène	0.22	0.13
12.77	Sabinene	0.01	-
12.85	Pinadiene	0.01	-
13.01	Thuya-2.4-diene	0.01	0.02
13.50	Diméthyl benzène	0.01	-
13.80	Delta3-Carene	0.09	-
13.92	3-heptanone	0.02	-
14.42	β-Myrcène	-	1.31
14.43		2.65	-
14.51	α -Phellandrene	-	0.17
14.52		0.21	-
14.68	Psi- α - Limonène	0.01	-
15.14	α -Terpinène	1.92	1.25
15.92	Limonène	-	0.24
15.94		2.09	-
16.22	1.8-cineole	0.05	0.03
16.32	β -Phellandrene	0.25	0.16
16.67	Cis- β -Ocimène	-	0.01
	2-hexenal	0.01	-
17.37	Cis- β - Ocimène	0.01	-
17.91	γ-Terpinène	-	7.78
17.93		14.09	-
18.03	Trans- β -Ocimène	0.07	-
18.04		-	0.06
18.10	3-Octanone	0.13	0.06
18.85	p-Cymène	-	7.94
18.86		10.64	-
19.27	Terpinolene	0.10	0.06
21.77	3-Nonanone	0.01	-
22.76	3-Octanol	0.07	-
22.77		-	0.09
23.01	2-Nonanone	-	0.01
24.24	Ester aliphatique	0.01	-

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* (T.p) et d'*Origanum vulgare* (O. v) par CG/MS – CG/FID (suite)

Temps de rétention (min)	Constituants	T. p %	O. v %
24.41	α . p-Diméthylstyrène	0.02	-
24.43		-	0.01
24.49	1-Octen-3-ol	0.20	-
24.50		-	0.61
25.01	Trans-Thuyanol	0.06	-
25.03		-	0.10
25.05	Trans-Oxyde de linalol	0.02	-
25.25	α -Cubebène	0.02	-
25.72	Ylangene	0.01	-
25.88	3-nonanol	0.01	-
26.15	α -Copaene	0.17	-
26.56	Composé mw=152	0.02	-
26.66	Ester aliphatique	0.02	-
26.81	Camphre	0.07	-
26.91	β -Bourbonene	0.03	-
27.20	Linalol	1.34	-
27.21		-	1.14
27.25	α -Gurjunene	0.40	-
27.28	Sesquiterpène	-	0.03
27.36	1-nonen-3-ol	0.05	-
	cis-Thuyanol	-	0.09
27.46	1-octanol	0.03	-
27.59	Acetate de linalyle	0.02	-
27.79	Trans-p-Menth-2-EN-1-OL	0.03	-
27.80		-	0.02
28.42	Epsilon-Cadinène	0.02	-
28.86	Méthyl Thymol Ethère	-	0.28
28.88	Terpinene-4-ol	0.57	-
28.89		-	0.35
28.93	Sesquiterpène	0.03	-
29.06	β -Caryophyllène	0.40	-
29.08		-	1.67
29.22	Cis-Dihydrocarvone	0.41	-
29.26		-	0.06
29.32	Aromadendrène	0.16	-
29.41	β -Isocomène	0.03	-
29.42	Sesquiterpène	-	0.02
29.53	Cis-p-MENTH-2-EN-1-OL	0.03	-
29.72	Trans-DIHYDROCARVONE	0.34	-
29.75	Trans-pinocarveol	-	0.02
29.91	Composé mw=166	0.02	-

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* (T.p) et d'*Origanum vulgare* (O. v) par CG/MS – CG/FID (suite)

Temps de rétention (min)	Constituants	T. p %	O. v %
30.02	Sesquiterpène	0.02	-
30.03	1-Decen-3-ol	-	0.03
30.15	Trans-pinocarveol	0.01	-
30.25	Sesquiterpène	-	0.01
30.28	Allo-aromadendrène	0.09	-
30.49	Sesquiterpène	-	0.02
30.54	Zonarène	0.02	-
30.71	Trans-Verbenol	0.02	-
30.72	E- β -Farnesène	-	0.02
30.87	Alpha-Humulène	0.03	-
		-	0.06
31.00	Carvotanacetone	0.02	-
31.11	Gamma-MUUROLENE	0.10	-
31.12	α -Terpineol	-	0.14
31.21		0.07	-
31.22	Composé Terpénique	-	0.02
31.31	Borneol	0.13	-
31.32		-	0.10
31.42	Ledène	0.15	-
31.43	Sesquiterpène	-	0.01
31.75	Eremophilène	0.06	-
31.76	Sesquiterpène	-	0.01
31.86	Germacrène D	0.02	-
	Sesquiterpène	-	0.01
31.93	β -Selinène	0.01	-
31.95	Sesquiterpène	-	0.03
32.02	α -Muuroolène	0.04	-
32.15	α -Selinène	0.02	-
32.25	Carvone	0.09	-
32.30		-	0.04
32.30	Bicyclogermacrène	0.03	-
32.76	Delta-Cadinène	0.19	-
32.77		-	0.02
32.90	γ -Cadinène	0.07	0.02
33.22	Salicylate de méthyle	0.01	-
33.34	Cuminal	0.01	-
33.36		-	0.02
33.41	Cadina-1.4-diène	0.01	-
33.61	α -Amorphène	0.01	-
34.14	Trans-Carveol	0.02	-
34.24	Calamenène	0.01	-

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* (T.p) et d'*Origanum vulgare* (O. v) par CG/MS – CG/FID (suite)

Temps de rétention (min)	Constituants	T. p %	O. v %
34.40	Géraniol	0.01	-
34.45	p-Cymène-8-OL	0.05	0.07
35.02	Myrcen-8-ol	0.02	-
35.03	Acétate de Thymyle	-	0.02
35.24	Myrcen-8-ol	-	0.01
36.41	Isopropyl phenotole	0.04	-
36.61	Palustrol	0.02	-
37.49	2-Allyl-4-Méthylphenol	-	0.01
37.68	Oxyde d'isocazyophyllène	-	0.02
37.72	Oxyde sesquiterpénique	0.02	-
37.86	Oxyde de caryophyllène	0.07	-
37.89		-	0.25
38.60	Epi-Globulol	0.01	-
39.06	Epi-Cubenol	0.01	-
39.21	Cubenol	0.01	-
39.38	Cis-1.2-Dihydroxy-p-Menth-2-ène	0.02	-
39.58	Cuminol	0.03	-
39.59		-	0.04
40.21	Spathulenol	0.15	-
40.28	Isothymol	-	0.02
40.40	Trans-1.2-Dihydroxy-p-Menth-2-ène	0.01	-
40.58	Isothymol	0.06	-
40.59	Eugenol	-	0.02
40.71		0.02	-
40.94	Thymol	0.60	-
40.99		-	69.33
41.06	T-Cadinol	0.02	-
41.23		-	0.05
41.29	Isocarvacrol	-	0.06
41.30		0.07	-
41.54	Carvacrol	-	4.22
41.55	Composé phénolique Mw=150	-	0.06
41.57	Carvacrol	57.31	-
42.03	Copaenol isomere	0.03	-
42.11	Composé phénolique	0.07	-
42.28	Composé phénolique Mw=150	-	0.04
42.99	Composé phénolique	0.05	-
43.35	Composé phénolique mw=150	-	0.01
43.96	Composé sesquiterpénique	-	0.01

Tableau 2.1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* (T.p) et d'*Origanum vulgare* (O. v) par CG/MS – CG/FID (suite)

Temps de rétention (min)	Constituants	T. p %	O. v %
44.69	Caryophylla-2.6-dien-5-alpha-ol	-	0.03
46.01	Composé aromatique	-	0.02
48.95	Ester aliphatique	-	0.02
51.18	Phytol	-	0.01
51.95	Paenol	0.02	-
58.06	Acide palmitique	-	0.06
	Total	100	99.97

▪ *Thymus pallescens*

Le carvacrol a été le composant majeur de l'HE de *Thymus pallescens* (57.31 %), suivi du γ -terpinène (14.09 %), du p-cymène (10.64 %), du β -myrcène (2.65 %), du limonène (2.09 %), de l' α -terpinène (1.92 %), de l' α -pinène (1.40 %), du linalol (1.34 %) et de l' α -thuyène (1.28 %). Cependant, cette HE contient une petite quantité de thymol (0.60 %). Une composition similaire a été rapportée par Selles et al. (2024) qui ont noté que le carvacrol est le principal composé de cette huile essentielle, suivi du γ -terpinène, du p-cymène, de l' α -terpinène, du linalol et de l' α -pinène avec de légères différences de pourcentage. De même, ces auteurs ont enregistré peu de thymol dans cette HE (0.49 %). Cependant, de faibles taux de β -myrcène (1.56 %), de limonène (0.69 %) et d' α -thuyène (0.36 %) ont été notés par les mêmes auteurs pour cette huile essentielle.

Les résultats de la présente recherche sont en accord avec ceux réalisés par Moutassem et al. (2021) qui ont montré que le carvacrol était le composant majoritaire (56.64 %) de l'HE de *Thymus pallescens* récoltée dans différentes régions de Mascara (Algérie). De même, Sadjia et al. (2012) et Benchabane et al. (2015) ont montré que le carvacrol était le principal constituant chimique avec des taux respectivement de 79.4 – 86.3 % selon la méthode d'extraction utilisée et de 63.3 - 68.2 % impactés par le temps de distillation. De même, Hazzit et al. (2009) ont noté que les huiles essentielles de *Thymus pallescens* collectées dans quatre régions d'Algérie (Sidi Aissa, Boussaada, Kadiria et El-Asnam) étaient un chémotype carvacrol (44.4 – 57.7 %), suivi du p-cymène (10.3 – 17.3 %) et du γ -terpinène (10.8 – 14.2 %). Au contraire, la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus pallescens* collectées à Oued Rhiou (Algérie) était dominée par le thymol (49.3 %), tandis que le carvacrol ne représentait qu'une faible quantité (9.0 %) (Hazzit et al., 2009). Figueiredo et al. (2010) ont noté que le *Thymus pallescens* est endémique en Algérie et en Tunisie et que la

composition chimique de son huile essentielle est la suivante : thymol > 1-68 %, carvacrol 9-65 %, γ -terpinène 6-17 %, p-cymène 5-17 %, linalol > 1-7 %, α -pinène > 1-6 %.

La différence de composition de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* peut s'expliquer par le temps d'hydrodistillation (Benchabane et al., 2015), la méthode d'extraction (Caputo et al., 2022) et la partie de la plante (Hazzit et al., 2009). De plus, la localisation géographique, la saison et le moment de la récolte de la plante influencent la composition de l'huile essentielle (Jerković et al., 2001 ; He et al., 2020).

▪ *Origanum vulgare*

Dans la présente étude, le thymol a été le principal composant de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* avec une valeur de 69.33% suivi par γ -terpinène 7.78%, p-cymène 7.94%, carvacrol 4.22%, β -caryophyllène 1.67%, β -myrcène 1.31%, α -terpinène 1.25%, et linalol 1.14%.

Un résultat similaire concernant les principaux composants de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* extraite par la méthode de clavenger ont été mentionné dans l'étude de réalisé par Saffarian et al., (2024) mais avec des taux variables : thymol (23.3 %), p-cymène (17.5 %) et γ -terpinène (16.8 %). Les investigations menées par Sarikurkcü et al. (2015) sur l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* subsp. *vulgare* récolté en Turquie ont montré que thymol a été le composé dominant de cette huile essentielle avec un taux de 58.31%. Cependant, ses mêmes auteurs ont constaté un taux nul en thymol dans l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* subsp. *Hirtum*.

L'huile essentielle d'*Origanum vulgare* est une source riche en monoterpènes monocycliques (thymol, γ -terpinène, carvacrol et p-cymène), monoterpènes acycliques (géraniol, acétate de linalyle, linalol et β -myrcène) et monoterpènes bicycliques (composés sabinylés) et de sesquiterpénoïdes (β -bisabolène, β -caryophyllène, spathulénol et germacrène-D) (Soltani et al., 2021).

Plusieurs chémotypes ont été définis en fonction des principaux composés. Cependant, la composition chimique peut varier en fonction de l'origine, de la partie de la plante utilisée, de la méthode d'extraction, du stade du développement de la plante, des conditions de croissance et du moment de la récolte (Ilić et al., 2022 ; Soltani et al., 2021).

Intara et al. (2021) ont mentionné que le carvacrol a été le principal composant d'*Origanum vulgare* avec une valeur de 48.38%, suivi par le thymol (26.55%), γ -terpinène (7.90%), et le 1,8-ciniol (4.86%). De même, Kryeziu et al. (2022) ont noté que le Carvacrol représente le composant majoritaire de cette huile essentielle avec un taux de 71.41% suivi par le p-cymène (7.29%), γ -terpinène (4.31%), trans-caryophyllène (1.69%) et thymol

(1.29%). Cependant, Zinno et al. (2023) ont rapporté que le carvacrol est le composant majoritaire des huiles essentielles obtenues par hydro distillation à partir d'*Origanum vulgare ssp. viridulum* × *Origanum vulgare ssp. hirtum* avec des taux allant de (80.59% à 84.70%) suivie par γ -terpinène (5.33% à 7.11%), p-cymène (2.59% à 2.73%), et β -caryophyllène (1.93% à 2.45%). Également, Kosakowska et al. (2024) ont utilisé la méthode de GC/MS GC/FID en vue d'analyser l'huile essentielle d'*Origanum vulgare L. ssp. Hirtum* qui a permis de déterminer que le carvacrol a été le composant majoritaire de cette huile essentielle avec une valeur de (35.79%).

Caputo et al. (2022) ont étudié la relation entre la composition chimique des huiles essentielles de *l'Origanum vulgare* réalisée par la méthode de GC/MS GC/FID et les différentes méthodes de séchage (séchage par microonde, à l'ombre et par traitement osmotique). Les résultats de cette étude ont mentionné que le carvacrol a été le composant majoritaire pour trois méthodes de séchages étudiées avec des taux variant 56.2 à 81.4; suivi par des taux faibles de p-cymène (1.6-17.7%), de γ -terpinène (0.8-14.2%), d' α -pinène (0.1-2.1%), d'éther méthylique du thymol (0.4-1.8%) et thimoquinone (0.5-3.5%). Ces mêmes auteurs ont constaté que les pourcentages de p-cymène, γ -terpinène et α -pinène diminuent significativement dans l'échantillon séché par rapport à l'échantillon frais (Caputo et al., 2022).

La différence dans les principaux composants des huiles essentielles analysées pourrait être attribuée à l'origine de la plante, aux différents facteurs environnementaux (conditions géographiques, saisonnières et climatiques, ensoleillement et salinité, ainsi qu'à l'effet de la culture et de la période de récolte), au patrimoine génétique et à la méthode d'extraction des plantes. Par conséquent, l'influence de ces facteurs sur les voies de biosynthèse entraîne des différences qualitatives et quantitatives des composés chimiques majoritaires caractéristiques, ce qui conduit à l'existence de plusieurs chémotypes distinguant les huiles essentielles d'origines diverses (Al kamaly et al., 2023).

Deuxième partie :
Activités
antioxydantes

L'activité antioxydante a été évaluée par deux méthodes complémentaires à savoir le test du pouvoir réducteur et le test de la capacité de piégeage du radical libre DPPH. Ces deux tests vont permettre de réaliser une estimation idéale et complète des propriétés antioxydantes des huiles essentielles étudiées.

Les différents tests ont été menés avec des standards et les huiles essentielles à différentes concentrations. Les EC₅₀ et les IC₅₀ calculées sont rapportées dans le tableau 2.2. Pour le test du pouvoir réducteur, une faible EC₅₀ correspond à une forte capacité réductrice (Chang et al., 2007). De même, une faible IC₅₀ dans le test de DPPH indique une meilleure capacité de piégeage des radicaux libres (Lim et Tee, 2007).

Tableau 2.2: Résultats de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles et des molécules de standard.

	Pouvoir réducteur (EC ₅₀) µg/ml	DPPH (IC ₅₀) µg/ml
Acide gallique	-	3.19 ± 0.41 ^a
Acide ascorbique	23.39 ± 0.81 ^a	4.45 ± 1.05 ^a
HE <i>Thymus pallescens</i>	1043.51 ± 130.86 ^b	1090.03 ± 153.59 ^b
HE <i>Origanum vulgare</i>	882.51 ± 72.79 ^b	842.52 ± 127.29 ^b

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart type (n = 3). Les valeurs avec des lettres différentes sont statistiquement différentes à p < 0,05, selon l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA).

1- *Thymus pallescens*

1-1 Capacité de piégeage des radicaux libres DPPH

La présente étude a affiché une concentration inhibitrice (IC₅₀) de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* de 1 090.03 ± 153.59 µg/ml. Des concentrations plus faibles ont été notés par Sid Ali et al. (2018) avec des valeurs d'IC₅₀ allant de 57.3 µg/ml à 91.2 µg/ml pour l'huile essentielle de trois spécimens de *Thymus fontanessii* récoltés dans différentes régions du nord de l'Algérie.

Néanmoins, Plusieurs études ont rapporté des faibles IC₅₀ de l'huile essentielle de *Thymus fontanessii* récoltée dans diverses régions d'Algérie allant de 13.7 µg/ml et 410.2 µg/ml (Hazzit et al., 2006 ; Benchabane et al., 2015 ; Ziani et al., 2015 ; Benyoucef et al., 2018 ; Mebarki et al., 2020 ; Selles et al., 2024)

Toutefois, une valeur élevée a été enregistré par Nabet et al. (2017) avec une IC₅₀ de 51560 µg/ml pour l'huile essentielle de *Thymus fontanessi* récoltée dans la région de Tiaret (Algérie).

Les résultats de cette étude ont montré des valeurs faibles de IC₅₀ pour l'acide ascorbique (4.45 µg/ml) et l'acide gallique (3.19 µg/ml). Une différence hautement significative ($p = 0.00000752$) entre les molécules standard et l'huile essentielle de *Thymus pallescens* a été démontrée.

Cependant, la comparaison des résultats de cette étude avec d'autres espèces de thym montre une puissante activité de *Thymus vulgaris* avec une IC₅₀ de 0.19 µg/ml et 0.5 µg/ml, respectivement (Bozin et al., 2006 ; Alibi et al., 2020). Cette puissante activité de piégeage des radicaux libres DPPH peut s'expliquer par la richesse de cette huile essentielle en thymol (Nezhadali et al., 2014). De même, une faible IC₅₀ de 80 µg/ml a été observée par Zaïri et al. (2019) pour le chémotype carvacrol de l'huile essentielle de *Thymus capitatus*. De plus, He et al. (2020) ont rapporté des faibles valeurs IC₅₀ pour le *Thymus quinquecostatus celak* prélevée dans différentes régions de Chine, avec des valeurs comprises entre 512 µg/ml et 931 µg/ml.

Plusieurs études ont rapporté la capacité de piégeage des radicaux libres DPPH pour de nombreuses autres variétés de thymus, avec des valeurs de IC₅₀ allant de 19.1 µg/ml à 6870 µg/ml (Amiri, 2012 ; El Ouariachi et al., 2014 ; Aouam et al., 2019).

1-2 Pouvoir réducteur

La concentration efficace médiane (EC₅₀) enregistrée dans la présente investigation a été plus élevée (1043.1 ± 130.86 µg/ml) pour l'huile essentielle de *Thymus pallescens* comparativement à l'acide ascorbique ($EC_{50} = 23.39 \pm 0.81$ µg/ml). Une différence hautement significative ($p = 0.00187$) entre les molécules standards et l'huile essentielle de *Thymus pallescens* a été démontrée.

Une valeur plus faible a été noté par Selles et al. (2024) avec une concentration de 869.82 µg/ml pour l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*. De même, des EC₅₀ faibles variant de 63.8 µg/ml à 112.6 µg/ml pour divers échantillons d'huile essentielle de *Thymus fontanessi* ont été rapportées par Sid Ali et al. (2018). De plus, une concentration plus faible a été observée dans l'étude réalisée par Ziani et al. (2015), avec une EC₅₀ de 63 µg/ml.

La comparaison des résultats de la présente étude avec ceux des études précédentes menées sur d'autres variétés de thym ont montré un pouvoir réducteur plus élevé avec une EC₅₀ de l'ordre de 61.4 ± 1.58 µg/ml a été noté par Jamali et al. (2013) pour l'huile essentielle de *Thymus*

maroccanus Ball du Maroc, riche en carvacrol. Cependant, Nikolić et al. (2014) ont enregistré des valeurs de EC₅₀ faibles par rapport à celles trouvées dans la présente étude pour les huiles essentielles de *Thymus serpyllum* (0.66 µg/ml) et de *Thymus algerensis* (0.68 µg/ml).

Néanmoins, des valeurs de EC₅₀ élevées, avec une concentration de 14730 µg/ml et 11860 µg/ml pour les huiles essentielles de *Thymus blecherianus* et de *Thymus riatarum*, respectivement, ont été rapportées par Aouam et al. (2019).

Plusieurs études ont attribué l'activité antioxydante des variétés d'huile essentielle de thym à la richesse de cette plante en composés phénoliques thymol et/ou carvacrol (Ruberto et al., 2000 ; Hazzit et al., 2009 ; Sid Ali et al., 2018) et d'autres composés tels que les hydrocarbures monoterpéniques (en particulier l' α -terpinène et le γ -terpinène) (Ruberto et al. 2000 ; Sid Ali et al., 2018). Dans le présent travail, le carvacrol suivi du γ -terpinène, le p-cymène, le β -myrcène (2.65 %), le limonène, l' α -terpinène ont été trouvés comme les principaux composés de cette huile essentielle.

Cependant, l'activité antioxydante de cette huile essentielle dépend du temps d'extraction (hydrodistillation) (Benchabane et al., 2015), de la méthode d'extraction et des solvants utilisés (Pérez-Jiménez et Saura-Calixto, 2006), de la localisation géographique de la plante ainsi que son exposition aux radiations (Alloun et al., 2019), du profil chromatographique de l'antioxydant présumé et sa polarité (Bozin et al., 2006 ; He et al., 2020).

2- *Origanum vulgare*

2-1 Capacité de piégeage des radicaux libres DPPH

La concentration inhibitrice médiane (IC_{50}) de l'HE d'*Origanum vulgare* obtenue dans la présente étude a été de 842.52 ± 127.29 $\mu\text{g/ml}$. Une différence hautement significative ($p = 0.0000114$) entre les molécules standard et l'huile essentielle de *Thymus pallescens* a été démontrée.

Un résultat proche a été enregistré par Goyal et al. (2021) pour l'HE d'*Origanum vulgare* récolté à Badrinath, dans l'Uttarakhand (Inde) et cultivée dans la station de Pithoragarh avec une valeur de 830 $\mu\text{g/ml}$. Morshedloo et al. (2017) ont mentionné une IC_{50} de 0.86 $\mu\text{L/ml}$ pour l'HE d'*Origanum vulgare* subsp. *gracile* au stade de floraison des plantes cultivées à partir de graines récoltées dans la province du Kurdistan (le nord-ouest de l'Iran).

Des résultats plus faibles ont été signalés par Drăgan et al. (2022) pour deux variétés d'huiles essentielles d'*Origanum vulgare* collectées de deux régions de la Roumanie à savoir Oradea et Ștei avec des concentrations de $80.80 \mu\text{g/ml}$ et $68.47 \mu\text{g/ml}$, respectivement. Un résultat faible de l'ordre de $0.68 \mu\text{l/ml}$ a été noté par Morshedloo et al. (2017) pour l'HE extraite des fleurs d'*Origanum vulgare* subsp. *gracile*. Alors que, Stanojević et al. (2016) ont enregistré une valeur d' IC_{50} de l'ordre de 590 $\mu\text{g/ml}$ pour l'HE d'*Origanum vulgare* acheté de la Serbie. De même, Bouhaddouda et al. (2016) ont rapporté que l' IC_{50} l'HE d'*Origanum vulgare* L. ssp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart collectée dans la région de Nechmaya de la ville de Guelma a été de 461.62 $\mu\text{g/ml}$. Egalement, Borgarello et al. (2014) ont signalé une dose faible d' IC_{50} de 450 $\mu\text{g/ml}$ pour l'HE d'*Origanum vulgare* récoltée dans le centre d'Argentine. Toutefois, Han et al. (2017) ont enregistré une IC_{50} de 332 $\mu\text{g/ml}$ pour l'huile essentielle des feuilles et fleurs d'*Origanum vulgare* L collectée dans la ville de Fanggaoping (Chine). Ces mêmes auteurs ont noté des valeurs d' IC_{50} pour les huiles essentielles extraites des racines et des tiges de l'ordre de 357 $\mu\text{g/ml}$ et 501 $\mu\text{g/ml}$, respectivement.

Des doses plus faibles ont été cités par Vazirian et al. (2015) avec une IC_{50} de 2.5 $\mu\text{g/ml}$ pour l'HE extraite d'*Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare* collectée à Noshahr (province de Mazandaran - Iran). Egalement, Quiroga et al. (2011) ont rapporté des IC_{50} de $0.90 \mu\text{g/ml}$, $0.98 \mu\text{g/ml}$, $1.12 \mu\text{g/ml}$ et $2.38 \mu\text{g/ml}$ pour les huiles essentielles d'*Origanum vulgare* subsp. *vulgare* d'*Origanum vulgare* spp. *virens* (Hoffm. et Link) Ietswaart, *Origanum X applii* (Domin) Boros et *Origanum X majoricum* Cambess, respectivement.

De même, Mechergui et al. (2010) ont obtenu des valeurs plus faibles d' IC_{50} pour les souches d'*Origanum vulgare* L. subsp. *glandulosum* collectées dans trois localités du nord de la

Tunisie (Nefza, Bargou et Krib) avec des concentrations de 59.2 µg/ml, 60.8 µg/ml et 79.8 µg/ml, respectivement. Jnaïd et al. (2016) ont rapporté que 1000ppm l'huile essentielles d'*Origanum vulgare* permet d'inhiber 59.09% de DPPH.

De même une puissante activité de piégeage des radicaux libres DPPH a été observée pour l'huile essentielle d'*Origanum onites* collectées pendant les mois de juin, juillet, août et septembre, avec des valeurs de 116.74 µg/ml, 123.75 µg/ml, 128.86 µg/ml et 132.93 µg/ml, respectivement (Ozkan et al., 2010).

Simirgiotis et al. (2020) ont rapporté une concentration d'IC₅₀ élevée pour l'huile essentielle des parties aériennes d'*Origanum vulgare* collectées dans la région de Socoroma (Putre, Chili) avec une concentration de 4750 µg/ml. Toutefois, Teixeira et al. (2013) ont cité un IC₅₀ de 1509.1 µg/ml pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* collecté à Santarém (Ribatejo, Portugal). Cependant, des résultats plus élevés ont été signalés par Goyal et al. (2021) pour l'HE d'*Origanum vulgare* récoltée à Badrinath, dans l'Uttarakhand (Inde) et cultivée dans les stations d'Auli et d'Haldwani avec des IC₅₀ de 1070 µg/ml et 1420 µg/ml, respectivement. Tandis que, Morshedloo et al. (2017) ont rapporté une valeur élevée d'IC₅₀ (1.82 µl/ml) pour l'HE d'*Origanum vulgare* subsp. gracile extraite à partir des tiges. Alors que, Piloza et al. (2024) ont mentionné une IC₅₀ de 40560 µg/ml pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* collectée du village de Patate, province du Tungurahua en Équateur.

Quiroga et al. (2011) ont étudié la relation entre la composition chimique des espèces d'origan de l'Argentine et l'activité antioxydante en utilisant le test de capacité de piégeage des radicaux libres DPPH. Ces chercheurs ont mis en évidence une forte activité de piégeage des radicaux de DPPH avec des IC₅₀ de l'ordre de 0.98 et 0.90 µg/ml pour les espèces qui ont une teneur élevée en thymol (*Origanum vulgare* subsp. *virens* (29.7 %) et *Origanum vulgare* subsp. *vulgare* (26.6 %)), respectivement.

2-2 Pouvoir réducteur

La présente étude a enregistré une EC₅₀ pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* plus élevée de l'ordre de 882.51±72.79 µg/ml par rapport à l'acide ascorbique (23.39 µg/ml). Une différence hautement significative (p = 0.000526) entre les molécules standards et l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a été démontrée.

Une valeur proche a été mentionnée par Béjaoui et al. (2013b) avec un EC₅₀ de 890 µg/ml pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* collectée dans la montagne de Sidi Nsir (Nord-Est de la Tunisie). Des concentrations d'EC₅₀ faibles ont été enregistrés par Goyal et al. (2021) pour l'HE

d'*Origanum vulgare* récoltée à Badrinath, dans l'Uttarakhand (Inde) et cultivée dans les stations de Pithoragarh et d'Auli avec des valeurs de 350 µg/ml et 460 µg/ml, respectivement. Cependant, Moukhfi et al. (2022) ont noté une valeur d'EC₅₀ de 280.32 µg/ml pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* collectée dans la campagne de Mejjî à Marrakech (Maroc). Des valeurs allant de 47.7 µg/ml à 266 µg/ml ont été signalés par Bhatt et al. (2020) pour l'huile essentielle de trois variétés d'*Origanum vulgare* collectées dans trois districts de la région himalayenne de Kumaun dans l'Uttarakhand, en Inde.

Cependant, un résultat plus élevé a été signalé par Goyal et al. (2021) pour l'HE d'*Origanum vulgare* récoltée à Badrinath, dans l'Uttarakhand (Inde) et multiplié dans la station d'Haldwani avec des EC₅₀ de 1860 µg/ml.

Vazirian et al. (2015) ont rapporté un bon pouvoir réducteur d'HE extraite d'*Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare* collectée à Noshahr (province de Mazandaran - Iran) avec une EC₅₀ de 467.25 µmole Eq FeSO₄.7H₂O/mg. Également, Sidiropoulou et al. (2022) ont enregistré un puissant pouvoir réducteur pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* L. dérivée de plante cultivée dans la région montagneuse de l'Épire, en Grèce, avec une valeur de 774.04 µmol acide ascorbique/l.

En comparant les résultats de la présente étude avec ceux des études précédentes menées sur d'autres variétés d'origan, des concentrations efficaces médianes faibles pour l'huile essentielle d'*Origanum majorana* collectée dans deux endroits au Népal ont été rapportés par Paudel et al. (2022) avec des valeurs d'EC₅₀ de 372.72 µg/ml et 511.43 µg/ml. Une valeur élevée a été annoncée par Chroho et al. (2024) pour l'huile essentielle d'*Origanum compactum* collectée des monts du Moyen Atlas de la région de Khénifra (Maroc) avec une concentration de 2250 µg/ml. Cependant, une EC₅₀ de 13300 µg/ml a été enregistré par El Abdali et al. (2023) pour l'huile essentielle d'*Origanum compactum* Benth récoltée de la région de Taounate (Maroc), ce qui est très élevée par rapport à la valeur observée dans la présente étude.

Le pouvoir réducteur de cette huile essentielle est lié à sa richesse en éléments phénoliques : le thymol, le carvacrol et l'acétate de thymol. De plus, l'effet synergétique d'autres éléments tel que γ-terpinène, α-terpinène, caryophyllène, l-phellandrène, p-cymène, α-pinène et β-pinène peuvent aussi contribuer à cette activité antioxydante des huiles essentielles d'origan (Ozdemir et al., 2017).

Toutefois aucune différence significative pour l'activité antioxydante des deux huiles essentielles n'a été démontré.

Troisième partie :
Activité
scolicídale

Actuellement, la chirurgie est considérée comme la méthode la plus efficace pour le traitement de la maladie hydatique. Cependant, l'un des effets secondaires de la chirurgie du kyste hydatique est la récurrence (Shahnazi et al., 2016).

A ce jour, de nombreux agents scolicides, dont certains extraits de plantes, le mannitol, l'albendazole, le gluconate de chlorhexidine, le miel, le sérum physiologique hypertonique, le nitrate d'argent, le cétrimide, l'alcool éthylique, le H₂O₂ et la povidone iodée, ont été utilisés pour inactiver le contenu du kyste hydatique (Sharafi et al., 2017).

Toutefois, de nombreux agents scolicides parmi ceux cités aux dessus peuvent entraîner des complications indésirables qui limitent leurs utilisations (Kavoosi et Purfard, 2013), tels que la nécrose hépatique, la colangite sclérosante (fibrose des voies biliaires) et la méthémoglobinémie (Lashkarizadeh et al., 2015 ; Mahmoudvand et al., 2017).

Par conséquent, le développement de nouveaux agents scolicides caractérisés par une efficacité très élevée en un temps d'exposition plus court et une toxicité plus faible (Lashkarizadeh et al., 2015 ; Pensel et al., 2015 ; Aryamand et al., 2019), capable d'agir à l'intérieur du kyste lorsqu'elle sont diluée, d'une grande disponibilité et d'une préparation rapide (Lashkarizadeh et al., 2015), possédant de faibles effets secondaires (Mahmoudvand et al., 2014b; Adas et al., 2009) sont devenus essentiels dans le cadre de la chirurgie de l'échinococcose kystique.

Le développement de nouveaux agents scolicides sûrs et efficaces présente donc un grand intérêt (Moazeni et al., 2012a). Pour cela, les produits naturels et leurs composés constituent la source la plus productive pour le développement de nouveaux médicaments (Rocha et al., 2005).

1- Activité scolicide de l'huile essentielle de *Thymus pallescens*

L'huile essentielle de *Thymus pallescens* a montré une forte activité scolicide. Un taux de mortalité de 100 % aux doses de 9.1 mg/ml et 13.65 mg/ml après seulement 5 minutes d'exposition a été observé (tableau 2.3). Cependant, à la concentration de 4,55 mg/ml, cette huile essentielle n'a tué que 20.03 %, 31.48 % et 67.42 % des protoscolex après 5 minutes, 10 minutes et 15 minutes d'exposition, respectivement. De plus, des différences très hautement significatives ($p < 0.001$) et significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre cette huile essentielle aux doses de 13.65 mg/ml et 9.1 mg/ml et 4.55 mg/ml et les témoins, respectivement.

Tableau 2.3 : Activité scolicide de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* contre les protoscolex du kyste hydatique à différentes concentrations et à différents temps d'exposition.

Dose mg/ml	Temps d'exposition	Protoscolex	Protoscolex mort	Taux de Mortalité (%)
4.55	5 min	1631 ± 202.74	333.33 ± 56.36	20.03*
	10 min	1515.67 ± 176.27	491.33 ± 97.57	31.48*
	15 min	1377 ± 198.50	915 ± 41.39	67.42*
	Control Tween 20	1024	76	7.42
	Control normal saline	1312	95	7.24
9.1	5 min	1450 ± 50	1450 ± 50	100***
	10 min	1483 ± 76.27	1483 ± 76.27	100***
	15 min	1500 ± 50	1500 ± 50	100***
	Control Tween 20	1024	76	7.42
	Control normal saline	1312	95	7.24
13.65	5 min	1456.67 ± 51.32	1456.67 ± 51.32	100***
	10 min	1460 ± 65.57	1460 ± 65.57	100***
	15 min	1503 ± 55.08	1503 ± 55.08	100***
	Control Tween 20	1024	76	7.42
	Control normal saline	1312	95	7.24

Chaque valeur du tableau est représentée sous la forme de moyenne ± écart type (n = 3). Les moyennes marquées d'un astérisque (*) ou des astérisques (***) sont différentes significativement ou très hautement significativement (LSD) au seuil de probabilité $p < 0.05$ pour chaque dose.

Des résultats similaires ont été rapportés par Selles et al. (2024) qui ont noté que l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* à la concentration de 9.25 mg/ml possède une puissante activité scolicide avec un taux de mortalité de 100 % des protoscolex après seulement 5 minutes d'exposition. Ces mêmes auteurs ont remarqué une différence hautement significative entre cette dose et les témoins ($p < 0.001$). Cependant, ils n'ont constaté aucune différence significative pour l'activité scolicide à la concentration de 4.625 mg/ml et les témoins.

Hizem et al. (2020) ont enregistré que l'HE de *Thymus capitatus* exerce un effet protoscolicide de 100 % à des doses de 2 et 3 mg/ml après 5 min et 1 min, respectivement. Plusieurs études antérieures rapportent la puissante activité scolicide de diverses huiles essentielles avec le composé majeur carvacrol en fonction de la dose et du temps. Mahmoudvand et al. (2014c) ont mentionné que 10 mg/ml d'HE de *Nigella sativa* tuent 100 % des protoscolex après 10 min d'exposition. De même, à une concentration de 0.05 %, l'HE d'*Origanum minutiflorum* provoque la mortalité de tous les protoscolex après 5 min d'exposition (Sokmen et al., 2020). Alors que

Soleimani et al. (2021) rapportent que l'HE d'*Origanum vulgare* à une concentration de 1 % nécessite 15 min pour tuer tous les protoscolex. De même, Moazeni et al. (2019) ont constaté que 1 mg/ml d'huile essentielle de *Satureja hortensis* tue 100 % des protoscolex après 20 minutes. Cependant, 2 mg/ml de ces huiles essentielles nécessitent 10 minutes pour tuer tous les protoscolex. Néanmoins, à une dose de 17 µg/ml, l'huile essentielle de *Zataria multiflora* tue les protoscolex après 10 minutes d'exposition (Kavoosi et Purfard, 2013). De plus, des études antérieures ont montré une puissante activité scolicide de diverses huiles essentielles, mais avec un temps d'action plus long et/ou une concentration plus élevée que celle observée dans la présente étude (Moazeni et al., 2012 a et b ; Mahmoudvand et al., 2016 et 2017 ; Kozan et al., 2019 ; Tabari et al., 2019 ; Alyousif et al., 2021).

Notre étude s'est caractérisée par une faible concentration et un temps d'action court. Ces critères concordent avec les principaux critères d'un agent scolicide idéal décrits par Moazeni et Larki (2010).

Cette forte activité scolicide de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* est probablement due à la richesse de cette huile en carvacrol. Des études antérieures ont montré que le carvacrol a un effet important contre les protoscolex ; cette activité pourrait être liée au groupe hydroxyle, qui pourrait agir comme translocateur de protons (Fabbri et al., 2016).

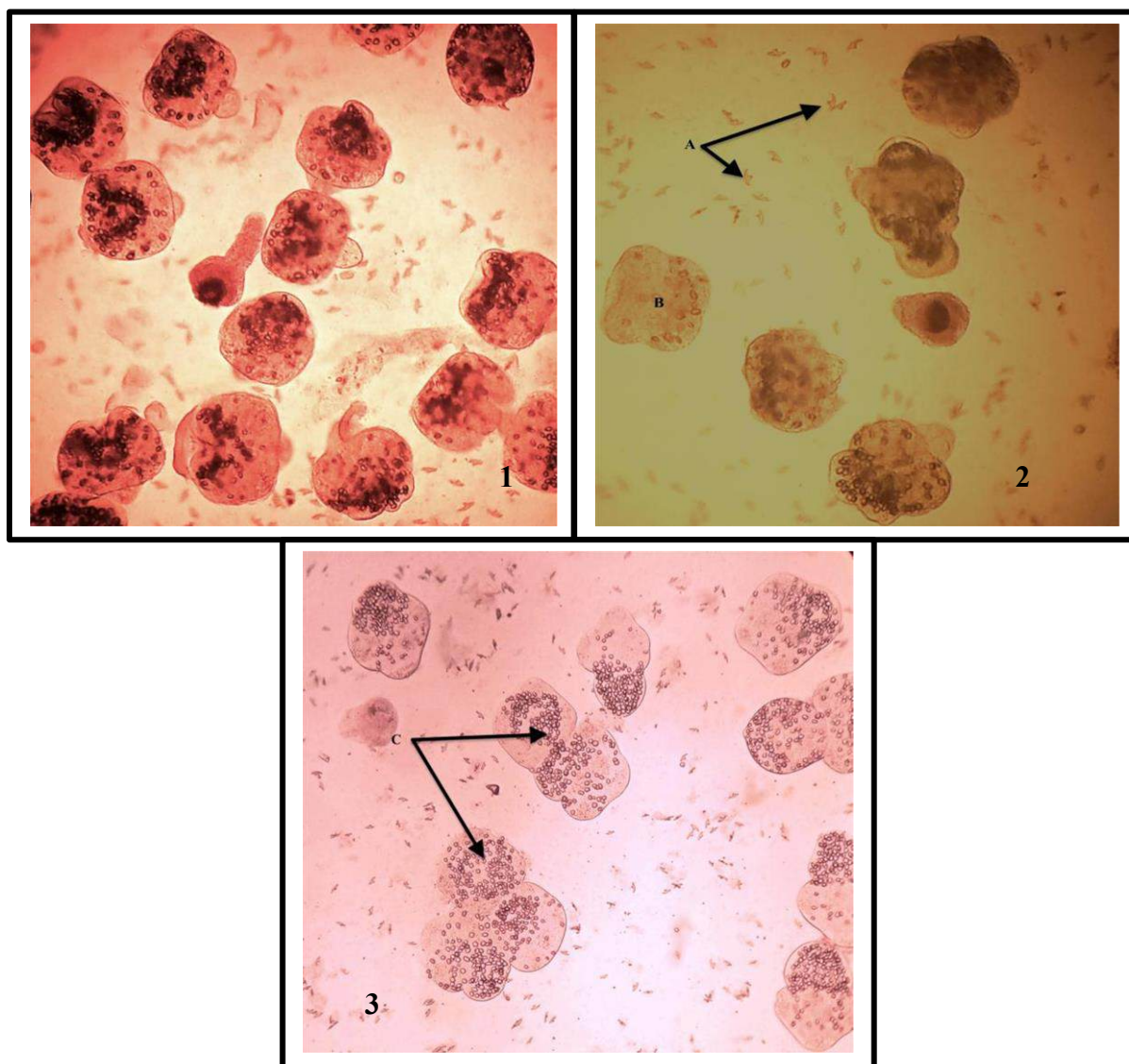


Figure 2.14: Les effets de l'huile essentielle de *Thymus palleescens* sur les protoscolex.

1 : Protoscolex morts de kystes hydatiques après exposition de 10 min à 9.1 mg/ml d'huile essentielle de *Thymus palleescens* additionnée de 0.1 % d'éosine GX40.

2 : Modifications du protoscolex. **A :** Libération du crochet. **B :** Modification de la forme du protoscolex (forme carrée) GX40.

3 : Modifications du protoscolex. **C :** Forme carrée du protoscolex GX40.

2- Activité scolicide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*

L'*Origanum vulgare* a démontré une importante activité létale contre les protoscolex des kystes hydatiques. Un taux de létalité de 100 % a été constaté à la dose de 13.95 mg/ml après seulement 5 minutes d'exposition (tableau 2.4). Toutefois, à la concentration de 9.3 mg/ml, cette huile essentielle n'a tué que 23.26 %, 48.58 % et 82.85 % des protoscolex après une exposition de 5 minutes, 10 minutes et 15 minutes, respectivement. De plus, des différences très hautement significatives ($p < 0.001$) a été observée entre cette huile essentielle à la dose de 13.95 mg/ml les témoins. De même, des différences hautement significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre cette huile essentielle à la dose de 9.3 mg/ml et les témoins après 15 minutes d'exposition. Alors qu'aucune différence n'a été observée la dose de 9.3 mg/ml et les témoins après 10 et 5 minutes d'exposition.

Tableau 2.4 : Activité scolicide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* contre les protoscolex du kyste hydatique à différentes concentrations et à différents temps d'exposition.

Dose mg/ml	Temps d'exposition	Protoscolex (Moyenne $\pm$ Ecartype)	Protoscolex mort (Moyenne $\pm$ Ecartype)	Taux de Mortalité (%)
9.3	5 min	1075 $\pm$ 205.06	250 $\pm$ 22.62	23.26
	10 min	1161 $\pm$ 121.62	564 $\pm$ 183.55	48.58
	15 min	1337.33 $\pm$ 352.57	1108 $\pm$ 235.53	82.85**
	Control Tween 20	1079	152	14.09
	Control normal saline	1193	74	6.2
13.95	5 min	1348.67 $\pm$ 124.23	1348.67 $\pm$ 124.23	100***
	10 min	1099.67 $\pm$ 96.50	1099.67 $\pm$ 96.50	100***
	15 min	1092.33 $\pm$ 128.15	1092.33 $\pm$ 128.15	100***
	Control Tween 20	1079	152	14.09
	Control normal saline	1193	74	6.2

Chaque valeur du tableau est représentée sous la forme de moyenne $\pm$ écart type ($n = 3$). Les moyennes marquées d'un astérisque (**) ou des astérisques (***) sont différent hautement significativement ou très hautement significativement (LSD) au seuil de probabilité $p < 0.05$ pour chaque dose.

Des résultats inférieurs ont été enregistrés par Soleimani et al. (2021) pour l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* à chémotype carvacrol qui possède une activité létale vis-à-vis des protoscolex après seulement 15 min d'exposition à la concentration de 1%. Cependant, ces mêmes auteurs ont mentionné que cette même huile essentielle à la concentration de 10% permet de tuer la totalité des protoscolex après seulement 5 min d'exposition.

Toutefois l'étude menée par Pensel et al. (2014) sur l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* (carvacrol 20.14% et thymol 19.71%) a montré que le taux de viabilité des protoscolex à la dose de 10µg/ml était de $22.3 \pm 1.2\%$ après 60 jours d'incubation.

De même, l'HE d'*Origanum minutiflorum* à la concentration de 0.05 % a exercé un effet scolicide après seulement 5 min d'exposition (Sokmen et al., 2020).

De nombreuses investigations antérieures ont signalé une variable activité scolicide de diverses huiles essentielles à chémotype thymol en fonction de la dose et du temps. Mahmoudvand et al. (2017) ont noté un effet scolicide de 100% pour l'huile essentielle de *Zataria multiflora* Boiss à la dose de 100µg/ml après 5 min d'exposition. De même, Moazeni et al. (2012a) ont mentionné que l'huile essentielle de *Trachyspermum ammi* L(Ajowan) à la concentration de 5mg/ml peut tuer 51.89, 72.20, 88.64 et 100% des protoscolex après 10, 20, 30 et 60 min, respectivement. Cependant, Pensel et al. (2014) ont constaté que la viabilité des protoscolex à la dose de 10µg/ml de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* à chémotype thymol était de $35.3 \pm 2.8\%$ après 60 jours d'incubation.

Plusieurs travaux antérieurs ont été consacré à l'étude de l'activité scolicide in-vitro de thymol, composant majoritaire de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*. Elissondo et al. (2013) ont noté un taux de viabilité des protoscolex de 14.6% et 1.3 % après un traitement pendant 2 minutes par le thymol à la dose de 200 et 250 µg/ml, respectivement. De plus ces auteurs ont observé des changements morphologiques du tégument du corps et de la zone du scolex traités au thymol pendant 2 et 10 minutes. Elissondo et al. (2008) ont enregistré un taux de viabilité des protoscolex de $53.5 \pm 11.9\%$ après 12 jours d'incubation suite à un traitement au thymol à la dose de 10µg/ml. Alors qu'après 42 jours d'incubation, ce taux était de $11.5 \pm 15.3\%$. Tandis qu'un taux nul (0%) de viabilité a été obtenu après 80 jours d'incubation. Ces mêmes auteurs ont noté que le thymol à la dose 1 et 5 µg/ml entraîne une réduction de la viabilité des protoscolex de près de 50% en 42 jours d'incubation. Cependant, une viabilité nulle (0%) a été produite après 86 jours d'incubation. En revanche, Younes et al. (2011) ont signalé un taux de viabilité des protoscolex nul (0%) seulement après 15 jours d'incubation suite un traitement par le thymol à la concentration de 50µg/ml.

L'activité scolicide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* est probablement due à la richesse de cette huile essentielle en thymol. Bien que le thymol soit structuellement analogue au carvacrol, mais la position des groupes hydroxyles diffère entre les deux molécules (Nazzaro et al.,

2013). Ces mêmes auteurs rapportent que ces différences n'affectent pas l'activité de l'un ou l'autre comme agent antimicrobien.

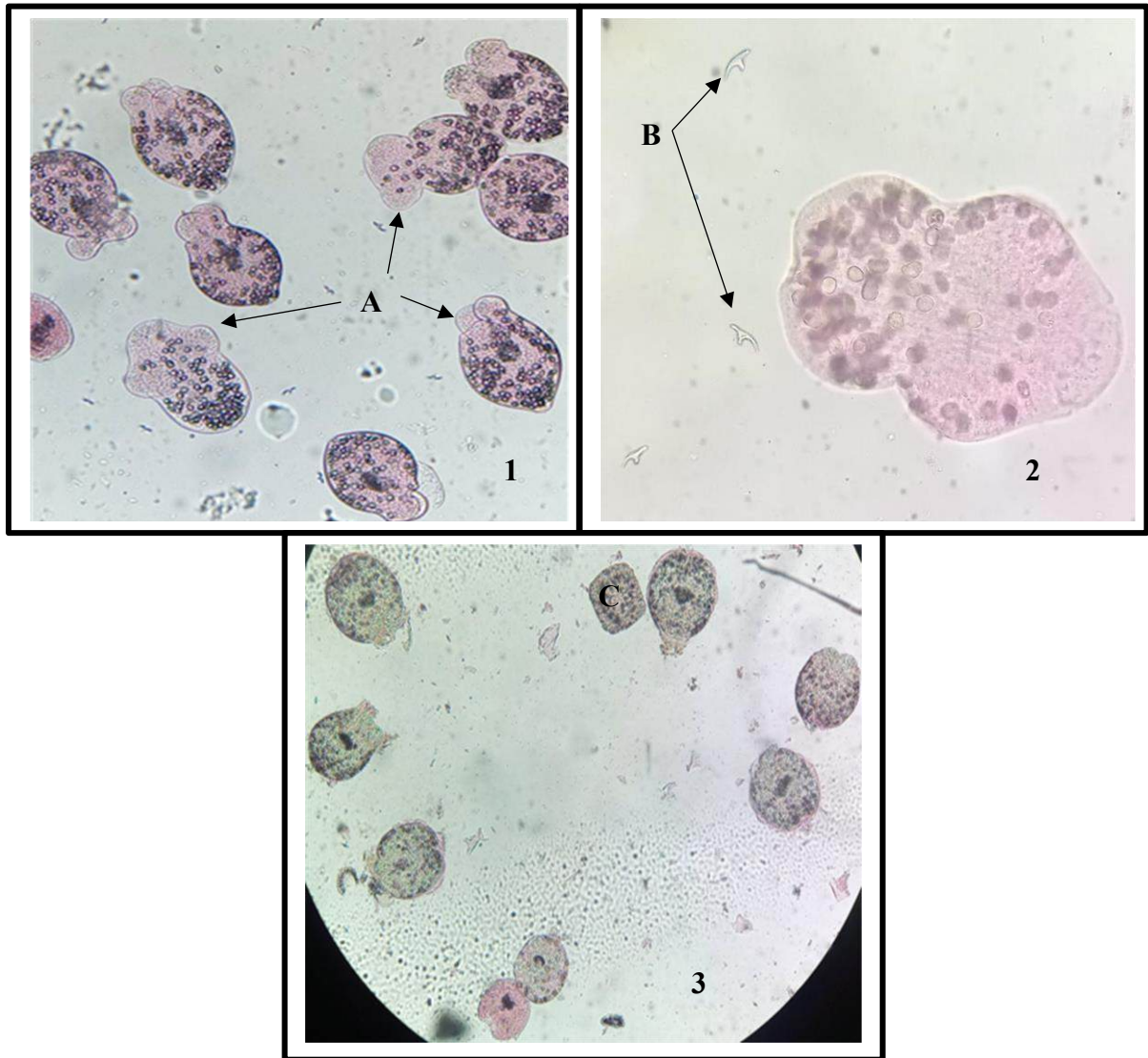


Figure 2.15: Les effets de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur les protoscolices.

1 : Protoscolices morts du kyste hydatique après exposition de 10 min à 13.95 mg/ml d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* additionnée de 0.1 % d'éosine GX40. **A :** Extensions digitiformes (Flèches). **2 :** Protoscolix mort associé à une modification de la forme du protoscolix après exposition de 15 min à 13.95 mg/ml d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* additionnée de 0.1 % d'éosine **B :** Libération des croches (Flèche). **3 :** Protoscolices morts du kyste hydatique après exposition de 5 min à 9.3 mg/ml d'huile essentielle d'*Origanum vulgare* additionnée de 0.1% d'éosine GX40. **C :** Forme carrée du protoscolix GX40.

De plus, ces expériences nous ont permis d'observer des modifications morphologiques chez les protoscolex morts, telles que la perte des crochets, la contraction du soma, extensions digitiformes et une modification de la forme (forme carrée). Des modifications morphologiques similaires ont été observées par Selles et al. (2024). Ces auteurs supposent que le carvacrol (le composé majoritaire de cette huile essentielle) est responsable de ces modifications.

La présente étude a démontré clairement une dépendance de l'effet scolicide en fonction du temps et de la dose. Cette étude a été caractérisée par une différence très hautement significative, hautement significative et significative dans l'activité scolicide des huiles essentielles de *Thymus pallescens* et *Origanum vulgare* à la dose de 9.1 mg/ml et 9.3 mg/ml après des temps d'exposition de 5min, 10 min et 15 min, respectivement. Cette différence peut s'expliquer par la localisation du groupement hydroxyle des composants majoritaires, la complexité chimique ou à l'effet synergique des composants mineurs de ces huiles essentielles.

Conclusion

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail nous pouvons conclure ce qui suit :

Le rendement en huile essentielle de *Thymus pallescens* et *Origanum vulgare* a été de 1.87 ± 0.30 % (p/p) et 1.94 ± 0.13 % (p/p), respectivement.

Le composant majeur de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* était le carvacrol avec un taux de 57.31% de sa composition globale. Tandis que le thymol a été le constituant majoritaire de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* avec une proportion de 69.33%.

L'huile essentielle d'*Origanum vulgare* a exercé un pouvoir réducteur avec une EC_{50} de 882.51 $\mu\text{g/ml}$ et une activité de piégeage des radicaux DPPH avec une IC_{50} de 842.52 $\mu\text{g/ml}$ meilleur que celle de l'huile essentielle de *Thymus pallescens* qui a affiché une EC_{50} de 1043.51 $\mu\text{g/ml}$ et un IC_{50} de 1090.03 $\mu\text{g/ml}$.

Une forte activité scolicidale d'huile essentielle de *Thymus pallescens* a été constatée au cours de la présente étude. Les doses de 9.1 mg/ml et 13.65 mg/ml ont tuée 100 % des protoscolex après seulement 5 minutes d'exposition. Cette forte activité scolicidale a été associée à des modifications morphologique des protoscolex. Cependant, l'huile essentielle de *l'Origanum vulgare* a affiché un taux de létalité de 100 % à la dose de 13.95 mg/ml après une exposition de 5 minutes. Toutefois, à une concentration de 9.3 mg/ml, cette huile essentielle n'a éliminé que 23.26 %, 48.58 % et 82.85 % des protoscolex après une exposition de 5, 10 et 15 minutes, respectivement.

Ces résultats peuvent fournir une base utile concernant les effets thérapeutiques présumés des huiles essentielles pouvant appuyer leur application comme agent scolicide alternatif efficace, contre les protoscolex durant la chirurgie ordinaire ou bien les interventions endoscopiques par la technique PAIR. Néanmoins, des recherches complémentaires (ex-vivo, in-vivo) s'avéreront nécessaires pour valider ces conclusions et plus particulièrement pour l'analyse de la toxicité de ces huiles essentielles sur les tissus.

Références Bibliographiques



1. Abbasi B, Akhavan R, Ghamari Khameneh A, Darban Hosseini Amirkhiz G, Rezaei-Dalouei H, Tayebi S, Hashemi J, Aminizadeh B, Darban Hosseini Amirkhiz S. 2021. Computed tomography and magnetic resonance imaging of hydatid disease: A pictorial review of uncommon imaging presentations. *Heliyon*. 7(5): e07086. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07086>
2. Adas G, Arikan S, Kemik O, Oner A, Sahip N, Karatepe O. 2009. Use of albendazole sulfoxide, albendazole sulfone and combined solutions as scolicidal agents on hydatid cysts (in vitro study). *World J Gastroenterol*. 15(1): 112–116. <https://doi.org/10.3748/wjg.15.112>.
3. Ahmed ME, Salim B, Grobusch MP, Aradaib I E. 2018. First molecular characterization of *Echinococcus granulosus* (sensu stricto) genotype 1 among cattle in Sudan. *BMC Vet Res*. 14 (36): 1-5. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1348-9>
4. Akhan O. 2023. Percutaneous treatment of liver hydatid cysts: to PAIR or not to PAIR. *Curr Opin Infect Dis*. 36(5):308-317. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000956>
5. Al Kamaly O, Alanazi A.S, Conte R, Imtara H. 2023. Phytochemical composition and insight into antibacterial potential of *Origanum vulgare* essential oil from Saudi Arabia using in vitro and in silico approaches. *Processes*, 11, 650. <https://doi.org/10.3390/pr11030650>
6. Albani CM, Iglesias A, Albanese A, Fuentes G, Orallo D, Maggi M, Elissondo MC. 2024. Evaluation of the Protoscolicidal Activity of *Humulus lupulus* Methanolic Extracts on *Echinococcus granulosus Sensu Stricto*. *Evid Based Complement Alternat Med*. 4:6251666. <https://doi.org/10.1155/2024/6251666>
7. Ali R, Khan S, Khan M, Adnan M, Ali I, Khan TA, Haleem S, Rooman M, Norin S, Khan SN. 2020. A systematic review of medicinal plants used against *Echinococcus granulosus*. *PLoS One*. 15 (10): e0240456. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240456>.

8. Alibi S, Selma WB, Ramos-Vivas J, Smach MA, Touati R, Boukadida J, Navas J, Ben Mansour H. 2020. Anti-oxidant, antibacterial, anti-biofilm, and anti-quorum sensing activities of four essential oils against multidrug-resistant bacterial clinical isolates. *Curr Res Transl Med*. 68 (2): 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.retram.2020.01.001>
9. Alloun K, Benchabane O, Hazzit M, Mouhouche F, Baaliouamer A, Chikhoun A, Benchabane A. 2019. Effect of gamma ray irradiation on chemical composition, Antioxidant, antimicrobial, and insecticidal activities of *Thymus pallescens* essential oil. *Acta. Chromatogr*. 31 (1): 57-62. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00346>
10. Alpaca Rodriguez LR, Kirschbaum-Chrem JP, Romero G, Villanueva E, Ugas Charcape CF. 2025. The many faces of pediatric hydatid disease: a pictorial review. *Pediatr Radiol*. 55(1):115-127. <https://doi.org/10.1007/s00247-024-06080-7>
11. Alshoabi SA, Alkalady AH, Almas KM, Magram AO, Algaberi AK, Alareqi AA, Hamid AM, Alhazmi FH, Qurashi AA, Abdulaal OM, Aloufi KM, Alsharif WM, Alsultan KD, Omer AM, Gareeballah A. 2023. Hydatid Disease: A Radiological Pictorial Review of a Great Neoplasms Mimicker. *Diagnostics (Basel)*. 13(6):1127. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061127>
12. Alyousif MS, Al-Abodi HR, Almohammed H, Alanazi AD, Mahmoudvand H, Shalamzari, M.H, Salimikia I. 2021. Chemical composition, apoptotic activity, and antiparasitic effects of *Ferula macrecolea* essential oil against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Molecules*. 26 (4): 888. <https://doi.org/10.3390/molecules26040888>
13. Amiri H. 2012. Essential oils composition and antioxidant properties of three *Thymus* species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. :728065. DOI:[10.1155/2012/728065](https://doi.org/10.1155/2012/728065).
14. Andi SA, Maskani F. 2021. Essential oil chemical diversity of twenty Iranian *Origanum vulgare* L. subsp. viride populations. *Biochemical Systematics and Ecology*. 98 (2021) : 104323

15. Aouam I, El Atki Y, Taroq A, El Kamari F, Abdellaou A. 2019. Chemical composition, antimicrobial, and antioxidant activities of two Moroccan *Thymus* essential oils. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research 12(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i1.30377>.
16. Aryamand S, Khademvatan S, Hazrati Tappeh K, Heshmatian B, Jelodar A. 2019. In Vitro and in Vivo Scolicidal Activities of *Holothuria leucospilota* Extract and CeO₂ Nanoparticles against Hydatid Cyst. Iran J Parasitol. 14(2): 269-279
17. Assis RMD, Santos JP D, Honorato A DC, Rocha JPM, Carvalho AAD, Bertolucci S KV, Pinto JE B. 2024. Green manure (*Crotalaria juncea* L.) enhances *Origanum vulgare* L. biomass accumulation, essential oil yield, and phytochemical properties. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 96(1) : e20230539.
18. Aydin Y, Ulas AB, Ahmed AG, Eroglu A. 2022. Pulmonary Hydatid Cyst in Children and Adults: Diagnosis and Management. Eurasian J Med. 54 (Suppl 1):133-140. <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2022.22289>



19. Badwaik N, Gharde P, Shinde RK, Tayade H, Navandhar PS, Patil M. 2024. Hydatid Cyst or Echinococcosis: A Comprehensive Review of Transmission, Clinical Manifestations, Diagnosis, and Multidisciplinary Treatment. Cureus. 16(7): e63713. <https://doi.org/10.7759/cureus.63713>
20. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. 2008. biological effects of essential oils—a review. Food and Chemical Toxicology. 46(2): 446-475.
21. Basaid K, Chebli B, Mayad E. H, Furze J. N, Bouharroud R, Krier F, Barakate M, Paulitz T. 2021. Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: a review. International Journal of Pest Management. 67(2): 155-177.

22. Béjaoui A, Boulila A, Boussaid M. 2013b. Chemical composition and biological activities of essential oils and solvent extracts of *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* Desf. from Tunisia. *Journal of Medicinal Plants Research*. 7(32): 2429-2435. <https://doi.org/0.5897/JMPR11.902>
23. Béjaoui A, Chaabane H, Jemli M, Boulila A, Boussaid M. 2013a. Essential Oil Composition and Antibacterial Activity of *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* Desf. at Different Phenological Stages. *Journal of Medicinal Food*. 16(12): 1115–1120. doi:10.1089/jmf.2013.0079
24. Bekhechi C, Atik-Bekkara F, Abdelouahid D. 2008. Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. *Phytothérapie*. 6 : 153-159.
25. Bekka F. 2009. Effet des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* Desf. et d'*Artemisia herba alba* Asso sur des bactéries multirésistantes. Thèse de magister. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université de Béjaia.
26. Bellanger A P, Achour K, Barkati S, Bastid C, Bresson-Hadni S, Delaere B, Dziri C, Gottstein B, Kachani M, Mantion G, Umhang G, Wallon M, Vuitton D A. 2021. Terminologie à utiliser pour l'étude et la prise en charge des échinococcoses: adaptation du consensus international à la langue française. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*. 205(8) : 1028-1059. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2021.06.016>
27. Benchabane O, Hazzit M, Mouhouche F, Baaliouamer A. 2015. Influence of extraction duration on the chemical composition and biological activities of essential oil of *Thymus pallescens* de Noé. *Arab. J. Sci. Eng.* 40:1855-1865. <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1694-x>
28. Benchikh ElFegoun MC, Kohil K, L'Ollivier C, Lleu M, Babelhadj B, Piarroux M, Gharbi M, Piarroux R. 2016. Targeting abattoirs to control cystic echinococcosis in Algeria. *Bull Soc Pathol Exot.* 109: 192–194 (2016). <https://doi.org/10.1007/s13149-016-0501-6>
29. Bendahou M, Muselli A, Grignon-Dubois M, Benyoucef M, Desjobert J M, Bernardini A F, Costa J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf.

- essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. Food Chemistry. 106: 132–139.
- 30.** Benyoucef F, Dib M E-A, Arrar Z, Costa J, Muselli A. 2018. Synergistic antioxidant activity and chemical composition of essential oils from *Thymus fontanesii*, *Artemisia herba alba* and *Rosmarinus officinalis*. J Appl Biotechnol Rep. 5(4):151-156. DOI: [10.29252/JABR.05.04.03](https://doi.org/10.29252/JABR.05.04.03)
- 31.** Bhatt S, Tewari G, Pande C, Punetha D, Prakash O. 2020. Antioxidative potential and compositional variation among *Origanum vulgare* L. collected from different districts of Kumaun Himalayas, Uttarakhand. Journal of Essential Oil Research. 32(2) : 121–131. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1720834>
- 32.** Blois M S.1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181(4617): 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- 33.** Böhme K, Barros-Velázquez J, Calo-Mata P, Aubourg S P. 2013. Antibacterial, antiviral and antifungal activity of essential oils: Mechanisms and applications. In *Antimicrobial compounds: Current strategies and new alternatives*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 51-81.
- 34.** Bora L, Avram S, Pavel, I Z, Muntean D, Liga S, Buda Vet Danciu C. 2022. An up-to-date review regarding cutaneous benefits of *Origanum vulgare* L. essential oil. Antibiotics. 11(5): 549.
- 35.** Borgarello A V, Mezza G N, Soltermann A T, Pramparo M C. 2014. Use of a free radical scavenging method on extracts obtained by molecular distillation from oregano essential oil. Latin American applied research. 44(1): 25-30.
- 36.** Botezatu C, Mastalier B, Patrascu T. 2018. Hepatic hydatid cyst - diagnose and treatment algorithm. J Med Life. 11(3):203-209. <https://doi.org/10.25122/jml-2018-0045>. Erratum in: J Med Life. 11(4):394.
- 37.** Botineau M. 2010. Botanique systématique et applique des plantes à fleurs, Tech & Doc (Eds). 1335.

- 38.** Bouchikhi Tani Z. 2011. Lutte contre le bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles -Thèse- écologie animale, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen.
- 39.** Bouhaddouda N, Aouadi S, Labiod R. 2016. Evaluation of chemical composition and biological activities of essential oil and methanolic extract of *Origanum vulgare* L. ssp. *glandulosum* (desf.) *Ietswaart* from Algeria. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 8(1): 104-112.
- 40.** Bouhdid S, Abrini J, Baudoux D, Manresa A, Zhiri A. 2012. Les huiles essentielles de l'origan compact et de la cannelle de Ceylan: pouvoir antibactérien et mécanisme d'action. Journal de Pharmacie Clinique. 31(3) :141-148.
- 41.** Boukhatem M N, Ferhat A, Kameli, A. 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. Une. 3(4) :1653-1659.
- 42.** Bourée P, Bisaro F. 2007. Hydatidose: aspects épidémiologique et diagnostique. Antibiotiques. 9(4): 237-245. [https://doi.org/10.1016/S1294-5501\(07\)73920-1](https://doi.org/10.1016/S1294-5501(07)73920-1)
- 43.** Bouyahya A, Bakri Y, Et-Touys A, Talbaoui A, Khouchlaa A, Charfi S, Dakka N. 2017. Resistance to antibiotics and mechanisms of action of essential oils against bacteria. Phytothérapie. 1-11.
- 44.** Bozin B, Mimica-Dukic N, Simin N, Anackov G. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. J. Agric Food Chem. 54 (5):1822-1828. <https://doi.org/10.1021/jf051922u>
- 45.** Brah AS, Obuah C, Adokoh CK. 2024. Innovations and modifications of current extraction methods and techniques of citrus essential oils: a review. Discover Applied Sciences. 6(9) : 460.

46. Brik K, Hassouni T, Youssir S, Baroud S, Elkharrim K, Belghyti D. 2018. Epidemiological study of *Echinococcus granulosus* in sheep in the Gharb plain (North-West of Morocco). J Parasit Dis. 42(4) :505-510. <https://doi.org/10.1007/s12639-018-1026-7>.
47. Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie, Plantes médicinales. Paris: Lavoisier Technique et Documentation, 405.
48. Brunetti E, Kern P, Vuitton DA. 2010. Expert consensus for the diagnosis and treatment of cystic and alveolar echinococcosis in humans. Acta Trop. 114:1–16. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.11.001>.
49. Buronzo A. 2008. Grande guide des huiles essentielles, Sant Beaut Bien Etre. 23- 25.
50. Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International journal of food microbiology. 94(3) :223-253.



51. Calame P, Weck M, Busse-Cote A, Brumpt E, Richou C, Turco C, Doussot A, Bresson-Hadni S, Delabrousse E. 2022. Role of the radiologist in the diagnosis and management of the two forms of hepatic echinococcosis. Insights Imaging. 13 (1): 68. <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01190-y>
52. Caputo L, Amato G, de Bartolomeis P, De Martino L, Manna F, Nazzaro F, De Feo V, Barba AA. 2022. Impact of drying methods on the yield and chemistry of *Origanum vulgare* L. essential oil. Sci Rep. 12(1): 3845. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07841-w>
53. Caraiani C, Yi D, Petresc B, Dietrich C. 2020. Indications for abdominal imaging: When and what to choose? J Ultrason. 20(80): e43-e54. <https://doi.org/10.15557/JoU.2020.0008>.
54. Chabenat H, Couic-Marinier F. 2021. L’aromathérapie en infectiologie, un complément de l’antibiothérapie. Actualités Pharmaceutiques. 60(606) : 37-39.4

55. Chaintreau A, Joulain D, Marin C, Schmidt C-O, Vey M. 2003. GC-MS quantitation of fragrance compounds suspected to cause skin reactions. 1. Journal of agricultural and food chemistry. 51(22): 6398-6403.
56. Chandenier J, Chippaux J P, Gazin P, Jannin J, Solano P. 2021. Contrôle, élimination, éradication : où en est-on dans les MTN ? Journée scientifique de la SFMTSI du 25 novembre 2021. Médecine Tropicale et Santé Internationale. 1(4).
57. Chang HC, Huang GJ, Agrawal DC, Kuo,CL, Wu CR, Tsay HS. 2007. Antioxidant activities and polyphenol contents of six folk medicinal ferns used as “Gusuibu”. Botanical Studies. 48 : 397–406.
58. Chroho M, Rouphael Y, Petropoulos SA, Bouissane L. 2024. Carvacrol and thymol content affects the antioxidant and antibacterial activity of *Origanum compactum* and *Thymus zygis* essential oils. Antibiotics. 13, 139. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13020139>
59. Cimino C, Maurel OM, Musumeci T, Bonaccorso A, Drago F, Souto EMB, Carbone C. 2021. Essential oils: Pharmaceutical applications and encapsulation strategies into lipid-based delivery systems. Pharmaceutics. 13(3):327.

D

60. Dakkak A. 2010. Echinococcosis/hydatidosis: a severe threat in Mediterranean countries. Vet Parasitol. 174(1-2):2-11. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.08.009>
61. Daoudi NE, Bnouham M. 2020. Hepatoprotective essential oils: A review. Journal of Pharmacopuncture. 23(3):124.
62. Daryani A, Sharif M, Amouei A, Nasrolahei M. 2009. Fertility and viability rates of hydatid cysts in slaughtered animals in the Mazandaran Province, Northern Iran. Trop Anim Health Prod. 49: 1701-1705. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9368-x>

63. de Sousa DP, Damasceno ROS, Amorati R, Elshabrawy HA, de Castro RD, Bezerra DP, Lima TC. 2023. Essential oils: Chemistry and pharmacological activities. *Biomolecules*. 13(7):1144.
64. Deibel A, Müllhaupt B. 2024. Diagnose und Therapie der Echinokokkose. *Schweiz Gastroenterol*. 5 : 120–129. <https://doi.org/10.1007/s43472-024-00153-6>
65. Dietrich CF, Douira-Khomsy W, Gharbi H, Sharma M, Cui XW, Sparchez Z, Richter J, Kabaalioglu A, Atkinson NS, Schreiber-Dietrich D. 2020. Cystic and alveolar echinococcosis of the hepatobiliary tract—The role of new imaging techniques for improved diagnosis. *Med Ultrason*. 22 (1) : 75–84. <https://doi.org/10.11152/mu-2421>.
66. Dob T, Dahmane D, Benabdelkader T, Chelghoum C. 2006. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus fontanesii*. *Pharm Biol* 44 (8): 607–612. <https://doi.org/10.1080/13880200600897106>
67. Drăgan F, Moisa CF, Teodorescu A, Burlou-Nagy C, Fodor KI, Marcu F, Popa D, Teaha, DIM. 2022. Evaluating in vitro antibacterial and antioxidant properties of *Origanum vulgare* volatile oil. *Farmacia*.70:1114–1122.
68. Duval L. 2012. Les huiles essentielles à l’officine. Thèse de Doctorat, Université de médecine et de pharmacie de Rouen, France.
69. Dziri C, Haouet K, Fingerhut A. 2004. Treatment of hydatid cyst of the liver: where is the evidence? *World J Surg*. 28(8):731-6. <https://doi.org/10.1007/s00268-004-7516-z>



70. Edris AE. 2007. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. *Phytother Res*. 21 : 308–323.
71. El Abdali Y, Mahraz A, Beniaich G, Mssillou I, Chebaibi M, Bin Jordan Y, Lahkimi A, Nafidi H, Aboul-Soud M, Bourhia M, Bouia A. 2023. Essential oils of *Origanum compactum* Benth:

- Chemical characterization, *in vitro*, *in silico*, antioxidant, and antibacterial activities. Open Chemistry. 21(1) : 20220282. <https://doi.org/10.1515/chem-2022-0282>
72. El Ouariachi EM, Hamdani I, Bouyanzer A, Hammouti B, Majidi L, Costa J, Paolini J, Chetouani A. 2014. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Thymus broussonetii* Boiss. and *Thymus algeriensis* Boiss. from Morocco. Asian Pac J Trop Dis. 4(4): 281-286. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60573-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60573-9)
73. El Yaagoubi M, Mechqoq H, El Hamdaoui A., Mukku VJ, El Mousadik A, Msanda F, El Aouad N. 2021. A review on Moroccan Thymus species: Traditional uses, essential oils chemical composition and biological effects. Journal of Ethnopharmacology. 278, 114205.
74. Elisa E, Muslikh FA, Dewi TJD, Ma'arif B. 2023. A comparative analysis of steam distillation and enfleurage methods for the extraction of Cananga odorata flower essential oil. International Pharmacy Ulul Albab Conference & Seminar Malang, Oct 25-26th, 2023
75. Elissondo MC, Albani CM, Gende L, Eguaras M, Denegri G. 2008. Efficacy of thymol against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. Parasitology international. 57(2) :185-190.
76. Elissondo MC, Dopchiz MC, Brasesco M, Denegri G. 2004. *Echinococcus granulosus*: first report of microcysts formation from protoscoleces of cattle origin using the *in vitro* vesicular culture technique. Parasite. 11:415-8.
77. Elissondo MC, Pensel PE, Denegri GM. 2013. Could thymol have effectiveness on scolices and germinal layer of hydatid cysts? Acta tropica. 125(3) : 251-257.
78. El-Kolli M. 2017. Structure et activités des substances naturelles ! : principes et applications. Mémoire de master en écologie microbienne. Université de Ferhat Abbas Sétif.67p.
79. Eyob S, Martinsen BK, Tsegaye A, Appelgren M, Skrede G. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of extract and essential oil of korarima (*Aframomum corrorima* ((Braun) P.C.M. Jansen). African Journal of Biotechnology. 7: 2585–2592.

80. Ezzatkah F, Khalaf AK, Mahmoudvand H. 2021. Copper nanoparticles: Biosynthesis, characterization, and protoscolicidal effects alone and combined with albendazole against hydatid cyst protoscoleces. Biomed Pharmacother. 136:111257. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111257>



81. Fabbri J, Maggiore MA, Pensel PE, Denegri GM, Gende LB, Elissondo MC. 2016. In vitro and in vivo efficacy of carvacrol against *Echinococcus granulosus*. Acta Tropica. 164:272-279. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.09.001>

82. Fakhri Y, Omar SS, Dadar M, Pilevar Z, Sahlabadi F, Torabbeigi M, Rezaeiarsad N, Abbasi F, Mousavi Khaneghah A. 2024. The prevalence of hydatid cyst in raw meat products: a global systematic review, meta-analysis, and meta-regression. Sci Rep. 14(1):26094. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77168-1>.

83. Ferhat MA, Meklati BY, Chemat F. 2007. Comparison of different isolation methods of essential oil from citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave dry' distillation. Flavour Fragr J. 22 (6) :494–504.

84. Figueiredo AC, Barroso JG, Pedro LG. 2010. Volatiles from *Thymbra* and *Thymus* species of the western Mediterranean basin, Portugal and Macaronesia. Nat Prod Commun. 5 (9): 1465-76. <https://doi.org/10.1177/1934578X10005009>



85. Galvis V, Rey Chaves CE, Conde D, Peláez M, Sabogal Olarte JC. 2023. Giant Hydatid Cyst with Diaphragmatic, Pericardial, and Hepatic Involvement : Use of Extracorporeal Circulation for

- Major Liver Resection : A Case Report and Literature Review. Am J Case Rep. 24: e938601. <https://doi.org/10.12659/AJCR.938601>.
- 86.** Garedaghi Y, Bouree P, Khaki A, Shaarbaf F, Rangraz MHA. 2022. Evaluation of the Effects of *Bunium persicum* and Albendazole on Killing Hydatid Cyst Protoscolices *In Vitro*. Crescent Journal of Medical and Biological Sciences. 9 (2): 89–92. <https://doi.org/10.34172/cjmb.2022.15>.
- 87.** Garneau FX. 2005. Huiles essentielles : de la plante à la commercialisation - Manuel pratique. Corporation Laseve, Université du Québec à Chicoutimi, 185p.
- 88.** Gessese AT. 2020. Review on Epidemiology and Public Health Significance of Hydatidosis. Vet Med Int. 2020: 8859116. <https://doi.org/10.1155/2020/8859116>.
- 89.** Ghannadi A, Sajjadi SE, Kabouche A, Kabouche Z. 2004. *Thymus fontanesii* Boiss. & Reut. A potential source of thymol-rich essential oil in North Africa. Z Naturforsch C J Biosci. 59(3-4):187-9. DOI: [10.1515/znc-2004-3-410](https://doi.org/10.1515/znc-2004-3-410).
- 90.** Ghasemian O, Hoseini G, Soleimani .2018. L'étude de la prévalence du kyste hydatique chez les animaux domestiques abattus dans les abattoirs industriels en Iran. J Bacteriol Mycol Libre Acces .6(2): 96–100.
- 91.** Gherroucha D, Ayadi O, Gharbi M, Benhamza L. 2021. Infection parasitaire des foies et des poumons chez les bovins et les ovins dans les abattoirs de Constantine, Algérie, de 2009 à 2018. Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux. 74(3) : 177–180. <https://doi.org/10.19182/remvt.36763>
- 92.** Gholami SH, Rahimi-Esboei B, Ebrahimzadeh MA, Pourhajibagher M. 2013. In vitro effect of *Sambucus ebulus* on scolices of Hydatid cysts. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 17 (13): 1760-1765.
- 93.** Girard G. 2010. Les propriétés des huiles Essentielles dans les soins bucco – Dentaires d'hier à aujourd'hui. Thèse de Doctorat, Université Henri Poincare - Nancy 1. P 116.

94. Golzari SE, Sokouti M. 2014. Pericyst: the outermost layer of hydatid cyst. World J Gastroenterol. 20(5):1377-8. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i5.1377>.
95. Goncariuc M, Balmuş Z, Sandu T, Romanciuc G, Goncariuc N. 2014. Essential Oil of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* L. and *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart from Moldova: Content and Chemical Composition. International Journal of Agriculture Innovations and Research. 3 (2):695-663.
96. Gottumukkala VR, Mukhopadhyay T, Annamalai T, Radhakrishnan N, Sahoo MR. 2011. Chemical constituents and biological studies of *Origanum vulgare* L. Pharmacognosy Res. 3(2):143–145.
97. Goudjil MB. 2016. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques. Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah – Ouargla
98. Goyal S, Tewari G, Pandey HK, Kumari A. 2021. Exploration of productivity, chemical composition, and antioxidant potential of *Origanum vulgare* L. Grown at different geographical locations of Western Himalaya, India. Journal of chemistry. (1): 6683300.



99. Haddouchi F, Lazouni HA, Meziane A, Benmansour A. 2009. Etude physicochimique et microbiologique de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss & Reut. Afrique Science. 05(2) : 246 - 259.
100. Hălmăciu I, Suciuc BA, Molnar C, Russu PC, Butiurca VO, Tilincă M, Patricia S, Molnar C. 2021. Multiple Hepatic Hydatid Cysts - Review of the Literature and Case Report. Chirurgia (Bucur).116(4):492-502. <https://doi.org/10.21614/chirurgia>.
101. Hamrat K, Yahia A, Cozma V. 2013. Report on the situation of epidemiology in Algeria from hydatidosis (2007-2010). Agricultura – Ştiinţă şi practică. 1- 2(85-86): 112-122.

- 102.** Han F, Ma Gq, Yang M, Yan L, Xiong W, Shu Jc, Zhao Zd, Xu Hl. 2017. Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano. J Zhejiang Univ Sci B. 18: 79–84. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1600377>
- 103.** Harandi MF, Budke CM, Rostami S. 2012. The monetary burden of cystic echinococcosis in Iran. PLoS Negl Trop. 6 :1915. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001915>.
- 104.** Hasbi S, Slioui B. 2017. Kyste hydatique musculaire lombaire : une localisation rare. À propos d'un cas et revue de la littérature. J Afr Hepato Gastroenterol. 11 : 185–186. <https://doi.org/10.1007/s12157-017-0733-5>
- 105.** Hassanzadeh E, Khademvatan S, Jafari B, Jafari A, Yousefi E. 2023. In vitro and in silico scolical effect of sanguinarine on the hydatid cyst protoscoleces. PLoS One. 18 (10):0290947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290947>.
- 106.** Hazzit M, Baaliouamer A, Douar-Latreche S. 2013. Effect of heat treatment on the chemical composition and the antioxidant activity of essential oil of *Thymus pallescens* de Noé from Algeria. J Essent Oil Res. 25 (4):308-314. <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.774626>.
- 107.** Hazzit M, Baaliouamer A, Faleiro ML, Miguel MG. 2006. Composition of the essential oils of *Thymus* and *Origanum* species from Algeria and their antioxidant and antimicrobial activities. J Agric Food Chem. 54 (17): 6314-21. <https://doi.org/10.1021/jf0606104>
- 108.** Hazzit M, Baaliouamer B, Veríssimo AR, Faleiro ML, Miguel MG. 2009. Chemical composition and biological activities of Algerian *Thymus* oils. Food Chemistry. 116: 714–721. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.018>
- 109.** He T, Li X, Wang X, Xu X, Yan X, Li X, Sun S, Dong Y, Ren X, Liu X, Wang Y, Sui H, Xia Q, She G. 2020. Chemical composition and anti-oxidant potential on essential oils of *Thymus quinquecostatus* Celak. from Loess Plateau in China, regulating Nrf2/Keap1 signaling pathway in zebrafish. Sci Rep. 10 (1):11280. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68188-8>.

- 110.** Hellal Z. 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de magister en biologie. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Biochimie Appliquée et Biotechnologies. 120 P.
- 111.** Hernandez-Ochoa LR. 2005. Substitution de solvants et matières actives de synthèse par une combine « solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de doctorat en Sciences. Institut National Polytechniques de Toulouse. Spécialité : Sciences des Agro-ressources (France). P225.
- 112.** Hizem A, M'rad S, Oudni-M'rad M., Mezhoud H, Ben Jannet H, Flamini G. 2020. In-vitro scolical activity of *Thymus capitatus* Hoff. Et Link. essential oil on *Echinococcus granulosus* protoscoleces. J. Essent. Oil. Res. 32 (2):178–185. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1711212>.
- 113.** Houshmand E, Kamalifar H, Elmi H. 2019. In vitro Scolicidal Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Ethanolic Extract Against Protoscolices of Hydatid Cyst. Iran J Vet Med. 13 (1): 87-99.
- 114.** Hussein D A. 2024. What are the Strategies for Controlling Hydatid Cysts in Developing Countries?. Medical Journal. ISSN: 2960-1959



- 115.** Ietswaart JH. 1980. A Taxonomic Revision of the Genus *Origanum*. Leiden University Press, Leiden.
- 116.** Ilić Z, Stanojević L, Milenković L, Šunić L, Milenković A, Stanojević J, Cvetković D. 2022. The yield, chemical composition, and antioxidant activities of essential oils from different plant parts of the wild and cultivated oregano (*Origanum vulgare* L.). Horticulturae. 8(11):1042.

117. Imtara H, Al-Waili N, Aboulghazi A, Abdellaoui A, Al-Waili T, Lyoussi B. 2021. Chemical Composition and Antioxidant Content of Thymus Vulgaris Honey and Origanum Vulgare Essential Oil; Their Effect on Carbon Tetrachloride-Induced Toxicity. Vet World. 14: 292-301.

118. Ito A, Nakao M, Lavikainen A, Hoberg E. 2017. Cystic echinococcosis: Future perspectives of molecular epidemiology. Acta Trop. 165:3-9. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.05.013>.



119. Jalil PJ, Shnawa BH, Al-Ali SJ. 2022. Immunological aspects of cystic echinococcosis : an overview. In: Abbas RZ, Khan A, Liu P, Saleemi MK. editor Animal Health Perspectives. Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan. (1): 103-113. <https://doi.org/10.47278/book.ahp/2022.14>

120. Jamali CA, Kasrati A, Bekkouche K, Hassani L, Wohlmuth H, Leach D, Abbad A. 2013. Phenological changes to the chemical composition and biological activity of the essential oil from Moroccan endemic thyme (*Thymus maroccanus* Ball). Ind Crops Prod. 49: 366-372. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.016>

121. Jarjees MT, Al-Bakri HS. 2012. Incidence of hydatidosis in slaughtered livestock at Mosul, Iraq. Iraqi Journal of Veterinary Sciences. 26 (1): 21-25.

122. Jerković I, Mastelić J, Miloš M. 2001. The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of *Origanum vulgare* L. ssp. hirtum grown wild in Croatia. International Journal of Food Science & Technology. 36 (6): 649-654. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00502.x>

123. Jnaid Y, Yacoub R, Al-Biski F. 2016. Antioxidant and antimicrobial activities of Origanum vulgare essential oil. International Food Research Journal. 23(4).



124. Kadam AA, Singh S, Gaikwad KK. 2021. Chitosan based antioxidant films incorporated with pine needles (*Cedrus deodara*) extract for active food packaging applications. Food Control. 124 : 107877
125. Kadhim M A A, Al-Hakak Z M. 2023. Epidemiological Study on Relationship Between Some of Demographic Characteristics and the Prevalence of Hydatid Cysts Disease in the Holy City of Karbala. Journal of Pioneering Medical Sciences. 12(4) : 1-5.
<https://doi.org/10.61091/jpms20231241>
126. Kalinova K. 2007. Imaging (ultrasonography, computed tomography) of patients with hydatid liver disease. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine. 10(1): 45-51.
127. Kaloustian J, Hadji-Minaglou F. 2012. La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie : Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. 1^{er} édition, Springer-Verlag France.
128. Kankilic N, Aydin M S, Günendi T, Göz M. 2020. Unusual hydatid cysts: cardiac and pelvic-ilio femoral hydatid cyst case reports and literature review. Brazilian journal of cardiovascular surgery. 35(4): 465-472.
129. Katekar VP, Rao AB, Sardeshpande VR. 2022. Review of the rose essential oil extraction by hydrodistillation : An investigation for the optimum operating condition for maximum yield. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 29:100783.
130. Katekar VP, Rao AB, Sardeshpande VR. 2023. A hydrodistillation-based essential oils extraction: A quest for the most effective and cleaner technology. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 36:101270.

- 131.** Kavoosi G, Purfard AM. 2013. Scolicidal effectiveness of essential oil from *Zataria multiflora* and *Ferula assafoetida*: disparity between phenolic monoterpenes and disulphide compounds. *Comp Clin Pathol*. 22: 999–1005. <https://doi.org/10.1007/s00580-012-1518-2>
- 132.** Kheirandish F, Marzban A, Masoori L, Nourmohammadi M, Moradpour K, Cheraghipour K. 2020. Efficacy of thymol on the scolices of hydatid cyst. *Herb Med J*. 5 (1):37-44. <https://doi.org/10.22087/hmj.v5i1.786>.
- 133.** Kintzios SE. 2002. Oregano: The genera *origanum* and *lippia* (Medicinal and aromatic plants – industrial profiles) –Taylor & Francis. pp10
- 134.** Kohil K, Elfegoun, M B, Normand A C, Babelhadj B, Piarroux R. 2018. Brève : Echinococcose kystique en Algérie : les camélidés comme réservoirs d'*Echinococcus granulosus* pouvant contribuer à la contamination humaine. *Option/Bio*. 29(573-574), 5. [https://doi.org/10.1016/S0992-5945\(18\)30004-7](https://doi.org/10.1016/S0992-5945(18)30004-7)
- 135.** Kokkini S. 1997. Taxonomy, diversity and distribution of *Origanum* species. In: Padulosi, S. (Ed.), Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano. Ciheam Valenzano Bari. 2–12.
- 136.** Klotz F, Nicolas X, Debonne J, Garcia J, Andreu J. 2000. Kystes hydatiques du foie. *Encyclopedie medico-chirurgicale. Hépatologie*. 7-023-A-10 : 16 p. Eds Elsevier SAS, Paris.
- 137.** Kosakowska O, Węglarz Z, Styczyńska S, Synowiec A, Gniewosz M, Bączek K. 2024. Activity of Common Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Greek Oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*), and Common Oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare*) Essential Oils against Selected Phytopathogens. *Molecules*. 29(19):4617. doi: 10.3390/molecules29194617.
- 138.** Kozan E, Ilhan M, Tümen I, Küpeli Akkol E. 2019. The scolicidal activity of the essential oil obtained from the needles of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe on hydatid cyst. *J Ethnopharmacol*. 235 : 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.02.018>.

139. Kryeziu TL, Haloci E, Loshaj-Shala A, Bagci U, Oral A, Stefkov GJ, Zimmer A, Basholli-Saliu M. 2022. Nanoencapsulation of *Origanum vulgare* essential oil into liposomes with anticancer potential. *Pharmazie*. 77(6):172-178. doi: 10.1691/ph.2022.1230.

L

140. Lagouri V, Blekas G, Tsimidou M. 1993. Composition and antioxidant activity of essential oils from oregano plants grown wild in Greece. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 197(1):20-23. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01202694>

141. Laraba M, Serrat A, Ouassaa G. 2016. Etude in vitro de l'activité antioxydante des polyphénols isolés à partir d'une plante médicinale. Mémoire de Master en Sciences Biologiques. Université des Frères Mentouri Constantine

142. Lashkarizadeh MR, Asgaripour K, Dezaki ES, Harandi MF. 2015. Comparison of scolicidal effects of amphotricin B, silver nanoparticles, and *Foeniculum vulgare* Mill on hydatid cysts protoscoleces. *Iran J Parasitol.* 10 (2): 206–212.

143. Leyva-López N, Erick P, Gutiérrez G, Vazquez-Olivo G, Basilio Heredia J. 2017. Essential Oils of Oregano: Biological Activity beyond Their Antimicrobial Properties. *Molecules*. 22(6): 989. Doi :10.3390/molecules22060989.

144. Liang N, Kitts DD. 2014. Antioxidant property of coffee components : assessment of methods that define mechanisms of action. *Molecules* (Basel, Switzerland). 19(11) :19180–19208. <https://doi.org/10.3390/molecules191119180>

145. Lim TT, Tee JJ. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*. 103 : 1003–1008.

146. Lombrea A, Antal D, Ardelean F, Avram S, Pavel IZ, Vlaia L, Mut AM, Diaconeasa Z, Dehelean CA, Soica C, Danciu C. 2020. A Recent Insight Regarding the Phytochemistry and

Bioactivity of *Origanum vulgare* L. Essential Oil. International journal of molecular sciences. 21(24) :9653. <https://doi.org/10.3390/ijms21249653>



- 147.** Ma L, Yao L. 2020. Antiviral effects of plant-derived essential oils and their components: an updated review. *Molecules*. 25(11):2627.
- 148.** Machado AM, Lopes V, Barata AM, Póvoa O, Farinha N, Figueiredo AC. 2023. Essential Oils from *Origanum vulgare* subsp. *virens* (Hoffmanns. & Link) Ietsw. Grown in Portugal: Chemical Diversity and Relevance of Chemical Descriptors. *Plants*. 12 : 621. <https://doi.org/10.3390/plants12030621>
- 149.** Mahmoudi Y. 1992. La thérapeutique par les plantes les plus communes en Algérie. Palais du livre, BLIDA.
- 150.** Mahmoudvand H, Asadi A, Harandi M.F, Sharififar F, Jahanbakhsh S, Dezaki ES. 2014a. In vitro lethal effects of various extracts of *Nigella sativa* seed on hydatid cyst protoscoleces. *Iran J Basic Med Sci*. 17 (12): 1001
- 151.** Mahmoudvand H, Dezaki ES, Kheirandish F, Ezatpour B, Jahanbakhsh S, Harandi MF. 2014c. Scolicidal effects of black cumin seed (*Nigella sativa*) essential oil on hydatid cysts. *Korean J Parasitol*. 52 (6): 653- 659. <https://doi.org/10.3347/kjp.2014.52.6.653>.
- 152.** Mahmoudvand H, Fallahi S, Mahmoudvand H, Shakibaie M, Harandi MF, Dezaki ES. 2016. Efficacy of *Myrtus communis* L. to inactivate the hydatid cyst protoscoleces. *J Investig Surg*. 29 (3):137-143. <https://doi.org/10.3109/08941939.2015.1088601>.
- 153.** Mahmoudvand H, Harandi MF, Shakibaie M, Aflatoonian MR, Zia Ali N, Makki MS, Jahanbakhsh. 2014b. Scolicidal effects of biogenic selenium nanoparticles against protoscolices of hydatid cysts. *Int J Surg* 12: 399-403. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.03.017>.

- 154.** Mahmoudvand H, Mirbadie, SR, Sadooghian S, Harandi M.F, Jahanbakhsh S, Dezaki, ES. 2017. Chemical composition and scolicidal activity of *Zataria multiflora* Boiss essential oil. J Essent Oil Res. 29 (1):42–47. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1201546>.
- 155.** Mahmoudvand H, Pakravanan M, Aflatoonian MR, Khalaf AK, Niazi M, Mirbadie SR, Tavakoli Kareshk A, Khatami M. 2019. Efficacy and safety of *Curcuma longa* essential oil to inactivate hydatid cyst protoscoleces. BMC Complement Altern Med. 19(1):187. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2527-3>
- 156.** Mahmoudvand H, Pakravanan M, Kheirandish F, Jahanbakhsh S, Sepahvand M, Niazi M, Rouientan A, Aflatoonian MR. 2020. Efficacy and Safety *Curcuma zadoaria* L. to Inactivate the Hydatid Cyst Protoscoleces. Curr Clin Pharmacol. 15(1):64-71. DOI: [10.2174/1574884714666190918155147](https://doi.org/10.2174/1574884714666190918155147)
- 157.** Malik A A, UL Bari S. 2019. Human abdominal hydatidosis. 1st Eds. Springer Nature Singapore Pte. ISBN 978-981-13-2152-8. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2152-8>
- 158.** Maurya A, Prasad J, Das S, Dwivedy AK. 2021. Essential oils and their application in food safety. Frontiers in Sustainable Food Systems. 5:653420.
- 159.** Mayer F. 2012. Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite (Doctoral Dissertation, Université de Lorraine).
- 160.** McManus DP, Gray DJ, Zhang W, Yang Y. (2012). Diagnosis, treatment, and management of Echinococcosis. B M J. 344:3866. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3866>.
- 161.** Mebarka L. 2007. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de Tinguarra sicula. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Setif
- 162.** Mebarki N, Nabiev M, Ziane H, Chader H, Fazouan F. 2020. Evaluation of biological activities of Thyme extracts and their use as a natural alternative to antibiotics for the reduction of

- pharmaceutical waste. Algerian Journal of Environmental Science and Technology. 6 (1):1272-1283.
- 163.** Mechergui K, Coelho JA, Serra MC, Lamine SB, Boukhchina S, Khouja ML. 2010. Essential oils of *Origanum vulgare* L. subsp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart from Tunisia: chemical composition and antioxidant activity. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90(10): 1745-1749.
- 164.** Mechergui K, Jaouadi W, Coelho JP, Khouja ML. 2016. Effect of harvest year on production, chemical composition and antioxidant activities of essential oil of oregano (*Origanum vulgare* subsp *glandulosum* (Desf.) Ietswaart) growing in North Africa. Industrial Crops and Products. 90:32-37.
- 165.** Meenu M, Padhan B, Patel M, Patel R, Xu B. 2023. Antibacterial activity of essential oils from different parts of plants against *Salmonella* and *Listeria* spp. Food Chemistry. 404:134723.
- 166.** Mihetiu A, Bratu D, Sabau D, Nastase O, Sandu A, Tanasescu C, Boicean A, Ichim C, Todor SB, Serban D, Hasegan A. 2024. Optimized Strategies for Managing Abdominal Hydatid Cysts and Their Complications. Diagnostics (Basel). 14(13):1346. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14131346>.
- 167.** Milner J A. 2001. A historical perspective on garlic and cancer. J Nutr. 131: 1027–1031
- 168.** Miman O, Aycan OM, Aydin C, Atambay M. 2010. What should be the concentration of eosin to qualification of ideal staining for viability determination on hydatid cyst? Turk Hij Den Biyol Derg. 67 (1):21–26.
- 169.** Moazeni M, Borji H, Darbandi MS, Saharkhiz MJ. 2017. In vitro and in vivo antihydatid activity of a nano emulsion of *Zataria multiflora* essential oil. Res. Vet. Sci. 114, 308-312. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.06.003>.

170. Moazeni M, Larki S, Oryan A, Saharkhiz MJ. 2014. Preventive and therapeutic effects of *Zataria multiflora* methanolic extract on hydatid cyst: an in vivo study. *Vet Parasitol.* 205(1-2):107-12. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.07.006>.
171. Moazeni M, Larki S. 2010. In vitro effectiveness of acidic and alkaline solutions on scolices of hydatid cyst. *Parasitol Res.* 106: 853–856. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1723-3>.
172. Moazeni M, Saharkhiz MJ, Alavi AM. 2019. The lethal effect of a nano emulsion of *Satureja hortensis* essential oil on protoscoleces and germinal layer of hydatid cysts. *Iran J Parasitol.* 14 (2): 214.
173. Moazeni M, Saharkhiz MJ, Hoseini AA, Alavi AM. 2012b. In vitro scolicidal effect of *Satureja khuzistanica* (Jamzad) essential oil. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2 (8):616–620. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60107-5](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60107-5)
174. Moazeni M, Saharkhiz MJ, Hosseini AA. 2012a. In vitro lethal effect of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) essential oil on hydatid cyst protoscoleces. *Vet. Parasitol.* 187 (1-2): 203-208. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.12.025>
175. Moghadaszadeh M, Khayyati M, Spotin A, Norouzi R, Pagheh AS, Oliveira SMR, Pereira ML, Ahmadpour E. 2021. Scolicidal and apoptotic activities of 5-hydroxy- 1, 4-naphthoquinone as a potent agent against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Pharmaceuticals (Basel).* 14 (7): 623. <https://doi.org/10.3390/ph14070623>.
176. Mohideen M, Idris MIH, Zainal Abidin NSI, Kamaruzaman NA. 2021. Review on extraction methods of essential oil from kaffir lime (*Citrus hystrix*) leaves. *Journal of Academia.* 9 : 173-184.
177. Moisa C, Copolovici L, Pop G, Lupitu A, Ciutina V, Copolovici D. 2018. Essential oil composition, total phenolic content, and antioxidant activity-determined from leaves, flowers and stems of *Origanum vulgare* L. Var. *Aureum*. In *Agriculture for Life, Life for Agriculture*” Conference Proceedings. 1(1): 555-561.

- 178.** Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin J Sci Technol. 26(2) : 211-219.
- 179.** Moradi M, Hassani A, Sefidkon F, Maroofi H. 2015. Chemical Composition of Leaves and Flowers Essential Oil of *Origanum vulgare* ssp. *gracile* Growing Wild in Iran. Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 18:1, 242-247. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2014.884780>
- 180.** Morshedloo MR, Mumivand H, Craker LE, Maggi F. 2017. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils in *Origanum vulgare* subsp. *gracile* at different phenological stages and plant parts. J Food Process Preserv. 2017: e13516. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13516>
- 181.** Mouhi L, Moghrani H, Nasrallah N, Amrane A, Maachi R. 2017. Anti-inflammatory activity of essential oil of an endemic *Thymus fontanesii* Boiss & Reut with chemotype carvacrol and its healing capacity on gastric lesions. J Food Biochem. 41:12359. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12359>
- 182.** Moukhfi F, Dakir M, Nait Irahah I, Chninigue J, Outlioua A, JamalEddine J, Chadli N. 2022. Antioxidant Potential and Inhibitory Effect of Essential Oil from the Aerial Parts of *Origanum vulgare* L. Against Salmonella Poultry in Morocco. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 25(3): 456–467. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2091955>
- 183.** Moulodi F, Alizade Khaledabad M, Mahmoudi M, Rezazad Bari M. 2018. Chemical Composition, Antimicrobial And Antioxidant Properties of Essential Oil of *Origanum vulgare* ssp. *Gracile*. J Babol Univ Med Sci. 20(10):36-44.
- 184.** Moutassem D, Bellik Y, Sannef MEH. 2021. Toxicity and repellent activities of *Thymus pallescens* and *Cymbopogon citratus* essential oils against *Sitophilus granaries*. Plant. Prot. Sci. 57 (4): 297-309. <https://doi.org/10.17221/185/2020-PPS>



185. Nabet N, Boudries H, Loupassaki S, Souagui S, Madani K, Carbonell-Barrachina ÁA. 2017. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Thymus fontanesii* Boiss. et Reut. and *Origanum glandulosum* Desf. essential oils. International Food Research Journal. 24(6): 2518-2525.
186. Nde DB, Foncha AC. 2020. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. Processes. 8(2):209.
187. Nezhadali A, Nabavi M, Rajabian M, Akbarpour M, Pourali P, Amini F. 2014. Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 3 (2):87-92. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.05.001>
188. Niki E. 2010. Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. Free Radical Biology and Medicine. 49 : 503–515.
189. Nikolić M, Glamočlija J, Ferreira ICFR, Calhelha RC, Fernandes Â, Marković T, Marković D, Giweli A, Soković M. 2014. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant, and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. Ind Crops Prod. 52: 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006>
190. Noori IF, Jabbar AS. 2020. Hepatic Hydatid Cyst Diseases during Pregnancy: Diagnosis, Management and Best Practice. Syst Rev Pharm. 11: 689–694.
191. Nur A, Abera B, Gunse T. 2017. The significance (socio-economic impact) and control of Echinococcosis/Hydatidosis: a review. Eur J Biol Sci. 9(2): 58-66. <https://doi.org/10.5829/idosi.ejbs.2017.58.66>



192. Oksanen A, Lavikainen A. 2015. *Echinococcus canadensis* transmission in the North. *Vet Parasitol.* 213(3-4):182-6. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.07.033>.
193. Ormeci N. 2014. PAIR vs Örmeci technique for the treatment of hydatid cyst. *Turk J Gastroenterol.* 25(4):358-64. <https://doi.org/10.5152/tjg.2014.13018>.
194. Osaili TM, Dhanasekaran DK, Zeb F, Faris ME, Naja F, Radwan H, Obaid RS. 2023. A status review on health-promoting properties and global regulation of essential oils. *Molecules.* 28(4) :1809.
195. Otero-Abad B, Torgerson P R. 2013. A systematic review of the epidemiology of echinococcosis in domestic and wild animals. *PLoS Negl Trop Dis.* 7(6): e2249. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002249>.
196. Ouis N. 2015. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, des fenouils et de persil. Diss. Thèse de doctorat, Université Ahmed Ben Bella Oran, Algérie.
197. Ozdemir N, Ozgen Y, Kiralan M, Bayrak A, Arslan N, Ramadan,MF. 2018. Effect of different drying methods on the essential oil yield, composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. and *Origanum onites* L. *Journal of Food Measurement and Characterization.* 12: 820-825.
198. Özer Z. 2020. Chemical Composition and Antioxidant Activities of Leaf and Flower Essential Oils of *Origanum onites* L. (Lamiaceae) Growing in Mount Ida-Turkey. *JOTCSA.* 7(3):813–20.
199. Ozkan G, Baydar H, Erbas S. 2010. The influence of harvest time on essential oil composition, phenolic constituents and antioxidant properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.). *J Sci Food Agric.* 90(2):205-9. doi: 10.1002/jsfa.3788.



200. Padalia RC, Verma DK, Arora C et Mahish PK. (Eds.). 2023. *Essential Oils: Sources, Production and Applications*. De Gruyter.
201. Padmane E, Gujar S. 2021. Case Report on Hydatid Cysts with Hydropnemonothorax. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 33(50A): 1–5.
<https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i50A33375>
202. Panda SK, Daemen M, Sahoo G, Luyten W. 2022. Essential oils as novel anthelmintic drug candidates. *Molecules*. 27(23): 8327.
203. Paudel PN, Satyal P, Satyal R, Setzer WN, Gyawali R. 2022. Chemical Composition, Enantiomeric Distribution, Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Origanum majorana* L. Essential Oil from Nepal. *Molecules*. 27(18):6136. doi: 10.3390/molecules27186136.
204. Pawłowski Z S, Eckert J, Vuitton D A, Ammann R W, Kern P, Craig P S, ... & Wen H. 2001. Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment. WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. Office International des Épizooties. Paris-France.20-66.
205. Pensel P, Maggiore M, Gende L, Eguaras M, Denegri M, Elissondo M. 2014. Efficacy of essential oils of *Thymus vulgaris* and *Origanum vulgare* on *Echinococcus granulosus*. *Interdiscip Perspect Infect*. 693289. <https://doi.org/10.1155/2014/693289>.
206. Pensel PE, Ullio Gamboa G, Fabbri J, Ceballos L, Sanchez Bruni S, Alvarez LI, Allemandi D, Benoit JP, Palma SD, Elissondo MC. 2015. Cystic echinococcosis therapy: albendazole-loaded lipid nanocapsules enhance the oral bioavailability and efficacy in experimentally infected mice. *Acta Trop*. 152:185-94. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.09.016>

- 207.** Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F. 2006. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. *Food Research International*. 39 (7): 791-800.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.02.003>
- 208.** Perović AB, Karabegović IT, Krstić MS, Veličković AV, Avramović JM, Danilović BR, Veljković VB. 2024. Novel hydrodistillation and steam distillation methods of essential oil recovery from lavender: A comprehensive review. *Industrial Crops and Products*. 211:118244.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118244>
- 209.** Piloza G, Villavicencio-Vásquez M, Chóez-Guaranda I, Murillo D V, Pasaguay C D, Reyes C T, Maldonado-Estupiñán M, Ruiz-Barzola O, León-Tamariz F, Manzano P. 2024. Chemical, antioxidant, and antifungal analysis of oregano and thyme essential oils from Ecuador: Effect of thyme against *Lasiodiplodia theobromae* and its application in banana rot. *Heliyon*. 10 (10) : e31443. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31443>
- 210.** Pogorzelska-Nowicka E, Hanula M, Pogorzelski G. 2024. Extraction of polyphenols and essential oils from herbs with green extraction methods—An insightful review. *Food Chemistry*. 140456.
- 211.** Poirot T. 2016. Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine (France).
- 212.** Pourseif MM, Moghaddam G, Nematollahi A, Khordadmehr M, Naghili B, Dehghani J, Omid Y. 2001. Vaccination with rEGVac elicits immunoprotection against different stages of *Echinococcus granulosus* life cycle: A pilot study. *Acta Trop*. 218:105883.
<https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105883>.
- 213.** Proust B. 2006. *Petite Géométrie des Parfums*. Éditions du Seuil. Paris. p 126.

Q

- 214.** Quezel P, Santa S. 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, Ed. CNRS, Paris.
- 215.** Quiroga PR, Riveros C G, Zygadlo JA, Grosso NR, Nepote V. 2011. Antioxidant activity of essential oil of oregano species from Argentina in relation to their chemical composition. International Journal of Food Science and Technology. 46(12):2648-2655.

R

- 216.** Rajabi MA. 2009. Fatal reactions and methaemoglobinaemia after silver nitrate irrigation of hydatid cyst. Surg. Prac. 13: 2–7. <https://doi.org/10.1111/j.1744-1633.2008.00427.x>
- 217.** Rassem HHA, Nour AH, Yunus RM. 2016. Techniques For Extraction of Essential Oils from Plants: A Review. Aust. J. Basic & Appl. Sci. 10(16): 117-127.
- 218.** Razola-Díaz MDC, Guerra-Hernández EJ, García-Villanova B, Verardo V. 2021. Recent developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. Food Chemistry. 354: 129575.
- 219.** Rocha LG, Almeida JR, Macedo RO, Barbosa- Filho JM .2005. A review of natural products with antileishmanial activity. Phytomedicin. 12: 514–535. <https://doi.org/10.3748/wjg.14.2085>.
- 220.** Rostami A, Taheri M, Gholizadeh M, Seyyed Tabaei SJ, Raeghi S, Fallahi S. 2016. Scolicidal Effect of Some Herbs on *Echinococcus granulosus* Protoscoleces: a Systematic Literature Review. Herb Med J. 1(1): 53-9. <https://doi.org/10.22087/hmj.v1i1.565>
- 221.** Ruberto G, Baratta MT. 2000 Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. Food Chem. 69 (2): 167-174. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00247-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00247-2)



222. Saadi A. 2020. Contribution a l'evaluation du programme de controle de l'échinococcose kystique au Maroc (Doctoral dissertation, Université de Liège (Belgium)).
223. Sacchetti G, Maietti S, Muzzoli M, Scaglianti M, Manfredini S, Radice M, Bruni R. 2011. Comparative Evaluation of 11 Essential Oils of Different Origin as Functional Antioxidants. Antiradicals and Antimicrobials in Foods. Food Chemistry. 91: 621 – 63
224. Sadjia B, Naima S, Chahrazed B. 2012. Extraction of thyme (*Thymus pallescens* de Noé) essential oil by steam-distillation, steam-diffusion and hydro distillation processes: optimization of operating conditions and antioxidant activity. J Essent Oil-Bear Plants. 15 (2): 336-347. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644056>.
225. Sadjjadi SM. 2006. Present situation of echinococcosis in the Middle East and Arabic North Africa. Parasitol Int. 55 Suppl : S197-202. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2005.11.030>.
226. Sadr S, Lotfalizadeh N, Abbasi AM, Soleymani N, Hajjafari A, Roohbaksh Amooli Moghadam E, Borji H. 2023. Challenges and Prospective of Enhancing Hydatid Cyst Chemotherapy by Nanotechnology and the Future of Nanobiosensors for Diagnosis. Trop Med Infect Dis. 8(11):494. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8110494>.
227. Şahin F, Gulluce M, Daferera D, Sokmen A, Sokmen M, Polissiou M, Agar G, Ozer H. 2004. Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in the eastern Anatolia region of Turkey. Food Control. 15: 549–557. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.08.009>
228. Selles SMA, Belhamiti BT, Kouidri M, Ait Amrane A, Kadari Y, Kaddour Z, Kabrit S. 2024. Chemical compounds, antioxidant and scolicidal potencies of *Thymus fontanesii* essential oil. Exp Parasitol. 257:108699. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2024.108699>

- 229.** Selles SMA, Kouidri M, Belhamiti TB, Ait Amrane A, Benahmed M, Hachemi A. 2020a. Correction to: Main compounds and in vitro effectiveness of *Syzygium aromaticum* essential oil on protoscoleces of hydatid cyst. *Comp. Clin. Pathol.* 29: 911. <https://doi.org/10.1007/s00580-020-03133-9>
- 230.** Selles SMA, Kouidri M, González MG, González J, Sánchez M, González-Coloma A, Valcárcel F. 2021. Acaricidal and repellent effects of essential oils against ticks: a review. *Pathogens.* 10(11), 1379.
- 231.** Selles SMA, Kouidri, M, Belhamiti BT, Ait Amrane A. 2020b. Chemical composition, in-vitro antibacterial and antioxidant activities of *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization.* 14(4):2352–2358. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00482-5>.
- 232.** Shahnazi M, Azadmehr A, Latifi R, Hajiaghvae R, Saraei M, Alipour M. 2016. In vitro protoscolicidal effects of various concentrations of *Ziziphora tenuior* L. extract at different exposure times. *Avicenna J Phytomed.* 6(4): 376–382.
- 233.** Sharafi SM, Sefiddashti RR, Sanei B, Yousefi M, Darani HY. 2017. Scolicidal agents for protoscolices of *Echinococcus granulosus* hydatid cyst: Review of literature. *J Res Med Sci.* 22: 92. https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_1030_16
- 234.** Sharma S, Barkauskaite S, Jaiswal AK et Jaiswal S. 2021. Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry.* 343: 128403.
- 235.** Shnawa BH, Al-Ali SJ, Swar SO. 2021. Nanoparticles as a new approach for treating hydatid cyst disease. In *Veterinary Pathobiology and Public Health*; Unique Scientific Publishers: Faisalabad, Pakistan. pp. 180–189.

- 236.** Sid Ali L, Brada M, Fauconnier ML, Lognay G, Heuskin S. 2017. Chemical composition, acute toxicity, antimicrobial and anti-inflammatory activities of *Thymus fontanesii* essential oil from Algeria. *PhytoChem & BioSub Journal*. 11(1): 30-40
- 237.** Sid Ali L, Brada M, Fauconnier ML, Lognay G. 2018. Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Thymus fontanesii* Essential Oil from Algeria. *The Natural Products Journal*. 8: 1-7. [https://doi.org/ 10.2174/2210315508666180427162542](https://doi.org/10.2174/2210315508666180427162542)
- 238.** Sidiropoulou E, Marugán-Hernández V, Skoufos I, Giannenas I, Bonos E, Aguiar-Martins K, Tzora A. 2022. In vitro antioxidant, antimicrobial, anticoccidial, and anti-inflammatory study of essential oils of oregano, thyme, and sage from Epirus, Greece. *Life*. 12(11): 1783.
- 239.** Simirgiotis MJ, Burton D, Parra F, López J, Muñoz P, Escobar H, Parra C. 2020. Antioxidant and Antibacterial Capacities of *Origanum vulgare* L. Essential Oil from the Arid Andean Region of Chile and its Chemical Characterization by GC-MS. *Metabolites*. 10(10):414. doi: 10.3390/metabo10100414.
- 240.** Singla G, Sharma A, Nevatia Y. 2021. A Peculiar Case of Hydatid Disease. *Cureus*. 13(12): e20729. <https://doi.org/10.7759/cureus.20729>.
- 241.** Smyth JD, Barrett NJ. 1980. Procedures for testing the viability of human hydatid cysts following surgical removal, especially after chemotherapy. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 74: 649–652.
- 242.** Sokmen A, Abdel-Baki AAS, Al-Malki ES, Al-Quraishy S, Abdel-Haleem HM. 2020. Constituents of essential oil of *Origanum minutiflorum* and its in vitro antioxidant, scolicidal and anticancer activities. *Journal of King Saud University-Science*. 32 (4): 2377-2382. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.018>

- 243.** Soleimani E, Sarmadian H, Arjomand Zadegan M, Ghasemikhah R, Ahmadi HT. 2018. Toxicity and antiparasitic efficacy of essential oils: Analyses of the biochemical compositions and potencies. Iran J Toxicol. 15 (1): 1-8 <http://dx.doi.org/10.32598/ijt.15.1.727.1>
- 244.** Solomon N, Fields PJ, Tamarozzi F, Brunetti E, Macpherson CNL. 2017. Expert Reliability for the World Health Organization Standardized Ultrasound Classification of Cystic Echinococcosis. Am J Trop Med Hyg. 96(3):686-691. DOI: [10.4269/ajtmh.16-0659](https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0659)
- 245.** Soltani S, Shakeri A, Iranshahi M, Boozari M. 201. A Review of the Phytochemistry and Antimicrobial Properties of *Origanum vulgare* L. and subspecies. Iran J Pharm Res. 20 : 268–285.
- 246.** Spada P, Perrino P. 1996. Conservation of Oregano species in national and international collections: an assessment. In: Padulosi, S. (Ed.), Oregano, Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano, 8–12 May. Valenzano (Italy), IPGRI, pp. 14
- 247.** Stamatakis M, Sargedi C, Stefanaki Ch, Safioleas C, Matthaïopoulou I, Safioleas M. 2009. Anthelmintic treatment: an adjuvant therapeutic strategy against *Echinococcus granulosus*. Parasitol Int. 58(2):115-20. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2009.01.002>.
- 248.** Stanojević LP, Stanojević JS, Cvetković DJ, Dušica P, Ilić DP. 2016. Antioxidant activity of oregano essential oil (*Origanum vulgare* L.). Biologica Nyssana. 7 (2): 131-139.
- 249.** Sule R, Rivera G, Gomes AV. 2023. Western blotting (immunoblotting): history, theory, uses, protocol and problems. Biotechniques. 75(3):99-114. <https://doi.org/10.2144/btn-2022-0034>.
- 250.** Sykes AL, Larrieu E, Poggio TV, Céspedes MG, Mujica GB, Basáñez MG, Prada JM. 2022. Modelling diagnostics for *Echinococcus granulosus* surveillance in sheep using Latent Class Analysis: Argentina as a case study. One Health. 14:100359. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100359>.



251. Tabari MA, Youssefi MR, Nasiri M, Hamidi M, Kiani K, Alian Samakkhah S, Maggi F. 2019. Towards green drugs against cestodes: Effectiveness of *Pelargonium roseum* and *Ferula gummosa* essential oils and their main component on *Echinococcus granulosus* protoscoleces. Vet Parasitol. 266:84–87. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.12.019>
252. Tajmalzai A, Aien MT. 2025. Primary adrenal hydatid cyst: A rare entity and literature review. Radiol Case Rep. 20(1):18-22. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2024.09.108>.
253. Tévez-Craise L, Daiana-Vaccaro R, De Luca PA, Vásquez-Guillén ME, Calaramo OE y Logioco F. 2022. Hidatidosis: Clasificación clínica-imagenológica según Gharbi y la Organización Mundial de la Salud Rev Argent Radiol. 86(1): 41-48.
254. Teixeira B, Marques A, Ramos C, Serrano C, Matos O, Neng NR, Nogueira JM, Saraiva JA, Nunes ML. 2013. Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. J Sci Food Agric. 93(11):2707-14. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6089>.
255. Thilakarathna RCN, Siow LF, Tang TK, Lee YY. 2023. A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. Journal of Food Science and Technology. 60(4): 1222-1236.
256. Thomas M. 2011. Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*), Thèse de Doctorat en Chimie Analytique – Phytochimie l'université d'Orléans.
257. Thompson RCA. 2020. The Molecular Epidemiology of *Echinococcus* Infections. Pathogens. 9(6):453. <https://doi.org/10.3390/pathogens9060453>.
258. Tien YY, Ng CC, Chang CC, Tseng WS, Kotwal S, Shyu YT. 2005. Studies on the lactic-fermentation of sugar apple (*Annona squamosa* L.) puree. J Food Drug Anal. 13 : 377-381

U

- 259.** Ün M, Yaman S S, Erbaş O. 2020. Hydatid cyst and treatment. Demiroglu Science University Florence Nightingale Journal of Transplantation. 5(1-2) : 070-078.
<https://doi.org/10.5606/dsufnjt.2020.018>
- 260.** Umhang G, Hormaz V, Peytavin C, Boucher J M, Itié-Hafez S, Danan C, & Boué F. 2014. Epidémiosurveillance d'*Echinococcus granulosus* à l'abattoir : résultats du plan de surveillance 2012. Bull. Epidémiologique, Santé Animale et Alimentation. 62 : 8-12.
- 261.** Umhang G. 2017. Surveillance et épidémiologie d'*Echinococcus multilocularis* et d'*Echinococcus granulosus* sensu lato (Doctoral dissertation, Université Paris-Est).

V

- 262.** Vazirian M, Mohammadi M, Farzaei M H, Amin G, Amanzadeh Y. 2015. Chemical composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* subsp. *vulgare* essential oil from Iran. Research Journal of Pharmacognosy. 2(1): 41-46.
- 263.** Vijayalakshmi M et Ruckmani K. 2016. Ferric reducing anti-oxidant power assay in plant extract. Bangladesh. J Pharmacol. 11 (3): 570–572. <https://doi.org/10.3329/bjp.v11i3.27663>
- 264.** Vuitton DA, McManus DP, Rogan MT, Romig T, Gottstein B, Naidich A, Tuxun T, Wen H, Menezes da Silva A. 2020. World Association of Echinococcosis. International consensus on terminology to be used in the field of echinococcoses. Parasite. 27:41.
<https://doi.org/10.1051/parasite/2020024>.

W

265. Wang H, Yu Q, Wang M, Hou J, Wang M, Kang X, Hou X, Li D, Rousu Z, Jiang T, Li J, Wen H, Zhang C. 2023. Hepatic macrophages play critical roles in the establishment and growth of hydatid cysts in the liver during *Echinococcus granulosus* sensu stricto infection. PLoS Negl Trop Dis. 17(11): e0011746. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011746>.
266. Wen H, Vuitton L, Tuxun T, Li J, Vuitton D A, Zhang W, McManus D P. 2019. Echinococcosis: advances in the 21st century. Clinical microbiology reviews. 32(2): 10-1128. <https://doi.org/10.1128/CMR.00075-18>.
267. Woolsey I D, Miller A L. 2021. *Echinococcus granulosus* sensu lato and *Echinococcus multilocularis*: A review. Res Vet Sci. 135 :517-522. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.11.010>.
268. Wu Y, Gong J, Xiong W, Yu X, Lu X. 2021. Primary pancreatic hydatid cyst: a case report and literature review. BMC Gastroenterol. 21(1) :164. <https://doi.org/10.1186/s12876-021-01753-1>.

Y

269. Yen GC, Duh PD. 1993. Antioxidative properties of methanolic extracts from peanut hulls. J Am Oil Chem Soc. 70: 383–386. <https://doi.org/10.1007/BF02552711>
270. Yones DA, Taher GA, Ibraheim ZZ. 2011. In vitro effects of some herbs used in Egyptian traditional medicine on viability of protoscolices of hydatid cysts. Korean. J Parasitol. 49 (3), 255. <https://doi.org/10.3347/kjp.2011.49.3.255>
271. Youssefi MR, Nikpay A, Hassanpour N, Mirzapour A, Tabari PS, Pavela R, Maggi F, Petrelli R. 2020. In Vitro Scolicidal Activity of the Sesquiterpenes Isofuranodiene, α -Bisabolol and

Farnesol on *Echinococcus granulosus* Protoscoleces. *Molecules*. 25(16):3593.
DOI: [10.3390/molecules25163593](https://doi.org/10.3390/molecules25163593)

Z

- 272.** Zaïri A, Nour S, Zarrouk A, Haddad H, Khélifa A, Achour L, Tangy F, Chaouachi M, Trabelsi M. 2019. Chemical composition, Fatty acids profile and Biological properties of *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns, essential Oil. *Scientific reports*. 9(1): 20134.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56580-y>
- 273.** Zait H, Achir I, Guerchani M K, Hamrioui B. 2013. Profil épidémiologique de 290 cas d'échinococcose kystique humaine diagnostiqués au CHU Mustapha d'Alger (2006 à 2011). *Pathologie Biologie*. 61(5) : 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2013.03.001>
- 274.** Zheng H, Zhang W, Zhang L, Zhang Z, Li J, Lu G, Zhu Y, Wang Y, Huang Y, Liu J, Kang H, Chen J, Wang L, Chen A, Yu S, Gao Z, Jin L, Gu W, Wang Z, Zhao L, Shi B, Wen H, Lin R, Jones MK, Brejova B, Vinar T, Zhao G, McManus DP, Chen Z, Zhou Y, Wang S. 2013. The genome of the hydatid tapeworm *Echinococcus granulosus*. *Nat Genet*. 45(10):1168-75.
<https://doi.org/10.1038/ng.2757>.
- 275.** Ziani BE, Calhelha RC, Barreira JC, Barros L, Hazzit M, Ferreira IC. 2015. Bioactive properties of medicinal plants from the Algerian flora: Selecting the species with the highest potential in view of application purposes. *Ind Crops Prod*. 77: 582-589.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.034>
- 276.** Zinno P, Guantario B, Lombardi G, Ranaldi G, Finamore A, Allegra S, Mammano MM, Fascella G, Raffo A, Roselli M. 2023. Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from *Origanum vulgare* Genotypes Belonging to the Carvacrol and Thymol Chemotypes. *Plants*. 12: 1344. <https://doi.org/10.3390/plants12061344>