

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



Mémoire de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme de docteur veterinaire

THEME :

EFFET SCOLICIDALE DES HUILES ESSENTIELLES

Présenté par :

Ben Ahmed Mohamed

Hachemi Abdelkader

Encadré par :

Dr. SELLES S M A

Année universitaire : 2017 – 2018

Hachemi Abdelkader

*Je dédie ce modeste travail à mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et respect
pour leur soutien tout au long de mes études.*

A mes frères et ma sœur

A mes neveux : Abderrahman, Islam, boubaker et Ibrahim

A ma nièce : Halla

A tous mes collègues et amis

Mon enseignant : Dr Khaled Slimani

Benahmed Mohamed

A mes parents que dieu protège

A mes frères : lakhdar et ben aïssa

A ma petite sœur

A ma seconde famille: Fethi, Abderahime, Amine sans oubliée

Mon oncle Aek et sa femme

Mes enseignants

A mes amis et collègues : Hachemi, Habib, Haouch, Khalifa, Nacer, Hamide, Yacin lesfar,

Boudia, Djilalli, Issam, Djelloul,

Au terme de ce travail, il nous est agréable de remercier toutes les personnes qui ont participé du près ou du loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont particulièrement à :

-Monsieur Sellés Sidi Mohammed Amar notre encadreur, qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude et déférence.

-Madame Kouidri Mokhtaria notre enseignante de module de parasitologie spéciale pour sa compétence, souplesse et gentillesse.

-Madame KHALIL Chahra pour son aide à la réalisation de ce travail, pour sa gentillesse,

- Toute l'équipe de laboratoire de parasitologie et microbiologie et chirurgie:

AIT NAMANE Karima, BOUDALI Soumia, BOUCHENTOUF Khadija

- nos collègues et nos ami(e)s pour les sympathiques moments qu'on à passé ensemble

SOMMAIRE

Dedicaces	
Remerciements	
Résumé (Français, Anglais, Arabe)	
Sommaire	
Listes des figures	
Listes des tableaux	
Listes des photos	
Introduction générale.....	10

Partie bibliographique

Chapitre I : kyste hydatique

I- Généralités.....	13
II- Répartition géographique.....	13
III- III-Importance: En sante publique.....	13
IV- Morphologie du parasite.....	14
1- Ver adulte.....	14
2- Embryophores.....	14
3- La Larve ou Hydatide.....	14
a) Parois.....	14
a.1- Adventice.....	14
a.2- Cuticule.....	15
a.3- Membrane proligère ou membrane germinative.....	15
b) Contenu.....	15
b.1 - Vésicules proligères.....	16
b.2 - Vésicules filles.....	16
b.2.1-Les vésicules fille endogènes.....	16
b.2.2-Les vésicules filles exogènes.....	16
b.3- Sable hydatique.....	17
b.4- Liquide hydatique.....	17
c) Evolution du kyste.....	17
V- Cycle évolutif.....	18

VI- Diagnostic.....	21
a-Diagnostic chez l'animal	21
a.1- Diagnostic clinique.....	21
a.2- Diagnostic de laboratoire (méthodes immunologiques)	21
a.3- Diagnostic par imagerie médicale.....	21
b-Diagnostic chez l'homme.....	22
b.1- Diagnostic de laboratoire	22
b.1.1- Les examens biochimiques.....	22
b.1.2- Diagnostic immunologique.....	22
b.1.3- Diagnostic sérologique	22
b.1.3.1- Tests immunobiologiques.....	23
b.1.3.2-L'IEP (Immuno-Electro-Phoresis)	23
b.1.3.3-Le test d'hémagglutination indirecte (IHAT : Indirect Hemagglutination Antibody Test):	24
b.2- Diagnostic par imagerie médicale.....	24
b.2.1-L'ultra-sonographie ou échographie.....	24
b.2.2-L'IRM (image de résonance magnétique)	24
b.2.3- Endoscopic Retrograde (or percutaneous transhepatic) Cholangiography	24
b.2.4-La Scanographie ou Computed tomography (CT).....	24
b.2.5-L'urographie intraveineuse	24
b.2.6-La radiographie.....	25
b.2.7-La tomodensitométrie.....	25
VII- Traitement	25
a- Chirurgical.....	25
b- La ponction-aspiration-injection-ré-aspiration (PAIR)	25

Chapitre II : Les huiles essentielles

1- Définition.....	28
2- Composition chimique.....	28
3- Les principaux composants chimiques des huiles essentielles.....	29
3-1 Les alcools	29
3-1-1 Alcools monoterpéniques	29
3.1.2- Alcools sesquiterpéniques.....	30

3.1.3-Phénols simples et phénols méthyl-éthers.....	32
3.2-Aldéhydes.....	33
3.2.1- Aldéhydes aromatiques.....	33
3.2.2-Les aldéhydes terpéniques.....	34
3.3-Cétones.....	35
3.4- Coumarines.....	37
3.5 Esters.....	38
3.6-Lactones.....	39
3.7- Oxydes terpéniques.....	41
3.8-Terpènes.....	42
3.8.1- Monoterpènes.....	43
3.8.2- Sesquiterpènes.....	43
4- Notion de chémotype.....	44
5- Domaines d'utilisation des HEs.....	44
5.1-Utilisations sanitaires.....	44
5.2-Utilisations industrielles.....	45
6- Classification des huiles essentielles.....	45
7- Critères de qualité.....	47
8- Activités biologiques.....	48
8.1-Huiles essentielles comme agents antibactériens.....	48
8.2-Huiles essentielles comme agents antifongiques.....	48
9- Extraction des huiles essentielles.....	49
9.1-La distillation.....	49
9.2-L'hydro distillation: « water distillation ».....	49
9.3-Expression à froid.....	50
9.4-Entrainement à la vapeur d'eau.....	50
9.5-L'hydro diffusion pulsée.....	51
9.6-L'extraction au CO2 supercritique.....	52

Partie Expérimentale

Matériel & Méthodes

1- Zone d'étude.....	55
2- Matériel végétal.....	55
3- Extraction de l'huile essentielle.....	56

4-Examen macroscopique et microscopique du liquide hydatique	57
5- Collecte des protoscolex.....	57
6- Activité scolicide.....	58

Résultat & Discussion

1-Rendement de l'huile essentielle.....	60
2-Activité scolicide.....	61
Conclusion.....	69
Références bibliographiques	71

LISTE DES FIGURES

Partie bibliographique

Figure 1. 1: Cycle évolutif d' <i>Echinococcus granulosus</i>	20
Figure 1. 2: Alcool monoterpénique.....	29
Figure 1. 3 : Alcool sesquiterpénique acyclique (gauche) et cyclique (droite)	30
Figure 1. 4 : Phénol.....	32
Figure 1. 5 : Aldéhyde aromatique.....	33
Figure 1. 6: Aldéhyde terpénique.....	34
Figure 1. 7: Cétone aliphatique.....	35
Figure 1. 8 : Cétone cyclique.....	35
Figure 1. 9 : Coumarine.....	37
Figure 1.10 : Ester terpénique.....	38
Figure 1.11 : Lactone à noyau pentagonal.....	39
Figure 1.12 : Lactone à noyau hexagonal.....	40
Figure 1.13 : Oxyde aliphatique.....	41
Figure 1.14 : Oxyde cyclique.....	41
Figure 1.15 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation.....	50
Figure 1.16 : Schéma d'entraînement par la vapeur d'eau.....	51
Figure 1.17: L'extraction au CO ₂ supercritique.....	52

Partie Expérimentale

Figure 2.1: Les Boutons de <i>S. aromaticum</i>	55
Figure 2.2: Dispositif d'hydro distillation.....	56
Figure 2.3: Photo des protoscolex viables après expositions à l'éosine 0.1%.....	57
Figure 2.4: Rendement en huile essentielle de <i>Syzygium aromaticum</i>	60

LISTE DES TABLEAUX

Partie bibliographique

Tableau 1.1: Exemples d'alcools monoterpéniques dans les huiles essentielles.....	30
Tableau 1.2 : Exemples d'alcools sesquiterpéniques dans les huiles essentielles.....	31
Tableau 1.3: Exemples de phénols dans les huiles essentielles.....	33
Tableau 1.4: Exemples d'aldéhydes aromatiques dans les huiles essentielles.....	34
Tableau 1.5 : Exemples d'aldéhydes terpéniques dans les huiles essentielles.....	35
Tableau 1.6: Exemples de cétones dans les huiles essentielles.....	37
Tableau 1.7 : Exemples de coumarines dans les huiles essentielles.....	38
Tableau 1.8 : Exemples d'esters dans les huiles essentielles.....	39
Tableau 1.9 : Exemples de lactones dans les huiles essentielles.....	41
Tableau 1.10 : Exemples d'oxydes terpéniques dans les huiles essentielles.....	42
Tableau 1.11 : Exemples de monoterpènes dans les huiles essentielles.....	43
Tableau 1.12 : Exemples de sesquiterpènes dans les huiles essentielles.....	44
Tableau 1.13 : Classification des huiles essentielles.....	46

Partie Expérimentale

Tableau 2.1 : Effet scolical d'huile essentielle de clou de girofle Dose 15µl/ml.....	61
Tableau 2.2 : Effet scolical d'huile essentielle de clou de girofle Dose10µl/ml.....	62

LISTE DES PHOTOS

Photo 2.1 : Dose 15 μ l pendant 20 min.....	64
Photo 2.2 : Dose 15 μ l pendant 15 min.....	64
Photo 2.3 : Dose 15 μ l pendant 10 min.....	64
Photo 2.4: Dose 15 μ l pendant 5 min.....	64
Photo 2.5 : Témoin eau physiologique 15 μ l.....	64
Photo 2.6: Témoin substance émulsifiante 15 μ l.....	64
Photo 2.7 : Dose 10 μ l pendant 20 min.....	65
Photo 2.8 : Dose 10 μ l pendant 15 min.....	64
Photo 2.9: Dose 10 μ l pendant 10 min.....	64
Photo 2.10 : Dose 10 μ l pendant 5 min.....	64
Photo 2.11 : Témoin eau physiologique 10 μ l.....	64
Photo 2.12: Témoin substance émulsifiante 10 μ l.....	64

Résumé

Cette étude a tracé comme objectif la détermination de l'effet scolicial de l'huile essentielle de clou de girofle. L'H.Ea été extraite par hydrodistillation à partir des boutons de clou de girofle. L'activité scolicial des huiles essentielles sur les protoscolex des kystes hydatiques a été évaluée selon la méthode de Mahmoudvand légèrement modifiée. Le rendement en HE a été de l'ordre de $11.6 \pm \%$ (p/p). L'HE de clou de girofle a exprimé l'effet scolicial le plus élevé à la dose de $15\mu\text{l}$.

La présente étude a révélé que l'huile essentielle de clou de girofle peut constituer une alternative des agents scolicials lors de la chirurgie. Néanmoins d'autres tests in-vitro et in-vivo sont nécessaires en vue de confirmer ses résultats.

Abstract

The aim of this study was to determine the scolicial effect of clove oil. The EO was extracted by hydrodistillation from clove buds. The scolicial activity of the essential oils against the protoscolex of hydatid cysts was evaluated according to the Mahmoudvand method slightly modified. The EO yield was of the order of $11.6 \pm \%$ (w / w) and this EO clove expressed the highest scolicial effect at dose of $15\mu\text{l}$.

The present study revealed that essential clove oil may be an alternative to scoliosis agents during surgery. Nevertheless other in-vitro and in-vivo tests are necessary to confirm its results.

كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مفعول السكوليسيدال لزيت القرنفل،

الزيت الأساسي تم استخراجه بواسطة التقطير المائي من أزهار مسمار القرنفل. نشاط السكوليسيدال للزيوت الأساسية على الرأس الأولي للأكياس المائية تم تقييمه على حسب طريقة Mahmoudvand المعدلة جزئياً. العائد من ز.أ كان بترتيب $11.6 \pm \%$ (ب/ب). ز.أ لمسمار القرنفل دل عن مفعول السكوليسيدال الأكثر ارتفاعاً عند الجرعة $15\mu\text{l}$ ميكروليتر.

وكشفت الدراسة الحالية أن الزيت الأساسي لمسمار القرنفل يمكن أن يكون بديلاً للمواد السكوليسيدال أثناء الجراحة. ومع ذلك اختبارات أخرى في المختبر وداخل الجسم الحي أساسية لتأكيد هذه النتائج.

Introduction Générale

L'échinococcose kystique est une infestation parasitaire causée par le stade larvaire du ténia du chien, *Echinococcus granulosus*. Cette infestation est une cause majeure de santé publique et d'économie dans les pays en développement. Le chien est l'hôte définitif, où les ténias adultes attachés à l'épithélium intestinal, et les humains ainsi que le bétail domestique peuvent être l'hôte intermédiaire, où les vers forment des kystes hydatiques dans divers organes (Mahmoudvand et al., 2014a). L'échinococcose kystique humaine (hydatidose) continue d'être une cause importante de morbidité et de mortalité dans de nombreuses parties du monde (Moazeni et al., 2012). Cependant, la chirurgie constitue la technique du choix lors de kyste hydatique (Kahrman et al., 2011). Cette technique est préconisée par l'OMS et elle représente une technique alternative à la chimiothérapie qui montre des effets indésirables tels que l'hépatotoxicité, la leucopénie sévère, la thrombocytopénie et l'alopécie (Mahmoudvand et al., 2014b).

Plusieurs agents chimiques à effet solicidal, tel que la solution saline hypertonique, le nitrate d'argent, le cétrimide (Kavoosi et Purfard, 2013; Lashkarizadeh et al., 2015; Mahmoudvand et al., 2016), ainsi que divers solutions d'eau chaude, acides et alcalines, l'alcool éthylique, la povidone iodée, l'albendazole et le gluconate de chlorhexidine (Kavoosi et Purfard, 2013) et l'éthanol ont été utilisés pour l'inactivation des protoscolex pendant la chirurgie. Alors que la plupart d'entre eux ont démontré différents effets secondaires tels que la nécrose du foie, la sclérose-colatite (fibrose des voies biliaires) et la méthémoglobinémie (Lashkarizadeh et al., 2015; Mahmoudvand et al., 2016). Le recours donc à d'autres agents protoscolicides, sans effets secondaires locaux ou systémiques est une nécessité (Kavoosi et Purfard, 2012). Les produits naturels peuvent être plus compatibles avec le corps humain (Johnston et al., 2006). Récemment, les plantes médicinales ont été de plus en plus utilisées pour traiter de nombreux troubles dont plusieurs infections (Shahnazi et al., 2015).

Cette étude a tracé comme objectif l'évaluation de l'effet scolicidal d'huile essentielle de clou de girofle.

Partie Bibliographique

Chapitre I :

Kyste Hydatique

I- Généralités:

L'échinococcose hydatique ou hydatidose, encore appelée maladie hydatique ou maladie du kyste hydatique, échinococcose uniloculaire ou échinococcose cystique, est une zoonose majeure. A l'exception de l'Antarctique, l'hydatidose est une maladie cosmopolite. Elle sévit à l'état endémique dans la plupart des pays. Le manque d'infrastructure dans les pays pauvres pour la surveillance et le contrôle de ces zoonoses dans les zones d'endémie, pose un sérieux problème de santé publique (Eckert, 2007, kayoueche, 2009). Elle est provoquée par le stade larvaire d'un cestode, *Echinococcus granulosus*, évoluant principalement chez le chien. Le cycle épidémiologique domestique est entretenu par le chien (hôte définitif) hébergeant le ver adulte dans son intestin grêle et le bétail qui sert d'hôte intermédiaire (Thompson et al, 2001).

E. granulosus affecte un grand nombre d'espèces de mammifères domestiques et sauvages. Les larves d'*E. granulosus* (hydatide) se rencontrent chez les ovins, les caprins, les bovins, les buffles, les camélidés, les cervidés, les suidés, les équidés et l'homme. Parmi les animaux sauvages, on le retrouve chez les marsupiaux (kangourous, wallabies) en Australie, chez les rennes et les élans dans la partie nord de l'Eurasie et de l'Amérique du Nord, et chez plus de 19 espèces d'herbivores et de primates en Afrique subsaharienne (Lefèvre et al, 2003).

II- Répartition géographique:

La prévalence de l'infestation est très variable au sein même de son aire de distribution. Cette variation dépend de plusieurs facteurs : systèmes d'élevage, habitudes socioculturelles, développement économique, niveaux d'éducation sanitaire et relations hôte-parasite. L'infestation est très fréquente et sévit sous la forme enzootique ou hyperenzootique, dans les pays du bassin méditerranéen (Afrique du Nord et Europe méridionale) sur le continent africain (notamment au Kenya), au Proche et Moyen-Orient, dans le sous-continent indien, en Chine et en Amérique latine (Lefèvre et al, 2003).

III- Importance: En sante publique

L'échinococcose est une zoonose grave, avec des taux d'échinococcose kystique chez les humains allant de moins de 1 pour 100 000 à plus de 200 pour 100 000 au sein de certaines populations rurales, en cas de contact étroit avec les chiens domestiques. L'incidence de l'échinococcose alvéolaire humaine est généralement $< 0,5$ pour 100 000, mais peut s'élever à >100 pour 100 000 dans certaines communautés (par exemple chez les bergers tibétains) (OIE).

Les personnels de laboratoire, les maîtres-chiens, les vétérinaires et les propriétaires de chiens courent un risque plus élevé. Les œufs étant disséminés dans l'environnement, ils

peuvent contaminer les fruits et légumes ou l'eau et sont susceptibles d'adhérer au pelage des animaux et de se transmettre de la main à la bouche (OIE)

IV- Morphologie du parasite:

1- Ver adulte:

L'adulte mesure de 2 à 7 mm. Il est formé d'une tête ou scolex et d'un corps ou strobile. Le scolex comprend deux rangées de crochets. Une petite rangée et une plus grande rangée de crochets sur le rostre et 4 ventouses (Craig et Larrieu, 2006). Un strobile de 2 à 7 segments (en général 3). Seul le dernier segment, avec une longueur supérieure à la moitié de la longueur totale du ver, est ovigère (Lefèvre et al., 2003), ce dernier est un utérus gravide qui présente des formations sacciformes bien développées renfermant des embryophores contenant jusqu'à 1500 œufs mûrs. Il se détache complètement à maturité pour être saisi par le péristaltisme intestinal. Il est remplacé en 8 à 15 jours, au maximum 5 semaines (Klotz et al, 2000).

2 - Embryophores

Les œufs d'echinococcus sont morphologiquement identiques aux œufs de *Tænia*. Leur différenciation se fait par PCR (Polymérase Chain Réaction) ou par l'utilisation d'antigènes monoclonaux (Craig et Larrieu, 2006). Les œufs d'*E. granulosus* sont de forme sphérique à ellipsoïde, 35 à 45 µm de diamètre. Ils sont entourés d'une coque épaisse, ou embryophore, striée transversalement, contenant à l'intérieur un embryon hexacanthé pourvu de six crochets disposés par paires, appelé encore oncosphère. La maturation de l'œuf se réalise dans le milieu extérieur (Euzéby, 1966). Ils sont résistants dans le milieu extérieur et devront être ingérés par l'hôte intermédiaire pour poursuivre leur évolution (Bronstein et Klotz, 2005).

3- La Larve ou Hydatide

C'est une sphère creuse est de couleur blanche, globuleuse et de taille variable atteignant parfois 15 à 20 cm de diamètre, généralement bien limitée, contenant un liquide sous tension et des vésicules (Klotz et al, 2000).

a) Parois :

Les parois de cette sphère sont successivement de l'extérieur vers l'intérieur: l'adventice, la cuticule et la membrane prolifère (Hoeffel et al, 2002).

a.1- Adventice :

C'est une réaction fibreuse du parenchyme de l'hôte. Elle n'est pas de structure parasitaire, elle est due à la compression du tissu hébergeant le parasite (Bronstein et Klotz, 2005).

a.2- Cuticule :

C'est une paroi périphérique de 0,5 à 1 mm d'épaisseur, d'un blanc laiteux, opaque, de consistance élastique, de nature lipidique, protidique, et mucco-polysaccharidique (proche de la chitine) de structure anhiste (pas de cellule) et formée d'un ensemble de strates concentriques emboîtées les unes dans les autres comme les pelures d'oignon. Elle joue le rôle d'une membrane de dialyse ou d'un filtre, laissant passer eau et électrolytes, des petites molécules de protéines, certains lipides et glucides du plasma de l'hôte (Bronstein et Klotz, 2005).

a.3- Membrane proligère ou membrane germinative :

Elle tapisse la face interne de la cuticule. De structure syncytiale (proche du tégument des vers adultes avec des microtrichies qui s'enfoncent dans la cuticule lamellaire) avec de nombreux noyaux, très fine (10 à 25 μm). Elle est riche en acides aminés, lipides et glycogène. Elle a un quadruple rôle (Ouassou, 2008):

- Assurer la croissance de la larve.
- Sécréter le liquide hydatique qui maintient l'hydatide sous tension.
- Générer les strates de la cuticule périphérique.

Assurer la reproduction asexuée par polyembryonie en bourgeonnant des scolex (protoscolex) qui représentent les futurs ténias adultes de l'hôte définitif (Ouassou,2008).

La membrane proligère fonctionne comme un filtre très sélectif et laisse passer vers l'organisme parasite des produits du métabolisme de la larve, en particulier des molécules antigéniques dont certaines vont solliciter durablement les défenses immunitaires de l'hôte et créer un état de « sensibilisation » responsable de réactions anaphylactiques mineures (exemple : urticaire) si l'hydatide est fissurée, ou majeures (choc anaphylactique) si la vésicule se rompt et libère le liquide hydatique dans l'organisme (Ouassou,2008).

Dans les vieux kystes, la membrane proligère peut se détacher de la cuticule au niveau du pôle supérieur et apparaître « flottante » sur le liquide hydatique en imagerie. Les scolex peuvent être directement bourgeonnés par la membrane proligère (Hoeffel et al, 2003).

b) Contenu : (Ouassou,2008)

Le kyste hydatique peut être :

- Fertile, contenant plusieurs milliers de scolex en fonction des dimensions de l'hydatide après environ 1 à 2 ans d'évolution.
- Stérile, sans vésicules proligères ni vésicules filles.
- Acéphale (acéphalocyste), avec des vésicules, mais sans scolex ni vésicules filles.

Le contenu du kyste hydatique reflète l'activité de la membrane proligère, on y trouve :

b.1 - Vésicules proligères :

La membrane proligère forme sur sa face interne des bourgeons qui se vésiculisent et constituent des vésicules proligères (300 à 800 μm) liquidiennes sans paroi cuticulaire et qui restent attachées à la proligère de la vésicule mère par un pédicule syncytial. Chaque vésicule bourgeonne à son tour donnant de nombreux protoscolex (une à deux dizaines par vésicule) invaginés, munis des ventouses et de crochets (futurs échinocoques adultes chez le chien) et mesurant 50 à 150 μm (Ouassou, 2008).

Chaque protoscolex possède 4 ventouses et un double couronne de crochets, analogues à ceux du ver adulte. L'examen de ces crochets, dont la taille est de 20 à 25 μm peut servir à différencier les espèces d'échinocoques (Mokhtari, Sadli, 2011).

Les vésicules proligères peuvent se fissurer et libérer des scolex dans le liquide hydatique. Elles peuvent aussi se détacher et flotter libres dans le liquide hydatique (Bronstein et Klotz, 2005).

b.2 - Vésicules filles :

Dont le nombre est variable et dont la structure est semblable à celle de l'hydatide d'origine. Véritables duplicatas de la vésicule mère, elles sont douées des mêmes potentialités évolutives (Dafiri et al, 2002).

On distingue deux types de vésicules filles :

b.2.1-Les vésicules fille endogènes :

Qui proviennent de la transformation vésiculeuse d'un scolex. Elles peuvent atteindre la taille d'un grain de raisin et flottent librement dans le liquide hydatique. Les vésicules filles endogènes sont rares dans les kystes des sujets jeunes. Dans le kyste hydatique du poumon on les trouve que dans 4% des cas, alors qu'on les rencontre dans 60% des kystes hydatiques du foie. Elles n'apparaissent que dans les kystes hydatiques anciens, aux parois affaissées, au liquide louche, elle serait la traduction d'une réaction de défense contre une agression mécanique ou infectieuse (Ammann et Eckert, 1996 ; Khallouki, 2001).

b.2.2-Les vésicules filles exogènes :

Elles proviennent des fragments de membrane proligère de l'hydatide, incarcérés dans la cuticule anhiste pendant sa formation, et qui se vésiculisent à leurs tour, s'entourent d'une cuticule, et forment des protoscolex. Ce processus externe est rare chez l'homme et peut

donner au kyste un aspect mamelonné. Il s'agirait peut-être en fait de simples « hernies » de l'hydatide à travers la paroi du kyste (Bronstein et Klotz, 2005).

b.3- Sable hydatique :

Il constitue la partie déclive du kyste au sédiment composé de protoscolex détachés de la membrane proligère ou libérés des vésicules (400/cm³ de liquide), de capsules déhiscentes, de vésicules filles, de crochets chitineux provenant de scolex dégénérés et détruits. Il est d'autant plus important que le kyste est remanié et évolué (Ouassou, 2008).

b.4- Liquide hydatique :

Il est jaune citrin, limpide « eau de roche », sauf en cas de surinfection du kyste. Il remplit et maintient sous tension l'hydatide, les capsules et les vésicules filles. Il provient des sécrétions de la membrane proligère mais aussi du plasma de l'hôte par dialyse transcuticulaire (Bronstein et Klotz, 2005; Dafiri et al., 2002; Hoeffel et al., 2002).

La pression régnant à l'intérieur du kyste peut être considérable, atteignant 100 cm d'eau pour un diamètre de 10 cm. L'hyperpression, facteur essentiel de croissance et de complication à type de rupture, cette pression s'abaisse dans les kystes anciens et multi-vésiculaires. Dans un kyste intact, le liquide hydatique n'entre pas en contact avec les tissus de l'hôte. Le liquide est un excellent milieu de culture lorsque l'hydatide se fissure. Il détient d'importantes propriétés antigéniques (Ouassou, 2008).

Sa composition varie selon que l'hydatide est stérile ou fertile. Il est majoritairement constitué d'eau (99,9 %). Le reste est un mélange complexe de molécules dérivées à la fois du parasite et du sérum de l'hôte : ions, lipides, glucides, albumine (Klotz et al., 2000), sels de sodium, et de calcium, mais aussi de phospholipides, de protéines (acides aminés) à haute propriété anaphylactisante (Ouassou, 2008). Dans les kystes fissurés ou fistulisés dans les voies biliaires ou dans une bronche (kyste pulmonaire), le liquide hydatique peut être souillé de bile et de germes qui prolifèrent (kyste infecté) (Bronstein et Klotz, 2005; Dafiri et al., 2002; Hoeffel et al., 2002)

c) Evolution du kyste :

Les hydatides filles exogènes peuvent être expulsées à l'extérieur du kyste et métastaser dans l'organisme : c'est l'échinococcose secondaire. Cette diffusion peut être provoquée par la manipulation opératoire du kyste. Spontanément, la taille du kyste peut atteindre de 1 à 15 cm, voire plus de façon exceptionnelle. Bien qu'une involution spontanée du kyste hydatique avec un taux de 7% soit possible (Romig et al., 1986), l'augmentation du volume est la règle (à une vitesse très variable) (Bouchaud et Aumaitre, 1999).

La vitesse de croissance du kyste a pu être évaluée par échographie dans une étude menée au Kenya, Environ 30 % des kystes ont une croissance lente (1 à 5 mm/an), 45 % ont une croissance modérée (6 à 15 mm/an) et 11 % une croissance plus rapide (30 mm/an) jusqu'à atteindre le volume d'une tête d'enfant en plusieurs années (Ammann et Eckert, 1996 ; Ouassou, 2008).

La dégénérescence ou mort spontanée survient pour 16 % des kystes (Klotz et al, 2000).

V. Cycle évolutif:

Comme pour tous les taeniidés, le cycle biologique d'*Echinococcus granulosus* est de type hétéroxène, s'accomplissant chez deux hôtes ; un hôte définitif, principalement le chien et d'autres canidés sauvages (loup, chacal, coyote) et des hôtes intermédiaires, le mouton principalement ainsi que d'autres herbivores (bovins, caprins, camelins, équins...), l'homme intervient dans le cycle comme hôte accidentel (Altintas, 2003). Le cestode adulte *E. granulosus* vit dans la partie proximale de l'intestin grêle du chien. Le nombre de vers échinocoques développés est fonction du nombre de protoscolex ingérés. Le chien est habituellement infesté par plusieurs centaines de vers fixés entre les villosités intestinales de l'intestin grêle. Le segment ovigère, rempli d'œufs, se détache du strobile (corps du ver) et s'élimine avec les déjections dans le milieu extérieur où il se désintègre et libère les œufs. Chaque œuf ou embryophore renferme un embryon hexacanthé ou oncosphère. Après ingestion par un hôte intermédiaire, l'oncosphère est libérée de sa coque sous l'action des sucs digestifs, elle traverse la paroi intestinale à l'aide des crochets et de ses propres sécrétions, elle mesure 20 à 25µm de diamètre mais sa plasticité lui permet de franchir tous les capillaires. Elle gagne par le système porte le foie, parfois dépasse le foie par les veines sus-hépatiques et parvient aux poumons. Plus rarement, la localisation peut se faire dans n'importe quel point de l'organisme par la circulation générale. Une fois dans le viscère, l'embryon se transforme par un processus de « vésiculation » en larve hydatide. Le cycle est fermé lorsque le chien (hôte définitif) ingère les viscères (foie, poumons) portant des kystes fertiles, des animaux (hôtes intermédiaires) parasités (www.revuemedecinetropicale.com/311-311).

Les protoscolex ingérés subissent l'action de la pepsine de l'estomac et s'évagincent dans la partie antérieure du duodénum sous l'effet de la bile et de la modification du pH. Ils se développent ensuite en vers sexuellement matures (Schantz et al, 1995; Petavy et al, 1990 ; Bourdeau et Beugnet, 1993). Chaque protoscolex ingéré peut donner naissance à un cestode adulte au bout de six semaines en moyenne après l'infestation. Cependant, la durée de la

période prépatente varie selon les souches de l'espèce *E. granulosus*. L'homme s'insère accidentellement dans le cycle du parasite, il constitue généralement une impasse parasitaire (Kohil, 2017).

L'hydatide suite à une reproduction asexuée sous forme de polyembryonie active, renferme plusieurs centaines de milliers de protoscolex, éléments infestants pour l'hôte définitif. Le développement de l'hydatide est très lent et la fertilité (formation des protoscolex) n'est obtenue qu'au bout de 15 à 18 mois chez les ovins et les bovins. Par conséquent, la contamination des chiens est due essentiellement aux animaux âgés (brebis et vaches âgées) (Kohil, 2017).

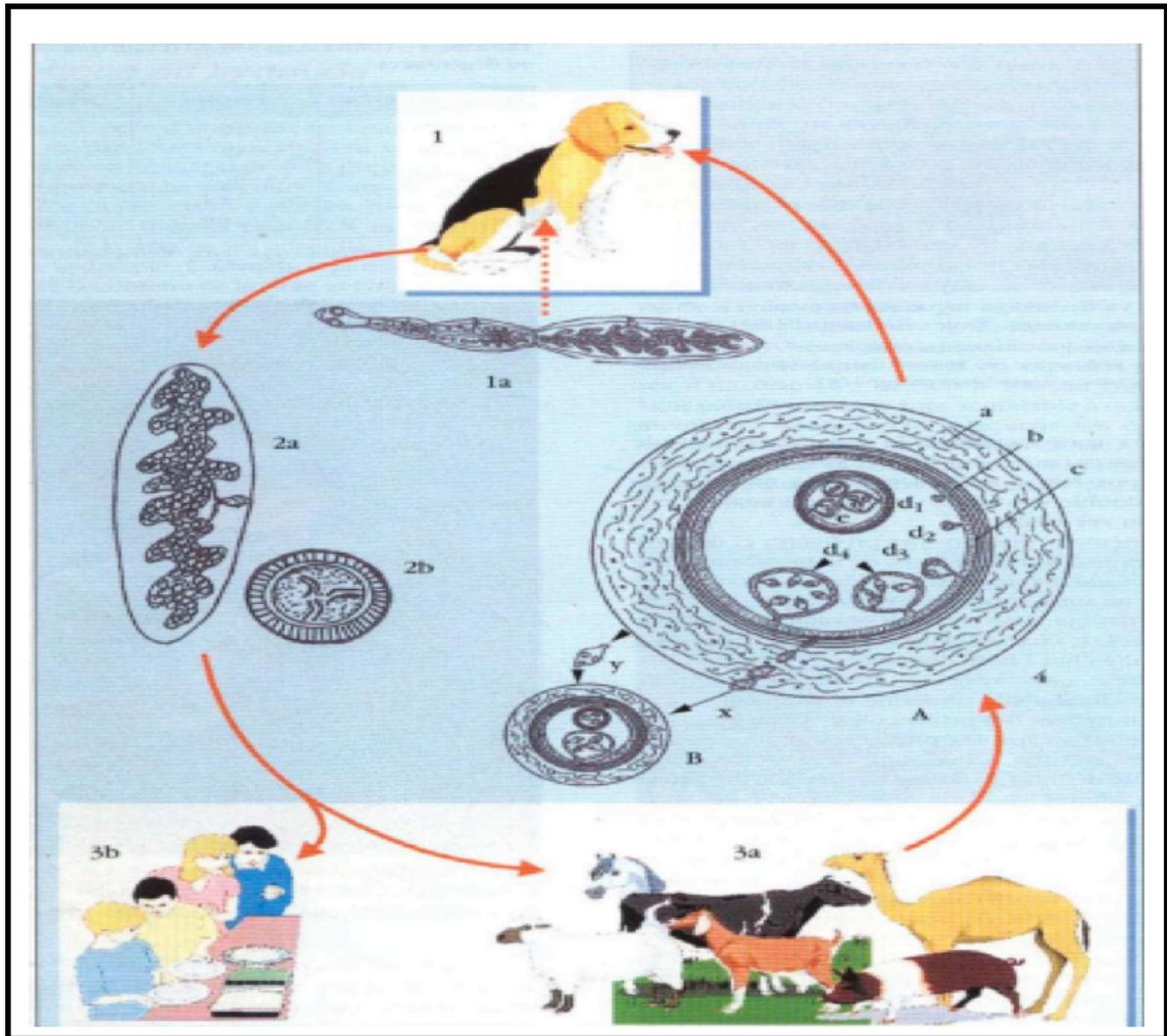


Figure 1.1: Cycle évolutif d'*Echinococcus granulosus* (Lefèvre et al., 2003)

(1) l'hôte définitif héberge le ver adulte (1a) dans son intestin grêle ; les segments gravides (2a) et les œufs (2b) sont évacués dans les fèces ; les hôtes intermédiaires (3a), herbivores ou omnivores, et l'homme (3b) s'infestent par ingestion d'œufs ; (4) chez les hôtes intermédiaires, les œufs se développent en larves hydatiques, et l'hôte définitif s'infeste par ingestion d'une larve hydatique fertile.

(A) Kyste hydatique = a : adventice ; b : couche externe (cuticule) ; c : couche interne (membrane prolifère ou germinative) ; d1 à d4 : formation de capsules prolifères avec les protoscolex ; e : vésicule fille endogène. (B) Vésicule fille exogène

V- Diagnostic :**a- Diagnostic chez l'animal:****a.1- Diagnostic clinique:**

Le diagnostic clinique est quasi impossible chez les animaux en raison de l'absence de symptômes et de signes pathognomoniques. L'imagerie médicale et les ultrasons utilisés chez l'homme n'ont qu'un intérêt académique et ne pourraient être utilisés, à la rigueur, que chez des animaux de grande valeur (Lefèvre et al, 2003).

a.2-Diagnostic de laboratoire (méthodes immunologiques)

Il semble que, suite à l'infestation par les œufs d'*E. granulosus*, les ovins, et probablement les autres animaux, ne montrent pas de production élevée et soutenue d'anticorps spécifiques circulants. Plusieurs tests immunologiques utilisant différents antigènes d'origine hydatique ont été utilisés (hémagglutination indirecte, immunoélectrophorèse, tests intradermiques, ELISA, etc.), mais aucun de ces tests n'est fiable pour le diagnostic de l'hydatidose chez les animaux (Craig, 1997; Lightowers et Gottstein, 1995).

Un test ELISA utilisant l'antigène B, isolé du liquide de kyste hydatique provenant d'ovins et de camélidés, a été mis au point ; l'antigène originaire de camélidés s'est révélé être le meilleur (Dueger et al, 1999). Cependant la sensibilité et la spécificité de ce test sont trop faibles pour l'établissement d'un diagnostic fiable. Beaucoup de réactions croisées avec d'autres infestations parasitaires sont observées, ainsi que des faux résultats positifs et des faux négatifs (Lefèvre et al, 2003).

a.3- Diagnostic par imagerie médicale:

Durant ces trente dernières années, l'échographie a prit un essor considérable en médecine vétérinaire comme moyen de diagnostic. Cette technique couplée à des investigations clinique a été appliquée à de nombreux parasites dont l'échinococcose uniloculaire et l'échinococcose multiloculaire ou alvéolaire (Macpherson et al, 2003).

Chez les ovins, l'échographie est utilisée depuis longtemps pour détecter les cas d'hydatidose (Sage et al., 1998). Au Kenya, les kystes hydatiques hépatiques sont détectés par ultra-sonographie chez les ovins et les caprins, et en Tunisie seulement chez les ovins (Lahmar et al, 2007 ; Torgerson et Budke, 2003 ; Maxon et al, 1996).

En Turquie, l'ultra-sonographie ou échographie et le doppler ont été réalisées chez les souris blanches pour tester leur efficacité dans la recherche de kyste hydatique (Sarimehmetoglu et al, 2004), (Salmi.A et al,2011).

b-Diagnostic chez l'homme:

Plusieurs méthodes de diagnostic ont été utilisées chez l'homme, l'imagerie médicale et le diagnostic de laboratoire.

b.1- Diagnostic de laboratoire:

Les examens biologiques comprennent l'hématologie, la sérologie et la biochimie du sang.

b.1.1-Les examens biochimiques:

Les résultats ne sont guère spécifiques. Ils sont soit normaux, soit ils révèlent une hyperbilirubinémie et/ou augmentation des transaminases et/ou une augmentation de gammaglutamyl transférase (γ -GT). Chez les patients présentant une rupture des kystes on remarque une élévation des γ -GT et de la phosphatase alcaline associée à une hyperamylasémie et une hyperéosinophilie. L'hypergammaglobulinémie est observée dans 30% des cas (Pawlowski et al, 2001).

b.1.2- Diagnostic immunologique:

Il est utilisé pour la détection des anticorps pour établir un diagnostic ou pour le diagnostic différentiel dans le cas où il y a des doutes en imagerie médicale (Mistrello et al., 1995).

b.1.3- Diagnostic sérologique:

Le diagnostic sérologique est utilisé pour confirmer l'imagerie médicale (Eckert et Deplazes, 2004 ; Siracusano et Bruschi, 2006 ; Bourée et Bisaro, 2007). Il est utilisé également pour le diagnostic clinique et en épidémiologie-surveillance dans les populations à haut risque. Ainsi, 6 antigènes d'*E. granulosus* ont été testés par la méthode ELISA, dont l'Ag5 chez des patients ayant des kystes hydatiques fertiles (Malgorzata et al, 1997). Le choix du diagnostic sérologique est important dans les formes atypiques. Le choix d'un test sérologique dépend de sa sensibilité et de sa spécificité (Siracusano et Bruschi, 2006).

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le diagnostic sérologique : l'immunofluorescence, l'ELISA, l'hémagglutination, l'électrophorèse et le western blot. Le liquide hydatique est utilisé comme source d'antigène pour l'immuno-diagnostic primaire dans l'hydatidose humaine. Malgré le développement prometteur de la biologie moléculaire, les tests sérologiques ont montré leurs limites en matière de diagnostic de l'hydatidose en clinique (Salehi et Soleimani, 2007; Siracusano et Bruschi, 2006). Amri et al. (2008), ont montré que les IL-12 et IL-8 sont considérablement plus élevés dans le sérum de patients atteints d'hydatidose confirmée, par rapport aux sujets témoins. Cette étude montre également que la sécrétion de cytokines est en corrélation positive avec la présence de la maladie

b.1.3.1- Tests immunobiologiques:

Plusieurs méthodes sont utilisées à savoir : le test intradermique de Casoni, la fixation du complément, l'hémagglutination indirecte, l'agglutination du latex, l'immunoélectrophorèse, l'électrosynérèse et la double diffusion, pour détecter la présence d'anticorps dirigés contre l'antigène 5 (arc 5). L'antigène 5 et l'antigène B, ne sont pas utilisés pour les travaux de recherche (Pawlowski et al, 2001). Ces techniques ont été remplacées par l'ELISA et l'immunoélectrotransfert (Western blot) :

◆ L'IFAT (Immunofluorescence Antibody Test) : C'est une technique basée sur la recherche d'anticorps sérique. Le complexe antigène-anticorps est marqué à la fluorescéine (Kayoueche, 2009).

◆ L'ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) : La technique ELISA permet de diagnostiquer 96.6 % des cas d'hydatidose mais elle produit des réactions croisées avec la taeniose et l'ascariase ; c'est la seule méthode qui donne les faux positifs. La technique ELISA, a permis dans le cas du diagnostic d'*E. granulosus*, une sensibilité de 89 % et une spécificité de 99 %, avec des variations entre laboratoires (Acha et Szyfres, 2005).

Une étude faite dans des écoles appartenant à 5 villages différents en Turquie a montré les inconvénients et les faiblesses des tests sérologiques notamment par le nombre élevé de faux positifs (Kilimcioglu et al, 2006).

Le γ -GT-ELISA, a de faibles réponses ou des faux négatifs quand les kystes hydatiques sont calcifiés ou localisés dans le cerveau ou l'œil. Les résultats sont particulièrement non significatifs chez les jeunes enfants ou quand il y a une autre parasitose associée (Pawlowski et al, 2001).

b.1.3.2-L'IEP (Immuno-Electro-Phoresis):

Les protéines migrent dans un gel d'agarose, puis on les révèle par une technique de double diffusion des antigènes et des anticorps, donnant des arcs de précipitation. Avec un antisérum total, on peut par exemple distinguer 30-40 protéines dans le sérum humain (Kayoueche, 2009).

La recherche d'antigène dans le liquide hydatique : La recherche d'Ag 5 dans le liquide hydatique est utilisée pour la confirmation de l'hydatidose. La sensibilité est de 100% (Pawlowski et al., 2001). Cette méthode utilisée dans les liquides hydatiques fertiles et non fertiles des kystes hydatiques du foie permet d'augmenter la détection des kystes hydatiques du foie chez l'homme (Margorzata;Stefaniak, 1997). (Kamenetzky et al., 2000), ont essayé 2 méthodes d'extraction de l'ADN (une méthode classique PCR et en ajoutant deux clés de

purification) à partir de la couche germinale de kystes hydatiques, fertiles et non fertiles dus à *E. granulosus* (Kayoueche, 2009)

b.1.3.3-Le test d'hémagglutination indirecte (IHAT : Indirect Hemagglutination Antibody Test):

Dans ce test, les globules rouges sont utilisés pour adsorber l'antigène soluble sur leurs surfaces. Les globules rouges s'agglutinent alors en présence d'antisérum spécifique pour l'antigène adsorbé (Kayoueche, 2009).

Kilimcioglu et al, (2006), ont montré les faiblesses et les divergences dans les résultats sérologiques par le nombre élevé de faux positifs. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence.

b.2- Diagnostic par imagerie médicale:

b.2.1-L'ultra-sonographie ou échographie :

Cette méthode de diagnostic peu coûteuse est préconisée dans le cas des hydatidoses de l'abdomen (foie, rate, rein...). Mieux acceptée par les populations, son usage est facile dans les zones rurales et/ou montagneuses. Elle est incluse dans la démarche diagnostique pour confirmer l'hydatidose, pour apprécier le nombre et la dimension des kystes, leurs localisations, leurs stades de développement et leurs relations avec les autres organes (Moro et al., 1999). Les kystes de Type 1, 2 et 3 sont considérés comme des signes pathognomoniques de l'hydatidose (Pawlowski et al, 2001). En comparant l'échographie à l'immuno-transfer blot, Moro et al. (2005) ont obtenu de meilleurs résultats en utilisant l'échographie.

b.2.2-L'IRM (image de résonance magnétique):

Elle est utilisée dans certains cas pour le diagnostic d'un kyste hydatique du cerveau par exemple ou pour visualiser les changements pouvant survenir dans le système vasculaire à l'intérieur ou à l'extérieur du foie (Pawlowski et al., 2001).

b.2.3-Endoscopic Retrograde (or percutaneous transhepatic) Cholangiography :

Cette méthode est indiquée chez les patients avec cholécystite et ictère et parfois associé à un drainage thérapeutique (Pawlowski et al., 2001).

b.2.4-La Scanographie ou Computed tomography (CT) :

Cet examen permet de détecter des kystes d'un diamètre ≥ 1 cm dans n'importe quel endroit de l'organisme, de différencier les kystes hydatiques de lésions non parasitaires (Haddad et al., 2001 ; Pawlowski et al., 2001).

b.2.5-L'urographie intraveineuse :

Elle est utilisée dans le cas d'atteinte rénale pour explorer le parenchyme rénal et observer d'éventuels compressions des canaux excréteurs (Pawlowski et al, 2001).

b.2.6-La radiographie :

La radiographie est utilisée pour la détection des hydatidoses pulmonaires. Elle peut mettre en évidence des kystes hydatiques de l'axe de déviation du cœur ou du foie par déformation du diaphragme qui seront confirmés par échographie (Pawlowski et al, 2001).

b.2.7-La tomodensitométrie :

Joue un rôle important dans le diagnostic topographique exact et le dénombrement des kystes (Tadjine et al., 2006).

VII. Traitement:**a-Chirurgical: (essentiellement)**

Il faut enlever le kyste le plus complètement possible et éviter tout essaimage parasitaire au cours de l'intervention. L'idéal est d'enlever le kyste sans l'ouvrir. Si le volume du kyste ou l'importance de ses rapports anatomiques l'interdit, il faut le stériliser au préalable en injectant d'un agent scolicide avant de l'ouvrir pour évacuer les éléments parasitaires (technique PAIR : ponction, aspiration, injection, ré-aspiration) (Kohil2017).

À ce jour, de nombreux agents scolicides, dont certains extraits végétaux, mannitol, ABZ, gluconate de chlorhexidine (Chx-Glu), miel, solution saline hypertonique, nitrate d'argent, cétrimide, alcool éthylique, H₂O₂ et povidone-iode, ont été utilisés pour l'inactivation de la teneur en kyste hydatique. (Colebrook et al, 2004; Rahimi et al, 2015; Gholami et al, 2013; Moazeni et al, 2011; Moazeni, Larki, 2010; Moazeni, Nazer, 2010; Zibaei et al, 2012) Cependant, la plupart des agents scolastiques courants peuvent causer des effets secondaires inacceptables (Besim, 1998; Hosseini et al, 2006; Rajabi, 2009) ce qui peut entraîner une limitation de leur utilisation.

b- La ponction-aspiration-injection-réaspiration (PAIR)

Dans les années 1980, des ponctions accidentelles de kystes hydatiques sans complications ont contribué à une ponction délibérée du kyste hydatique, suivie de l'introduction d'un agent scolicide (Akhan et al, 1996). Cette méthode, connue sous le nom de ponction-aspiration-injection-réaspiration (PAIR), a été recommandée par l'OMS comme méthode alternative à la chirurgie (Bulletin of WHO, 1996). Récemment, des traitements mini-invasifs comme la chirurgie laparoscopique et la thérapie PAIR sont devenus populaires pour le traitement du kyste hydatique (Nepalia S et al 2006, Schipper et al 2002, Nasser et al 2006). Le traitement percutané du kyste hydatique du foie a été rapporté pour la première fois par Mueller et al. en 1985 (Mueller et al 1985). Depuis lors, de nombreuses études ont placé la thérapie PAIR comme traitement alternatif à la chirurgie. Les résultats à long terme indiquent

que le traitement percutané des kystes hydatiques du foie est un traitement efficace pour les kystes de type I, II et III (Raman et al, 2013)

Cette méthode, consiste à utiliser d'un agent protoscolicide. Elle consiste en l'introduction d'une aiguille dans le kyste, avec l'assistance de l'échographe, l'aspiration du contenu du kyste, l'injection d'un protoscolicide et la ré-aspiration du liquide hydatique du kyste après 15-20 mn d'attente. La PAIR peut être utilisée dans les cas de kystes multiples ou de kystes inopérables (Pawlowski et al, 2001 ; Filice et Brunetti, 1997). Les Benzimidazoles (albendazole, mébendazole), sont utilisés seuls ou combinés avec le praziquantel avant et après le traitement chirurgical (El-On, 2003). Cette combinaison chirurgie/chimiothérapie est plus efficace que l'un ou l'autre traitement seul (Kayoueche, 2009)

La PAIR, comporte aussi bien des avantages (risque réduit par rapport à la chirurgie, suppression d'un grand nombre de protoscolex, réduction du temps d'hospitalisation, coût moins élevé...) que des inconvénients (choc anaphylactique, échinococcose secondaire...). La PAIR demeure cependant le meilleur traitement des kystes de type I, II et III dans les pays en voie de développement (Filice et Brunetti, 1997).

Les contre indications de la PAIR, sont les kystes inaccessibles, les kystes calcifiés, les kystes cloisonnés, les kystes pulmonaires etc... Les risques qui peuvent survenir sont l'échinococcose secondaire, l'infection, l'hémorragie, la lésion d'autres organes etc... (Kayoueche, 2009)

Chapitre II

Les Huiles essentielles

1- Définition

Les huiles essentielles (H.Es) sont définies comme étant des extraits volatils et odorants, que l'on extrait de certains végétaux par distillation à la vapeur d'eau, pressage ou incision des végétaux qu'ils contiennent. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous produits du métabolisme secondaire (Bruneton, 1999) et elle sont conservés dans des poches au niveau de certains organes (Dubos and Middlebrook, 1948). Elles ont des propriétés et des modes d'utilisations particuliers et ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie: l'aromathérapie (Bruneton, 1999). Elles sont le plus souvent séparées de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (ANSM, 2008). Ce sont des substances de consistance huileuse mais sans corps gras, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes, volatiles, souvent colorées (Solène, 2012)

2- Composition chimique:

Chimiquement, les H.Es sont des mélanges de structure extrêmement complexe, pouvant contenir plus de 300 composés différents (Hellal, 2011). Toutes les HEs sont volatiles, odorantes et inflammables. Leur densité est le plus souvent inférieure à 1 (Rhayour, 2002). Les substances volatiles sont des molécules appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes, Les composés terpéniques sont formés d'unités isopréniques (en C5) et comprennent les monoterpènes (C10), les sesquiterpènes (C15), les diterpènes (C20) et les tri terpènes (C30). Ces composés ont tous le même origine métabolique.

Certains composés aromatiques (odorants) ont une origine différent des terpens tel que le phénylpropane (l'acide et l'aldéhyde cinnamique (HE de cannelle), l'eugenol (HE de clou de girofle), le carvacrol (HE d'origan), l'anéthol et l'aldéhyde anisique (HE de badiane, d'anis et de fenouil) qui sont les principaux membres de cette famille) (Chami, 2005).

3-Les principaux composants chimiques des huiles essentielles (Staub et al, 2013, Baudoux et al, 2006)

3-1 Les alcools:

3-1-1 Alcools monoterpéniques :

Structure: $C_{10}H_{15}OH$ ou $C_{10}H_{17}OH$

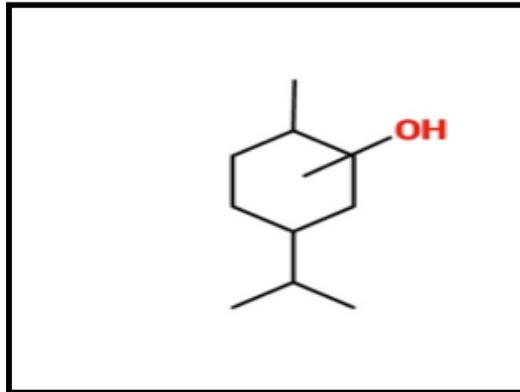


Figure 1. 2: Alcool monoterpénique
(Staub et al, 2013;Baudoux et al,
2006)

Propriétés :

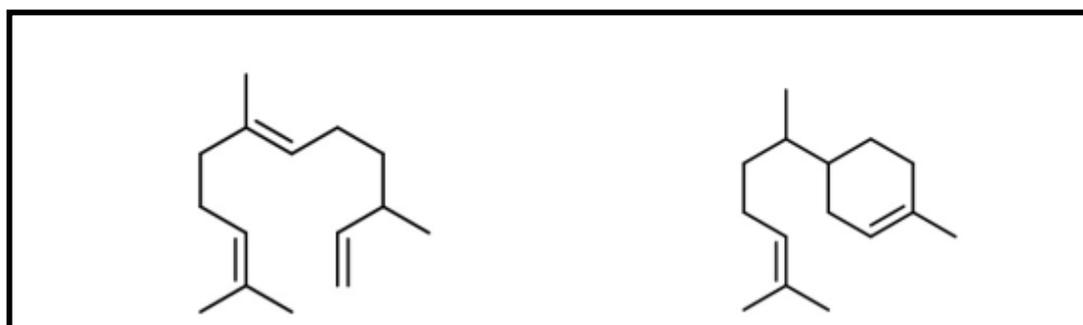
- Anti-infectieux à large spectre :
- Antibactériens
- Antifongiques
- Antiviraux
- Antiparasitaires
- Toniques généraux pour l'organisme
- Stimulants du système immunitaire
- Neurotoniques

Toxicité :

Ils ne présentent pas de toxicité à doses physiologiques et thérapeutiques.

Tableau 1. 1: Exemples d'alcools monoterpéniques dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Bornéol	Inule odorante
Citronnellol	Géranium rosat
Lavandulol	Lavande vraie ou officinale
Linalol	Bois de rose, thym à linalol, bois de Hô
Menthol	Menthe poivrée
Myrténol	Myrte commun
Pipéritol	Eucalyptus mentholé
Terpinéol	Tea tree
Thujanol	Thym à thujanol

3.1.2- Alcools sesquiterpéniques:**Structure :****Figure 1. 3 :** Alcool sesquiterpénique acyclique (gauche) et cyclique (droite)

(Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Décongestionnants veineux et lymphatiques
- Hormon-like (oestrogen-like)
- Médiocres anti-infectieux
- Positivants

Toxicité :

Peu de toxicité mais il faudra cependant faire attention à l'activité oestrogen-like de certaines huiles essentielles dans le cas de pathologies hormonodépendantes.

Tableau 1. 2 : Exemples d'alcools sesquiterpéniques dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Bisabolol	Matricaire
Carotol	Carotte
Carvéol	Carvi
Cédrol	Cyprès
Farnésol	Camomille romaine
Globulol	Eucalyptus globuleux
Nérolidol	Oranger bigarade
Patchoulol	Patchouli
Santalol	Santal blanc
Sclaréol	Sauge sclarée
Spathulénol	Verveine citronnée
Viridiflorol	Niaouli

3.1.3-Phénols simples et phénols méthyl-éthers:

Structure :

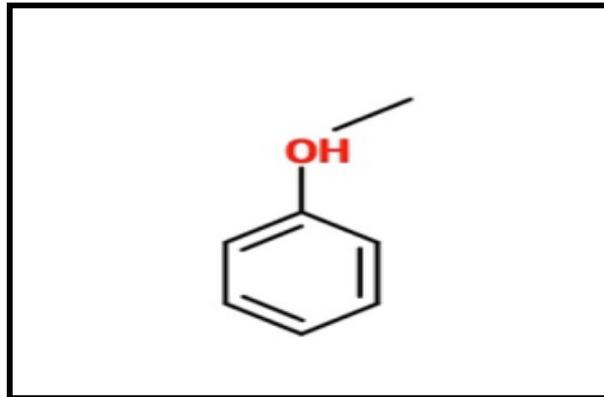


Figure 1. 4: Phénol(Staub et al, 2013 ;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Antispasmodiques neurotropes et musculotropes (pour les phénols méthyl-éthers)
- Antifongiques
- Anti-infectieux bactérien et viral
- Antiparasitaires
- Stomachiques
- Tonifiants à dose faible
- Propriétés propres à certaines molécules :
 - Eugénol (HE de girofle) : antalgique,
 - Viridiflorol (HE de Sauge officinale) et sclaréol (HE de Sauge sclarée) :
hormon-like,
 - Trans-anéthole (HE d'Anis vert) : œstrogène-like,
 - Terpinène-1-ol-4 (HE de Tee tree) et bornéol bicyclique (HE d'inuleodorante) :

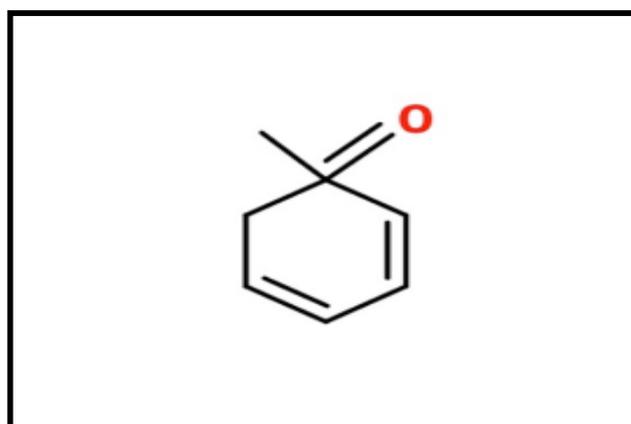
immunomodulant,

Toxicité :

Ils sont déconseillés par voie orale car ils seraient hépatotoxiques. À doses élevées et prolongées, les phénols peuvent aussi induire une fonte des réserves lipidiques. Cette classe sera contre-indiquée aux femmes enceintes et aux enfants de moins de 10 ans(certaines molécules sont abortives et neurotoxiques).

Tableau1. 3: Exemples de phénols dans les huiles essentielles:

	MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Phénols simples	Eugénol	Laurier noble
	Carvacrol	Thym officinal, sarriette des montagnes, origan compact
	Thymol	Thym officinal, ajowan
Phénols méthyl-éther	Chavicol (ou estragole)	Basilic exotique, estragon
	Trans-anéthole	Anis vert, fenouil doux, anis étoilé, ravensare anisé
	β -asarone	Acore odorant

3.2-Aldéhydes:**3.2.1- Aldéhydes aromatiques:****Structure :****Figure 1. 5 :** Aldéhyde aromatique(Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)**Propriétés :**

- Anti-infectieux puissants à large spectre d'action
- Antibactériens
- Antiviraux très puissants
- Antifongiques
- Antiparasitaires

- Immunomodulants
- Toniques généraux
- Stimulants des contractions utérines

Toxicité :

Les aldéhydes aromatiques sont très dermocaustiques et hépatotoxiques. Leur utilisation sera contre-indiquée chez les femmes enceintes et les enfants de moins de 8 ans.

Ils peuvent également être allergisants.

Tableau 1. 4: Exemples d'aldéhydes aromatiques dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Benzaldéhyde	Niaouli
Cinnamaldéhyde	Cannelle de Ceylan, Cannelle de Chine
Cuminal	Cumin officinal, Eucalyptus à cryptone
Phellandral	Eucalyptus à cryptone

3.2.2-Les aldéhydes terpéniques

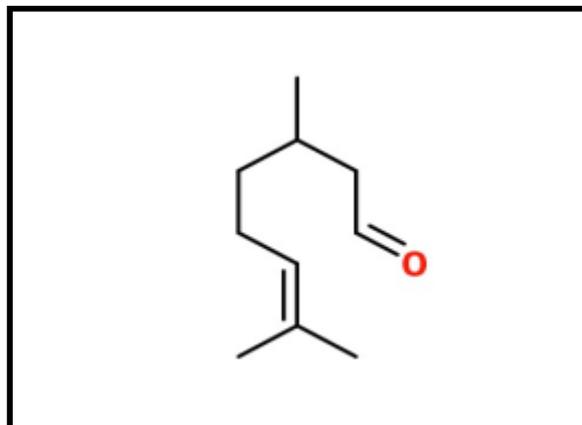
Structure :

Figure1. 6:Aldéhyde terpénique (Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Négativants
- Anti-inflammatoires
- Antiseptiques des voies respiratoires

- Hypotenseurs
- Calmants et sédatifs
- Stomachiques et eupeptiques
- Antibactériens
- Antifongiques
- Antiviraux
- Litholytiques biliaires et rénaux
- Stimulent les fonctions hépatiques
- Odeur citronnée (répulsif à moustiques)

Toxicité :

Certains aldéhydes terpéniques vont être dermocaustiques et d'autres seront sensibilisants (surtout dans les huiles essentielles d'agrumes).

Tableau 1. 5 : Exemples d'aldéhydes terpéniques dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Néral	Citronnelle, lemongrass, verveine citronnée, mélisse officinale, litsée citronnée
Géranial	
Citronnellal	Citronnelle de Java, Eucalyptus citronné, Géranium rosat
Myrténal	Murte commun
Irodial	Cataire
Anisial	Anis vert

3.3-Cétones:

Structure :

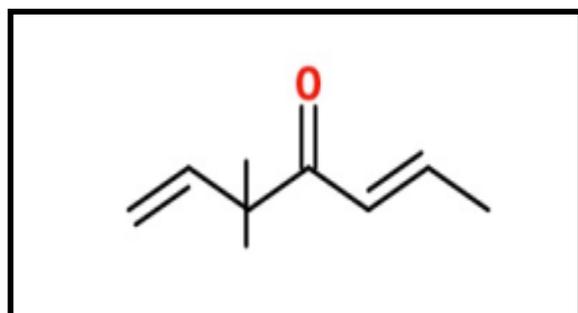


Figure 1. 7 : Cétone aliphatique (Staub et al,2013;Baudoux et al, 2006)

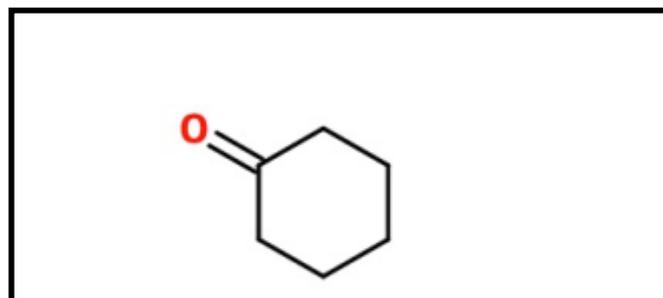


Figure 1. 8 : Cétone cyclique (Staub et al,2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Négativantes
- Pouvoir cicatrisant et régénérant du tissu cutané et muqueux
- Action désclérosante (diminution des proliférations conjonctives anormales type chéloïdes, cellulite)
 - Action spécifique des italdiones (*Helichrysum italicum*) : anti-hématome par la présence de fonctions cétoniques
- Mucolytiques et fluidifiantes
- Cholagogues et cholérétiques
- Lipolytiques (dissolution des mucosités bronchiques lipidiques)
- Antiparasitaires +++ (oxyures, ténias, ascaris)
- Antifongiques
- Antivirales
- Action sur le SNC38

Toxicité :

Les cétones sont neurotoxiques et abortives (donc contre-indiquées chez la femme enceinte et les enfants). La pulégone présente dans l'huile essentielle de *Mentha pulegium* est très hépatotoxique.

Les cétones seront très toxiques per os et il faudra veiller à ne pas dépasser 75 mg par prise, 3 fois par jour maximum. Quelques exemples de DL50 per os :

- 0,2 g/kg pour la thuyone
- 0,47 g/kg pour la pulégone
- 1,47 g/kg pour le camphre
- 1,64 g/kg pour la carvone

Tableau 1. 6: Exemples de cétones dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Camphre = bornéone	Romarin CT camphre
Carvone	Carvi
Cryptone	Eucalyptus à fleurs multiples CT cryptones
Italidione	Hélichryse italienne
Menthone	Menthe poivrée
Pinocarvone	Eucalyptus globuleux
Pipéritone	Eucalyptus mentholé
Pulégone	Menthe pouliot
Thujone	Thuya
Verbénone	Romarin CT verbénone

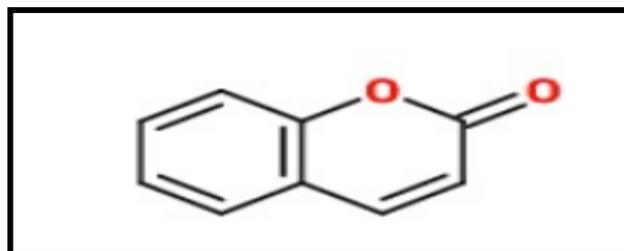
3.4- Coumarines:**Structure :**

Figure 1. 9 : Coumarine
(Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Négativantes
- Anticoagulantes (propriété des dérivés de la coumarine, la coumarine simple, elle,n'étant pas anticoagulante)
- Sédatives nerveuses
- Anticonvulsivantes
- Hypotensives
- Spasmolytiques

- Hépatostimulantes

Toxicité :

Les coumarines sont des molécules photosensibilisantes. Sous l'action des rayonnements UV, la mélanogenèse va se retrouver exacerbée et il y aura un risque de carcinogénicité. La voie locale sera à écarter si une exposition solaire est prévue. De même, la voie orale aurait aussi un risque de photosensibilité mais plus faible.

Les produits Bergasol® utilisaient auparavant une coumarine, du bergaptène, qui permettait d'accélérer le bronzage. Cette molécule a été retirée de leurs produits en 1992 et désormais, la marque utilise un parfum bergamote de synthèse.

Aujourd'hui, la dose maximale de coumarines présente dans les produits cosmétiques ne doit pas dépasser les 1 à 5 ppm.

Tableau 1. 7 : Exemples de coumarines dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Bergaptène	Bergamote
Coumarine	Cannelle de Ceylan
Herniarine	Estragon, Matricaire, Lavande vraie
Limettine	Citronnier, Limetier, Bergamote
Scopolétine	Mélisse officinale

3.5 Esters:

Structure :

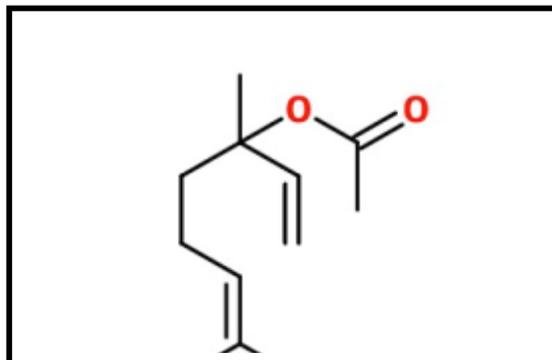


Figure 1. 10 : Ester terpénique (Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

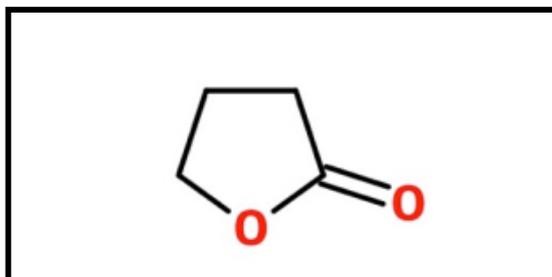
- Antispasmodiques
- Antalgiques
- Anti-inflammatoires
- Hypotenseurs
- Calmants, sédatifs
- Négativants

Toxicité :

Les esters ne présentent pas de toxicité aux doses physiologiques, excepté en ce qui concerne le salicylate de méthyle. Étant un dérivé de l'aspirine, les personnes allergiques devront prendre leurs précautions lors de l'utilisation d'huiles essentielles contenant du salicylate de méthyle. On évitera également son application chez les personnes traitées par anticoagulants.

Tableau 1. 8 : Exemples d'esters dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Acétate d'eugényle	Giroflier
Acétate de linalyle	Lavande vraie, Petit grain bigarade
Acétate de menthyle	Menthe poivrée
Acétate de néryle	Hélichryse italienne
Benzoate de benzyle	Ylang ylang
Salicylate de méthyle	Gaulthérie couchée

3.6- Lactones:**Structure :****Figure 1. 11:** Lactone à noyau pentagonal (Staub et al, 2013; Baudoux et al, 2006)

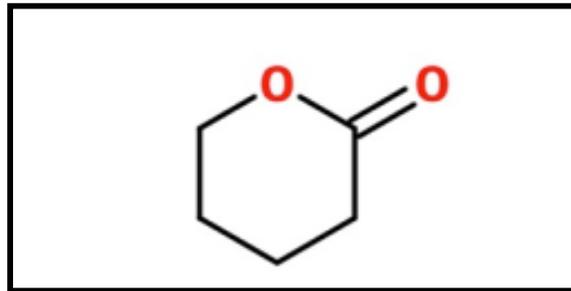


Figure 1. 12 : Lactone à noyau hexagonal (Staub et al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Mucolytiques, expectorantes
- Cholagogues, cholérétiques
- Hépatostimulantes
- Antifongiques
- Antiparasitaires
- Positivantes
- Antispasmodiques
- Immunostimulant
- Anticoagulant (présence de parthénolide dans l'huile essentielle de Grande camomille)

Toxicité :

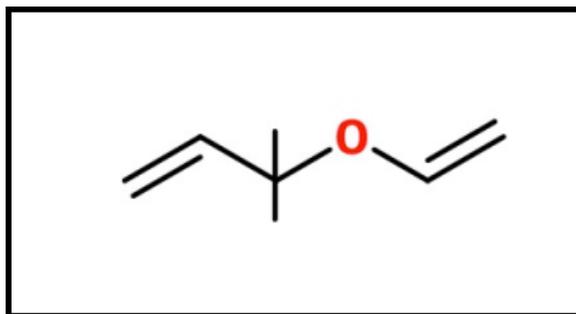
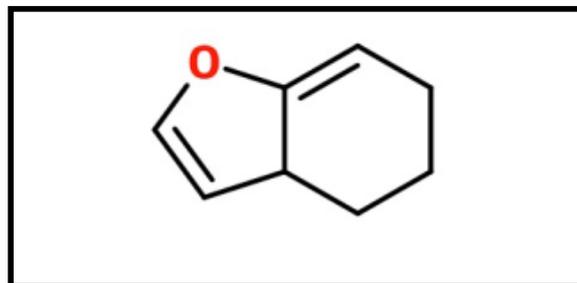
Les lactones présentent un risque d'allergie cutanée, notamment chez les personnes à peau sensible. Massoïa lactone présente le pouvoir allergisant le plus élevé.

Ce sont également des molécules neurotoxiques per os.

Ces toxicités sont toutefois relatives car les lactones sont retrouvées en très faibles pourcentages dans les huiles essentielles d'où une utilisation assez facile de ces huiles essentielles.

Tableau 1. 9 : Exemples de lactones dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Achillone	Achillée millefeuille
Alantolactone	Inule odorante
Artémorine	Laurier noble
Costunolide	Laurier noble
Massoïa lactone	Cryptocaria
Myrtucommulone	Myrte commun à cinéole

3.7- Oxydes terpéniques:**Structure :****Figure 1. 13** : Oxyde aliphatiquee
(Staub et al, 2013;Baudoux et al,
2006)**Figure 1. 14:** Oxyde cyclique (Staub et
al, 2013;Baudoux et al, 2006)

Propriétés :

- Expectorants
- Mucolytiques
- Décongestionnants respiratoires
- Antibactérien
- Antiviraux
- Antifongiques
- Antiparasitaires (ascaridole)
- Toniques circulatoires
- Immunomodulants (eucalyptol)
- Positivants

Toxicité :

Dans l'ensemble, les oxydes vont présenter peu de toxicité. Ils seront en revanche contre indiqués chez la femme enceinte et à utiliser avec précaution chez l'enfant.

On notera que le 1,8 cinéole de synthèse ou rectifié (de mauvaise qualité) peut irriter les voies respiratoires. Le 1,8 cinéole sera également contre indiqué chez les patients asthmatiques. L'ascaridole (*Chenopodium ambrosioides*) est hépatotoxique et neurotoxique, il sera à éviter chez l'enfant.

Tableau 1. 10 : Exemples d'oxydes terpéniques dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
1,8 cinéole	Eucalyptus radié et globuleux, Laurier noble, Myrte à cinéole, Niaouli, Ravintsara, Romarin à cinéole
Ascaridole	Boldo, Chénopode vermifuge
Linaloxyde	Hysope couchée
Pipéritonoxyde	Menthe à longues feuilles

3.8-Terpènes:

Ce sont des molécules constituées d'un assemblage de plusieurs molécules d'isoprène (C₅H₈). Leur structure générale est sous forme (C₅H₈)_n. Ce sont les molécules les plus présentes dans le monde des huiles essentielles.

3.8.1- Monoterpènes**Structure :** C₁₀H₁₆**Propriétés :**

- Décongestionnants
- Expectorants
- Lymphotoniques
- Toniques et stimulants généraux
- Assainissant de l'atmosphère
- Cortison-like

Toxicité :

Les monoterpènes sont dermocaustiques et certains seront néphrotoxiques (huile essentielle de térébenthine et huile essentielle de genévrier commun). Il faudra veiller à le diluer au minimum à 50% pour une application locale.

Tableau 1. 11 : Exemples de monoterpènes dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Camphène	Bergamote, Citronnelle, Térébenthine
Limonène	Citron, Eucalyptus globuleux, Pin sylvestre
Sabinène	Ravintsara, Achillée millefeuille
Terpinène	Citron, Tea tree, Marjolaine à coquilles
Thuyène	Encens, Niaouli
α et β pinène	Pin sylvestre, Eucalyptus globuleux, Genévrier commun

3.8.2- Sesquiterpènes:**Structure :** C₁₅H₂₄**Propriétés :**

- Anti-inflammatoires
- Décongestionnants veineux et lymphatiques
- Hypotenseurs
- Calmants
- Antiallergiques
- Négativants

Toxicité :

Les sesquiterpènes n'ont pour l'instant pas présenté de toxicité. Mais attention, malgré leur non-toxicité, certains sesquiterpènes associés à des cétones augmentent l'activité abortive des cétones.

Au comptoir, il peut être intéressant de rappeler que la tanaisie annuelle et la matricaire peuvent raccourcir le cycle menstruel.

Tableau 1. 12 : Exemples de sesquiterpènes dans les huiles essentielles

MOLÉCULES	HUILE ESSENTIELLE
Cadinène	Cade, Cèdre de l'atlas
Cédrène	Cèdre de l'atlas
Chamazulène	Tanaisie annuelle, Matricaire
Farnésène	Ylang ylang
Germacrène	Origan vulgaire
Humulène	Houblon, Chanvre doux
Zingibérène	Curcuma, Gingembre

4-Notion de chémotype:

Le chémotype d'une H.E est une référence précise qui indique le composant biochimique majoritaire ou distinctif, présent dans l'H.E. C'est l'élément qui permet de distinguer des H.Es extraits d'une même variété botanique mais, d'une composition biochimique différents. Cette classification permet de sélectionner les H.Es pour une utilisation plus précis, plus sure et plus efficace. Ce polymorphisme chimique existe chez certaines espèces: *Thymus vulgaris*, *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*. Il est important de noter que les H.Es à chémotypes différents présentent non seulement des activités différentes mais aussi des toxicités très variables (Pibiri, 2005).

5-Domains d'utilisation des HEs:**5.1-Utilisations sanitaires :**

Les HEs peuvent être utilisées comme un insecticide pour éloigner les mouches charbonneuses, qui piquent les animaux domestiques (Baldacchino et al., 2013), comme elles peuvent être utilisées en raison de leurs propriétés stimulantes ou inhibitrices notamment sur les microbes (désinfection) et les activités cellulaires des plantes ou animaux (Wikipédia) Elles servent comme produits phytosanitaires pour combattre les infections fongique et/ ou bactériennes et/ou virales. Elles apportent des solutions en agriculture biologique, réduisant

les effets néfastes des pesticides de synthèse comme la pollution ou le développement de résistances (Wikipédia)

À l'instar de ce qui est fait pour l'homme, les HEs entrent aussi dans la composition de traitements pour les animaux, ou ils permettent par exemple de réduire l'apparition des résistances aux antibiotiques conventionnels, ou limiter les effets secondaires (Wikipédia).

5.2-Utilisations industrielles:

Les huiles essentielles sont très employées dans les industries de la parfumerie (savons, shampoings, gel-douches, crèmes cosmétiques et/ou hydratantes, etc) (Wikipédia), des produits ménagers (détergents et lessives) (Wikipédia), des armes (cafés, thés, tabacs, vins, yaourts, plats cuisinés, etc)(Wikipédia) et de la cosmétique. Ce sont en effet les produits de base utilisés pour ajouter des odeurs, en raison de leur forte volatilité et du fait qu'elles ne laissent pas de trace grasse. Dans de l'agro-alimentaire, elles sont aussi incorporées aux aliments pour donner des saveurs (Wikipédia).

6-Classification des huiles essentielles:

Les huiles essentielles (HEs) sont classées usuellement selon la nature chimique des principes actifs majeurs (tableau 13), plus rarement sur le mode d'extraction (infra)(Wikipédia), ou les effets biologiques (infra : pharma/cosmeto ou sanitaire)(Wikipédia). On retient huit classes principales (les carbures sesquiterpéniques et terpéniques, les alcools, les esters et alcools, les aldéhydes, les cétones, les phénols, les éthers et les peroxydes) (Georges,1979), avec les composants importants suivants :

Tableau 1. 13 : Classification des huiles essentielles (Wikipédia)

Classes d'huile essentielle	Exemple d'huile essentielle	Références
Riche en carbures terpéniques et sesquiterpéniques	- Térébenthine (alpha-pinène, camphène), - Genévrier (alpha-pinène, camphène, cadinène), - Citron (limonène)	Wikipédia
Riche en alcools	- Coriandre (linalol) - Bois de rose (linalol) - De rose (géraniol)	
Mélanges d'esters et d'alcools	- Lavande (linalol, acétate de linalyle) - Menthe (menthol, acétate de menthyle)	
Riche en aldéhydes	- Cannelle (aldéhyde cinnamique), - Citronnelle (citral et citrannal) - Eucalyptus et Citriodora (citronellal)	
Riche en cétones	- Carvi (carvone) - Sauge et thuya (thuyone) - Camphrier (camphre)	
riches en phénols :	- Thym (thymol), - Sarriette (carvacrol), - Origan (thymol et carvacrol) - Clou de girofle (eugénol)	
riches en éthers :	-Anis vert et de badiane (anéthol) - Fenouil (anéthol) - Eucalyptus globulus et Cajeput (eucalyptol) - Niaouli	
Riche en peroxydes	- Chénopode (ascaridol) - Ail (allicine)	
Sulfurées	- Crucifères et liliacées	

Note : La plupart des huiles essentielles sont constituées dans leur grande majorité d'un mélange assez complexe de monoterpènes, de sesquiterpènes, d'alcools, d'esters, d'aldéhydes, d'oxydes, etc. Il y a quelques exceptions : huile essentielle de gaulthérie couchée composée à plus de 99,5 % de salicylate de méthyle (un ester aromatique).

7-Critères de qualité:

Toutes les huiles essentielles ne se valent pas. Les critères de qualité sont les suivants :

➤ Les huiles essentielles de qualité doivent impérativement provenir de plantes botaniquement certifiées, c'est-à-dire identifiées par deux noms latins, le latin étant la langue universellement reconnue en botanique. Le premier nom désigne le genre, par exemple *Thymus* ; le second, l'espèce : *vulgaris* → *Thymus vulgaris* = Thym vulgaire. Il existe par exemple deux espèces de sauge : la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et la sauge sclarée (*Salvia sclarea*), qui peuvent être vendue toutes les deux sous l'appellation d'essence de sauge. La première, riche en cétones neurotoxiques, peut provoquer des crises d'épilepsie, alors que la seconde possède des esters aromatiques anti-épileptisants (Pierron,2014).

➤ Origine géographique sélectionnée : Cela permet de connaître l'environnement dans lequel grandit la plante et de caractériser ainsi l'huile essentielle obtenue. Il y a des différences de composition chimique selon le pays d'origine. Une même plante grandissant dans des lieux différents avec changement de situation géographique (altitude et latitude), avec variation de la nature du sol, peut produire des huiles essentielles différentes. Par exemple, le thym vulgaire à géraniol ne produit cette molécule de géraniol qu'en hiver alors que l'acétate de géranyle la remplacera en été (Pierron,2014).

➤ A partir d'une même plante, plusieurs HE de compositions chimiques et/ou d'activités différentes peuvent être obtenues en fonction de la partie utilisée. C'est par exemple le cas du *Citrus aurantium* L. Rutaceae :

- à partir du zeste, on obtient l'HE d'orange amère qui a des propriétés calmantes
- à partir de la fleur, on obtient l'HE de néroli qui a des propriétés neurotoniques
- à partir de la feuille, on obtient l'HE de petit grain bigarade qui a des propriétés antispasmodiques.

Tous les organes d'une plante, qu'ils soient végétatifs ou reproducteurs sont capables de synthétiser des HE (fleurs, feuilles, écorces, racines, graines, rhizomes, fruits secs, aiguilles...). On peut donner comme exemple celui de la Cannelle de Ceylan dont l'HE peut être à la fois extraite des feuilles ou de l'écorce.

La production des molécules aromatiques est due à des structures histologiques spécifiques à la plante qui sont souvent localisées sur ou à la surface de la plante. On retrouve alors selon les familles auxquelles appartient la plante des cellules à essence, des poches sécrétrices, des canaux sécréteurs (Latapie, 2016).

➤ Le mode de culture: Il définit si la plante est cultivée ou sauvage. Il est souvent représenté par un label si la plante provient d'une culture biologique. Les seuls labels autorisés sont ceux délivrés par le Ministère de l'Agriculture (Pierron, 2014). Il en existe plusieurs :

- Le label BIO garantie une huile essentielle certifiée par l'organisme ECOCERT (Pierron, 2014) afin de garantir l'origine biologique de l'huile essentielle.

- Une huile essentielle possédant un label ECOCERT est une huile essentielle soumise au contrôle régulier d'un organisme de certification agréé par les pouvoirs publics.

- Le label H.E.B.B.D. (**H**uile **E**ssentielle **B**otaniquement et **B**iochimiquement **D**éfinie) signifie que l'huile essentielle possède un bulletin d'analyse établi avec le C.N.R.S. C'est un label de qualité des huiles essentielles.

- Le label A.B. correspondant à Agriculture Biologique, certifie que l'huile essentielle possède au minimum quatre-vingt quinze pour cent d'ingrédients issus de l'agriculture biologique, c'est-à-dire cultivée sans engrais, ni pesticides, et ne contenant pas d'O.G.M.

8-Activités biologiques:

Pour leurs activités antibactériennes, antifongiques et insecticides, les huiles essentielles ont été largement utilisées pour leurs propriétés déjà observées en milieu naturel. De nos jours, plus de 3000 huiles essentielles sont connues, dont 300 sont commercialement importantes, en particulier pour les industries. Certaines huiles essentielles ont des propriétés médicinales particulières qui ont été félicitées pour guérir certains dysfonctions organiques ou troubles systémiques. (Simic et al, 2004 ; Perry et al, 2003).

8.1-Huiles essentielles comme agents antibactériens :

Les huiles essentielles peuvent agir comme agents antibactériens contre un large spectre de souches bactériennes pathogènes, notamment: *Listeria monocytogenes*, *L. innocua*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157: H7, *Shigella dysenteria*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella typhimurium* (Jirovetz et al, 2005 ;Leistner L , 1978).

8.2-Huiles essentielles comme agents antifongiques :

Angelini et al 2006. ont souligné l'utilisation des huiles essentielles dans l'industrie alimentaire, en tant qu'agents désinfectants naturels ; dans cette étude, Angelini et al 2006. évaluent certains paramètres d'activité antimicrobienne comme l'inhibition de la croissance mycélienne, la concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration fongicide minimale (MFC) de six huiles essentielles contre *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*,

Chaetomium globosum, Penicillium chrysogenum, Penicillium pinophilum, Trichoderma harzianum et Trichoderma viride .

Les huiles essentielles de cannelle et de thym ont les plus faibles valeurs de CMI et de MFC contre tous les champignons testés, suivies de l'herbe à chat, de l'arbre à thé, de la sauge clarée et du laurier. (Angelini et al 2006).

9-Extraction des huiles essentielles:

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles mais, selon la définition de l'AFNOR et l'ISO, les méthodes utilisées pour extraire les huiles essentielles sont :

9.1-La distillation:

La méthode la plus commune est la distillation, qui est employée pour les plantes les moins sensibles à la chaleur, comme la lavande, ainsi qu'avec la plupart des feuilles, des graines et des bois. L'enfleurage, où un corps gras absorbe le parfum, est pratiqué pour les pétales fragiles, comme ceux du jasmin (Bremness, 1998).

9.2-L'hydro distillation: « water distillation »

L'eau et la matière végétale sont toutes deux chauffées dans un premier ballon, puis la vapeur et les extraits végétaux sont condensés dans un réfrigérant à eau et récupérés en fin de parcours dans un vase à décanter. La mise en contact de l'eau et du végétal pendant la chauffe favorise l'altération des composés aromatiques, particulièrement des esters.

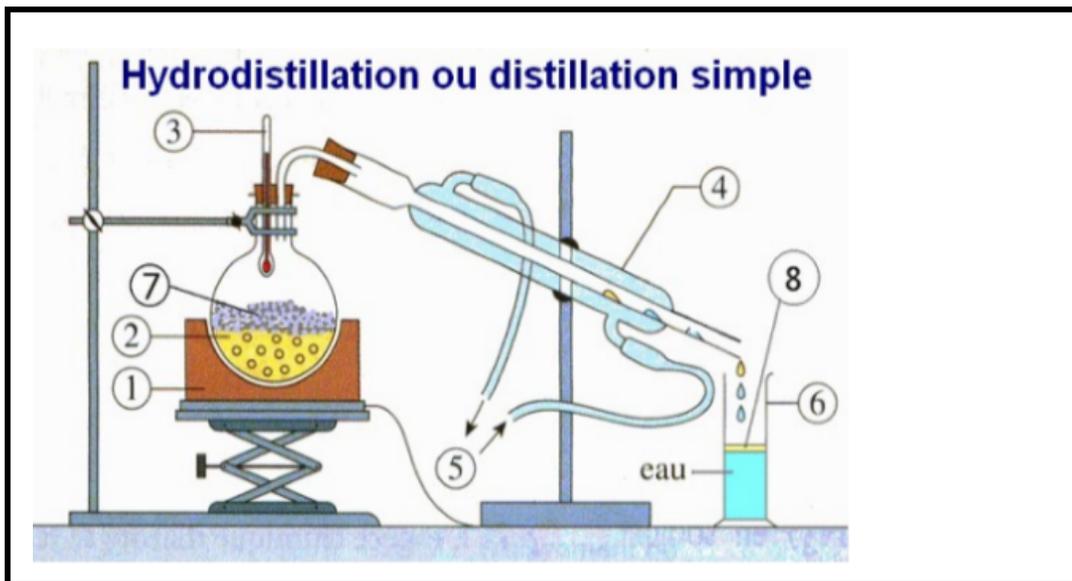


Figure 1. 15: Schéma du principe de la technique d'hydro distillation (Lucchesi, 2005)

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1- Chauffe ballon | 5- Entrée et sortie d'eau |
| 2- Ballon | 6- Erlenmeyer |
| 3- Thermomètre | 7-Matière à l'extraire l'essence |
| 4- Réfrigérant | 8-La couche d'H.E |

9.3-Expression à froid:

Cette méthode, sans chauffage, est le procédé d'obtention des HES le plus simple. Elle s'applique principalement pour l'extraction des zestes d'agrumes de type Citrus de la famille des Rutaceae. Elle est réalisée grâce à des procédés mécaniques à température ambiante. On choisit ce procédé en raison de la fragilité des essences de ces fruits, de la fragilité des composants, de leur sensibilité à la chaleur. Les zestes sont broyés à l'aide de presses afin de détruire leurs poches sécrétrices d'essence et de libérer leurs contenus. Ce procédé permet de limiter l'oxydation car elle conserve les antioxydants naturels contenus dans la fraction non volatile. La substance obtenue est appelée essence. Elle n'a subi aucune modification chimique, elle est identique au produit sécrété par la plante (Latapie, 2016).

9.4-Entraînement à la vapeur d'eau:

Cette technique permet l'entraînement des substances aromatiques par la vapeur d'eau. Elle doit être réalisée à basse pression afin d'éviter des suroxydations. La plante est disposée sur des paniers, dans un alambic en acier, au dessus de l'eau. L'eau chauffée va former de la vapeur qui va traverser les plantes et entraîner les molécules aromatiques. Cette vapeur chargée en substances va ensuite passer dans un réfrigérant puis passer dans une cuve que l'on appelle l'essencier. Ce dernier contient un mélange d'HE et d'eau qui sera séparé par

décantation grâce à la différence de densité. L'HE plus légère que l'eau flotte en surface. Le distillat aqueux obtenu est appelé «eau aromatique» ou « hydrolat » ou « eau florale ». La distillation doit être complète pour recueillir tous les constituants aromatiques de l'HE, le « totum », et obtenir une HE dite totale. Si elle n'est pas totale, la « queue » de distillation peut être éliminée ; dans ce cas l'activité thérapeutique de l'HE sera différente. Cette méthode est la plus utilisée pour obtenir des HE car elle est la plus douce et la plus productive. La Pharmacopée Française la préconise car elle minimise les altérations (Latapie, 2016).

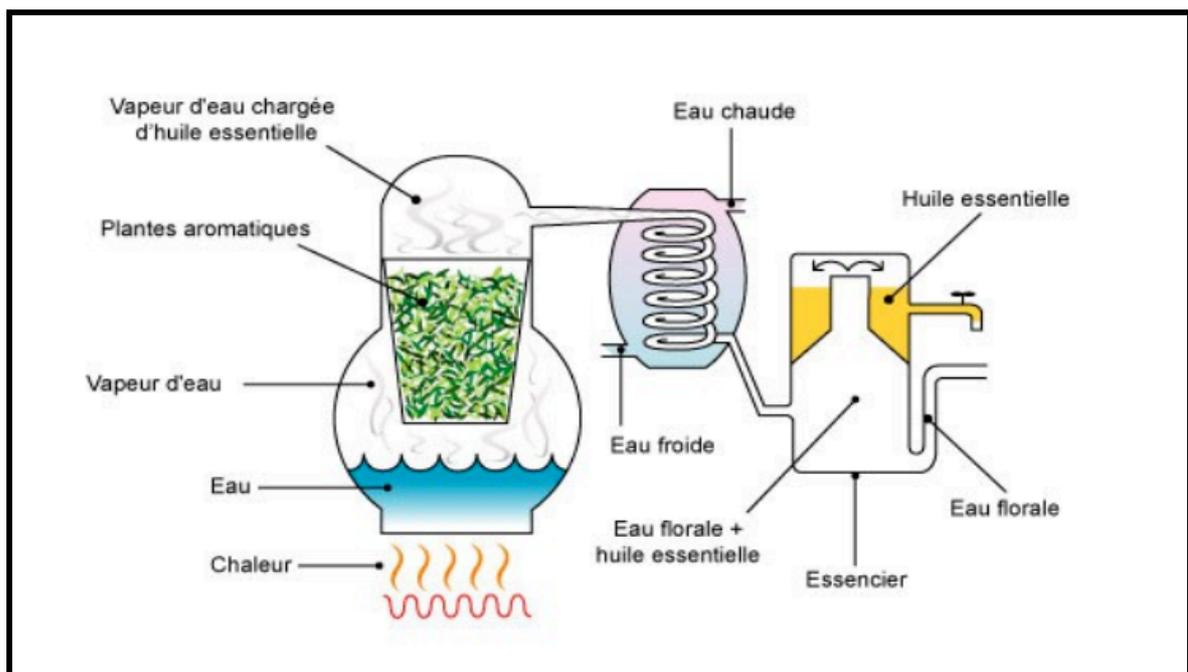


Figure 1. 16 : Schéma d'entraînement par la vapeur d'eau (Da Silva, 2010)

9.5-L'hydrodiffusion pulsée

À l'image de la distillation par entraînement à la vapeur d'eau, ce procédé utilise la vapeur d'eau pour entraîner les composés qui nous intéressent, mais à l'inverse de la distillation, la vapeur est ici injectée de haut en bas, à faible pression, à travers la masse végétale. Il en résulte une extraction de certaines substances non volatiles, aussi le produit obtenu ne bénéficie-t-il pas de l'appellation d'huile essentielle, mais d'« essence de percolation ». L'hydrodiffusion permet une extraction plus rapide et moins coûteuse en énergie, mais au détriment de la qualité du produit final (Dipage J. A, 2009).

9.6-L'extraction au CO₂ supercritique

La technologie du CO₂ supercritique est basée sur le pouvoir solvant du CO₂ qui est modulable à volonté selon les conditions de pression et de température qu'on lui applique

À l'état supercritique (plus de 74 bar et de 31°C) le CO₂ possède des propriétés très particulières : une grande diffusivité, comme celle d'un gaz, et une densité élevée, permettant une capacité d'extraction et de transport importante. Un procédé d'extraction par CO₂ supercritique fonctionne en circuit fermé. Il comporte des organes de mise en pression (pompes) et en température (échangeurs) afin d'amener le CO₂ au-dessus de son point critique. Le produit à traiter est placé dans un extracteur traversé par le flux de CO₂ supercritique. Le fluide se charge en composé extrait, puis il est détendu, passe en phase gazeuse et se sépare du composé extrait. Ce dernier est recueilli dans un séparateur ([Http://hitex-co2.com/pages/co2supercritique.php](http://hitex-co2.com/pages/co2supercritique.php)).

Les molécules solubles dans le CO₂ supercritique, donc extractibles, sont les composés peu polaires de faible masse moléculaire, tels que les composés aromatiques, des alcools, des esters, de nombreux pigments, les stérols... Une étude tend à prouver que cette

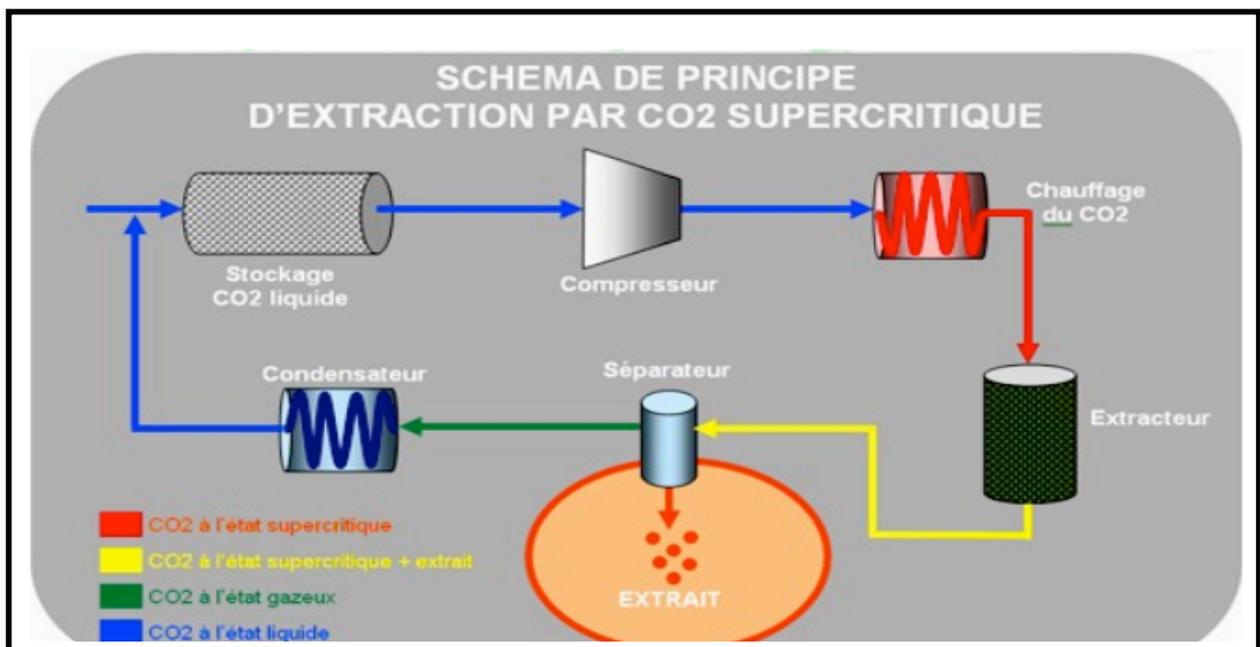


Figure 1. 17: L'extraction au CO₂ supercritique (Jouault, 2012)

méthode d'extraction entraîne les métaux lourds dans une proportion à peine supérieure à celle retrouvée avec la distillation par entraînement à la vapeur d'eau. (Agkerman et al, 1996)

Partie Expérimentale

Matériel & Méthodes

1- Zone d'étude

L'étude s'est déroulée à l'abattoir municipal et au laboratoire de parasitologie de l'institut vétérinaire de Tiaret. Une partie de ce travail a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche de valorisation et d'amélioration de production des races locales (institut des sciences vétérinaires, Université Ibn Khaldoun de Tiaret).

2- Matériel végétal :

La matière végétale utilisée dans ce travail est le *Syzygium aromaticum* (clou de girofle). Elle se trouve sur le marché tout au long de l'année, pour son importance majeure et usage quotidien dans la cuisine algérienne.

Syzygium aromaticum

Les boutons de *Syzygium aromaticum* ont été achetés dans un magasin d'épices en 2018 à Tiaret. Ces boutons vont servir à l'extraction de l'huile essentielle.



Figure 2.1: Les Boutons de *S. aromaticum*

Syzygium aromaticum (*Eugenia aromaticum* ou *Eugenia caryophyllata*), sont les bourgeons de fleurs séchées d'un arbre aromatique (Singh et al., 2015). Il appartient au genre *Eugenia*, l'un des 75 genres (~ 3000 espèces), famille des *Myrtaceae*. Il est communément connu sous le nom de clou de girofle. Il est utilisé comme épice dans les cuisines dans de nombreuses régions du monde (Singh et al., 2012). Originaire de l'île des Moluques (Indonésie). Il a été introduit au début du XVIII^e siècle dans différentes parties du monde (Gaylor et al., 2014 ; Singh et al., 2012).

Il est bien connu dans la préparation des aliments, comme agent anticancéreux et comme remède traditionnel pour l'asthme, le trouble du système digestif, les troubles dentaires, les troubles respiratoires, les maux de tête et les maux de gorge dans les pays

asiatiques (Lee et al., 2009). En médecine traditionnelle, il est largement utilisé pour le traitement de la dyspepsie, la gastrite, la diarrhée. Ainsi que comme antipyrétique, aphrodisiaque, apéritif, expectorant, antiémétique, anxiolytique, myorelaxant, analgésique, décongestionnant, anti-inflammatoire et hypnotique (Singh et al., 2012).

3- Extraction de l'huile essentielle :

Dans cette étude, la méthode d'hydro-distillation a été utilisée pour l'extraction de l'huile essentielle de la cannelle au niveau du laboratoire de microbiologie de l'institut des sciences vétérinaire de Tiaret.

20 g de clou de girofle concassé est introduite dans un ballon de un litre, imprégné de 500 ml d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition pendant une heure et demi à deux heures. Les vapeurs chargées d'huile essentielle; en traversant un réfrigérant se condensent et chutent dans une ampoule à décanter (Figure 2.2), l'eau et l'huile se séparent par différence de densité.



Figure 2.2: Dispositif d'hydro distillation

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.

L'eau est rejetée et la phase huileuse est récupérée par une micropipette. La phase huileuse récupérée est séchée par le sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4) (Eyob et al., 2008).L'huile essentielle extraite est conservée à 4 °C dans des fioles scellées hermétiquement et couvertes de papier aluminium jusqu'à son utilisation ultérieure.

4-Examen macroscopique et microscopique du liquide hydatique

Après l'examen macroscopique des kystes hydatiques à l'abattoir, les kystes présentant un liquide clair ont été acheminés au laboratoire de parasitologie de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret pour la réalisation de notre essai.

5- Collecte des protoscolex Les protoscolex d'*E. granulosus* ont été obtenus à partir des organes infectés (foie et poumon) des animaux abattus à l'abattoir de Tiaret (ouest algérien). Le liquide hydatique a été retiré des kystes dans des conditions aseptiques et transféré dans un cylindre en verre (Moazeni et al., 2012). Après 30 minutes de dépôts (Kavoosi et Purfard, 2013), les protoscolex ont été lavés trois fois avec du sérum physiologique normal (Mahmoudvand et al., 2014b).

Un test de fertilité et viabilité des protoscolex selon la méthode décrite par Mahmoudvand et al. (2014b) et (Daryani et al., 2009) a été réalisé (figure 2.3). Finalement les protoscolex utilisés dans cette étude ont été transférés dans des flacons hermétiques contenant une solution saline isotonique et conservés à 4 °C en vue de leur utilisation ultérieure.

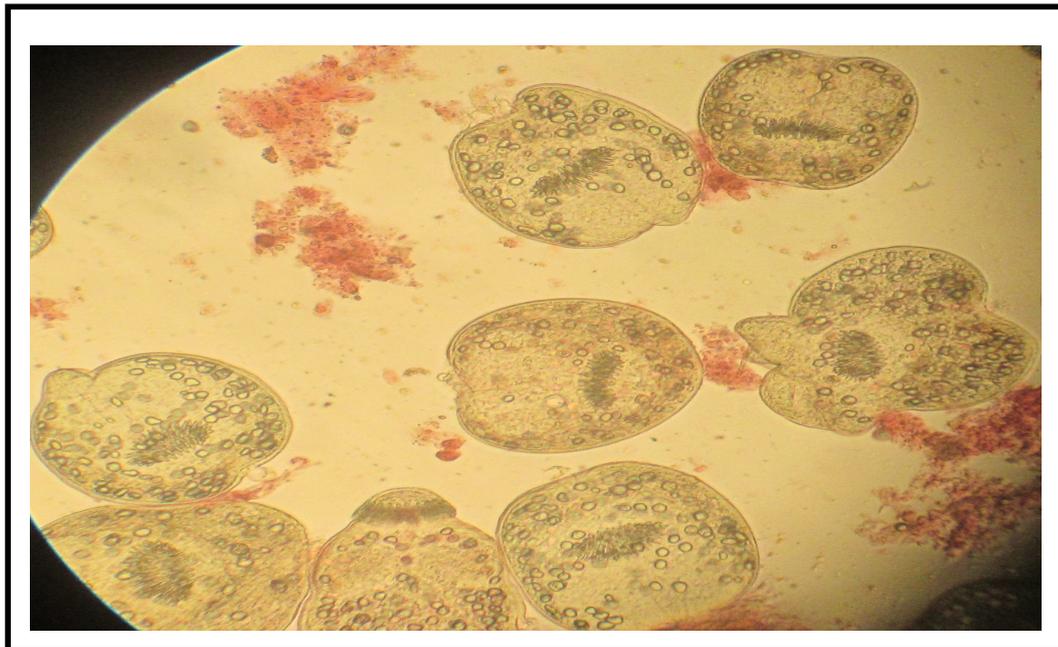


Figure 2.3: Photo des protoscolex viables après expositions à l'éosine 0.1%

6- Activité scolicide

Afin d'évaluer l'activité scolicide de l'huile essentielle de clou de girofle contre les protoscolex de kyste hydatique la méthode de Mahmoudvand et al. (2016) légèrement modifiée a été utilisée. 0,5 ml d'une solution riche en protoscolex a été placée dans des tubes à essai. A la quelle on ajoute 0,5 ml de deux concentrations d'huile essentielle (15 µl/ml et 10 µl/ml) préalablement préparée dans une solution émulsifiante. Le contenu des tubes a été mélangé doucement, puis incubé à 37 ° C pendant 5, 10, 15 et 20 minutes. A la fin de chaque incubation, la phase supérieure a été soigneusement retirée. 0,5 ml d'éosine à 0,1% a été ajouté aux tubes et mélangé doucement. Après 15 minutes à la température du laboratoire 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. Les pourcentages de protoscolex morts ont été déterminés en comptant en moyenne 1000 protoscolex. Des tubes à essais témoins contenant des protoscolex plus une solution saline isotonique et des protoscolex plus une solution émulsifiante ont été réalisés.

Résultats & Discussion

1-Rendement de l'huile essentielle:

Le rendement en huile essentielle est exprimé par la quantité d'huile (en ml) obtenue pour 100g de matière végétale sèche.

La figure 2.4 résume le rendement moyen en huile essentielle extraite de clou de girofle.

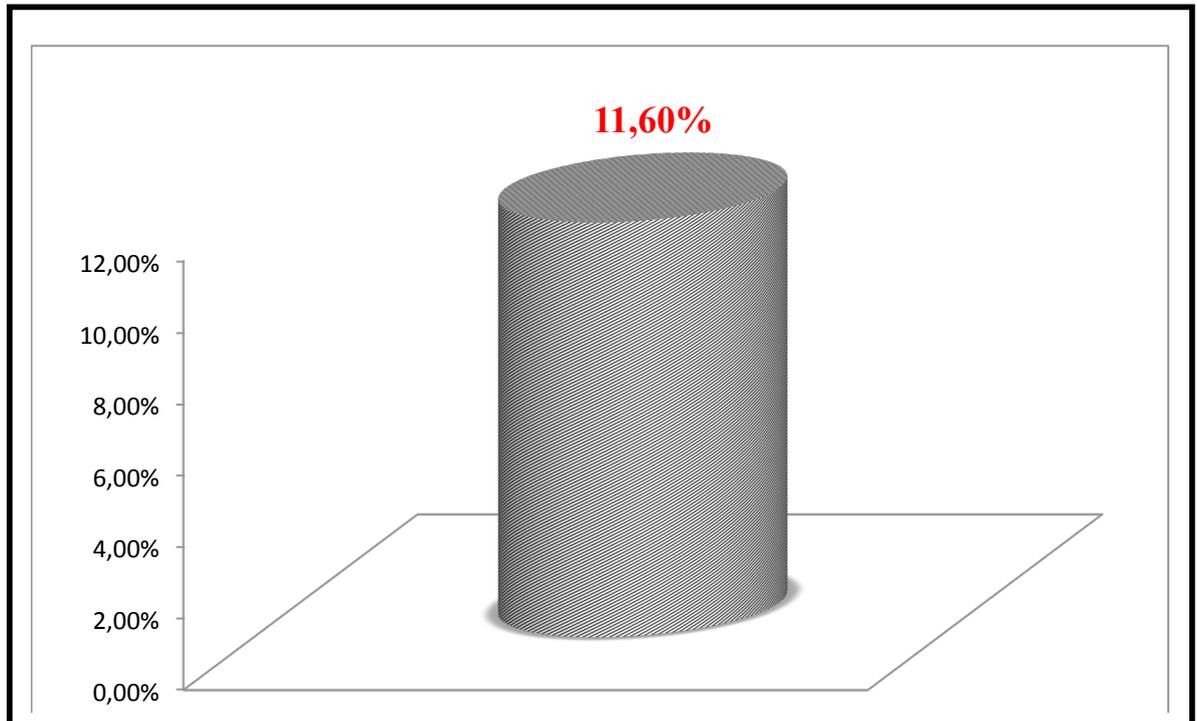


Figure 2.4: Rendement en huile essentielle de *Syzygium aromaticum*

Le rendement d'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* été de 11,6% \pm 0,97. Bruneton (2009), note que le clou de girofle contient au minimum 150 ml/kg d'huile essentielle. Notre résultat est proche de celui cité par Guan et al., 2007 avec un rendement de 11.5% obtenu par la méthode d'hydrodistillation. Toutefois, ce rendement est inférieur à celui rapporté par ces mêmes auteurs par la méthode d'extraction par fluide supercritique ainsi que l'extraction au Soxhlet avec un taux de 19.6% et 41.8% respectivement. Alors qu'il est supérieur à celui obtenu par Guan et al., 2007 à l'aide de la méthode de distillation par entraînement à la vapeur d'eau qui est de l'ordre de 10.1%.

Cette différence dans le rendement peut être expliquée par la saison de récolte et l'origine géographique (Nana et al., 2015), la technique d'extraction (température et pression exerce sur les particules) (Guan et al., 2007). Ces derniers auteurs montrent que le rendement d'extraction augmente en diminuant la taille des particules des boutons de clou de girofle broyés.

2- Activité scolicide :

Le tableau 01 et 02 résume les résultats de l'effet scolicide de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* à la dose de 15 µl/ml et 10 µl/ml.

Tableau 2.1 : Effet scolicide de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* à la dose de 15 µl/ml

Expériences		Témoin solution saline isotonique	Témoin solution émulsifiante	Test
20'	Nbre total des protoscolex	1276	1627	1131
	Nbre des protoscolex morts	280	391	1131
	Taux de mortalité	21.94%	24.03%	100%
	Motilité	+	+	-
15'	Nbre total des protoscolex	1131	945	1328
	Nbre des protoscolex morts	200	164	1328
	Taux de mortalité	17.68%	17.35%	100%
	Motilité	+	+	-
10'	Nbre total des protoscolex	1230	1470	940
	Nbre des protoscolex morts	309	325	940
	Taux de mortalité	25.12%	22.11%	100%
	Motilité	+	+	-
5'	Nbre total des protoscolex	1382	1349	822
	Nbre des protoscolex morts	313	408	822
	Taux de mortalité	22.65%	30.24%	100%
	Motilité	+	+	-

Tableau 2.2 : Effet scolical de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* à la dose de 10µl/ml

Expériences		Témoin solution saline isotonique	Témoin solution Emulsifiante	Test
20'	Nbre total des protoscolex	1115	1245	1240
	Nbre des protoscolex morts	328	361	1237
	Taux de mortalité	29.42%	29%	99.76%
	Motilité	+	+	-
15'	Nbre total des protoscolex	1402	1077	1121
	Nbre des protoscolex morts	317	265	744
	Taux de mortalité	22.61%	24.6%	66.4%
	Motilité	+	+	-
10'	Nbre total des protoscolex	1331	1481	1757
	Nbre des protoscolex morts	322	371	1039
	Taux de mortalité	24.19%	25.05%	59.13%
	Motilité	+	+	-
5'	Nbre total des protoscolex	1778	1956	1805
	Nbre des protoscolex morts	372	370	548
	Taux de mortalité	20.92%	18.91%	53.79%
	Motilité	+	+	-

L'opération chirurgicale est considérée comme la méthode de traitement la plus efficace. Jusqu'à présent, plusieurs agents chimiques ayant un effet scolical ont été utilisés pour résoudre ce problème, mais beaucoup de ces substances peuvent provoquer des effets secondaires indésirables limitant leur utilisation (Shahnazi et al., 2015).

Larki et al. (2017) ont rapporté que «divers solutions protoscolicales synthétiques ont été appliquées dans la chirurgie et les techniques PAIR pour inactiver les contenus de kystes. Malheureusement la récurrence de la maladie a été constatée. Bien que le formol est

l'agent le plus fréquemment utilisé, lapovidone-iode, l'alcool, la solution saline hypertonique 10% - 20%, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et lacétrimide ont été rapportés comme étant des agents scolicides efficaces dans diverses études. Mais certaines complications et des effets secondaires indésirables suite à leur utilisation ont été observés.

Malgré cela, les solutions scolicides restent indispensables dans le traitement des kystes hydatiques et les chirurgiens ont besoin de médicaments moins nocifs mais plus efficaces contre les maladies hydatiques (Moazeni et al., 2012).

Les plantes médicinales sont les médicaments les plus anciennement utilisés par les humains. Leur utilisation croissante au cours des dernières années est une preuve évidente de l'intérêt public pour les alternatives aux médicaments conventionnels (Mahmoudvand et al., 2016).

Dans la présente étude, l'huile essentielle de clou de girofle a présenté une forte activité scolicide. A la dose de 15 µl/ml son effet a été de 100% pour tous les temps testés. Cependant cette activité a été vue à la baisse à la concentration de 10µl/ml ou des taux de 99.76%, 66.4%, 59.13% et 53.79% à 20, 15, 10 et 5 minute d'exposition, respectivement (Tableau 2.1 et 2.2 ainsi que les photos de 2.1 à 2.12).

Mahmoudvand et al. ont rapporté un effet scolicide de 100% de l'huile essentielle de *Nigella sativa* à la concentration de 10 mg/ml et de l'huile essentielle de *Zataria multiflora* à la concentration de 12.5µl/ml et 25 µl/ml au différents temps d'exposition. Alors que ces huiles essentielles exercent un effet scolicide de 100% après une exposition de 20 minutes et plus pour l'huile essentielle de *Zataria multiflora* à la concentration de 6.25µl/ml et celle *Nigella sativa* à la dose de 1mg/ml (Mahmoudvand et al., 2014 ; Mahmoudvand et al., 2016).

Des taux plus faible de l'effet scolicide ont été constatés pour les huiles essentielles de *Nigella sativa* à des doses de 0.1mg/ml et 0.01 mg/ml et de *Zataria multiflora* à la dose de 3.125 µl/ml (Mahmoudvand et al., 2014 ; Mahmoudvand et al., 2016).

Des taux de mortalité similaires à celui de la dose de 15 µl/ml ont été rapportés par Moazeni et Nazer (2011) après une exposition de 10 minutes à des concentrations 60 mg / ml et 50 mg / ml à d'extrait méthanolique d'*Allium sativum*. Le même constat a été observé par ces même auteurs à des doses de 25, 50 et 100 mg / ml des extraits méthanoliques de *Zingiber officinale* (Roscoe) après des durées d'exposition de 60, 40 et 30 minutes, respectivement (Moazeni et Nazer, 2011).

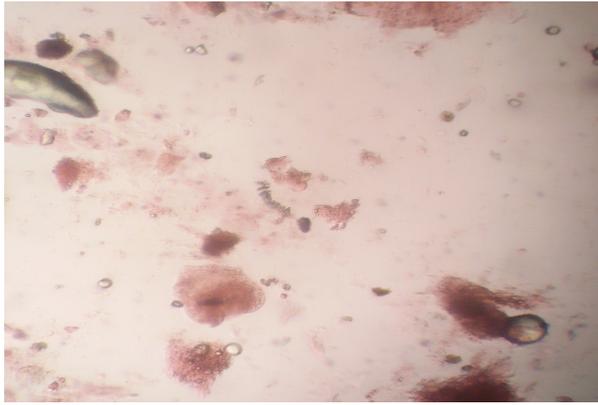


Photo 2. 1 : Dose 15 μ l pendant 20 min



Photo 2.2 : Dose 15 μ l pendant 15 min

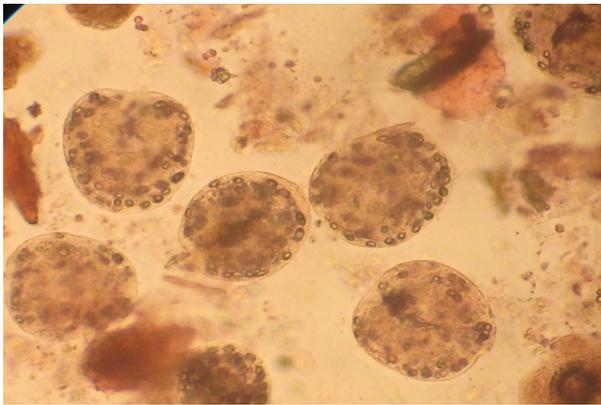


Photo 2. 3 : Dose 15 μ l pendant 10 min

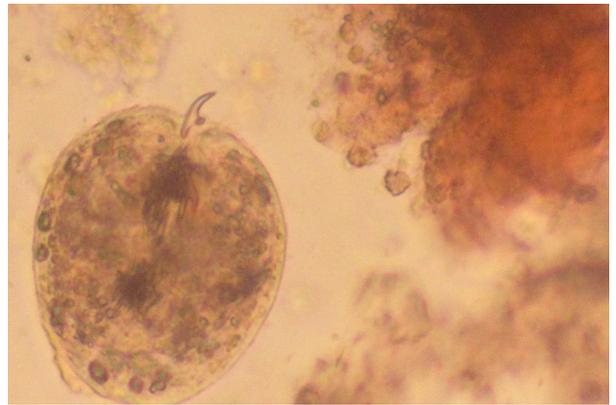


Photo 2. 4: Dose 15 μ l pendant 5 min

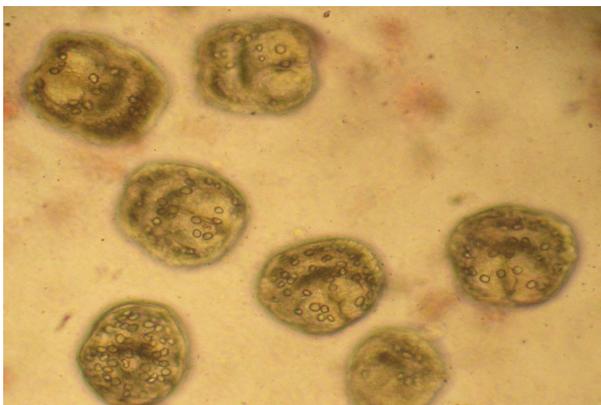


Photo 2. 5: Témoin eau physiologique 15 μ l

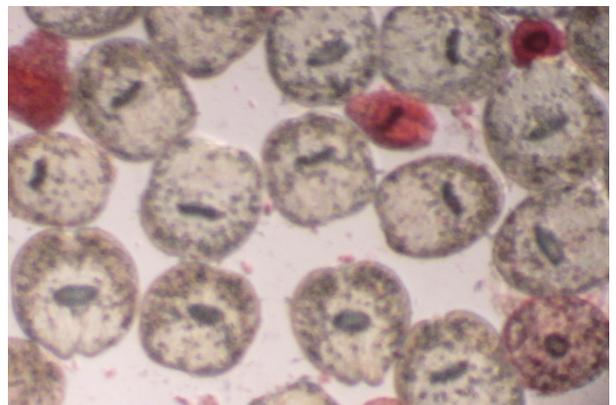


Photo 2. 6: Témoin substance émulsifiante 15 μ l

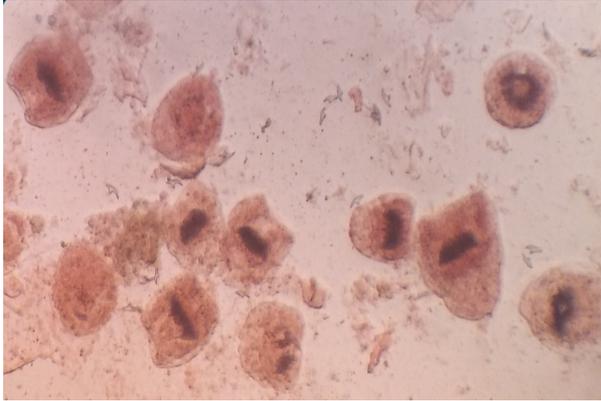


Photo 2. 7 : Dose 10 μ l pendant 20 min



Photo 2. 8: Dose 10 μ l pendant 15 min

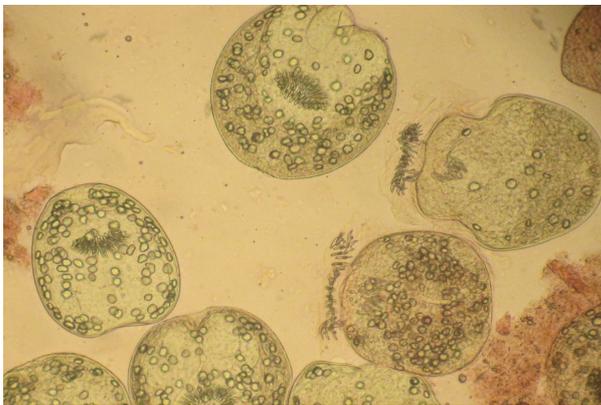


Photo 2. 9 : Dose 10 μ l pendant 10 min

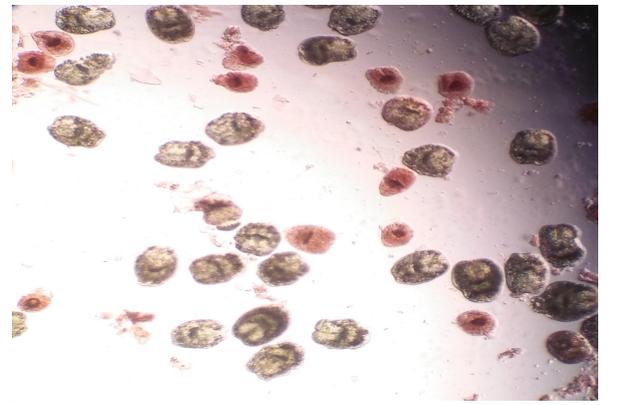


Photo 2. 10 : Dose 10 μ l pendant 5 min

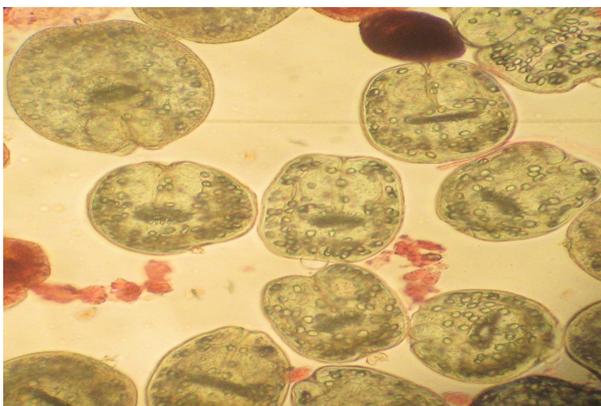


Photo 2. 11 : Témoin eau physiologique 10 μ l

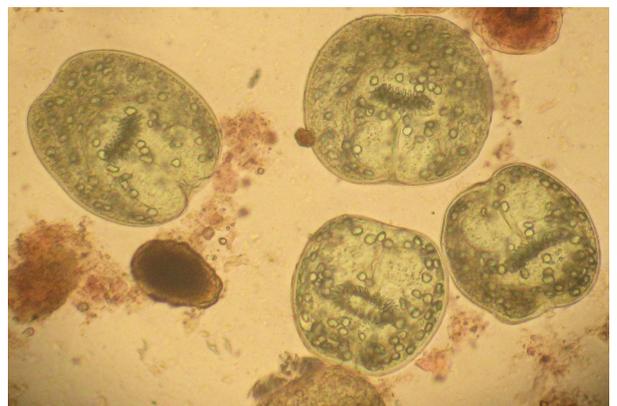


Photo 2. 10: Témoin substance émulsifiante 10 μ l

Cet effet scolicial à la dose de 15 µl/ml a été associé à une désintégration et une rupture de la paroi des protoscolex accompagnée par une libération des crochets (Photo 2.2). Dans la littérature, l'huile essentielle de clou de girofle est très riche en *Eugénol* (Mahboubi et Mahboubi 2015 ; Safrudin et al., 2015). Nazzaro et al.(2013) ont montré que l'*Eugénol* altère la membrane cellulaire. Alors que Devi et al.(2010) ont démontré que l'*Eugénol* possède la capacité de désintégration de la membrane. Ces deux suppositions peuvent expliquer le phénomène constaté lors de cette étude. Néanmoins une caractérisation de composition chimique de cette huile essentielle par chromatographie restera nécessaire afin de déterminer le composant responsable de cet effet.

Conclusion

Les résultats de cette étude, réalisée entre l'abattoir et le laboratoire de parasitologie de l'institut des sciences vétérinaires a permis de prouver l'effet scolicedal d'huile essentielle de clou de girofle à l'égard des protoscolex des Kyste hydatiques et qui peut constituer une alternatives aux agents scolicedaux lors de la chirurgie après confirmation des ces résultats in-vivo surtout sur par l'étude de la toxicité de cet te huile sur les tissu et la détermination de sa composition chimique.

Références Bibliographiques

A

1. **Agkerman A., Erkey C. Orejuela M.**1996. Limiting diffusion coefficients of heavy molecular weight organic contaminants in supercritical carbon dioxide. *Ind. Eng. Chem. Res.* 35 (3) : 911–917.
2. **Akhan O., Ozmen MN, Dincer A, Sayek I, Gocmen A.** 1996. Liver hydatid disease: long-term results of percutaneous treatment. *Radiology.* 198(1):259–64.
3. **Ammann R.W., Eckert J.** 1996. Cestodes. *Echinococcus.* *Gastroenterol. Clin North Am.*
4. **Angelini P., Pagiotti R., Menghini A., Vianello B.** 2006. Antimicrobial activities of various essential oils against foodborne pathogenic or spoilage moulds. *Ann Microbiol.* 56: 65-69.

B

5. **Baldacchino F., Tramut C., Salem A., Liénard E., Delétré E., Franc M., Martin T., Duvallet G., Jay-Robert P.** 2013. The repellency of lemongrass oil against stable flies, tested using video tracking. *Parasite.* 20 (21).
6. **Barel S., Segal R., Yashphe J.,** 1991. The antimicrobial activity of the essential oil from *Achillea fragrantissima*. *Journal of Ethnopharmacology.* 33: 187-191.
7. **Baudoux D., Blanchard J-M., Malotau A.F.** 2006. *Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française.* Vol. 4, Luxembourg; Bruxelles : Edition Inspir%; Editions Amyris.
8. **Bedi G., Tonzibo Z.F., Chopard C., N'Guessan Y.T.** 2004. Etude des effets antidouleurs des huiles essentielles de *Chromolaena odorata* et de *Mikania cordata*, par action sur la Lipoxygénase L-1 de soja. *Physical Chemical News.* 15: 124-127.
9. **Bedi G., Tonzibo Z.F., Oussou K.R., Chopard C., Mahy J.P., N'Guessan Y.T.** 2010. Effect of essential oil of *Chromolaena odorata* (Asteracea) from Ivory coast, on cyclooxygenase function of prostaglandin-H synthase activity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology.* 4(8): 535-538.
10. **Besim H., Karayalçin K., Hamamci O., Güngör C., Korkmaz A.** 1998. Scolicidal agents in hydatid cyst surgery. *HPB Surg.* 10:347–51.

11. **Bouchaud O., Aumaitre. H.** Diagnostic et traitement des parasitoses digestives (sauf amibiase). Encycl.Méd.Chir (Elsevier,Paris), Gastro-entérologie 9-062-A-40, **1999**
12. **BOURDEAU P., BEUGNET F (1993).** Téniasis des carnivores domestiques, Rec, Med, Vet, 169 (5/6), p: 353-368.
13. **Bouree P, Bisaro F (2007).** « Hydatidose : aspects épidémiologique et diagnostique ». Antibiotiques, 9: 237-247.
14. **Bremness L (1998)** Les plantes aromatiques et Médicinales. Bordas Editions.
15. **BRONSTEIN J.A., KLOTZ F.(2005).** Cestodes larvaires, EMC Maladies Infectieuses
16. **BRUNETON J,(1999).** Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales, Edition Technique et documentation, 3^{ème} Edition Lavoisier,Paris. 1120
17. **Bulletin of WHO** on PAIR therapy Department of Communicable Disease, Surveillance and Response. **1996**;74:213–242.
18. **Burt S., 2004.-** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. International Journal of Food and Microbiology. 94: 223-253.

C

19. **Candan F., Unlu M., Tepe B., Daferera D., Polissiou M., Sokemen A. & Akpulat H.A., 2003.-** Antioxydant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of Achilla millefolium subsp. millefolium Afan. (Asteraceae). Journal of Ethnopharmacology. 87: 215-220.
20. **Chami Fouzia.** Evaluation in vitro de l'Action Antifongique des Huiles Essentielles d'Origan et de Girofle et de leurs Composés Majoritaires in vivo Application dans la Prophylaxie et le Traitement de la Candidose Vaginale sur des Modèles de Rat et de souris Immunodéprimés. **2005**, 100:28-29
21. **Colebrook AL, Jenkins DJ, Jones MK, Tatarczuch L, Lightowlers MW.** Effect of cyclosporin A on the survival and ultrastructure of Echinococcus granulosus protoscoleces in vitro. Parasitology. **2004**;129(Pt 4):497–504.
22. **Cowan M. M.(1999)** Plant products as antimicrobial Agents. Clinical Microbiology Reviews.
23. **Craig P S. (1997)** - Immunodiagnosis of Echinococcus granulosus and a

comparison of techniques for diagnosis of canine echinococcosis. In : Compendium on cystic echinococcosis in Africa and in Middle Eastern countries with spécial reference to Morocco. Andersen F.L., Ouhelli H. & Kachani M. (Eds), Brigham Young University, Provo, États-Unis, 85-118.

24. Craig, P.S., Larrieu, E. (2006). "Control of cystic echinococcosis/hydatidosis: 1863-2002." *Advances in Parasitology*, 61: 443-508.

D

25. DA SILVA F, Utilisation des huiles essentielles en infectiologie ORL. Nancy : Nancy, **2010**

26. DAFIRI.R, GUEDDARI.FZ et IMANI.F. Parasitoses du haut appareil urinaire, *Encycl Méd Chir.* (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), radiodiagnostic - urologie-gynécologie, 34-280-A-10, **2002**, 13 p.

27. De Sousa A.C, Alviano D.S, Blank AF, Alves P.B, Aliano C.S, Gattass C.R., 2004.- Melissa officinalis L. essential oil: antitumoral and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 56: 677-681.

28. DIPAGE J. A. : Huiles essentielles : Obtention et rendement. Mai **2009**.

29. Dubos R.J. & Middlebrook G. - Cytochemical reaction of virulent tubercle bacilli, *Am. Rev. Tuber.* **1948**, 58 : 698-699.

30. Dueger E.L., Moro P L. & Gilman R.H. (1999) - Oxfendazole treatment of sheep with naturally acquired hydatid disease. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 43 : 2263-2267.

E

31. Eckert, J. (2007). "Historical aspects of echinococcosis - an ancient but still relevant zoonosis. *SAT, Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 149(1): 5-14.

32. Eckert, J., Deplazes, P. (2004). "Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern". *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1): 107.

33. El-On, J. (2003). "Benzimidazole treatment of cystic echinococcosis". *Acta Tropica*, 85: 243-252.

34. EUZEBY J (1966). Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine, Tome 2, maladies dues aux plathelminthes.

35. Filice, C., Brunetti, E. (1997). “Use of PAIR in human cystic echinococcosis”. *Acta Tropica*, 64: 95–107.

G

36. Georges Sens-Olive, « Les huiles essentielles - généralités et définitions », dans *Traité de phytothérapie et d'aromathérapie*, éd. Maloine, 1979, .

37. Gholami SH, Rahimi-Esboei B, Ebrahimzadeh MA, Pourhajibagher M. In vitro effect of *Sambucus ebulus* on scolices of hydatid cysts. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* **2013**;17:1760–5.

H

38. Haddad, M. C., Birjawi, G.A., Khouzami, R. A., Khoury, N.J., El-zein, Y.R., Al-kutoubi, AO. (2001). “Unilocular Hepatic Echinococcal Cysts: Sonography and Computed Tomography Findings”. *Clinical Radiology*, 56: 746-750.

39. Hellal Zohra, Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes des certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). **2011**, 20:5-6.

40. Hoeffel.JC, Biava.MF, Claudon.M, Hoeffel.C. Parasitoses pulmonaires. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris) Radiodiagnostic - Cœur-Poumon*, 32-470-A-10, **2002**, 35 p

41. Hoeffel.JC, Biava.MF, Hoeffel.C et Panuel.M. Parasitoses pulmonaires chez l'enfant. *Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Pédiatrie*, 4-067-A-10, **2003**, 18 p

42. Hosseini SV, Ghanbarzadeh K, Barzin J, Sadjjadi SM, Tanideh N, Mehrabani D. In vitro protoscolicidal effects of hypertonic glucose on protoscolices of hydatid cyst. *Korean J Parasitol.* **2006**;44:239–42.

43. [Http://hitex-co2.com/pages/co2supercritique.php](http://hitex-co2.com/pages/co2supercritique.php) Description et illustration de l'extraction au CO2 supercritique. Copyright 2005 Société Hitex. Tous droits réservés.

J

44. Jirovetz L, Buchbauer G, Denkova Z (2005) Antimicrobial testings and gas chromatographic analysis of pure oxygenated monoterpenes 1,8-cineol, α -terpineol, terpineol-4-ol and camphor as well as target compounds in essential oils of pine (*Pinus pinaster*), rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and tee tree (*Melaleuca alternifolia*). *Sci Pharm* 73: 27-39.

45. JOUAULT S, (2012) La qualite des huiles essentielles et son influence sur leur efficacite et sur leur toxicite.

K

46. KAYOUECHE F-Z, (2009) epidemiologie de l'hydatidose et de la fasciolose chez l'animal et l'homme dans l'est Algérien.

47. Khadija Rhayour, Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Esherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum* **2002**, 17:10-11.

48. KHALLOUKI MINA. Kyste hydatique du poumon chez l'enfant (à propos de 124 cas) Thèse de médecine, rabat, **2001**, n°167

49. KLOTZ.F, NICOLAS.X, DEBONNE.JM, GARCIA.JF, ANDREU. JM. Kystes hydatiques du foie. *Encycl. Méd. Chir.* (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Hépatologie, 7-023-A-10, **2000**, 16 p.

50. KOHIL K, (2017) Etude épidémiologique et moléculaire d'*Echinococcus granulosus* en Algérie.

L

51. Lahmar, S., Chehida, F.B., Pétavy, A.F., Hammou, A., Lahmar, J., Ghannay, A., Gharbi, H.A.,Sarciron, M.E. (2007). *Veterinary Parasitology*, 143(1): 42-49.

52. LATAPIE Aurore, La prise en charge du stress et de l'insomnie en aromathérapie, **2016**.

53. Leistner L (1978) Hurdle effect and energy saving. In: Downey WK (Ed), Food Quality and Nutrition, Applied Science Publ., London, UK 553.

54. Lightowers M.W. & Gottstein B. (1995) - Echinococcosis/Hydatidosis : Antigens, immunological and molecular diagnosis. In : Echinococcus and hydatid disease. Thompson R.C.A & Lyabery A.J. (Eds), CAB International, Oxon, UK, 355-410.

55. LUCCHESI M.E. (2005). Extraction sans solvant assisté par micro-ondes conception et application a l'extraction des huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences, discipline; Chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies.

M

56. Machpherson C.N., Sperry A., Zeylee., Romig T., Gorfee M.(1989): Pasralists and hydatid disease : an ultrasound scanning prevalence survey in east Africa. TransR- Soc-Trop-Med-Hyg. 83(2): 243-7

57. Malgorzata, P. Stefaniak, J. (1997). "Detection of specific Echinococcus granulosus antigen 5 in liver cyst biopate from human patients". Acta Tropica, 64, 65-77.

58. Mbarek L.A., Mouse H.A., Elabbadi N., Bensalah M., Gamouh A., Aboufatima R0., Benharref A., Chait A., Kamal M., Dalal A., Zyad A., 2007.- Anti-tumor properties of blackseed (*Nigella sativa* L.) extracts. Brazilian Journal of Medicinal and Biological Research. 40: 839-847.

59. Médecine Tropicale • 2004 • 69 • 3 www.revuemedecinetropicale.com/311-311

60. Mistrello, G., Gentili, M., Falagiani,P., Roncarolo, D., Riva, G., M. Tinelli. (1995). « Dotimmunobinding assay as a new diagnostic test for human hydatid disease ». Immunology Letters, 47: 79-85.

61. Moazeni M, Alipour-Chaharmahali MR. Echinococcus granulosus: In vitro effectiveness of warm water on protoscolices. Exp Parasitol. 2011;127:14–7.

62. Moazeni M, Larki S. In vitro effectiveness of acidic and alkline solutions on scolices of hydatid cyst. Parasitol Res. 2010;106:853–6.

63. Moazeni M, Nazer A. In vitro effectiveness of garlic (*Allium sativum*) extract on scolices of hydatid cyst. World J Surg. 2010;34:2677–81.

64. MOKHTARI .I &SADLIT. (2011), Le Kyste Hydatique : Manifestations clinique, Indice D'Informations Chez Les Petits Ruminants et Ses Consequences Sur La Sante Humaine et L'Economie Du Pays.

65. Moro, P.L., Bonifacio, N., Gilman, R.H., Lopera, L., Silva, B., Takumoto, R., Verastegui, M., Cabrera, L. (1999). “Field diagnosis of Echinococcus granulosus infection among intermediate and definitive hosts in an endemic focus of human cystic echinococcosis”. Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine And Hygiene, 93: 611-615.

66. Mueller PR, Dawson SL, Ferrucci JT, Jr, Nardi GL. Hepatic echinococcal cyst: successful percutaneous drainage. Radiology. **1985**;155(3):627–8.

N

67. Nasser Moghaddam S, Abrishami A, Malekzadeh R. Percutaneous needle aspiration, injection, and reaspiration with or without benzimidazole coverage for uncomplicated hepatic hydatid cysts. Cochrane Database Syst Rev. **2006**;(2):CD003623. doi: 10.1002/14651858.CD003623.pub2.

68. Nepalia S, Joshi A, Shende A, Sharma SS. Management of echinococcosis. J Assoc Physicians India. **2006**;54:458–62.

O

69. OUASSOU A, (2008) Kyste hydatique a Ouarzazate : approches diagnostiques, épidémiologiques, thérapeutiques et prophylactiques.

P

70. Pawlowski, Z.S., Eckert, J. Vuitton, D.A., Ammann, R.W., Kern, P., Craig, P.S., Dar, K.F., De Rosa, F., Filice, C., Gottstein, B., Grimm, F., Macpherson, C.N.L., Sato, N., Todorov, T., Uchino, J., Von Sinner, W., Wen, H. (2001). “Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment”. In: Eckert, J., Gemmel, M.A., Meslin, F.X, Pawlowski, Z.S., edt. WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. Paris, France: OIE & WHO, 20-72.

71. Perry NS, Bollen C, Perry EK, Ballard C (2003) Salvia for dementia therapy: review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial. Pharmacol. Biochem

Behav 75: 651-659.

72. PETAVY A.F., DEBLOCK S., WALBAUM S, (1990), Epidémiologie et prévention des échinococcoses en France. Rev. Prat. (Paris) 40, (3) p: 191-197.

73. Pibiri M.C (2005). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse de Doctorat. Polytechnique Fédérale de Lausanne.

74. Pierre-Charles Lefèvre, Jean Blancou et René Chermette .Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail Europe et régions chaudes

75. PIERRON C, (2014) Les huiles essentielles et leurs expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatriegérontologie et soins palliatifs.

R

76. Rahimi MT, Ahmadpour E, Rahimi Esboei B, Spotin A, Kohansal Koshki MH, Alizadeh A, et al. Scolicidal activity of biosynthesized silver nanoparticles against *Echinococcus granulosus* protoscolices. Int J Surg. **2015**;19:128–33.

77. Rajabi MA. Fatal reactions and methaemoglobinaemia after silver nitrate irrigation of hydatid cyst. Surg Pract. **2009**;13:2–7.

78. Raman Rajesh, Dhiman S. Dalip, Jhobta Anupam, and Azad Jaisiram, (2013) Effectiveness of Puncture-Aspiration-Injection-Reaspiration in the Treatment of Hepatic Hydatid Cysts.

79. ROMIG T, ZEYHLE E, REES PH, WERE JB et AL. Cyst growth and spontaneous cure in hydatid disease. Lancet **1986**.

S

80. Sage, A.M., Wachira, T.M., Zeyhl, E.B., Weber, E.P., Njoro geb, E., Smith, G,(1998), “Evaluation of diagnostic ultrasound as a mass screening technique for the detection of hydatid cysts in the liver and lung of sheep and goats”. International Journal for Parasitology, 28: 349.-353.37.

81. Salehi, M., Soleimani, A. (2007). “Cardiac Echinococcosis with Negative

Serologies: A Report of Two Cases Australasian Society of Cardiac and Thoracic Surgeons and the Cardiac Society of Australia and New Zealand, 566-569.

82. SALMI A & SABI I, (2011), Fréquence du kyste hydatique au niveau de l'abattoir de la wilaya de Tiaret.

83. Sarimehmetoglu O., Bumin A., Gönenç B. (2004): « Diagnosis of secondary hydatid cysts in white mie by ultrasonography and Doppler examination ». Revue de médecine vétérinaire, 155(12):587-590.

84. SCHANTZ P. M., CHAI J., CRAIG P.S., ECKERT J., JENKINS D.J., MACPHERSON C. N. L, and A. THAKUR. (1995). Epidemiology and control of hydatid disease, p. 233-331. In R. C. A. Thompson and A. J. Lymbery (ed.), Echinococcus and hydatid disease. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

85. Schipper HG, Lameris JS, van Delden OM, Rauws EA, Kager PA. Percutaneous evacuation (PEVAC) of multivesicular echinococcal cysts with or without cystobiliary fistulas which contain non-drainable material: first results of a modified PAIR method. Gut. **2002**;50(5):718–23.

86. Shantz P. M., Chai J., Craig P.S., Eckert J., Jenkins D.J., Macpherson,C. N. L, and A. Thakur. (1995). Epidemiology and control of hydatid disease, p. 233-331. In R. C. A. Thompson and A. J. Lymbery (ed.), Echinococcus and hydatid disease. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

87. Siani A.C., Ramos M.F, Menezes-de-Lima O.J.R., Ribeiro-dos-Santos R., Fernadez-Ferreira E., Soares R.O., Rosas E.C., Susunaga G.S., Guimarae A.C., Zoghbi M.G. & Henriques M.G.C., 1999.- Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from leaves and resin of Protium. Journal of Ethnopharmacology. 66: 57-69

88. Simic A, Sokovic MD, Ristic M, Grujic-Jovanovic S, Vukojevic JJ, et al. (2004) The chemical composition of some Lauraceae essential oils and their antifungal activities. Phytother Res 18: 713-717.

89. Siracusano A, Bruschi F, (2006). “Cystic echinococcosis: progress and limits in epidemiology and immunodiagnosis”. Parassitologia, 48: 65-66

90. Solène JOUAULT, (2012) La Qualite Des Huiles Essentielles et Son Influence Sur Leur Efficacite eT Sur Leur Toxicite.

91. STAUB, Hervé et BAYER, Lily. Traité approfondi de phyto-aromathérapie avec présentation de 750 huiles essentielles connues. Paris : Grancher, **2013**.

T

92. Tajdine, M.T. Achour, A., Lamrani, M., Serhane, K., DAALI, M. (2006). « Problèmes thérapeutiques du kyste hydatique du dôme du foie. À propos de 70 observations ». Médecine Et Armées, 34 (3), 207-214.

93. THOMPSON R.C.A. & McMANUS D.P. (2001). Aetiology: parasites and life-cycles, p. 1- 19. In J. Eckert, M. A. Gemmell, F.-X. Meslin, and Z. S. Pawlowski (ed.), WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, France.

94. Torgerson, P.R., Budke, C.M. (2003): “Echinococcosis Ré an international public health challenge”. Research in Veterinary Science, 74 : 191-202.

95. TOURE D, (2015) Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques medicinales de côte d’ivoire.

U

96. Unlu M., Daferera D., Donmez E., Polissiou M., Tepe B. & Sokmen A., 2002.- Compositions and the in vitro antimicrobial activities of the essential oils of Achilla setacea and Achillea teretifolia (Compositae). Journal of Ethnopharmacology. 83: 117-121

Z

97. Zibaei M, Sarlak A, Delfan B, Ezatpour B, Azargoon A. Scolicidal effects of Olea europaea and Satureja khuzestanica extracts on protoscolices of hydatid cysts. Korean J Parasitol. **2012**;50:53–6.