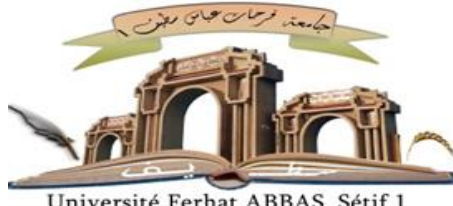


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Université Ferhat ABBAS Sétif 1

Université Ferhat Abbas  
Sétif 1  
Faculté des Sciences  
De la Nature et de la Vie

جامعة فرحات عباس  
سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و  
الحياة

FILIERE : SICNECES BIOLOGIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE

N° 05 /SNV/2024

## THÈSE

Présentée par :

**BENMARCE Meryem**

Pour l'obtention de diplôme

**DOCTORAT 3<sup>ème</sup> CYCLE**

Spécialité : PARASITOLOGIE

## THÈME

**Épidémiologie de l'échinococcose kystique chez l'enfant et l'adolescent au  
CHU de Sétif et évaluation de l'effet scolicide de *Myrtus communis* L. et  
d'*Atriplex halimus* L.**

Soutenue publiquement le 19/09/2024 devant le jury :

Président :	Bounechada Mustapha	Pr. Univ. Sétif 1
Directrice :	Haif Assia	Pr. Univ. Sétif 1
Co-directeur :	Laatamna Abdelkarim	Pr. Univ. Djelfa
Examineur :	Khenchouche AbdelHalim	Pr. Univ. Sétif 1
Examinatrice :	Reghaissia Nassiba	MCA. Univ. Souk Ahras
Examinatrice :	Benfodil Karima	MCA. Univ. Bouira

## REMERCIEMENTS

Au nom de la reconnaissance et de la gratitude, je commence par exprimer mes plus sincères remerciements à **Allah**, Le Tout-Puissant, pour m'avoir guidé et accordé la persévérance et la détermination nécessaires tout au long de ce parcours académique.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers ma directrice de thèse, professeur **Haïf Assia**, maitre de conférence A à la faculté de médecine à l'université Ferhat Abbas Sétif 1, son soutien constant et son engagement sans faille tout au long de cette aventure académique. Ses conseils éclairés, son expertise et sa patience ont été pour moi des sources d'inspiration et de motivation, sans lesquelles cette thèse n'aurait pas pu aboutir.

Je souhaite également adresser mes plus sincères remerciements à mon co-directeur, **Laatamna AbdelKarim** Professeur à l'université Ziane Achour à Djelfa, pour sa précieuse contribution, pour sa guidance inestimable, son expertise et son soutien continu. Sa présence à mes côtés a été d'une importance capitale pour la réussite de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury, qui m'ont honoré en acceptant d'évaluer mon travail :

Monsieur **Bounechada Mustapha**, Professeur à l'université de Sétif 1, pour l'honneur d'accepter la présidence du jury. C'est un grand honneur pour moi de vous avoir comme président de cette thèse aujourd'hui. Je vous remercie pour l'intérêt et le temps que vous avez consacrés à la lecture et à l'évaluation de ce travail.

Monsieur **Khenchouche Abdelhalim** Professeur à l'université Sétif 1, Docteur **Regaïssia Nassiba**, maitre de conférence A à l'université de Souk Ahras et Docteur **Benfodil Karima**, maitre de conférence A à l'université de Bouira pour avoir accepté avec empressement de faire partie de mon jury de thèse en tant qu'examineur et examinatrice. Veuillez accepter mes respects les plus profonds, ma reconnaissance et mes sincères remerciements pour le temps précieux que vous avez consacré, pour l'intérêt que vous avez porté à mes travaux et pour leurs remarques constructives qui ont contribué à améliorer ce manuscrit.

Les résultats présentés dans ce projet de thèse sont le résultat d'un travail impliquant plusieurs équipes basées sur de nombreuses collaborations. Je voudrais exprimer mes sincères remerciements à tout le personnel et aux collègues des équipes suivantes :

Professeur **Maria Celina Elissondo** à la Faculté des sciences naturelles et exactes, Université nationale de Mar del Plata Funes de l'Argentine ;

Professeur **Laurence Millon** Responsable Scientifique du Centre National de Référence – Echinococcoses à Besançon, France ;

Docteur **Jenny Knapp** et **Alicja Jasinska** : Laboratoire de Parasitologie-Mycologie au Centre Hospitalier Universitaire à Besançon , France ;

Docteur **Laribi Rabie** à l'Institut National de Criminalistique et de Criminologie de la Gendarmerie Nationale ;

**Laroui Haifa**, doctorante à la faculté de sciences de la nature et de la vie, université Ferhat Abass Sétif 1 ;

Madame **Mahdadi Chahra**, cadre de santé en soins infirmiers, Chef de bloc CCI ;

Professeur **Dehamna Saliha** et **Bentahar Assia**, à l'université Ferhat Abbas Sétif 1 ;

Professeur **Houhamdi Moussa** et **Abbas Leila**, laboratoire de Biologie, Eau et Environnement de l'université 8 mai 45 à Guelma.

Je tiens également à remercier le docteur **Yahiaoui Bilel**, président du comité de formation doctorale, pour son aide et sa disponibilité, et à exprimer ma reconnaissance envers toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur soutien, leur encouragement et leurs précieux conseils tout au long de ce parcours doctoral. Leur présence bienveillante a été pour moi une source de réconfort et de motivation, et je leur en suis profondément reconnaissante.

Enfin, je souhaite dédier cette thèse à mes collègues doctorantes : **Lamia Aribi, Haifa Laroui, Amel Boudechicha, Hassna Kirati, Ilhem Ferdes, Ferial Belfihedj, Kara Anfel, Selma Kaoutar AbdelAli**, ainsi qu'à l'administratrice **Farida Riachi**, dont le soutien indéfectible a été pour moi une source d'inspiration tout au long de cette aventure.

Merci du fond du cœur à chacun d'entre vous pour votre contribution à la réalisation de ce travail de recherche.

*Je dédie cette thèse à...*

*À ma bougie Maman*

*À mon très cher Papa*

*Qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie*

*Aux prunelles de mes yeux :*

*Mes enfants « Farah & Abderrahim »*

*À mon cher mari, Raouf*

*À mes chères sœurs, Imene, Zeyneb, Sara, Fairouz*

*À mon petit frère Ahmed Kossay*

*À l'amour de mon **grand-père** et de mes **grands-mères** que Dieu les bénisse  
dans son vaste paradis*

*À ma belle-mère et à mon beau-père*

*À ma famille, mes proches, amis et à ceux qui me donnent de l'amour et de  
la vivacité*

*À tous ceux que j'aime*

---

## Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	I
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	XIV
Liste des abréviations	XVII
<b>Introduction</b>	<b>01</b>
<b>Partie Bibliographique</b>	<b>05</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur <i>Echinococcus granulosus sensu lato</i></b>	<b>06</b>
<b>I.1. Historique</b>	<b>07</b>
<b>I.2. Classification et taxonomie du genre <i>Echinococcus</i></b>	<b>10</b>
<b>I.3. Variations génétique d'<i>Echinococcus granulosus sensu lato</i></b>	<b>13</b>
<b>I.4. Morphologie du parasite</b>	<b>16</b>
I.4.1. La forme adulte	16
I.4.2. L'œuf ou Embryophore	20
I.4.3. La forme larvaire ou hydatide	20
<b>I.5. Le cycle parasitaire</b>	<b>24</b>
I.5.1. Développement du parasite chez les hôtes définitifs et intermédiaires	24
I.5.1.1. Chez l'hôte définitif	24
I.5.1.2. Chez l'hôte intermédiaire	25
I.5.1.3. Mode de contamination humaine	29

I.5.1.4.	Resistance du parasite dans l'environnement	30
I.5.2.	Différents types du cycle épidémiologique	31
I.5.3.	Facteurs intervenant dans le maintien du cycle d' <i>E. granulosus</i>	32

## **Chapitre II : La maladie hydatique** 33

II.1.	Échinococcose kystique chez l'animal	34
II.2.	Échinococcose kystique chez l'homme	36
II.2.1.	Épidémiologie	37
II.2.1.1.	Épidémiologie générale dans le monde :	37
II.2.1.1.1.	Répartition géographique	37
II.2.1.1.2.	Prévalences et incidences	38
II.2.1.1.3.	Épidémiologie moléculaire	44
II.2.1.2.	Épidémiologie de l'échinococcose kystique en Algérie	47
II.2.1.2.1.	Prévalences et incidences	47£
II.2.1.2.2.	Impact socioéconomique	49
II.2.1.2.3.	Données rapportées chez les enfants	50
II.2.1.2.4.	Épidémiologie moléculaire	51
II.2.2.	Aspects cliniques et lésionnels du kyste hydatique	53
II.2.3.	Diagnostic	63
II.2.3.1.	Examen clinique	63
II.2.3.2.	Examens paracliniques	65
II.2.3.2.1.	Imagerie	65
II.2.3.2.2.	Biologie	71
II.2.3.2.3.	Sérologie	71
II.2.3.2.4.	Autres examens de diagnostic	74
II.2.4.	Prise en charge thérapeutique	76
II.2.4.1.	Traitement médicale	77
II.2.4.2.	Traitement percutané « PAIR »	80
II.2.4.3.	Traitement chirurgical	83
II.2.4.4.	Approche de surveillance et d'attente "Watch and Wait"	85

II.2.5.	Mesures de prophylaxie et de lutte contre la maladie hydatique : Une approche pour son éradication	86
II.2.5.1.	Prophylaxie sanitaire	86
II.2.5.2.	Prophylaxie médicale	87
<b>Chapitre III : Description des plantes étudiées</b>		90
III.1.	Description et propriétés de <i>Myrtus communis</i> L.	91
III.1.1.	Description botanique	91
III.1.2.	Dénomination internationale	92
III.1.3.	Taxonomie	93
III.1.4.	Distribution géographique	93
III.1.5.	Utilisations médicinales	93
III.1.6.	Activités pharmacologiques	94
III.2.	Description et propriétés de <i>Atriplex halimus</i> L.	94
III.2.1.	Taxonomie	95
III.2.2.	Distribution géographique	96
III.2.3.	Utilisations médicinales	97
III.2.4.	Activités pharmacologiques	97
<b>Partie expérimentale</b>		99
<b>Partie I : Épidémiologique de l'échinococcose kystique chez l'enfant et l'adolescent diagnostiquée à l'hôpital mère et enfant de Sétif</b>		100
	<b>*Objectifs</b>	101
I.1.	<b>Matériel et Méthodes</b>	101
I.1.1.	Zone d'étude	101

---

I.1.2.	Période d'étude	101
I.1.3.	Patients étudiés	101
I.1.4.	Type d'étude	102
I.1.5.	Collection des données	102
I.1.6.	Méthode de diagnostic	102
I.1.6.1.	Diagnostic parasitologique	102
I.1.6.2.	Diagnostic moléculaire	102
I.1.6.2.1.	Extraction d'ADN	103
I.1.6.2.2.	Dosage de l'ADN	104
I.1.6.2.3.	Analyse PCR (Polymerase Chain Reaction) en point final	104
I.1.6.2.4.	Séquençage	108
I.1.7.	Analyse statistique	112
<b>I.2.</b>	<b>Résultats</b>	113
I.2.1.	Résultats épidémiologiques	113
I.2.1.1.	Répartition des patients selon le sexe	113
I.2.1.2.	Répartition des patients selon l'âge	113
I.2.1.3.	Répartition des patients selon l'âge et le sexe	114
I.2.1.4.	Répartition annuelle des cas déclarés	115
I.2.1.5.	Répartition des patients selon l'origine géographique (Wilayas de résidence)	116
I.2.1.6.	Répartition des patients selon le type d'habitation	118
I.2.1.7.	Répartition des patients selon la fréquence de contact avec les chiens	118
I.2.1.8.	Répartition des patients entre le type d'habitation et la fréquence de contact avec le chien	119
I.2.1.9.	Répartition des patients entre le sexe et la fréquence de contact avec le chien	119
I.2.1.10.	Répartition des patients selon les antécédents personnels kyste hydatique	120
I.2.1.11.	Taux de récurrence	121
I.2.2.	Résultats cliniques et paracliniques	121
I.2.2.1.	Répartition des patients opérés et non opérés.	121



I.2.2.2.	Répartition des patients opérés et non opérés selon sexe	122
I.2.2.3.	Répartition des patients opérés et non opérés selon l'âge	123
I.2.2.4.	Répartition selon la localisation du kyste hydatique	123
I.2.2.5.	Répartition selon le moyen d'exploration	125
I.2.2.5.	Répartition selon la positivité du sérodiagnostic de l'hydatide	126
I.2.3.	Résultats parasitologiques	126
I.2.3.1.	Fréquence de la fertilité des kystes examinés	126
I.2.3.2.	Fréquence de la fertilité des kystes selon le sexe	127
I.2.3.3.	Fréquence de la fertilité des kystes selon l'âge	128
I.2.3.4.	Fréquence de la fertilité des kystes selon la localisation	129
I.2.3.5.	Répartition des patients ayant des kystes hydatiques fertiles selon la localisation, l'âge et le sexe	130
I.2.4.	Résultats moléculaires :	131
I.2.4.1.	Amplification PCR	131
I.2.4.2.	Génotypage	132
<b>I.3.</b>	<b>Discussion</b>	133
I.3.1.	Résultats épidémiologiques	133
I.3.2.	Résultats cliniques et paracliniques	137
I.3.3.	Résultats parasitologiques	140
I.3.4.	Résultats moléculaires	141
	 <b>Partie II : Effet scolicide des plantes médicinales locales</b>	 143
	 <b>*Objectifs</b>	 144
<b>II.1.</b>	<b>Matériel et méthode</b>	144
II.1.1.	Matériel végétal	144
II.1.2.	Matériel parasitaire	145
II.1.3.	Méthodes	145
II.1.3.1.	Préparation des extraits bruts	145
II.1.3.1.1.	Procédure de l'extraction éthanolique	145

II.1.3.1.2.	Procédure de l'extraction à chaud ou décoction	146
II.1.3.2.	Analyse quantitative des molécules bioactives	146
II.1.3.2.1.	Le rendement	146
II.1.3.2.2.	Dosage des composés phénoliques totaux	146
II.1.3.2.3.	Quantification des flavonoïdes totaux	147
II.1.3.3.	Analyse qualitative des molécules bioactives par GC–MS/MS	148
II.1.3.4.	Etude <i>in-vitro</i> des activités biologiques des extraits	149
II.1.3.4.1.	Potentiel antioxydant	149
II.1.3.4.2.	Activité antiparasitaire	151
II.1.3.4.2.1.	Prélèvement de liquide hydatique	151
II.1.3.4.2.2.	Détermination de la fertilité de liquide hydatique	152
II.1.3.4.2.3.	Test de viabilité	152
II.1.3.4.2.4.	Activité scolicide	153
II.1.3.5.	Analyse statistique des données	154
<b>II.2</b>	<b>Résultats</b>	155
II.2.1.	Extraction et rendement	155
II.2.2.	Analyse phytochimique	155
II.2.2.1.	Dosage polyphénols et flavonoïdes	155
II.2.2.2.	Analyses par GC–MS/MS	158
II.2.2.2.1.	<i>Myrtus communis</i>	158
II.2.2.2.2.	<i>Atriplex halimus</i>	163
II.2.3.	Étude <i>in-vitro</i> des activités biologiques des extraits	166
II.2.3.1.	Effet Scavenger du radical DPPH	166
II.2.3.2.	Activité scolicide des extraits des plantes locales	168
II.2.3.2.1.	Activité scolicide de l'extrait de <i>Myrtus communis</i>	168
II.2.3.2.2.	Activité scolicide de l'extrait de l' <i>Atriplex halimus</i>	171
II.2.3.3.	Domages morphologiques des protoscolex traités	174
<b>II.3.</b>	<b>Discussion</b>	175
II.3.1.	Résultats de l'extraction et rendement	175
II.3.2.	Résultats d'analyse phytochimique	176
II.3.3.	Résultats de l'étude <i>in-vitro</i> des activités biologiques des extraits	179

<b>Conclusion et recommandation</b>	186
<b>Références</b>	189
المخلص	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	

---

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01.</b>	Célèbres historiens mondiaux de l'échinococcose.	<b>09</b>
<b>Figure 02.</b>	La forme adulte d' <i>Echinococcus granulosus</i> .	<b>17</b>
<b>Figure 03.</b>	Différents stades de développement de l' <i>E. granulosus</i> adulte dans l'hôte définitif.	<b>19</b>
<b>Figure 04.</b>	Embryophore d' <i>Echinococcus</i> spp.	<b>20</b>
<b>Figure 05.</b>	Structure de l'hydatide.	<b>23</b>
<b>Figure 06.</b>	Le cycle de vie de l' <i>Echinococcus granulosus</i> sensu lato.	<b>26</b>
<b>Figure 07.</b>	Schéma de la formation des vésicules fille.	<b>28</b>
<b>Figure 08.</b>	Distribution de l'échinococcose kystique dans le monde.	<b>38</b>
<b>Figure 09.</b>	Evolution de l'incidence annuelle par 100 000 ha de l'hydatidose entre 2015 à 2022.	<b>48</b>
<b>Figure 10.</b>	<i>Myrtus communis</i> L.	<b>92</b>
<b>Figure 11.</b>	<i>Atriplex halimus</i> L.	<b>96</b>
<b>Figure 12.</b>	Différentes étapes de l'extraction d'ADN par le kit NucleoSpin Tissue.	<b>104</b>
<b>Figure 13.</b>	Thermocycleur T3 Biometra.	<b>108</b>
<b>Figure 14.</b>	Programme de PCR pour le séquençage.	<b>110</b>
<b>Figure 15.</b>	Format AB1 d'un produit de PCR séquençé.	<b>111</b>
<b>Figure 16.</b>	Répartition selon le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>113</b>

- 
- Figure 17.** Répartition selon l'âge des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **114**
- Figure 18.** Répartition selon l'âge et le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **115**
- Figure 19.** Répartition annuelle des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **116**
- Figure 20.** Répartition selon l'origine géographique (Wilayas de résidence) des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **117**
- Figure 21.** Répartition selon la zone d'habitation des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **118**
- Figure 22.** Répartition selon la notion de contagion des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **119**
- Figure 23.** Répartition selon les antécédents sanitaires de la maladie des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **121**

---

<b>Figure 24.</b>	Répartition selon le nombre de cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>122</b>
<b>Figure 25.</b>	Répartition selon le sexe des cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>122</b>
<b>Figure 26.</b>	Répartition selon l'âge des cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>123</b>
<b>Figure 27.</b>	Répartition selon le moyen d'exploration de kyste hydatique des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>125</b>
<b>Figure 28.</b>	Répartition selon la positivité du sérodiagnostic de l'hydatide chez les enfants et les adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>126</b>
<b>Figure 29.</b>	Fréquence de la fertilité des kystes selon l'âge des enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>129</b>
<b>Figure 30.</b>	Electrophorèse sur gel d'agarose 1,5% TAE 1X.	<b>131</b>
<b>Figure 31.</b>	Mécanisme réactionnel impliqué dans le test au DPPH entre le radical DPPH <sup>*</sup> et un antioxydant (AO).	<b>150</b>
<b>Figure 32.</b>	<b>A</b> : Désinfection de la surface des kystes. <b>B</b> : Aspiration de liquide hydatique. <b>C</b> : Transfère et sédimentations de protoscolex.	<b>151</b>
<b>Figure 33.</b>	Kyste hydatique fertile (X10).	<b>152</b>

<b>Figure 34.</b>	<b>A :</b> Protoscolex vivants (X10). <b>B :</b> Protoscolex morts (X10).	<b>153</b>
<b>Figure 35.</b>	<b>A :</b> Activité scolicide <i>in vitro</i> : incubation des protoscolex avec différentes concentrations des extraits à différents temps. <b>B :</b> Test de viabilité à l'éosine 0,1 %.	<b>154</b>
<b>Figure 36.</b>	Droite d'étalonnage de l'acide gallique.	<b>156</b>
<b>Figure 37.</b>	Droite d'étalonnage de la quercétine.	<b>157</b>
<b>Figure 38.</b>	Chromatogramme de GC–MS/MS de l'extrait éthanolique de <i>Myrtus communis</i> .	<b>159</b>
<b>Figure 39.</b>	Chromatogramme de GC–MS/MS de l'extrait aqueux de <i>Myrtus communis</i> .	<b>161</b>
<b>Figure 40.</b>	Chromatogramme de GC–MS/MS de l'extrait éthanolique de l' <i>Atriplex halimus</i> .	<b>162</b>
<b>Figure 41.</b>	Chromatogramme de GC–MS/MS de l'extrait aqueux de l' <i>Atriplex halimus</i> .	<b>165</b>
<b>Figure 42.</b>	Pouvoir réducteur d'un antioxydant standard et d'extraits de feuilles de <i>Myrtus communis</i> (EE : extrait éthanolique, EA : extrait aqueux, BHT : butylhydroxytoluène). Les données sont présentées sous forme de moyennes IC50 ± SD (n=3) (****P ≤ 0,0001 ; **P =0,0013) par rapport au BHT.	<b>167</b>
<b>Figure 43.</b>	Pouvoir réducteur d'un antioxydant standard et des extraits de feuilles d' <i>Atriplex halimus</i> (EE : extrait éthanolique, EA : extrait aqueux, BHT : butylhydroxytoluène). Les données sont présentées sous forme de moyennes IC50 ± SD (n=3) par rapport au BHT.	<b>168</b>

- Figure 44.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes. **169**
- Figure 45.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Myrtus communis* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes. **170**
- Figure 46.** (A) : Test de viabilité. (B) : Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis*. (C) : Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Myrtus communis*. (D) : Contrôle négatif. **170**
- Figure 47.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Atriplex halimus* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes. **172**
- Figure 48.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Atriplex halimus* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes. **173**
- Figure 49.** (A) : Test de viabilité. (B) : Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations d'extrait éthanolique de *Atriplex halimus*. (C) : Protoscolex morts après traitement avec différentes



concentrations d'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus*. **(D)** : Contrôle négatif.

**Figure 50.** Dommages morphologiques au niveau des protoscolex. **(A)** : CR : 172 crochets perdus ; R : rostellum altéré. **(B)** : Bs : formation des bulles. **(C – D)** : ED : extensions digitiformes. **(D)** : AT : altération tégumentaire.

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b>	Concept actuel de la taxonomie d' <i>Echinococcus granulosus</i> sensu lato.	<b>14</b>
<b>Tableau 2.</b>	Prévalence (%) chez les chiens parasités par le ténia <i>E. granulosus</i> en Algérie.	<b>35</b>
<b>Tableau 3.</b>	Prévalence (%) de l'hydatidose chez le bétail et le porc en Algérie.	<b>35</b>
<b>Tableau 4.</b>	Incidence annuelle moyenne des pays européens à haut endémicité d'échinococcose kystique humaine.	<b>44</b>
<b>Tableau 5.</b>	Incidences annuelles de l'hydatidose chez l'homme rapportées en Algérie.	<b>48</b>
<b>Tableau 6.</b>	Espèces et génotypes identifiés chez l'homme, l'enfant et l'hôte intermédiaire en Algérie.	<b>53</b>
<b>Tableau 7.</b>	Type échographique selon la classification de Gharbi et l'OMS.	<b>66</b>
<b>Tableau 8.</b>	Caractéristiques des prélèvements kystiques infantiles.	<b>103</b>
<b>Tableau 9.</b>	Amorces utilisées en routine pour le génotypage d' <i>E. granulosus</i> .	<b>105</b>
<b>Tableau 10.</b>	Préparation du mélange réactionnel.	<b>106</b>
<b>Tableau 11.</b>	Programmes PCR pour le diagnostic moléculaire d'échinococcose.	<b>107</b>
<b>Tableau 12.</b>	Répartition selon l'âge et le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>115</b>
<b>Tableau 13.</b>	Wilaya de provenance des enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.	<b>117</b>
<b>Tableau 14.</b>	Répartition selon la zone d'habitation et la notion de contact avec les chiens des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour	<b>119</b>

kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

- Tableau 15.** Répartition selon le sexe et la notion de contact avec les chiens des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **120**
- Tableau 16.** Répartition des cas déclarés selon la localisation hydatique, le sexe et l'âge chez l'enfant et l'adolescent déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **124**
- Tableau 17.** Différents types de localisation des kystes hydatiques chez l'enfant et l'adolescent déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **124**
- Tableau 18.** Fréquence de fertilité des kystes examinés chez les enfants et adolescents opérés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **127**
- Tableau 19.** Fréquence de fertilité des kystes chez les mâles déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **128**
- Tableau 20.** Fréquence de fertilité des kystes chez les femelles déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **128**
- Tableau 21.** Fréquence de fertilité des kystes selon la localisation chez les enfants et les adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **129**
- Tableau 22.** Fréquence des patients ayant des kystes fertiles selon la localisation, le sexe et la classe d'âge chez les enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023. **130**

<b>Tableau 23.</b>	Rendement et teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes dans les différents extraits de plantes étudiées.	<b>158</b>
<b>Tableau 24.</b>	Profils GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de <i>Myrtus communis</i> .	<b>159</b>
<b>Tableau 25.</b>	Profils GC-MS/MS de l'extrait aqueux de <i>Myrtus communis</i> .	<b>161</b>
<b>Tableau 26.</b>	Profils GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de l' <i>Atriplex halimus</i> .	<b>164</b>
<b>Tableau 27.</b>	Profils GC-MS/MS de l'extrait aqueux de l' <i>Atriplex halimus</i> .	<b>165</b>
<b>Tableau 28.</b>	IC <sub>50</sub> (mg/ml) des différents extraits de plantes étudiées.	<b>166</b>

## Liste des abréviations

<b>KH</b>	Kyste hydatique	<b>DO</b>	Densité optique
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique	<b>pb</b>	Paire de base
<b>PCR</b>	Polymerase Chain Reaction	<b>ng</b>	Nanogramme
<b>NADH</b>	Nicotinamide Adénine Dinucléotide	<b>Eg</b>	<i>Echinococcus granulosus</i>
<b>HD</b>	Hôte définitif	<b>V</b>	Volte
<b>HI</b>	Hôte intermédiaire	<b>UV</b>	Ultraviolet
<b>CE</b>	Cystic echinococcus	<b>KHP</b>	Kyste hydatique pulmonaire
<b>US</b>	Ultrasonographie	<b>KHF</b>	Kyste hydatique du foie
<b>TDM</b>	Tomodensitométrie	<b>PSC</b>	Protoscolex
<b>IRM</b>	Imagerie par Résonance Magnétique	<b>F</b>	Fille
<b>HAI</b>	Hémagglutination indirecte	<b>G</b>	Garçon
<b>ICT</b>	Immuno-chromatographie	<b>N</b>	Nombre total des kystes
<b>ELISA</b>	Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay	<b>F</b>	Fertile
<b>BMZ</b>	Benzimidazole	<b>S</b>	Stérile
<b>MBZ</b>	Mébéndazole	<b>NM</b>	Non mentionné
<b>ABZ</b>	Albendazole	<b>CHU</b>	Centre hospitalo-universitaire
<b>PAIR</b>	Ponction, Aspiration, Injection, Réaspiration	<b>OIE</b>	Organisation mondiale de la Santé animale
<b>IA</b>	Incidence annuelle	<b>DPPH</b>	2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé	<b>BHT</b>	Butylhydroxytoluène

---

<b>GC-MS/MS</b>	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem	<b>QE</b>	Quercétine
<b>Ag5</b>	Antigène 5	<b>EE</b>	Extrait éthanolique
<i>s.l.</i>	Sensu lato	<b>EA</b>	Extrait aqueux
<b>Myrt</b>	<i>Myrtus communis</i>	<b>s.s.</b>	Sensu strito
<b>ATP</b>	<i>Atriplex halimus</i>	<b>AgB</b>	Antigène B

# **Introduction**

L'échinococcose kystique antérieurement appelée l'hydatidose ou maladie hydatique, est une zoonose à caractère endémique, prédominante dans des pays d'élevage en voie de développement. Cette maladie est classée par l'Organisation Mondiale de la Santé parmi les maladies parasitaires négligées, elle demeure un véritable problème de santé publique dans le monde entier. Également, l'échinococcose kystique en raison de son impact sur la production animale, entraîne des pertes économiques considérables (Salem *et al.*, 2011). L'échinococcose kystique est causée par le stade larvaire (métacestodes) qui appartient à l'espèce complexe *Echinococcus granulosus* sensu lato (le genre *Echinococcus*). Ce cestode a un cycle hétéroxène où la forme larvaire se développe dans les viscères des herbivores, qui sont les hôtes intermédiaires, et la forme adulte dans l'intestin du chien et d'autres canidés sauvages, qui sont les hôtes définitifs (Romig *et al.*, 2017). L'homme est un cul de sac, qui s'insère accidentellement comme hôte intermédiaire dans le cycle parasitaire en ingérant les œufs de ce cestode. Cette maladie, qui évolue de manière chronique et potentiellement grave, se caractérise par la formation et la croissance continue de kystes hydatiques dans les viscères de l'homme, incluant principalement le foie et les poumons, bien que d'autres organes vitaux puissent également être touchés. La gravité de la maladie est principalement liée au stade et à la localisation du kyste (Ali *et al.*, 2020).

En Algérie, l'échinococcose kystique est endémique chez l'homme, avec une incidence annuelle variant de 1,78 à 2,26 pour 100 000 humains (ElFegoun *et al.*, 2016). Elle est fréquente chez l'enfant et l'adolescent plus particulièrement dans les hauts plateaux et les régions pastorales et reste un problème d'actualité avec une évolution spontanée et mortelle (Khachatryan, 2017, Haif *et al.*, 2020). Cette classe d'âge représente une population particulièrement vulnérable, étant fréquemment exposée à un risque accru d'infection du fait de leurs contacts étroits avec les chiens hôtes définitifs. Cependant, peu d'études épidémiologiques sur l'enfant et l'adolescent ont été menées en Algérie. Pour cette raison, notre première partie d'études



concerne cette catégorie d'enfants pour rapporter une situation épidémiologique récente et d'établir le taux d'infestation infantile afin d'évaluer l'importance de cette maladie en termes de problèmes de santé publique.

Également, la transmission de cette maladie est principalement entretenue par un cycle domestique chien – mouton, tandis que l'implication du cycle chien – dromadaire a été démontrée dans des études antérieures, ce qui peut contribuer à l'infestation de l'homme dans les régions où prédomine l'élevage camelin (Zait and Boussad, 2019). De point de vue moléculaire, la majorité des cas humains ont été génotypés comme *E. granulosus s.s.* (G1 et G3), tandis que *E. canadensis* (G6) a été isolé moins fréquemment (Kohil et al., 2015, Zait et al., 2016). Cependant, les données moléculaires (génotypage des kystes hydatiques), en particulier chez les enfants et les adolescents, demeurent limitées, en raison du nombre restreint et non représentatif d'isolats infantiles étudiés précédemment dans les différentes régions d'Algérie. Pour un autre objectif, nous avons ciblé la détermination du génotype impliqué dans l'infection des enfants et des adolescents après l'extraction chirurgicale des kystes. Cette démarche vise à enrichir nos connaissances aussi bien sur l'épidémiologie de l'échinococcose kystique chez cette classe d'âge que sur le cycle parasitaire.

En matière de traitement de cette maladie, potentiellement grave, la chirurgie reste le gold standard et occupe une large et une importance capitale parmi les autres moyens thérapeutiques (Gourty and Saiad, 2012). Elle s'est modifiée ces dernières années avec l'apport et l'efficacité de l'albendazole en administration prolongée et l'intérêt majeur du protocole de traitement percutané pour les kystes non compliqués (ponctions, aspirations, injections, réaspiration) (Maggiore et al., 2012). Tout type de traitement comporte également un risque de récurrence de la maladie si du matériel parasitaire viable subsiste après le traitement ou l'intervention chirurgicale.

L'utilisation des agents scolicides efficaces est nécessaire pour réduire le risque de récurrence de la maladie. Certaines études ont prouvé que certains agents scolicides actuels tels que la solution saline hypertonique (20%), le nitrate d'argent, le cétrimide et l'éthanol sont associés à des effets indésirables graves, notamment la cholangite sclérosante (Lashkarizadeh *et al.*, 2015). Par conséquent, des efforts considérables ont été déployés pour découvrir de nouveaux agents scolicides, en mettant particulièrement l'accent sur les ressources naturelles, afin de trouver des solutions présentant moins d'effets secondaires et une plus grande efficacité lors de traitement chirurgical des kystes hydatiques.

Dans la deuxième partie de notre étude, notre objectif est d'explorer et d'évaluer les effets scolicides *in vitro* de quelques plantes médicinales poussant en Algérie contre les protoscolex d'*E. granulosus s.l.*. Cette recherche pourrait ouvrir de nouvelles perspectives thérapeutiques contre cette maladie, offrant ainsi une approche novatrice pour le traitement et la prévention de cette affection grave.

# Partie

# Bibliographique

**Chapitre I :**  
**Généralités sur**  
***Echinococcus***  
***granulosus sensu lato***

---

## I.1. Historique :

### ➤ Dans le monde :

L'échinococcose est une maladie ancienne qui remonte à des temps immémoriaux. Des traces de cette infection parasitaire ont été observées dès l'Antiquité. [Hippocrate](#), souvent considéré comme le père de la médecine, avait déjà remarqué des masses dans le foie humain qu'il qualifiait de "tumeurs remplies d'eau". Ces descriptions préliminaires évoquaient probablement les premiers indices de kystes hydatiques, la forme kystique de l'échinococcose. Plus tard, [Galen](#), un autre grand médecin de l'Antiquité, confirma l'existence de ces kystes dans le foie d'animaux de bétail, ouvrant la voie à une compréhension plus large de la maladie.

Au fil des siècles, les observations sur l'échinococcose se multiplient. Au XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles, plusieurs médecins européens, dont [Wolckerus](#), décrivirent des cas impressionnants où des centaines de petites vésicules furent vidées de patients humains ou animaux. En 1679, [Théophile Bonet](#), un médecin de Genève, publia une synthèse des connaissances pathologiques de son époque, mentionnant de nombreux cas de ce qui semble être des kystes hydatiques.

Cependant, la véritable nature de ces "hydatides" restait mystérieuse jusqu'à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle. [Francesco Redi](#), en 1684, fit une découverte capitale en Italie. Il observa que les cysticerques, une forme larvaire de certains vers parasites, étaient capables de se mouvoir, confirmant ainsi leur nature animale. Peu après, [Philip Jacob Hartmann](#), en 1685, apporta une preuve supplémentaire en identifiant la présence de scolex, les têtes des vers, dans ces kystes.

Vers la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, [Edward Tyson](#), un médecin anglais, présenta à la Royal Society de Londres que les hydatides trouvées chez les animaux étaient en fait des créatures vivantes, une observation révolutionnaire à l'époque. [Peter Simon Pallas](#), en 1760, ajouta que ces "vers de la

vésicule" se développaient à partir de petites structures internes qu'il appela "capsules prolifères", où les larves du parasite se formaient.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, les avancées dans la compréhension de l'échinococcose se poursuivirent. En 1782, [John August Ephraim Goeze](#) découvrit des scolex de ténia dans les kystes liquides, confirmant ainsi le lien entre ces vésicules et les vers intestinaux ([Eckert and Thompson, 2017](#)). Peu après, en 1786, [Batsch](#) donna le premier nom scientifique à ce parasite, "*Hydatigena granulosa*", basé sur un spécimen d'origine ovine ([Romig et al., 2015](#)).

Le XIX<sup>e</sup> siècle vit des progrès majeurs dans la compréhension du cycle de vie de l'échinococcose. Carl [Asmund Rudolphi](#) introduisit en 1801 le terme "*Echinococcus*" ([Eckert and Thompson, 2017](#)), tandis que [Von Siebold](#) et [Leuckart](#), à la fin du siècle, établirent la corrélation entre la maladie chez l'homme, le mouton et le ténia du chien ([Bourée and Bisaro, 2007](#)). Ce fut un moment décisif pour l'identification du rôle clé du chien dans la transmission de la maladie.

En 1842, un Danois, [Johannes J.S. Steenstrup](#), proposa que les kystes observés étaient des formes précoces dans le développement d'helminthes. Cette idée fut soutenue par [Félix Dujardin](#) en France, trois ans plus tard ([Eckert and Thompson, 2017](#)). L'énigme du cycle de vie de ce parasite commença à se clarifier lorsqu'en 1856, [Beneden](#) décrivit le ténia adulte ([Romig et al., 2015](#)). [Gottlob Friedrich Heinrich Küchenmeister](#) contribua à l'explication finale en démontrant que les scolex trouvés dans les cysticerques étaient identiques à ceux des ténias adultes trouvés dans les intestins des renards, prouvant ainsi la continuité du cycle ([Eckert and Thompson, 2017](#)).

Les travaux de [Rudolf Leuckart](#) dans les années 1860 apportèrent une confirmation supplémentaire en décrivant le développement détaillé des parasites dans leurs hôtes intermédiaires, comme les porcs, et en démontrant la formation de capsules prolifères et de

protoscolex dans les kystes. Il identifia également une nouvelle forme de la maladie, l'échinococcose alvéolaire (EA), qui fut longtemps confondue avec la forme kystique. Ce n'est qu'en 1950 que cette confusion prit fin, grâce à une meilleure compréhension du cycle de vie du parasite (Romig *et al.*, 2015).

Enfin, au XXe siècle, la recherche se poursuivit avec la découverte de nouvelles espèces d'échinocoques. Ortlepp en 1937, a introduit *Echinococcus felidis* provenant d'un lion africain (Romig *et al.*, 2015). En 1972, Rausch et Bernstein reconnurent *E. vogeli* comme une espèce valide, et en 2005, Xiao et ses collègues décrivirent *E. shiquicus*, élargissant ainsi le panorama des espèces responsables de l'échinococcose (Xiao *et al.*, 2005).

					
<b>Hippocrate</b> Médecin grec 460 - 370 avant J.-C.	<b>August Batsch</b> Naturaliste allemand 1761 - 1802	<b>Johann Wepfer</b> Pathologiste et Pharmacologiste suisse 1620 - 1695	<b>Karl Rudolphi</b> Zoologiste allemand 1771 - 1831	<b>Karl Leuckart</b> Zoologiste allemand 1822 - 1898	<b>Karl Diesing</b> Zoologiste autrichien 1800 - 1867

**Figure 01.** Célèbres historiens mondiaux de l'échinococcose (Maillard, 2009).

➤ **En Algérie :**

En Algérie, l'échinococcose est présente depuis des siècles, et les premiers cas documentés d'hydatidose humaine remontent à 1862, signalés par Berthérand (Haif *et al.*, 2020) . Peu après, en 1892, Laveran rapporta que la maladie était particulièrement fréquente dans les hauts plateaux (Nozais, 1989) . Tout au long du XXe siècle, de nombreux cas d'échinococcose furent

signalés, notamment par [Lemaire](#) en 1903, qui rapporta 14 cas de kystes hydatiques affectant le poumon et la plèvre.

Dans les années 1920 et 1930, [Senevet](#) et [Witas](#) menèrent des études statistiques détaillées sur l'incidence de la maladie, avec près de 2000 cas documentés en 1935 ([Sevenet and Witas, 1926](#)). Les abattoirs algériens devinrent un point d'observation clé, et des enquêtes menées dans les années 1950 par [Lacroix](#) et [Thiodet](#) mirent en évidence le taux élevé de parasitisme chez les chiens, principal vecteur de la maladie ([Lacrox et al., 1955](#)).

Le XXe siècle vit aussi la tenue du troisième Congrès mondial d'hydatidologie à Alger en 1951, un événement marquant dans la lutte contre la maladie ([Haif et al., 2020](#)). Au cours des décennies suivantes, de nombreuses études épidémiologiques furent menées, notamment par l'Institut National de Santé Publique en 1980 ([Alloula-Dahmane, 1985](#)), ainsi que par plusieurs chercheurs locaux qui documentèrent l'évolution de la maladie ([Mokhtari, 1966](#), [Larbaoui and Alloula, 1979](#), [Cheriet and Lagardere, 1994](#), [Zait et al., 2013](#), [Zait et al., 2014](#)).

Plus récemment, des recherches sur l'hydatidose infantile ont été menées à travers le pays. En 2015, une étude à l'hôpital universitaire de Sétif a examiné le traitement laparoscopique de l'échinococcose abdomino-pelvienne chez les enfants et adolescents, soulignant les avancées modernes dans la gestion de cette zoonose en Algérie ([Haif et al., 2020](#)).

## **I.2. Classification et taxonomie du genre *Echinococcus* :** ([Nakao et al., 2007](#), [McManus, 2013](#), [Romig et al., 2015](#), [Thompson, 2017](#))

Le genre *Echinococcus* fait partie du :

**Super Règne :** Eukaryota

**Règne :** Metazoa



---

<b>Phylum :</b>	Plathelminthes (triploblastique, acœlomate, aplati dorso-ventralement)
<b>Classe :</b>	Cestoda (endoparasite, sans tube digestif, tégument synticyal microtriches)
<b>Sous-classe :</b>	Eucestoda (adulte avec strobile, proglottis, scolex, hermaphrodite)
<b>Ordre :</b>	Cyclophyllidea (4 ventouses sphériques sur le scolex)
<b>Famille :</b>	Taeniidae (pores génitaux latéraux alternés)
<b>Genre :</b>	<i>Echinococcus</i> (Rudolphi 1801)
<b>Espèce :</b>	<i>Echinococcus granulosus</i> sensu lato ( <i>s. l.</i> ) (Batsch 1796)

La taxonomie d'*Echinococcus* a été un sujet de controverse pendant des décennies en raison d'un manque de caractères phénotypiques et des descriptions taxonomiques inadéquates et de l'absence de preuves de ségrégation géographique ou écologique (Thompson and McManus, 2002, McManus, 2013). Sur le plan taxonomique, plusieurs espèces d'*Echinococcus* ont été décrites principalement en se basant sur les différences morphologiques, biologiques et les caractéristiques spécifiques hôte-parasite. La plupart de ces taxons ont été considérés comme des synonymes d'*E. granulosus*.

L'épidémiologie moléculaire a apporté une nouvelle approche des études sur la taxonomie, et une contribution majeure à la compréhension de la variation génétique et phénotypique étendue observée au sein du genre *Echinococcus*. Cela a conduit à l'établissement d'une taxonomie solide, étayée par des données biologiques, et au développement d'outils moléculaires appropriés pour les investigations épidémiologiques, ainsi que pour l'élucidation des schémas de transmission.

Les outils moléculaires, principalement basés sur l'amplification de l'ADN (PCR) et le séquençage partiel ou complet de l'ADN mitochondrial et nucléaire, ont permis d'étudier le

polymorphisme du parasite au niveau du génome (Nakao *et al.*, 2007, Knapp *et al.*, 2011, Thompson, 2020). Cependant, une révision taxonomique basée sur la phylogénie moléculaire est nécessaire pour catégoriser correctement les membres du genre *Echinococcus* (Thompson and McManus, 2002, McManus, 2013).

Après plusieurs révisions, la reclassification d'espèce ne fut attribuée que quatre espèces valides d'*Echinococcus* à savoir *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Echinococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), *Echinococcus oligarthrus* (Diesing, 1863) et *Echinococcus vogeli* (Rausch et Bernstein, 1972) (Romig *et al.*, 2015). Au fil des années avec le développement et l'application des approches moléculaires, des études phylogénétiques basées sur l'ADN mitochondrial (ADNmt) (cytochrome c oxydase sous unité I (cox1; 366 bp) et NADH déshydrogénase sous unité I (nad1; 471 bp)) ont montrés une divergence génétique d'un complexe d'espèces cryptiques : *E. granulosus sensu lato* composé de dix génotypes (G1 à G10) qui sont classés en cinq taxa distinctes (Bowles *et al.*, 1992, Lavikainen *et al.*, 2003, Laurimäe *et al.*, 2019). Plus récemment, *Echinococcus shiquicus* (Xiao *et al.*, 2005, Xiao *et al.*, 2006), une espèce sœur d'*E. multilocularis*, a été découverte sur le plateau tibétain chez des renards et finalement *Echinococcus felidis* (Ortlepp, 1937) qui a été reconnu le statut d'espèce (Rojas *et al.*, 2014).

Le genre *Echinococcus* est donc un petit groupe taxonomique qui regroupe actuellement un complexe de neuf espèces cryptiques valides : *E. multilocularis* ; *E. vogeli* ; *E. oligarthrus* ; *E. shiquicus* et le complexe d'espèces *E. granulosus sensu lato* (*s.l.*) composé d'*E. granulosus sensu stricto* (*s.s.*), *E. equinus*, *E. ortleppi*, *E. canadensis* et *E. felidis* (Thompson and McManus, 2002, McManus, 2013, Nakao *et al.*, 2013, Rojas *et al.*, 2014).

### I.3. Variations génétiques d'*Echinococcus granulosus* sensu lato :

*E. granulosus* comprend un certain nombre de variantes ou de souches intraspécifiques qui présentent des variations considérables au niveau génétique (McManus and Thompson, 2003).

Le terme souche d'abord forgé par Smyth, a été introduit pendant la période d'incertitude taxonomique, et davantage développé à la suite de l'accumulation d'informations génomiques pour décrire les variantes intraspécifiques d'*Echinococcus* qui diffèrent des autres groupes de la même espèce par la fréquence des gènes ou les séquences d'ADNmt et par un ou plusieurs caractères ayant une importance réelle ou potentielle pour l'épidémiologie et le contrôle de l'échinococcose (McManus and Thompson, 2003, Nakao *et al.*, 2007, McManus, 2013).

Les variations intraspécifiques d'*E. granulosus s.l.* peut influencer les schémas du cycle de vie, la spécificité de l'hôte, la vitesse de développement, l'antigénicité, la dynamique de transmission, la sensibilité aux agents chimio thérapeutiques et la pathologie. Cela peut avoir des implications importantes pour la conception et le développement des vaccins, de réactifs de diagnostic et la sensibilité aux molécules thérapeutiques ayant un impact sur l'épidémiologie et le contrôle de l'échinococcose (Thompson, 2008, McManus, 2013). Le concept de souche a largement cédé la place à celui de génotype, introduisant ainsi un système numérique pour identifier les diverses souches (Thompson, 2017).

Les nouvelles recherches en biologie moléculaire mettent en évidence l'existence de 10 souches/génotypes distincts au sein d'*E. granulosus* (G1 à G10) selon la nomenclature G. Il s'agit d'*E. granulosus* sensu stricto (G1 à G3) ; d'*E. equinus* (G4) ; d'*E. ortleppi* (G5) et d'*E. canadensis* (G6 à G10) (Nakao *et al.*, 2013). Le parasite du lion, *E. felidis*, est une espèce considérée comme un taxon sœur d'*E. granulosus s.s.* (Huttner *et al.*, 2008).

En raison d'une analyse nucléaire et mitochondriale plus approfondie du complexe *E. granulosus s.l.*, une proposition récente suggère d'exclure le génotype G2 et G9 de ce complexe car en réalité ils sont des microvariants de G3 et G7, respectivement (Kinkar *et al.*, 2017).

Cependant, le statut taxonomique du groupe *E. canadensis* susmentionné fait toujours l'objet d'un débat et aucun consensus clair n'a été établi (Laurimäe *et al.*, 2018, Samari *et al.*, 2022).

Certains auteurs ont suggéré que le groupe *E. canadensis* est une seule espèce tandis que d'autres ont suggéré une division en deux espèces (*E. intermedius* G6/G7 ; *E. canadensis* G8/G10) et certains en trois (*E. intermedius* G6/G7 ; *E. borealis* G8 et *E. canadensis* G10).

Le génotype le plus répandu chez les humains est le G1 du mouton, considéré comme cosmopolite (Mandal and Mandal, 2011). Il découle d'une lignée ancestrale commune ayant son origine dans le cycle sylvestre, avec l'Asie de l'ouest comme berceau (Romig *et al.*, 2015).

Les génotypes G6/G7 d'*E. granulosus s.l.* occupent la deuxième place en termes de distribution mondiale et d'importance pour la santé publique dans le contexte de l'échinococcose kystique (Samari *et al.*, 2022).

**Tableau 1.** Concept actuel de la taxonomie d'*Echinococcus granulosus* sensu lato.

Espèces (nouvelle classification)	Souche (ancienne classification)	Génotype	Hôtes intermédiaires et accidentels	Hôtes définitifs	Origine géographique	Références
<i>Echinococcus granulosus sensu stricto</i>	Souche Ovine	G1	Ovins, bovins, caprins, suidés, hommes, macropodes, camelins	Chien, renard, dingo, chacal, hyène	États-Unis d'Amérique, Nouvelle- Zélande, Afrique, République populaire de Chine, Moyen-Orient, Amérique du Sud,	(Thompson and McManus,

					Fédération de Russie	2002, McManus and Thompson, 2003, Nakao <i>et al.</i> , 2007, Nakao <i>et al.</i> , 2013, Romig <i>et al.</i> , 2015, Thompson, 2017)
	Souche Ovine de Tasmanie	G2	Caprins, ovins, hommes	Chien, renard	Tasmanie, Argentine	
	Souche de Buffle	G3	Caprins, bovins, ovins, hommes	Chien, renard	Asie	
<i>Echinococcus equinus</i>	Souche Chevaline	G4	Equins, ânes	Chien	Europe, Moyen-Orient, Afrique du Sud (Nouvelle-Zélande ? États-Unis ?)	
<i>Echinococcus ortleppi</i>	Souche Bovine	G5	Bovins, hommes	Chien	Europe, Afrique du Sud, Inde, Sri Lanka, Fédération de Russie	
	Souche Cameline	G6	Camelins, caprins, bovins, ovins, hommes	Chien	Moyen-Orient, Afrique, République populaire de Chine, Argentine	
<i>Echinococcus canadensis</i>	Souche Porcine	G7 /G9	Porc, Sanglier, Camelins, hommes	Chien	Fédération de Russie, Amérique du sud	
	Souche du Cervidé	G8	Cervidés, hommes	Loup, chien	Amérique du Nord, Eurasie	
	Souche du Cervidé Fennoscandien	G10	Cervidés, hommes	Loup, chien	États-Unis	
<i>Echinococcus felidis</i>	Souche du lion	-	Équins, bovins, antilopes, girafes, hippopotames	Lion	Afrique	

## I.4. Morphologie du parasite :

Le tænia *E. granulosus* du chien est responsable de l'échinococcose kystique, son développement nécessite le passage chez deux hôtes successifs. Il s'agit d'un cestode présentant trois formes évolutives :

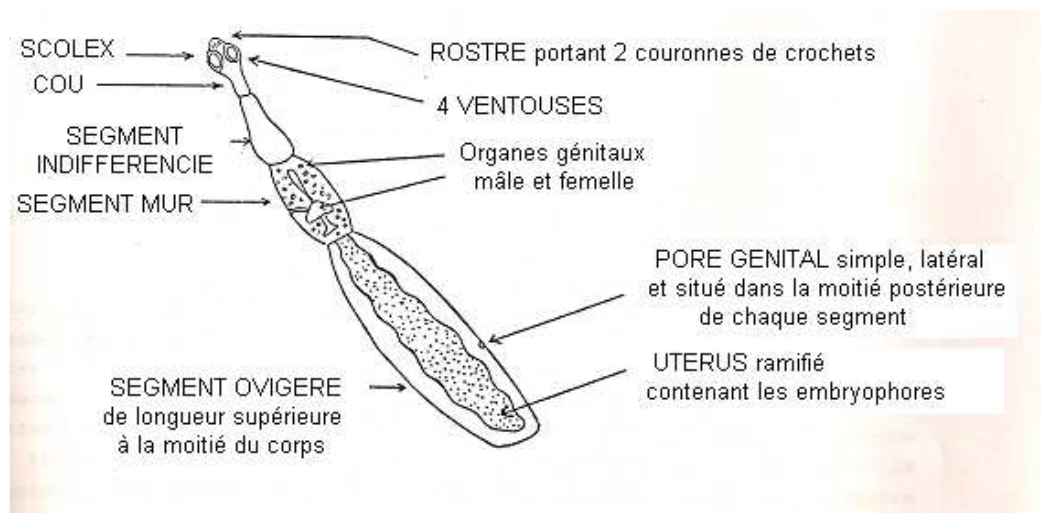
### I.4.1. La forme adulte :

C'est un ver plat de 4 à 6 mm, c'est le plus petit ténia intervenant dans la pathologie humaine. Plusieurs milliers d'exemplaires vit fixé entre les villosités de l'intestin grêle du chien, et certains carnivores sauvages : chacals, lycaons, lions et hyènes, sa longévité oscille entre 6 mois à 2 ans. Ce petit cestode se compose d'un scolex ou tête, d'un cou et d'un strobile ou chaîne de segments (Figure 02) (Chartier *et al.*, 2000, Wejih *et al.*, 2017) ;

- La partie céphalique, ou **scolex**, est d'aspect piriforme, munie de quatre ventouses arrondies et d'un rostre saillant armé de 30 à 42 crochets de tailles variables, disposé en double couronne. Leurs caractères morphologiques et leurs dispositions sont utilisés pour l'identification morphologique de l'espèce. Les ventouses et les crochets sont des organes de fixation du parasite à la paroi intestinale de l'hôte définitif (Klotz *et al.*, 2000, Kohil, 2017) ;
- Le **cou** est très petit, court et a la capacité de se régénérer ;
- Le corps du tænia ou **strobile** est composé de plusieurs unités reproductives (proglottis) dont le nombre est varié de 3 à 6 segments : les premiers anneaux sont immatures avec une masse germinale ; l'avant dernier segment mûr avec un pore génital se situe dans la partie postérieure du segment, des testicules en nombre de 45 à 65 répartis en avant et en arrière du pore génital et un ovaire bilobé, réniforme, à concavité postérieure ; et le dernier segment est ovigère contenant jusqu'à 1500 œufs mûrs (embryophores), généralement plus long que la moitié de la longueur totale du ver entier avec des branches latérales bien développées, il est

formé en 6 à 11 semaines, et à maturité, il se détache complètement pour être saisi par le péristaltisme intestinal toutes les 2 à 5 semaines.

L'*E. granulosus* est hermaphrodite et réalise l'autofécondation, offrant ainsi un avantage significatif à ce petit ver qui aurait des difficultés à trouver un partenaire, en particulier lors d'infestations de faible intensité. Plus rarement, une reproduction après fécondation croisée entre deux vers différents (Klotz *et al.*, 2000, Bronstein and Klotz, 2005, Ripoché, 2009, Wejih *et al.*, 2017).



**Figure 02.** La forme adulte d' *Echinococcus granulosus* (Lausier, 1987).

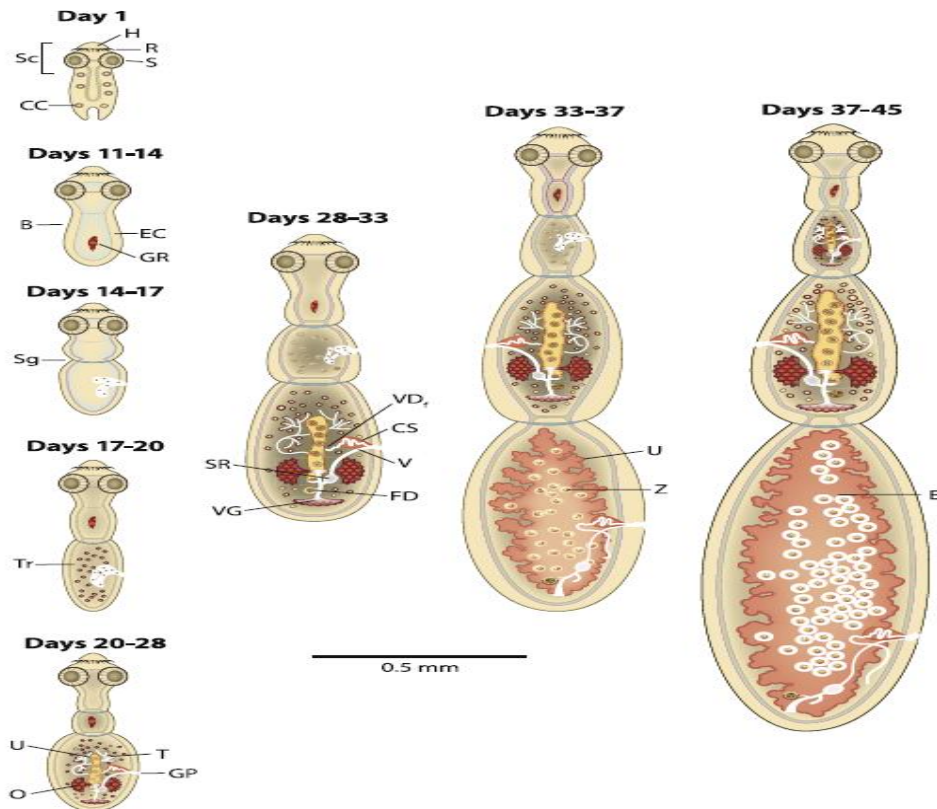
- **Développement de l'adulte : Dans l'intestin grêle**

Les diverses phases de maturation de l'*E. granulosus* adulte chez son hôte définitif peuvent varier dans leur chronologie, influencées par la souche spécifique ou l'isolat du parasite, ainsi que par différents facteurs liés à l'hôte :

- Jour 1 : le protoscolex s'est évaginé et allongé ; il renferme de nombreux corpuscules calcaires ;
- Jour 11 - 14 : les corpuscules calcaires ont disparu ; les canaux excréteurs latéraux sont bien visibles ; un rudiment génital est présent, indiquant la formation du premier

- proglottis ; une constriction et une zone claire sous le cou "Banding" marquent l'emplacement du premier segment ;
- Jour 14 - 17 : le rudiment génital s'est divisé en deux et s'étend unilatéralement ; le premier segment est complètement formé ;
  - Jour 17 - 20 : des testicules rudimentaires apparaissent dans le premier proglottis ; premiers stades de la formation du deuxième proglottis ;
  - Jour 20 - 28 : ver à deux segments ; les organes génitaux mâles (testicules, cirrus et canaux déférents) se sont développés ; les organes génitaux femelles (ovaire, glande de Mehlis et glande vitelline) se développent encore ; l'utérus apparaît sous forme de strie ; le cirrus et le vagin s'ouvrent sur l'extérieur par le pore génital latéral ;
  - Jour 28 - 33 : les organes génitaux mâles et femelles du proglottis terminal sont complètement matures ; l'utérus se dilate encore ; l'avant-dernier proglottis a des organes génitaux en développement ; une bande ou un troisième segment apparaît ;
  - Jour 33 - 37 : ovulation et fécondation chez le proglottis terminal ; l'utérus entièrement dilaté contient des zygotes en division ; les organes génitaux mâles et femelles dégénèrent chez le proglottis terminal ; les organes génitaux matures chez l'avant-dernier proglottis et les organes génitaux en développement chez l'antépénultième proglottis ; le troisième segment apparaît ;
  - Jour 37- 45 : le segment grvide contenant des œufs embryonnés (oncosphères) dans l'utérus ; le strobile est divisé en 3, 4 ou 5 segments (Thompson, 2017).





**Figure 03.** Différents stades de développement de l'*E. granulosis* adulte dans l'hôte définitif (Thompson, 2017).

**B** : bande ; **CC** : corpuscules calcaires ; **CS** : sac de cirrus ; **E** : œufs embryonnés ; **EC** : canal excréteur ; **FD** : canaux reproducteurs femelles ; **GP** : organes génitaux ; **GR** : rudiment génital ; **H** : crochets ; **O** : ovaire ; **R** : rostellum ; **S** : ventouse ; **Sc** : scolex ; **Sg** : segment ; **SR** : réceptacle séminal ; **Tr** : testicules rudimentaires ; **T** : testicules ; **U** : utérus ; **V** : vagin ; **VD<sub>f</sub>** : canal déférent ; **VG** : glande vitelline ; **Z** : zygotes.

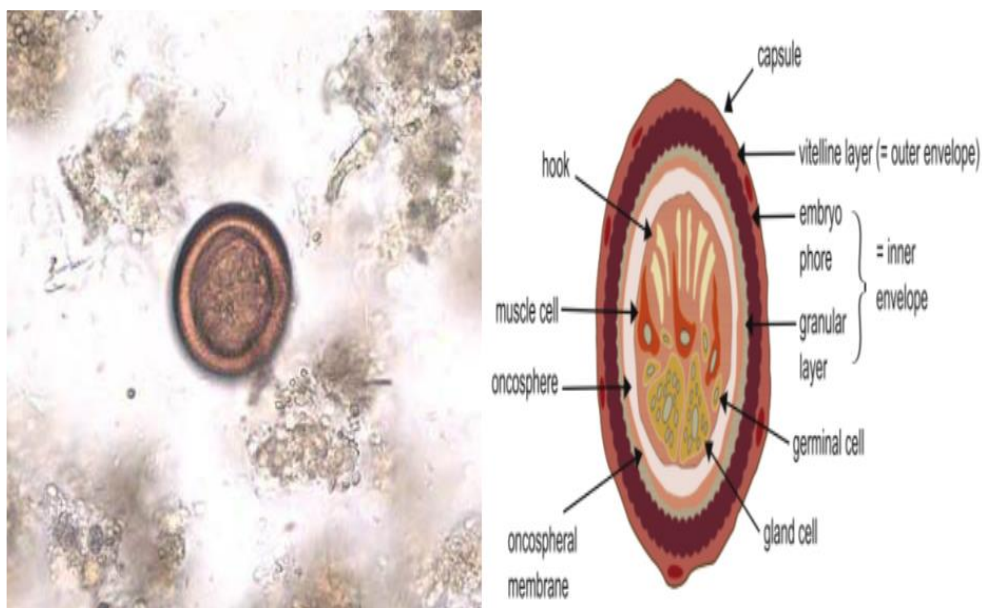
• **Immunité :**

Les réactions de l'hôte définitif à l'invasion du parasite sont très faibles, voire nulles. La fixation du cestode entraîne une nécrose tissulaire, mais les dommages demeurent limités, n'ayant que peu d'impact sur l'hôte. Il est à noter qu'aucun mécanisme d'immunité ne se met en place chez l'hôte définitif. Par conséquent, les animaux demeurent des porteurs constants du parasite lors d'une exposition continue, sans subir de conséquences significatives (Euzéby, 1971).

### I.4.2. L'œuf ou Embryophore :

L'œuf est ovoïde (30 µm - 40 µm de diamètre) non operculé, constitué d'un embryon hexacanthé (oncosphère = premier stade larvaire) à six crochets ; entouré de plusieurs enveloppes la plus notable étant l'embryophore kératinisé qui confère à l'œuf sa résistance dans le milieu extérieur, et lui donne un aspect strié sombre.

Une fois que les œufs sont libérés de l'hôte, la capsule externe disparaît rapidement. Les œufs d'*Echinococcus* ne peuvent être discernables morphologiquement des autres ténias (Eckert *et al.*, 2001).



**Figure 04.** Embryophore d'*Echinococcus* spp (Thompson, 2017).

### I.4.3. La forme larvaire ou hydatide :

La forme larvaire ou *E. polymorphus* appelée aussi vésicule échinococcique ou hydatide qui est la forme pathogène chez l'hôte intermédiaire (Kohil, 2017).

➤ **L'oncosphère** : c'est le premier stade larvaire entouré d'une paroi kératinisée (responsable de l'aspect sombre et strié du l'œuf). Il est très résistant dans le milieu extérieur.

➤ **L'hydatide** : c'est le deuxième stade larvaire ; résultant de la vésiculation de l'embryon hexacanthé. Il s'agit d'un kyste uniloculaire, opaque, globuleux, tendu et élastique, rempli d'un liquide sous pression, souvent avec des « bosses » dues à la formation de vésicules filles exogènes. Il a une taille variable peut atteindre 25 cm avec une maturation qui varie de 1 à 30 mm par an chez l'homme (Bourée and Bisaro, 2007, Silva, 2010).

- **Structure de l'hydatide :**

Le métacestode développé de l'*E. granulosus* présente la structure la moins complexe des quatre espèces d'*Echinococcus*. Il est constitué de l'extérieur vers l'intérieur des éléments suivants (Figure 05) :

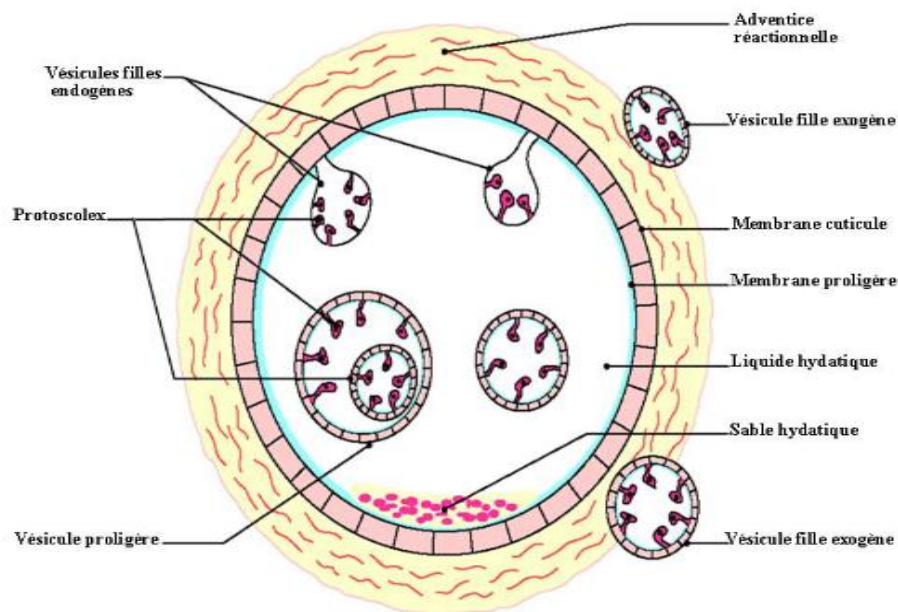
- **L'adventice**, ou **périkyste** : une formation non parasitaire, formée par une couche de cellules du tissu hôte qui sont écrasées par le développement de l'hydatide. Cette adventice comprend du tissu fibreux et des granulomes inflammatoires et géantocellulaires (Bourée and Bisaro, 2007) ;
- **Une zone de clivage** entre l'adventice et la cuticule, utilisée pour une véritable « énucléation » au cours des interventions chirurgicales (Bronstein and Klotz, 2005) ;
- **Une couche laminée** ou **Cuticule** anhiste externe, résistante, de consistance élastique et d'épaisseur variable de 0,5 à 1 mm avec l'âge du kyste, de couleur ivoire, opaque lorsque le parasite est vivant. Elle se compose de lamelles concentriques et stratifiées de chitine. De nature mucopolysaccharidique, elle permet l'assimilation de nutriments à l'intérieur du kyste et la protection contre les réactions immunologiques de l'organisme (Bronstein and Klotz, 2005, Carmoi *et al.*, 2008, Thompson, 2017) ;
- **Une couche germinale** ou **membrane prolifère** : qui tapisse la face interne de la cuticule, d'une épaisseur très fine de 10 à 25 microns (Bourée and Bisaro, 2007), de structure syncytiale avec de nombreux noyaux similaire à celle de tégument du ver adulte

avec des microtrichies qui s'enfoncent dans la cuticule lamellaire. Elle renferme une abondance d'acides aminés, de lipides et de glycogène. Elle a plusieurs rôles : 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 protoscolex (éléments infectieux de l'hydatide) qui sont les futurs ténias adultes de l'hôte définitif (chien). La larve est dite fertile quand ces protoscolex sont présents et infertiles lorsqu'ils sont absents (Bronstein and Klotz, 2005). Les molécules antigéniques produites par le métabolisme de la larve sont filtrées par la membrane prolifère vers l'organisme parasité. Certaines d'entre elles vont stimuler durablement les défenses immunitaires de l'hôte et provoquer un état de "sensibilisation" qui entraîne des réactions anaphylactiques mineures (comme l'urticaire) si l'hydatide est fissurée, ou majeures (choc anaphylactique) si la vésicule se rompt et libère le liquide hydatique dans l'organisme ;

- **Des vésicules (ou capsules) prolifères** qui se forment à partir du bourgeonnement de la membrane prolifère, puis se vésiculisent. Elles sont dépourvues de paroi cuticulaire. Elles restent fixées à la membrane prolifère par un pédicule syncytial, chaque vésicule bourgeonne à son tour et produit de nombreux protoscolex invaginés, à partir desquels se forment des vers adultes chez l'hôte définitif. Les vésicules prolifères peuvent se rompre et émettre des scolex dans l'eau. Elles peuvent aussi se détacher et flotter librement dans le liquide hydatique ;
- **Des vésicules filles endogènes** : elles sont issues de la vésiculation de protoscolex libres dans le liquide hydatique ;
- **Des vésicules filles exogènes** : elles proviennent des fragments de membrane prolifère de l'hydatide, incarcérés dans la cuticule anhiste pendant sa formation, et qui se

vésiculisent à leur tour, s'entourent d'une cuticule, et forment des protoscolex. Ces vésicules filles exogènes pouvant essaimer dans tout l'organisme ;

- **Le liquide hydatique** : à l'intérieur du kyste, le liquide hydatique est limpide (eau de roche) et renferme du « sable hydatique », c'est-à-dire des scolex (400 000 par mm<sup>3</sup>), riche en antigènes (Bourée and Bisaro, 2007, Wejih *et al.*, 2017) ;
- **Le sable hydatique** : les capsules prolifères détachées, les vésicules filles endogènes, les protoscolex et les crochets libres flottent dans le liquide hydatique, se sédimentant au fond du kyste, créant ainsi le sable hydatique (Wejih *et al.*, 2017, Zait and Boussad, 2019) ;
- **Les Protoscolex** : de forme ovoïde de 190 à 120 µm, avec une paroi recouverte de microtriches. Les protoscolex se fixent à la membrane prolifère par un court pédoncule. À la face opposée existe une invagination au fond de laquelle sont disposés quatre ventouses et les 36 à 42 crochets (origine les microtriches). Les corpuscules calcaires et les cellules sécrétrices à flammes vibratiles sont également présents (Zait and Boussad, 2019).



**Figure 05.** Structure de l'hydatide (Klotz *et al.*, 2000).

## I.5. Le cycle parasitaire :

L'échinococcose kystique est une cyclozoonose qui requiert deux hôtes vertébrés pour son achèvement (Klotz *et al.*, 2000). Le cycle classique est le cycle domestique : chien (HD)-mouton (HI) (Wejih *et al.*, 2017).

- **L'hôte définitif** : est généralement un chien mais peut être un autre canidé sauvage (loup, chacal, coyote...) chez lequel le ténia échinocoque : *E. granulosus* se développe dans le duodénum. En Afrique, le lion a également été classée comme l'hôte définitif d'*E. granulosus* et il est la seule espèce féline incriminée. Le chat domestique n'est pas un hôte approprié d'*E. granulosus* car le ténia échinocoque n'acquiert pas sa maturité sexuelle et par conséquent il ne joue aucun rôle épidémiologique dans le maintien de l'hydatidose.
- **L'hôte intermédiaire** : est représenté par les herbivores ou omnivores domestiques ou sauvages chez lesquelles se développe la forme larvaire dans divers organes après ingestion des œufs de l'*E. granulosus* dispersés dans l'environnement.
- **L'hôte accidentel** : l'homme s'insère accidentellement dans le cycle du parasite : il s'agit alors une impasse épidémiologique. Exceptionnellement l'homme devient un véritable HI, où le cycle chien-homme est possible tel est le cas au Kenya dû aux coutumes locales où les cadavres humains ne sont pas enterrés et sont la proie aux carnivores (Klotz *et al.*, 2000, Bourée and Bisaro, 2007). Aussi le chat peut s'infester accidentellement par les œufs de l'*E. granulosus* (Bonelli *et al.*, 2018, Al-Ardi, 2024).

### I.5.1. Développement du parasite chez les hôtes définitifs et intermédiaires :

#### I.5.1.1. Chez l'hôte définitif :

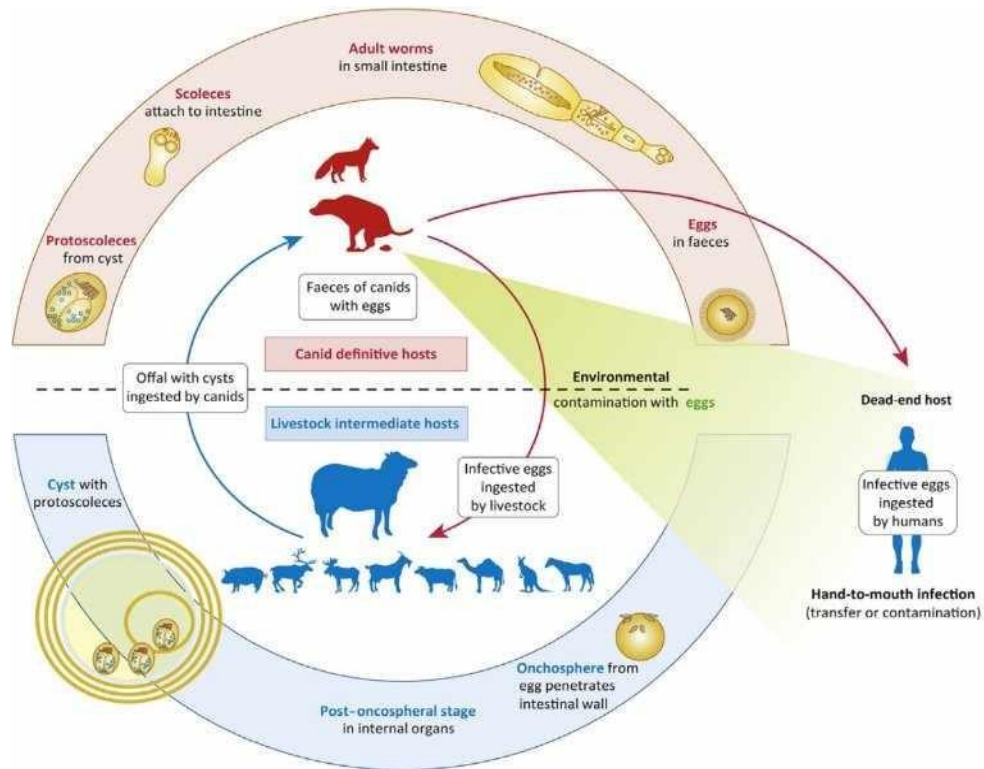
L'hôte définitif s'infeste lorsqu'il dévore un KH fertile de l'hôte intermédiaire, donc le cycle est fermé. Dans le duodénum, les protoscolex ingérés par milliers, après avoir été exposés à

l'action de la pepsine dans l'estomac, se dévagent en réponse au changement de pH, à la bile, à l'élévation de la température et à l'agitation (Eckert *et al.*, 2001). Ils s'attachent à la muqueuse intestinale précisément au niveau des glandes de Lieberkühn par ses crochets et se métamorphosent en vers adultes qui vivent dans l'intestin grêle proximal de l'hôte définitif. Au bout de 4 à 5 semaines, le ver atteint sa maturité sexuelle et émet tous les 7 à 12 jours des proglottis gravides dans ces fèces (Figure 06) (McManus *et al.*, 2003, Bronstein and Klotz, 2005).

#### **I.5.1.2. Chez l'hôte intermédiaire :**

Après ingestion des œufs par un hôte intermédiaire approprié : l'homme et les animaux, l'embryon hexacanthé libéré, ou **oncosphère**, perd sa couche protectrice de chitine lorsqu'il est digéré dans l'estomac ou le duodénum sous l'effet des enzymes digestif (pepsines et pancréatines), puis il s'accroche aux villosités. La larve migre rapidement à travers l'épithélium dans les 30 à 120 minutes qui suivent l'ancrage pour atteindre la lamina propria. La paroi intestinale est traversée par l'oncosphère dans la circulation porte, puis elle passe par le foie où elle s'arrête généralement. À travers les veines sus-hépatiques, elle traverse le foie, passe par le cœur droit et atteint les poumons. La localisation peut se faire plus rarement à n'importe quel point de l'organisme par le biais de la circulation générale. Il est essentiel d'avoir un passage lymphatique de l'oncosphère, ce qui expliquerait la localisation pulmonaire ou inhabituelle de certains kystes, sans aucune lésion hépatique concomitante. Après s'être fixé dans un viscère, l'embryon peut soit être rapidement détruit par la réaction inflammatoire et les cellules phagocytaires, soit se transformer en larve hydatide ou métacestode par vésiculation, dégénérescence du stade oncosphérique et l'émergence du stade métacestode (Siracusano *et al.*, 2009, Wejih *et al.*, 2017). Les protoscolex, formes fertiles du parasite, produites asexuellement par le métacestode, sont libérées dans le liquide hydatique. Les éléments qui déterminent la localisation finale des formes larvaires restent obscurs. Toutefois, il est considéré que les

caractéristiques anatomiques et physiologiques de l'hôte et de la souche du parasite peuvent être impliquées. L'un des paramètres suggérés est le rapport entre la taille de l'oncosphère et celle des vaisseaux sanguins ou lymphatiques (Figure 06) (Heath, 1971).



**Figure 06.** Le cycle de vie de l'*Echinococcus granulosus sensu lato* (Casulli *et al.*, 2019).

- **Fertilité du Kyste :**

La couche germinale peut bourgeonner vers l'intérieur du kyste, donnant naissance à des capsules (ou vésicules) prolifères. Selon un mécanisme de clonage s'individualise des protoscolex en nombre de 10 à 20. Le protoscolex se développe en 2 à 5 ans chez le mouton et en 4 à 6 ans chez la vache. C'est d'autant plus fertile qu'un kyste contient plusieurs milliers de protoscolex. Certains métacestodes ne parviendront pas à ce stade et demeureront stériles (en particulier chez les hôtes non spécifiques) sans vésicules prolifères ni vésicules filles, ou acéphalokystes avec des vésicules, mais sans scolex ni vésicules filles (Bronstein and Klotz, 2005). Au fond de l'hydatide, les capsules se détachent et se sédimentent, créant un culot de



---

décantation granuleux blanchâtre, le sable hydatique. Il est possible que des kystes fertiles et stériles coexistent chez un même patient (Klotz *et al.*, 2000, Siracusano *et al.*, 2009, Díaz, 2017).

Les vésicules filles, qu'elles soient endogènes ou exogènes, peuvent se former pendant l'évolution de l'hydatide. Ces vésicules filles possèdent à la fois la même structure et la même fonction que la vésicule mère (Silva, 2010). Certains protoscolex peuvent effectivement se vésiculer à leur tour après 10 à 12 mois d'évolution, formant des vésicules filles endogènes. Elles flottent dans l'hydatide mère, ont une constitution et un rôle reproducteur identique avec bourgeonnement interne de nouvelles capsules proligères. Quelques protoscolex peuvent à leur tour se vésiculer pour constituer des vésicules petites-filles fertiles. Les vésicules filles exogènes s'enclavent dans les feuillettes de la cuticule. Peu à peu, elles sont refoulées vers l'extérieur, tel une hernie, donnant à l'hydatide un aspect bosselé qui déforme l'image radiologique classique très régulièrement circulaire (Figure 07) (Klotz *et al.*, 2000).

- **Evolution de l'hydatide :**

Une fois le kyste atteint une taille suffisante, des vésicules filles peuvent se former à l'intérieur ou à l'extérieur du kyste (Figure 07) :

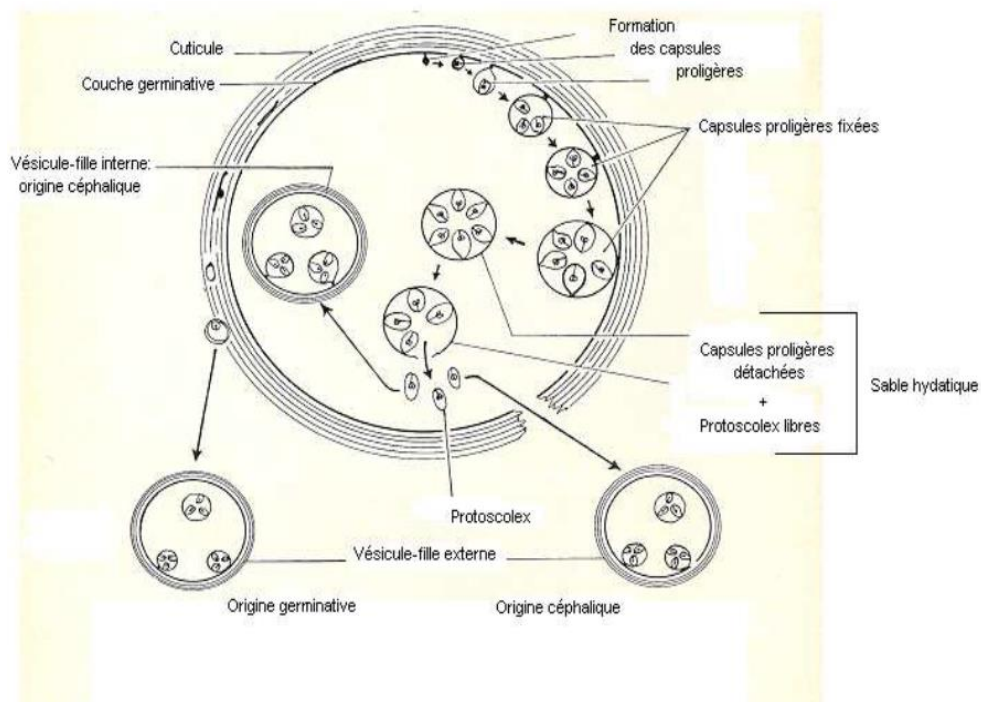
- Soit à partir des protoscolex de la vésicule mère, dans la cavité centrale (vésicule-fille interne d'origine céphalique) ;
- Soit à partir de la membrane germinative ayant fait hernie hors de la cuticule de la vésicule mère (vésicule-fille externe d'origine germinative) ;
- Soit à partir de protoscolex exportés dans l'organisme suite à la rupture (naturelle, accidentelle ou chirurgicale) du kyste qui libère son contenu, c'est-à-dire les protoscolex dans les tissus (vésicule fille externe d'origine céphalique) (Ripoche, 2009).

Les hydatides filles exogènes peuvent être expulsées à l'extérieur du kyste et disséminer dans l'organisme : c'est l'échinococcose secondaire. Cette dissémination peut être provoquée par la rupture per-opératoire du kyste.

Divers événements peuvent survenir, tels que la dégénérescence, la mort du parasite provoquée par un dysfonctionnement de la membrane germinale (lié au décollement ou au vieillissement), et la rupture de la "paroi du kyste" résultant du détachement des membranes ou de microtraumatismes ou fissuration.

Deux formes anatomocliniques différentes du kyste hydatique sont observées :

- ✓ Kyste sain : univésiculaire, rempli de liquide eau de roche, avec un périkyte fin et souple s'oppose au kyste malade,
- ✓ Kyste ancien : multivésiculaire, au contenu biliopurulent, au périkyte épais et rigide, avec une ou plusieurs fistules kystobiliaires (Carmo *et al.*, 2008).



**Figure 07.** Schéma de la formation des vésicules filles (Euzéby, 1971).

- **Nutrition de l'hydatide :**

La larve hydatique peut se nourrir par l'absorption des éléments à travers la paroi vésiculaire par l'intermédiaire du tissu ambiant. Ceci est assurée par l'action enzymatique de la membrane prolifère, et n'est pas assurée par l'irrigation des kystes par le sang de l'hôte. La cuticule est de nature mucopolysaccharidique et agit comme une membrane de dialyse ou un filtre permettant le passage d'eau et d'électrolytes, de petites molécules de protéines et de glucides du plasma de l'hôte, ainsi que de certains lipides (Bronstein and Klotz, 2005).

### **I.5.1.3. Mode de contamination humaine :**

La dispersion des œufs est nécessaire pour garantir la perpétuation du cycle de vie du parasite, car les hôtes intermédiaires ne se nourrissent généralement pas directement des excréments des canidés (Tamarozzi *et al.*, 2020).

L'infection humaine résulte du commensalisme et de la cohabitation avec les chiens atteints de téniasis à *E. granulosus* selon deux modalités :

- ✓ **Voie directe :** Par l'ingestion des œufs du ténia, ceux-ci peuvent adhérer à la fourrure autour de l'anus et de la bouche du chien, contaminant ainsi l'homme en lui léchant le visage ou en se faisant caresser.
- ✓ **Voie indirecte :** être acquis par le biais d'aliments : les fruits cueillis à terre et les légumes crus souillés par les œufs ou d'eau contaminés par des excréments canins. Des coutumes favorisent la transmission comme l'utilisation des excréments comme un emplâtre pour les plaies (Ustianowski and Zumla, 1998, Klotz *et al.*, 2000).

La transmission interhumaine est impossible et l'ingestion de viscères crus contenant les métacestodes d'*E. granulosus* n'est pas infectante pour l'homme puisque les protoscolex sont digérés (Klotz *et al.*, 2000, Rezig, 2002).

#### I.5.1.4. Resistance du parasite dans l'environnement :

Les protoscolex dans l'hydatide ont une longévité élevée chez l'hôte intermédiaire, allant de 16 ans chez le cheval à 53 ans chez l'homme (Ronéus *et al.*, 1982). Dans le milieu extérieur, les protoscolex peuvent survivre 3 à 6 jours dans les viscères, à l'air, en milieu frais et jusqu'à 8 jours dans les viscères enterrés. Les abats parasités ou cadavres doivent donc être enfouis entre deux couches de chaux vive, afin d'éviter que les chiens ou autres canidés sauvages ne les déterrent pour les dévorer.

Au réfrigérateur, à +4 °C, les protoscolex survivent pendant environ trois semaines. Ils sont cependant conservés pendant environ trois mois par la réfrigération des protoscolex intrakystiques. Congelés à une température de -15 °C, ils sont tués après environ 70 heures. Inversement, lorsqu'ils sont chauffés à une température de +50 °C, ils sont tués au bout d'une heure environ. Des agents chimiques tel le formol commercial à 2%, l'eau oxygénée à 0,1%, les hypochlorites à 0,05% et le chlorure de sodium à 20% exercent un effet létal sur les protoscolex. Ces agents peuvent être utilisés pour stériliser les viscères.

Les œufs ou embryophores, une fois libérés dans l'environnement après la désintégration du segment ovigère, peuvent contaminer leur milieu. Ils ont la capacité de se disperser passivement via divers vecteurs tels que le vent, l'eau de pluie, les ruissellements, les mouches et d'autres insectes. Cette dispersion peut s'étendre sur une surface considérable, atteignant parfois jusqu'à 30 000 hectares (Bourée, 2001). Ils mûrissent à l'extérieur et doivent être ingérés par l'hôte intermédiaire réceptif pour continuer à se développer. Leur survie au sol dépend des conditions d'humidité et de température. Cependant, ils sont détruits en 3 jours si l'humidité est faible (< 70%) (Klotz *et al.*, 2000). Ils sont sensibles à la dessiccation. Les œufs peuvent survivre 21 jours dans l'eau à 30 °C, plus de 200 jours à 6 °C, 10 minutes à 60 °C, 6 minutes à 70 °C, 1 minute à 100 °C et 24 heures à -70 °C (Bourée, 2001).

Les températures comprises entre +4 °C et 15 °C lui offrent une résistance de plusieurs mois et même une année. La congélation traditionnelle des aliments à -18 °C ne les détruit pas. Leur vitalité n'est pas altérée par les agents chimiques, engrais et désinfectants, ne peuvent donc être utilisés pour désinfecter les légumes contaminés (Wejih *et al.*, 2017).

Bien que les œufs soient extrêmement résistants dans l'environnement extérieur, ils sont soumis à un processus de « vieillissement » qui se manifeste par une diminution de la survie des formes larvaires une fois chez l'hôte intermédiaire (Thompson and Lymbery, 1995).

### **I.5.2. Différents types du cycle épidémiologique :**

Il existe trois cycles épidémiologiques : un cycle sylvatique, un cycle domestique et un cycle urbain.

✓ **Le cycle sylvatique ou sauvage :** on pense que la forme ancestrale d'*E. granulosus* est représentée dans un cycle sylvatique impliquant des loups et des cervidés, tels que l'élan et le renne, dans le nord de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie. Il constitue l'amorce du cycle rural, le plus commun, qui se réalise entre le bétail d'élevage et le chien (Carmo *et al.*, 2008). Ce cycle est principalement maintenu par une dynamique de prédation. L'importance pratique de ce cycle est la possibilité de chevauchement et d'interaction avec le cycle domestique, ce qui entrave les efforts de contrôle dirigés vers ce dernier cycle. Dans certaines régions ou certains pays, il peut jouer un rôle de source d'infection à la fois pour les animaux domestiques et pour l'homme (Eckert *et al.*, 2000).

✓ **Le cycle synanthropique ou domestique :** (syn : with ; anthropos : man), le cycle le plus importants pour la perpétuation d'*E. granulosus* implique les ongulés domestiques. Il associe les chiens domestiques et les moutons. On pense que la forme domestique d'*E. granulosus* a évolué à partir de celle des cervidés et qu'elle s'est adaptée aux ongulés domestiques avec le développement de l'élevage (Eckert *et al.*, 2000, Eckert *et al.*, 2001).

✓ **Le cycle urbain** : en Afrique du nord a été évoquée (Develoux, 1996). Le cycle se déroule en sens unique entre le bétail-chien sans se compléter en retournant vers le bétail. Il est lié à l'abattage rituel du mouton pratiqué par la population migrante originaire des pays musulmans, comme cela a été observé à Marseille (Carmoi *et al.*, 2008).

### **I.5.3. Facteurs intervenant dans le maintien du cycle d'*E. granulosus* :**

Divers facteurs contribuent au maintien du cycle parasitaire de l'*E. granulosus*, nécessitant la présence préalable d'hôtes définitifs et intermédiaires (Bourée, 2001) :

- ✓ **Facteurs extrinsèques** : température, humidité et agents de dispersion des œufs dans l'environnement (eau, vent...);
- ✓ **Facteurs intrinsèques** : potentiel biotique hôte, résistance innée et acquise des hôtes à l'infestation ;
- ✓ **Facteurs socio-écologiques** : les pratiques d'élevage, le comportement alimentaire des hôtes définitifs et intermédiaires, inspection des viandes, niveau de sensibilisation de la population humaine (Gemmell *et al.*, 1986).

# **Chapitre II :**

## **L'échinococcose**

### **kystique**

## II.1. Échinococcose kystique chez l'animal :

➤ **Chez l'hôtes définitifs :** Le chien domestique est le principal hôte définitif d'*E. granulosus*, mais dans certaines régions, des canidés sauvages peuvent être impliqués dans le cycle parasitaire. Bien qu'*E. granulosus* pénètre profondément entre les villosités de l'intestin grêle d'un hôte définitif, il n'y a pas d'effets pathogènes, même chez les animaux fortement infectés. Par conséquent, les hôtes définitifs infectés sont généralement des porteurs asymptomatiques du parasite (Eckert and Deplazes, 2004). Étant donné que les œufs ne sont pas visibles à l'œil nu, il n'existe aucun signe externe permettant de détecter une infestation.

En Algérie, la prévalence du parasitisme du chien varie considérablement (9,5 % à 50,8 %) en fonction des périodes, des zones et des régions étudiées (Tableau 2).

➤ **Chez l'hôtes intermédiaires :** Les infections par les kystes d'*E. granulosus* chez les hôtes intermédiaires (moutons, chèvres, bovins, chevaux, etc.) sont généralement asymptomatiques, à l'exception de quelques cas d'infections lourdes et de longue durée, par exemple chez les chevaux. Le kyste hydatique se développe très lentement sur une période de plusieurs années. Il n'existe pas de méthodes fiables pour le diagnostic de routine de l'infection chez les animaux vivants, mais dans de rares cas, des kystes ont été identifiés par échographie seule ou en association avec la détection d'anticorps sériques. Le moyen de diagnostic le plus fiable consiste à la détection des kystes lors de l'inspection de la viande ou lors de l'examen post-mortem (Eckert and Deplazes, 2004).

La prévalence de l'échinococcose kystique de bétail (Tableau 3) étudiée dans différentes zones géographiques varie de faible : 6,02% chez les bovins (2009) (Benguesmia and Bencheikh, 2010), 3,80% chez les ovins (2010) (Kouidri *et al.*, 2012), 1,56% chez les caprins (2009) (Kouidri *et al.*, 2013) à Tiaret, à très élevée au : 89,80% chez les bovins, 78,01% chez les ovins, 76,17% chez les caprins à Tébessa entre 2008 et 2009 (Ouchene *et al.*, 2014).



Les dromadaires deviennent une source réelle d'infection par *E. granulosus* en Algérie grâce aux changements majeurs dans le comportement humain dans les communautés désertiques et une évolution récente vers l'abattage des chameaux pour la viande. Sa prévalence en hydatidose varie de 8,35% à Ouargla (Ouchene *et al.*, 2014), 24,8% à Touggourt (Bardonnet *et al.*, 2003) et 25,88% à Adrar (Hamrat *et al.*, 2011a). Notant que l'affinité et la sensibilité du parasite à l'espèce cameline sont liées au climat chaud et sec à faible pluviométrie qui favorise la propagation de l'*E. granulosus* par les chacals et les chiens errants et l'extension de l'espace par la transhumance et la consommation des œufs qui sont portés sur les pâturages (Hamrat *et al.*, 2011a).

**Tableau 2.** Prévalence (%) chez les chiens parasités par le ténia *E. granulosus* en Algérie.

Lieu	Année	Prévalence chez les Chien (%)	Références
Constantine	1981	42	(Bentounsi <i>et al.</i> , 2009)
Constantine		50,8	
Sétif	1997 – 1999	20,6	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
Algérie	1999	9,4 – 12	
Batna	2005	16	(Bentounsi <i>et al.</i> , 2009)
Alger	–	21	(Vuitton <i>et al.</i> , 2014)
Constantine	2006 – 2007	18,3	(Kohil <i>et al.</i> , 2017)
Alger	2009	10,68	(Benguesmia and Bencheikh, 2010)

**Tableau 3.** Prévalence (%) de l'hydatidose chez le bétail et le porc en Algérie.

Région	Année/ Période	BV (%)	OV (%)	CP (%)	CH (%)	PC (%)	CV (%)	Références
Constantine, Jijel, Annaba, Sétif et Touggourt	1997 – 1999	13,9	–	–	24,8	–	6,0	(Bardonnet <i>et al.</i> , 2003)
Algérie	1999	22,3	69,8	7,9	42 – 56,5	–	–	(Seimenis, 2003)

<b>Djelfa</b>	2007 – 2010	22,25	5,95	33,18	–	–	–	(Hamrat <i>et al.</i> , 2011b)
<b>El Taref</b>		24,86	13,83	3,71	–	6,81		
<b>Tebassa</b>	2008 – 2009	89,80	78,01	76,17	–	–	–	(Ouchene <i>et al.</i> , 2014)
<b>Ouargla</b>		10,83	17,77	7,46	8,35	–	–	
<b>Annaba</b>		–	–	–	–	5,97	–	
<b>Alger</b>	2009	6,02	3,94	–	–	–	–	(Benguesmi a and Bencheikh, 2010)
<b>Tiaret</b>	2009	–	6,94	1,56	–	–	–	(Kouidri <i>et al.</i> , 2013)
<b>Adrar</b>	2009	–	21,60	10,78	25,88	–	–	(Hamrat <i>et al.</i> , 2011a)
<b>Tiaret</b>	2010	25,66	3,80	–	–	–	–	(Kouidri <i>et al.</i> , 2012)
<b>Djelfa</b>	2016	13,9	5,7	0	–	–	–	(Laatamna <i>et al.</i> , 2019)
<b>Souk Ahras</b>	2017	37	4,7	–	–	–	–	(El Fegoun <i>et al.</i> , 2020)

## II.2. Échinococcose kystique chez l'homme :

L'échinococcose kystique humaine, aussi appelée maladie hydatique ou hydatidose, une infection zoonotique chronique, de répartition cosmopolite due à l'infestation par un complexe d'espèces centrée sur l'*E. granulosus* ;

Chez l'homme, des kystes peuvent se former dans de nombreux sites anatomiques suite à l'ingestion d'œufs d'*E. granulosus* et ils induisent :

➤ Échinococcose kystique primaire : la phase initiale de l'infection primaire est généralement asymptomatique. Les petits kystes bien encapsulés, non évolutifs ou calcifiés n'induisent généralement pas de pathologie majeure et les patients peuvent demeurer asymptomatiques pendant des années voire définitivement (Eckert and Deplazes, 2004) .

➤ Échinococcose kystique secondaire : principalement dans la cavité abdominale, résulte de la rupture spontanée ou traumatique d'un kyste et de la libération de protoscolex et/ou de petits kystes, qui peuvent se développer en kystes plus importants (Eckert and Deplazes, 2004).

La croissance des kystes est généralement lente. Cependant, les taux de croissance des kystes peuvent varier entre les kystes d'un même organe ou d'un même individu et entre les individus de différentes régions (Eckert and Deplazes, 2004).

L'échinococcose kystique survient dans des groupes d'âge allant de moins d'un an à plus de 75 ans (McManus *et al.*, 2003). Dans certaines régions où l'infection est endémique, la plupart des cas hospitaliers sont enregistrés dans les tranches d'âge comprises entre 21 et 40 ans, mais la morbidité la plus élevée peut également survenir chez des individus plus jeunes, âgés de 6 à 20 ans (Eckert and Deplazes, 2004).

## **II.2.1. Épidémiologie :**

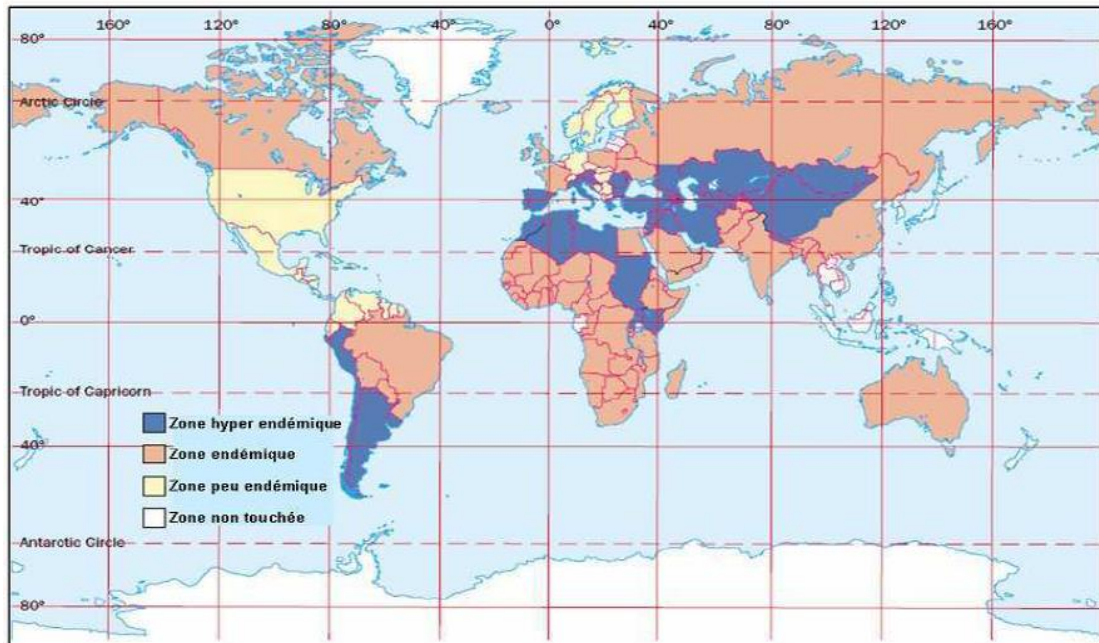
### **II.2.1.1. Épidémiologie générale dans le monde :**

#### **II.2.1.1.1. Répartition géographique :**

L'échinococcose kystique est classée parmi les zoonoses parasitaires majeures dans le monde. Les prévalences d'infection varient considérablement d'une aire géographique à une autre et est présent sur tous les continents, y compris dans les zones circumpolaires, tempérées, subtropicales et tropicale (Eckert *et al.*, 2001).

Le schéma de distribution de l'échinococcose kystique est resté essentiellement inchangé au cours des deux dernières décennies (Figure 10), avec des zones de forte endémicité, notamment la Chine occidentale, l'Asie centrale, l'Amérique du Sud, le littoral méditerranéen et l'Afrique orientale. Cependant, en raison du manque d'enregistrement précis des cas, il est actuellement difficile d'établir une cartographie précise du véritable tableau épidémiologique ; afin

d'améliorer cette situation, un registre européen de l'échinococcose kystique (le projet Heracles) a été lancé (Wen *et al.*, 2019).



**Figure 08.** Distribution de l'échinococcose kystique dans le monde (McManus *et al.*, 2003).

### II.2.1.1.2. Prévalences et incidences :

En raison de son épidémiologie, les prévalences les plus élevées d'échinococcose kystique chez l'homme sont observées dans les communautés pastorales où les chiens sont utilisés pour s'occuper des troupeaux de moutons, on dit que « l'hydatidose suit le mouton comme son ombre » (Carmo *et al.*, 2008), ce qui souligne l'importance primordiale pour la santé publique du cycle synanthropique chien-mouton et de la souche ovine d'*E. granulosus* et le comportement humain qui contribue également à perpétuer ce cycle. Dans certaines régions ou certains pays, des cycles sylvatiques d'*E. granulosus* existent et peuvent jouer un rôle en tant que source d'infection pour les animaux domestiques et les humains. L'échinococcose kystique est connue pour être plus importante dans les zones rurales où les HD (canidés domestiques et sauvages) et les HI herbivores sont en contact étroit, mais une extension dans les zones urbaines

a été notée au cours de la dernière décennie. De plus, la prévalence de l'échinococcose kystique augmente avec l'âge et les femmes sont plus souvent touchées que les hommes, ce qui pourrait être lié aux activités domestiques qui les mettent en contact étroit avec les chiens pour nourrir, garder ou traire le bétail (Higuita *et al.*, 2016).

La prévalence de la maladie kystique est la plus élevée dans les régions des pays tempérés, et il s'agit d'une maladie endémique dans certaines parties du monde, telles que l'Amérique du Sud, l'Afrique du Nord, l'Asie et l'Australie. Dans ces régions, le taux d'incidence de l'échinococcose kystique humain a été enregistré comme étant supérieur à 50 pour 10<sup>5</sup> personnes-années (Mandal and Mandal, 2011).

➤ En Amérique du Sud, la prévalence la plus élevée du parasite se trouve dans certaines parties, où elle varie de sporadique à élevée, en Bolivie, en Uruguay, au Chili, dans le sud du Brésil, au Pérou et en Argentine où des taux de prévalence de 5 à 10 % peuvent être observés dans ces deux derniers pays (Higuita *et al.*, 2016) ;

➤ En Chine, l'échinococcose kystique est considérée comme l'un des principaux problèmes de santé publique. La prévalence est alarmante, notamment dans les régions tibétaines du Sichuan et du plateau Qinghai-Tibet. En 2012, la prévalence était de 1,08 % dans 35 comtés du Sichuan, avec des taux particulièrement élevés à Shiqu (12,09 %) et Seda (6,30 %). Au Tibet, le comté de Naqu a enregistré une prévalence de 6,22 %. D'autres régions comme Yushu et Guoluo au Qinghai ont montré une prévalence de 4,03 %, tandis que celle du Xinjiang était de 1,03 % en 2016 (Fu *et al.*, 2021) ;

➤ En Inde l'échinococcose kystique est endémique ; les foyers de la maladie existent dans ce pays avec une prévalence maximale dans l'Andhra Pradesh et le Tamil Nadu. L'incidence annuelle de l'échinococcose kystique humaine pour 10<sup>5</sup> personnes varie de 1 à 200 ; il a été

rapporté que les cas d'échinococcose kystique humaine étaient accompagnés de diverses manifestations cliniques et d'une immense morbidité (Mandal and Mandal, 2011) ;

➤ En Europe occidentale et en Amérique du Nord, la majorité des cas humains sont des cas importés, touchant principalement des immigrants originaires de pays où cette maladie est fortement endémique. Bien qu'un cycle autochtone de divers génotypes d'*Echinococcus granulosus s.l.* soit actuellement reconnu (Wen *et al.*, 2019), notamment en Alaska, en Californie, en Utah, en Arizona et au Nouveau-Mexique, ces régions présentent également des cas de transmission locale (Moro and Schantz, 2009) ;

➤ En Europe, l'échinococcose kystique humaine est présente dans chaque pays ou région, où l'incidence annuelle (IA) des cas hospitaliers varie entre <1 et >8 pour 10<sup>5</sup> habitants (Mandal and Mandal, 2011). Selon la définition de l'OMS, les zones de haute endémicité pour l'échinococcose kystique (un à cinq cas pour 10<sup>5</sup> personnes) pour la période 1997 – 2020 ont été identifiées dans huit pays européens et au cours de la période 2017 – 2019, des zones de haute endémicité pour l'échinococcose kystique ont été identifiées dans cinq pays européens (Tableau 4).

➤ Dans les pays méditerranéens, l'échinococcose kystique constitue une menace grave, avec une prévalence élevée: en Espagne, en Grèce, en Albanie, et dans certaines régions d'Italie où l'IA moyenne de l'échinococcose kystique a été enregistrée comme étant de 9,4 – 5,6/10<sup>5</sup> habitants au cours de la période 2003 – 2005 dans sa partie nord (Mandal and Mandal, 2011) et une incidence hospitalière annuelle moyenne était de 1,6/ 10<sup>5</sup> habitants entre 2001 et 2012 (Brundu *et al.*, 2014) ; en Turquie l'incidence des kystes hydatiques humains est de 18 à 20 pour 10<sup>5</sup> habitants l'un des pays d'endémie de la maladie (Mandal and Mandal, 2011) ; et dans les pays méditerranéen de l'Afrique du Nord, ou l'échinococcose kystique sévit à l'état endémique, on retrouve également une incidence chirurgicale annuelle en Tunisie de

---

12,6 (Oudni-M'rad *et al.*, 2015) ; au Maroc 5,2 (Derfoufi *et al.*, 2012), en Libye 4,2 (Tlamcani, 2016), et en Algérie 1,3 – 2,5 (Zait *et al.*, 2013).

➤ Et en Afrique de l'Est, plus précisément au Kenya, dans la région de Turkana, on trouve le taux d'incidence le plus élevé au monde ( $220/10^5$  habitants) à cause de leurs coutumes religieuses (Carmoi *et al.*, 2008). Cependant, une étude de 2017 montre que les taux de prévalence de la maladie ont considérablement diminué. Par exemple, dans la région de Turkana, la prévalence est passée d'environ 10 % à 1,9 % entre 2010 et 2012, soulignant ainsi l'efficacité des stratégies de contrôle et de prévention mises en place (Hogea *et al.*, 2024).

Seuls quelques pays sont désormais indemnes d'*E. granulosus* (Islande, Groenland) ou des cas très sporadiques ont été détectés chez des animaux domestiques au cours des dernières années "provisoirement indemnes" (Nouvelle-Zélande, Tasmanie, sud de Chypre) grâce à des programmes de contrôle complets (Coyle and Junghans, 2020).

Les données actuelles ont révélé que l'échinococcose kystique humaine est un problème émergent et réémergent avec un impact économique remarquable dans les pays développés, à savoir l'Espagne et la Chine, et la maladie continue d'être une cause substantielle de morbidité et de mortalité dans plusieurs parties du globe (Mandal and Mandal, 2011). La prévalence réelle de l'infection peut être largement sous-estimée par des informations provenant de différentes sources officielles de la même région géographique (Eckert *et al.*, 2000).

L'émergence ou de la réémergence de l'échinococcose kystique a été prouvée aussi en Asie centrale et en Europe de l'Est, au cours des dernières années :

➤ Au Kazakhstan, l'incidence chirurgicale annuelle de l'échinococcose kystique dans l'ensemble du pays était inférieure à 1,4 pour  $10^5$  habitants de 1988 à 1995, mais elle est passée

---

à environ 2,5 en 1997 et à 5,9 en 2000 ; 29 % des cas concernaient des enfants de moins de 14 ans, ce qui indique une transmission récente.

➤ De même au Kirghizistan, l'incidence annuelle de l'échinococcose kystique pour  $10^5$  habitants a été multipliée par trois dans l'ensemble du pays, passant de 5,4 cas en 1991 à 18 en 2000. Les admissions à l'hôpital dues à l'échinococcose kystique dans la capitale Bishkek, ont été multipliées par 5,9 passant de 21 cas en 1990 à environ 124 en 1999 ; l'augmentation des cas pédiatriques a été 41 fois plus importante en 2000 (82 cas) qu'en 1990 (2 cas).

➤ En Europe de l'Est, entre 2011 et 2020, un total de 2 626 cas d'échinococcose kystique a été enregistré en Bulgarie, avec une incidence moyenne de 3,7 pour  $10^5$  habitants durant cette période. Les taux d'incidence les plus élevés ont été observés en 2012 et 2014, atteignant respectivement 4,75 et 4,6 pour  $10^5$  habitants. Cependant, la tendance générale sur l'ensemble de la période montre une diminution progressive des cas et de la morbidité, qui a atteint un niveau record de 1,37 pour  $10^5$  habitants en 2020, le plus bas en quatre décennies ([Rainova et al., 2022](#)). Dans d'autres pays d'Europe de l'Est, une incidence plus faible de l'échinococcose kystique a été rapportée. Par exemple, dans l'est de la Hongrie, une incidence de 1,49 cas pour  $10^5$  habitants a été enregistrée, tandis qu'en Serbie, un autre pays avec des régions endémiques pour l'échinococcose kystique, l'incidence a été estimée à 0,73 pour  $10^5$ . La Roumanie est considérée comme l'un des pays endémiques pour l'échinococcose kystique, avec un taux d'incidence de 5,6 cas pour  $10^5$  habitants. Dans d'autres pays d'Europe de l'Est, une incidence plus faible de l'échinococcose kystique a été rapportée. Par exemple, dans l'est de la Hongrie, une incidence de 1,49 cas pour  $10^5$  habitants a été enregistrée, tandis qu'en Serbie, un autre pays avec des régions endémiques pour l'échinococcose kystique, l'incidence a été estimée à 0,73 pour  $10^5$ . La Roumanie est considérée comme l'un des pays endémiques pour l'échinococcose kystique, avec un taux d'incidence de 5,6 cas pour  $10^5$  habitants ([Paduraru et al., 2023](#)).



Une étude transversale menée en Bulgarie, en Roumanie et en Turquie en 2014-2015 a révélé que la véritable charge de l'échinococcose kystique était mal comprise et que de nombreux cas demeuraient asymptomatiques, sans diagnostic ni traitement médical appropriés. Cette étude a évalué la prévalence de la maladie dans les populations rurales des trois pays ([Organization, 2020](#))

Les données de la Bulgarie, du Kazakhstan, du Kirghizistan et de quelques autres régions fournissent des preuves solides d'une augmentation réelle ou d'une réémergence des incidences et des prévalences au cours des dernières années, qui n'est pas attribuable à l'amélioration du diagnostic ou de la déclaration ([Eckert et al., 2000](#), [Eckert and Deplazes, 2004](#)).

Les principaux facteurs influençant la persistance, la réémergence et la propagation de l'infection par *E. granulosus* sont également pertinents dans de nombreux autres pays endémiques dans le monde et peuvent être résumés comme suit :

- ✓ Présence d'un grand nombre de chiens (en particulier de chiens errants) avec des prévalences élevées d'*E. granulosus* ;
- ✓ Accès facile des chiens aux organes du bétail infectés par les kystes d'*E. granulosus*, en particulier dans les campagnes ;
- ✓ Traitement anthelminthique insuffisant des chiens ;
- ✓ Nombre restreint ou absence de petits abattoirs municipaux ;
- ✓ Inspection insuffisante ou absente des animaux d'abattage et des viandes ;
- ✓ Insuffisance ou inexistence des installations d'abattage ou de destruction des viscères infectés ;
- ✓ L'association étroite de chiens et d'autres animaux sur de petites parcelles rurales ;
- ✓ Le commerce et les mouvements incontrôlés d'animaux à l'intérieur et entre les pays ;
- ✓ Abattage à domicile illégal ou non inspecté des animaux d'élevage ; et

✓ Le manque d'éducation sanitaire adéquate.

En outre, les restrictions financières et l'instabilité politique constituent des obstacles majeurs au contrôle et à la prévention de l'échinococcose et d'autres maladies transmissibles.

Par conséquent, la sensibilisation du public au problème et la disponibilité des ressources économiques sont des facteurs importants qui influencent la persistance ou l'émergence/réémergence de la maladie à *E. granulosus* (Eckert and Deplazes, 2004).

**Tableau 4.** Incidence annuelle moyenne des pays européens à haut endémicité d'échinococcose kystique humaine (Casulli *et al.*, 2023).

Pays	Incidence moyenne 1997-2020	Incidence moyenne 2017-2019
Bulgarie	5,33	2,93
Albanie	2,25	2,94
Bosnie et Herzégovine	1,00	–
Italie	1,21	–
Moldavie	4,65	1,70
Macédoine du Nord	1,08	1,41
Roumanie	2,16	1,63
Espagne	1,00	–

### II.2.1.1.3. Épidémiologie moléculaire :

L'épidémiologie moléculaire de l'échinococcose kystique chez l'homme dans le monde met en évidence une diversité génétique importante du complexe *E. granulosus s.l.* (Nakao *et al.*, 2007).

*E. granulosus s.s.* comprend les génotypes G1 anciennement décrit comme "souche de mouton" est généralement considéré comme le génotype le plus répandu dans le monde, et le plus

souvent impliqué dans la maladie hydatique chez l'homme. Au Maghreb, notamment en Tunisie, l'échinococcose kystique est hautement endémique, *E. granulosus s.s.* G1 est le génotype le plus répandu (M'Rad *et al.*, 2005, Boufana *et al.*, 2014). Cependant, le génotype G1 est moins fréquemment retrouvé chez les humains dans d'autres pays d'Afrique du Nord, tels que l'Égypte ou la Mauritanie (Zait *et al.*, 2016). Le génotype G2 (souche ovine de Tasmanie G2) ont infecté des humains en Argentine (Kamenetzky *et al.*, 2002). Ce génotype n'est plus considéré comme un génotype valide, mais il est reconnu comme une microvariante du G3 (Casulli *et al.*, 2022). Le génotype G3, "souche de buffle" assez fréquemment identifié chez l'homme et rapporté dans plusieurs pays en Iran (Nikmanesh *et al.*, 2014), en Inde (Sharma *et al.*, 2013), en chine (Yan *et al.*, 2013) en Bulgarie (Marinova *et al.*, 2017) et en Tunisie (M'Rad *et al.*, 2010). En Libye (Abushhewa *et al.*, 2010), seul le complexe G1- G3 a été identifié chez l'homme.

Cependant, des études épidémiologiques moléculaires récentes ont révélé que les humains peuvent être infectés par d'autres génotypes et que la prévalence de l'infection par ces génotypes est plus élevée que précédemment estimé (Mutwiri *et al.*, 2013).

*Echinococcus equinus* est représenté par le génotype G4, anciennement décrit comme la "souche cheval". Les principaux HI et HD contribuant au maintien du cycle de vie du parasite sont les équidés et les chiens. Des données épidémiologiques provenant de Grande-Bretagne suggèrent qu'*E. equinus* (G4) pourrait ne pas être infectieux pour l'homme (Thompson, 2008, Rojas *et al.*, 2014). Historiquement, cette espèce était considérée comme non zoonotique, jusqu'à ce que deux cas d'infection humaine soient récemment signalés en Turquie et en Ouzbékistan (Kim *et al.*, 2020, Macin *et al.*, 2021).

*E. ortleppi* est représenté par le génotype G5, anciennement décrit comme "souche bovine". Les principaux HI et HD contribuant au maintien du cycle de vie du parasite sont les bovins et

les chiens. Grâce à l'amélioration des pratiques d'hygiène dans l'élevage et l'abattage des bovins, cette infection parasitaire est devenue rare chez les animaux et peu d'infections humaines ont été décrites dans le monde (Casulli *et al.*, 2022). Une étude menée en Afrique du Sud a révélé une infection humaine par *E. ortleppi* (souche G5) (Romig *et al.*, 2015). Des cas humains d'infection par *E. ortleppi* ont été enregistrés à partir de cas isolés aux Pays-Bas, en Argentine, au Mexique, au Brésil, et dans le nord de l'Inde et l'Afrique du sud (Rojas *et al.*, 2014).

Le groupe *Echinococcus canadensis*, comprenant les génotypes G6/7, est largement distribué à travers le monde et présente une spécificité HI relativement faible, impliquant principalement des espèces domestiques telles que les porcs, les chameaux et les chèvres comme HI, et les chiens comme HD. *E. canadensis* (G6/7) représente la deuxième espèce la plus importante en termes de santé publique, étant responsable d'environ 11 % des infections humaines à échinococcose kystique rapportées dans le monde (Casulli *et al.*, 2022). Les premières descriptions d'infections humaines par le génotype G6 ont été faites en Argentine (Rojas *et al.*, 2014). Le génotype G6 est fréquent parmi les cas humains avec un cas de coïnfection G1-G6 rapporté par Oudni-M'rad *et al.* (2016). La souche G7 d'*E. canadensis* a été décrite en Afrique du sud (Mogoye *et al.*, 2013, Romig *et al.*, 2015), en Europe centrale et de l'Est où le porc est le plus infecté, et aux d'autres régions Pologne, Turquie (Casulli *et al.*, 2022). En Égypte, deux cas de patients porteurs du génotype G7 ont été rapportées (Alam-Eldin *et al.*, 2015). En Afrique de l'Est, *E. granulosus s.s.* (G1-G3) et *E. canadensis* (G6/7) sont actuellement les seules souches d'*E. granulosus* infectant les humains à Turkana, au Kenya. D'autres régions ont signalé des infections humaines de génotype G6 sont l'Amérique du Sud, la Chine, l'Asie et l'Afrique.

Les génotypes G8/G10 ont une distribution circumpolaire dans l'hémisphère nord. Les principaux HI et HD contribuant au maintien du cycle de vie du parasite sont les cervidés sauvages (tels que l'élan et le cerf) et les loups, respectivement, mais aussi, dans une moindre

mesure, les rennes semi-domestiques et les chiens de chasse, de traîneau ou de berger. Peu d'infections humaines à *E. canadensis* (G8/G10) ont été rapportées jusqu'à présent. *E. canadensis* est même la cause prédominante de l'échinococcose kystique humaine, comme au Soudan (Omer *et al.*, 2010), en Égypte, en Pologne et en Autriche. Cependant, il convient de souligner que dans ces pays, *E. granulosus s.s.* est absent ou rare également chez les animaux (Romig *et al.*, 2015).

La dernière espèce du complexe *Echinococcus granulosus* sensu lato, *Echinococcus felidis* (également connue sous le nom de "souche lion"), possède un cycle de vie sauvage et est restreinte à l'Afrique subsaharienne. Jusqu'à présent, aucune infection humaine n'a été observée (Huttner *et al.*, 2008, Casulli *et al.*, 2022).

### **II.2.1.2. Épidémiologie de l'échinococcose kystique en Algérie :**

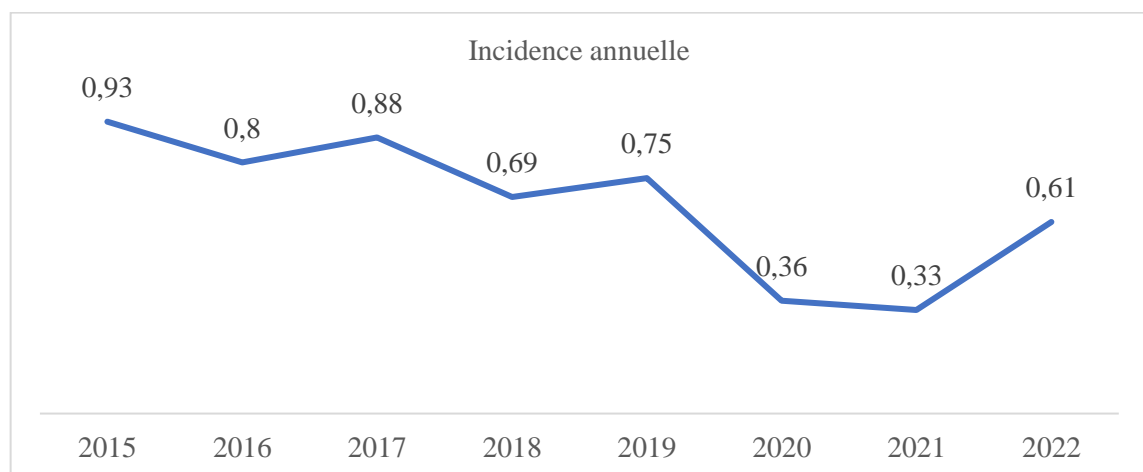
#### **II.2.1.2.1. Prévalences et incidences :**

En Algérie, l'échinococcose kystique humaine sévit à l'état endémique, dont les principaux porteurs d'*E. granulosus* sont le chacal doré (*Canis aureus*) (Dakkak, 2010) et le chien (*Canis familiaris*). Cette maladie est entretenue par un cycle synanthropique impliquant des chiens domestiques et du bétail (mouton-chien-homme et, probablement, dromadaire-chien-homme) (Kouidri *et al.*, 2012). *E. granulosus s.s.* et *E. canadensis* sont les deux espèces identifiées comme étant responsables de la maladie hydatique dans notre pays.

Bien que la maladie représente un problème majeur de santé publique et économique important, peu d'études épidémiologiques aient été menées. L'évolution de l'incidence annuelle de cas d'hydatidose depuis 1900 jusqu'à 2022 est résumé dans le [Tableau 5](#) et la [Figure 09](#).

**Tableau 5.** Incidences annuelles de l'hydatidose chez l'homme rapportées en Algérie.

Périodes	Incidence cas /100 000 habitants	Références
1900 – 1925	1,5	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
1963 – 1964	5,6	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
1966 – 1970	3,4	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
1971 – 1975	4,6	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
1997 – 2000	1,7 – 2,2	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
2001 – 2008	1,3 – 2,1	(Zait <i>et al.</i> , 2013)
2015 – 2022	0,9 – 0,6	(INSP)
2020	0,6	(INSP)

**Figure 09.** Evolution de l'incidence annuelle par 10<sup>5</sup> habitants de l'hydatidose de 2015 à 2022 (INSP).

Deux enquêtes épidémiologiques algériennes antérieures, menées entre 1963 et 1964, et entre 1966 et 1975, ont révélé une incidence annuelle de 5,6 et 3,4 pour 10<sup>5</sup> habitants respectivement (Mokhtari, 1966, Larbaoui and Alloula, 1979). Un aperçu de la situation épidémiologique de l'échinococcose dans la région méditerranéenne, réalisé par Seimenis (2003), a indiqué une incidence annuelle de 1,7 à 2,2 cas entre 1997 et 2000. Des données officielles pour la période

---

2001 – 2008 placent cette incidence entre 1,3 à 2,1 cas pour 10<sup>5</sup> habitants par an (Zait *et al.*, 2013).

Zait *et al.* (2013), ont mené une étude sur le profil épidémiologique de 290 cas d'échinococcose kystique dans la wilaya d'Alger, comprenant 217 adultes diagnostiqués entre 2006 et 2011, ainsi que 54 cas humains sur une période de 18 mois entre 2012 et 2014 parmi lesquels 31 étaient des adultes (Zait *et al.*, 2016). Par ailleurs Laatamna *et al.* (2021) ont conduit une autre étude portant sur le profil de 11 cas recueillis sur 11 mois dans une clinique privée de la wilaya de Djelfa.

Selon les déclarations annuelles de l'échinococcose kystique à l'INSP, l'évolution de l'incidence annuelle en Algérie a baissé entre 2015 et 2022 (Figure 09) ; une estimation de l'incidence des kystes hydatiques dans la région Ouest de l'Algérie a été rapportée, avec des chiffres variant de 1,6 en 2015 à 0,63 en 2020, selon le bilan annuel de l'Ouest (INSP). Ces chiffres parcellaires ne reflètent probablement pas la situation actuelle sur le terrain en raison de l'absence de déclarations des cas diagnostiqués ou traités, du manque de résultats d'enquêtes épidémiologiques ponctuelles et anciennes, ainsi que de l'inexistence de données sur les cas asymptomatiques par rareté d'enquêtes récentes de dépistage de masse (Zait *et al.*, 2013).

#### **II.2.1.2.2. Impact socioéconomique :**

L'impact économique de l'échinococcose kystique découle de son incidence sur la santé des individus, des pertes de productivité du bétail et des diminutions des économies régionales, ainsi que de la santé publique où des coûts sont encourus pour tenter de contrôler la maladie.

Les pertes économiques associées à l'homme comprennent à la fois des coûts directs et indirects. Les coûts directs englobent ceux associés au diagnostic, au traitement et aux soins de suivi. Les coûts indirects comprennent les frais de déplacement liés au traitement, les pertes de salaire et la baisse de productivité due à la morbidité et à la mortalité liées à l'échinococcose kystique.

De même, les pertes économiques associées au bétail comprennent les coûts directs, résultant de l'élimination des viscères infectés, ainsi que les coûts indirects dus à la baisse de productivité : 2,5 – 20 % pour la réduction du poids de la carcasse, 2,5 – 12 % pour la réduction de la production laitière, 3 – 12 % pour la diminution de la fécondité, 10 – 40 % pour la diminution de la production de laine et 0,2 % pour la diminution de la valeur de la peau (Cardona and Carmena, 2013).

En Algérie, l'impact économique sur la production animale dépend du nombre d'animaux abattus et de la zone d'étude. L'évaluation chez les bovins sur deux années 2008 – 2009 dans différentes régions s'élève à 4 455 550 DA soit une perte d'environ 2 227 775 DA par an (près de 28 286 USD/an). Chez les ovins, caprins et les dromadaires ces pertes annuelles seraient 2 042 930 DA (~25 939 USD), 260 650 DA (~3 309 USD) et 295 125 DA (~3 747 USD) respectivement (Ouchene *et al.*, 2014). Bien qu'il existe des coûts liés à l'impact du parasite sur les animaux, l'échinococcose kystique doit être considérée avant tout comme un problème sanitaire (Larrieu *et al.*, 2019).

#### **II.2.1.2.3. Données rapportées chez les enfants :**

L'échinococcose kystique, qui débute généralement pendant l'enfance ou l'adolescence et qui est décrite comme une maladie de l'adulte jeune, peut être observée à tout âge. Plusieurs études humaines ont porté sur l'hydatidose pédiatrique en Tunisie (Chaouachi *et al.*, 1989, Oudni-M'Rad *et al.*, 2007, Arroud *et al.*, 2009, M'Rad *et al.*, 2012), au Maroc (Margi *et al.*, 2010, Gourty and Saiad, 2012, Amahmid *et al.*, 2019), en Turquie (Anadol *et al.*, 1998, Turgut, 2002), en Roumanie (Neghina *et al.*, 2011), en Argentine (Berberian *et al.*, 2017), et en Bulgarie (Jordanova *et al.*, 2015).

En Algérie, les études n'ont généralement pas porté une attention particulière à l'enfant souffrant de kyste hydatique, à l'exception de quelques-unes. Une étude menée par Cheriet and Lagardere



(1994) sur 280 enfants hospitalisés pour hydatidose au Service de Pédiatrie du CHU de Constantine dans l'Est algérien, ainsi que celle de Haif *et al.* (2020), qui a porté sur 123 enfants traités au CHU de Sétif entre 2015 et 2019. Zait *et al.* (2013) ont également mentionné 73 cas d'enfants dans leur profil épidémiologique précédent, et 23 cas d'enfants ont été inclus dans leur étude sur l'épidémiologie moléculaire (Zait *et al.*, 2016).

Les wilayas d'origine ou de provenance des sujets atteints sont principalement les zones d'élevage ovin, telles que les hauts plateaux, où la proximité entre l'homme et les animaux constitue l'un des facteurs bien connus favorisant l'émergence et l'endémicité des maladies zoonotiques, y compris l'échinococcose kystique dans cette région.

#### II.2.1.2.4. Épidémiologie moléculaire :

A ce jour, les principales espèces identifiées en Algérie sont *E. granulosus s.s.* (G1, G2 et G3) (Bart *et al.*, 2004, Maillard *et al.*, 2009, Zait *et al.*, 2014, Zait *et al.*, 2016) et *E. canadensis* (G6) (Zait *et al.*, 2014, Kohil *et al.*, 2015, Zait *et al.*, 2016) (Tableau 8). La souche ovine G1 a été identifiée chez les moutons (Bart *et al.*, 2004, Maillard *et al.*, 2009, Kohil *et al.*, 2015, Zait *et al.*, 2016, Benchikh El Fegoun *et al.*, 2023), les bovins (Bart *et al.*, 2004, Maillard *et al.*, 2009, Maillard *et al.*, 2011, Kohil *et al.*, 2015, Zait *et al.*, 2016, Benchikh El Fegoun *et al.*, 2023) , et les caprins (Kohil *et al.*, 2015, Zait *et al.*, 2016), est responsable de la plupart des cas d'échinococcose kystique chez l'homme (Bart *et al.*, 2004, Maillard *et al.*, 2009, Zait *et al.*, 2014, Kohil *et al.*, 2015, Zait *et al.*, 2016), d'autres génotypes sont également connus pour être infectieux pour l'homme, tels que la souche G3 qui a été isolé chez un humain (Zait *et al.*, 2016), bovin (Benchikh El Fegoun *et al.*, 2023), ovin (Maillard *et al.*, 2009), et chez le dromadaire (Samari *et al.*, 2022) et la souche G6 a été confirmé chez la plupart des prélèvements chez les dromadaires et chez un ovin de Tamanrasset (Kohil *et al.*, 2015); ainsi, une sympatrie a été

soulignée par l'identification de la souche ovine commune (G1) chez un chameau de Ouargla (Maillard *et al.*, 2009, Kohil *et al.*, 2015, Samari *et al.*, 2022, Benchikh El Fegoun *et al.*, 2023).

Pour la première fois en Afrique du nord par Maillard *et al.* (2007) ont pu identifier la souche "mouton de Tasmanie" G2 chez un homme et un mouton du nord de l'Algérie et chez un chameau de Ouargla. Actuellement, ce génotype est considéré comme un microvariant de de G1 ou G3 (Rojas *et al.*, 2014, Samari *et al.*, 2022) et peut être même exclu de ce complexe d'après les travaux de Kinkar *et al.* (2017).

La caractérisation moléculaire chez les kystes hydatiques infantiles qui est notre objet d'étude, a été faite par Zait *et al.* (2016) sur un nombre de n=23. Ils ont pu caractériser uniquement l'espèce *E. granulosus s.s.* la souche G1.

**Tableau 6.** Espèces et génotypes identifiés chez l'homme, l'enfant et l'hôte intermédiaire en Algérie.

Hôte intermédiaire	Espèce	Génotype	Références
Humain	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Bart <i>et al.</i> , 2004, Maillard <i>et al.</i> , 2009, Zait <i>et al.</i> , 2014, Kohil <i>et al.</i> , 2015, Zait <i>et al.</i> , 2016)
		G2	(Maillard <i>et al.</i> , 2007)
		G3	(Zait <i>et al.</i> , 2016)
	<i>E. canadensis</i>	G6	(Maillard <i>et al.</i> , 2009, Kohil <i>et al.</i> , 2015, Zait <i>et al.</i> , 2016)
Enfant	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Zait <i>et al.</i> , 2016)
Bovins	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Bart <i>et al.</i> , 2004, Maillard <i>et al.</i> , 2009, Maillard <i>et al.</i> , 2011, Kohil <i>et al.</i> , 2015, Zait <i>et al.</i> ,

			2016, Benchikh El Fegoun <i>et al.</i> , 2023)
		G3	(Benchikh El Fegoun <i>et al.</i> , 2023)
Ovins	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Bart <i>et al.</i> , 2004, Maillard <i>et al.</i> , 2009, Kohil <i>et al.</i> , 2015, Zait <i>et al.</i> , 2016, Benchikh El Fegoun <i>et al.</i> , 2023)
		G2	(Maillard <i>et al.</i> , 2007)
		G3	(Maillard <i>et al.</i> , 2009)
		<i>E. canadensis</i>	G6
Caprins	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Kohil <i>et al.</i> , 2015, Zait <i>et al.</i> , 2016)
Dromadaires	<i>E. granulosus s.s.</i>	G1	(Maillard <i>et al.</i> , 2009, Kohil <i>et al.</i> , 2015, Samari <i>et al.</i> , 2022, Benchikh El Fegoun <i>et al.</i> , 2023)
		G2	(Maillard <i>et al.</i> , 2007)
		G3	(Samari <i>et al.</i> , 2022)
		<i>E. canadensis</i>	G6

## II.2.2. Aspects cliniques et lésionnels du kyste hydatique :

### ❖ Signes cliniques :

Les signes cliniques peuvent apparaître après une période d'incubation très variable de plusieurs mois ou années (Eckert and Deplazes, 2004). La plupart des infections sont contractées durant l'enfance et ne se manifestent cliniquement qu'à l'âge adulte (Bronstein and Klotz, 2005). En

absence de signes spécifiques de l'hydatidose l'infection peut devenir symptomatique. Tous les organes peuvent être atteints, mais essentiellement le foie et le poumon.

❖ **Différentes formes et localisations :**

➤ **Formes hépatiques :**

Le foie, qui est le premier filtre infecté par les parasites (50 à 70 %) (Carmoï *et al.*, 2008). Les manifestations cliniques sont très tardives (plusieurs années) par rapport à l'implantation du scolex dans le foie. Le kyste hydatique peut être asymptomatique pendant une longue période et être découvert de façon fortuite. La maladie parasitaire présente des signes cliniques qui se manifestent progressivement, ils peuvent s'agir de :

✓ **Forme hépatique habituelle :**

- Présence de douleurs dans l'hypocondre droit, parfois accompagnées de nausées et de vomissements ;
- Sensation de tiraillement ou de pesanteur abdominale, dyspepsie, plénitude post-prandiale ;
- À la palpation abdominale, on observe généralement une hépatomégalie, caractérisée par une tuméfaction indolore, lisse, déformant la paroi abdominale, de forme régulière et circonscrite, présentant une certaine résistance à la pression.

✓ **Forme hépatique compliquée :** la maladie est inéluctablement compliquée par :

- Des complications mécaniques de type rupture :

La rupture d'un kyste hydatique est très rare et peut survenir de manière spontanée ou iatrogène (Gulalp *et al.*, 2007) :

✓ Suite à la rupture du kyste dans la voie biliaire : la fistulisation kystobiliaire est la complication la plus fréquente de l'hydatidose hépatique (40 à 60 %) :

- Les manifestations cliniques sont dominées par la douleur abdominale souvent constante (92 à 100 %), l'hépatomégalie (75 %), la fièvre (34 %), l'angiocholite (23 %), l'ictère (8 %), et le prurit (7%) ;
- Une lithiase du cholédoque, pouvant entraîner une cholangite, peut survenir en raison de la migration des vésicules filles et de leur reflux brutal dans le canal de Wirsung, en induisant une pancréatite.
- Angiocholite hydatique urémigène.
- L'apparition d'une septicémie, voire d'un choc septique à germe Gram négatif.
- ✓ Suite à la rupture des kystes dans les bronches ou dans la cavité pleurale : la fistulisation bronchique est de 2 à 11 % :
  - La fistule s'exteriorise sous forme de vomique avec deux variantes : l'hydatidoptysie faite de liquide eau de roche, et la vomique purulente, fétide, contenant des hydatides.
  - Un tableau de pleurésie liquidienne.
- ✓ Suite à des facteurs mécaniques et inflammatoires : la fistulisation à la peau d'un kyste hydatique du foie est une éventualité rare.
- ✓ Suite à la déhiscence dans la circulation veineuse qui provoque :
  - Une échinococcose secondaire.
  - Un risque mortel de choc anaphylactique.
  - Une embolie pulmonaire gravissime et d'emblée mortelle.
- Des complications compressives :
  - ✓ Suite à la compression des kystes des organes vitaux, les complications dépendent du site et du volume du kyste, ainsi que de la rapidité de son évolution :
    - La compression de la voie biliaire se manifeste par un ictère ;

- 
- Les compressions des veines sus-hépatiques ou de la veine cave inférieure sont l'apanage des kystes du dôme hépatique. Elles sont responsables d'un syndrome de Budd-Chiari et d'une hypertension portale dont témoignent les varices œsophagiennes et la splénomégalie ;
  - Un œdème des membres inférieurs peut survenir en cas de compression de la veine cave inférieure par un kyste postérieur.
  - Des complications septiques :
    - ✓ Suite à l'entrée de bile plus ou moins septique ou par l'apport hématogène de bactéries lors de la fissuration des membranes de l'hydatide, cela conduit à la formation des abcès hépatique.
  - Des complications toxiques :
    - ✓ Suite à la pénétration des produits toxiques du liquide hydatique dans l'organisme :
      - De façon brusque à la faveur d'une rupture traumatique, moins souvent spontanée ;
      - De façon chronique par filtration continue du liquide hydatique à travers les membranes du kyste vers le courant sanguin ;
- Conduisent à :
- Des accidents allergiques relativement bénins, les plus fréquents et parfois inauguraux sont : prurit, urticaire, lymphœdème, bronchospasme ;
  - Des manifestations gravissimes, provoquant le décès en quelques heures par choc anaphylactique (Eckert and Deplazes, 2004, Rogan *et al.*, 2006, Bourée and Bisaro, 2007, Carmoi *et al.*, 2008).
- **Formes extrahépatiques :**
- Le parasite peut se fixer dans n'importe quel organe ou tissu périphérique une fois dans la circulation systémique.

- **Localisation pulmonaire :**

Le poumon est le deuxième organe le plus fréquemment touché (25 à 40 %) (Carmoi *et al.*, 2008) :

- ✓ Atteinte pulmonaire isolée : primitive ou secondaire à une fissuration de kyste hépatique dans le parenchyme à travers le diaphragme ;
- ✓ Atteinte multiple (12 %) : résultant de réinfestations répétées, ou plus souvent de la dissémination secondaire à partir d'une lésion préexistante.

Les signes révélateurs d'une hydatidose pulmonaire sont là aussi très variables :

- Découverte fortuite lors d'une radiographie pulmonaire ;
- Recherche systématique après découverte d'un kyste du foie ;
- Dyspnée, toux, douleur thoracique, parfois hémoptysie ;
- Abscès du poumon (kyste infecté), douleur thoracique, fièvre ;
- Vomique d'un liquide clair avec des scolex ou éléments évoquant des grains de raisin (vésicules filles) (Bourée and Bisaro, 2007).

- **Localisation splénique :**

Le kyste hydatique splénique est généralement observé en association avec d'autres kystes, principalement hépatiques (2 à 5 %) ou péritonéaux (20 à 30 %), ou sous une forme isolée. Son développement est souvent insidieux, atteignant parfois des tailles dépassant les 15 cm (Carmoi *et al.*, 2008). Sa découverte peut être fortuite lors d'une échographie abdominale ou à la suite de douleurs dans l'hypochondre gauche, parfois évocatrices de coliques néphrétiques (Bourée and Bisaro, 2007).

Sur le plan clinique :

- Les petits kystes spléniques sont généralement asymptomatiques ;

- Les kystes plus importants, en revanche, peuvent se manifester par une plénitude épigastrique, une masse palpable, une splénomégalie, une douleur ou une gêne abdominale ;
- Les kystes peuvent être symptomatiques en raison des adhérences ou de la pression exercée sur les structures adjacentes telles que le diaphragme, l'estomac, le foie, le pancréas, les reins et l'épiploon ;
- D'autres symptômes non spécifiques tels que les nausées, les vomissements, les flatulences et la constipation.

Les kystes spléniques peuvent parfois présenter des complications telles que des infections, un choc anaphylactique, une fistule avec les organes creux, une péritonite aiguë, un hémopéritoine et un empyème à la suite de la rupture d'un kyste ([Khan and Chetty, 2016](#)).

- **Localisation rénale :**

Le kyste hydatique du rein est assez rare, occupe la 3<sup>ème</sup> place après le foie et le poumon se produisant dans seulement 2 à 5 % des cas, et est le plus souvent primitive ([Carmoï et al., 2008](#)). Il est généralement unilatéral et préférentiellement unique, mais dans certains cas, il peut être multiple voire bilatéral ([Amrani et al., 2003](#)). En raison de son développement asymptomatique, sa découverte fortuite est fréquente.

Les signes révélateurs du kyste hydatique du rein sont très divers ([Margi et al., 2010](#)):

- Environ 85% des patients présentent un syndrome tumoral, tandis que 75% ressentent une douleur dans la fosse lombaire ;
- Syndrome de masse lombaire mobile ou fixe, de lombalgies, de coliques néphrétiques, de dysurie ou d'hématurie ;
- L'hydaturie peut être observée, ce qui est pathognomonique de la fistulisation dans les voies excrétrices. Elle s'accompagne souvent d'une colique néphrétique caractérisée par



l'émission d'éléments parasites flétris en forme de "peau de raisin" ou de scolex dans les urines ;

- D'autres signes comprennent une fièvre prolongée isolée, une pyélonéphrite ou des symptômes de compression dus à la pression sur les organes environnants.
- Dans certains cas, une hypertension artérielle secondaire peut se développer en raison de la présence d'un kyste.

➤ **Formes extrahépatiques inhabituelles et graves :**

• **Localisation osseuse :**

L'échinococcose osseuse, bien que rare (0,9 à 3 %), se distingue par une longue période de latence clinique. L'infection peut survenir durant l'enfance, mais la maladie n'est souvent diagnostiquée qu'à l'âge adulte ([Rezig, 2002](#)). Cette affection est grave en raison de l'absence d'adventice dans les kystes hydatiques osseux. Cette particularité permet au parasite de développer des extensions et de se propager sans restriction, formant des excroissances multivésiculaires dans toutes les directions qui peuvent rompre la corticale et atteindre les parties molles en provoquant des fractures spontanées, une tuméfaction osseuse, une suppuration ou une fistulisation cutanée.

Les signes cliniques évocateurs de cette affection sont peu spécifiques et rarement indicatifs de sa nature précise :

- La douleur est souvent le premier signe révélateur ;
- La tuméfaction est le résultat d'une extension vers les parties molles des lésions parasitaires ;
- Les fractures spontanées ou survenant après un traumatisme mineur sont un moyen courant de dévoiler la maladie ;

La compression médullaire peut entraîner d'importantes complications neurologiques, comme des troubles sphinctériens, des paresthésies, de la paraparésie ou de la paraplégie.

La localisation vertébrale est responsable de l'atteinte du canal médullaire avec risque de compression médullaire et des racines nerveuses, de pronostic grave, est comparée à une tumeur maligne locale, « le cancer blanc » selon le terme consacré.

La localisation pelvienne est généralement indolore pour l'os iliaque. Le premier signe est une tuméfaction qui peut s'étendre aux tissus mous où le parasite retrouve son aspect habituel : c'est l'abcès ossifluent hydatique (Carmoi *et al.*, 2008). Le pronostic fonctionnel de cette localisation est défavorable en raison de son extension à l'articulation coxofémorale et plus rarement au sacrum (Rezig, 2002).

La localisation fémorale est la localisation privilégiée de l'échinococcose osseuse, tandis que l'atteinte de l'humérus et du tibia est moins courante. La maladie se manifeste souvent par une fracture pathologique, une suppuration ou une fistulisation cutanée (Carmoi *et al.*, 2008).

Des localisations plus inhabituelles ont été signalées au niveau du sternum, de l'omoplate, et des cas exceptionnels ont été rapportés au niveau de la mastoïde, de la clavicule et des os courts tels que les métatarses et les phalanges (Rezig, 2002).

- **Localisation cérébrale :**

Le développement du kyste hydatique dans le cerveau survient dans 1 à 5 % des cas selon les zones d'endémie, et touche principalement les enfants et les jeunes adultes. L'évolution de la maladie est silencieuse et très lente.

Chez l'adulte, les premiers signes comprennent souvent :

- Des céphalées, une hémiparésie, la crise épileptique, l'hémianopsie, les troubles du langage ;

- Des troubles visuels, des troubles de conscience, des convulsions, voire un coma.

Chez l'enfant, les manifestations prédominantes sont principalement liées à l'hypertension intracrânienne (Carmoi *et al.*, 2008).

L'examen du fond d'œil révèle un œdème papillaire. Il est crucial de rechercher d'autres localisations de la maladie (Bourée and Bisaro, 2007).

- **Localisation cardiaque :**

Le kyste hydatique du cœur constitue environ 0,5 à 2 % des cas d'hydatidose, avec une atteinte cardiaque isolée dans 50 % des cas. Son développement survient principalement après avoir traversé le filtre hépatique au niveau de l'apex ventriculaire gauche, et plus rarement dans les autres parties du cœur (septum interventriculaire, oreillettes) (Bourée and Bisaro, 2007).

Les circonstances menant au diagnostic sont diverses : précordialgies, dyspnée d'effort, palpitations, ischémie myocardique, hémoptysie, anomalies électriques, voire une toux avec une expectoration hémoptoïque.

Des complications graves peuvent être mises en évidence par rupture intracardiaque : embolie pulmonaire pour le kyste du cœur droit, déficit neurologique pour le cœur gauche.

La rupture d'un kyste sous-épicaire, voire pulmonaire, dans le péricarde entraîne une péricardite aiguë sérofibrineuse ou purulente, ou évolue vers la constriction, voire la tamponnade (Carmoi *et al.*, 2008).

- **Localisation pleurale ou péritonéale :**

L'échinococcose pleurale est observée dans 0,7% suite à la rupture des kystes hydatiques dans la plèvre par une brèche diaphragmatique, donnant un tableau clinique et radiologique d'épanchement pleural.

L'échinococcose péritonéale, également appelée carcinose hydatique, est présente avec une prévalence de 4 à 7 % des cas. Elle peut se développer sous forme primaire, hématogène ou hétérotopique, ou sous forme secondaire, qui représente la majorité des cas (environ 85 %) suite à la fissuration ou à la rupture d'un kyste hydatique, le plus souvent hépatique et parfois splénique.

La douleur abdominale (50 %), associée à la palpation d'une masse abdominopelvienne rénitente, mobilisable et indolore, sont les signes de suspicion de l'hydatidose péritonéale.

- **Autres localisations :**

Finalement, d'autres emplacements sont envisageables mais nettement plus rares, telles que :

- ✓ L'hydatidose cervico-faciale (0,4 à 1 %) ;
- ✓ L'hydatidose orbitaire est évoquée en présence d'une exophtalmie, un ptôsis, un trouble visuel ;
- ✓ L'hydatidose musculaire : souvent initialement bénigne avec une progression graduelle et une tolérance prolongée, se situe généralement dans la cuisse, les muscles psoas, les adducteurs ou la paroi abdominale. Cependant, des cas de localisations dans les muscles de l'avant-bras ont également été rapportés ;
- ✓ L'hydatidose pelvigénitale, bien que rare (0,9 %), se manifeste généralement par une masse ou une douleur. Elle affecte principalement l'utérus, les ovaires, les trompes et le cul-de-sac de Douglas ;
- ✓ L'hydatidose pancréatique, bien que très rare (0,2 %), peut être localisé à différents endroits : céphalique, corporel ou caudal, dans 57 %, 24 % et 19 % des cas. Les symptômes non spécifiques se limitent à des douleurs abdominales, parfois de type solaire. Une masse dans la région épigastrique et un ictère par rétention biliaire peuvent

également survenir. Sa découverte impose de rechercher une fistule biliaire ou duodénale ;

- ✓ L'hydatidose médiastinale est très rare (0,1 %). L'infection, la rupture et la compression des structures de voisinage sont les principales complications. Elle tend à évoluer vers la calcification que le kyste pulmonaire.

### **II.2.3. Diagnostic :**

Le diagnostic de l'hydatidose est généralement établi à partir de critères cliniques et biologiques. Chez les patients, il repose sur l'identification des structures kystiques à l'aide de techniques d'imagerie, principalement l'échographie, la tomodensitométrie et les examens radiographiques, et sur la confirmation par la détection d'anticorps sériques spécifiques au moyen de tests immunodiagnostiques (Eckert and Deplazes, 2004).

Malgré les progrès de l'imagerie moderne et des stratégies thérapeutiques, les problèmes associés au diagnostic et au traitement de l'échinococcose kystique humaine restent difficiles à résoudre.

Un diagnostic précoce est important, car une intervention rapide permet une gestion et un traitement efficaces de la maladie et ce qui peut conduire à une diminution des complications et des décès associés.

#### **II.2.3.1. Examen clinique :**

L'interrogatoire reste une étape primordiale dans le diagnostic des EK relevant l'origine géographique des patients, leurs antécédents, la notion de contact avec le chien et la présence des animaux de rente aux alentours.

Dans la majorité des situations, le diagnostic clinique de l'échinococcose kystique est initialement complexe et requiert, en complément de l'examen physique, le recours à des méthodes d'imagerie et de sérologie.

L'hydatidose est de plus en plus fréquemment diagnostiquée de manière fortuite. Dans la plupart des cas, la maladie n'est découverte qu'incidemment, à l'occasion de :

- Lors d'une intervention chirurgicale réalisée pour un autre motif ;
- Lors d'un examen morphologique prescrit ;
- Lors d'un bilan d'extension d'une hydatidose connue ;
- Lors de dépistage des populations exposées dans le cadre d'enquêtes de prévalence menées au moyen de la radiographie pulmonaire standard, de l'échographie abdominale, voire de la sérologie ;
- Douleurs abdominales, pelviennes ou lombaires en fonction de la localisation ;
- Et également lorsqu'une complication survient, telle que la compression des organes voisins ou un choc anaphylactique dû à une fissuration des kystes.

Au départ, Les kystes sont alors trop petits et trop jeunes pour poser des problèmes cliniques. Les kystes peuvent guérir spontanément par rupture et évacuation discrète, ou par des processus dégénératifs et/ou nécrotiques conduisant à une solidification et/ou une calcification des kystes.

Toutefois, à mesure que les kystes évoluent, l'ampleur de la morbidité induite dépend :

- Du siège anatomique, du nombre, de la taille et de l'état de développement du ou des kystes (actif ou inactif) ;
- Le (s) organe (s) concerné (s) ;
- De la pression exercée par les kystes sur les tissus et les structures avoisinantes, pouvant entraîner divers changements pathologiques liés à la compression ou à l'obstruction ;
- Des mécanismes de défense de la personne infectée ;
- Des complications telle qu'une rupture du kyste et la libération d'antigène parasitaire responsable d'une réaction d'hypersensibilité systémique avec surinfection bactérienne

peuvent entraîner une réaction anaphylactique qui varie considérablement, allant d'une urticaire bénigne et de brefs épisodes de frissons et/ou de fièvre, à un spasme bronchique potentiellement mortel, un œdème angioneurotique et un choc anaphylactique (Eckert *et al.*, 2000, Eckert and Deplazes, 2004, Carmoi *et al.*, 2008, Siracusano *et al.*, 2009).

### **II.2.3.2. Examens paracliniques :**

#### **II.2.3.2.1. Imagerie :**

L'imagerie médicale revêt une importance capitale dans le diagnostic de l'hydatidose, quelle que soit sa localisation. Elle permet de visualiser le kyste hydatique ainsi que ses éléments constitutifs. Les techniques d'imagerie sont performantes et permettent d'établir un diagnostic précis, d'évaluer les complications éventuelles, de réaliser des dépistages de masse et de mettre en œuvre des traitements instrumentaux.

- **Echographie :**

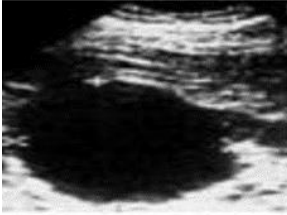

L'échographie abdominale a bouleversé la hiérarchie des méthodes de diagnostic. Elle permet non seulement de détecter les kystes abdominaux et d'en déterminer le nombre, le siège et les dimensions (kyste > 1 cm), mais aussi d'identifier leur échostructure et d'autre part le diagnostic des lésions abdominales associées et à guider un geste instrumental.

L'échographie est l'examen complémentaire de première intention en raison de sa simplicité d'exécution, non invasif, peu coûteux et fiable et de sa grande disponibilité dans les zones d'endémie.


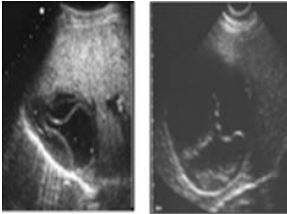
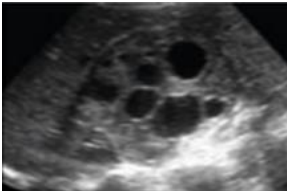
Le groupe de travail informel de l'Organisation Mondiale de la Santé sur l'échinococcose (WHO-IWGE) a publié en 2003 une classification standardisée des images échographiques basée sur la première classification développée par Gharbi en 1981 (Hassine *et al.*, 1980). Cette classification est destinée à être utilisée à la fois dans le domaine épidémiologique et dans le

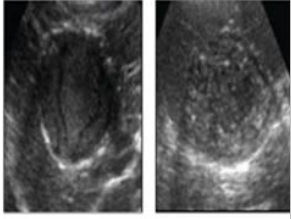

cadre clinique pour dicter une prise en charge spécifique au stade (Tableau 7) (Brunetti and Jr, 2012).

**Tableau 7.** Type échographique selon la classification de Gharbi et l'OMS (Silva, 2010, Brunetti *et al.*, 2010).

Gharbi	Classification de l'OMS (types de kystes)			
	CL	<p>Univésiculaire, lésion (s) Kystique (CL) avec un contenu anéchogène uniforme.</p> <p>Non délimité clairement par un bord hyperéchogène (paroi du kyste non visible).</p> <p>Forme : normalement ronde mais peut être ovale.</p> <p>Taille variable : mais généralement petite.</p> <p>CL (p): &lt; 5.0 cm, CL (m): 5-10 cm, CL (g) &gt; 10 cm.</p>	Si CE Active	 <p>CL</p>
Type I	CE1	<p>Univésiculaire, kyste simple avec un contenu anéchogène uniforme.</p> <p>Kyste peut présenter un fin écho du au déplacement de la nichée de capsules qui est souvent appelée sable hydatique ("signe de flocon de neige").</p> <p>Paroi du kyste visible.</p> <p>Forme : normalement ronde ou ovale.</p> <p>Taille variable : Type CE1 (p) : &lt; 5.0 cm, Type CE1 (m) : 5-10 cm, CE1 (g) : &gt; 10 cm.</p>	Active : Fertile	 <p>CE 1</p>



<p>Type III</p>	<p>CE2</p>	<p>Multivésiculaire, kystes multicloisonnés, les cloisons du kyste produisent une structure ‘wheel-like’, et la présence de vésicules filles est indiquée par des structures d’aspect ‘rosette’ ou ‘nid d’abeille’.</p> <p>Paroi du kyste visible normalement.</p> <p>Forme : normalement ronde ou ovale.</p> <p>Taille variable : Type CE2 (p) : &lt; 5.0 cm, Type CE2 (m) : 5-10 cm, CE2 (g) : &gt; 10 cm.</p>		 <p>CE 2</p>
<p>Type II</p>	<p>CE3a</p>	<p>Kyste univésiculaire qui peut contenir des vésicules filles.</p> <p>Contenu anéchogène avec détachement d’une membrane laminée de la paroi du kyste visible comme membrane flottante ou comme ‘water-lily sign’ qui est indicatif des membranes flottantes en dessus des débris du liquide kystique.</p>	<p>Transition : les kystes commencent à dégénérer, mais contiennent généralement encore des protoscolex viables</p>	 <p>CE 3a</p>
<p>Type III</p>	<p>CE3b</p>	<p>Les vésicules filles peuvent occuper partiellement ou complètement la vésicule du kyste mère.</p> <p>Forme du kyste moins ronde à cause de la réduction de la pression intra kystique.</p> <p>Taille variable : Type CE3 (p) : &lt; 5.0 cm, Type CE3 (m) : 5-10 cm, CE3 (g) : &gt; 10 cm.</p>		 <p>CE 3b</p>

Type IV	CE4	<p>Contenu dégénératif, hétérogène, hypoéchogène ou hyperéchogène. Pas de vésicules filles.</p> <p>Peut montrer une 'pelote de laine' signe qui indique des membranes dégénératives.</p> <p>Taille variable : Type CE4 (p) : &lt; 5.0 cm, Type CE4 (m) : 5-10 cm, CE4 (g) : &gt; 10 cm.</p>	Inactive	 <p>CE 4</p>
Type V	CE5	<p>Kystes caractérisés par une paroi épaisse calcifiée qui est en forme d'arc, produisant un cône d'ombre.</p> <p>Degré de calcification varie de partielle à complète.</p> <p>Taille variable : Type CE5 (p) : &lt; 5.0 cm, Type CE5 (m) : 5-10 cm, CE5 (g) : &gt; 10 cm.</p>		 <p>CE 5</p>

(p) : petit ; (m) : moyen ; (g) : grand.

- **Diagnostic différentiel :**

Le diagnostic différentiel pose plusieurs problèmes. Il est difficile de différencier les kystes hydatiques des kystes hépatiques simples, des kystes rénaux, ovariens, mésentériques ou pancréatiques, d'un hématome non organisé, d'un abcès hépatique amibien ou d'une tumeur nécrotique.

Dans de tels cas, l'examen sérologique des anticorps spécifiques d'*E. granulosus* peut apporter un indice important pour la vérification ou l'exclusion de l'échinococcose kystique.

Les kystes de type CE 4 peuvent être difficiles à distinguer des abcès, des néoplasmes, des lésions d'échinococcose alvéolaire, des hémangiomes caverneux et d'autres structures. En

revanche, les kystes de types 1, 2 et 3 sont généralement pathognomoniques et peuvent être diagnostiqués avec une grande précision.

- **Radiographie :**

- **La radiographie du thorax :**

La radiographie thoracique est la méthode privilégiée pour diagnostiquer des kystes pulmonaires d'*E. granulosus* qui peuvent présenter diverses caractéristiques. Elles fournissent les arguments les plus intéressants au diagnostic de présomption (Amrani *et al.*, 2003).

Les kystes hydatiques pulmonaires non compliqués sont des structures généralement arrondies ou ovalaires mettent en évidence des opacités hydriques.

Les kystes compliqués peuvent présenter les caractéristiques suivantes :

- ✓ Le "signe du ménisque d'air" résultant de l'infiltration d'air entre l'ectocyste et l'endocyste, créant une zone radiotransparente (pneumocyste) ;
- ✓ Le "signe de la double arche" résultant de la présence de l'ectocyste (arche externe) et de la paroi détachée de l'endocyste (arche interne) ;
- ✓ Le "signe du nénuphar" indiquant un effondrement des membranes ondulées de l'endocyste, flottant au-dessus du liquide kystique restant.
- ✓ Image hydro-aérique lors de la rupture du kyste.

Les radiographies du thorax peuvent également montrer :

- Un déplacement du diaphragme vers le haut, ce qui peut indiquer un kyste hydatique du foie ;
- Une asymétrie du contour du cœur, qui peut être le signe d'un kyste hydatique du cœur à confirmer par US ou TDM ;
- Une pleurésie et un pneumothorax en cas de rupture d'un kyste hydatique dans la plèvre ;

- Un kyste costal sous-pleural (Eckert *et al.*, 2001).

- **Diagnostic différentiel :**

En présence d'une opacité parenchymateuse arrondie, il est nécessaire de considérer des diagnostics tels qu'un tuberculome, une tumeur ou une séquestration pulmonaire ;

Une ombre présentant à la fois des composantes liquides et aériennes suggère la possibilité d'un abcès d'origine bactérienne, fongique ou amibienne (Eckert *et al.*, 2001).

- **La radiographie de l'abdomen :**

La présence d'un kyste abdominal peut se manifester par une ombre liquide qui déplace les zones radiotransparentes remplies d'air du tube digestif. La présence de calcifications, telles qu'un croissant, des globules homogènes ou hétérogènes, ou un anneau, constitue le meilleur indicateur d'une origine hydatique. La radiographie de l'abdomen sans préparation n'a pas d'intérêt dans le diagnostic des kystes hydatiques de localisations abdominales. Pour un diagnostic complet, il est recommandé de compléter cet examen par une échographie ou une TDM.

- **Radiographie osseuse :**

L'examen radiologique est l'élément essentiel dans l'exploration de l'échinococcose osseuse. L'aspect lacunaire multigéodique, aréolaire en nid d'abeille, infiltrant la pièce osseuse sans réaction périostée est le plus caractéristique de l'origine hydatique d'une lésion osseuse sans délimitation nette entre la lésion et la région saine.

- **Tomodensitométrie (TDM) :**

La TDM, couramment appelée scanner, offre la possibilité d'examiner tous les organes, de repérer des kystes extrahépatiques plus petits, et de fournir des informations plus précises sur la taille, la structure et la localisation des kystes. Elle permet également de suivre l'évolution

des lésions pendant le traitement et de détecter les récurrences. Parfois, la TDM permet de distinguer les kystes parasitaires des kystes non parasitaires (Brunetti and Jr, 2012). En outre, elle met indéniablement en évidence les calcifications par rapport à d'autres techniques d'imagerie (Carmoi *et al.*, 2008).

- **Imagerie par résonance Magnétique (IRM) :**

L'IRM peut présenter certains avantages par rapport à la tomodensitométrie dans l'évaluation des fistules biliaires, des lésions résiduelles post-chirurgicales, des récurrences et de certaines infections extra-hépatiques (Brunetti and Jr, 2012) et en particulier pour le diagnostic des kystes cérébraux.

#### II.2.3.2.2. Biologie :

- **Arguments d'orientation :**

- ✓ La numération formule sanguine est le plus souvent normale ;
- ✓ Une hyperéosinophilie concomitante de la phase d'invasion et en cas de fissuration kystique. Cependant, l'éosinophilie peut être normale lorsque le kyste est bien hermétique ou ancien et plus ou moins calcifié. De même, une élévation des IgE peut être observée (Bourée and Bisaro, 2007, Carmoi *et al.*, 2008).
- ✓ Une perturbation des paramètres biochimiques hépatiques suscite de soupçonner des complications de type cholestase ou de cytolyse (Carmoi *et al.*, 2008).

#### II.2.3.2.3. Sérologie :

Les techniques sérologiques sont utilisées pour la détection d'anticorps sériques spécifiques. Ces anticorps ne sont pas associés à une réponse protectrice. Ces approches sont utiles dans le cadre de :

- La confirmation étiologique des structures d'imagerie évocatrices de l'échinococcose kystique ;

- Le diagnostic différentiel dans les cas de résultats d'imagerie non caractéristiques ;
- De surveiller l'évolution de l'hydatidose ;
- D'évaluer l'efficacité du traitement ;
- De repérer une éventuelle récurrence (Eckert *et al.*, 2001, McManus *et al.*, 2003).

Les tests sérologiques doivent reposer sur deux techniques complémentaires :

- **Techniques quantitatives :** ont une excellente sensibilité, ce sont des méthodes de dépistage et de première intention (Haif *et al.*, 2020). Elles incluent :
  - L'hémagglutination indirecte (HAI) : où des hématies sont agglutinées en billes de latex sensibilisées par l'antigène hydatique.
  - L'immunochromatographie (ICT) : utilisant un antigène sous forme de coupe à congélation de scolex ou de membrane prolifère.
  - Les réactions immunoenzymatiques (ELISA) utilisant un antigène purifié (Carmoi *et al.*, 2008).
- **Techniques qualitatives :** ce sont des méthodes de confirmation, utilisées en deuxième intention ; plus coûteuses avec une excellente spécificité (Haif *et al.*, 2020). Elles sont représentées par :
  - L'immunoélectrophorèse : en particulier l'électrosynérèse, est une méthode plus rapide (3 à 5 heures) et moins consommatrice d'antigène. Elle repose sur des réactions de précipitation en gélose impliquant un antigène soluble purifié provenant du liquide hydatique et le sérum du patient. La présence d'arcs de précipitation, en particulier l'arc 5 spécifique de la fraction majeure d'*E. granulosus*, confirme le diagnostic d'hydatidose. Bien que la spécificité soit excellente (supérieure à 90 %), la sensibilité est insuffisante (inférieure à 80 %). Il est à noter que l'arc 5 peut également être observé chez des patients atteints d'échinococcose alvéolaire ou de cysticercose (Carmoi *et al.*, 2008).

- Western Blot IgG : un test sérologique qualitatif pour l'échinococcose kystique, utilisant l'immunoblot. Il est recommandé pour confirmer les résultats positifs ou douteux des tests de dépistage quantitatifs comme le HAI ou l'ELISA (Higuita *et al.*, 2016, Haif *et al.*, 2020).

En combinant deux techniques, l'une qualitative et l'autre quantitative, la sensibilité et la spécificité se situent entre 90 et 95 % (Bronstein and Klotz, 2005).

À l'heure actuelle, les antigènes parasitaires présents dans le liquide hydatique qui ont une valeur immunodiagnostique majeure dans la détection d'*E. granulosus* sont l'antigène 5 (Ag5) et l'antigène B (AgB) (Siracusano *et al.*, 2009).

La séropositivité dépend de :

- La localisation du kyste hydatique : la séropositivité est meilleure dans la localisation hépatique que pulmonaire, cérébrale ou spléniques (Díaz, 2017) ;
- Du nombre du kyste : unique ou multiple ;
- De l'intégrité du kyste : des kystes sains et intacts peuvent susciter une réponse minimalement détectable, alors que des kystes précédemment rompus ou fissurés sont associés à des réponses fortes (Moro and Schantz, 2009) ;
- De la viabilité du kyste hydatique : séropositifs aux stades actif (CE2) et transitoire (CE3a et b) et séronégatifs aux stades inactifs (Brunetti and Jr, 2012) ;
- Du type du test utilisé : la qualité de la préparation de l'antigène.

- **Limites du diagnostic immunologique :**

Les techniques immunologiques ont largement contribué au diagnostic dans 80 à 94 % des hydatidoses hépatiques, et à 65% des localisations pulmonaires (Higuita *et al.*, 2016).

Cependant, plusieurs facteurs expliquent la défaillance de ces techniques sérologiques et les discordances des résultats obtenus par différents laboratoires :

- 
- Les réactions faussement négatives : la séronégativité ne permet pas d'exclure le diagnostic de l'hydatidose (Higuita *et al.*, 2016). Elle est due :
- ✓ À des kystes calcifiés inactifs ou non immunogènes ne produisant pas d'anticorps sériques spécifiques (IgG) détectables ;
  - ✓ À un déficit immunitaire humoral ;
  - ✓ À certaine localisation du kyste et à la nature du parenchyme de l'organe parasité : les localisations pulmonaires ou osseuses s'accompagnent d'un très faible stimulus antigénique et donc d'une sérologie négative ;
  - ✓ À la formation d'immuns complexes principalement dans les infections pulmonaires, qui pourrait être à l'origine de la négativité de certains de tests sérologiques.
- Les réactions faussement positives : sont rares, dues à des réactions croisées à d'autres infections : cysticercose, échinococcose alvéolaire, la fasciolose et la filariose, ainsi que dans d'autres affections non parasitaires tels que les tumeurs malignes, à la cirrhose du foie et lors de la présence d'anticorps anti-P1 (Biava *et al.*, 2001, Higuita *et al.*, 2016).

Les titres tendent à ne diminuer que lentement lorsque le kyste devient inactif (CE4, CE5) ou après une chirurgie radicale.

Les titres peuvent rester positifs après une chirurgie conservatrice, dans laquelle la couche germinale n'est pas complètement enlevée.

Les titres d'anticorps augmentent généralement transitoirement après un traitement médical ou percutané, ce qui peut être dû à la libération d'antigènes (Brunetti and Jr, 2012).

#### **II.2.3.2.4. Autres examens de diagnostic :**

- **Parasitologique :**



Le diagnostic spécifique des infections des kystes hydatiques repose principalement sur l'examen microscopique du liquide hydatique, des aspirations bronchiques, des vomiques hydatiques, des selles (lorsqu'un kyste s'ouvre dans les voies biliaires), voire même de l'urine (hydaturie). Il repose également sur la mise en évidence de la présence de protoscolex, de crochets, voire de fragments de la membrane laminée, même en leur absence (Clavel *et al.*, 1999, Higuira *et al.*, 2016).

La ponction exploratrice du kyste est formellement contre-indiquée en raison du risque de dissémination et de formation de foyers secondaires.

Plusieurs méthodes alternatives pour améliorer la visibilité des éléments hydatiques ont été décrites. L'observation microscopique du culot de centrifugation du liquide hydatique permet de mettre en évidence la fertilité du kyste par la présence de crochets provenant de protoscolex abîmés, de protoscolex invaginés ou dévaginés, voire même de vésicules-filles endogènes.

Les crochets sont biréfringents en lumière polarisée et ont été signalés comme étant acido-résistants avec les colorations de Ziehl-Neelsen et de Fite-Faraco. Cependant, la coloration bleu trichrome de Ryan a été jugée meilleure que la coloration de Ziehl-Neelsen (Clavel *et al.*, 1999).

- **Anatomopathologique :**

L'analyse histologique consiste à visualiser directement le parasite (scolex) ou l'une des composantes kystiques à partir de biopsies ou de pièces chirurgicales. La coloration de référence utilise l'acide périodique de Schiff (PAS). La détection histologique de la couche stratifiée est cruciale car les protoscolex et les crochets sont très rarement trouvés au cours de l'examen histologique (Barth and Casulli, 2021).

En cas d'absence de scolex, le diagnostic histologique doit être complété par des analyses moléculaires pour confirmer l'espèce parasitaire impliquée ou la nature parasitaire de la lésion (Collaboration avec EchinoLiège, 2021).

- **Biologie moléculaire :**

La polymérase Chain reaction (PCR) permet de poser un diagnostic de confirmation en détectant des séquences spécifiques de gènes d'*E. granulosus* dans le matériel biologique prélevé, ce qui renforce la précision du diagnostic, notamment dans les cas où les méthodes conventionnelles peuvent présenter des limitations surtout pour les localisations atypiques, osseuses isolées en particulier (Carmoi *et al.*, 2008). Ces méthodes sont généralement réalisées à partir d'une biopsie (fraîche ou incluse en paraffine après formolisation) qui subit préalablement une étape d'extraction de l'ADN parasite.

- **Autres procédures de diagnostic :**

La biopsie par aspiration à l'aiguille fine (FNA) du kyste, réalisée sous guidage échographique et sous couverture anthelminthique, peut être utilisée pour différencier l'échinococcose kystique, les tumeurs malignes, les abcès et les kystes non parasitaires.

La procédure ne doit être effectuée que si du personnel est disponible pour gérer la rare réaction anaphylactique (Brunetti and Jr, 2012). Elle peut être utile dans la détection de lésions pulmonaires, rénales et d'autres lésions non hépatiques.

La viabilité des protoscolex aspirés peut être déterminée par la démonstration au microscope de l'activité des cellules à flamme et l'exclusion du colorant bleu trypan.

L'anticorps monoclonal anti-Ag5 a été utilisé pour la détection de l'antigène correspondant dans les biopsies diagnostiques par aspiration à l'aiguille fine (FNABs) de patients soupçonnés d'être atteints d'échinococcose kystique (Gottstein and Beldi, 2017).

#### **II.2.4. Prise en charge thérapeutique :**

- **Approche thérapeutique :**

La chirurgie reste le pilier du traitement de l'échinococcose kystique, mais une approche médicamenteuse complète et efficace peut également être envisagée pour prévenir les rechutes. Ces approches thérapeutiques visent à détruire le métacestode, ce qui peut être réalisé en stérilisant le contenu parasitaire et en éliminant le liquide ainsi que les parties du parasite par aspiration ou par excision chirurgicale du kyste dans son intégralité (Kern *et al.*, 2017).

L'Organisation Mondiale de la Santé soutient le renforcement des capacités au moyen de formations axées sur la prise en charge clinique de l'échinococcose kystique dans les zones rurales des pays touchés.

Il existe quatre approches principales de traitement pour les patients souffrant de kystes hépatiques et/ou abdominaux non compliqués (Hogea *et al.*, 2024) :

- Traitement médicale avec un BMZ ;
- Techniques de stérilisation percutanée ;
- Chirurgie conventionnelle ou mini-invasive ;
- Observation et attente "watch and wait".

Ces approches peuvent être utilisées indépendamment ou en combinaison (Kern *et al.*, 2017).

L'opinion des experts s'est éloignée de la prise en charge chirurgicale des kystes non compliqués, en particulier les kystes précoces et les kystes CE4 et CE5 (Coyle and Junghans, 2020) .

#### **II.2.4.1. Traitement médicale :**

Le traitement antiparasitaire constitue un traitement non invasif et moins limité par le statut du patient que la chirurgie (Noomen *et al.*, 2013).

Les médicaments actuellement disponibles pour lutter contre l'échinococcose kystique en milieu clinique se limitent principalement aux benzimidazoles (BMZ) qui agissent

efficacement contre la forme larvaire en ciblant le scolex et, dans certains cas, en réduisant la perméabilité de la membrane larvaire (Noomen *et al.*, 2013):

- Mébendazole (MBZ) : est le premier BMZ à avoir une activité *in vivo* contre l'échinococcose kystique. C'est l'alternative lorsque l'albendazole n'est pas bien toléré (Siles-Lucas *et al.*, 2018) ;
- Albendazole : est le médicament de choix pour traiter l'échinococcose kystique en raison de sa pharmacocinétique qui favorise l'absorption intestinale et la pénétration dans le kyste, et sa biodisponibilité, bien que médiocre, est meilleure que celle des autres agents antiparasitaires utilisés (Kern *et al.*, 2017) ;
- Praziquantel : peut également être utilisé en combinaison avec l'albendazole. Traitement pré et post-intervention pour prévenir l'échinococcose kystique secondaire sur la base de son activité contre les protoscolex (Kern *et al.*, 2017).

Des études récentes suggèrent qu'un traitement médicamenteux aux MBZ ou à l'ABZ peut constituer une alternative à la chirurgie chez les patients souffrant de kystes non compliqués (Coyle and Junghanss, 2020).

La durée et l'efficacité du traitement dépendent de plusieurs facteurs, notamment l'âge du patient, la taille et le nombre de kystes, leur topographie, leur classification échographique (qui reflète la fertilité du kyste), la souplesse du périkyste et la procédure à réaliser. Ces facteurs peuvent influencer la pénétration des médicaments et par conséquent, la biodisponibilité du composé à l'intérieur du kyste. Cependant, il convient de noter que plusieurs études soutiennent l'idée que les benzimidazoles (BMZ) ont un effet parasitostatique plutôt que parasitocide (Siles-Lucas *et al.*, 2018).

La posologie généralement recommandée est de 10 à 15 mg/kg/jour en deux prises fractionnées sans dépasser 800 mg/j.

Les BMZ, utilisés seuls ou associés avec d'autres composés scolicides adjuvants, sont également employés pour prévenir les récurrences résultant de déversement de protoscolex après une intervention chirurgicale ou un traitement percutané dans les cas d'échinococcose kystique (Siles-Lucas *et al.*, 2018).

- **Indication :**

Les benzimidazolés (BMZ) sont indiqués dans :

- Le traitement des kystes actifs de petite taille ( $\leq 6$  cm), stade CE1 et CE3a hépatique et pulmonaire : répondaient mieux au BMZ à un traitement unique, ce qui suggère une association entre la réponse au traitement et la taille du kyste ;
- La prévention des échinococcoses kystique secondaires après la chirurgie ou les procédures conventionnelles pour réduire la tension interne du kyste, pour compléter l'ablation mécanique du kyste ou la stérilisation chimique du parasite ;
- Le traitement des abcès soit dans le foie, soit dans les poumons en raison d'une communication kysto-biliaire ou kysto-bronchique ;
- Les atteintes de kystes hépatiques ou pulmonaires inopérables ;
- Les kystes multiples dans deux organes ou plus ;
- Les atteintes de kystes péritonéaux (Kern *et al.*, 2017) ;
- Les kystes profonds pouvant être traités par voie percutanée (Nazligul *et al.*, 2015).

- **Contre-indication :**

- Kystes présentant un risque de rupture ;
- Kystes géants ( $>10$  cm de diamètre) (Kern *et al.*, 2017) ;
- Maladies hépatiques chroniques et les maladies de la moelle osseuse ;
- Kystes inactifs ou calcifiés ;
- Grossesse (Nazligul *et al.*, 2015) ;

- **Effet indésirable :**

- Les nausées ;
- Une toxicité hépatique ;
- La suppression de la moelle osseuse est rare ;
- Une leucopénie réversible est survenue chez <1% des patients ;
- Céphalées, vertiges ;
- Troubles gastro-intestinaux ;
- Fièvre isolée en début de traitement ([Haif et al., 2020](#)).

#### **II.2.4.2. Traitement percutané « PAIR » :**

La ponction percutanée est connue sous le nom de PAIR : **P** : « ponction », **A** : « aspiration », **I** : « injection », **R** : « réaspiration ».

Il s'agit d'une technique peu invasive, utilisée dans le traitement des kystes du foie et d'autres localisations abdominales, ([Silva, 2015](#)).

Les traitements percutanés peuvent être divisés en deux grandes catégories : ceux qui visent à détruire la couche germinale (PAIR) ; et ceux qui visent à évacuer la totalité de l'endocyste (également connus sous le nom de Techniques de cathétérisme modifiées) ([Brunetti et al., 2010](#)).

- **Buts :**

- Inactiver le parasite ;
- Détruire la membrane proligère ;
- Evacuer le contenu du kyste ;
- Obtenir l'oblitération de la cavité résiduelle ([Noomen et al., 2013](#)).

- **Indication :**

- Elle est recommandée pour les patients inopérables et ceux qui refusent la chirurgie,
- En deuxième intention en cas de récurrence après la chirurgie ou en cas d'absence de réponse au BMZ seul ;
- Les meilleurs résultats avec PAIR + BMZ sont obtenus dans les kystes d'un diamètre de 5,6 cm à <10 cm CE1 et CE3a pour lesquels une fistule kysto-biliaire a été exclue, où il peut être le traitement de première intention ;
- Chez les femmes enceintes présentant des kystes symptomatiques et chez les enfants âgés de <3 ans, le risque du BMZ doit être soigneusement évalué ;

- **Contre-indications :**

- La PAIR ne doit pas être pratiquée dans les kystes hépatiques superficiels, car le kyste doit être suffisamment recouvert par le parenchyme hépatique pour éviter la rupture du kyste et l'écoulement lors du retrait de l'aiguille ;
- Les kystes inaccessibles ;
- La PAIR est contre-indiquée pour les CE2 et CE3b, pour les CE4 et CE5, et pour les kystes pulmonaires ;
- Les fistules biliaires contre-indiquent l'utilisation du protoscolicide ;
- Enfant de moins de 3 ans.

- **Principe et technique :**

La technique PAIR comprend :

**P :** « ponction », du kyste sous guidage échographique et mise en place d'un cathéter pour permettre une aspiration plus efficace ;

**A :** « aspiration », tout d'abord aspiration d'un contenu de 10 à 15 ml de liquide hydatique pour confirmer le diagnostic et rechercher une fistule kysto-biliaire qui contre-indique la suite du geste. Aspiration ensuite de tout le contenu du kyste ;

**I :** « injection », d'un produit scolicide (sérum salé hypertonique ou éthanol) laissé en place pendant 20 minutes ;

**R :** « réaspiration », de toute la solution scolicide sous contrôle échographique.

La communication avec les voies biliaires doit être évaluée en analysant le liquide du kyste à la recherche de bilirubine ou en injectant un produit de contraste dans la cavité du kyste avant l'étape de "l'injection".

Le décollement de l'endokyste atteste de l'efficacité du traitement.

Les kystes géants (>10 cm) sont mieux traités avec un drainage continu par cathéter jusqu'à ce que le débit journalier tombe en dessous de 10 ml.

- **Avantage :**

- La PAIR confirme le diagnostic et élimine le matériel parasitaire ;
- Elle est peu invasive, moins douloureuse, avec un taux de complication moindre ;
- Généralement moins coûteuse, avec une sortie et une reprise d'activité plus rapides (Noomen *et al.*, 2013).

- **Risques**

Les risques comprennent ceux associés à tout traitement percutané (TP) hépatique :

- Les fistules biliaires après décompression intrakystique ;
- La cholangite sclérosante si l'agent scolicide atteint les vaisseaux biliaires ;
- La persistance de vésicules filles exophytiques ;
- Les réactions anaphylactiques ;
- L'échinococcose secondaire ;
- Les kystes CE2 et CE3b traités par PAIR ont tendance à récidiver (Siracusano *et al.*, 2009, Noomen *et al.*, 2013).



- **Choix des protoscolicides ; prévention des déversements de protoscolex :**

Une prophylaxie à l'ABZ 4 heures avant et 1 mois après la PAIR est obligatoire.

Les protoscolicides utilisés dans la PAIR sont principalement du NaCl à 20% et de l'éthanol à 95%. La ponction transhépatique du kyste permet d'éviter l'écoulement péritonéal du protoscolex.

#### **II.2.4.3. Traitement chirurgical :**

Jusqu'aux années 1980, la chirurgie représentait la seule option thérapeutique pour les patients atteints d'échinococcose. L'objectif de la chirurgie était d'effectuer l'ablation totale du kyste tout en évitant les conséquences néfastes d'une rupture par :

- ✓ Stérilisation et ablation du parasite, première étape commune à toutes les techniques ;
- ✓ Suppression de la cavité résiduelle, partiellement avec les méthodes conservatrices et complète avec les méthodes radicales ;
- ✓ L'identification et le traitement des fistules biliaires, ainsi que le contrôle de la vacuité de la voie biliaire principale.

Cependant, il est essentiel d'évaluer soigneusement la chirurgie par rapport à d'autres approches avant d'opter pour ce traitement.

- **Indications :**

La chirurgie reste le premier choix pour :

- L'ablation de gros kystes CE2-CE3b avec de multiples vésicules filles ;
- Les kystes hépatiques uniques superficiels simples qui peuvent se rompre spontanément ou à la suite d'un traumatisme lorsque les traitements percutanés ne sont pas disponibles ;
- Les kystes compliqués : les kystes infectés et les kystes communiquant avec l'arbre biliaire encore une fois, lorsque les traitements percutanés ne sont pas disponibles ;
- Les kystes exerçant une pression sur d'autres organes vitaux (Nunnari *et al.*, 2012) ;

- Les kystes dans les poumons, le cerveau et les reins, les os et d'autres organes (Moro and Schantz, 2009).

- **Contre-indications :**

- Chez les patients auxquels s'appliquent les contre-indications générales à la chirurgie ;
- Les kystes asymptomatiques inactifs ;
- Les kystes difficiles d'accès et les kystes de très petite taille (Nunnari *et al.*, 2012) ;
- Les kystes totalement calcifiés ;
- Les patients aux âges extrêmes ;
- Les femmes enceintes ;
- Les patients souffrant de maladies graves concomitantes (c'est-à-dire de maladies cardiaques, rénales ou hépatiques, de diabète et d'hypertension) (Eckert *et al.*, 2001).

- **Avantages :**

La chirurgie peut guérir complètement le patient mais n'empêche pas totalement la récurrence.

- **Risques :**

- Réactions anaphylactiques ;
- Une échinococcose secondaire dû à l'écoulement de matériel parasitaire viable : La récurrence peut résulter d'une ablation incomplète des kystes ou de la présence de kystes non détectés précédemment ;
- La mortalité opératoire varie de 0,5 % à 4 %, mais peut être plus élevée si les installations chirurgicales et médicales sont inadéquates (Moro and Schantz, 2009);
- Les complications chirurgicales comprennent l'hémorragie postopératoire, la cholangite, la septicémie et la formation de fistules (Eckert *et al.*, 2001).

- **Utilisation de protoscolicides pendant la chirurgie de l'échinococcose kystique :**

La dissémination peropératoire de liquide hydatique riche en protoscolex au cours de la chirurgie ou de la procédure PAIR constitue une cause majeure de récurrence des kystes dans l'échinococcose kystique. L'injection d'un protoscolicide dans les kystes de l'échinococcose kystique pour réduire le risque de dissémination de protoscolex viables et de récurrence éventuelle fait partie intégrante de la technique chirurgicale employée par de nombreux chirurgiens dans le monde. Un très large éventail d'agents protoscolicides, allant de l'eau chaude au formol hautement toxique, a été testé au cours des 50 dernières années, mais la faisabilité, la sécurité et l'efficacité de bon nombre de ces composés n'ont généralement pas été déterminées. Des complications graves ont limité l'utilisation de certains d'entre eux ; le formol et la bétadine ne doivent en aucun cas être utilisés. Cependant, la majorité d'entre eux, bien que moins nocifs que ces deux composés, ont entraîné de graves complications biliaires, d'embolie gazeuse, rénales et toxiques qui ont limité leur utilisation ; la toxicité pour la muqueuse des voies biliaires explique pourquoi la communication entre le kyste de l'échinococcose kystique et les voies biliaires doit être soigneusement vérifiée avant l'utilisation de tout agent protoscolicide. Des efforts considérables ont été déployés pour découvrir d'autres protoscolicides potentiels, y compris des extraits de plantes et l'utilisation de méthodes physiques *in vitro*, mais les détails de leur application clinique font défaut. Actuellement, le groupe de travail Informel de l'Organisation Mondiale de la Santé sur l'échinococcose recommande une solution saline hypertonique à 20 % comme protoscolicide préféré en chirurgie et une solution saline hypertonique à 20 % ou de l'alcool à 95 % en PAIR, mais des études comparatives rigoureuses et de haute qualité sur ces agents protoscolicides sont toujours attendues ([Wen et al., 2019](#)).

#### **II.2.4.4. Approche de surveillance et d'attente "Watch and Wait" :**

Le suivi à long terme des patients grâce à l'imagerie US a renforcé la confiance des cliniciens dans le fait que, dans certains cas, le traitement de l'échinococcose kystique peut être suspendu.

C'est une option pour les kystes inactifs non compliqués, y compris la plupart des kystes CE4 et tous les kystes CE5. Ces types de kystes semblent rester stables en taille ou dégénérer avec le temps et ne compromettent pas les fonctions des organes ou n'entraînent pas de gêne pour le patient. Toutefois, ces kystes doivent faire l'objet d'un suivi échographique à long terme pendant au moins 10 ans. L'approche de surveillance et d'attente peut également convenir à d'autres types de kystes (par exemple, les petits kystes CE1) (Kern *et al.*, 2017).

En conclusion, le traitement des kystes hydatiques est complexe et nécessite une approche individualisée en fonction des caractéristiques cliniques et radiologiques de chaque patient. Une meilleure compréhension des différentes modalités thérapeutiques et de leur impact sur les résultats à long terme est essentielle pour améliorer la prise en charge de cette maladie et réduire le fardeau clinique et économique associé aux kystes hydatiques.

### **II.2.5. Mesures de prophylaxie et de lutte contre la maladie hydatique : Une approche pour son éradication :**

La maladie hydatique persiste comme un défi de santé publique majeur, nécessitant des mesures prophylactiques strictes pour son éradication. Dans cette perspective, l'attention se concentre sur l'hôte définitif, principalement les chiens, dans le but de réduire ou d'éliminer les charges de vers adultes, éléments cruciaux dans la transmission d'*E. granulosus* entre les chiens et les moutons. Cependant, la mise en place efficace de ces mesures est étroitement liée à l'amélioration du niveau de vie des populations concernées.

#### **II.2.5.1. Prophylaxie sanitaire :**

Dans cette optique, l'éducation sanitaire des populations résidant dans les zones d'endémie revêt une importance capitale focalisée sur :

- ✓ L'hygiène et les pratiques de contact avec les chiens, cette initiative vise à sensibiliser les individus aux comportements préventifs ;

- ✓ Une stratégie impliquant l'abattage des chiens errants est considérée comme nécessaire pour réduire la propagation de la maladie ;
- ✓ Le renforcement du contrôle sanitaire vétérinaire lors de l'abattage du bétail, avec une attention particulière à l'incinération des abats porteurs d'hydatides, s'avère indispensable pour limiter la transmission de la maladie ;
- ✓ La lutte contre l'abattage non rituel ;
- ✓ Les enquêtes radiographiques utilisant des techniques d'imagerie, en particulier les échographes portables au niveau communautaire, constituent une approche de dépistage de masse relativement nouvelle pour la surveillance humaine dans le cadre des programmes de lutte contre l'échinococcose kystique ;
- ✓ La destruction des parasites expulsés par les chiens lors de vermifugation afin d'éviter leur dispersion et leur contamination environnementale.

#### **II.2.5.2. Prophylaxie médicale :**

L'OMS et son partenaire, l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE), soutiennent l'élaboration de programmes de lutte contre l'échinococcose dans le cadre d'une approche « Un monde, une santé » (One Health), un accent est mis sur :

- ✓ Le dépistage et la vermifugation régulière des chiens, en particulier des chiens errants, pour réduire leur charge parasitaire : le Praziquantel reste le traitement de choix qui peut constituer un moyen efficace et peu coûteux pour rompre le cycle du parasite et par conséquent contrôler rapidement la maladie ;
- ✓ De plus, la vaccination des hôtes intermédiaires domestiques avec un antigène recombinant (EG 95), est envisagée comme une option prometteuse pour contrôler la transmission de la maladie. Cependant, malgré son potentiel, la disponibilité généralisée de cette approche reste encore limitée, nécessitant des efforts supplémentaires pour son

développement et son déploiement à grande échelle. La protéine recombinante EG 95 a été utilisée avec succès dans des essais de vaccins ovins contre l'échinococcose kystique dans plusieurs pays avec niveau de protection atteint variait de 96 à 100 %.

- ✓ La combinaison de la vaccination et du traitement antihelminthique des chiens est une approche innovante et prometteuse : le potentiel d'une vaccination efficace des hôtes définitifs contre *E. granulosus* est incertain à l'heure actuelle.

Un processus en quatre étapes a été appliqué par Michael Gemmell ([Craig et al., 2017](#)) pour la mise en œuvre d'un programme de contrôle ou d'éradication de l'échinococcose kystique :

1. Préparation : organisation du programme et du système de surveillance, formation du personnel ;
2. Attaque : étape qui commence lorsque la principale mesure de contrôle destinée à déstabiliser le parasite est initiée ;
3. Consolidation : destinée à identifier et à éliminer les sources restantes grâce à un système de vigilance intense ;
4. Éradication : si la transmission a cessé parce que le parasite s'est éteint, la surveillance sera maintenue afin d'éviter sa réintroduction ([Larrieu et al., 2019](#)).

La Nouvelle-Zélande et la Tasmanie sont des exemples de programmes de lutte de première génération qui ont permis d'éliminer l'échinococcose kystique en tant que problème de santé publique et même d'éliminer le parasite chez les chiens et les moutons.

Il convient de noter que les programmes de lutte sont coûteux et peuvent s'étendre sur plus de 30 ans, en fonction de l'option de lutte utilisée dans une zone donnée. Cependant, la participation des animaux sauvages au cycle sylvatique complexifie ces efforts, notamment en interférant avec le cycle domestique mouton-chien.

Lorsque les mesures de lutte contre les échinococcoses kystiques peuvent être intégrées à la lutte contre d'autres maladies zoonotiques ou à des programmes de santé publique (dans le cadre des approches "One Health"), cela devrait être plus efficace et plus rentable.

Actuellement, il n'existe pas de programme officiel en Algérie pour lutter contre cette parasitose. Mis à part les campagnes de sensibilisation menées par les services de santé publique avant la fête de l'Aïd el Adha, ainsi que les efforts des services vétérinaires pour promouvoir un "Aïd sans kyste", les autres mesures semblent rencontrer des difficultés sur le terrain en raison de la nécessité de changer tout un comportement, notamment en ce qui concerne les us et coutumes.

# **Chapitre III :**

## **Description des plantes étudiées**



### **III.1. Description et propriétés de *Myrtus communis* L. :**

#### **III.1.1. Description botanique :**

*Myrtus communis* Linn. : *Myrtus*, le nom grec du myrte, et *communis* signifie plante commune poussant en groupes ; est un arbuste ou un petit arbre aromatique à feuilles persistantes, de 1,8 à 2,4 m de hauteur, avec un petit feuillage et une écorce profondément fissurée (Sumbul *et al.*, 2011).

La tige de la plante est ramifiée et les feuilles vert foncé sont brillantes, glabres, coriaces, opposées, jumelées ou verticillées, ovales à lancéolées avec une structure rigide, aromatiques, à bord entier, acuminées et longues de 2,5-3,8 cm. Elles abritent de nombreuses petites glandes translucides qui sécrètent des huiles essentielles, leur conférant un arôme prononcé lorsqu'on les froisse.

La floraison peut commencer dès mai-juin et se poursuivre jusqu'en août (Bouzabata, 2015). Les fleurs sont blanches axillaires sur des pédoncules minces, de taille moyenne d'environ 2 cm de diamètre, raides avec des anthères jaunes. Les pétales sont d'un blanc pur avec des glandes et une marge quelque peu tomenteuse couverte de poils fins. Ils dégagent une odeur douce et parfumée.

Les baies sont de la taille d'un pois, orbiculaires ou ovoïdes-ellipsoïdes, bleu-noir ou blanches avec des graines dures en forme de rein. Elles sont de taille (0,7-1,2 cm) et de forme variable. La baie glabre a une forme arrondie (en forme de vase) avec une partie centrale gonflée et des restes de calice persistant à 4-5 parties dans la partie externe. Le fruit développé est d'abord vert pâle, puis devient rouge foncé et enfin indigo foncé à maturité. Ils sont amers lorsqu'ils ne sont pas mûrs et sucrés lorsqu'ils sont mûrs.

La plante est très tolérante à la sécheresse et n'a besoin que de peu ou de modérément d'eau. Il peut pousser dans des endroits humides, à l'ombre ou en plein soleil jusqu'à 800 m d'altitude. Sa période de floraison est l'été (Sumbul *et al.*, 2011). Elle est connue pour ses utilisations thérapeutiques, cosmétiques et alimentaires (Sisay and Gashaw, 2017).

### III.1.2. Dénomination internationale :

Le myrte commun porte différentes appellations selon les pays (Goetz and Ghedira, 2012):

- Français : herbe du lagui, myrte commun ;
- Anglais : common myrtle, Greek myrtle, myrtle, sweet myrtle ;
- Allemand : Braut-Myrte, Brautmyrte, Gewöhnliche Myrte ;
- Néerlandais : Mirt ;
- Espagnol : arrayán, mirto, murta, murt.
- Italien : mirtella, mirto, mortella, mortin ;
- Arabe : arrayhan, A'as, المرعيان ;
- Berbère : Tarihant.



**Figure 10.** *Myrtus communis* L. (Sumbul *et al.*, 2011).

### III.1.3. Taxonomie (Schoch *et al.*, 2020) :

Le myrte commun (*Myrtus communis*) appartient au :

<b>Règne :</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sous-règne :</b>	Tracheobionta
<b>Embranchement :</b>	Magnoliophyta
<b>Classe :</b>	Magnoliophytina
<b>Sous-classe :</b>	Rosidae
<b>Ordre :</b>	Myrtales
<b>Famille :</b>	Myrtaceae
<b>Genre :</b>	<i>Myrtus</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Myrtus communis</i> L.

### III.1.4. Distribution géographique :

L'espèce *Myrtus* est probablement originaire du Moyen-Orient, quelque part au sud du Caucase, mais elle s'est répandue comme plante ornementale jusqu'au sud de l'Europe et au nord de l'Afrique (Asgarpanah and Ariamanesh, 2015), et en d'Asie occidentale. Il est également répandu en Amérique du Sud, dans le nord-ouest de l'Himalaya et en Australie, ainsi que dans la région méditerranéenne (Alipour *et al.*, 2014). Le myrte commun pousse spontanément en Espagne, en France, en Tunisie, en Algérie et au Maroc (Nassar *et al.*, 2010). Il est aussi cultivé dans les jardins, notamment dans la région du nord-ouest de l'Inde, en raison de ses fleurs parfumées.

### III.1.5. Utilisations médicinales :

Le myrte (*Myrtus communis* L., Myrtaceae) est une plante médicinale largement reconnue, utilisée à travers le monde dans la médecine traditionnelle (Alipour *et al.*, 2014). Il revêt une grande importance historique, avec Hippocrate et Soranos mentionnant de multiples

applications médicales du myrte dans le traitement des affections gynécologiques. Dioscoride et Galien ont également noté qu'il pouvait être utilisé dans la composition d'emplâtres pour le traitement de certaines plaies (Touzé, 2009). Le myrte était connu pour son action antiseptique. Le suc des baies était traditionnellement utilisé comme stomachique et diurétique, tandis que les graines étaient employées pour traiter les affections osseuses (Bouzabata, 2015).

En Algérie, les feuilles de *M. communis* L. sont utilisées pour traiter les maladies des voies respiratoires. Les préparations à base de plantes sont préconisées contre les bronchites, les sinusites, les otites, les diarrhées et les hémorroïdes. Les fruits servent de traitement à la dysenterie, à l'entérite et aux hémorragies. On reconnaît en Algérie le myrte pour ses propriétés anti-inflammatoires et hypoglycémiantes, et il est recommandé comme médicament antihypertenseur (Boudjelal *et al.*, 2013).

### **III.1.6. Activités pharmacologiques :**

Des études ethnopharmacologiques approfondies ont démontré que *M. communis* L. est doté d'activités pharmacologiques prometteuses, notamment antimicrobiennes, anticancéreuses, antidiabétiques, antiulcéreuses, antidiarrhéiques et anti-inflammatoires, antivirales, antifongiques, analgésiques, antioxydantes, antimutagènes, antihémorragiques, hépatoprotectrices, cicatrisantes et antihyperglycémiques (Benchikh *et al.*, 2018, Sisay and Gashaw, 2017).

### **III.2. Description et propriétés de *Atriplex halimus* L. :**

*Atriplex halimus* L. est une plante aromatique appartenant à la famille des Chénopodiaceae / Amaranthaceae. Elle est communément appelée " Guettaf, Arroche, Pourpier de mer". *A. halimus* est un arbuste halophyte largement répandu dans les zones méditerranéennes arides et semi-arides, sur les hauts plateaux et sur le littoral où les conditions favorables sont regroupées. Il mesure jusqu'à 3 m de haut et est ramifié à partir de la base. L'écorce est de couleur gris-blanc

et les feuilles mesurent 10-30 mm de long et 5-20 mm de large. La forme des feuilles est très variable, allant de deltoïde-orbiculaire à lancéolée ; elles sont atténuées à la base avec un pétiole court. La saison de floraison-fructification s'étend de mai à décembre (Nedjimi.B. *et al.*, 2013). Le potentiel d'utilisation économique de cette plante réside dans sa capacité à fournir des sources de fourrage à haute valeur nutritive pendant les saisons sèches (Elbouzidi *et al.*, 2022).

### III.2.1. Taxonomie :

Classification classique et phylogénétique du genre *Atriplex* (Fatmi, 2020) indique qu'il appartient à :

<b>Règne :</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sous-règne :</b>	Tracheobionta
<b>Embranchement :</b>	Magnoliophyta
<b>Classe :</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe :</b>	Caryophyllidae
<b>Ordre :</b>	Caryophyllales
<b>Famille :</b>	Chénopodiaceae / Amaranthaceae
<b>Genre :</b>	<i>Atriplex</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Atriplex halimus</i> L.



**Figure 11.** *Atriplex halimus* L. (Walker *et al.*, 2014).

### **III.2.2. Distribution géographique :**

L'*A. halimus* pousse naturellement dans toute la Macaronésie, le bassin méditerranéen et au-delà en Asie occidentale : y compris le sud du Portugal, la France, le sud et l'est de l'Espagne (et les îles Canaries), l'Italie, la Grèce, Malte, la Turquie, Chypre, la Syrie, le Liban, la Jordanie, la Tunisie, le Maroc, l'Algérie, la Libye, l'Égypte et l'Arabie saoudite. En raison de ses utilisations variées, notamment comme fourrage pour le bétail, elle a été introduite ailleurs : par exemple à Oman, en Iran, en Irak, au Pakistan, en Afrique du Sud, au Chili, en Argentine, en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis (Walker *et al.*, 2014).

En Algérie, le genre *Atriplex* s'établit naturellement dans les étages bioclimatiques arides et semi-arides où les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saida, Tébessa et Tiaret). Le genre *Atriplex* se rencontre également sur les littorales et même au Sahara, au Hoggar, et particulièrement dans les régions de Bechar où les nappes logent les dépressions d'Oued.

### III.2.3. Utilisations médicinales :

En médecine traditionnelle *A. halimus* est utilisée pour améliorer le contrôle de la glycémie chez les patients diabétiques et pour traiter les problèmes cardiaques. Elle est utilisée pour un large éventail de troubles, notamment l'inflammation, les mains craquelées, la régulation des hormones, les maladies cardiaques, les rhumatismes, l'anémie, et la syphilis. Par ailleurs, l'*A. halimus* est également employé pour soigner les inflammations des voies urinaires, telles que la cystite, ainsi que pour traiter les lithiases urinaires. Il est utilisé comme diurétique et dépuratif pour favoriser le drainage de la peau et des reins. Il est souvent intégré à tout régime nécessitant un drainage des tissus et une élimination des déchets et des toxines (Zeghib and Boutlelis, 2021). Bien qu'elle soit depuis longtemps un remède populaire, dans le monde arabe actuel, l'*A. halimus* est utilisée pour traiter les affections thoraciques, comme laxatif, pour guérir les douleurs gastriques et musculaires, lutter contre les vers intestinaux et réguler les excréctions de la vésicule biliaire (Slama *et al.*, 2020).

Dans la région subsaharienne de l'Algérie, il est utilisé pour traiter différentes maladies telles que le diabète, les rhumatismes et le kyste hydatique (Yabrir *et al.*, 2018, Bouaziz *et al.*, 2021).

### III.2.4. Activités pharmacologiques :

Les différentes espèces de l'*Atriplex* possèdent un éventail de potentiels biologiques incluant des propriétés antifongiques, antimicrobiennes et antidiabétiques. Par exemple, des extraits des parties aériennes d'*A. halimus*, obtenus à l'aide de méthanol ou d'hexane et contenant des composés tels que des alcaloïdes, des stéroïdes, des flavonoïdes et des glycosides, ont démontré une activité antibactérienne *in vitro* contre diverses souches de bactéries pathogènes, qu'elles soient Gram-positives ou Gram-négatives. De plus, la décoction des feuilles d'*A. halimus* est traditionnellement utilisée comme purificateur sanguin, ainsi que pour traiter la fièvre, l'ictère et les affections hépatiques (Ali *et al.*, 2021).

Cependant, peu d'études ont exploré les activités cytotoxiques de l'A. *halimus*, notamment contre les lignées cellulaires du cancer du sein, ainsi que ses propriétés antioxydantes (Elbouzidi *et al.*, 2022). L'activité antileishmanienne *in vitro* a été évaluée contre *Leishmania major*, un agent causal de la leishmaniose cutanée (Kabbash and Shoeib, 2012).



# Partie expérimentale

# Partie I

## **Épidémiologie de l'échinococcose kystique chez l'enfant et l'adolescent diagnostiquée à l'hôpital mère et enfant de Sétif**

## **\*Objectifs :**

La première partie de notre étude vise essentiellement les objectifs suivants :

- Étudier le profil épidémiologique des cas d'hydatidose chez les enfants et les adolescents déclarés (opérés et non opérés) à l'hôpital mère et enfant CHU de Sétif. Cela implique la collecte de données sur l'âge, le sexe, l'habitat, les antécédents personnels médicaux, et les résultats des examens paracliniques, pour comprendre la distribution et l'évolution de la maladie chez cette catégorie d'âge.
- Evaluer la fertilité des kystes selon leur localisation tissulaire, l'âge et le sexe des enfants et des adolescents opérés, afin d'obtenir des données plus précises concernant les facteurs pouvant éventuellement influencer les mécanismes de la formation des protoscolex.
- Caractérisation moléculaire et génotypage des kystes hydatiques collectés à partir des enfants et adolescents opérés.

## **I.1. Matériel et Méthodes :**

### **I.1.1. Zone d'étude :**

Notre étude a été effectuée au niveau du service de chirurgie de l'enfant et de l'adolescent, hôpital mère et enfant « Kharchi Messaouda » du CHU de la wilaya de Sétif.

### **I.1.2. Période d'étude :**

La période d'étude s'est étendue pour trois ans, du mois de Janvier 2020 au mois de Janvier 2023.

### **I.1.3. Patients étudiés :**

Durant trois ans, l'ensemble des enfants et adolescents, diagnostiqués avec confirmation comme atteints de kystes hydatique et qui ont été pris en charge dans le service de chirurgie ont été inclus dans notre enquête. Ces patients sont âgés de 03 à 15 ans.

#### **I.1.4. Type d'étude :**

Cette étude est une analyse descriptive combinant des approches rétrospectives et prospectives, se concentrant sur les cas de kystes hydatiques déclarés chez les enfants et adolescents, qu'ils aient été soumis à une intervention chirurgicale ou non.

#### **I.1.5. Collection des données :**

Pendant notre enquête, 92 données rétrospectives et prospectives concernant les patients ont été collectées auprès des sources suivantes : le registre du bloc opératoire, les dossiers médicaux des patients, le registre de service de la chirurgie pédiatrique des maladies à déclaration obligatoire, ainsi que lors d'interrogatoires menés avec les parents des patients. Les données collectées ont porté sur les données épidémiologiques et cliniques et paracliniques.

#### **I.1.6. Méthode de diagnostic :**

##### **I.1.6.1. Diagnostic parasitologique :**

Le diagnostic parasitologique des kystes hydatiques s'est basé sur le prélèvement du liquide hydatique et/ou de la membrane proligère, récupérés à la suite d'un traitement percutané (PAIR) ou d'une intervention chirurgicale. Ce diagnostic vise à identifier macroscopiquement les membranes hydatiques et à tester microscopiquement la fertilité du liquide hydatique des kystes collectés. Tout kyste hydatique ayant présenté des protoscolex à l'examen microscopique, est qualifié comme kyste fertile ([Galindo et al., 2002](#)).

##### **I.1.6.2. Diagnostic moléculaire :**

###### **➤ Récupération et conservation des échantillons :**

Après l'examen parasitologique, chaque kyste a été soigneusement identifié, en enregistrant les données telles que le nom, le prénom, le sexe, l'habitat du patient et la localisation des kystes ([Tableau 8](#)). Ensuite, les protoscolex si le kyste est fertile ou un fragment de la membrane

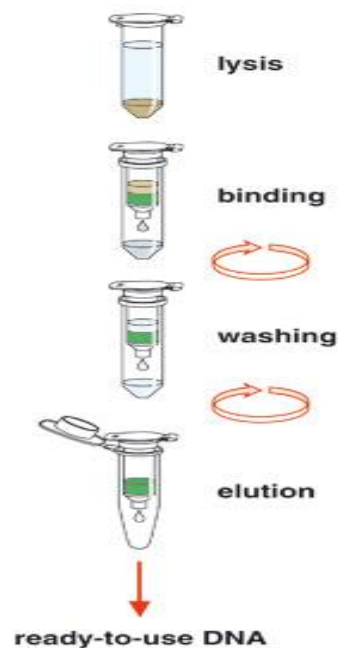
proligère si le kyste est stérile ont été conservés dans l'éthanol à 70 % à une température de -20 °C jusqu'à leur utilisation pour l'analyse moléculaire. L'ensemble des kystes conservés et identifiés ont été envoyés au laboratoire de parasitologie et de mycologie de l'hôpital universitaire de Besançon (France) pour génotypage.

**Tableau 8.** Caractéristiques des prélèvements kystiques infantiles.

Nombre d'échantillons	Localisation des kystes	Nature de prélèvement
	hydatiques	
24	Hépatique	Protoscolex et/ou Membrane proligère
18	Pulmonaire	
1	Splénique	
1	Vésicale	

#### I.1.6.2.1. Extraction d'ADN :

- **But principal :** Isolement de l'ADN total à partir des protoscolex ou la membrane proligère des kystes collectés.
- **Principe :** L'ADN total a été extrait à l'aide d'un kit NucleoSpin Tissue (Macherey-Nagel, Düren, Allemagne), conformément aux recommandations du fabricant. Quelques millimètres cubes d'échantillon ont été utilisés pour l'extraction de l'ADN. L'élution de l'ADN a été réalisée dans 100 à 200 µl de tampon d'élution (Figure 12). L'ADN extrait a été conservé entre +2°C et +8°C pour une utilisation rapide ou à <-18°C pour une utilisation ultérieure.

**NucleoSpin® Tissue XS procedure**

**Figure 12.** Différentes étapes de l'extraction d'ADN par le kit NucleoSpin Tissue.

#### I.1.6.2.2. Dosage de l'ADN :

- **But :** Mesurer la quantité et la qualité de l'ADN extrait avant l'étape de la PCR, vise à obtenir une meilleure amplification du gène ciblé.
- **Principe :** Le dosage de l'ADN a été effectué par dépôt sur la cellule de l'appareil de nanophotométrie (Implen) de 2  $\mu\text{l}$  d'ADN extrait. Les valeurs de concentration ( $\text{ng}/\mu\text{l}$ ) et la valeur de DO (rapport 260/280) ont été enregistrées. Si l'échantillon présente une concentration d'ADN  $>50 \text{ ng}/\mu\text{l}$ , une dilution a été réalisée avec le même tampon d'éluion (kit d'extraction d'ADN) pour être aux environs de  $50 \text{ ng}/\mu\text{l}$ .

#### I.1.6.2.3. Analyse par PCR (Polymerase Chain Reaction) en point final :

- **Amplification du gène 12S rRNA par PCR selon le protocole de Roelfsema *et al.* (2016) :**
  - **But :** La recherche spécifique de l'ADN d'une espèce parasitaire (exemple : *E. granulosus*) est réalisée en copiant un grand nombre de fois (amplification) d'un fragment

d'ADN ciblé, le gène 12S rRNA par l'emploi des amorces (oligonucléotides), déterminant le début et la fin de la séquence d'intérêt.

- **Principe :** La recherche d'ADN d'*E. multilocularis*, d'*E. granulosus* ou les deux (pan-*Echinococcus*) est réalisée par 3 amplifications effectuées en parallèle de manière systématique (Tableau 9).

➤ **Les couples d'amorces :**

Trois préparations de mélanges réactionnels pour 3 PCR :

- ✓ *E. multilocularis* = EM H15-H17 (Georges *et al.*, 2004) ;
- ✓ *E. granulosus* sensu stricto (souche ovine G1) = Eg G1 (Štefanić *et al.*, 2004) ;
- ✓ *Echinococcus* spp. = 12S Echino (Roelfsema *et al.*, 2016).

**Tableau 9.** Amorces utilisées en routine pour le génotypage d'*E. granulosus*.

Nom des amorces	Séquences 5'-3'	Gène cible	Espèce ciblée	Taille amplicon	Références
EM-H15_fwd	CCATATTACAACA ATATTCCTATC	12S rRNA	<i>E.</i> <i>multilocularis</i>	200 pb	(Georges <i>et al.</i> , 2004)
EM-H17_rev	GTGAGTGATTCTT GTTAGGGGAAG				
Eg_G1_fwd	CATTAATGTATTTT GTAAAGTTG	12S rRNA	<i>E. granulosus</i>	255 pb	(Štefanić <i>et al.</i> , 2004)
Eg_G1_rev	CACATCATCTTAC AATAACACC				
12S_Echino_fwd	AAAKGGTTTGGC AGTGAGYGA *	12S rRNA	<i>Echinococcus</i> spp.	285 pb	(Roelfsema <i>et al.</i> , 2016)
12S_Echino_rev	GCGGTGTGTACC TGAGCTAAAC				

\*Amorces dites « dégénérées » : G/T= K ; C/T=Y

➤ **Préparation du mélange réactionnel :**

- **But** : Calcul pour réaliser le mélange réactionnel en vue de réaliser les cycles de PCR.
- **Méthode** :
  - Faire systématiquement 1 témoin échinococcose alvéolaire, 1 témoin échinococcose kystique (ADN patients antérieurs) et un témoin négatif, quelle que soit la PCR et 1 témoin d'inhibition (ADN patient + témoin positif) pour la PCR pan-*Echinococcus*.
  - Vortexer brièvement les différents tubes (amorces et ADN dans les secteurs respectifs).
  - Sous la hotte de mix, préparer les trois mélanges réactionnels, un pour chaque couple d'amorces, en suivant les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous ([Tableau 10](#)) :

**Tableau 10.** Préparation du mélange réactionnel.

Réactifs	Volume pour 1 échantillon
Master mix 10X (Taq polymérase)	10 µl
Amorce Sens (10 µm)	1 µl
Amorce Anti-sens (10 µm)	1 µl
H <sub>2</sub> O	7 µl
ADN (1 à 50 ng/µl)	1 µl
<b>Volume total</b>	<b>20 µl</b>

- Vortexer brièvement les différents tubes de mix PCR.
- Sous la hotte de dépôt d'ADN, distribuer 19 µl de mélange réactionnel dans des microtubes individuelles 0,2 ml.
- Procéder aux dilutions d'ADN si nécessaire quand échantillon d'ADN (>50 ng/µl).
- Déposer 1 µl d'ADN à tester dans les microtubes 0,2 ml.
- Pour la PCR 12S-*Echinococcus*, réaliser le témoin d'inhibition : 1 µl d'ADN à tester + 1 µl d'ADN de témoin positif (témoin échinococcose alvéolaire pour suspicion d'échinococcose kystique et témoin échinococcose kystique pour suspicion



d'échinococcose alvéolaire). Refermer les microtubes 0,2 ml au fur et à mesure du dépôt d'ADN.

- Dans le tube du témoin négatif, déposer 1 µl d'eau sous la hotte de dépôt d'ADN.
- Mixer et vortexer les microtubes pour éliminer les éventuelles bulles présentes au fond des microtubes et centrifuger pour déposer au fond du microtube le volume réactionnel + ADN.

➤ **Programmes PCR :**

- Placer les microtubes 0,2 ml dans les blocs du thermocycleur (1 bloc par PCR) (Figure 13).
- Choisir le programme désiré, vérifier le programme tableau ci-dessous (Tableau 11).

**Tableau 11.** Programmes PCR pour le diagnostic moléculaire d'échinococcose.

<b>EM-H15/H17</b>	<b>Eg_G1</b>	<b>12S_Echino</b>
<b>95°C 15 min</b>	94°C 10 min	94°C 10 min
<b>95°C 30 s</b>	94°C 30 s	94°C 30 s
<b>55°C 30 s X 40</b>	53°C 30 s X 40	55°C 30 s X 40
<b>72°C 30 s</b>	72°C 45 s	72°C 1 min
<b>72°C 5 min</b>	72°C 10 min	72°C 2 min

➤ **Révélation du gel :**

- **But :** A la suite des cycles de PCR, un premier contrôle des résultats est effectué en réalisant une électrophorèse de produits de PCR, permettant de vérifier la taille de l'amplicon.
- **Principe :**
  - On pèse 1,5 g d'agarose dans un Erlenmeyer, on ajoute 100 ml de solution TAE 1X ;

- La solution est chauffée au micro-onde à puissance maximum pendant 2 min en remuant toutes les 30 sec ;
- 10  $\mu$ L de solution SybrSafe DNA Gel Stain sont ajoutés à la préparation quand le liquide a atteint 50°C ;
- La solution est coulée dans un moule pour cuve d'électrophorèse Wide Mini Sub Cell GT avec un peigne permettant de former après polymérisation des puits. La polymérisation s'effectue en 20 min ;
- 8  $\mu$ l de produits de PCR mélangés à 2  $\mu$ l d'alourdisseur sont déposés dans les puits du gel ainsi que 6  $\mu$ l de marqueur de taille dans un puits à part (PM) ;
- La migration des produits de PCR est réalisée dans un champ électrique de 100 V (de la borne négative vers la borne positive) pendant 30 min ;
- La présence des bandes est révélée sous les UV.



**Figure 13.** Thermocycleur T3 Biometra.

#### **I.1.6.2.4. Séquençage :**

- **But :** À la suite de l'électrophorèse des produits de PCR, une bande de taille attendue a été visualisée, les produits de PCR seront alors séquencés pour la confirmation du

diagnostic d'échinococcose alvéolaire (*E. multilocularis*), ou d'hydatidose (*E. granulosus* sensu lato).

➤ **Purifier les produits de PCR :**

- **But :** Afin de réaliser le séquençage des amplicons, les produits de PCR doivent être débarrassés de l'excédent d'amorces et de nucléotides présents en fin de réaction.

➤ **Doser les produits de PCR à séquencer :**

À l'aide de l'appareil Nanodrop la concentration en nucléotide est mesurée. Celle-ci doit être ajustée au besoin à 30 ng/μl.

➤ **Préparation pour séquençage :**

- **Principe :**

- Les produits de PCR sont purifiés à l'aide de la trousse Gel and Clean Up (Macherey-Nagel) selon les recommandations du fournisseur à partir des 12 μl de produits de PCR restant après le gel d'électrophorèse. Après purification on a entre 10 et 18 μl de produits PCR purifiés en fonction de l'intensité de la bande détectée sur le gel ;
- La concentration du produit de PCR purifié est dosé à l'aide d'un spectrophotomètre et doit être aux alentours de 30 ng/μl ;
- Une PCR de séquençage est réalisée en mélangeant 8 μl de mélange réactionnel Big Dye Terminator avec 1 μl d'amorce sens ou anti-sens et 1 μl de produits de PCR purifiés ;
- Une PCR de séquençage est réalisée dans un thermocycleur avec le programme suivant (Figure 14) :

	Seq-court	
Dénaturation	96°C, 60 sec	15 cycles
Dénaturation	96°C, 10 sec	
Hybridation	50°C, 5 sec	
Élongation	60°C, 1 min 15 sec	
Dénaturation	96°C, 10 sec	5 cycles
Hybridation	50°C, 5 sec	
Élongation	60°C, 1 min 30 sec	
Dénaturation	96°C, 10 sec	5 cycles
Hybridation	50°C, 5 sec	
Élongation	60°C, 2 min	
Stockage	15°C	

Figure 14. Programme de PCR pour le séquençage.

➤ **Préparation avant dépôt dans appareil de séquençage :**

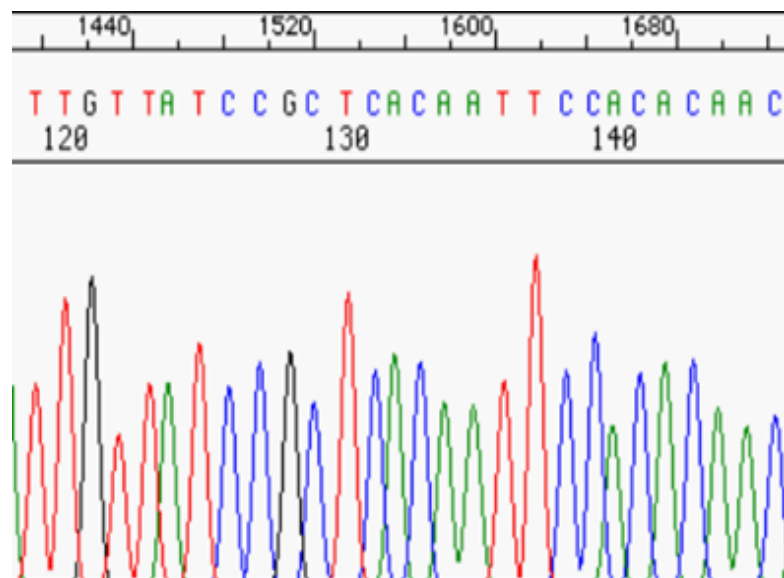
• **Principe :**

- Les produits de séquençage sont purifiés à l'aide du kit NucleoSEQ (Macherey-Nagel) selon les recommandations du fournisseur ;
- Le produit purifié est déposé dans une plaque 96 puits est confié à la technicienne en charge du séquençage ;
- Le séquençage est réalisé dans un appareil Applied Biosystems 3500.

➤ **Résultats du séquençage :**

- **Récupération des résultats de séquençage :** Les résultats sont disponibles sur l'ordinateur du séquenceur.
- **Analyse de résultats :**
  - Deux formats de fichiers sont obtenus : format AB1 et format FASTA. Le format AB1 est lu sur le logiciel BioEdit (version 7.2.5) et permet de visualiser l'électrophorégramme de la séquence (Figure 15), le format FASTA est un fichier.txt qui peut être lu sur le logiciel Notepad++, il contient la séquence nucléotidique ;

- On vérifie dans BioEdit le tracé électrophorégramme, s'il n'y a qu'un seul pic de couleur par position de nucléotide ;
- À partir du fichier FASTA on retire 20 pb au début et 20 pb à la fin correspondant aux amorces ;
- La séquence une fois corrigée est comparée à la base de données GenBank : on se rend sur le site de NCBI : <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>, dans Nucleotide BLAST, la séquence est copiée dans la fenêtre « Enter accession number (s), gi (s), or FASTA sequence (s) » et en bas de la page, la commande BLAST est sélectionnée (« Search database Nucleotide collection (nr/nt) using Megablast Optimize for highly similar sequences ») ;
- Une liste de séquences référencées est proposée alors en comparaison avec la séquence à tester, classées dans l'ordre décroissant d'identité ;
- Le numéro d'accès GenBank correspondant à la séquence référencée la plus proche de notre échantillon est noté.



**Figure 15.** Format AB1 d'un produit de PCR séquencé.

### **I.1.7. Analyse statistique :**

Tous les résultats obtenus ont été analysés statistiquement à l'aide du logiciel IBM SPSS 20.0.

Pour les variables qualitatives, le test du khi carré ( $\chi^2$ ) a été appliqué pour évaluer les différences entre les résultats de deux groupes de données. Le seuil de signification a été fixé à 5 %.

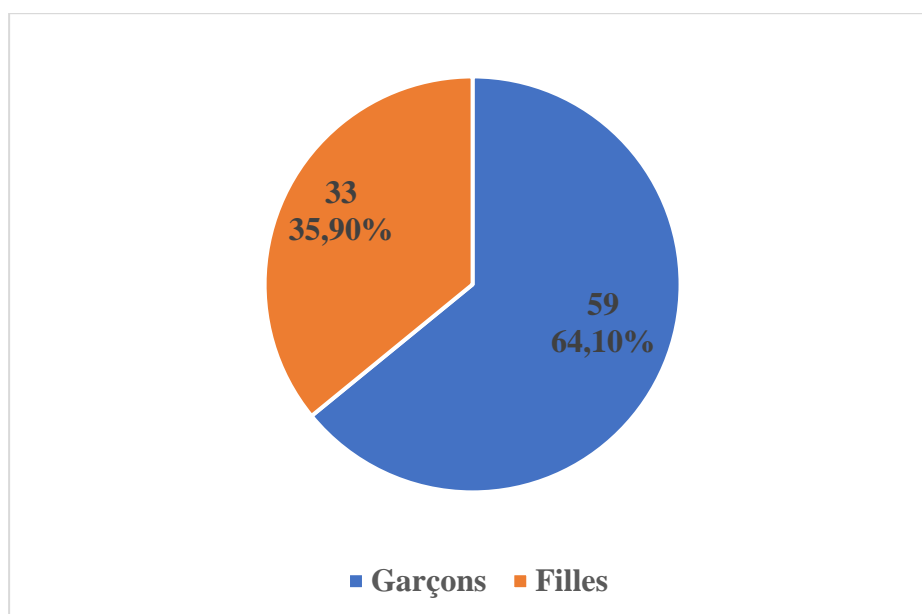
## I.2. Résultats :

### I.2.1. Résultats épidémiologiques :

Notre étude porte sur 92 patients atteints d'hydatidose abdomino-pelvienne et thoracique, qui ont été pris en charge au sein du service de chirurgie de l'enfant et de l'adolescent du CHU de Sétif, entre janvier 2020 et janvier 2023.

#### I.2.1.1. Répartition des patients selon le sexe :

Parmi les 92 patients déclarés, 59 étaient des garçons (64,10 %) et 33 étaient des filles (35,90 %) (Figure 16). Il y avait une prédominance masculine avec un sex-ratio de 1,79.

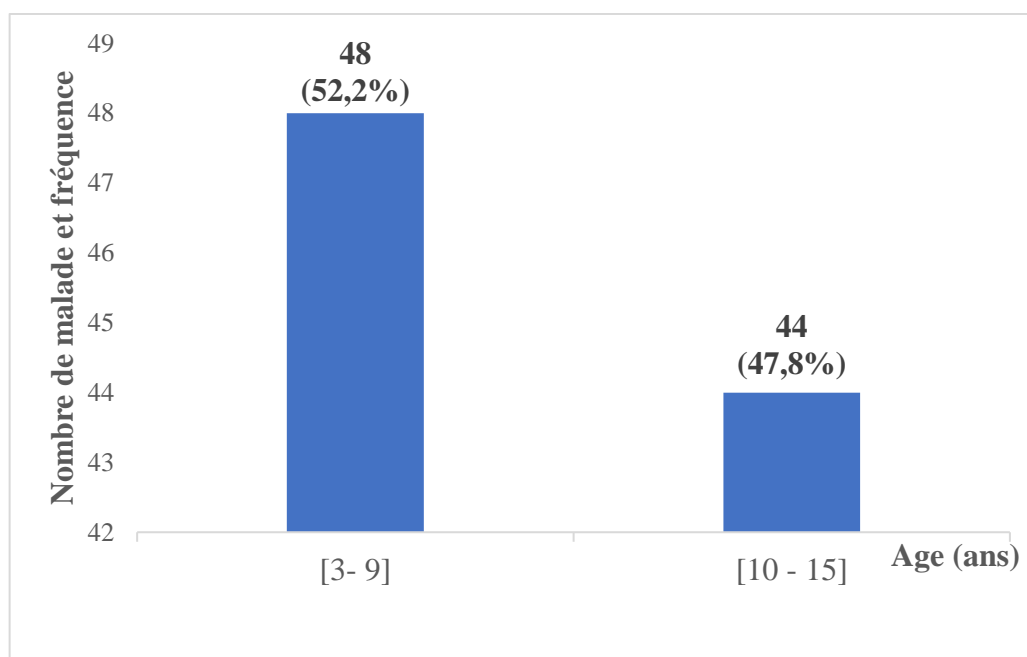


**Figure 16.** Répartition selon le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.1.2. Répartition des patients selon l'âge :

Deux classes d'âge ont été identifiées : une classe d'enfants de 3 à 9 ans, qui était la plus fréquente (52,2 %), et une classe d'adolescents de 10 à 15 ans (47,8 %) (Figure 17). L'âge des enfants et des adolescents inclus dans l'étude était compris entre 3 et 15 ans, avec un âge moyen de  $9,25 \pm 3,42$  ans.

L'âge médian était de 9 ans, et la classe modale correspondait à la tranche d'âge des enfants de 3 à 9 ans. Le mode de cette classe était de 8 ans.



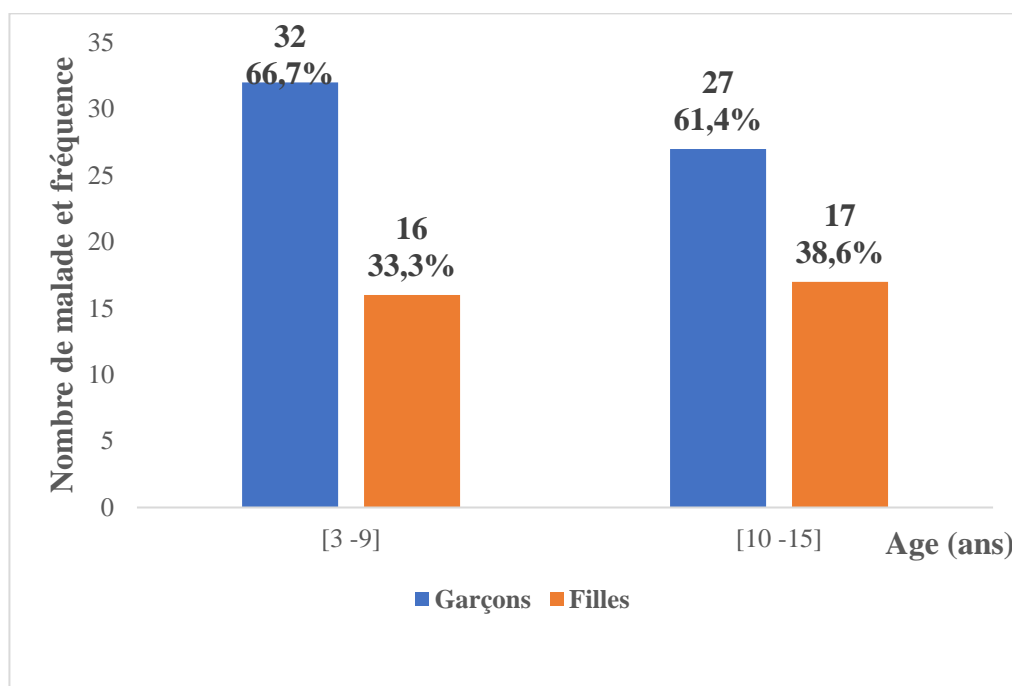
**Figure 17.** Répartition selon l'âge des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

### I.2.1.3. Répartition des patients selon l'âge et le sexe :

Dans les deux tranches d'âge examinées (Figure 18), le nombre de garçons parmi les enfants et les adolescents déclarés est supérieur à celui des filles.

Il n'y a pas de différence significative entre l'âge et le sexe des enfants et des adolescents ( $p = 0,596$ ) (Tableau 12).





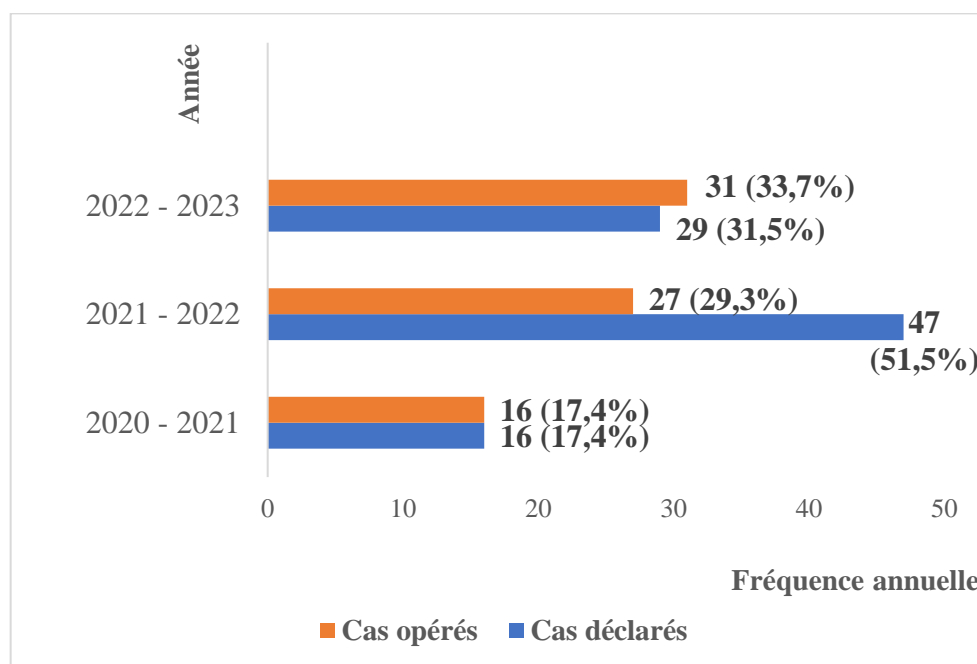
**Figure 18.** Répartition selon l'âge et le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

**Tableau 12.** Répartition selon l'âge et le sexe des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age des patients	Garçon	Fille	Test $\chi^2$ $p = value$
Enfant	32 (66,7)	16 (33,3)	$p = 0.596$
Adolescent	27 (61,4)	17 (38,6)	
<b>Total</b>	<b>59 (64,1)</b>	<b>33 (35,9)</b>	<b>DNS</b>

#### I.2.1.4. Répartition annuelle des cas déclarés :

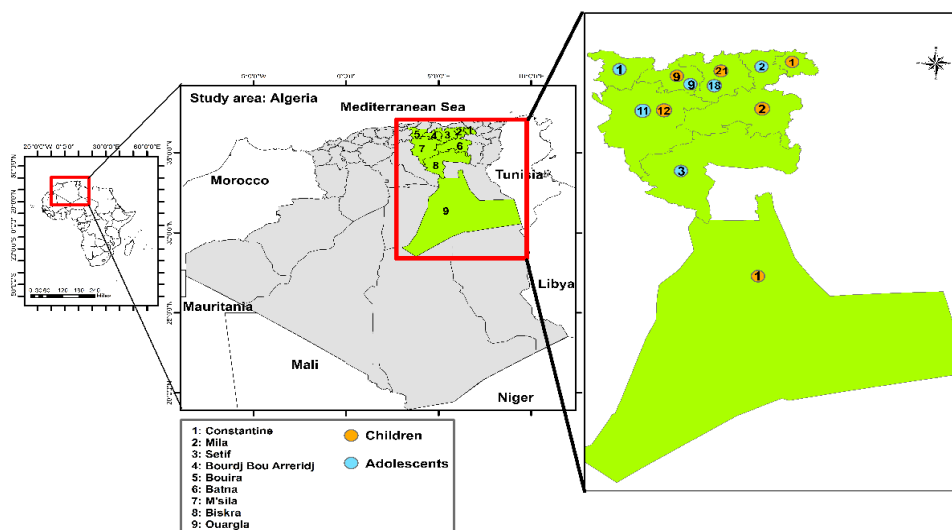
Le nombre de cas d'hydatidose rapportés au service de chirurgie pédiatrique a augmenté en 2021 (47 cas) et en 2022 (29 cas) par rapport à 2020 (16 cas) (Figure 19).



**Figure 19.** Répartition annuelle des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.1.5. Répartition des patients selon l'origine géographique (Wilayas de résidence) :

Les enfants et les adolescents diagnostiqués avec un kyste hydatique au service de chirurgie pédiatrique du CHU de Sétif provenaient de différentes régions d'Algérie (Figure 20). Parmi ces régions, on retrouve les wilayas des hauts plateaux, notamment Sétif (39 cas), M'sila (23 cas) et Bordj Bou Arreridj (18 cas). D'autres wilayas de la région de l'est étaient également représentées, telles que Bouira (1 cas), Constantine (1 cas) et Mila (2 cas). Dans le sud-est, la wilaya de Biskra comptait 3 cas et Ouargla 1 cas (Tableau 13).



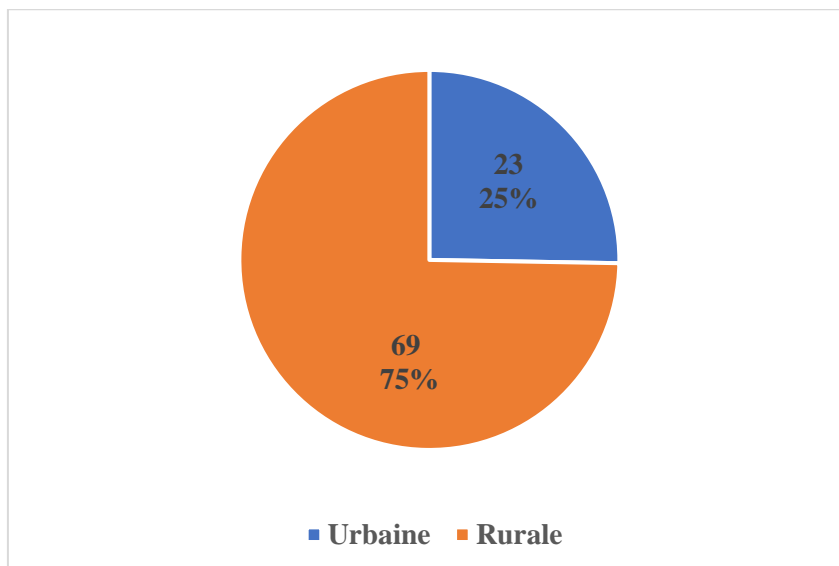
**Figure 20.** Répartition selon l'origine géographique (Wilayas de résidence) des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

**Tableau 13.** Wilaya de provenance des enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Wilaya de l'Est	Nombre de malade
Batna	2
BBA	18
Bouira	1
Constantine	1
Mila	2
Sétif	39
Biskra	3
M'sila	23
Ouargla	1
Non identifié	2
	<b>92</b>

#### I.2.1.6. Répartition des patients selon le type d'habitation :

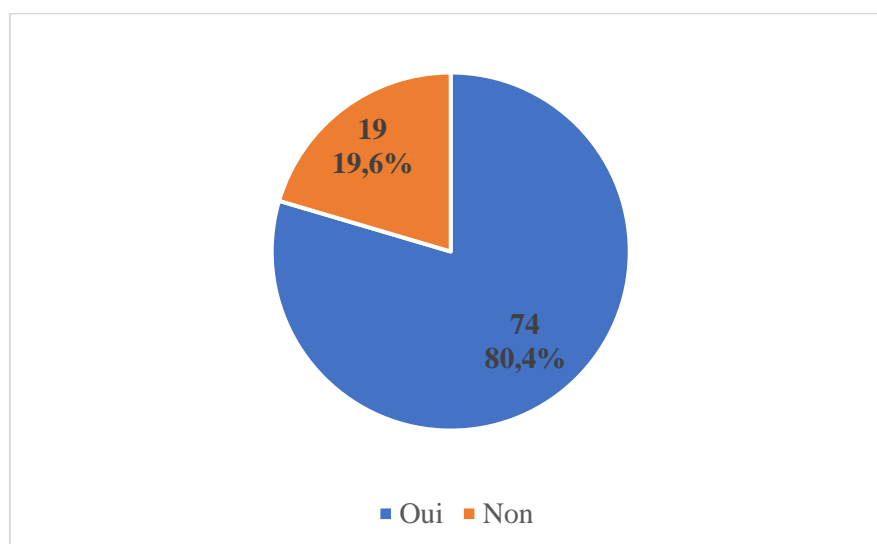
Parmi les enfants et les adolescents diagnostiqués avec un kyste hydatique, 75 % provenaient de milieux ruraux, tandis que 25 % étaient originaires de zones urbaines (Figure 21).



**Figure 21.** Répartition selon la zone d'habitation des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.1.7. Répartition des patients selon la fréquence de contact avec les chiens :

Parmi les enfants et les adolescents diagnostiqués, 74 d'entre eux, soit 80,4 % du total, ont été signalés comme ayant été en contact avec des chiens, tandis que cette exposition était absente chez 19 patients, représentant ainsi 19,6 % du total (Figure 22).



**Figure 22.** Répartition selon la notion de contagion des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.1.8. Répartition des patients entre le type d’habitation et la fréquence de contact avec le chien :

Parmi les patients de provenance rurale, 62 cas (soit 83,8 %) ont eu un contact direct avec des chiens, ce qui représente un risque de 8,12 fois plus élevé (Odds ratio : 8,12) avec un intervalle de confiance de 95% [2,62 – 25,2] et une valeur  $p = 0,000$  (Tableau 14).

**Tableau 14.** Répartition selon la zone d’habitation et la notion de contact avec les chiens des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Notion de contact avec les chiens	Rural [n (%)]	Urbaine [n (%)]	OR (IC)	Test $\chi^2$ $p = \text{value}$
Oui	62 (83,8)	12 (16,2)	8,12 [2,62 – 25,2]	$p = 0,000$ DS
Non	07 (38,9)	11 (61,1)		
<b>Total</b>	<b>69 (75)</b>	<b>23 (25)</b>		

### I.2.1.9. Répartition des patients entre le sexe et la fréquence de contact avec le chien :

La fréquence du contact avec les chiens était plus élevée chez les garçons (n = 52 ; 88,1 %) que chez les filles (n = 22 ; 66,7 %) (Tableau 15).

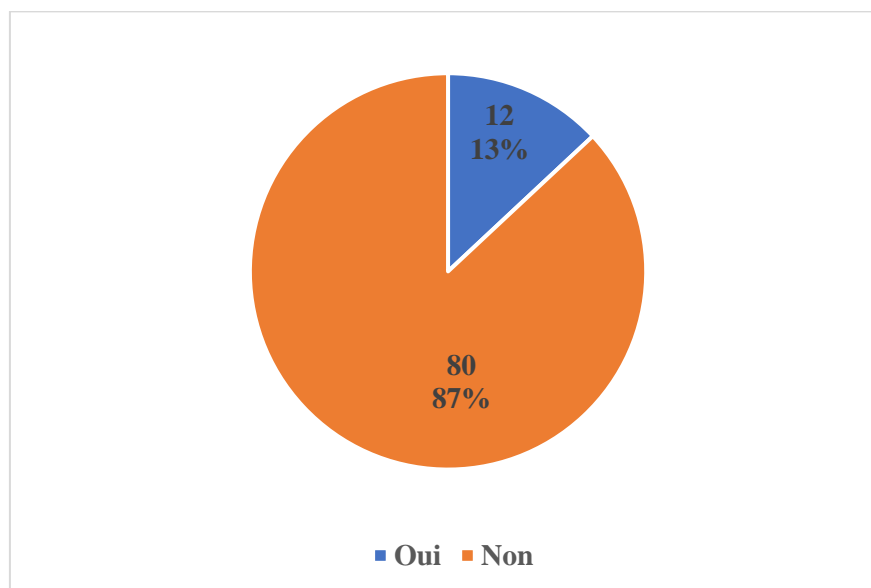
**Tableau 15.** Répartition selon le sexe et la notion de contact avec les chiens des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Notion de contact avec les chiens	Garçon [n (%)]	Fille [n (%)]	Test $\chi^2$ <i>p = value</i>
Oui	52 (88,1)	22 (66,7)	<b><i>p = 0,013</i></b> <b>DS</b>
Non	7 (11,9)	11 (33,3)	
<b>Total</b>	<b>59 (64,1)</b>	<b>33 (35,9)</b>	

### I.2.1.10. Répartition des patients selon les antécédents personnels kyste hydatique :

Sur l'ensemble des patients diagnostiqués, 12 enfants et adolescents, ce qui équivaut à 13 % des cas, avaient déjà des antécédents personnels de kyste hydatique (Figure 23).

Parmi ces 12 patients, 11 ont subi une intervention chirurgicale pour traiter la maladie, tandis qu'un patient n'a pas été opéré. Les 87 % restants des cas, c'est-à-dire la majorité, ont été touchés par la maladie pour la première fois.



**Figure 23.** Répartition selon les antécédents personnels sanitaires de la maladie des enfants et adolescents déclarés (opérés et non opérés) pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

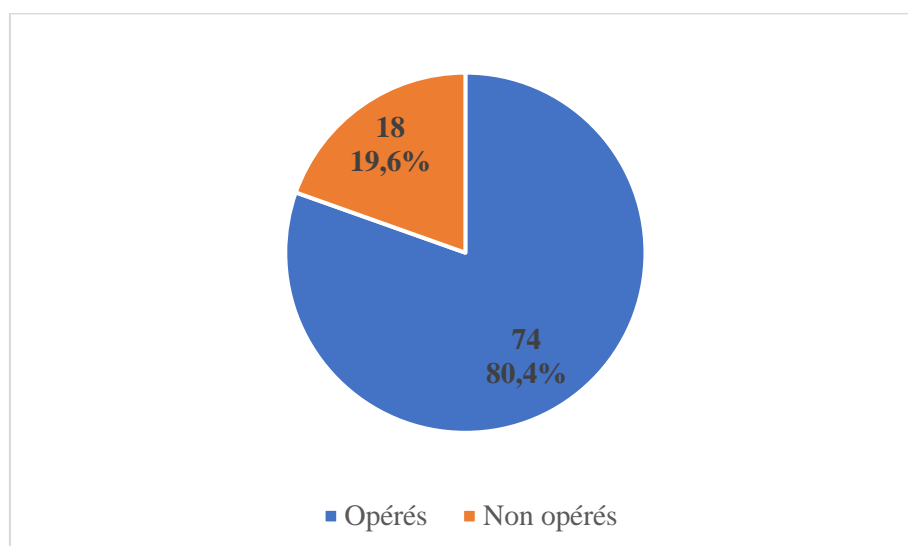
#### **I.2.1.11. Taux de récurrence :**

Dans notre série aucun cas de récurrence n'a été rapporté durant les trois années d'étude.

#### **I.2.2. Résultats cliniques et paracliniques :**

##### **I.2.2.1. Répartition des patients opérés et non opérés :**

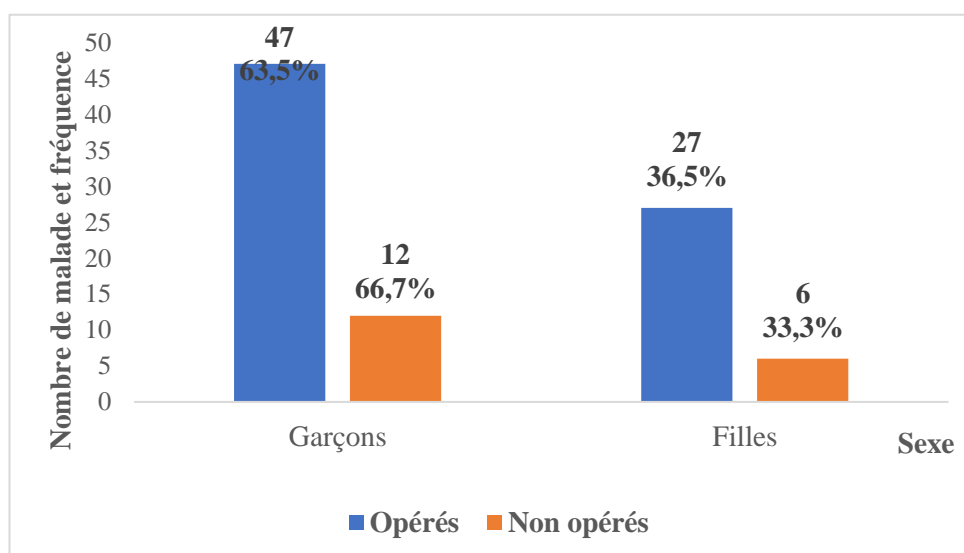
Parmi les 92 jeunes patients recensés, 74 ont subi une intervention chirurgicale, soit 80,4 %, tandis que les 18 autres, représentant 19,6 %, n'ont pas été opérés (Figure 24).



**Figure 24.** Répartition selon le nombre de cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.2.2. Répartition des patients opérés et non opérés selon sexe :

Le nombre des garçons opérés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile ( $n = 47/74$  ; 63,5 %) a dépassé celui des filles ( $n = 27/74$  ; 36,5 %) (Figure 25).

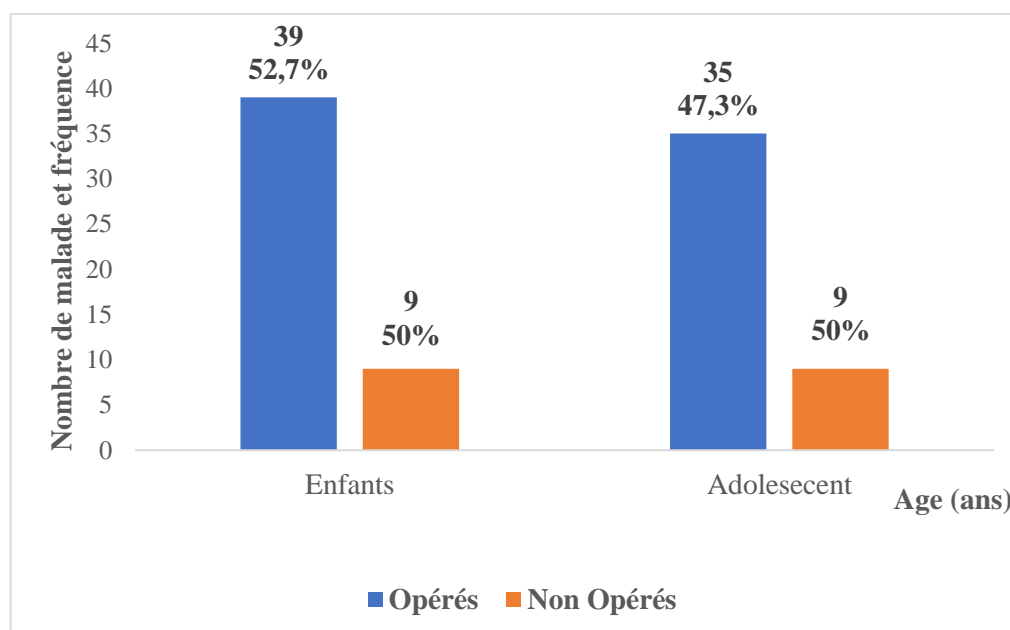


**Figure 25.** Répartition selon le sexe des cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.



### I.2.2.3. Répartition des patients opérés et non opérés selon l'âge :

Le nombre d'interventions chirurgicales pour kyste hydatique effectuées au service de chirurgie infantile chez les enfants âgés de 3 à 9 ans (n = 39 ; 52,7 %) est supérieur à celui des adolescents (n = 35 ; 47,3 %) (Figure 26).



**Figure 26.** Répartition selon l'âge des cas opérés et non opérés des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

### I.2.2.4. Répartition selon la localisation du kyste hydatique :

La localisation pulmonaire est la principale localisation chez l'enfant et l'adolescent (47,8%), suivi par la localisation hépatique (39,1%). Concernant les autres localisations hydatiques, 3,3 % sont considérées comme rares et exceptionnelles, englobant les localisations spléniques, surrénales, paravésicales, du psoas, rénales et pelviennes (Tableau 16).

Une prédominance masculine des localisations hydatiques est observée dans quasiment toutes les localisations (Tableau 16).

**Tableau 16.** Répartition des cas déclarés selon la localisation hydatique, le sexe et l'âge chez l'enfant et l'adolescent déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age (an)	KHP		KHF		KHP+KHF		Autre localisation		KHF+Autre		KHP+KHF+Autre		Total
	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F	
[3-9]	17	6	11	9	1	0	1	0	1	1	1	0	48
[10-15]	17	4	5	11	2	1	1	1	1	0	1	0	44
Total	34	10	16	20	3	1	2	1	2	1	2	0	92
%	<b>47,8</b>		<b>39,1</b>		<b>4,3</b>		<b>3,3</b>		<b>3,3</b>		<b>2,2</b>		<b>100</b>

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique du foie ; G : garçon ; F : fille.

Parmi les différents types de localisations, la forme unifocale concerne 90,22 % des patients déclarés, avec une prédominance de la localisation pulmonaire chez les enfants et les adolescents, représentant 53,01 % des cas unilocales, suivie de la localisation hépatique à 43,37 % (Tableau 17).

La coexistence d'une double localisation hépatique avec une autre localisation représente 7,6 % de l'ensemble des localisations, avec une prédominance hépatopulmonaire à 57,14 % (Tableau 17).

La triple localisation ou la dissémination hydatique est constatée chez 2,2 % des patients, touchant pratiquement tous les organes (Tableau 17).

**Tableau 17.** Différents types de localisation des kystes hydatiques chez l'enfant et l'adolescent déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

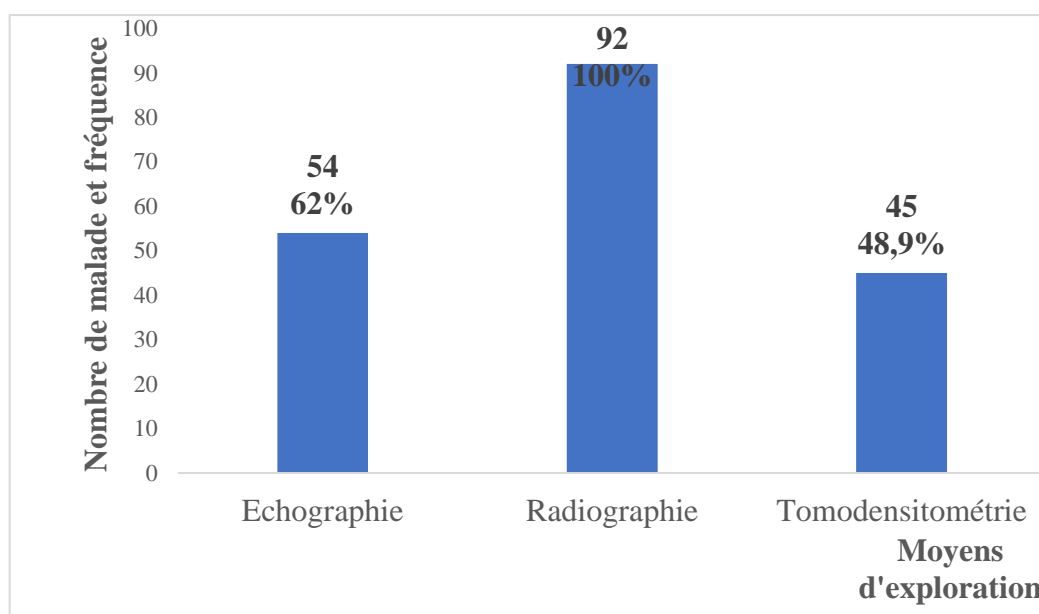
Localisation	Type de localisation	%	%
<b>Une seule</b>			
KHP	44	53,01	
KHF	36	43,37	
Autre	3	3,62	

<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>100</b>	<b>90,22</b>
<b>Double</b>			
KHF + KHP	4	57,14	
KHF + Autre	3	42,86	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>7,61</b>
<b>Triple</b>			
KHF + KHP + Autre	2	100	
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>2,2</b>

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique du foie.

#### I.2.2.5. Répartition selon le moyen d'exploration :

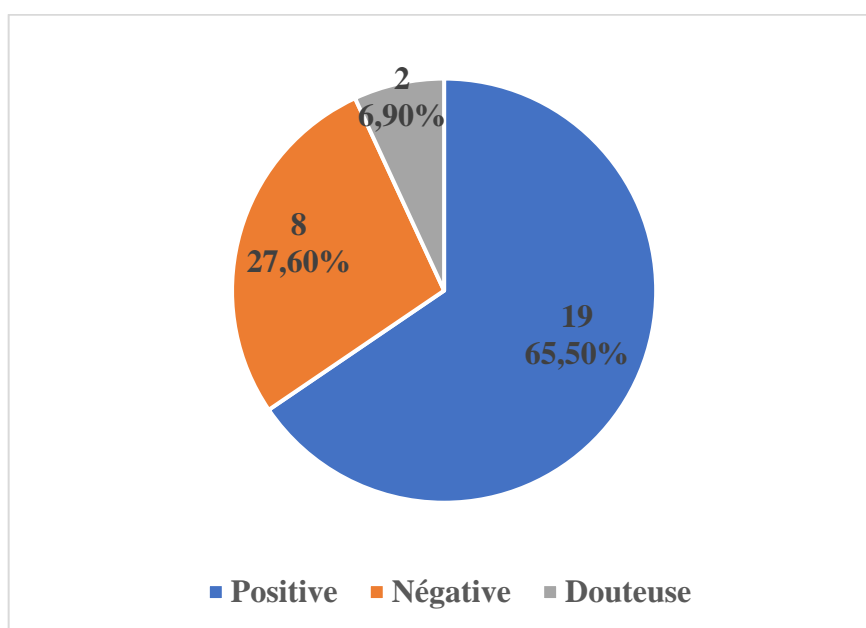
L'échographie est l'examen paraclinique principal pour le diagnostic de l'échinococcose kystique abdomino-pelvienne, réalisé chez 62 % des patients (n = 54/92), la radiographie demandée systématiquement dans le cas d'échinococcose kystique quelques soit la localisation, et la tomодensitométrie pour l'évaluation de l'extension des différents cas d'échinococcose kystique, pratiquée chez 48,9 % des patients (n = 45/92) (Figure 27).



**Figure 27.** Répartition selon le moyen d'exploration de kyste hydatique des enfants et adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

### I.2.2.5. Répartition selon la positivité du sérodiagnostic de l'hydatide :

Lors de l'analyse sérologique de l'échinococcose kystique à l'aide des tests ELISA, d'hémagglutination en microplaque et de Western Blot, un résultat positif a été observé chez 19 des 29 cas examinés, soit 65,5 % des patients. De plus, la majorité de ces cas positifs présentaient un taux élevé d'anticorps. Pour 27,6 % des patients, la sérologie s'est révélée négative malgré leur état de santé. En outre, chez 6,9 % des patients, bien que présentant des symptômes évocateurs, les résultats sérologiques étaient incertains (Figure 28).



**Figure 28.** Répartition selon la positivité du sérodiagnostic de l'hydatide chez les enfants et les adolescents déclarés pour kyste hydatique au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

## I.2.3. Résultats parasitologiques :

### I.2.3.1. Fréquence de la fertilité des kystes examinés :

Parmi les 115 kystes hydatiques prélevés dans différents organes et examinés (113 kystes opérés et 2 émis par vomique), 61 d'entre eux (60 kystes opérés et 1 émis par vomique), soit 53,04 %, ont été confirmés comme étant fertiles en raison de la présence de protoscolex et/ou

de crochets. Le taux de fertilité était de 48,84 %, 59,37 % et 25 % pour les kystes hydatiques respectivement pulmonaires, hépatiques et d'autres localisations (Tableau 18).

**Tableau 18.** Fréquence de fertilité des kystes examinés chez les enfants et adolescents opérés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age (an)	Total kystes examinés												Total
	KHP				KHF				Autre				
	N	F	S	NM	N	F	S	NM	N	F	S	NM	
[3-9]	20	9	3	8	37	14	10	13	4	1	1	2	61
[10-15]	23	12	6	5	27	24	2	1	4	1	1	2	54
<b>Total</b>	43	21	9	13	64	38	12	14	8	2	2	4	115
<b>% de fertilité</b>	<b>48,84</b>				<b>59,37</b>				<b>25</b>				<b>53,04</b>

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique foie.

N : nombre total des kystes ; F : fertile ; S : stérile ; NM : non mentionné.

### I.2.3.2. Fréquence de la fertilité des kystes selon le sexe :

Chez les garçons, la fertilité des kystes hydatiques (n= 41/81 ; 50,61 %) était inférieure à celle observée chez les filles (n=20/34 ; 58,82 %). En ce qui concerne les kystes hydatiques hépatiques, le taux de fertilité était plus élevé chez les filles (66,66 %) que chez les garçons (55 %). En revanche, dans le cas des kystes hydatiques pulmonaires, le taux de fertilité était de 44,44 % chez les filles, comparé à 50 % chez les garçons (Tableau 19, 20).

**Tableau 19.** Fréquence de fertilité des kystes chez les mâles déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age (an)	Garçons												Total
	KHP				KHF				Autre				
	N	F	S	NM	N	F	S	NM	N	F	S	NM	
[3-9]	14	7	2	5	25	9	5	11	3	1	0	2	42
[10-15]	20	10	5	5	15	13	1	1	4	1	1	2	39
<b>Total</b>	34	17	7	10	40	22	6	12	7	2	1	4	81
<b>% de fertilité</b>	<b>50</b>				<b>55</b>				<b>28,57</b>				<b>50,61</b>

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique foie.  
 N : nombre total des kystes ; F : fertile ; S : stérile ; NM : non mentionné.

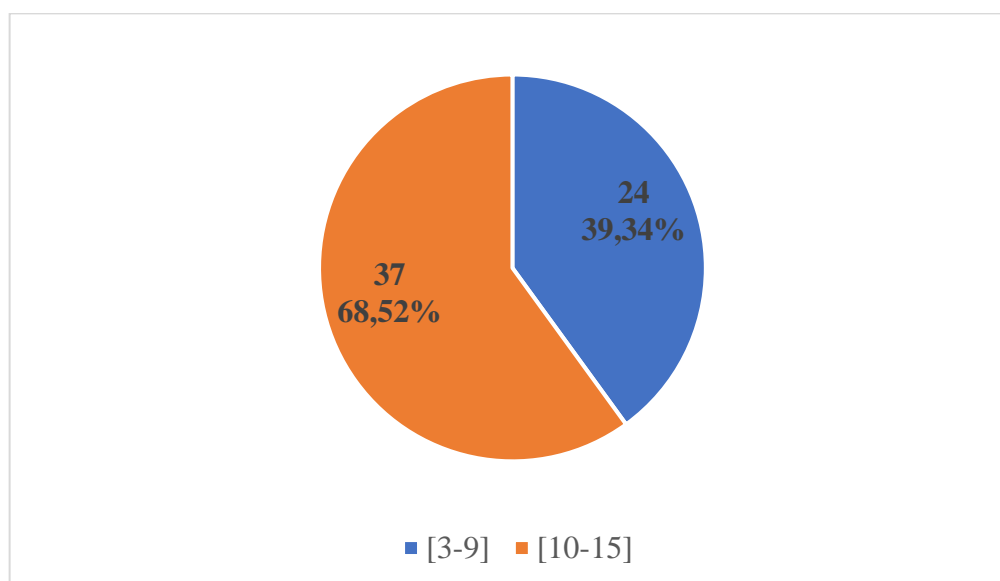
**Tableau 20.** Fréquence de fertilité des kystes chez les femelles déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age (an)	Filles												Total
	KHP				KHF				Autre				
	N	F	S	NM	N	F	S	NM	N	F	S	NM	
[3-9]	6	2	1	3	12	5	5	2	1	0	1	0	19
[10-15]	3	2	1	0	12	11	1	0	0	0	0	0	15
<b>Total</b>	9	4	2	3	24	16	6	1	1	0	1	0	34
<b>% de fertilité</b>	<b>44,44</b>				<b>66,66</b>				<b>0</b>				<b>58,82</b>

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique foie.  
 N : nombre total des kystes ; F : fertile ; S : stérile ; NM : non mentionné.

### I.2.3.3. Fréquence de la fertilité des kystes selon l'âge :

Le taux de fertilité des kystes hydatiques chez les adolescents (68,52%) est supérieur à celui chez les enfants (39,34%) (Figure 29).



**Figure 29.** Fréquence de la fertilité des kystes selon l'âge des enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

#### I.2.3.4. Fréquence de la fertilité des kystes selon la localisation :

Le [Tableau 21](#) montre une distribution des kystes hydatiques pulmonaires et hépatiques avec une variation de la fertilité en fonction de l'âge. Les kystes hydatiques du foie ont une fertilité nettement plus élevée chez les adolescents (88,88%) par rapport aux jeunes enfants, tandis que les kystes hydatiques pulmonaires montrent une augmentation plus modérée de la fertilité avec l'âge. Les autres localisations de kystes restent peu fréquentes avec une fertilité constante.

**Tableau 21.** Fréquence de fertilité des kystes selon la localisation chez les enfants et les adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

Age (an)	Localisation									Total
	KHP			KHF			Autre			
	N	F	%	N	F	%	N	F	%	
[3-9]	20	9	45	37	14	37,84	4	1	25	61
[10-15]	23	12	52,17	27	24	88,88	4	1	25	54
<b>Total</b>	43	21	<b>48,84</b>	64	38	<b>59,37</b>	8	2	<b>25</b>	115

KHP : kyste hydatique pulmonaire ; KHF : kyste hydatique foie.

N : nombre total des kystes ; F : fertile

**I.2.3.5. Répartition des patients ayant des kystes hydatiques fertiles selon la localisation, l'âge et le sexe :**

Le pourcentage de patients présentant des kystes fertiles est de 73 % (46/63, n = 45 opérés + 1 vomique) avec une prédominance chez ceux ayant des monolocalisations hépatiques. Pour les enfants de 3 à 9 ans, ce pourcentage est de 43,5 % (n = 20/46), tandis que chez les adolescents de 10 à 15 ans, il s'élève à 56,5 % (n = 26/46). En ce qui concerne le sexe, la fertilité est de 60,9 % (n = 28/46) chez les individus masculins, comparativement à 39,1 % (n = 18/46) chez les individus féminins (Tableau 22).

Les résultats montrent que la fertilité des kystes chez les patients de notre série n'est pas influencée par leur localisation ( $p = 0,467$ ), leur âge ( $p = 0,279$ ) ni leur sexe ( $p = 0,781$ ), ce qui suggère que ces facteurs n'influencent pas de manière notable la fertilité des kystes hydatiques dans cette étude (Tableau 22).

**Tableau 22.** Fréquence des patients ayant des kystes fertiles selon la localisation, le sexe et la classe d'âge chez les enfants et adolescents déclarés au service de chirurgie infantile, CHU de Sétif, 2020 – 2023.

		Fertile	Stérile	Test $\chi^2$ $p=$ value
	KHP	18 (39,1%)	8 (47,1%)	
	KHF	25 (54,3%)	7 (41,2%)	
	Autre localisation	1 (2,2%)	0 (0%)	
	KHF + KHP	0 (0%)	1 (5,9%)	
<b>Localisation</b>	KHP + Autre localisation	1 (2,2%)	1 (5,9%)	$p = 0.467$
	KHP + KHF + Autre localisation	1 (2,2%)	0 (0%)	
	<b>Total</b>	<b>46 (73%)</b>	<b>17 (27%)</b>	



<b>Classe d'âge</b>	Enfant	20 (43,5%)	10 (58,8%)	$p = 0.279$
	Adolescent	26 (56,5%)	7 (41,2%)	
	<b>Total</b>	<b>46 (73%)</b>	<b>17 (27%)</b>	
<b>Sexe</b>	Male	28 (60,9%)	11 (64,7%)	$p = 0.781$
	Femelle	18 (39,1%)	6 (35,3%)	
	<b>Total</b>	<b>46 (73%)</b>	<b>17 (27%)</b>	

## I.2.4. Résultats moléculaires :

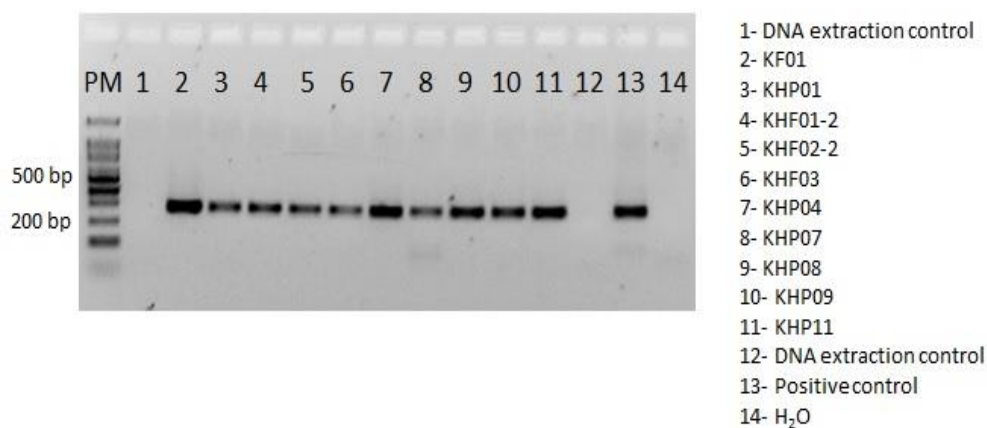
### I.2.4.1. Amplification PCR :

- **Extraction de l'ADN :**

Tous les échantillons analysés ont montré la présence de bandes d'ADN génomique lors de l'électrophorèse.

- **PCR :**

L'ADN génomique ribosomal (12S rRNA) a été amplifié pour tous les échantillons dont une seule bande d'ADN de poids moléculaire 255 pb a été obtenue par électrophorèse sur gel sous les UV (Figure 30).



**Figure 30.** Electrophorèse sur gel d'agarose 1,5% TAE 1X.

**I.2.4.2. Géotypage :**

Le typage génétique à l'aide des marqueurs d'une partie du gène ribosomal 12S-rrnS du génome mitochondrial a été amplifiée par PCR a montré une séquence G1 correspondant à la souche commune ovine « *Echinococcus granulosus sensu stricto* » (correspondance avec la séquence référencée n° MT396431 avec 100 % d'identité) sur tous les échantillons.

### I.3. Discussion :

#### I.3.1. Résultats épidémiologiques :

Étant donné que l'échinococcose kystique est endémique en Algérie et tend à se manifester généralement pendant l'enfance ou l'adolescence ([Zait et al., 2013](#)), nous souhaitons mettre en évidence cette étude épidémiologique axée particulièrement sur cette classe d'âge de la population. Plusieurs études épidémiologiques ont été menées dans le monde sur cette maladie parasitaire chez la population infantile ([Turgut, 2002](#), [Djuricic et al., 2010](#), [Neghina et al., 2011](#), [Gourty and Saiad, 2012](#), [Jordanova et al., 2015](#), [Berberian et al., 2017](#), [Han et al., 2018](#)). Notre étude a été portée sur 92 patients, répartis en deux groupes incluant des enfants âgés de 3 à 9 ans ( $n = 48$  ; 52,2 %), et des adolescents âgés de 10 à 15 ans ( $n = 44$  ; 48 %) selon l'OMS ([Singh et al., 2019](#)). L'âge de ces patients variait de 3 à 15 ans, avec une moyenne de  $9,25 \pm 3,42$  ans, et une prédominance masculine. Deux études menées en Algérie ont rapporté des données épidémiologiques similaires. La première, menée par [Zait et al. \(2013\)](#), a examiné le profil épidémiologique de 290 cas d'échinococcose humaine diagnostiqués au Centre Hospitalo-Universitaire Mustapha d'Alger (2006 à 2011). Les enfants représentaient un quart de cette série ( $n = 73/290$  ; 25,1 %), avec une moyenne d'âge de  $9,6 \pm 3,5$  ans dont la tranche d'âge la plus touchée était de 6 à 10 ans ( $n = 32$ ) avec une prédominance masculine marquée (un sex-ratio de 1,60). La seconde étude, menée par [Haif et al. \(2020\)](#) à Sétif sur 71 enfants opérés, a enregistré une moyenne d'âge de  $9,06 \pm 3,69$  ans, avec des extrêmes allant de 2 à 18 ans et un sex-ratio de 1,15. Ces résultats concordent avec d'autres études réalisées dans des pays voisins comme la Tunisie, le Maroc, la Turquie et la Jordanie, qui ont également observé une prédominance des cas chez les enfants, avec une légère prépondérance masculine ([Anadol et al., 1998](#), [Al-Qaoud et al., 2003](#), [Oudni-M'Rad et al., 2007](#), [M'Rad et al., 2012](#), [Oral et al., 2012](#), [Amahmid et al., 2019](#)).

En Algérie, les recherches n'ont pas porté une attention particulière à l'enfant atteint de kyste hydatique. L'infestation précoce chez les enfants peut être attribuée à plusieurs facteurs. Ils sont plus susceptibles d'être exposés à la contamination par les œufs d'*E. granulosus* en raison de leur insouciance lorsqu'ils jouent avec des objets souillés et de leur tendance au pica, mangeant des substances inhabituelles suivies d'un transfert direct de la main à la bouche. De plus, leur proximité avec les chiens accroît ce risque (Oudni-M'Rad *et al.*, 2007, Zait *et al.*, 2013, Amahmid *et al.*, 2019). La série de Jordanova *et al.* (2015) a rapporté un taux d'infestation élevé chez les adolescents de 10 à 14 ans et de 15 à 19 ans, attribué aux habitudes d'hygiène personnelle non formées chez les enfants en âge préscolaire et scolaire, ainsi qu'à la longue période d'incubation de la maladie. Les données de Belamalem *et al.* (2014a) ont quant à elles indiqué que les adultes sont les plus touchées, suivies par les personnes âgées, puis les enfants. La prédominance des cas chez le sexe masculin peut s'expliquer par les comportements des garçons, qui ont davantage tendance à jouer à l'extérieur et à avoir des interactions étroites et fréquentes avec les chiens domestiques (caresses et léchages), notamment dans les régions rurales où l'élevage pastoral est courant. Ce risque est accentué lors des épisodes d'infestation des chiens de troupeau et de l'ingestion d'aliments contaminés par leurs excréments, en particulier chez les enfants d'agriculteurs impliqués dans des activités agricoles telles que l'irrigation des champs et le gardiennage des troupeaux (Amahmid *et al.*, 2019). Cependant, d'autres études ont signalé un sex-ratio de 0,14 et 0,7 respectivement, avec une prédominance féminine de l'infection (Al-Qaoud *et al.*, 2003, Fendri *et al.*, 2010). Cette fréquence peut être liée à l'implication constante des filles dans certaines tâches liées aux animaux, telles que le nettoyage des étables et des écuries dans les régions rurales. En Algérie, où l'élevage pastoral prédomine, on observe de plus en plus de filles qui endossent le rôle de bergères (Fendri *et al.*, 2010), ce qui peut augmenter le risque de transmission de la maladie.

Le nombre de cas rapportés au cours des trois années d'étude a montré une augmentation en 2021 et 2022 par rapport à 2020. La diminution du nombre de cas déclarés en 2020 est attribuable aux restrictions de l'activité opératoire en raison de la pandémie de COVID-19, qui a affecté le monde entier. En Algérie, cette réduction de l'activité opératoire a été ordonnée par une instruction ministérielle.

Les patients enregistrés dans notre étude proviennent de différentes régions géographiques, notamment des régions des hauts plateaux telles que Sétif, M'sila et Bordj Bou Arreridj, où la maladie est endémique en raison de la prédominance de l'élevage ovin. ([Bardonnnet \*et al.\*, 2003](#), [Bentounsi \*et al.\*, 2009](#)).

L'échinococcose kystique, habituellement associée à des environnements ruraux, ce qui a été enregistré dans la présente étude où le nombre des patients le plus élevé provenait des milieux ruraux par rapport à des milieux urbains. Nos résultats corroborent ceux de [Amahmid \*et al.\* \(2019\)](#) au Maroc. Cette disparité s'explique par la relation permanente entre les chiens et le bétail, et le contact étroit entre les enfants et les chiens dans le milieu rural. En outre, le manque de sensibilisation des enfants et des parents aux facteurs d'infection, le manque de respect des pratiques d'hygiène et le faible niveau de vie peuvent augmenter le risque de transmission de la maladie ([Amahmid \*et al.\*, 2019](#)).

Le contact avec les chiens a été enregistrée chez 74 cas déclarés soit 80,4 %, avec une prédominance masculine notable (n = 52 ; 88,1 %). De plus, 83,8 % des cas ont eu un contact avec les chiens dans le milieu rurale ce qui suggère que les chiens représentent une source d'infection importante pour la contamination humaine. L'infection est toujours entretenue par le cycle domestique chien-mouton dans ces milieux ruraux.

Par ailleurs, certains chercheurs ont observé que la maladie tend à s'urbaniser en raison de l'exode rural vers les zones urbaines ou le voyage des citadins vers les zones rurales ([Jenkins](#)

and Power, 1996, Anadol *et al.*, 1998). La contamination dans le milieu urbain est également attribuable à un mode de vie précaire, en grande partie en raison de la présence de chiens malades, en particulier dans les abattoirs et les tueries non réglementées, ainsi que de la consommation d'aliments contaminés par leurs excréments (Belamalem *et al.*, 2014b). Tous ces facteurs représentent un risque majeur pour de futures contaminations. L'abattage non rituel et les pratiques d'abattage collectif traditionnel des animaux, souvent liés à des célébrations religieuses ou locales, jouent un rôle crucial dans le maintien de la transmission de l'échinococcose kystique (Seimenis, 2003). Ces pratiques créent un environnement propice à la propagation de l'infection chez les chiens et d'autres carnivores, en particulier en présence de chiens errants dans les villages et en périphérie des villes. Ainsi, le manque de sensibilisation de la population à propos de cette maladie et de ses modes de transmission contribuent à favoriser sa diffusion (Derfoufi *et al.*, 2012).

Les antécédents personnels d'hydatidose ont été observés dans 12 cas (13 %) durant notre enquête. Un antécédent personnel indique qu'il y a eu une infection antérieure par le parasite *E. granulosus* qui est responsable de la formation des kystes hydatiques. Cette information est donc notée dans le dossier médical du patient, même si le kyste a été traité et résolu. Dans la série de Beyrouti *et al.* (2004), ces antécédents ont été retrouvés dans 17 % des cas.

Dans notre série aucun cas de récurrence n'a été rapporté durant les trois années d'étude. La récurrence se définit comme l'apparition de nouveaux kystes actifs soit en intrahépatique ou extra-hépatique après traitement. Elle se manifeste par la réapparition de kyste sur un même site opératoire ou en extra-hépatique par dissémination de liquide (Haif *et al.*, 2020). Les parents sont informés de la possibilité d'une repousse à court, moyen et long terme. Il est difficile d'affirmer s'il s'agit d'une réinfestation ou d'une récurrence vraie (Blaironl *et al.*, 2000). Gourty and Saiad (2012) ont trouvé un taux de 0% de récurrence tandis que Bencherifa (2009) a rapporté

un taux de 4,9%. Parmi les causes des récurrences vraies, la rupture des kystes hydatiques, qui conduit à l'échinococcose péritonéale secondaire. Cette rupture peut être soit spontanée, favorisée par des facteurs tels que l'hyperpression intrakystique, la localisation externe du kyste, sa surinfection, et l'aspect souple du périkyte, ou bien qu'elle puisse être provoquée par des traumatismes abdominaux (Beyrouti *et al.*, 2004). Lors de l'intervention chirurgicale, le liquide contenant des protoscolex du kyste peut se répandre dans la cavité abdominale pendant la résection du kyste. Cette situation est une cause importante de récurrence de la maladie. En outre, le retard dans le diagnostic, l'absence de prescription médicale ou le non-respect du traitement post-chirurgical sont des facteurs qui peuvent conduire à l'échinococcose secondaire (Al-Qaoud *et al.*, 2003, Beyrouti *et al.*, 2004).

### **I.3.2. Résultats cliniques et paracliniques :**

La prise en charge des kystes hydatiques a traditionnellement accordé une grande importance à la chirurgie. Il existe principalement quatre approches principales pour la gestion de cette condition : la chirurgie, les techniques de stérilisation percutanée, le traitement antiparasitaire à base de benzimidazoles et l'approche d'observation "watch & wait" (Bronstein and Klotz, 2005, Brunetti *et al.*, 2010). Dans notre étude, 74 patients (80,4 %) opérés pour kyste hydatique par chirurgie selon la technique de la laparoscopie combinée à la PAIR (ponction, aspiration, injection, réabsorption) pour les kystes hydatiques abdominopelviens et la thoracoscopie pour les kystes hydatiques pulmonaires. Dans la série de Zait *et al.* (2013), 173 patients jeunes et adultes sont opérés pour un kyste hydatique. Il convient de noter que le nombre de patients opérés était plus élevé chez les enfants âgés de 3 à 9 ans (n= 39). De plus, il y avait une prédominance masculine parmi les patients opérés (n = 47). Le reste des patients (19,6 %) n'ont pas été soumis à la chirurgie, mais ils ont plutôt suivi un traitement médical antiparasitaire par l'albendazole. Ce traitement est réservé aux malades ayant des kystes de petites tailles ou à ceux

pour lesquels la chirurgie est contre-indiquée. Les autres molécules antiparasitaires ne sont pas disponibles en Algérie.

En ce qui concerne la localisation des kystes chez les patients étudiés, les poumons étaient l'organe le plus touché, avec une prédominance masculine, suivis par le foie avec une prédominance féminine. Nos résultats de localisation sont en accord avec ceux rapportés par [Mokhtari \(1966\)](#), [Oudni-M'Rad et al. \(2007\)](#), [M'Rad et al. \(2012\)](#), [Zait et al. \(2013\)](#), et [Mosbahi et al. \(2020\)](#). Cependant, [Haif et al. \(2020\)](#) ont trouvé une prédominance de la localisation hépatique, suivie de la localisation pulmonaire. La fréquence de la localisation pulmonaire chez les enfants a été attribuée à la croissance rapide des kystes dans le tissu pulmonaire en raison de sa plus faible résistance par rapport au foie. Cela peut également s'expliquer par une détection facilitée grâce à des manifestations plus marquées et des symptômes plus précoces, telles que la toux ou la douleur thoracique, ce qui incite les parents à consulter plus rapidement par rapport aux localisations hépatiques ([Chaouachi et al., 1989](#), [Amahmid et al., 2019](#)). D'autres auteurs ont expliqué cette prédominance pulmonaire par l'infiltration favorable des oncosphères dans les poumons au cours des premières années de la vie humaine ([Al-Qaoud et al., 2003](#)) et aussi à l'élasticité et la compressibilité de cet organe chez les enfants ([Haif et al., 2020](#)). Une explication supplémentaire pourrait être liée à des études réalisées sur des animaux infectés de manière expérimentale, qui ont montré une différence de taille des veines et des vaisseaux lymphatiques. Cette différence de taille favoriserait la migration du parasite à travers des voies distinctes, ce qui pourrait conditionner la distribution différente entre les localisations hépatiques et pulmonaires ([Heath, 1971](#)). Les autres localisations ectopiques restent rares et exceptionnelles à savoir la localisation surrénale ([Bedioui et al., 2005](#)), pelvienne ([Tajdine and Daali, 2007](#)), rénale ([Margi et al., 2010](#)), para vésicale, psoas ([Merad et al., 2020](#)), et splénique ([Merad et al., 2021](#)). [Amahmid et al. \(2019\)](#) ont noté que plusieurs études antérieures ont montré que ces localisations inhabituelles sont



beaucoup plus rares chez les enfants que chez les adultes. En revanche, les atteintes combinées du foie et des poumons sont plus fréquemment identifiées chez les jeunes que chez les adultes (Talaiezadeh and Maraghi, 2006, Amahmid *et al.*, 2019). Dans notre série, elles représentent 57,14% des doubles localisations.

Durant notre enquête, l'échographie était le principal examen paraclinique utilisé pour diagnostiquer la maladie. Cette observation a également été corroborée par Margi *et al.* (2010), Derfoufi *et al.* (2012), ainsi que Belamalem *et al.* (2014b). Cet examen permet de visualiser une localisation hydatique abdominale et ses rapports vasculaires, de suivre leur évolution après un traitement, de détecter d'éventuelles complications post opératoires ou de récidives et de fournir un résultat immédiat (Gharbi *et al.*, 1986 , Belamalem *et al.*, 2014b). Cependant, Haif *et al.* (2020) ont signalé que l'échographie abdomino-pelvienne ne fournit pas toujours les informations nécessaires pour le diagnostic de la maladie. En deuxième place après l'échographie (n= 54 ; 62%) , la radiographie (n= 48 ; 52,2%) est utilisée pour les localisations thoraciques et la tomodensitométrie (TDM) (n= 45 ; 48,9%) qui permet de mieux étudier les rapports vasculaires (portale, sus-hépatique), détecter les petits kystes qui échappent à l'échographie, préciser le nombre et le siège exact des kystes et indiquée dans la polykystose hydatique et aussi suivre l'évolution des lésions pendant le traitement et détecter les récidives (Bronstein and Klotz, 2005, Haif *et al.*, 2020).

Le liquide hydatique constitue la principale source d'antigènes pour l'immunodiagnostic de l'échinococcose kystique, notamment à travers l'utilisation des lipoprotéines du liquide hydatique, de l'antigène B (AgB) et de l'antigène 5, qui sont couramment employés dans les tests sérologiques de l'échinococcose kystique (Wen *et al.*, 2019). Lors de l'analyse sérologique, des résultats positifs ont été obtenus chez 19 des 29 cas examinés, avec un taux élevé d'anticorps détecté chez la majorité de ces patients. Cependant, 8 des 29 cas, malgré une

sérologie négative, ont été diagnostiqués par imagerie médicale, et cette confirmation a été établie après une intervention chirurgicale à l'aide d'un examen parasitologique direct ou anatomopathologique. Les tests sérologiques ont été effectués à l'aide de techniques ELISA, d'hémagglutination en microplaque et, pour confirmation, du Western Blot. Ces observations soulignent que la sérologie négative ne permet pas d'exclure la présence d'un kyste hydatique, corroborant ainsi les résultats de *Zait et al.* (2013). La sensibilité des tests sérologiques varie considérablement, atteignant de 85 à 98 % pour les kystes hépatiques, mais seulement 50 à 60 % pour les kystes pulmonaires. Elle est encore plus élevée dans les atteintes multiples, avec des taux allant de 90 à 100 % (*Barnes et al.*, 2012). L'immunodiagnostic reste ainsi un outil précieux non seulement pour le diagnostic primaire, mais aussi pour le suivi des patients après un traitement chirurgical et/ou médical (*Siracusano et al.*, 2009).

Pour les kystes rompus avec sérologie positive ( $n = 2$ ), les antigènes parasitaires ont déclenché une réaction immunitaire intense proportionnelle à la quantité d'antigène circulant d'où le titrage des anticorps élevé. Néanmoins, la rupture ou la fissure des kystes hydatiques chez l'enfant et l'adolescent que ce soit de manière spontanée ou iatrogène à la suite d'un traumatisme important, qu'il soit contondant ou minime (*Haif et al.*, 2020) conduit à la libération de liquide hydatique qui est fortement antigénique et peut provoquer un état de choc anaphylactique chez les personnes prédisposées (*Blaironl et al.*, 2000). Le taux de rupture des kystes hydatiques dans le péritoine a été rapporté entre 1 % et 8 % dans la littérature (*Derici et al.*, 2006). Dans cette étude, ce taux est de 9.56 % ( $n = 11$ ) de la totalité des kystes examinés, suite à une rupture spontanée, une toux sévère et après un traumatisme.

### **I.3.3. Résultats parasitologiques :**

La fertilité des kystes hydatiques est l'un des facteurs importants dans l'épidémiologie de l'échinococcose. Elle varie en fonction des hôtes intermédiaires et de la situation géographique

(Kouidri *et al.*, 2012). Dans notre étude, le taux de fertilité était de 53,04 %. Oudni-M'Rad *et al.* (2007), M'Rad *et al.* (2012) et Zait *et al.* (2014) ont rapporté des taux un peu plus élevés (76,4 %, 74,16 % et 88,4 % respectivement). Il y'a plus de kyste fertile chez le sexe féminin (58,82%) que ceux issu de sexe masculin (50,61%). Statistiquement, la fertilité s'est avérée indépendante de la localisation des kystes, de l'âge et du sexe des enfants et des adolescents atteints d'échinococcose kystique. Tous ces résultats corroborent ceux retrouvés dans d'autres études similaires, qui n'ont pas noté de relation entre la fertilité et les autres paramètres étudiés (Oudni-M'Rad *et al.*, 2007, Salem *et al.*, 2011, M'Rad *et al.*, 2012, Zait *et al.*, 2014). Les mécanismes de régulation de la fertilité des kystes restent inconnus (M'Rad *et al.*, 2012). Un taux de fertilité élevé observé dans certains kystes augmente le risque d'échinococcose secondaire ou péritonéale, l'une des complications les plus graves (Salem *et al.*, 2011). Néanmoins, la fertilité joue un rôle crucial dans la perpétuation du cycle parasitaire entre les hôtes animaux intermédiaires et définitifs. Chez l'homme, elle revêt une importance primordiale dans la formation des kystes hydatiques secondaires (Oudni-M'Rad *et al.*, 2007).

#### **I.3.4. Résultats moléculaires :**

Notre étude a montré que *E. granulosus s.s* (G1) était la seule variante génétique identifiée parmi les kystes analysés. Ces résultats correspondent à la situation actuelle dans le monde (M'rad *et al.*, 2005, M'Rad *et al.*, 2012, Eryıldız and Şakru, 2012, Bonelli *et al.*, 2020), et plus particulièrement en Algérie (Zait *et al.*, 2014, Zait *et al.*, 2016) où *E. granulosus s.s.* (G1) représente le génotype le plus impliqué dans les infections humaines. Également, *E. granulosus s.s.* (G3) a été isolé chez l'homme (Zait *et al.*, 2016). De plus, G1 représente le génotype le plus commun chez les bétails hôtes intermédiaires en Algérie (Bardonnet *et al.*, 2003, Maillard *et al.*, 2007, Maillard *et al.*, 2009). Il convient de noter que *E. canadensis* (G6) (génotype adapté pour le dromadaire ; voir Samari *et al.* (2022)) a été isolé chez une femme habitant en Sahara (région de Tamanrasset) (Zait *et al.*, 2016). L'analyse moléculaire reste un outil précieux pour

identifier les différentes espèces et génotypes et montrer la diversité génétique au sein de ceux-ci, facilitant ainsi une compréhension de l'épidémiologie de la maladie.

# Partie II

## **Effet scolicide des plantes médicinales locales**

**\*Objectifs :**

La prise en charge de l'échinococcose kystique repose principalement sur une approche chirurgicale, bien que cette méthode présente un risque de récurrence. Les complications qui peuvent survenir au cours de l'évolution de cette parasitose, ainsi que l'émergence d'échinococcose secondaire, compliquent davantage l'intervention chirurgicale. Notre objectif vise à explorer de nouvelles substances dérivées de sources végétales, ce qui revêt une importance cruciale dans le développement de médicaments et d'agents scolicides innovants.

**II.1. Matériel et méthode :****II.1.1. Matériel végétal :**

Le matériel végétal sélectionné est constitué de deux plantes :

- *Myrtus communis* : Les parties aériennes de cette plante (feuille) sont récoltées dans la région de Djebala Khemissi wilaya de Guelma, en octobre 2021.
- *Atriplex halimus* : Les parties aériennes de cette plante (feuille) sont récoltées dans la région de Mezlougue wilaya de Sétif, en juillet 2021.

Les plantes sélectionnées pour cette étude ont été choisies en tenant compte de plusieurs critères :

- Leur utilisation dans la thérapie traditionnelle ainsi que des études antérieures suggérant qu'elles possèdent des propriétés biologiques intéressantes, notamment des activités antioxydantes, antimicrobiennes, et antiparasitaires.
- Le manque de recherches sur leur potentiel scolicide, ce qui justifie l'exploration de leurs effets contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus*.
- La grande majorité des chèvres présente une faible infestation par l'échinococcose kystique. Cette situation pourrait être attribuée au comportement alimentaire de ces animaux

qui ont tendance à privilégier l'ingestion de plantes, en particulier de plantes médicinales. Parmi celles-ci se trouvent justement celles que nous avons choisies pour mener notre étude.

Après la collecte, les échantillons sont soigneusement nettoyés et séchés à température ambiante, en veillant à les protéger de la lumière afin de préserver au maximum les molécules délicates. Ensuite, les plantes ont été finement broyées et stockées dans un environnement sec, préservées de la chaleur et de la lumière. Cette poudre végétale ainsi obtenue a été utilisée pour les procédures d'extraction ultérieures.

### **II.1.2. Matériel parasitaire :**

Les kystes hydatiques issus de foies et poumons de moutons infectés naturellement ont été récupérés à l'abattoir de Guelma, situé dans le Nord-Est de l'Algérie. Les kystes intacts ont été aussitôt placés dans une glacière spéciale et acheminés jusqu'au laboratoire de Biologie, Eau et Environnement de l'université 8 mai 45 à Guelma, Algérie.

### **II.1.3. Méthodes :**

#### **II.1.3.1. Préparation des extraits bruts :**

##### **II.1.3.1.1. Procédure de l'extraction éthanolique :**

La poudre végétale obtenue a été extraites par macération, où 100 g de poudre ont été mélangés avec 1 l d'éthanol à 70 % pendant une période de sept jours à température ambiante. Pendant cette période, un processus d'agitation intermittente a été appliqué conformément selon méthode décrite par [Bourgou \*et al.\* \(2016\)](#) avec quelques ajustements mineurs. Par la suite, le mélange d'éthanol a été filtré en utilisant d'abord une mousseline, puis un filtre en papier stérile (papier Whatman® 3mm), et concentré à une température de 45°C sous pression réduite à l'aide d'un rotavapeur. L'extrait ainsi obtenu a été davantage concentré en le laissant sécher dans une

étuve à une température de 45°C. Les échantillons extraits ont été conservés au frais à 4°C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

#### **II.1.3.1.2. Procédure de l'extraction à chaud ou décoction :**

Une masse de 100 g de poudre végétale fine a été ajoutée à 1 l d'eau distillée, puis portée à ébullition pendant 15 minutes (Bentahar *et al.*, 2016). Après refroidissement, la décoction a été pressée et filtrée. Le filtrat a ensuite été séché lentement dans une étuve à 45 C°. Le produit résultant, soit la poudre ou le décocté aqueux, a été conservé dans un flacon stérile et sec.

#### **II.1.3.2. Analyse quantitative des molécules bioactives :**

##### **II.1.3.2.1. Rendement :**

Calculer le rendement d'extraction (R) est une étape cruciale pour déterminer la quantité et le pourcentage d'extrait obtenu lors de l'extraction. Ce rendement est défini comme le rapport entre le poids de l'extrait sec (après évaporation) en grammes et le poids de l'échantillon initial (poudre végétale) en grammes. Le rendement d'extraction (%) pour chaque échantillon a été calculé selon la formule ci-dessous :

$$R (\%) = (Me / M) \times 100$$

(%) : Rendement d'extraction exprimé en %.

Me : Masse de l'extrait sec résultant en g.

M : Masse du matériel végétal (poudre) en g utilisée pour l'extraction.

##### **II.1.3.2.2. Dosage des composés phénoliques totaux :**

- **Principe :**

Le dosage des composés phénoliques totaux a été réalisé en utilisant la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, telle qu'adaptée par Benhammou *et al.* (2009). Cette méthode repose sur la capacité réductrice des composés phénoliques en milieu alcalin, où des complexes ioniques polymériques se forment à partir d'acides phosphomolybdiques et phosphotungstique (le réactif



de Folin-Ciocalteu). Ce processus conduit à la formation d'un complexe bleu, stabilisé par l'addition de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), en conjonction avec l'oxydation des composés phénoliques. Le dosage des phénols totaux est effectué en comparant l'absorbance observée avec celle d'un étalon d'acide gallique de concentration connue (Dif *et al.*, 2015).

- **Technique :**

Dans le cadre de cette méthode, 100  $\mu\text{l}$  d'extrait ont été placés dans des tubes à essai, auxquels ont été ajoutés 500  $\mu\text{l}$  du réactif de Folin-Ciocalteu préalablement dilué 10 fois avec de l'eau distillée. Après une incubation de 4 minutes à température ambiante dans l'obscurité, 400  $\mu\text{l}$  de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7,5 % ont été introduits. L'échantillon a ensuite été incubé pendant deux heures supplémentaires à température ambiante et à l'abri de la lumière, puis son absorbance a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Parallèlement, une série d'étalons d'acide gallique à des concentrations variant de 0 à 100  $\mu\text{g}/\text{ml}$  a été préparée et mesurée dans les mêmes conditions. Toutes les analyses ont été réalisées en triplicata.

Le contenu phénolique total a été exprimé en mg équivalent d'acide gallique par gramme de l'extrait sec (mg Eq-AG/g d'extrait). La teneur en ce composant par rapport à 1g de matière sèche a été également calculée (mg Eq-AG/g MS) en se référant à la courbe d'étalonnage.

L'utilisation de la droite de régression de l'acide gallique a permis d'évaluer les valeurs des concentrations et des teneurs en polyphénols totaux.

#### **II.1.3.2.3. Quantification des flavonoïdes totaux :**

- **Principe :**

La quantification des flavonoïdes totaux dans différents organes de la plante a été réalisée en utilisant la méthode du trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ), telle que décrite par Ghedadba *et al.* (2015). Ce procédé repose sur l'oxydation des flavonoïdes par le réactif  $\text{AlCl}_3$ , formant un

complexe jaunâtre absorbant à 430 nm. La teneur totale en flavonoïdes est évaluée en comparant l'absorbance observée avec celle d'un étalon de quercétine (QE) à différentes concentrations.

- **Technique :**

Des extraits à testés (0,5 ml) ont été mélangés avec un volume équivalent de solution de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à 2 %. Après une incubation de 10 minutes à température ambiante dans l'obscurité, l'absorbance du mélange a été mesurée à 430 nm. Un échantillon de contrôle a été préparé en substituant l'extrait par le même volume de méthanol. La quantité de flavonoïdes a été calculée en mg équivalent quercétine par gramme d'extrait (mg Eq-Q/g d'extrait) et par gramme de matière sèche (mg Eq-Q/g MS), en se basant sur une courbe d'étalonnage établie à partir de la quercétine comme standard.

### **II.1.3.3. Analyse qualitative des molécules bioactives par GC–MS/MS :**

L'analyse qualitative des molécules bioactives des extraits testés a été menée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC–MS/MS). Pour ce faire, nous avons utilisé un chromatographe en phase gazeuse Agilent 7890B, équipé d'un échantillonneur automatique et d'une entrée multimode à refroidissement par air. La température du vaporisateur a été réglée à 280 °C, avec un volume d'injection de 1  $\mu\text{l}$  en mode split et un rapport de split de 10 : 1. Les extraits ont été injectés à une concentration de 1% dans l'hexane. Nous avons employé une colonne capillaire HP-5MS (longueur de 30 m, diamètre intérieur de 0,25 mm, épaisseur du film de 0,25  $\mu\text{m}$ ) avec de l'hélium de haute pureté (N60) comme gaz porteur à un débit de 1 ml/min. Le four a été programmé à 50 °C pendant 1 minute, puis augmenté de 9 °C/min jusqu'à 280 °C, avec une période de maintien de 5 minutes à la température finale.

Le pourcentage des composés présents dans les extraits testés a été calculé en fonction de l'aire des pics chromatographiques. L'identification des composants a été réalisée par GC-MS/MS à l'aide d'un instrument Agilent 7000 à triple quadripôle (QqQ), fonctionnant à 70V pour la spectrométrie de masse en tandem. Cette identification a été effectuée à l'aide du logiciel Mass Hunter (MH) Workstation Qualitative Analysis Workflows (version B.10.00, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA), en utilisant les paramètres par défaut pour la déconvolution des chromatogrammes. Les substances ont été identifiées en se référant à la base de données de l'institut national des normes et de la technologie (NIST17) (Mir *et al.*, 2020).

#### **II.1.3.4. Etude *in-vitro* des activités biologiques des extraits :**

##### **II.1.3.4.1. Potentiel antioxydant :**

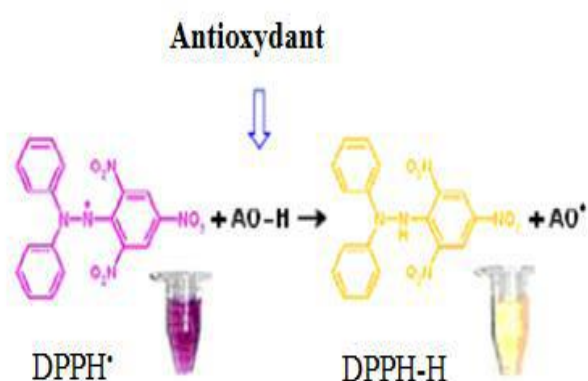
La recherche des extraits de plantes à potentiel antioxydant est une préoccupation majeure des scientifiques depuis les années 1980, dans le but de limiter voire d'éliminer certaines pathologies en remplaçant les antioxydants de synthèse mis sur le marché. Cette approche vise à adopter des concentrations couramment autorisées pour éviter tout risque de toxicité (Reynal and Multon, 2009). A cet égard, un intérêt particulier a été porté aux antioxydants naturels, en particulier aux composés phénoliques. Leur importance découle de leur capacité potentielle à neutraliser les radicaux libres *in vivo*, que ce soit par le biais de l'alimentation ou de la pharmacologie.

Diverses approches ont été développées pour estimer l'activité antioxydante des extraits naturels *in vitro*, principalement en se basant sur deux mécanismes : le transfert d'atomes d'hydrogène ou le transfert d'électrons.

- **Activité anti-radicalaire par le test au DPPH :**

- **Principe :**

Cette méthode repose sur la capacité des antioxydants à neutraliser le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH), largement utilisé comme substrat pour évaluer rapidement et directement l'activité antioxydante en raison de sa stabilité sous forme de radical libre et de la simplicité de son analyse. Le DPPH, un radical stable, présente une absorption caractéristique à 517 nm en solution alcoolique, se traduisant par une couleur violette (Figure 31). Lorsqu'il est réduit par un agent antioxydant (AO-H), il perd cette couleur rapidement, se transformant en diphényl picryl hydrazine jaune, en acceptant un atome d'hydrogène (Molyneux, 2004).



**Figure 31.** Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire DPPH<sup>\*</sup> et un antioxydant (AO) (Molyneux, 2004).

➤ **Technique :**

Un volume de 1250  $\mu$ l de la solution méthanolique contenant le radical libre de DPPH (0,004 %) est combiné avec 50  $\mu$ l de diverses dilutions de chaque extrait ou des antioxydants standards (BHT : références de comparaison) à différentes concentrations. Après une incubation de 30 minutes dans l'obscurité, à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 517 nm. Trois répétitions sont effectuées pour chaque concentration et chaque échantillon.

Le pourcentage d'inhibition de DPPH (I %) est calculé selon la formule suivante :

$$I \% = [(A_{blanc} - A_{éch}) / A_{blanc}] \times 100$$

Avec :

$A_{\text{blanc}}$  : Représente l'absorbance du DPPH au temps zéro avant l'addition de l'échantillon (extrait ou témoin) à une concentration donnée ;

$A_{\text{éch}}$  : Absorbance de l'échantillon testé après 30 min.

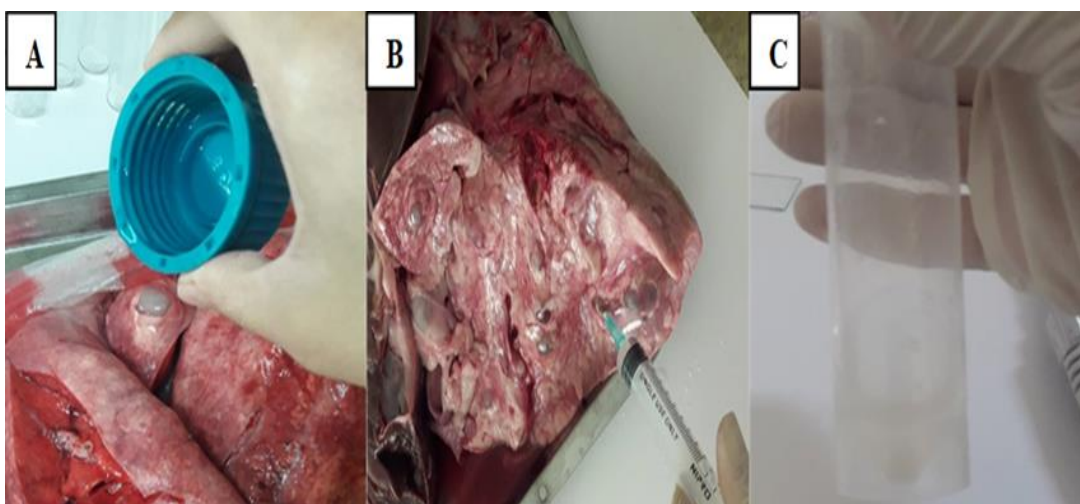
➤ **Détermination des  $IC_{50}$  :**

La valeur  $IC_{50}$  représente la concentration du substrat qui entraîne une réduction de 50 % de l'activité du DPPH. Cette valeur est obtenue graphiquement (Samarth *et al.*, 2008). Les résultats d' $IC_{50}$  sont exprimés en milligramme par millilitre d'extraits.

**II.1.3.4.2. Activité antiparasitaire :**

**II.1.3.4.2.1. Prélèvement de liquide hydatique :**

Les kystes ont été manipulés conformément aux normes internationales de biosécurité et dans des conditions stériles strictes. Avant la ponction des kystes hydatiques, la surface des organes a été désinfectée avec de l'éthanol à 70 %. Les kystes ont ensuite été vidés à l'aide d'une seringue. Le liquide hydatique prélevé des kystes a été transféré de manière aseptique dans des tubes coniques, puis laissé au repos pendant 30 minutes afin de permettre aux protoscolex de se déposer au fond du tube. (Figure 32. C).



**Figure 32. A :** Désinfection de la surface des kystes. **B :** Aspiration de liquide hydatique. **C :** Transfère et sédimentations de protoscolex.

#### II.1.3.4.2.2. Détermination de la fertilité de liquide hydatique :

La fertilité des kystes hydatiques a été vérifiée par la coloration blanchâtre de leurs membranes, l'épaisseur de la membrane germinale et par la présence de protoscolex libres dans le liquide hydatique (Galindo *et al.*, 2002). Les kystes sans protoscolex, comme les kystes suppurés ou calcifiés ont été considérés comme infertiles.

Une goutte du sédiment a été placée entre lame et lamelle et observée au microscope optique (X10) pour confirmer la fertilité des kystes (Daryani *et al.*, 2009) (Figure 33). Ensuite, le surnageant des liquides fertiles a été retiré et les protoscolex ont été lavés trois fois dans du sérum physiologique.

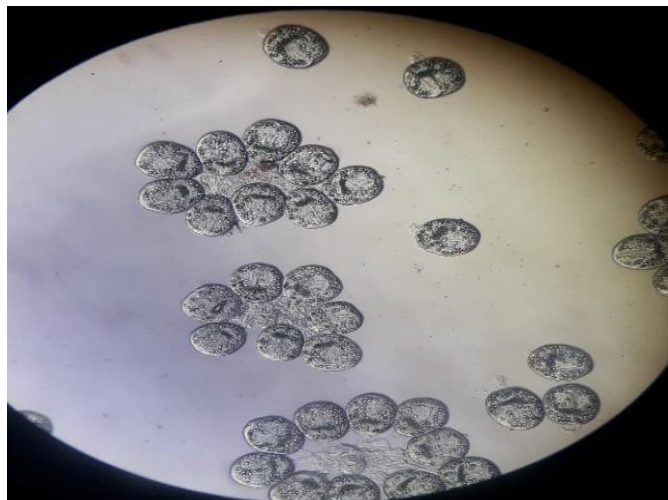
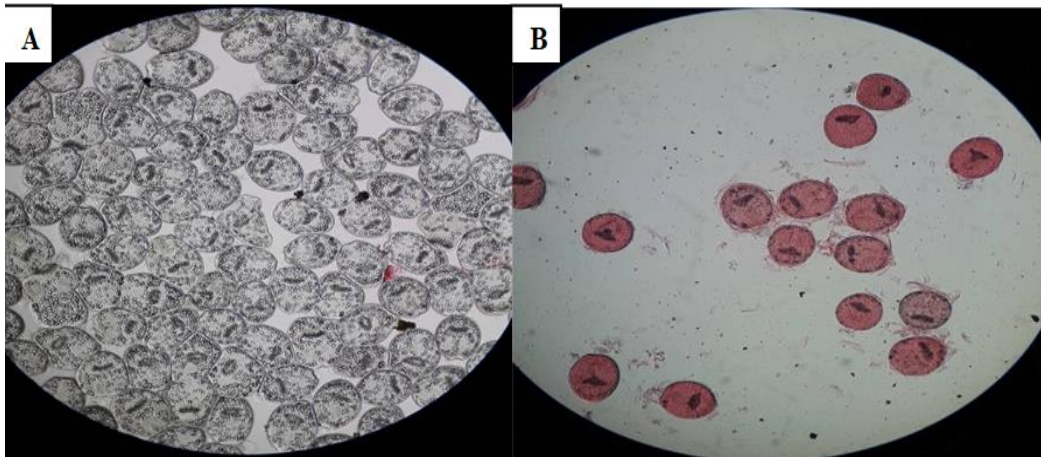


Figure 33. Kyste hydatique fertile (X10).

#### II.1.3.4.2.3. Test de viabilité :

La viabilité des protoscolex a été évaluée par observation au microscope optique la motilité des cellules à flamme, l'intégrité de la membrane, la présence de corpuscules calcaires abondants et par la coloration vitale à l'éosine aqueuse à 0,1 % (Elissondo *et al.*, 2004). Cinq minutes après l'exposition à la coloration, les protoscolex non colorés étaient considérés comme viables, tandis que les protoscolex colorés étaient considérés comme non viables (Figure 34). Lorsque 95 % ou plus de protoscolex viables étaient présents dans les sédiments, l'échantillon

était considéré comme convenable à l'expérience, transféré dans un récipient sombre contenant du sérum physiologique et stocké à 4°C jusqu'à leur utilisation (Smyth and Barrett, 1980).

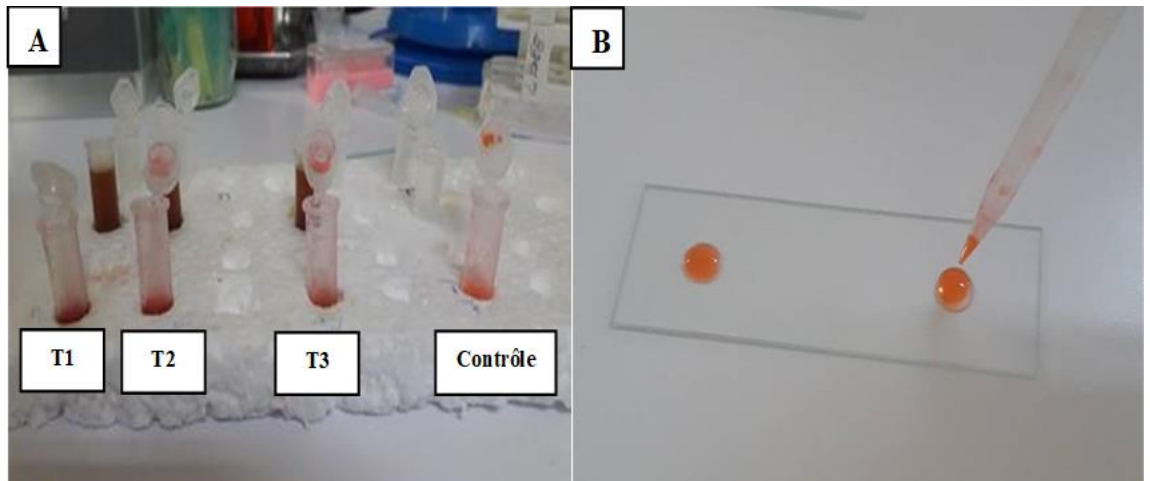


**Figure 34. A :** Protoscolex vivants (X10). **B :** Protoscolex morts (X10).

#### **II.1.3.4.2.4. Activité scolicide :**

##### **A. Préparation des concentrations et cultures des protoscolex :**

Pour étudier les effets scolicides des extraits des plantes contre les protoscolex d'*E. granulosus*, nous avons utilisé différentes concentrations. Dans chaque expérience, 0,5 ml de la solution de protoscolex a été mélangé à 0,5 ml de différentes concentrations de l'extrait éthanolique et aqueux des 02 plantes : 50, 75, 100 et 150 mg/ml. Les tubes ont été délicatement agités et incubés à 37°C à différents temps 5, 10, 15, 30, 60, 90 et 120 min. Les protoscolex incubés dans l'eau physiologique sont considérés un témoin négatif. Chaque expérience a été réalisée en triplicata (Bouaziz *et al.*, 2021, Abed and Ibrahim, 2021) (Figure 35. A).



**Figure 35. A :** Activité scolicide *in vitro* : incubation des protoscolex avec différentes concentrations des extraits à différents temps. **B :** Test de viabilité à l'éosine 0,1 %.

### **B. Test de viabilité :**

La viabilité des protoscolex a été évaluée à chaque intervalle d'incubation en utilisant un test à l'éosine aqueuse à 0,1 %. Après une incubation de 5 minutes, les protoscolex ont été examinés au microscope optique (Figure 35. B). Les protoscolex qui n'ont pas retenu le colorant ont été considérés comme potentiellement viables, et ceux qui l'ont fait ont été considérés comme morts. Le taux de mortalité a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$\% \text{ Mortalité} = (\text{PSC morts} / \text{PSC viables} + \text{morts}) \times 100$$

### **II.1.3.5. Analyse statistique des données :**

L'analyse statistique a été menée en utilisant le logiciel Graph Pad Prism 8. Les résultats ont été présentés sous forme de moyenne  $\pm$  écart type (SD). Les données concernant l'activité antioxydante ont été analysées par une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Pour l'activité antiparasitaire, les données ont été soumises à une analyse de variance à deux facteurs (ANOVA) suivie du test de Tukey pour les comparaisons multiples. Une valeur de  $P < 0,05$  a été considérée comme statistiquement significative.



---

## II.2. Résultats :

### II.2.1. Extraction et rendement :

La méthode de macération employée pour la préparation de l'extrait éthanolique a produit un extrait brillant et verdâtre pour *M. communis*, avec un rendement de 24,27 %. En revanche, l'extrait d'*A. halimus* a donné le rendement le plus faible, soit 18 %, sous forme d'un extrait pâteux et collant de couleur verdâtre.

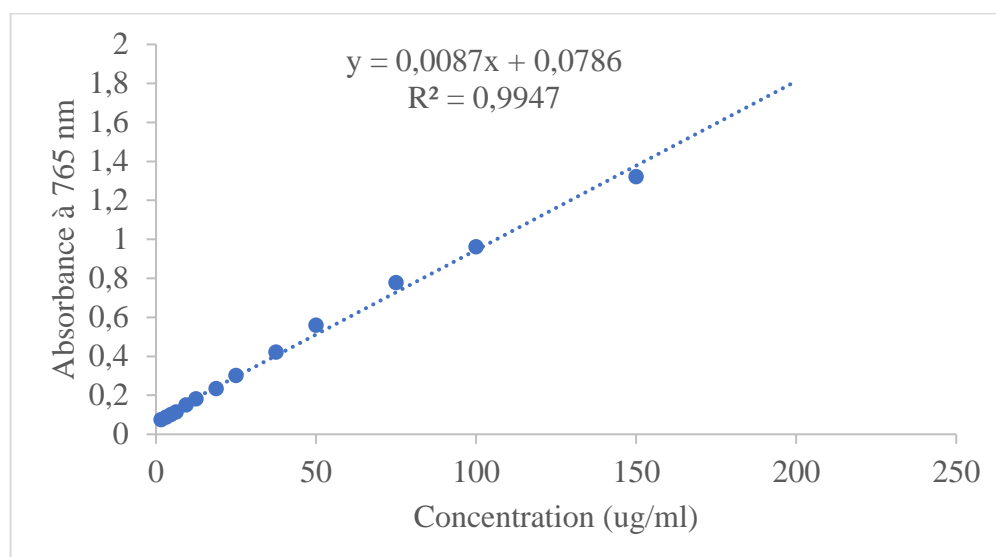
Concernant la méthode de décoction, les extraits aqueux obtenus à partir des deux plantes ont produit des poudres allant du jaunâtre au brunâtre, avec des rendements respectifs de 25,53 % et 27,80 % pour *M. communis* et *A. halimus* (Tableau 23).

### II.2.2. Analyse phytochimique :

#### II.2.2.1. Dosage des polyphénols et flavonoïdes :

Afin de caractériser les extraits éthanoliques et aqueux des deux plantes, un dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a été effectué.

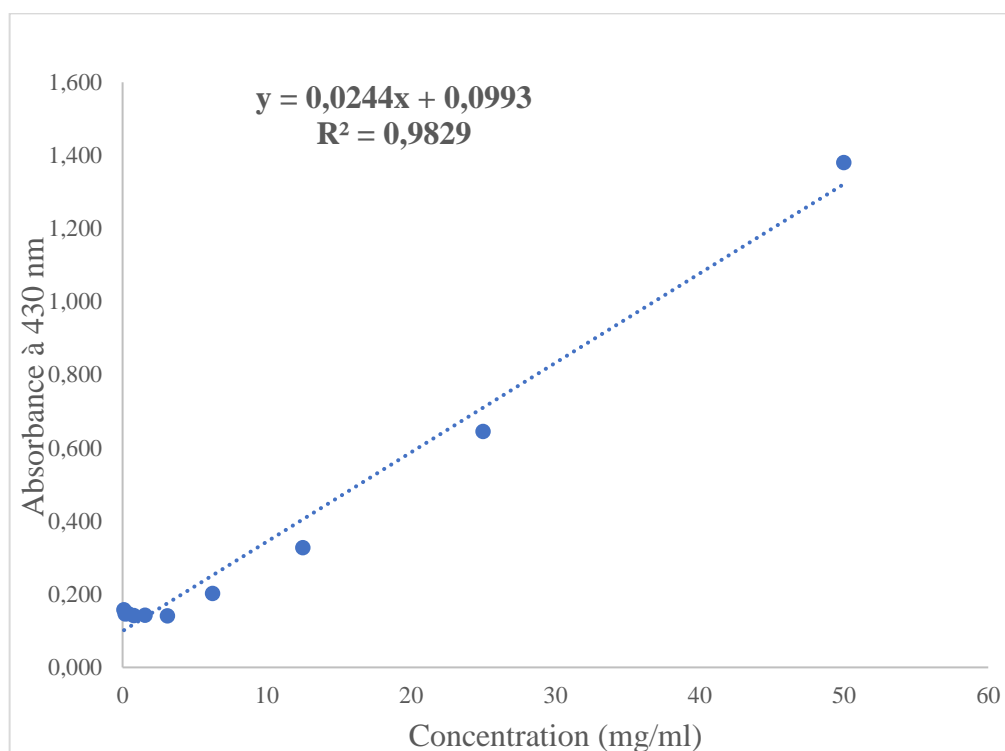
Le contenu phénolique dans les extraits examinés a été déterminé selon la méthode Folin-Ciocalteu, il est exprimé en termes d'équivalent d'acide gallique (l'équation standard de la courbe :  $y = 0,0087x + 0,0786$  ;  $R^2 = 0,9947$ ) (Figure 36).



**Figure 36.** Droite d'étalonnage de l'acide gallique.

D'après les résultats dans le [Tableau 23](#), on constate que les extraits éthanoliques et aqueux des deux plantes sont riches en polyphénols mais avec des quantités différentes. La concentration la plus élevée des phénols a été mesurée dans l'extrait éthanolique de *M. communis* ( $45,865 \pm 0,085$  mg Eq-AG/g d'extrait) tandis qu'elle est faible pour l'*A. halimus* ( $15,406 \pm 0,003$  Eq-AG/g d'extrait). Et pour les extraits aqueux, le contenu phénolique le plus élevé dans l'extrait de *M. communis* ( $36,55 \pm 0,016$  Eq-AG/g d'extrait) et plus faible pour l'*A. halimus* ( $19,601 \pm 0,016$  Eq-AG/g d'extrait).

Pour une détermination quantitative de base, les teneurs en flavonoïdes dans les extraits de plantes sélectionnées ont été déterminées en utilisant le chlorure d'aluminium dans une méthode colorimétrique. Les résultats ont été dérivés de la courbe d'étalonnage ( $y = 0,0244x + 0,0993$  ;  $R^2 = 0,9829$ ) de la quercétine ([Figure 37](#)).



**Figure 37.** Droite d'étalonnage de la quercétine.

La teneur en flavonoïdes dans les extraits éthanoliques variait de  $4,350 \pm 0,023$  à  $18,201 \pm 0,023$  mg Eq-Q/g d'extrait. L'extrait éthanolique et aqueux de *M. communis* sont les plus élevés ( $16,503 \pm 0,004$  et  $18,201 \pm 0,023$  mg Eq-Q/g d'extrait respectivement). Tandis que les plus petites quantités de flavonoïdes ont été trouvées dans l'extrait aqueux et éthanolique de l'*A. halimus* ( $1,995 \pm 0,026$  et  $4,350 \pm 0,023$  mg Eq-Q/g d'extrait respectivement).

**Tableau 23.** Rendement et teneur en polyphénols totaux et flavonoïdes dans les différents extraits de plantes étudiées.

	<b>Extrait</b>	<b>Rendement (%)</b>	<b>Total polyphénols mg Eq-AG/g d'extrait</b>	<b>Total flavonoïdes mg Eq-Q/g d'extrait</b>
<b>ATP</b>	Éthanolique	18	15,406 ± 0,003	4,350 ± 0,023
	Aqueux	27,80	19,601 ± 0,016	1,995 ± 0,026
<b>Myrt</b>	Éthanolique	24,27	45,865 ± 0,085	16,503 ± 0,004
	Aqueux	25,53	36,55 ± 0,016	18,201 ± 0,023

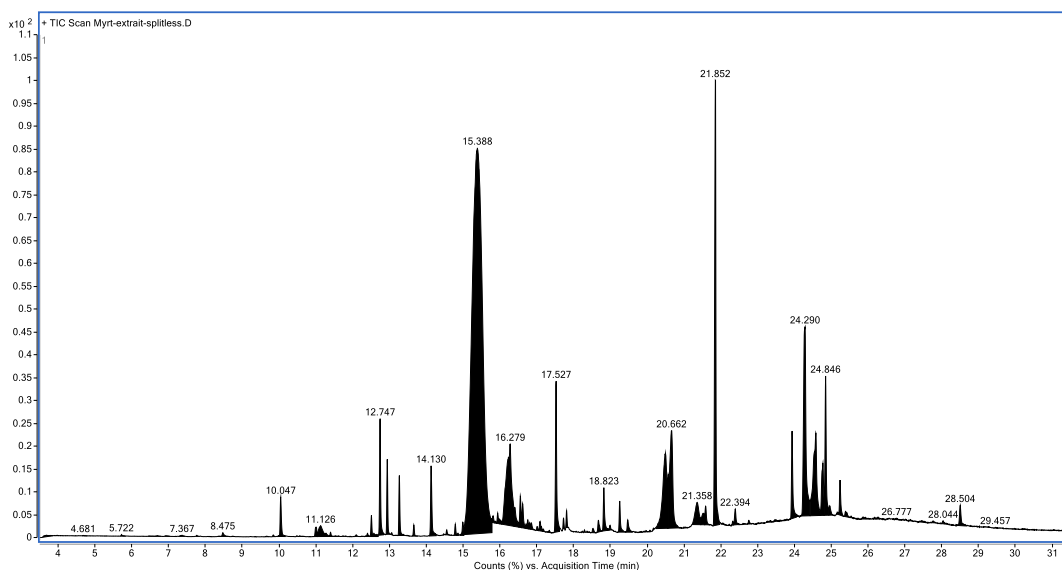
#### II.2.2.2. Analyses par GC–MS/MS :

##### II.2.2.2.1. *Myrtus communis* :

Les chromatogrammes de la [Figure 38](#) et [39](#), illustrent les pics correspondant aux composants qui ont été détectés lors de l'analyse des extraits de feuilles de myrte grâce à la chromatographie en phase gazeuse en tandem GC-MS/MS. Les résultats de cette analyse sont consignés dans les [Tableaux 24](#) et [25](#).

##### ➤ **Extrait éthanolique :**

L'extraction éthanolique a permis d'identifier 28 composés différents. Parmi eux, la 2'-hydroxy-5'-méthoxyacétophénone a été la plus prédominante, représentant plus de 59,77% de la quantité injectée. Cette molécule a été détectée aux temps de rétention de 15,38 et 21,85 minutes, confirmant ainsi sa présence dans la plante sous différentes formes. Ensuite, le thiophène 2-isobutyl-5-isopentyl s'est avéré être le deuxième composant majeur, constituant 10,25% de l'échantillon, avec des pics apparaissant aux temps de rétention de 20,48 et 21,35 minutes. Les autres composés ont été extraits en quantités plus faibles, variant de 0,21 à 3,96%.



**Figure 38.** Chromatogramme de GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis*.

**Tableau 24.** Profils GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis*.

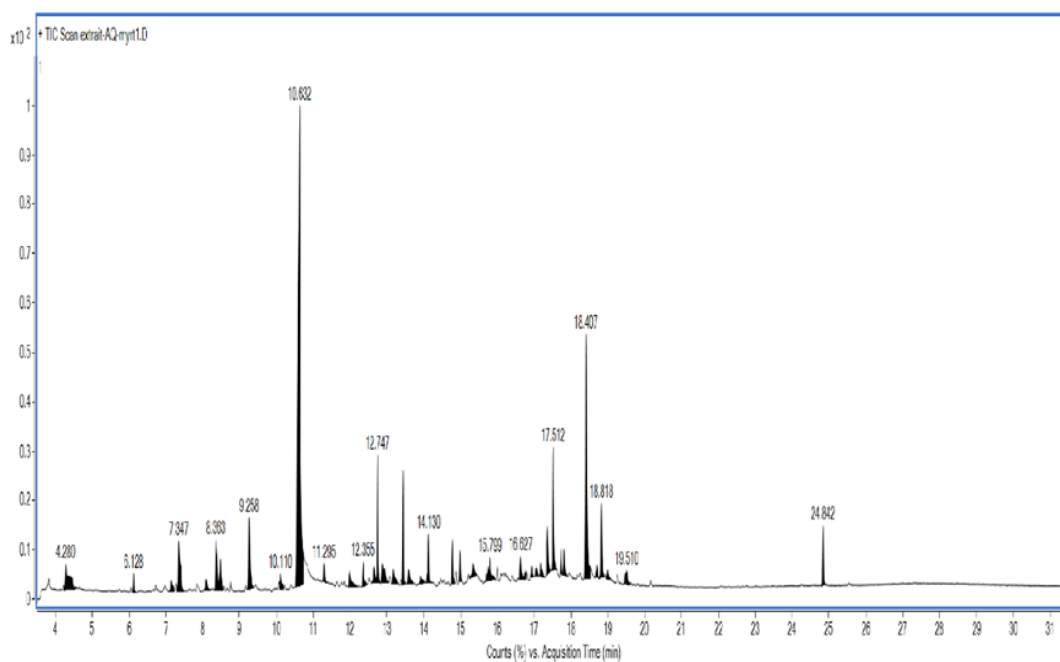
N°	Nom de la molécule	TR (min)	Formule	Aire (%)
1	Terpinyl formate	10,045	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0,73
2	3-Carene	11,004	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0,23
3	(7R,8R,8aS, E) -6-((R,3E,5E) -2,6-Dimethylocta-3,5-dien-1-ylidene) -8-methyloctahydroindolizine-7,8-diol	11,126	C <sub>19</sub> H <sub>31</sub> NO <sub>2</sub>	0,59
4	Cyclohexene, 5-methyl-3-(1-methylethenyl) -, trans- (-) -	12,510	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0,28
5	2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	12,745	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	1,88
6	3-Carene	12,941	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1,06
7	Methyleugenol	13,268	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0,85
8	2,5-di-tert-Butyl-1,4-benzoquinone	14,130	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1,27
9	2'-Hydroxy-5'-methoxyacetophenone	15,389	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	51,02
10	2,6-Di-tert-butyl-4-hydroxy-4-methylcyclohexa-2,5-dien-1-one	16,248	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	3,68
11	6-Hydroxy-3,5a,9-trimethyl-3,3a,4,5,6,7,9a,9b-octahydrobenzo[g][1] benzofuran-2-one	16,279	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	2,28
12	7-Methoxy-2,2,4,8-tetramethyltricyclo [5.3.1.0(4,11)] undecane	16,409	C <sub>16</sub> H <sub>28</sub> O	0,31
13	Spiculesporic acid	16,556	C <sub>17</sub> H <sub>28</sub> O <sub>6</sub>	0,48
14	Sebacic acid, ethyl 3-nitro-4-fluorobenzyl ester	17,526	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> FNO <sub>6</sub>	2,78

15	5,8,11,14-Eicosatetraynoic acid	18,822	C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0,8
16	Aristolene epoxide	19,253	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0,49
17	Thiophene, 2-isobutyl-5-isopentyl	20,483	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> S	8,74
18	Thiophene, 2-isobutyl-5-isopentyl-	21,355	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> S	1,51
19	Preleptospermone	21,524	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	0,38
20	2'-Hydroxy-5'-methoxyacetophenone	21,854	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	8,75
21	(2R,3R,4aR,5S,8aS)-2-Hydroxy-4a,5-dimethyl-3-(prop-1-en-2-yl) octahydronaphthalen-1(2H)-one	22.391	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0,21
22	5'-Fluoro-2'- (tert. -butyldimethylsilyl) oxy-4-methoxychalcone (isomer 2)	23,936	C <sub>22</sub> H <sub>27</sub> FO <sub>3</sub> Si	1,6
23	3,7,11,15-Tetramethylhexadec-2-en-1-yl acetate	24,289	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	3,96
24	6H-Oxireno [4,5] benzo[1,2-c][1] benzopyran-1-ol, 6a,7,7a,8a,9,9a-hexahydro-6,6,8a-trimethyl-3-pentyl-, acetate	24,548	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>4</sub>	0,91
25	Androstan-19-al, 17-acetoxy-4,4-dimethyl-3-methoxy-	24,586	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	1,61
26	1,3,5,7-Tetramethyl-1,3,5,7-tetravinylcyclotetrasiloxane	24,775	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub> Si <sub>4</sub>	1,18
27	Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	24,847	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1,74
28	Octadecane, 1,1'-[1,3-propanediylbis(oxy)] bis-	28,502	C <sub>39</sub> H <sub>80</sub> O <sub>2</sub>	0,43

TR : Temps de rétention (min).

➤ **Extrait aqueux :**

Lors de l'extraction aqueuse, un total de 44 composés a été identifié. Le 5-Hydroxymethylfurfural est le composant le plus abondant, représentant 35,89 % de l'échantillon. De plus, le composé 4-hydroxy-4-(3-hydroxybut-1-enyl)-3,5,5-triméthylcyclohex-2-en-1-one, acétate était également détecté, constituant 5% de la surface chromatographique totale.



**Figure 39.** Chromatogramme de GC-MS/MS de l'extrait aqueux de *Myrtus communis*.

**Tableau 25.** Profils GC-MS/MS de l'extrait aqueux de *Myrtus communis*.

N°	Nom de la molécule	TR (min)	Formule	Aire (%)
1	3-Hexanone, 2-methyl-	3,793	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	0,75
2	2-Furancarboxaldehyde	4,28	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2,15
3	Furan-3-carboxamide	6,128	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	0,44
4	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl) -	7,144	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0,64
5	O-Cymene	7,275	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0,43
6	D-Limonene	7,349	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	3,01
7	Gamma. -Terpinene	7,854	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0,40
8	Bicyclo[2.2.1]heptane-1,2-dicarboxylic acid, dimethyl ester	8,091	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>	0,51
9	2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-	8,363	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	2,40
10	Undecane	8,479	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	1,79
11	22-Tricosenoic acid	8,76	C <sub>23</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0,35
12	1-Methyl-5-fluorouracil	9,26	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> FN <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3,10
13	5-(1-hydroxyethyl) -2-oxolanone	10,11	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0,81
14	5-Hydroxymethylfurfural	10,632	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	35,89
15	Limonene oxide, cis-	11,298	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0,72

16	Fumaric acid, monoamide, N, N-dimethyl-, 1-naphthyl ester	11,983	C <sub>16</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>3</sub>	0,91
17	Cis-10-Heptadecenoic acid	12,355	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,73
18	Acetamide, N-[3-(diethylamino)phenyl]-	12,651	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O	0,67
19	Dihydrojuniper camphor	12,747	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	4,06
20	1,2,3-Benzenetriol	12,878	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	1,72
21	α-D-Glucopyranoside, methyl 2-(acetylamino)-2-deoxy-3-O-(trimethylsilyl)-, cyclic butylboronate	12,936	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> BNO <sub>6</sub> Si	0,45
22	acetone (1R)-(+)-camphor azine	13,174	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> N <sub>2</sub>	0,61
23	2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	13,438	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	3,04
24	Benzeneethanol, 4-hydroxy-	13,592	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	1,11
25	Ethanone, 1-(5,6,7,8-tetrahydro-2,8,8-trimethyl-4H-cyclohepta[b]furan-5-yl)-	14,09	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0,35
26	α-D-Glucopyranoside, methyl 2-(acetylamino)-2-deoxy-3-O-(trimethylsilyl)-, cyclic butylboronate	14,128	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> BNO <sub>6</sub> Si	1,54
27	Dihydrojuniper camphor;	14,774	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	1,49
28	1,1,4,5,6-Pentamethyl-2,3-dihydro-1H-indene	14,879	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub>	0,46
29	2,3,4,4a,5,6,6a,7,8,9-Decahydropyrano[3,2-H]chromen-5,5,6,6-tetracarbonitrile	14,983	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	1,07
30	(8aS,10R,12aR)-10-[(2-Chlorobenzyl) amino]decahydro-1H,5H-benzo[b]pyrrolo[1,2-a] azepin-5-one	15,745	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> ClF <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O	1,21
31	2'-Hydroxy-5'-methoxyacetophenone	15,371	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	0,69
32	Bisoxireno[2',3':4,5;2'',3'':8,9] cyclodeca[1,2-b]furan-4(1aH)-one, 2,2a,6,6a,7a,8,9,9a-octahydro-1a,5,7a-trimethyl-	15,417	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	0,62
33	(8aS,10R,12aR)-10-[(3-Chlorobenzyl) amino]decahydro-1H,5H-benzo[b]pyrrolo[1,2-a] azepin-5-one	15,745	C <sub>21</sub> H <sub>26</sub> ClF <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O	1,21
34	Benzeneethanamine, 2-isothiocyanato-N-methyl-N-[2. trans-[1-tetrahydropyrrolidino]	15,997	C <sub>20</sub> H <sub>29</sub> N <sub>3</sub> S	0,37
35	Isoobtusilactone	16,159	C <sub>17</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>	0,37
36	10,13-Octadecadiynoic acid, methyl ester	16,627	C <sub>19</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,96
37	(3E)-4-[(4S)-4-hydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl]-3-buten-2-one	17,182	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0,42
38	2-Cyclohexen-1-one, 4-(3-hydroxybutyl) -3,5,5-trimethyl-	17,358	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	2,04
39	4-Hydroxy-4-(3-hydroxybut-1-enyl) -3,5,5-trimethylcyclohex-2-en-1-one, acetate	17,512	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O <sub>3</sub>	4,98
40	α-D-Xylofuranose, cyclic 1,2:3,5-bis(butylboronate)	17,806	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> B <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,59
41	4-Amino-2-methylphenol	18,408	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> ON	9,02



42	[(1aR,2S,2aS,5R,5aS,6S,7aS)-2-Acetyloxy-5-hydroxy-2a,7a-dimethyl-5-propan-2-yl-2,3,4,5a,6,7-hexahydro-1aH-azuleno	18,819	C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>6</sub>	2,58
43	1,2,2,4,4,5,6,7-Octamethylbicyclo [3.2.0] hept-6-en-3-one	19,511	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0,38
44	Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-diméthylethyl)-4-méthyl-	24,842	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1,62

TR : Temps de rétention (min).

#### II.2.2.2.2. *Atriplex halimus* :

Les chromatogrammes de la [Figure 40](#) et [41](#), illustrent les pics correspondant aux composants qui ont été détectés lors de l'analyse des extraits de feuilles de l'*A. halimus* grâce à la chromatographie en phase gazeuse en tandem GC-MS/MS. Les résultats de cette analyse sont consignés dans les [Tableaux 26](#) et [27](#).

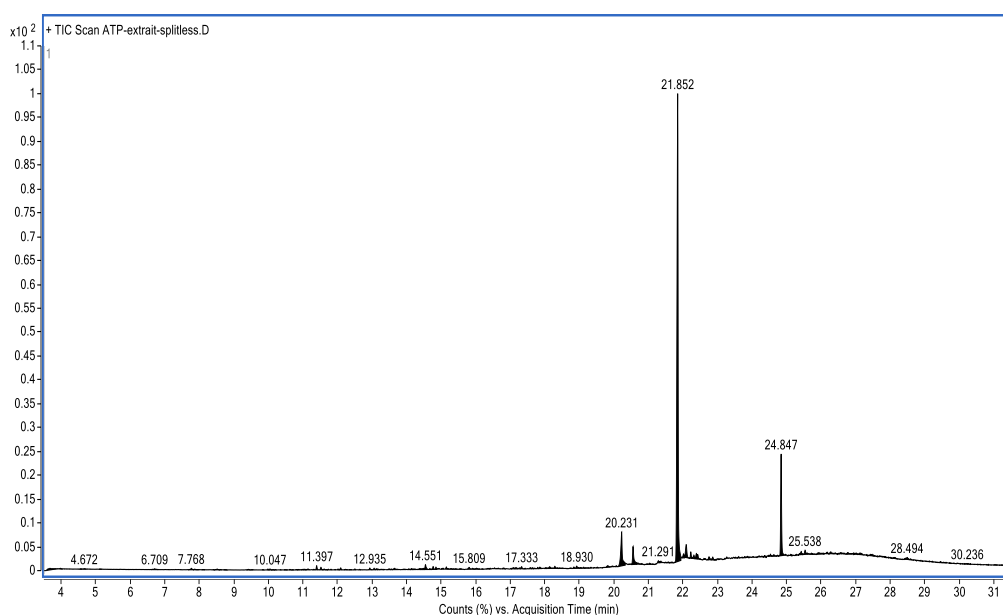
##### ➤ **Extrait éthanolique :**

Quatre composés distincts ont été identifiés dans l'extrait éthanolique. Parmi eux, le 3,7,11,15-Tétraméthyl-2-hexadécène-1-ol constitue le composé le plus prédominant, représentant 78,14% de l'extrait éthanolique. Cette molécule apolaire présente une forte affinité avec la colonne de séparation HP-5MS, ce qui explique son temps de rétention élevé de 21,85 minutes. Ensuite, le phénol 2,2'-méthylènebis[6-(1,1-diméthyléthyl)-4-méthyl] constitue 12,10% de l'échantillon, suivi par l'acide n-hexadécanoïque à hauteur de 6,74% et l'acide hexadécanoïque, ester éthylique à 3%.

**Tableau 26.** Profils GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de l'*Atriplex halimus*.

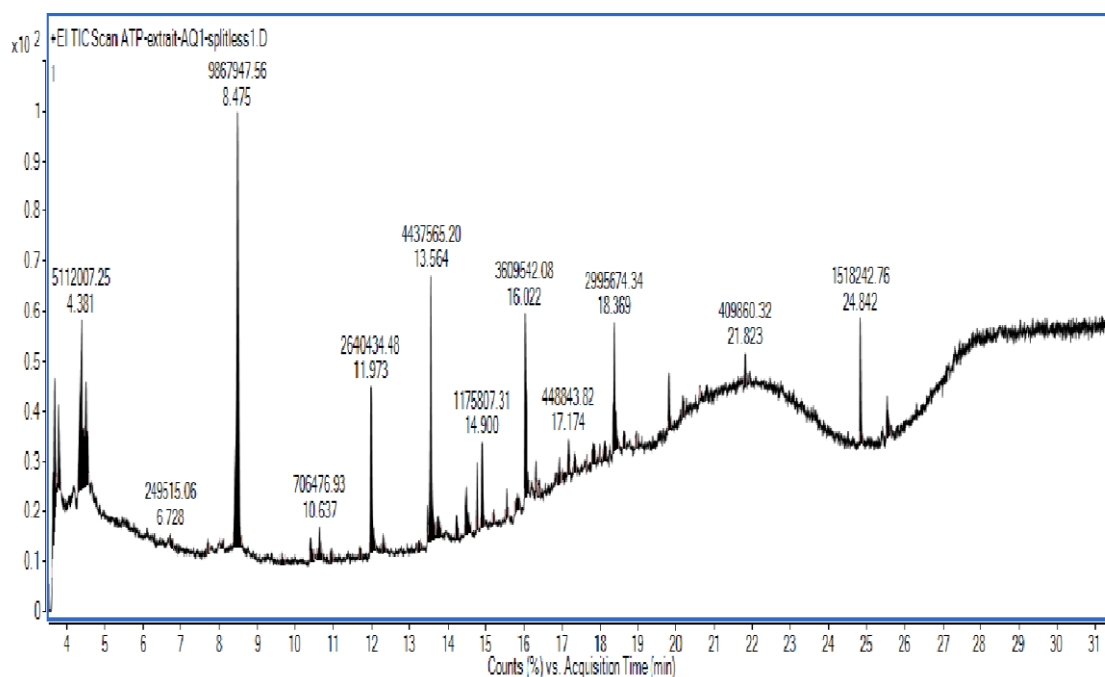
N°	Nom de la molécule	TR (min)	Formule	Aire (%)
1	n-Hexadecanoic acid	20,229	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	6,74
2	Hexadecanoic acid, ethyl ester	20,559	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	3,00
3	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	21,851	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	78,14
4	Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	24,845	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	12,10

TR : Temps de rétention (min).

**Figure 40.** Chromatogramme de GC-MS/MS de l'extrait éthanolique de l'*Atriplex halimus*.

#### ➤ Extrait aqueux :

L'extrait aqueux a révélé la présence de vingt-trois composés identifiés. Le composant prédominant s'est avéré être l'undécane, représentant 25,31% de l'échantillon. Il était suivi par l'acide 3-méthylbutanoïque à hauteur de 12,03%, puis par le phénol 3,4-diméthoxy à 8,87%, le 2-méthoxy-4-vinyl-phénol à 6,70% et le phénol 3,4,5-triméthoxy à 6,46%. Les autres composants ont été détectés à des concentrations plus faibles.



**Figure 41.** Chromatogramme de GC-MS/MS de l'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus*.

**Tableau 27.** Profils GC-MS/MS de l'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus*.

N°	Nom de la molécule	TR (min)	Formule	Aire (%)
1	2,3-Butanediol, [R-(R*,R*)]-	3,776	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	3,62
2	3-Methylbutanoic acid	4,381	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	12,03
3	Butanoic acid, 2-methyl-	4,495	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	4,65
4	Undecane	8,475	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	25,31
5	Pregn-4-en-18-oic acid, 11-(acetyloxy)-7,9,20-trihydroxy-3-oxo-, $\gamma$ -lactone, (7 $\alpha$ ,11 $\alpha$ ,20R)-	10,392	C <sub>23</sub> H <sub>30</sub> O <sub>7</sub>	1,04
6	1H-Pyrrole-2,5-dione, 3-ethyl-4-methyl-	10,632	C <sub>7</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	1,13
7	2-methoxy-4-vinyl-phenol	11,976	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	6,70
8	1,2,4-Triazin-3(4H)-one, hydrazone, 2-oxide	13,483	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O	1,44
9	Phenol, 3,4-dimethoxy-	13,564	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	8,87
10	1,4-dimethoxy-2,6-dimethylbenzene	14,485	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	2,40
11	5-isopropyl-6-(trifluoromethyl)-1H-pyrimidin-2-one	14,774	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> F <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O	1,97
12	Benzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxy-, methyl ester	14,9	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	3,39
13	3-(5-Cyano-4-methoxycarbonylmethyl-4,5-dimethyl-2-thioxo-pyrrolidin-3-yl)-propionic acid, methyl ester	15,563	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> S	0,86
14	Phenol, 3,4,5-trimethoxy-	16,023	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	6,46

15	11-Heneicosanone	16,058	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O	2,48
16	Octadecanal, 2-bromo-	16,317	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> BrO	1,12
17	Octadecane, 1,1'-[1,3-propanediylbis(oxy)]bis-	17,175	C <sub>39</sub> H <sub>80</sub> O <sub>2</sub>	1,18
18	Myrtenoic acid, butyl ester	18,336	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	1,35
19	4-Hydroxy-3,5,5-trimethyl-4-[(1E)-3-oxo-1-butenyl]-2-cyclohexen-1-one	18,37	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	4,65
20	Hexadecanoic acid, methyl ester	19,819	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,93
21	4-Dimethylamino-2-methyl-1-phenyl-butan-2-ol	21,824	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> NO	1,09
22	Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	24,842	C <sub>23</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	3,69
23	Hexasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11-dodecamethyl-	25,538	C <sub>12</sub> H <sub>38</sub> O <sub>5</sub> Si <sub>6</sub>	1,86

TR : Temps de rétention (min).

## II.2.3. Étude *in-vitro* des activités biologiques des extraits :

### II.2.3.1. Effet Scavenger du radical DPPH :

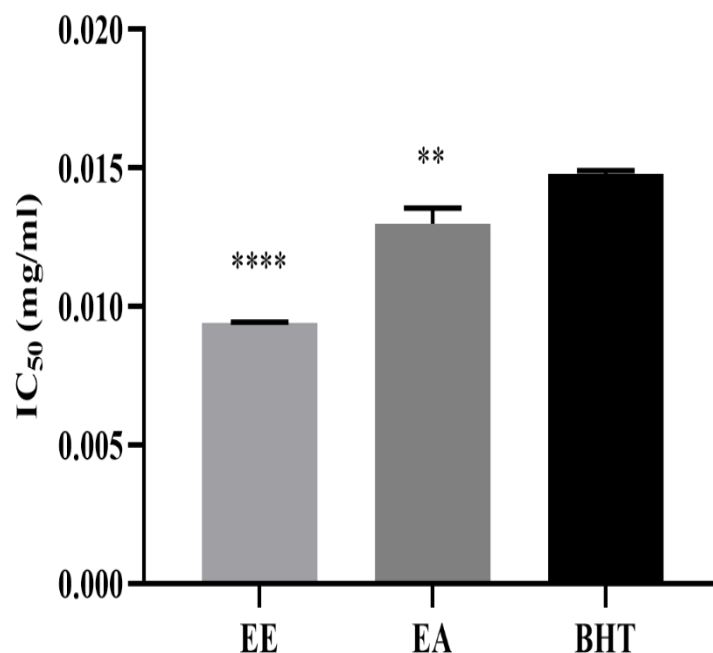
L'activité antiradicalaire des différents extraits a été évaluée par leurs activité inhibitrice sur une solution méthanolique de DPPH, mesurée à 517 nm. L'activité antiradicalaire des différents extraits de deux plantes ainsi que le standard a été illustrée dans le [Tableau 28](#).

**Tableau 28.** IC<sub>50</sub> (mg/ml) des différents extraits de plantes étudiées.

Plante	Extrait	IC <sub>50</sub>
<i>Atriplex halimus</i>	Ethanolique	0,850 ± 0,026
	Aqueux	0,897 ± 0,060
<i>Myrtus communis</i>	Ethanolique	0,009 ± 0,0000
	Aqueux	0,012 ± 0,0003
<b>BHT</b>	/	0,014 ± 0,0001

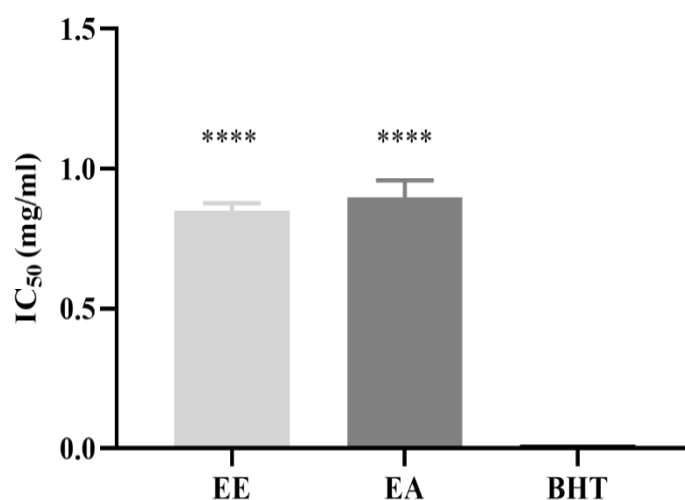
Selon [Zerargui et al. \(2015\)](#), une valeur plus faible de l'IC<sub>50</sub> (la concentration du substrat qui cause une inhibition de 50% de l'activité de DPPH) indique une activité antioxydante plus élevée. Le standard utilisé a montré une activité antiradicalaire puissante avec de IC<sub>50</sub> de 0,014 ± 0,0001 mg/ml ;

L'extrait éthanolique et l'extrait aqueux de *M. communis* ont montré une activité antioxydante significativement plus élevée ( $IC_{50} = 0,009 \pm 0,0004$  mg/ml et  $IC_{50} = 0,012 \pm 0,0003$  mg/ml, respectivement) que celle des antioxydants synthétiques BHT ( $IC_{50} = 0,014 \pm 0,0001$ mg/ml) (Figure 42).



**Figure 42.** Pouvoir réducteur d'un antioxydant standard et d'extraits de feuilles de *Myrtus communis* (EE : extrait éthanolique, EA : extrait aqueux, BHT : butylhydroxytoluène). Les données sont présentées sous forme de moyennes  $IC_{50} \pm SD$  (n=3) (\*\*\*\*P  $\leq 0,0001$  ; \*\*P =0,0013) par rapport au BHT.

Les extraits éthanoliques et aqueux d'*A. halimus* ont donné une valeur  $IC_{50} = 0,850 \pm 0,026$  mg/ml et  $IC_{50} = 0,897 \pm 0,060$  mg/ml, respectivement. Ces valeurs ont montré une activité antioxydante significative (EE :  $p < 0,0001$  ; EA :  $p < 0,0001$ ) par rapport à celle des antioxydants synthétiques BHT ( $IC_{50} = 0,014 \pm 0,0001$  mg/ml) (Figure 43).



**Figure 43.** Pouvoir réducteur d'un antioxydant standard et des extraits de feuilles d'*Atriplex halimus* (EE : extrait éthanolique, AE : extrait aqueux, BHT : butylhydroxytoluène). Les données sont présentées sous forme de moyennes IC<sub>50</sub> ± SD (n=3) par rapport au BHT.

### II.2.3.2. Activité scolicide des extraits des plantes locales :

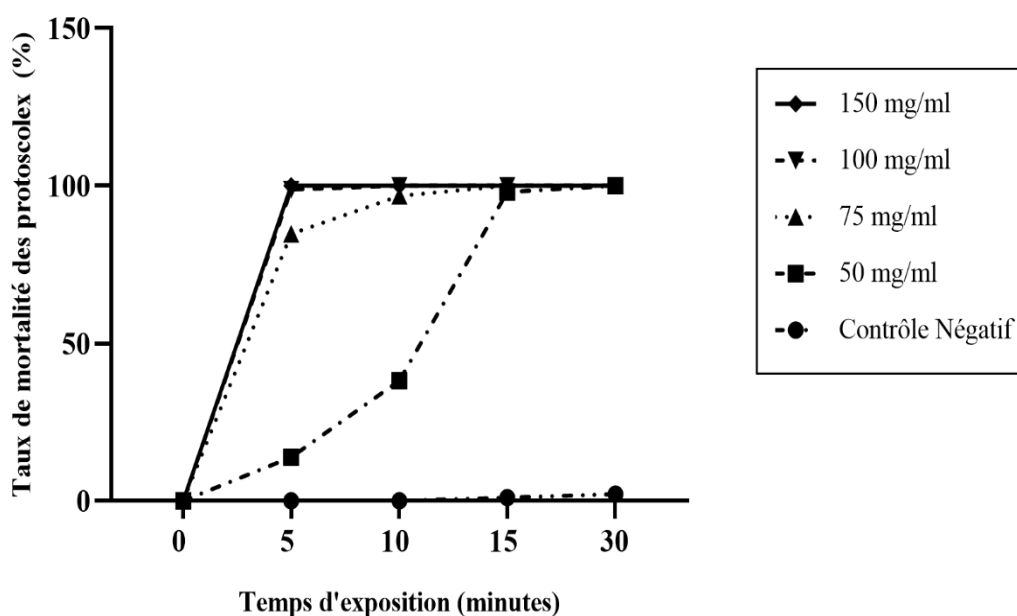
#### II.2.3.2.1. Activité scolicide de l'extrait de *Myrtus communis* :

L'activité scolicide de *M. communis* a été évaluée en testant l'effet scolicide de l'extrait éthanolique et aqueux des feuilles sur la viabilité des protoscolex *in vitro*. Les [Figures 44](#) et [45](#), présentent le taux moyen de mortalité des protoscolex, après leur exposition à ces extraits pour différentes durées et concentrations.

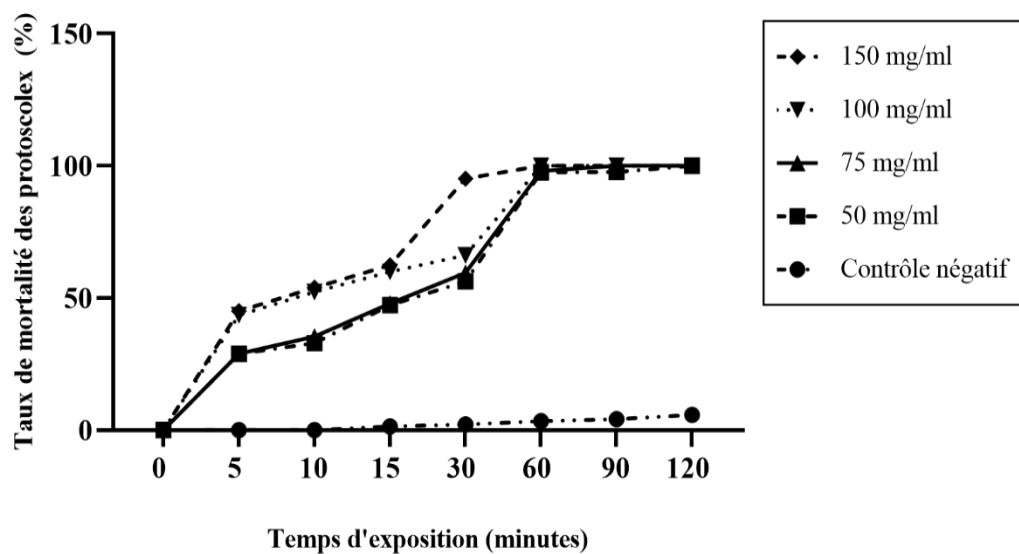
À mesure que la durée d'exposition s'étendait, des variations substantielles dans le taux de mortalité des protoscolex étaient observées. L'extrait éthanolique de *M. communis* a présenté une efficacité de 100 % en tant qu'agent scolicide aux concentrations de 150, 100, 75 et 50 mg/ml, après des expositions respectives de 5, 10, 15 et 30 minutes ([Figure 46. B](#)). Cependant, une efficacité plus faible a été constatée pour une concentration de 50 mg/ml, avec des taux de 13,88 % et 38,20 % après 5 et 10 minutes d'exposition.

L'effet de l'extrait aqueux s'est manifesté de manière plus retardée, avec un taux de mortalité n'atteignant 100 % qu'après 120, 90, et 60 minutes d'exposition pour les concentrations de 50, 75, 100, et 150 mg/ml respectivement (Figure 46. C). Cependant, pour les concentrations de 50 et 75 mg/ml, prennent plus de temps pour atteindre une mortalité totale.

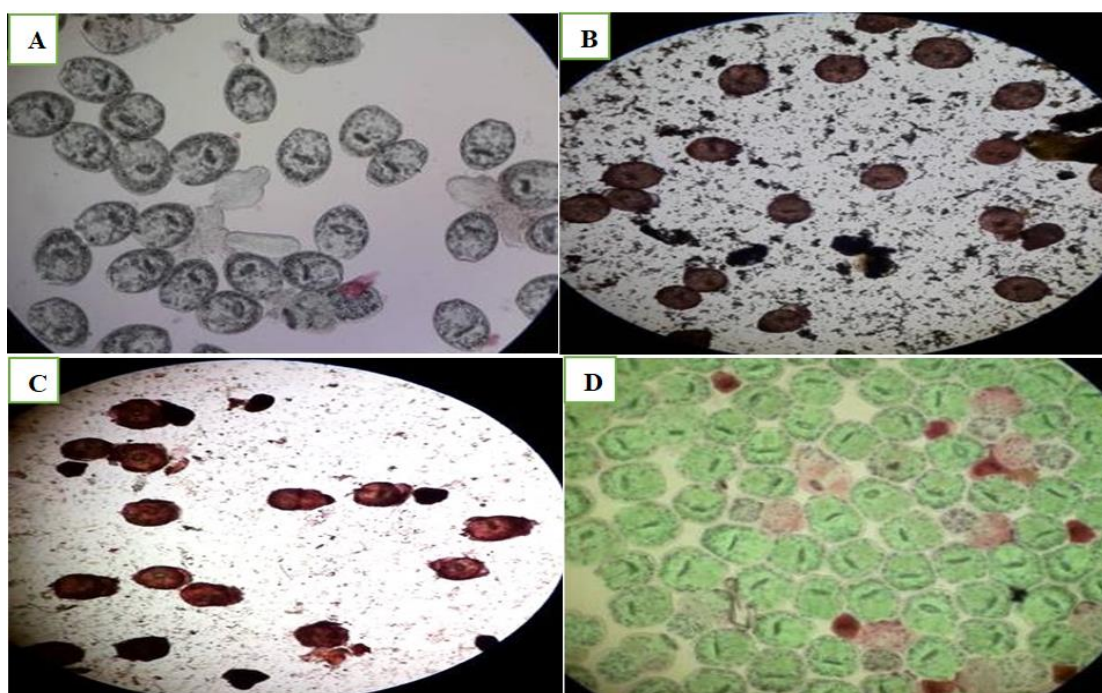
Par rapport aux groupes témoins négatifs, l'extrait éthanolique et aqueux se sont révélés être hautement efficaces en tant qu'agents scolicides à toutes les concentrations testées. Cette efficacité a été statistiquement très significative ( $p < 0,0001$ ), et elle a été influencée à la fois par la concentration et la durée d'exposition.



**Figure 44.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes.



**Figure 45.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Myrtus communis* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes.



**Figure 46.** (A): Test de viabilité. (B): Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Myrtus communis*. (C): Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations de l'extrait aqueux de *Myrtus communis*. (D): Contrôle négatif.



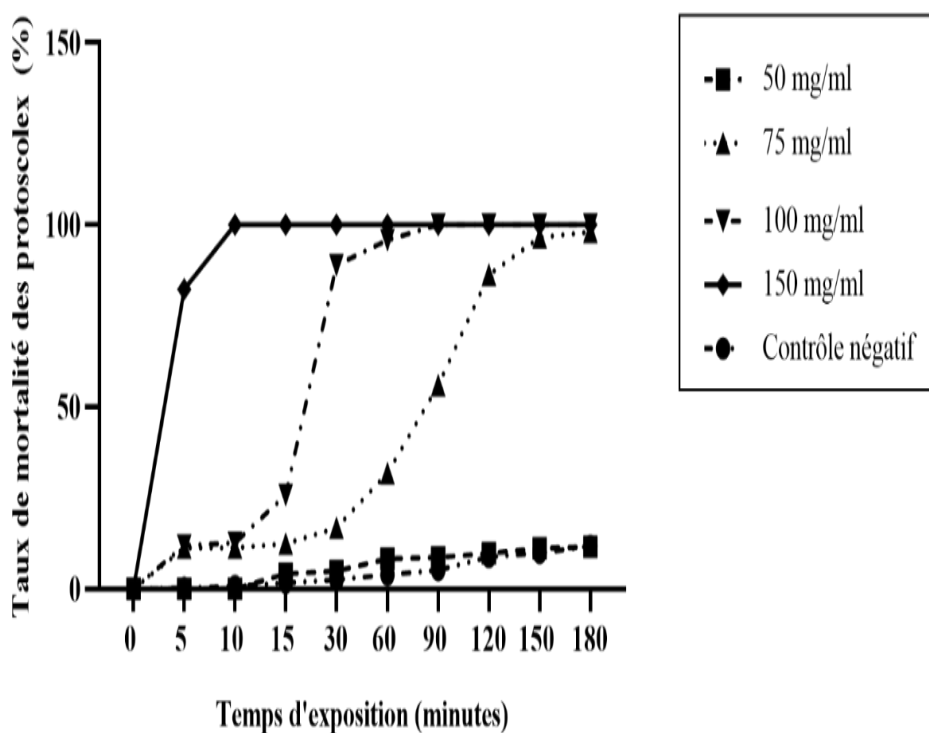
### II.2.3.2.2. Activité scolicide de l'extrait de l'*Atriplex halimus* :

L'activité scolicide de l'*A. halimus* a été évaluée en testant l'effet scolicide de l'extrait éthanolique et aqueux des feuilles sur la viabilité des protoscolex *in vitro*. Les Figures 47 et 48 présentent le taux moyen de mortalité des protoscolex, après leur exposition à ces extraits pour différentes durées et concentrations.

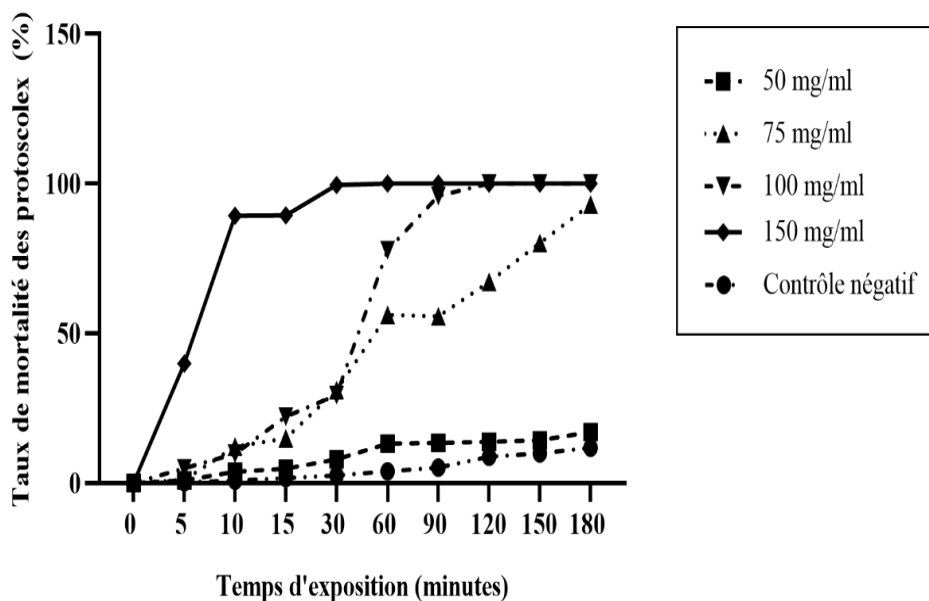
L'extrait éthanolique a montré son activité scolicide la plus élevée aux concentrations de 100 et 150 mg/ml, avec des taux de mortalité de 88,92 % et 82,25 % respectivement, après 30 et 5 minutes de contact. Ces taux ont ensuite atteint 100 % de mortalité après 90 et 10 minutes d'exposition, respectivement (Figure 49. B). Cependant, à la concentration de 75 mg/ml, l'effet scolicide de cet extrait était modéré, avec des taux de mortalité de 11,29 %, 11,30 %, 12,49 %, 16,78 %, 31,87 % et 55,92 % aux différents temps d'exposition (5, 10, 15, 30, 60, 90 minutes, respectivement). Son activité maximale 86,37% n'a été atteinte qu'après 120 minutes d'exposition. De même, pour la concentration de 50 mg/ml, aucun effet scolicide n'a été observé pour les différents temps d'exposition (Figure 47).

Concernant l'extrait aqueux de l'*A. halimus*, le taux de mortalité des protoscolex a été progressivement augmenté au fil du temps pour toutes les concentrations testées. Initialement, après 5 minutes d'exposition, un taux de mortalité près de 39,92 % signalait un début d'activité scolicide à la concentration de 150 mg/ml. Cette tendance a été renforcée après 10 minutes, où le taux de mortalité s'est élevé de manière notable, atteignant environ 89,28 %. À 15 minutes, le taux de mortalité a persisté à un niveau élevé d'environ 89,49 %. Cependant, le tournant décisif est survenu à 30 minutes, avec une augmentation marquée du taux de mortalité à environ 99,51 %, démontrant ainsi une efficacité scolicide croissante. Par la suite, à mesure que le temps s'allongeait, les protoscolex étaient exposés à une mortalité totale, où les taux de 100 % à 60, 90, et 120 minutes soulignaient une action scolicide complète et soutenue (Figure 49.C) (Figure 48).

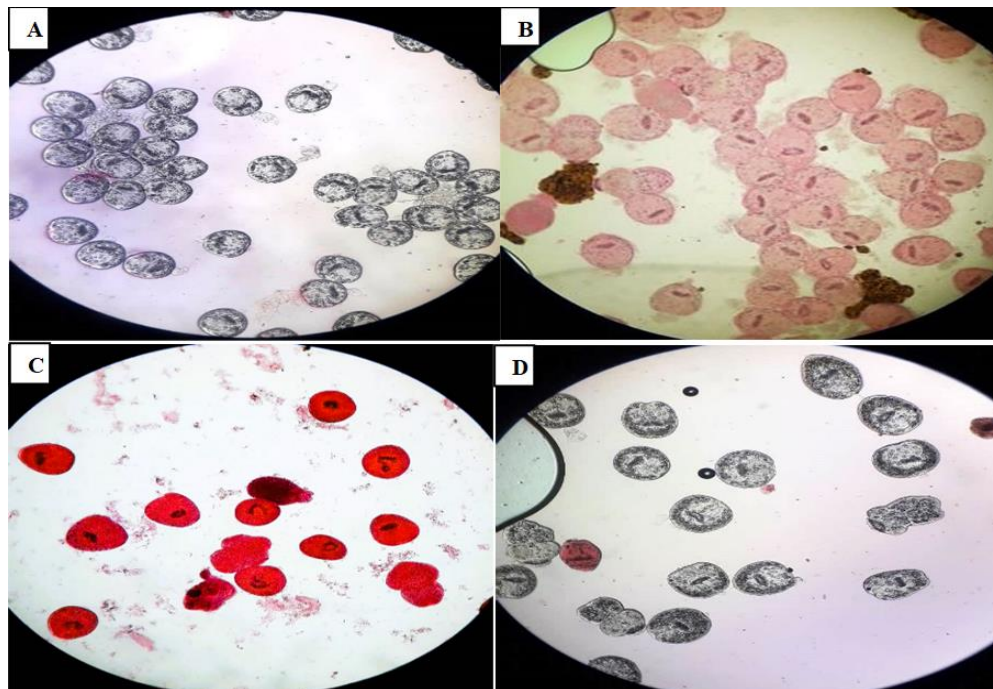
Les extraits éthanoliques et aqueux ont manifesté une influence marquée et statistiquement significative en tant qu'agents scolicides, à des concentrations respectives de 75, 100 et 150 mg/ml. Cette efficacité s'est traduite par une relation dose-temps hautement significative ( $p < 0,0001$ ) lorsque comparée aux groupes de contrôle négatif, soulignant ainsi leur efficacité incontestable en tant qu'agents capables de réduire considérablement la viabilité des protoscolex.



**Figure 47.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait éthanolique de l'*Atriplex halimus* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes.



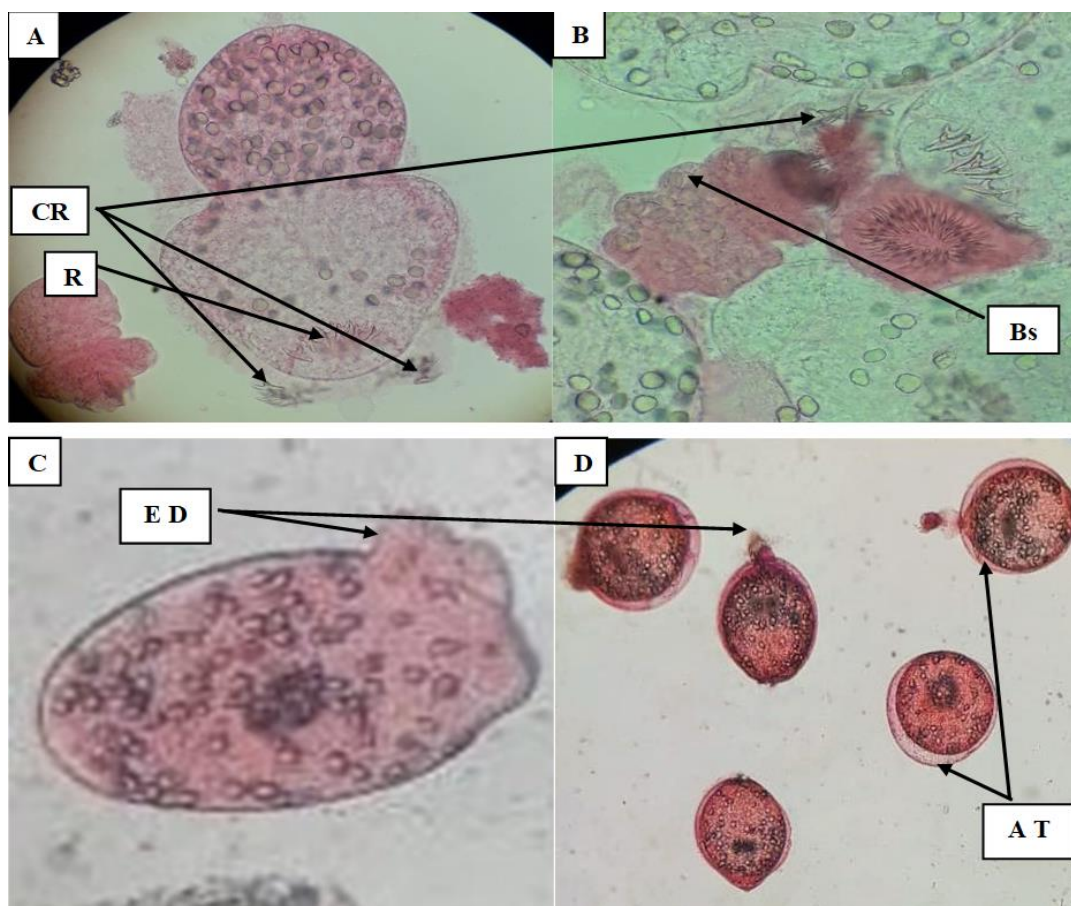
**Figure 48.** *In vitro* effets de différentes concentrations de l'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus* contre les protoscolex d'*Echinococcus granulosus* sensu lato. Chaque point représente le pourcentage moyen de protoscolex morts provenant de trois expériences différentes.



**Figure 49.** (A): Test de viabilité. (B): Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations d'extrait éthanolique de l'*Atriplex halimus*. (C): Protoscolex morts après traitement avec différentes concentrations d'extrait aqueux de l'*Atriplex halimus*. (D): Contrôle négatif.

### II.2.3.3. Dommages morphologiques des protoscolex traités :

Les images présentées (Figure 50) illustrent de manière évidente que les extraits éthanoliques et aqueux issus des feuilles des diverses plantes examinées ont provoqué des altérations morphologiques majeures. Parmi ces altérations, on peut noter des lésions distinctes au niveau du tégument, une désorganisation apparente de la structure, ainsi qu'une perte notable du rostellum. De plus, une observation intrigante réside dans le développement d'extensions digitiformes spécifiquement au sein des protoscolex ayant succombé suite à l'exposition.



**Figure 50.** Dommages morphologiques au niveau des protoscolex. (A) : CR : crochets perdus ; R : rostellum altéré. (B) : Bs : formation des bulles. (C – D) : ED : extensions digitiformes. (D) : AT : altération tégumentaire.

## II.3. Discussion :

Depuis longtemps, les plantes médicinales ont joué un rôle crucial dans la médecine complémentaire et alternative à l'échelle mondiale. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), plus de 70 % de la population mondiale utilise des remèdes traditionnels pour aborder certains de ses problèmes de santé en particulier pour les millions de personnes vivant dans les vastes zones rurales des pays en développement (Abed *et al.*, 2017, Mahmoudvand *et al.*, 2019).

Les remèdes à base de plantes sont employés pour traiter diverses affections causées par des bactéries et des parasites, montrant ainsi leur potentiel en tant qu'agents antiparasitaires prometteurs (Alvi *et al.*, 2022). Dans cette perspective, de nombreuses plantes médicinales, ayant une histoire en ethnobotanique en tant qu'anthelminthique, sont exploitées pour évaluer leur potentiel en tant qu'agents scolicides, en particulier contre *E. granulosus*. Plusieurs études ont rapporté les effets inhibiteurs de divers produits naturels et de leurs composants volatils sur les protoscolex d'*E. granulosus* (Kohansal *et al.*, 2017). Dans ce qui suit, nous examinerons certains extraits de plantes. Nous avons choisi deux plantes médicinales locales, l'*A. halimus* et *M. communis*, couramment utilisées par la population algérienne pour traiter diverses maladies, et dont les propriétés biologiques ont été prouvées dans plusieurs études antérieures.

### II.3.1. Résultats de l'extraction et rendement :

Les extraits des différentes plantes étudiées sont obtenus à partir de la poudre des feuilles séchées à l'ombre car les flavonoïdes peuvent être dégradés par l'action des enzymes lorsque le matériel végétal collecté est frais ou non séché (Marston and Hostettmann, 2006). Le broyage de la plante a pour but d'améliorer l'extraction du fait qu'il rend l'échantillon plus homogène, augmente la surface du contact avec le solvant et facilite sa pénétration à l'intérieur des cellules qui ne sont pas détruites après le broyage.

Dans notre étude, la préparation des extraits a été effectuée par macération dans l'éthanol 70 % et par décoction. L'extraction est la principale étape de la récupération et de l'isolement des substances phyto-chimiques bioactives à partir de matériel végétal, avant l'analyse. Elle est influencée par leur nature chimique, la méthode d'extraction employée, la taille des particules de l'échantillon, ainsi que par la présence de substances interférentes (Stalikas, 2007).

Les extraits aqueux des feuilles des deux plantes ont présenté des rendements plus élevés que leurs extraits éthanoliques.

### II.3.2. Résultats d'analyse phytochimique :

L'analyse phytochimique révèle que l'extrait éthanolique présente une concentration plus élevée de polyphénols totaux par rapport à l'extrait aqueux dans le cas du myrte, tandis que pour l'*A. halimus*, c'est l'inverse qui est observé. En ce qui concerne les flavonoïdes, l'extrait éthanolique de l'*A. halimus* montre une teneur plus élevée par rapport à son extrait aqueux, tandis que pour le myrte, la situation est inverse.

Les teneurs en phénols totaux et en flavonoïdes varient également entre les différentes parties du myrte (Wannes *et al.*, 2010). De nombreuses études antérieures ont confirmé la richesse en composés phénoliques totaux de *M. communis*, et nos résultats corroborent ces constatations (Wannes *et al.*, 2010, Bouaziz *et al.*, 2015, Asgarpanah and Ariamanesh, 2015, Hennia *et al.*, 2018).

La teneur de l'extrait éthanolique de l'*A. halimus* est élevée en flavonoïdes par rapport à l'extrait aqueux. Notre observation est en accord avec des études antérieures (Dehimi *et al.*, 2020, Alhamadani *et al.*, 2022). Cependant, l'extrait aqueux a montré une teneur en polyphénols totaux plus élevée que l'extrait éthanolique. Des résultats similaires ont été rapportés par Dehimi *et al.* (2020). Bouaziz *et al.* (2021) ont trouvé une teneur élevée de polyphénols totaux par

---

rapport à la nôtre. En revanche, [Benhammou \*et al.\* \(2009\)](#) ont trouvé une faible teneur en polyphénols totaux dans leur extrait méthanolique.

Selon nos observations, l'*A. halimus* présente une teneur plus faible en composés phénoliques par rapport au *M. communis*.

La teneur plus élevée en polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique que dans l'extrait aqueux pourrait être due à un degré de polarité différent des solvants utilisés pour l'extraction des composés polyphénoliques ([Bouaziz \*et al.\*, 2015](#)).

La variation des quantités de composés phénoliques peut être attribuée à plusieurs raisons. La solubilité des composés phénoliques dépend du type de solvant utilisé, du degré de polymérisation, ainsi que de leur interaction avec d'autres constituants de la plante et de la formation de complexes insolubles ([Amessis-Ouchemoukh \*et al.\*, 2014](#)). La teneur en composés phénoliques d'une plante dépend de plusieurs facteurs intrinsèques (génétiques) et extrinsèques tels que l'environnement, la polarité, le volume des solvants utilisés, le type d'extraction, la localisation géographique, la période de récolte et les conditions de stockage qui jouent un rôle dans la composition de la plante ([Amessis-Ouchemoukh \*et al.\*, 2014](#), [Chaouche \*et al.\*, 2021](#), [Alhamadani \*et al.\*, 2022](#)).

Dans l'analyse phytochimique par GC-MS/MS, les [Figures 38, 39, 40 et 41](#) montrent que les composés extraits par les deux solvants ne sont pas similaires (pas de superposition des chromatogrammes) avec des temps de retentions différents d'où l'impact de la polarité des solvants dans les processus d'extraction.

Pour les extraits de feuille de myrte, il est important de souligner qu'aucune molécule n'est extraite par les deux modes d'extraction à la fois sauf la 2'-Hydroxy-5'-methoxyacetophenone qui est le composant dominant pour l'extrait éthanolique et moins important pour l'extrait

aqueux et le Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- presque en même quantité. Aussi il est clair, d'après la comparaison des chromatogrammes de la même quantité injectée que la somme des surfaces de pics de l'extraction éthanoliques est plus importante que celle de l'extraction aqueuse, d'où l'efficacité d'utiliser un solvant organique moyennement polaire dans le procédé d'extraction pour avoir un rendement amélioré.

Comparativement aux autres œuvres, notre composant majoritaire pour l'extrait éthanolique était la 2'-Hydroxy-5'-methoxyacetophenone. Elle s'agit d'un composé organique aromatique, dérivée de l'acétophénone, elle est observée comme un produit de réaction secondaire de l'oxydation des phénols (Baker and Brown, 1948), et elle a un effet acaricide selon Kim *et al.* (2013), tandis que dans les travaux de Mir *et al.* (2020) le composant majoritaire était la 1,1,8a-trimethyloctahydro-2,6-naphthalenedione (27,6%).

D'autres molécules ont été identifiées dans l'extrait éthanolique à savoir la spiculesporic acid, elle semble avoir un effet insecticide avec d'autres composantes extraites d'un champignon *Aspergillus fumigatus* selon Guo *et al.* (2017), et la methyleugenol ce qui corrobore les recherches de Mir *et al.* (2020) et Nassar *et al.* (2010).

Les terpènes sont représentés par le composant 3-Carene pour l'extrait éthanolique et par  $\alpha$  terpinene, O-Cymene, D-limonene, gamma-terpinene et 2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl- pour l'extrait aqueux. Les terpènes présentent avec leur dérivés une action sur les bactéries, les champignons pathogènes et les levures. Ils ont un effet biologique important sur les parasites vecteurs de maladies tel que la dengue et le paludisme en agissant comme un insecticide et un larvicide (Mercier *et al.*, 2009). Sikkema *et al.* (1994) et Andrews *et al.* (1980) ont rapporté l'action des terpènes et leurs dérivés sur la perméabilité des membranes cellulaires des bactéries et la destruction de leurs intégrités.



Pour l'*A. halimus*, l'analyse GC-MS/MS a montré que le phénol, 2,2'-méthylènebis [6-(1,1-diméthyl éthyl)-4-méthyl- était un composé commun aux extraits éthanoliques et aqueux. Certaines études ont rapporté que ce composé phénolique avait des propriétés antioxydantes, antifongiques, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antipaludiques (Dandekar *et al.*, 2015, Lotfi *et al.*, 2021, Addai *et al.*, 2022, Yusuf *et al.*, 2022). Certains composés organiques contenus dans l'extrait éthanolique, tels que l'acide n-hexadécanoic (acide palmitique) et l'ester éthylique de l'acide hexadécanoic, ont des propriétés antifongiques, nématocides et pesticides (Dandekar *et al.*, 2015, Tyagi and Agarwal, 2017, Sivakumar and Jeganathan, 2018, Hrichi *et al.*, 2022).

L'extrait aqueux de l'*A. halimus* est plus riche en composés bioactifs que l'extrait éthanolique. La plupart des composés identifiés présentent des propriétés médicinales *in vitro*, comme le phénol,3,4-diméthoxy- et le 2-méthoxy-4-vinyl-phénol avec une activité antimicrobienne, anticancéreuse et antioxydante (Kim *et al.*, 2019, Nandhini *et al.*, 2021), et l'acide pregn-4-én-18-oïque,11-(acétyloxy)-7,9,20-trihydroxy-3-oxo-, $\gamma$ -lactone,(7 $\alpha$ ,11 $\alpha$ ,20R)- avec des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antiasthmatiques, hépatoprotectrices et diurétiques (Sivakumar and Jeganathan, 2018).

### II.3.3. Résultats de l'étude *in-vitro* des activités biologiques des extraits :

Les antioxydants sont un groupe de composés qui inhibent l'oxydation et réduisent les radicaux libres qui contribuent à de nombreux troubles dans l'organisme. Le monde scientifique s'intéresse à l'exploration et à la découverte d'antioxydants efficaces, sûrs et naturels pour lutter contre le stress oxydatif, tels que les polyphénols présents dans les plantes médicinales qui peuvent aider à prévenir les dommages oxydatifs (Liu *et al.*, 2014).

Dans cette étude, la capacité antioxydante a été déterminée par l'activité de piégeage du radical DPPH. Cette méthode a été choisie parce que le DPPH a l'avantage de ne pas être influencé par

certaines réactions secondaires, telles que la chélation des ions métalliques et l'inhibition enzymatique causée par divers additifs (Amarowicz *et al.*, 2004). Une valeur IC<sub>50</sub> plus faible indique une activité antioxydante plus élevée.

Les deux extraits de l'*A. halimus* avaient une grande capacité à piéger le radical libre DPPH malgré une différence significative par rapport au BHT. Ceci est dû à la présence de certains composés antioxydants tels que l'acide palmitique et le Phénol, le 2,2'-méthylènebis[6-(1,1-diméthyléthyl)-4-méthyl]- (Tyagi and Agarwal, 2017, Lotfi *et al.*, 2021). Nos résultats sont en accord avec des études antérieures, qui ont rapporté que les extraits méthanol-acétone d'*A. halimus* des régions de Tlemcen et d'El Oued en Algérie (Chaouche *et al.*, 2021), ainsi que l'extrait éthanolique (Elbouzidi *et al.*, 2022) et l'extrait aqueux (Bouaziz *et al.*, 2021) de la même plante, ont montré la plus grande capacité à réduire la solution colorée en violet du radical DPPH à la forme non-radicalaire colorée en jaune DPPH-H. Cependant, Benhammou *et al.* (2009) ont rapporté que l'extrait méthanolique d'*A. halimus* présentait de faibles capacités.

Les extraits éthanoliques et aqueux de *M. communis* ont donné des résultats significativement plus élevés que ceux des antioxydants synthétiques BHT. Ce qui suggère la présence de composants bioactifs spécifiques dans ces extraits, qui ont des propriétés anticancéreuses significatives en raison de son puissant pouvoir antioxydant (Wang and Zhi, 2021). Des recherches antérieures avaient également montré que les extraits aqueux et éthanoliques de feuilles de myrte présentaient une activité similaire sur l'absorbance du radical DPPH. Benchikh *et al.* (2018) ont obtenu les mêmes résultats que notre étude en ce qui concerne la CI<sub>50</sub> des extraits méthanoliques et aqueux de *M. communis*. Babou *et al.* (2016), ont montré, en ce qui concerne l'activité de piégeage de la DPPH, qu'il n'y avait pas de différence significative entre les extraits aqueux et éthanoliques des feuilles récoltées en septembre (IC<sub>50</sub> = 8,29 ± 0,44 µg/ml, IC<sub>50</sub>=8,45 ± 0,43 µg/ml, respectivement) et celles récoltées en décembre (IC<sub>50</sub>= 9,44 ± 0,34

$\mu\text{g/ml}$ ,  $\text{IC}_{50}=9,51 \pm 0,62 \mu\text{g/ml}$ , respectivement). Ces résultats témoignent d'une forte activité antioxydante. [Wannes et al. \(2010\)](#) ont démontré une capacité de piégeage de DPPH plus élevée dans les extraits méthanoliques de feuilles de myrte ( $\text{IC}_{50}= 8 \mu\text{g/ml}$ ). Ces résultats ont révélé que les feuilles de myrte extraient des composants piègeurs de radicaux libres considérables, ce qui pourrait être attribué à leur teneur élevée en composés phénoliques. L'effet de divers facteurs sur l'activité antioxydante des feuilles de myrte a été largement étudié.

Le profil chimique et les propriétés biologiques des plantes peuvent être affectés par les conditions climatiques, le moment de la récolte, le stress abiotique et le génotype ([Hennia et al., 2018](#)).

Au cours des dernières années, de nombreuses études ont été menées pour trouver une alternative naturelle en termes de traitement scolicide de l'échinococcose kystique qui puisse remplacer les anthelminthiques synthétiques, qui ont montré des effets secondaires nocifs pour la santé humaine ([Moazeni et al., 2019](#)). Une bonne substance protoscolicide se caractérise par sa puissance à de faibles concentrations. Elle doit posséder une capacité protoscolicide élevée lorsqu'elle est diluée dans le liquide hydatique, tout en ayant une toxicité nulle ou minimale et des effets secondaires limités. De plus, une efficacité scolicide rapide, une plus grande disponibilité, et une préparation facile sont essentielles dans le cadre de la chirurgie de l'échinococcose kystique ([Mahmoudvand et al., 2015](#)). L'utilisation de plantes médicinales pour le traitement des kystes hydatiques est une possibilité en raison de leurs faibles effets secondaires, de leur faible coût et de leur disponibilité.

Pour la première fois, notre étude présente une comparaison de l'effet scolicide *in vitro* des extraits éthanoliques et aqueux de deux plantes médicinales à différentes concentrations. Cette étude a clairement démontré une dépendance de l'effet scolicide en fonction du temps et de la dose. Actuellement, l'efficacité scolicide de divers produits chimiques a été établie, tels que la

solution saline hypertonique à 20 % (15 minutes), le nitrate d'argent à 20 % (20 minutes), le cétrimide à 0,5 - 1 % (10 minutes), le peroxyde d'hydrogène à 3 % (15 minutes) et l'alcool éthylique à 95 % (15 minutes) (Mahmoudvand *et al.*, 2015). Les résultats de notre étude sont comparables à ceux de ces produits. En ce qui concerne l'*A. halimus*, il est important de noter que le traitement *in vitro* avec l'extrait éthanolique a montré un effet scolicide significatif par rapport à l'extrait aqueux. À notre connaissance, aucune étude n'a jusqu'à présent rapporté l'activité scolicide de l'extrait éthanolique de l'*A. halimus*, en particulier en Algérie. Toutefois, il convient de noter que l'activité scolicide de l'extrait aqueux a été précédemment étudiée par Bouaziz *et al.* (2021) qui a montré que cet extrait, à une concentration de 100 mg/ml, provoquait la mort de 100 % des protoscolex après 180 minutes d'exposition. Dans le cadre de notre propre étude, nous avons obtenu un taux de mortalité de 100 % à des concentrations de 100 et 150 mg/ml après respectivement 120 minutes et 60 minutes d'exposition.

En ce qui concerne le myrte, il est important de noter que les concentrations de 100 et 150 mg/ml de l'extrait éthanolique ont provoqué la mort de 100 % des protoscolex après respectivement 10 et 05 minutes d'exposition, tandis que les concentrations de 50 et 75 mg/ml ont entraîné des taux de mortalité de 97,99 % et 100 % après 15 minutes d'exposition. Pour l'extrait aqueux, les concentrations de 100 et 150 mg/ml ont provoqué la mort de tous les protoscolex après 60 minutes d'exposition.

Les myrtes renferment divers composants tels que des flavonoïdes, des tanins et des composés d'acide phénolique, pour lesquels des activités antibactériennes, antivirales, antifongiques, antiparasitaires et anti-inflammatoires ont été précédemment rapportées (Shahnazi *et al.*, 2017).

Dans ce contexte, de nombreuses études ont montré l'activité anthelminthique *in vitro* contre les protoscolex d'*E. granulosus s.l.* de différentes plantes largement utilisées dans la médecine traditionnelle, dans le but de rechercher des agents scolicides puissants. À titre d'exemple,

l'extrait éthanolique de *Salvadora persica* à une concentration de 50 mg/ml, a provoqué la mort de 81,4 %, 100 % et 100 % des protoscolex après 10, 20 et 30 minutes d'exposition, respectivement (Abdel-Baki *et al.*, 2016). Les résultats de Mahmoudvand *et al.* (2014) ont révélé que l'extrait méthanolique de *Berberis vulgaris* présente une forte activité scolicide à toutes les concentrations, en particulier à une concentration de 2 mg/ml où un taux de mortalité de 100 % a été atteint après 10 minutes. De plus, la berbérine, l'un des principaux constituants de cette plante, a tué 100 % des protoscolex à une concentration de 0,5 mg/ml après 10 minutes d'incubation. Les travaux de Norouzi *et al.* (2020) ont également démontré l'efficacité de l'extrait éthanolique de *Taxus baccata* L., où une concentration de 150 mg/ml a entraîné la mort de 66,6 % des protoscolex après 60 minutes d'exposition. Divers chercheurs ont mené des études en utilisant des extraits alcoolique ou hydroalcooliques de plantes telles qu'*Allium sativum* (Moazeni and Nazer, 2010), *Mentha spicata*, *Thymus vulgaris*, *Ocimum basilicum* (Abed and Ibrahim, 2021), *Curcuma longa*, *Zingiber officinale* (Almalki *et al.*, 2017) et *Zataria multiflora* (Jahanbakhsh *et al.*, 2016) pour évaluer leur activité scolicide. Parallèlement, certaines études ont porté sur l'activité d'extraits aqueux, tels que *Curcuma zadoaria* L. et *Punica granatum* L. (Labsi *et al.*, 2016, Mahmoudvand *et al.*, 2020). De plus, plusieurs expériences ont fait état de l'efficacité des huiles essentielles à savoir *Ferula macrecolea* (Alyousif *et al.*, 2021), *Thymus capitatus* (Hizem *et al.*, 2020) et *M. communis* (Mahmoudvand *et al.*, 2016). Par conséquent, les phytoconstituants de ces plantes pourraient être responsables de leurs effets scolicides, bien que leur mode d'action exact soit mal compris. L'extrait éthanolique d'*Atriplex lindleyi* a révélé une activité antiplasmodiale prometteuse (Souda *et al.*, 2015). La molécule de chlorophylle (phytol ou 3,7,11,15-tétraméthyl-2-hexadécen-1-ol) présente dans l'extrait éthanolique d'*A. halimus*) provoquerait de graves lésions tégumentaires chez les schistosomes selon Moraes *et al.* (2014).

D'après ces résultats, les extraits aqueux ont un faible effet scolicide par rapport aux extraits éthanoliques. De plus, l'extrait aqueux d'*Allium sativum* a montré un effet scolicide *in vitro* plus faible que son extrait éthanolique (Sadjjadi *et al.*, 2008). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que l'extrait éthanolique est plus riche en composés phytochimiques. Les métabolites présents dans les plantes affectent certaines voies biochimiques et physiologiques du parasite et inactivent les protoscolex en induisant de fortes altérations morphologiques.

Des altérations structurelles des protoscolex ont été mises en évidence après une période d'incubation spécifique avec les différents extraits de plantes étudiés lorsqu'elles ont été observées au microscope optique. Ces changements incluent une perte de mobilité, d'importantes altérations morphologiques telles que des dommages au tégument, une désorganisation du rostre, une perte des crochets, ainsi que la formation de bulles et le développement d'extensions digitiformes. Nos observations sont cohérentes avec les résultats de Bouaziz *et al.* (2021), qui ont suggéré que la membrane du parasite constitue l'un des premiers sites de dommages. En outre, ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Pérez-Serrano *et al.* (1994) et Elissondo *et al.* (2008) qui suggèrent que le stress imposé aux protoscolex conduit à des altérations structurelles au sein du parasite. Comme démontré par microscopie électronique dans les protoscolex traités avec du thymol (Elissondo *et al.*, 2008).

Le mécanisme exact par lequel ces substances phytochimiques et leurs métabolites agissent sur le parasite n'est pas connu. Des recherches menées sur des bactéries et des cellules eucaryotes ont montré que ces composés peuvent perturber la structure bicouche de la cellule et de la membrane mitochondriale et modifier la perméabilité de la membrane, ce qui entraîne la génotoxicité, l'apoptose et, finalement, la mort cellulaire. Les effets pharmacologiques peuvent résulter de l'effet synergique des composés bioactifs présents dans les extraits de plantes (Çelik

*et al.*, 2021), y compris l'action des terpènes et de leurs dérivés sur la perméabilité de la membrane cellulaire et la destruction de son intégrité (*Mercier et al.*, 2009).

---

## **Conclusion et recommandation:**

À la lumière de nos résultats obtenus, cette étude a mis le point sur l'endémicité de l'échinococcose kystique infantile en Algérie. Les caractéristiques épidémiologiques et cliniques enregistrées dans notre travail correspondent aux données de la littérature rapportées dans les pays endémiques, confirmant cette situation en Algérie.

Le nombre élevé de cas recensés chez les enfants et les adolescents à l'hôpital mère et enfant de Sétif au cours des trois années d'études a mis en lumière un sérieux problème de santé publique dans cette région et les wilayas limitrophes. Pour mieux appréhender l'ampleur réelle de ce problème, il serait judicieux d'élargir la zone d'étude. Nous suggérons ainsi la mise en place d'un registre national pour la déclaration des cas pour mieux comprendre l'épidémiologie de cette maladie.

Cette étude a révélé la prédominance de l'échinococcose kystique chez les jeunes enfants avec une prédominance chez le sexe masculin, en particulier dans les zones rurales des hauts plateaux. Dans ces régions, la transmission de l'infection est favorisée par la présence des chiens non contrôlés et l'abattage clandestin du bétail, ce qui conduit au maintien du cycle parasitaire. La vermifugation des chiens, la vaccination des bétails contre l'échinococcose kystique, le contrôle des abattoirs et l'éducation de la population représentent des actions importantes pour diminuer l'incidence de la maladie.

Dans notre série d'études, la localisation préférentielle de l'échinococcose kystique a été observée au niveau pulmonaire, suivie par une localisation hépatique, tandis que d'autres localisations rares ont été enregistrées. Le diagnostic de la maladie s'est basé essentiellement sur l'échographie, qui est généralement confirmé par la sérologie. Le taux de fertilité des kystes enregistré était un peu plus élevé, particulièrement pour les kystes à localisation hépatique.



---

Cette fertilité peut représenter un facteur crucial dans le processus des échinococcoses secondaires.

Le génotypage des kystes hydatiques collectés a montré la présence d'*E. granulosus s.s.* G1. Ces résultats ont été attendus, en raison de la prédominance de ce génotype et son implication dans la majorité des infections humaines dans le monde entier. De plus, la transmission de ce génotype est maintenue principalement par le cycle domestique chien-mouton. Le génotypage des kystes hydatiques collectés à partir des patients opérés reste un outil très important pour comprendre l'épidémiologie de l'échinococcose kystique.

Il serait très important et nécessaire de poursuivre cette étude épidémiologique en élargissant le recensement à tous les services de chirurgie et d'anatomopathologie des hôpitaux de la wilaya, puis à l'échelle nationale, englobant à la fois les secteurs publics et privés. De plus, afin de détecter les porteurs asymptomatiques, il est crucial d'effectuer des enquêtes radiologiques de masse. Ce processus permettra une évaluation plus exhaustive de la fréquence des cas de cette parasitose, offrant ainsi des données conformes à la réalité du terrain.

L'échinococcose secondaire, en tant qu'un problème de santé publique, nécessite l'exploration de solutions efficaces pour son traitement. Les agents scolicides, bien qu'utiles, sont limités en termes de coûts, d'accessibilité et de sécurité. De nombreuses substances synthétiques ont été étudiées *in vitro* et *in vivo* pour leur efficacité contre le développement du parasite, mais seules quelques-unes sont couramment utilisées en clinique, malgré le risque de complications et des effets secondaires. Pour surmonter ces limitations, de nouvelles perspectives s'ouvrent dans le développement des médicaments à base de plantes médicinales pour le traitement de la maladie. Dans ce contexte, nos résultats ont mis en évidence une nette activité scolicide des extraits éthanoliques de *M. communis* et *A. halimus* sur les protoscolex d'*E. granulosus*, en comparaison avec leurs extraits aqueux. De plus, il convient de noter que l'effet scolicide observé avec *M.*

*communis* est significativement plus prononcé que celui constaté avec les autres extraits de plantes étudiées. Ces constatations ouvrent la porte vers des études ultérieures pour développer des traitements plus efficaces, en tirant parti des propriétés antihelminthiques de ces plantes médicinales en tant qu'alternatives utiles pour le traitement de l'hydatidose.

---

**Référence :**

- ABDEL-BAKI, A.-A. S., ALMALKI, E., MANSOUR, L. & AL-QUARISHY, S. 2016. *In vitro* scolicidal effects of *Salvadora persica* root extract against protoscolices of *Echinococcus granulosus*. *Korean Journal of Parasitology*, 54, 61-66.
- ABED, A. & IBRAHIM, O. 2021. Antioxidant, Antiprotoscolices Activity of Ethanolic Extracts of Some Medicinal Plants Against *Echinococcus granulosus* as Eco-friendly System. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 18, 87-94.
- ABED, A., RACHID, D., CATHERINE, M., ISMAHENE, S., AICHA, L., NADIA, B., HICHEM, D., CHAREF, R., MEHDI, E., FARIDA, T., MOUNIRA, O. K. & LAHOUARI, D. 2017. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from leaves and twigs of *Pistacia lentiscus* growing in Mostaganem Province (Algeria). *International Journal of Biosciences* 10, 146-158.
- ABUSHHEWA, M. H., ABUSHHIWA, M. H., NOLAN, M. J., JEX, A. R., CAMPBELL, B. E., JABBAR, A. & GASSER, R. B. 2010. Genetic classification of *Echinococcus granulosus* cysts from humans, cattle and camels in Libya using mutation scanning-based analysis of mitochondrial loci. *Mol Cell Probes*, 24, 346-51.
- ADDAI, Z. R., ABOOD, M. S. & HLAIL, S. H. 2022. GC-MS Profiling, Antioxidants and Antimicrobial Activity of Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) Pulp Extract. *Pharmacognosy Journal*, 14, 262-267.
- AL-ARDI, M. H. 2024. G1 the common *Echinococcus granulosus* genotype infected domestic cat (*Felis catus*) in Iraq. *J Vet Sci*, 25, e7.
- AL-QAOUUD, K. M., CRAIG, P. S. & ABDEL-HAFEZ, S. K. 2003. Retrospective surgical incidence and case distribution of cystic echinococcosis in Jordan between 1994 and 2000. *Acta Trop*, 87, 207-14.

- ALAM-ELDIN, Y. H., ABDEL AATY, H. E. & AHMED, M. A. 2015. Molecular characterization of cystic echinococcosis: First record of G7 in Egypt and G1 in Yemen. *Acta Parasitol*, 60, 662-5.
- ALHAMADANI, A. H., N.AL-WAHEEB, A. & JABBAR, E. A. K. 2022. New Phytochemical Investigation of *Atriplex halimus* L. and Evaluation of its Cytotoxic and Anticancer Effect on Human Pancreas Cancer Cells. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13, 2155-2168.
- ALI, B., MUSADDIQ, S., IQBAL, S., REHMAN, T., SHAFIQ, N. & HUSSAIN, A. 2021. The Therapeutic Properties, Ethno pharmacology and Phytochemistry of Atriplex Species: A review. *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 2, 49-64.
- ALI, R., KHAN, S., KHAN, M., ADNAN, M., ALI, I., KHAN, T. A., HALEEM, S., ROOMAN, M., NORIN, S. & KHAN, S. N. 2020. A systematic review of medicinal plants used against *Echinococcus granulosus*. *PLoS One*, 15, e0240456.
- ALIPOUR, G., DASHTI, S. & HOSSEINZADEH, H. 2014. Review of pharmacological effects of *Myrtus communis* L. and its active constituents. *Phytother Res*, 28, 1125-36.
- ALLOULA-DAHMANE, R. 1985. *Contribution à la connaissance de l'Epidémiologie et de l'Epizootiologie de l'Echinococcose Hydatidose en Algérie*. Alger.
- ALMALKI, E., AL-SHAEBI, E. M., AL-QUARISHY, S., EL-MATBOULI, M. & ABDEL-BAKI, A.-A. S. 2017. *In vitro* effectiveness of *Curcuma longa* and *Zingiber officinale* extracts on *Echinococcus* protoscoleces. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24, 90-94.
- ALVI, M. A., KHAN, S., ALI, R. M. A., QAMAR, W., SAQIB, M., FARIDI, N. Y., LI, L., FU, B.-Q., YAN, H.-B. & JIA, W.-Z. 2022. Herbal Medicines against Hydatid Disease: A Systematic Review (2000–2021). *Life*, 12.

- 
- ALYOUSIF, M. S., AL-ABODI, H. R., ALMOHAMMED, H., ALANAZI, A. D., MAHMOUDVAND, H., SHALAMZARI, M. H. & SALIMIKIA, I. 2021. Chemical composition, apoptotic activity, and antiparasitic effects of *Ferula macrecolea* essential oil against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Molecules*, 26, 888.
- AMAHMID, O., EL GUAMRI, Y., ZENJARI, K., BOUHOUT, S., AIT MOH, M., BORAAM, F., AIT MELLOUL, A., BENFAIDA, H., BOUHOUM, K. & BELGHYTI, D. 2019. The pattern of cystic echinococcosis in children in an endemic area in Morocco. *J Parasit Dis*, 43, 209-214.
- AMAROWICZ, R., PEGG, R. B., RAHIMI-MOGHADDAM, P., BARL, B. & WEIL, J. A. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 84, 551-562.
- AMESSIS-OUCHEMOUKH, N., MADANI, K., FALÉ, P. L. V., SERRALHEIRO, M. L. & ARAÚJO, M. E. M. 2014. Antioxidant capacity and phenolic contents of some Mediterranean medicinal plants and their potential role in the inhibition of cyclooxygenase-1 and acetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 53, 6-15.
- AMRANI, A., ZERHOUNI, H., BENABDALLAH, F. F., BELKACEM, R. & OUTARAHOUT, O. 2003. Le kyste hydatique du rein chez l'enfant : à propos de 6 cas. *Annales d'urologie*, 37, 8-12.
- ANADOL, D., GOÇMEN, A., KIPER, N. & OZÇELIK, U. 1998. Hydatid Disease in Childhood: A Retrospective Analysis of 376 Cases. *Pediatric Pulmonology*, 26, 190-196.
- ANDREWS, R. E., PARKS, L. W. & SPENCE, K. D. 1980. Some effects of douglas fir terpenes on certain microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology*, 40, 301-304.

- 
- ARROUD, M., AFIFI, M. A., EL GHAZI, K., NEJJARI, C. & BOUABDALLAH, Y. 2009. Lung hydatid cysts in children: comparison study between giant and non-giant cysts. *Pediatr Surg Int*, 25, 37-40.
- ASGARPAHAH, J. & ARIAMANESH, A. 2015 Phytochemistry and pharmacological properties of *Myrtus communis* L. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 1, 82-87.
- BABOU, L., HADIDI, L., GROSSO, C., ZAIDI, F., VALENTÃO, P. & ANDRADE, P. B. 2016. Study of phenolic composition and antioxidant activity of myrtle leaves and fruits as a function of maturation. *European Food Research and Technology*, 242, 1447-1457.
- BAKER, W. & BROWN, N. C. 1948. The Elbs Persulphate oxidation of phenols, and its adaptation to the preparation of monoalkyl ethers of quinols. *Journal of chemical society*.
- BARDONNET, K., BENCHIKH-ELFEGOUN, M. C., BART, J. M., HARRAGA, S., HANNACHE, N., HADDAD, S., DUMON, H., VUITTON, D. A. & PIARROUX, R. 2003. Cystic echinococcosis in Algeria: cattle act as reservoirs of a sheep strain and may contribute to human contamination. *Vet Parasitol*, 116, 35-44.
- BARNES, T. S., DEPLAZES, P., GOTTSTEIN, B., JENKINS, D., MATHIS, A., SILES-LUCAS, M., TORGERSON, P. R., ZIADINOV, I. & HEATH, D. D. 2012. Challenges for diagnosis and control of cystic hydatid disease. *Acta tropica*, 123, 1-7.
- BART, J. M., BARDONNET, K., ELFEGOUN, M. C., DUMON, H., DIA, L., VUITTON, D. A. & PIARROUX, R. 2004. *Echinococcus granulosus* strain typing in North Africa: comparison of eight nuclear and mitochondrial DNA fragments. *Parasitology*, 128, 229-34.
- BARTH, T. F. E. & CASULLI, A. 2021. Morphological Characteristics of Alveolar and Cystic Echinococcosis Lesions in Human Liver and Bone. *Pathogens*, 10.

- 
- BEDIOUI, H., JOUINI, M., NOUIRA, K., BOUZID, T., KACEM, M. & BEN SAFTA, Z. 2005. Primary hydatid cyst of adrenal gland. Report of two cases. *Annales de chirurgie* 130, 104-107.
- BELAMALEM, S., KHADMAOUI, A., AUJJAR, N., SOULAYMANI, A. & MOKHTARI, A. 2014a. Aspect épidémiologique de la maladie hydatique au niveau du foie. *Research*, fr1.
- BELAMALEM, S., KHADMAOUI, A., HAMI, H., HARRAK, M., AUJJAR, N., MOKHTARI, A. & SOULAYMANI, A. 2014b. Epidemiology of hydatidosis in region-Gharb (ChrardaBeniHssen) Morocco. *Antropo*, 31, 33-37.
- BENCHERIFA, L. 2009. *Le kyste hydatique du foie chez l'enfant*. Thèse de doctorat médecin, MOHAMMED V- SOUISSI.
- BENCHIKH EL FEGOUN, M. C., UMHANG, G., BOUÉ, F., KOHIL, K., BABELHADJ, B., RABHI, S., SLIMANI, R., MESSAOUDI, N., AGUEZLANE, A. & ZOUIKRI, A. 2023. Hydatid cyst sampling by FTA Card method for characterizing *Echinococcus granulosus sensu lato* in Algeria. Preliminary results. *Med Trop Sante Int*, 3.
- BENCHIKH, F., AMIRA, S. & BENABDALLAH, H. 2018. The evaluation of antioxidant capacity of different fractions of *Myrtus communis* L. leaves. *Annual Research & Review in Biology*, 22, 1-14.
- BENGUESMIA, M. & BENCHEIKH, E. 2010. *Etude épidémiologique de l'échinococcose kystique: Evaluation de la prévalence du kyste hydatique chez le bétail (abattoir d'El-Harrach) et du cestode adulte chez les chiens errants au niveau de la fourrière canine d'Alger*. École Nationale Supérieure Vétérinaire.
- BENHAMMOU, N., BEKKARA, F. A. & PANOVSKA, T. K. 2009. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus Chimie*, 12, 1259-1266.

- BENTAHAR, A., KHENNOUF, S., BOUAZIZ, A., BAGHIANI, A., DAHAMNA, S., AMIRA, S. & ARRAR, L. 2016. Polyphenols content and antioxidant activities of selected Algerian plants used for gastroduodenal ulcers. *Der Pharma Chemica*, 8, 88-99.
- BENTOUNSI, B., MERADI, S., AYACHI, A. & CABARET, J. 2009. Cestodes of Untreated Large Stray Dog Populations in Algeria: A Reservoir for Herbivore and Human Parasitic Diseases. *The Open Veterinary Science Journal*, 3, 64-67.
- BERBERIAN, G., ROSANOVA, T., INDA, L., SARKIS, C., QUESTA, H., PAULIN, P., COSTA, M. & TAICZ, M. 2017. Echinococcosis in children: Experience in a tertiary care hospital outside the endemic area. *Arch Argent Pediatr*, 115, 282-286.
- BEYROUTI, M. I., BEYROUTI, R., ABBES, I., KHARRAT, M., BEN AMAR, M., FRIKHA, F., ELLEUCH, S., GHARBI, W., CHAABOUNI, M. & GHORBEL, A. 2004. Acute rupture of hydatid cysts in the peritoneum: 17 cases. *Presse Med*, 33, 378-384.
- BIAVA, M.-F., DAO, A. & FORTIER, B. 2001. Laboratory diagnosis of cystic hydatid disease. *World J Surg*, 25, 10-4.
- BLAIRONL, L., DERBEL, F., HAMIDA, R. B. H. & DELMÉE, M. 2000. Le kyste hydatique du foie. Approche clinique et thérapeutique. À propos de 97 cas opérés dans un chu de tunisie centrale. *Médecine et Maladies Infectieuses*, 30, 641-649.
- BONELLI, P., GIUDICIB, S. D., PERUZZU, A., PISEDDE, T., SANTUCCIU, C., MASU, G., MASTRANDREA, S., DELOGU, M. L. & MASALA, G. 2020. Genetic diversity of *Echinococcus granulosus sensu stricto* in Sardinia (Italy). *Parasitology International*, 77, 102120.
- BONELLI, P., MASU, G., GIUDICI, S. D., PINTUS, D., PERUZZU, A., PISEDDE, T., SANTUCCIU, C., COSSU, A., DEMURTAS, N. & MASALA, G. 2018. Cystic echinococcosis in a domestic cat (*Felis catus*) in Italy. *Parasite*, 25, 25.



- 
- BOUAZIZ, A., KHENNOUF, S., ZARGA, M. A., ABDALLA, S., BAGHIANI, A. & CHAREF, N. 2015. Phytochemical analysis, hypotensive effect and antioxidant properties of *Myrtus communis* L. growing in Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5, 19-28.
- BOUAZIZ, S., AMRI, M., TAIBI, N., ZEGHIR-BOUTELDJA, R., BENKHALED, A., MEZIOUG, D. & TOUIL-BOUKOFFA, C. 2021. Protoscolicidal activity of *Atriplex halimus* leaves extract against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Experimental Parasitology*, 229, 108155.
- BOUDJELAL, A., HENCHIRI, C., SARI, M., SARRI, D., HENDEL, N., BENKHALED, A. & RUBERTO, G. 2013. Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): an ethnopharmacology survey. *J Ethnopharmacol*, 148, 395-402.
- BOUFANA, B., LAHMAR, S., REBAI, W., BEN SAFTA, Z., JEBABLI, L., AMMAR, A., KACHTI, M., AOUADI, S. & CRAIG, P. S. 2014. Genetic variability and haplotypes of *Echinococcus* isolates from Tunisia. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 108, 706-14.
- BOURÉE, M. D. P. 2001. Hydatidosis: dynamics of transmission. *World J Surg*, 25, 4-9.
- BOURÉE, P. & BISARO, F. 2007. Hydatidose : aspects épidémiologique et diagnostique. *Antibiotiques*, 9, 237-245.
- BOURGOU, S., BEJI, R. S., MEDINI, F. & KSOURI, R. 2016. Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 28.
- BOUZABATA, A. 2015. *Contibution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique Myrtus communis L* Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.

- BOWLES, J., BLAIR, D. & MCMANUS, D. P. 1992. Genetic variants within the genus *Echinococcus* identified by mitochondrial DNA sequencing. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 54, 165-174.
- BRONSTEIN, J. A. & KLOTZ, F. 2005. Cestodoses larvaires. *EMC - Maladies Infectieuses*, 2, 59-83.
- BRUNDU, D., PISEDU, T., STEGEL, G., MASU, G., LEDDA, S. & MASALA, G. 2014. Retrospective study of human cystic echinococcosis in Italy based on the analysis of hospital discharge records between 2001 and 2012. *Acta Trop*, 140, 91-96.
- BRUNETTI, E. & JR, A. C. W. 2012. Cestode Infestations Hydatid Disease and Cysticercosis. *Infect Dis Clin*
- BRUNETTI, E., KERN, P., VUITTON, D. A. & WHO-IWGE, W. P. F. T. 2010. Expert consensus for the diagnosis and treatment of cystic and alveolar echinococcosis in humans. *Acta Trop*, 114, 1-16.
- CARDONA, G. A. & CARMENA, D. 2013. A review of the global prevalence, molecular epidemiology and economics of cystic echinococcosis in production animals. *Vet Parasitol*, 192, 10-32.
- CARMOI, T., FARTHOUAT, P., NICOLAS, X., DEBONNE, J. M. & KLOTZ, F. 2008. Kystes hydatiques du foie. *EMC - Hépatologie*, 3, 1-18.
- CASULLI, A., ABELA-RIDDER, B., PETRONE, D., FABIANI, M., BOBIC, B., CARMENA, D., SOBA, B., ZEREM, E., GARGATE, M. J., KUZMANOVSKA, G., CALOMFIRESU, C., RAINOVA, I., SOTIRAKI, S., LUNGU, V., DEZSENYI, B., HERRADOR, Z., KARAMON, J., MAKSIMOV, P., OKSANEN, A., MILLON, L., SVIBEN, M., SHKJEZI, R., GJONI, V., AKSHIJA, I., SAARMA, U., TORGERSON, P., SNABEL, V., ANTOLOVA, D., MUHOVIC, D., BESIM, H., CHEREAU, F., BELHASSEN GARCIA, M., CHAPPUIS, F., GLOOR, S., STOECKLE, M.,

- 
- MULLHAUPT, B., MANNO, V., SANTORO, A. & SANTOLAMAZZA, F. 2023. Unveiling the incidences and trends of the neglected zoonosis cystic echinococcosis in Europe: a systematic review from the MEmE project. *Lancet Infectious Diseases*, 23, e95-e107.
- CASULLI, A., MASSOLO, A., SAARMA, U., UMHANG, G., SANTOLAMAZZA, F. & SANTORO, A. 2022. Species and genotypes belonging to *Echinococcus granulosus sensu lato* complex causing human cystic echinococcosis in Europe (2000-2021): a systematic review. *Parasites & Vectors*, 15, 109.
- CASULLI, A., SILES-LUCAS, M. & TAMAROZZI, F. 2019. *Echinococcus granulosus sensu lato*. *Trends in Parasitology*, 35, 663-664.
- ÇELİK, T., ÖNDERCI, M., PEHLIVAN, M., YUMRUTAŞ, Ö. & ÜÇKARDEŞ, F. 2021. *In vitro* scolicidal effects of *Sideritis perfoliata* extract against *Echinococcus granulosus*. *The International Journal of Clinical Practice*, 75, 14498.
- CHAOUACHI, B., BEN SALAH, S., LAKHOUA, R., HAMMOU, A., GHARBI, H. A. & SAIED, H. 1989. Hydatid cysts in children. Diagnostic and therapeutic aspects. Apropos of 1195 cases. *Ann Pediatr (Paris)*, 36, 441-4, 447-9.
- CHAOUCHE, T. M., HADDOUCHI, F., ABBOU, F., AISSAOUI, M., BOUDJEMAI, O., GHELLAI, I. & SENHADJI, S. 2021. Phytochemical screening and evaluation of the antioxidant and antibacterial activity of *Atriplex halimus* from two regions Algeria (El Oued and Tlemcen). *Genetics and Biodiversity Journal*, 5, 59-67.
- CHARTIER, C., ITARD, J., MOREL, P. & TRONCY, P. 2000. *Handbook of tropical veterinary parasitology*.
- CHERIET, R. & LAGARDERE, B. Kystes hydatiques de l'enfant, épidémiologie et diagnostic: a propos de 280 cas observés dans un Service de Pédiatrie de l'Est algérien. *Annales de pédiatrie (Paris)*, 1994. 239-245.

- CLAVEL, A., VAREA, M., DOIZ, O., LÓPEZ, L., QUÍLEZ, J., CASTILLO, F. J., RUBIO, C. & GÓMEZ-LUS, R. 1999. Visualization of hydatid elements: comparison of several techniques. *J Clin Microbiol*, 37, 1561–1563.
- COLLABORATION AVEC ECHINOLIÈGE, E. 2021. Rapport d'activité.
- COYLE, C. M. & JUNGHANSS, T. 2020. Cystic Echinococcosis. *Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases*.
- CRAIG, P. S., HEGGLINX, D., LIGHTOWLERS, M. W., TORGERSONX, P. & WANGJJ, Q. 2017. Echinococcosis: Control and Prevention. *Advances in Parasitology*, 96, 55-158.
- DAKKAK, A. 2010. Echinococcosis/hydatidosis: a severe threat in Mediterranean countries. *Vet Parasitol*, 174, 2-11.
- DANDEKAR, R., FEGADE, B. & BHASKAR, V. 2015. GC-MS analysis of phytoconstituents in alcohol extract of *Epiphyllum oxypetalum* leaves. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 4, 149-154.
- DARYANI, A., SHARIF, M., AMOUEI, A. & NASROLAHEI, M. 2009. Fertility and viability rates of hydatid cysts in slaughtered animals in the Mazandaran Province, Northern Iran. *Trop Anim Health Prod*, 41, 1701-5.
- DEHIMI, K., DJOUDI, Z., DAHAMNA, S., BOULAOUAD, A., MAADADI, A. R. & KHENNOUF, S. 2020. A contribution to the valorization of two medicinal plants: *Atriplex halimus* Sub. Sp. *Schweinfurthii* and *Bunium incrassatum*, growing in the region of M'sila (North-East Algeria). *Indian Journal of Novel Drug Delivery*, 12, 208-216.
- DERFOUFI, O., NGOH AKWA, E., ELMAATAOUI, A., MISS, E., ESSELMANI, H., LYAGOUBI, M. & AOUI, S. 2012. Epidemiological profile of echinococcosis in Morocco from 1980 to 2008. *Ann Biol Clin (Paris)*, 70, 457-461.

- DERICI, H., TANSUG, T., REYHAN, E., BOZDAG, A. D. & NAZLI, O. 2006. Acute intraperitoneal rupture of hydatid cysts. *World J Surg*, 30, 1879–1883.
- DEVELOUX, M. L'hydatidose en Afrique en 1996 : Aspects épidémiologiques. 1996.
- DÍAZ, Á. 2017. Immunology of cystic echinococcosis (hydatid disease). *British Medical Bulletin*, 124, 1–13.
- DIF, M. M., BENCHIHA, H., MEHDADI, Z., BENALI-TOUMI, F., BENYAHIA, M. & BOUTERFAS, K. 2015. Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas* L. *Phytothérapie*, 13, 314-319.
- DJURICIC, S. M., GREBELDINGER, S., KAFKA, D. I., DJAN, I., VUKADIN, M. & VASILJEVIC, Z. V. 2010. Cystic echinococcosis in children - the seventeen-year experience of two large medical centers in Serbia. *Parasitol Int*, 59, 257-261.
- ECKERT, J., CONRATHS, F. J. & TACKMANN, K. 2000. Echinococcosis: an emerging or re-emerging zoonosis? *International Journal for Parasitology*, 30, 1283-1294.
- ECKERT, J. & DEPLAZES, P. 2004. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clin Microbiol Rev*, 17, 107-135.
- ECKERT, J., GEMMELL, M. A., MESLIN, F.-X. & PAWŁOWSKI, Z. S. 2001. *WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern*, Paris, France: World Organisation for Animal Health.
- ECKERT, J. & THOMPSON, R. C. 2017. Historical Aspects of Echinococcosis. *Advances in Parasitology*, 95, 1-64.
- ELBOUZIDI, A., 2, A. B., OUASSOU, H., AHERKOU, M., KHARCHOUFA, L., MECHCHATE, H., BOUHRIM, M., ZROURI, H. & ADDI, M. 2022. LC-MS/MS Phytochemical Profiling, Antioxidant Activity, and Cytotoxicity of the Ethanolic Extract of *Atriplex halimus* L. against Breast Cancer Cell Lines: Computational Studies and Experimental Validation. *Pharmaceuticals* 15.

- ELFEGOUN, M. C. B., KOHIL, K., L'OLLIVIER, C., LLEU, M., BABELHADJ, B., PIARROUX, M., GHARBI, M. & PIARROUX, R. 2016. Targeting abattoirs to control cystic echinococcosis in Algeria. *Bull Soc Pathol Exot*, 109, 192-4.
- ELISSONDO, M. C., ALBANI, C. M., GENDE, L., EGUARAS, M. & DENEGRI, G. 2008. Efficacy of thymol against *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Parasitology International*, 57, 185-90.
- ELISSONDO, M. C., DOPCHIZ, M. C., BRASESCO, M. & DENEGRI, G. 2004. *Echinococcus granulosus*: first report of microcysts formation from protoscoleces of cattle origin using the in vitro vesicular culture technique. *Parasite*, 11, 415-8.
- ERYİLDİZ, C. & ŞAKRU, N. 2012. Molecular Characterization of Human and Animal Isolates of *Echinococcus granulosus* in the Thrace Region, Turkey. *Balkan Med J*, 29, 261-267.
- EUZÉBY, J. 1971. *Les échinococcoses animales et leurs relations avec les échinococcoses de l'homme*, Vigot.
- FATMI, H. 2020. *Identification morphologique florale et biochimique et évaluation de la diversité génétique de l'Atriplex halimus dans la région de Tébessa*.
- FENDRI, A. H., A. BOULACEL & A. BRAHAMI 2010. Kyste hydatique du cœur au CHU Erriadh de Constantine (Algérie). Étude rétrospective de 2008 à 2009. *Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2010*.
- FU, M. H., WANG, X., HAN, S., GUAN, Y. Y., BERGQUIST, R. & WU, W. P. 2021. Advances in research on echinococcoses epidemiology in China. *Acta Trop*, 219, 105921.
- GALINDO, M., GONZALEZ, M. J. & GALANTI, N. 2002. *Echinococcus granulosus* protoscolex formation in natural infections. *Biological Research*, 35, 365-371.

- GEMMELL, M. A., LAWSON, J. R. & ROBERTS, M. G. 1986. Control of echinococcosis/hydatidosis: present status of worldwide progress. *Bull World Health Organ*, 64, 333-9.
- GEORGES, S., VILLARD, O., FILISETTI, D., MATHIS, A., MARCELLIN, L., HANSMANN, Y. & CANDOLFI, E. 2004. Usefulness of PCR analysis for diagnosis of alveolar echinococcosis with unusual localizations: two case studies. *J Clin Microbiol*, 42, 5954-5956.
- GHARBI, H. A., MNIF, J., ABDALLAH, M. B., ABDELMOULA, B. & HAMMOU-JEDDI, A. 1986. Epidémiologie du kyste hydatique en Tunisie. I: Résultats de l'enquête par échographie abdominale portant sur 3116 sujets dans la région de Menzel Bourguiba. *Médecine et Maladies Infectieuses* 3, 151-156.
- GHEDADBA, N., HAMBABA, L., AYACHI, A., ABERKANE, M. C., BOUSSELSA, H. & OUELD-MOKHTAR, S. M. 2015. Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13, 118-129.
- GOETZ, P. & GHEDIRA, K. 2012. *Myrtus communis* L. (Myrtaceae): Myrte. *Phytothérapie anti-infectieuse*. Paris: Springer Paris.
- GOTTSTEIN, B. & BELDI, G. 2017. Echinococcosis. *Infectious Diseases*.
- GOURTY, A. E. & SAIAD, M. O. 2012. Le kyste hydatique du foie chez l'enfant. Expérience du service de chirurgie pédiatrique générale CHU Marrakech.
- GULALP, B., KOSEOGLU, Z., TOPRAK, N., SATAR, S., SEBE, A., GOKEL, Y., SAKMAN, G. & KARCIOGLU, O. 2007. Ruptured hydatid cyst following minimal trauma and few signs on presentation. *Neth J Med*, 65, 117-8.
- GUO, Z., GAI, C., CAI, C., CHEN, L., LIU, S., ZENG, Y., YUAN, J., MEI, W. & DAI, H. 2017. Metabolites with insecticidal activity from *Aspergillus fumigatus* JRJ111048

- isolated from mangrove plant *Acrostichum speciosum* endemic to Hainan island. *Marine Drugs*, 15, 381.
- HAIFF, A., BOUAOUD, S. & MAHNANE, A. 2020. *L'hydatidose abdomino-pelvienne chez l'enfant et l'adolescent: Traitement Laparoscopique combiné à la Ponction Aspiration Injection Réaspiration au CHU de Sétif*, Éditions universitaires européennes.
- HAMRAT, K., ACHOUR, Y., BOUHOUSSE, A. & COZMA, V. 2011a. Study of the prevalence of *Echinococcus granulosus* in the south of Algeria (as in the Adrar region). *Sci Parasitol*, 219-221.
- HAMRAT, K., ACHOUR, Y., YACIN, G. & COZMA, V. 2011b. Epidemiologic study of hydatidosis in the steppe regions of Djelfa, Algeria. *Sci Parasitol*, 12, 177-183.
- HAN, X. M., CAI, Q. G., WANG, W., WANG, H., ZHANG, Q. & WANG, Y. S. 2018. Childhood suffering: hyper endemic echinococcosis in Qinghai-Tibetan primary school students, China. *Infect Dis Poverty*, 7, 71.
- HASSINE, W., DUPUCH, K. & GHARBI, H. 1980. Value of ultrasonography in hydatid liver disease in children : a report on 42 cases (author's transl). *J Radiol*, 61, 323-327.
- HEATH, D. D. 1971. The migration of oncospheres of *Taenia pisiformis*, *T. serialis* and *Echinococcus granulosus* within the intermediate host. *International Journal for Parasitology*, 1, 145-152.
- HENNIA, A., MIGUEL, M. G. & NEMMICHE, S. 2018. Antioxidant activity of *Myrtus communis* L. and *Myrtus nivellei* Batt. & Trab. extracts: A brief review. *Medicines (Basel)*, 5, 89.
- HIGUITA, N. I. A., BRUNETTI, E. & MCCLOSKEY, C. 2016. Cystic Echinococcosis. *J Clin Microbiol*, 54, 518-523.
- HIZEM, A., M'RAD, S., OUDNI-M'RAD, M., MEZHOUD, H., JANNET, H. B., FLAMINI, G., GHEDIRA, K. & BABBA, H. 2020. *In vitro* scolicidal activity of *Thymus capitatus*



- Hoff. et Link. essential oil on *Echinococcus granulosus* protoscoleces. *Journal of Essential Oil Research*, 32, 178-185.
- HOGEA, M.-O., CIOMAGA, B.-F., MUNTEAN, M.-M., MUNTEAN, A.-A., POPA, M. I. & POPA, G. L. 2024. Cystic Echinococcosis in the Early 2020s: A Review. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 9.
- HRICHI, S., CHAÂBANE-BANAOUES, R., ALIBRANDO, F., ALTEMIMI, A. B., BABBA, O., MAJDOUB, Y. O. E., NASRI, H., MONDELLO, L., BABBA, H., MIGHRI, Z. & CACCIOLA, F. 2022. Chemical Composition, Antifungal and Anti-Biofilm Activities of Volatile Fractions of *Convolvulus althaeoides* L. Roots from Tunisia. *Molecules*, 27.
- HUTTNER, M., NAKAO, M., WASSERMANN, T., SIEFERT, L., BOOMKER, J. D. F., DINKEL, A., SAKO, Y., MACKENSTEDT, U., ROMIG, T. & ITO, A. 2008. Genetic characterization and phylogenetic position of *Echinococcus felidis* (Cestoda: Taeniidae) from the African lion. *International Journal for Parasitology*, 38, 861–868.
- INSP, I. N. D. S. P. D. A. *Bilan de la région Ouest 2020*, Observatoire Régional de la Santé d'Oran [Online]. Alger. Available: [https://www.insp.dz/images/PDF/ORS%20Oran/Bilan\\_ORIS\\_ORAN\\_Ann%C3%A9e\\_2020.pdf](https://www.insp.dz/images/PDF/ORS%20Oran/Bilan_ORIS_ORAN_Ann%C3%A9e_2020.pdf) [Accessed Mars 2024].
- INSP, I. N. D. S. P. D. A. *Relevé épidémiologique mensuel « R.E.M » Algérie* [Online]. Alger. Available: <https://www.insp.dz> [Accessed Mars 2024].
- JAHANBAKHSH, S., AZADPOUR, M., KARESHK, A. T., KEYHANI, A. & MAHMOUDVAND, H. 2016. *Zataria multiflora* Bioss: lethal effects of methanolic extract against protoscoleces of *Echinococcus granulosus*. *Journal of Parasitic Diseases*, 40, 1289–1292.
- JENKINS, D. J. & POWER, K. 1996. Human hydatidosis in New South Wales and the Australian Capital Territory, 1987-1992. *Med J Aust*, 164, 18-21.

- JORDANOVA, D. P., HARIZANOV, R. N., KAFTANDJIEV, I. T., RAINOVA, I. G. & KANTARDJIEV, T. V. 2015. Cystic echinococcosis in Bulgaria 1996-2013, with emphasis on childhood infections. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 34, 1423-1428.
- KABBASH, A. & SHOEIB, N. 2012. Chemical and Biological Investigation of Some Secondary Metabolites in *Atriplex Halimus* Growing in Egypt. *Natural Product Communications*, 7.
- KAMENETZKY, L., GUTIERREZ, A. M., CANOVA, S. G., HAAG, K. L., GUARNERA, E. A., PARRA, A., GARCÍA, G. E. & ROSENZVIT, M. C. 2002. Several strains of *Echinococcus granulosus* infect livestock and humans in Argentina. *Infect Genet Evol*, 2, 129-36.
- KERN, P., SILVAX, A. M. D., AKHAN, O., B.MULLHAUPT, VIZCAYCHIPI, K. A., BUDKE, C. & VUITTON, D. A. 2017. The Echinococcoses: Diagnosis, Clinical Management and Burden of Disease. *Advances in Parasitology*, 96.
- KHACHATRYAN, A. S. 2017. Analysis of Lethality in Echinococcal Disease. *Korean J Parasitol*, 55, 549-553.
- KHAN, Z. & CHETTY, R. 2016. A review of the cysts of the spleen. *Diagnostic Histopathology*.
- KIM, D.-H., HAN, S.-I., GO, B., OH, U. H., KIM, C.-S., JUNG, Y.-H., LEE, J. & KIM, J.-H. 2019. 2-Methoxy-4-vinylphenol Attenuates Migration of Human Pancreatic Cancer Cells via Blockade of FAK and AKT Signaling. *Anticancer Research* 39, 6685-6691.
- KIM, H. J., YONG, T. S., SHIN, M. H., LEE, K. J., PARK, G. M., SUVONKULOV, U., KOVALENKO, D. & YU, H. S. 2020. Phylogenetic Characteristics of *Echinococcus granulosus* Sensu Lato in Uzbekistan. *Korean J Parasitol*, 58, 205-210.

- KIM, M.-G., YANG, J.-Y. & LEE, H.-S. 2013. Acaricidal potentials of active properties isolated from *Cynanchum paniculatum* and acaricidal changes by introducing functional radicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 7568–7573.
- KINKAR, L., LAURIMÄE, T., SHARBATKHORI, M., MIRHENDI, H., KIA, E. B., PONCEGORDO, F., ANDRESIUK, V., SIMSEK, S., LAVIKAINEN, A., IRSHADULLAH, M., UMHANG, G., OUDNI-M'RAD, M., ACOSTA-JAMETT, G., REHBEIN, S. & SAARMA, U. 2017. New mitogenome and nuclear evidence on the phylogeny and taxonomy of the highly zoonotic tapeworm *Echinococcus granulosus* sensu stricto. *Infection, Genetics and Evolution*, 52, 52-58.
- KLOTZ, F., NICOLAS, X., DEBONNE, J., GARCIA, J. & ANDREU, J. 2000. Kystes hydatiques du foie. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*
- KNAPP, J., NAKAO, M., YANAGIDA, T., OKAMOTO, M., SAARMA, U., LAVIKAINEN, A. & ITO, A. 2011. Phylogenetic relationships within *Echinococcus* and *Taenia* tapeworms (Cestoda: Taeniidae): an inference from nuclear protein-coding genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 61, 628-638.
- KOHANSAL, M. H., NOURIAN, A., RAHIMI, M. T., DARYANI, A., SPOTIN, A. & AHMADPOUR, E. 2017. Natural products applied against hydatid cyst protoscolices: A review of past to present. *Acta Trop*, 176, 385-394.
- KOHIL, K. 2017. *Etude épidémiologique et moléculaire d'Echinococcus granulosus en Algérie*. Université de Constantine 1.
- KOHIL, K., ELFEGOUN, M. C. B., NORMAND, A.-C., BABELHADJ, B. & PIARROUX, R. 2015. Cystic Echinococcosis in Algeria: Camels Act as Reservoirs of Sheep Strain *Echinococcus granulosus* Can Contribute to Human Contamination. *Global Veterinaria*, 15, 106-112.

- 
- KOHIL, K., FEGOUN, M. C. B. E. & GHARBI, M. 2017. Prevalence of *Echinococcus granulosus* taeniasis in stray dogs in the region of Constantine (North-East Algeria). *Bull Soc Pathol Exot*, 110, 224-229.
- KOUIDRI, M., AMMAR, S. S. M. & FATIMA, B. 2013. Cystic Echinococcosis in Small Ruminants in Tiaret (Algeria). *Global Veterinaria*, 11 753-758.
- KOUIDRI, M., KHOUDJA, F. B., BOULKABOUL, A. & SELLES, M. 2012. Prevalence, fertility and viability of cystic echinococcosis in sheep and cattle of Algeria. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine* 15, 191–197.
- LAATAMNA, A., BOURAGBA, M., REGHAISSIA, N., BOURAGBA, N., BENHADJ, N., MAHDJOUR, I. & HARFOUCHE, K. 2021. Epidemiological profile and fertility assessment of hydatid cysts surgically removed from patients in Djelfa province, Algeria. *Annals of Parasitology* 67, 337–340.
- LAATAMNA, A. E., EBI, D., BRAHIMI, K., BEDIAF, K., WASSERMANN, M., SOUTTOU, K. & ROMIG, T. 2019. Frequency and genetic diversity of *Echinococcus granulosus* sensu stricto in sheep and cattle from the steppe region of Djelfa, Algeria. *Parasitol Res*, 118, 89-96.
- LABSI, M., KHELIFI, L., MEZIOUG, D., SOUFLI, I. & TOUIL-BOUKOFFA, C. 2016. Antihydatic and immunomodulatory effects of *Punica granatum* peel aqueous extract in a murine model of echinococcosis. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 9, 211-220.
- LACROX, A. C., JOUANNEAU, J. & THIODET, J. 1955. Aspects of prophylaxis of hydatidosis in Algeria. *Alger Medicale*, 59, 229-34.
- LARBAOUI, D. & ALLOULA, R. 1979. Epidemiological study of hydatidosis in Algeria: results of 2 retrospective surveys in a 10-year period. *Tunis Med*, 57, 318-26.

- LARRIEU, E., GAVIDIA, C. M. & LIGHTOWLERS, M. W. 2019. Control of cystic echinococcosis: Background and prospects. *Zoonoses Public Health*, 66, 889-899.
- LASHKARIZADEH, M. R., ASGARIPUR, K., DEZAKI, E. S. & HARANDI, M. F. 2015. Comparison of Scolicidal Effects of Amphotricin B, Silver Nanoparticles, and *Foeniculum vulgare* Mill on Hydatid Cysts Protoscoleces. *Iranian Journal of Parasitology*, 10, 206-212.
- LAURIMÄE, T., KINKAR, L., MOKS, E., ROMIG, T., OMER, R. A., CASULLI, A., UMHANG, G., BAGRADE, G., IRSHADULLAH, M., SHARBATKHORI, M., MIRHENDI, H., PONCE-GORDO, F., SORIANO, S. V., VARCASIA, A., ROSTAMINEJAD, M., ANDRESIUK, V. & SAARMA, U. 2018. Molecular phylogeny based on six nuclear genes suggests that *Echinococcus granulosus sensu lato* genotypes G6/G7 and G8/G10 can be regarded as two distinct species. *Parasitology*, 145, 1929-1937.
- LAURIMÄE, T., KINKAR, L., VARCASIA, A., DESSÌ, G., SGROI, G., D'ALESSIO, N., VENEZIANO, V. & SAARMA, U. 2019. First detection of zoonotic tapeworm *Echinococcus granulosus sensu lato* genotype G7 in continental Italy. *Parasitology Research*, 118, 2193-2201.
- LAUSIER, P. 1987. Echinococcose à *Echinococcus granulosus* en France: rappels épidémiologiques. *Enquête dans un foyer des Hautes-Alpes. Th: Med. Vet.: Lyon*, 47.
- LAVIKAINEN, A., LEHTINEN, M. J., MERI, T., HIRVELA-KOSKI, V. & MERI, S. 2003. Molecular genetic characterization of the Fennoscandian cervid strain, a new genotypic group (G10) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, 127, 207-215.
- LIU, W., WANG, J., ZHANG, Z., XU, J., XIE, Z., SLAVIN, M. & GAO, X. 2014. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of a fructan from the roots of *Arctium lappa* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, 65, 446-453.

- LOTFI, A., KOTTB, M., ELSAYED, A. & SHAFIK, H. 2021. Antifungal Activity of Some Mediterranean Seaweed Against *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium Oxysporum* *in Vitro*. *Alfarama Journal of Basic & Applied Sciences*, 2, 81-96.
- M'RAD, S., FILISETTI, D., OUDNI, M., MEKKI, M., BELGUITH, M., NOURI, A., SAYADI, T., LAHMAR, S., CANDOLFI, E., AZAIEZ, R., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2005. Molecular evidence of ovine (G1) and camel (G6) strains of *Echinococcus granulosus* in Tunisia and putative role of cattle in human contamination. *Vet Parasitol*, 129, 267-72.
- M'RAD, S., OUDNI-M'RAD, M., BOUBAKER, G., BOUAZZI, L., GORCII, M., NOURI, A., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2012. Retrospective study of the distribution and the fertility of hydatid cysts in the child in Tunisia. *Pathologie Biologie*, 60, 166-169.
- M'RAD, S., OUDNI-M'RAD, M., FILISETTI, D., MEKKI, M., NOURI, A., SAYADI, T., CANDOLFI, E., AZAIEZ, R., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2010. Molecular Identification of *Echinococcus granulosus* in Tunisia: First Record of the Buffalo Strain (G3) in Human and Bovine in the Country~!2010-02-18~!2010-05-07~!2010-08-24~!  
*The Open Veterinary Science Journal*, 4, 27-30.
- M'RAD, S., FILISETTI, D., OUDNI, M., MEKKI, M., BELGUITH, M., NOURI, A., SAYADI, T., LAHMAR, S., CANDOLFI, E., AZAIEZ, R., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2005. Molecular evidence of ovine (G1) and camel (G6) strains of *Echinococcus granulosus* in Tunisia and putative role of cattle in human contamination. *Veterinary Parasitology*, 129, 267-272.
- MACIN, S., ORSTEN, S., SAMADZADE, R., COLAK, B., CEBECI, H. & FINDIK, D. 2021. Human and animal cystic echinococcosis in Konya, Turkey: molecular identification and the first report of *E. equinus* from human host in Turkey. *Parasitol Res*, 120, 563-568.

- 
- MAGGIORE, M. A., ALBANESE, A. A., GENDE, L. B., EGUARAS, M. J., DENEGRI, G. M. & ELISSONDO, M. C. 2012. Anthelmintic effect of *Mentha* spp. essential oils on *Echinococcus granulosus* protoscoleces and metacestodes. *Parasitol Res*, 110, 1103-12.
- MAHMOUDVAND, H., DEZAKI, E. S., SHARIFIFAR, F., EZATPOUR, B., JAHANBAKHS, S. & HARANDI, M. F. 2014. Protoscolecidal effect of *Berberis vulgaris* root extract and its main compound, Berberine in cystic echinococcosis. *Iranian J Parasitol*, 9, pp.
- MAHMOUDVAND, H., FALLAHI, S., MAHMOUDVAND, H., SHAKIBAIE, M., HARANDI, M. F. & DEZAKI, E. S. 2016. Efficacy of *Myrtus communis* L. to inactivate the hydatid cyst protoscoleces. *Journal of Investigative Surgery*, 29, 137-43.
- MAHMOUDVAND, H., KHEIRANDISH, F., KIA, M. G., KARESHK, A. T. & YARAHMADI, M. 2015. Chemical composition, protoscolicidal effects and acute toxicity of *Pistacia atlantica* Desf. fruit extract. *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, 30, 1208-1211.
- MAHMOUDVAND, H., PAKRAVANAN, M., AFLATOONIAN, M. R., KHALAF, A. K., NIAZI, M., MIRBADIE, S. R., TAVAKOLI KARESHK, A. & KHATAMI, M. 2019. Efficacy and safety of *Curcuma longa* essential oil to inactivate hydatid cyst protoscoleces. *BMC Complement Altern Med*, 19, 187.
- MAHMOUDVAND, H., PAKRAVANAN, M., KHEIRANDISH, F., JAHANBAKHS, S., SEPAHVAND, M., NIAZI, M., ROUIENTAN, A. & AFLATOONIAN, M. R. 2020. Efficacy and Safety *Curcuma zadoaria* L. to Inactivate the Hydatid Cyst Protoscoleces. *Current Clinical Pharmacology*, 15, 64-71.

- MAILLARD, S. 2009. *Les apports de différentes séquences d'ADN polymorphes à l'étude de l'épidémiologie moléculaire et de la taxonomie du parasite Echinococcus granulosus sensu lato*. Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté.
- MAILLARD, S., BENCHIKH-ELFEGOUN, M. C., KNAPP, J., BART, J. M., KOSKEI, P., GOTTSTEIN, B. & PIARROUX, R. 2007. Taxonomic position and geographical distribution of the common sheep G1 and camel G6 strains of *Echinococcus granulosus* in three African countries. *Parasitol Res*, 100, 495-503.
- MAILLARD, S., BENCHIKH-ELFEGOUN, M. C., KOHIL, K., GOTTSTEIN, B. & PIARROUX, R. 2011. Failure to observe cross-fertilization between the *Echinococcus granulosus* G1 and G6 strains after an experimental mixed infection of the definitive host. *Vet Parasitol*, 175, 80-83.
- MAILLARD, S., GOTTSTEIN, B., HAAG, K. L., MA, S., COLOVIC, I., BENCHIKH-ELFEGOUN, M. C., KNAPP, J. & PIARROUX, R. 2009. The EmsB tandemly repeated multilocus microsatellite: a new tool to investigate genetic diversity of *Echinococcus granulosus sensu lato*. *J Clin Microbiol*, 47, 3608-3616.
- MANDAL, S. & MANDAL, M. D. 2011. Human cystic echinococcosis: epidemiologic, zoonotic, clinical, diagnostic and therapeutic aspects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5, 253-260.
- MARGI, M., BENJELLOUL, T., CHERKAOUI, A., ABDELHAK, M., OULAHYANE, R. & BENHMAMOUCHE, M. N. 2010. Hydatid cyst of the kidney in children: a retrospective study of 10 cases. *Prog Urol*, 20, 144-147.
- MARINOVA, I., SPILLOTIS, M., WANG, J., MUHTAROV, M., CHALIGIANNIS, I., SOTIRAKI, S., RAINOVA, I., GOTTSTEIN, B. & BOUBAKER, G. 2017. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus* isolates from Bulgarian human cystic echinococcosis patients. *Parasitol Res*, 116, 1043-1054.



- MARSTON, A. & HOSTETTMANN, K. 2006. Separation and quantification of flavonoids. *Flavonoids: Chemistry, biochemistry and applications*, 1-36.
- MCMANUS, D. P. 2013. Current status of the genetics and molecular taxonomy of *Echinococcus* species. *Parasitology*, 140, 1617-1623.
- MCMANUS, D. P. & THOMPSON, R. C. 2003. Molecular epidemiology of cystic echinococcosis. *Parasitology*, 127 Suppl, S37-51.
- MCMANUS, D. P., ZHANG, W., LI, J. & BARTLEY, P. B. 2003. Echinococcosis. *Lancet*, 362, 1295-1304.
- MERAD, Y., DERRAR, H., ZEGGAI, A., BELKACEMI, M., BELMOKHTAR, Z. & ADJMI-HAMOUDI, H. 2020. A rare primary hydatid cyst of the psoas muscle in a rural setting: A case presentation. *Ann Med Surg (Lond)*, 59, 86-88.
- MERAD, Y., DERRAR, H., ZEGGAI, A., CHADLI, M., BEMRAH, N. & ELHABACHI, B. 2021. Primary splenic hydatid cyst an unexpected diagnosis: Case report. *Annals of Medicine and Surgery* 65, 102293.
- MERCIER, B., PROST, J. & PROST, M. 2009. The essential oil of turpentine and its major volatile fraction (alpha- and beta-pinenes): a review. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 22, 331-342.
- MIR, M. A., BASHIR, N., ALFAIFY, A. & OTEEF, M. D. Y. 2020. GC-MS analysis of *Myrtus communis* extract and its antibacterial activity against Gram-positive bacteria. *BMC Complement Med Ther*, 20, 86.
- MOAZENI, M., HOSSEINI, S. V., AL-QANBAR, M. H., ALAVI, A. M. & KHAZRAEI, H. 2019. *In vitro* evaluation of the protoscolicidal effect of *Eucalyptus globulus* essential oil on protoscolices of hydatid cyst compared with hypertonic saline, povidone iodine and silver nitrate. *Journal of Visceral Surgery* 156, 291-295.

- MOAZENI, M. & NAZER, A. 2010. *In vitro* effectiveness of garlic (*Allium sativum*) extract on scolices of hydatid cyst. *World Journal of Surgery*, 34, 2677-2681.
- MOGOYE, B. K., MENEZES, C. N., WONG, M. L., STACEY, S., VON DELFT, D., WAHLERS, K., WASSERMANN, M., ROMIG, T., KERN, P., GROBUSCH, M. P. & FREAN, J. 2013. First insights into species and genotypes of *Echinococcus* in South Africa. *Vet Parasitol*, 196, 427-32.
- MOKHTARI, L. 1966. Épidémiologie du kyste hydatique en Algérie. *Place de la localisation pulmonaire. Alger Med Chir*, 3, 85-90.
- MOLYNEUX, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26, 211-219.
- MORAES, J. D., OLIVEIRA, R. N. D., COSTA, J. P., JUNIOR, A. L. G., SOUSA, D. P. D., FREITAS, R. M., ALLEGRETTI, S. M. & PINTO, P. L. S. 2014. Phytol, a diterpene alcohol from chlorophyll, as a drug against neglected tropical disease *Schistosomiasis mansoni*. *PLoS Negl Trop Dis*, 8, e2617.
- MORO, P. & SCHANTZ, P. M. 2009. Echinococcosis: a review. *Int J Infect Dis*, 13, 125-133.
- MOSBAHI, S., ACHOUR, A., M'RAD, S., KECHICHE, N., ABDELAALY, M., SAKLY, W., MEKKI, M., GOLLI, M., BABBA, H. & NOURI, A. 2020. Kyste hydatique de l'enfant. *EMC -Pédiatrie/Maladies infectieuses*, 0, 1-11 [Article 4-350-B-10].
- MUTWIRI, T., MAGAMBO, J., ZEYHLE, E., MKOJI, G., WAMAE, C., MULINGE, E., MBAE, C., WASSERMANN, H., KERN, P. & ROMIG, T. 2013. Molecular characterisation of *Echinococcus granulosus* species/strains in human infections from Turkana, Kenya. *East African medical journal*, 90, 235-240.
- NAKAO, M., LAVIKAINEN, A., YANAGIDA, T. & ITO, A. 2013. Phylogenetic systematics of the genus *Echinococcus* (Cestoda: Taeniidae). *International Journal for Parasitology*, 43, 1017-1029.

- NAKAO, M., MCMANUS, D. P., SCHANTZ, P. M., CRAIG, P. S. & ITO, A. 2007. A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, 134, 713–722.
- NANDHINI, R. S., NITHYA, R. N. & VIDHYA, K. 2021. GC-MS analysis of Phytochemical compounds in different extracts of *Curculigo orchiodes*. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14, 4355-4360.
- NASSAR, M. I., ABOUTABL, E.-S. A., AHMED, R. F., EL-KHRISY, E.-D. A., IBRAHIM, K. M. & SLEEM, A. A. 2010. Secondary metabolites and bioactivities of *Myrtus communis*. *Pharmacognosy Research*, 2, 325-329.
- NAZLIGUL, Y., KUCUKAZMAN, M. & AKBULUT, S. 2015. Role of chemotherapeutic agents in the management of cystic echinococcosis. *Int Surg*, 100, 112-4.
- NEDJIMI.B., GUIT. B., TOUMI. M., BELADEL. B., AKAM. A. & DAOUD. Y. 2013. *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques. *Fourrages*, 216, 333-338.
- NEGHINA, R., NEGHINA, A. M., MARINCU, I. & IACOBICIU, I. 2011. Cystic echinococcosis in Romania: the pediatric approach. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 11, 993-9.
- NIKMANESH, B., MIRHENDI, H., GHALAVAND, Z., ALEBOUYEH, M., SHARBATKHORI, M., KIA, E., MOHEBALI, M., EGHBALI, M. & ROKNI, M. B. 2014. Genotyping of *Echinococcus granulosus* Isolates from Human Clinical Samples Based on Sequencing of Mitochondrial Genes in Iran, Tehran. *Iran J Parasitol*, 9, 20-7.
- NOOMEN, F., MAHMOUDI, A., FODHA, M., BOUDOKHANE, M., HAMDY, A. & FODHA, M. 2013. Traitement chirurgical des kystes hydatiques du foie. *EMC - Techniques chirurgicales - Appareil digestif*, 8, 1-18.

- 
- NOROUZI, R., HEJAZY, M., AZIZI, D. & ATA EI, A. 2020. Effect of *Taxus baccata* L. extract on hydatid cyst protoscolices *in vitro*. *Archives of Razi Institute*, 75, 473-480.
- NOZAI, J. P. 1989 L'hydatidose dans le bassin méditerranéen. Historique, répartition actuelle. *Mddecine et Maladies Infectieuses* 19, 439 - 443.
- NUNNARI, G., PINZONE, M. R., GRUTTADAURIA, S., CELESIA, B. M., MADEDDU, G., MALAGUARNERA, G., PAVONE, P., CAPPELLANI, A. & CACOPARDO, B. 2012. Hepatic echinococcosis: clinical and therapeutic aspects. *World J Gastroenterol*, 18, 1448-1458.
- NYABERI, M., ONYANGO, C., MATHOOKO, F., MAINA, J. & MAKOBE, M. 2017. Profiling active phytochemical compounds of *Ziziphus abyssinica* herb responsible for antioxidant and antimicrobial activity. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34, 5413-5424.
- OMER, R. A., DINKEL, A., ROMIG, T., MACKENSTEDT, U., ELNAHAS, A. A., ARADAIB, I. E., AHMED, M. E., ELMALIK, K. H. & ADAM, A. 2010. A molecular survey of cystic echinococcosis in Sudan. *Vet Parasitol*, 169, 340-6.
- ORAL, A., YIGITER, M., YILDIZ, A., YALCIN, O., DIKMEN, T., EREN, S., KANTARCI, M. & SALMAN, A. B. 2012. Diagnosis and management of hydatid liver disease in children: a report of 156 patients with hydatid disease. *J Pediatr Surg*, 47, 528-534.
- ORGANIZATION, W. H. 2020. *Échinococcose* [Online]. Available: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/echinococcosis> [Accessed 24/09/2024 2024].
- OUCHENE, N., BITAM, I., ZEROUAL, F. & OUCHENE-KHELIFI, N. 2014. Cystic echinococcosis in wild boars (*Sus scrofa*) and slaughtered domestic ruminants in Algeria. *Asian journal of animal and veterinary advances*, 9, 767-774.

- LOUDNI-M'RAD, M., M'RAD, S. & BABBA, H. 2015. Molecular and Epidemiology Data on Cystic Echinococcosis in Tunisia. *Current Topics in Echinococcosis*.
- LOUDNI-M'RAD, M., M'RAD, S., KSIA, A., LAMIRI, R., MEKKI, M., NOURI, A., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2016. First molecular evidence of the simultaneous human infection with two species of *Echinococcus granulosus sensu lato*: *Echinococcus granulosus sensu stricto* and *Echinococcus canadensis*. *Parasitol Res*, 115, 1065-9.
- LOUDNI-M'RAD, M., M'RAD, S., GORCII, M., MEKKI, M., BELGUITH, M., HARRABI, I., NOURI, A., AZAIEZ, R., MEZHOUD, H. & BABBA, H. 2007. L'échinococcose hydatique de l'enfant en Tunisie : fertilité et localisation des kystes. *Parasitologie*, 100, 10-13.
- PADURARU, A. A., LUPU, M. A., SIMA, L., COZMA, G. V., OLARIU, S. D., CHIRIAC, S. D., TOTOLICI, B. D., PIRVU, C. A., LAZAR, F., NESIU, A., MIHU, A. G., CUMPANAS, A. A., CRETU, O. M. & OLARIU, T. R. 2023. Cystic Echinococcosis in Hospitalized Adult Patients from Western Romania: 2007–2022. *Microorganisms*, 11.
- PÉREZ-SERRANO, J., CASADO, N., GUILLERMO, DENEGRI & RODRIGUEZ-CAABEIRO, F. 1994. The effects of albendazole and albendazole sulphoxide combination-therapy on *Echinococcus granulosus in vitro*. *International Journal for Parasitology* 24, 219-224.
- RAINOVA, I., HARIZANOV, R., TSVETKOVA, N., KAFTANDJIEV, I., ENIKOVA, R., IVANOVA, M., VI-DENOVA, M., KANEVA, E. & MIKOV, O. 2022. Epidemiological Indicators of the State of Cystic Echinococcosis in Republic of Bulgaria for the Period 2011-2020 *International Journal of Echinococcoses* 2022; 1 (2): 26-32. DOI: 10.5455. *IJE*, 5.

- 
- REYNAL, B. D. & MULTON, J.-L. 2009. *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed.)*, Lavoisier.
- REZIG, A. L. 2002. Hydatidose osseuse. *Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS*, 69 835-841.
- RIPOCHE, M. 2009. *La lutte contre l'hydatidose en Sardaigne*. Paul-Sabatier de Toulouse.
- ROELFSEMA, J. H., NOZARI, N., PINELLI, E. & KORTBEEK, L. M. 2016. Novel PCRs for differential diagnosis of cestodes. *Exp Parasitol*, 161, 20-26.
- ROGAN, M. T., HAI, W. Y., RICHARDSON, R., ZEYHLE, E. & CRAIG, P. S. 2006. Hydatid cysts: does every picture tell a story? *Trends Parasitol*, 22, 431-348.
- ROJAS, C. A. A., ROMIG, T. & LIGHTOWLERS, M. W. 2014. *Echinococcus granulosus sensu lato* genotypes infecting humans--review of current knowledge. *International Journal for Parasitology*, 44, 9-18.
- ROMIG, T., DEPLAZES, P., JENKINS, D., GIRAUDOUX, P., MASSOLO, A., CRAIG, P. S., WASSERMANN, M., TAKAHASHI, K. & RUE, M. D. L. 2017. Ecology and Life Cycle Patterns of *Echinococcus* Species. *Advances in Parasitology*, 95, 213-314.
- ROMIG, T., EBI, D. & WASSERMANN, M. 2015. Taxonomy and molecular epidemiology of *Echinococcus granulosus sensu lato*. *Veterinary Parasitology*, 213, 76-84.
- RONÉUS, O., CHRISTENSSON, D. & NILSSON, N. G. 1982. The longevity of hydatid cysts in horses. *Vet Parasitol*, 11, 149-54.
- SADJJADI, S. M., ZOHARIZADEH, M. R. & PANJESHAHIN, M. R. 2008. *In vitro* screening of different *Allium sativum* extracts on hydatid cysts protoscoleces. *Journal of Investigative Surgery*, 21, 318-322.
- SALEM, C. B. O. A., SCHNEEGANS, F. & CHOLLET, J. Y. 2011. Study of lesional aspects of hydatid echinococcosis in man in Mauritania: fertility, histology of hydatid cysts and protoscolex viability. *Bull Soc Pathol Exot*, 104, 1-5.

- SAMARI, H., LAURIMÄE, T., REGHAISSIA, N., DAHMANE, A., MAMOUNE, A., BAROUDI, D., DEPLAZES, P. & LAATAMNA, A. 2022. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus sensu lato* genotypes in dromedary camels from extreme Sahara of Algeria based on analysis of nad2 and nad5 genetic markers. *Acta Tropica* 234, 106616.
- SAMARTH, R. M., PANWAR, M., KUMAR, M., SONI, A., KUMAR, M. & KUMAR, A. 2008. Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extracts. *Food Chemistry*, 106, 868-873.
- SCHOCH, C. L., CIUFO, S., DOMRACHEV, M., HOTTON, C. L., KANNAN, S., KHOVANSKAYA, R., LEIPE, D., MCVEIGH, R., O'NEILL, K., ROBBERTSE, B., SHARMA, S., SOUSSOV, V., SULLIVAN, J. P., SUN, L., TURNER, S. & KARSCHMIZRACHI, I. 2020. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database (Oxford)*, 2020.
- SEIMENIS, A. 2003. Overview of the epidemiological situation on echinococcosis in the Mediterranean region. *Acta Tropica*.
- SEVENET, G. & WITAS, P. 1926. Enquête sur l'échinococcose en Algérie. Première partie: les cas humains de kyste hydatiques. *Arch Inst Pasteur Alger*, 4, 343-456.
- SHAHNAZI, M., AZADMEHR, A., JONDABEH, M. D., HAJIAGHAEI, R., NORIAN, R., AGHAEI, H., SARAIEI, M. & ALIPOUR, M. 2017. Evaluating the effect of *Myrtus communis* on programmed cell death in hydatid cyst protoscolices. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10, 1072–1076.
- SHARMA, M., SEHGAL, R., FOMDA, B. A., MALHOTRA, A. & MALLA, N. 2013. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus* cysts in north Indian patients: identification of G1, G3, G5 and G6 genotypes. *PLoS Negl Trop Dis*, 7, e2262.

- 
- SIKKEMA, J., BONT, J. A. M. D. & POOLMAN, B. 1994. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *Journal of Biological Chemistry*, 269, 8022-8028.
- SILES-LUCAS, M., CASULLI, A., CIRILLI, R. & CARMENA, D. 2018. Progress in the pharmacological treatment of human cystic and alveolar echinococcosis: Compounds and therapeutic targets. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 12, e0006422.
- SILVA, A. M. D. 2010. Human echinococcosis: a neglected disease. *Gastroenterology Research and Practice*, 2010, 583297.
- SILVA, A. M. D. 2015. Cystic Echinococcosis in the Liver: Nomenclature and Surgical Procedures. *Gastroenterol Res Pract*. 2010/09/24 ed.
- SINGH, J. A., SIDDIQI, M., PARAMESHWAR, P. & CHANDRA-MOULI, V. 2019. World Health Organization Guidance on Ethical Considerations in Planning and Reviewing Research Studies on Sexual and Reproductive Health in Adolescents. *J Adolesc Health*, 64, 427-429.
- SIRACUSANO, A., TEGGI, A. & ORTONA, E. 2009. Human cystic echinococcosis: old problems and new perspectives. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2009, 474368.
- SISAY, M. & GASHAW, T. 2017. Ethnobotanical, Ethnopharmacological, and Phytochemical Studies of *Myrtus communis* Linn: A Popular Herb in Unani System of Medicine. *J Evid Based Complementary Altern Med*, 22, 1035-1043.
- SIVAKUMAR, C. & JEGANATHAN, K. 2018. Phytochemical profiling of cat whisker's (*Orthosiphon stamineus*) tea leaves extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 1396-1402.
- SLAMA, K., BOUMENDJEL, M., TAIBI, F., BOUMENDJEL, A. & MESSARAH, M. 2020. *Atriplex halimus* aqueous extract abrogates carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity



- by modulating biochemical and histological changes in rats. *Arch Physiol Biochem*, 126, 49-60.
- SMYTH, J. D. & BARRETT, N. J. 1980. Procedures for testing the viability of human hydatid cysts following surgical removal, especially after chemotherapy. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 74, 649–652.
- SOUDA, S. S. E. D. E., MATLOUB, A. A., NEPVEU, F., VALENTIN, A. & ROQUES, C. 2015. Phenolic composition and prospective anti-infectious properties of *Atriplex lindleyi*. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5.
- STALIKAS, C. D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J Sep Sci*, 30, 3268-3295.
- ŠTEFANIĆ, S., SHAIKENOV, B. S., DEPLAZES, P., DINKEL, A., TORGERSON, P. R. & MATHIS, A. 2004. Polymerase chain reaction for detection of patent infections of *Echinococcus granulosus* (“sheep strain”) in naturally infected dogs. *Parasitology Research*, 92, 347-351.
- SUMBUL, S., AHMAD, M. A., ASIF, M. & AKHTAR, M. 2011. *Myrtus communis* Linn. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2, 395-402.
- TAJDINE, M. T. & DAALI, M. 2007. Isolated pelvic hydatid cyst: one pediatric case. *Archives de pédiatrie* 14, 1366–1373.
- TALAEZADEH, A. H. & MARAGHI, S. 2006. Hydatid disease in children: A different pattern than adults. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 22, 329.
- TAMAROZZI, F., DEPLAZES, P. & CASULLI, A. 2020. Reinventing the Wheel of *Echinococcus granulosus sensu lato* Transmission to Humans. *Trends in Parasitology*, 36, 427-434.
- THOMPSON, R. C. A. 2008. The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus*. *Experimental Parasitology*, 119, 439-446.

- 
- THOMPSON, R. C. A. 2017. Biology and Systematics of *Echinococcus*. *Advances in Parasitology*, 95, 65-109.
- THOMPSON, R. C. A. 2020. The Molecular Epidemiology of *Echinococcus* Infections. *Pathogens*, 9.
- THOMPSON, R. C. A. & LYMBERY, A. J. 1995. Echinococcus and hydatid disease. In: THOMPSON, R. C. A. & LYMBERY, A. J. (eds.). Wallingford, Oxon, UK :: CAB International.
- THOMPSON, R. C. A. & MCMANUS, D. P. 2002. Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus*. *TRENDS in Parasitology*, 18.
- TLAMCANI, Z. 2016. Hydatidosis in Morocco: Review of literature and epidemiology. *Afro-Egypt J Infect Endem Dis*, 6, 152-155.
- TOUZÉ, R. 2009. Le myrte et Aphrodite, quelque part entre le désir et le dégoût. *Chemin faisant*, 249-260.
- TURGUT, M. 2002. Hydatidosis of central nervous system and its coverings in the pediatric and adolescent age groups in Turkey during the last century: a critical review of 137 cases. *Childs Nerv Syst*, 18, 670-683.
- TYAGI, T. & AGARWAL, M. 2017. Phytochemical screening and GC-MS analysis of bioactive constituents in the ethanolic extract of *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) solms. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6, 195-206.
- USTIANOWSKI, A. P. & ZUMLA, A. 1998. Hydatid disease.
- VUITTON, D. A., MILLON, L., GOTTSTEIN, B. & GIRAUDOUX, P. 2014. Proceedings of the International Symposium. *Parasite*, 21.
- WALKER, D. J., LUTTS, S., SÁNCHEZ-GARCÍA, M. & CORREAL, E. 2014. *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100-101, 111-121.

- WANG, L. & ZHI, Y. 2021. Anti-ovarian cancer and collagenase,  $\alpha$ -amylase, and aldose reductase inhibition properties of 2'-hydroxy-5'-methoxyacetophenone with molecular modeling studies. *Archives of Medical Science*.
- WANNES, W. A., MHAMDI, B., SRITI, J., JEMIA, M. B., OUCHIKH, O., HAMDAOUI, G., KCHOUK, M. E. & MARZOUK, B. 2010. Antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts from myrtle (*Myrtus communis* var. *italica* L.) leaf, stem and flower. *Food and Chemical Toxicology* 48, 1362-1370.
- WEJIH, D., RAMZI, N., KARIM, A. & CHADLI, D. 2017. Le kyste hydatique du foie. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2017, 31-37.
- WEN, H., VUITTON, L., TUXUN, T., LI, J., VUITTON, D. A., ZHANG, W. & MCMANUS, D. P. 2019. Echinococcosis: Advances in the 21st Century. *Clinical Microbiology Reviews*, 32.
- XIAO, N., QIU, J., NAKAO, M., LI, T., YANG, W., CHEN, X., SCHANTZ, P. M., CRAIG, P. S. & ITO, A. 2006. *Echinococcus shiquicus*, a new species from the Qinghai-Tibet plateau region of China: discovery and epidemiological implications. *Parasitology International* 55 S233 – S236.
- XIAO, N., QIU, J., NAKAO, M., LI, T., YANG, W., CHEN, X., SCHANTZ, P. M., CRAIG, P. S. & ITOA, A. 2005. *Echinococcus shiquicus* n. sp., a taeniid cestode from Tibetan fox and plateau pika in China. *International Journal for Parasitology*, 35, 693-701.
- YABRIR, B., TOUATI, M., ADLI, B., BEZINI, E., GHAFLOU, M., KHALIFA, S. & GUIT, B. 2018. Therapeutic use of spontaneous medicinal flora from an extreme environment (dune cordon) in Djelfa region, Algeria. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 6, 358-373.
- YAN, N., NIE, H. M., JIANG, Z. R., YANG, A. G., DENG, S. J., GUO, L., YU, H., YAN, Y. B., TSERING, D., KONG, W. S., WANG, N., WANG, J. H., XIE, Y., FU, Y., YANG,

- D. Y., WANG, S. X., GU, X. B., PENG, X. R. & YANG, G. Y. 2013. Genetic variability of *Echinococcus granulosus* from the Tibetan plateau inferred by mitochondrial DNA sequences. *Vet Parasitol*, 196, 179-83.
- YUSUF, M., INDRIATI, S., ATTAHMID, N. F. U., SALEH, R. & RIFAI, A. 2022. Effect of extraction time on the bioactive compounds of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) using Gas Chromatography- Mass Spectrometry. *Bulletin of Pharmaceutical Sciences*, 45, 139-151.
- ZAÏT, H., ACHIR, I., GUERCHANI, M. K. & HAMRIOUI, B. 2013. Epidemiological profile of 290 cases of human cystic echinococcosis diagnosed in the Mustapha University Hospital (Algiers) from 2006 to 2011. *Pathologie Biologie*, 61, 193-198.
- ZAÏT, H., BOULAHBEL, M., NORMAND, A. C., ZAÏT, F., ACHIR, I., GUERCHANI, M. K., CHAOUICHE, H., LADJADJ, Y. & HAMRIOUI, B. 2014. Parasitological study of 78 cases of human cystic echinococcosis collected between 2005 to 2012 in Mustapha hospital center of Algiers. *Pathologie Biologie*, 62, 369-376.
- ZAÏT, H. & BOUSSAD, H. 2019. *Apport des techniques hautement spécifiques dans le diagnostic de l'hydatidose et genotypage des souches humaines d'Echinococcus granulosus*. Université Alger 1.
- ZAÏT, H., KOUIDRI, M., GRENOUILLET, F. E., UMHANG, G., MILLON, L., HAMRIOUI, B. & GRENOUILLET, F. 2016. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus sensu stricto* and *Echinococcus canadensis* in humans and livestock from Algeria. *Parasitology Research*, 115, 2423–2431.
- ZEGHIB, K. & BOUTLELIS, D. A. 2021. Food Additive (Sodium benzoate)-induced Damage on Renal Function and Glomerular Cells in Rats; Modulating Effect of Aqueous Extract of *Atriplex halimus* L. *Iran J Pharm Res*, 20, 296-306.

ZERARGUI, F., BOUMERFEG, S., CHAREF, N., BAGHIANI, A., DJARMOUNI, M., KHENNOUF, S., ARRAR, L., ZARGA, M. H. A. & MUBARAK, M. S. 2015. Antioxidant Potentials and Xanthine Oxidase Inhibitory Effect of Two Furanocoumarins Isolated from *Tamus communis* L. *Medicinal Chemistry* 11, 506-513.

## الملخص:

في الجزائر، يمثل داء المشوكات الكيسي مشكلة صحية عامة رئيسية، خاصة بين المجتمعات الريفية. لا يزال هذا الداء الطفيلي متوطنًا في جميع أنحاء التراب الوطني وتزايد أهميته بين الأطفال والمراهقين. تنقسم دراستنا إلى قسمين يهدف كل منهما إلى تحقيق هدفين رئيسيين. يتكون الجزء الأول من تحقيق وبائي (رجعي واستشراقي) تم إجراؤه على حالات الأكياس المائية التي تم الإبلاغ عنها في مستشفى الأم والطفل في المستشفى الجامعي بسطيف بين يناير 2020 ويناير 2023. خلال هذه الفترة، تم تسجيل 92 حالة بما في ذلك 74 مريضًا تم إجراء عمليات جراحية لهم. كان متوسط عمر المرضى  $9.25 \pm 3.42$  سنة مع مدى عمري يتراوح بين 3 و 15 سنة. كان عدد الحالات المسجلة أعلى لدى الأولاد مقارنة بالفتيات (نسبة الجنس ذكور/إناث = 1.79). كانت حالات الإصابة في المناطق الريفية أعلى مقارنة بالمناطق الحضرية (75% مقابل 25%). وكانت غالبية الحالات (80.4%) على اتصال متكرر بالكلاب. كان موقع الأكياس رتويًا بشكل رئيسي في 47.8% من الحالات. كان الفحص بالموجات فوق الصوتية هو الفحص السريري الأكثر استخدامًا في التشخيص (العدد = 92/57 = 62%). من بين 115 كيسًا تم فحصها، كان معدل الخصوبة 53.04% ولم يختلف بشكل كبير حسب موقع الأكياس وعمر الأطفال والمراهقين وجنسهم. تم تمييز جميع العينات التي تم تحليلها بواسطة التقنيات الجزيئية على أنها *Echinococcus granulosus* s.s. G1. خلال الجزء الثاني من دراستنا، كان هدفنا الرئيسي هو تقييم النشاط المبيد للسكوليكس للمستخلصات الإيثانولية والمائية لنباتين محليتين بما في ذلك *Myrtus communis* و *Atriplex halimus*، ضد بروتوسكوليكس المشوكة الحبيبية *E. granulosus*. كشفت نتائجنا عن نشاط مبيد كبير، خاصة بالنسبة لمستخلصات الإيثانوليك. أظهر التحليل الكيميائي النباتي زيادة في تركيز البوليفينول الكلي في المستخلص الإيثانولي لنبات *Myrtus communis* مقارنة بالمستخلص المائي، في حين لوحظ وجود اتجاه معاكس في مستخلص *Atriplex halimus*. وفيما يتعلق بالفلافونويدات، أظهر المستخلص الإيثانولي لنبات *Atriplex halimus* محتوى أعلى من المستخلص المائي، بينما سجل اتجاه معاكس في نبات *Myrtus communis*. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت المستخلصات من كلا النباتين نشاطًا قويًا مضادًا للاكسدة في المختبر. هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لفهم آليات عملها بشكل كامل والسلامة المحتملة، وكذلك لاستكشاف استخدامهما كبديل لمضاد للطفيليات لعلاج مرض الكيس المائي.

**الكلمات المفتاحية:** داء المشوكات الكيسي، الأطفال والمراهقين، علم الأوبئة، المشوكة الحبيبية، التوصيف الجزيئي، النباتات الطبية، تأثير المبيد للسكوليكس، الجزائر.

## Résumé :

En Algérie, l'échinococcose kystique représente un problème majeur de santé publique, particulièrement chez la communauté pastorale. Cette parasitose demeure endémique à travers l'ensemble du territoire national et devient de plus en plus importante chez les enfants et les adolescents. Notre étude est divisée en deux parties, chacune visant à atteindre deux objectifs principaux. La première partie consiste en une enquête épidémiologique (rétrospective et prospective) réalisée sur les cas de kystes hydatiques déclarés à l'hôpital mère et enfant au CHU de Sétif entre janvier 2020 et janvier 2023. Durant cette période, 92 cas ont été enregistrés dont 74 patients ont été opérés. L'âge moyen des patients était  $9,25 \pm 3,42$  ans avec des extrêmes de 3 et 15 ans. Le nombre de cas enregistrés était plus élevé chez les garçons par rapport aux filles (sex-ratio M/F=1,79). La fréquence des cas originaires du milieu rural était plus élevée par rapport au milieu urbain (75% contre 25%). La majorité des cas (80,4%) étaient en contact fréquent avec les chiens. La localisation des kystes était principalement pulmonaire chez 47,8% des cas. L'échographie était l'examen paraclinique le plus utilisé dans le diagnostic ( $n = 57/92 ; 62\%$ ). Parmi 115 kystes examinés, le taux de fertilité était de 53,04% et n'a pas varié significativement en fonction de la localisation des kystes, l'âge des enfants et des adolescents et de leur sexe. L'ensemble des échantillons analysés par les techniques moléculaires ont été génotypés comme *Echinococcus granulosus* s.s. G1. Durant la deuxième partie de notre étude, notre objectif principal était d'évaluer l'activité scolicide des extraits éthanoliques et aqueux de deux plantes locales incluant *Myrtus communis* et *Atriplex halimus*, contre les protoscolex d'*E. granulosus*. Nos résultats ont révélé une activité scolicide significative, principalement pour les extraits éthanoliques. L'analyse phytochimique a révélé une concentration accrue de polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique de *Myrtus communis* par rapport à l'extrait aqueux, tandis qu'une tendance inverse a été observée pour *Atriplex halimus*. En ce qui concerne les flavonoïdes, l'extrait éthanolique d'*Atriplex halimus* présentait une teneur plus élevée que l'extrait aqueux, tandis qu'une tendance inverse a été enregistrée pour *Myrtus communis*. De plus, les extraits des deux plantes ont démontré une forte activité antioxydante *in vitro*. Des études ultérieures sont nécessaires pour bien comprendre leurs mécanismes d'action et leur innocuité potentielle, ainsi que pour explorer leur utilisation comme alternative antiparasitaire pour le traitement de l'hydatidose.

**Mots clés :** Échinococcose kystique, Enfant et adolescent, Épidémiologie, *Echinococcus granulosus*, Caractérisation moléculaire, Plantes médicinales, Effet scolicide, Algérie.

## Summary:

In Algeria, cystic echinococcosis is a major public health problem, particularly among pastoral communities. This parasitosis remains endemic throughout the national territory and is becoming increasingly important disease among children and adolescents. Our study is divided into two parts, each aimed to achieve two main objectives. The first part consists of an epidemiological investigation (retrospective and prospective study) carried out between January 2020 and January 2023 on cases of hydatid cysts declared in the mother and child hospital from Setif University hospital center. During this period, 92 cases were recorded, including 74 operated patients. The average age of patients was  $9.25 \pm 3.42$  years with extremes of 3 and 15 years. The number of recorded cases was higher in boys compared to girls (M/F sex ratio=1.79). The frequency of cases originating from rural areas was higher compared to urban areas (75% versus 25%). The majority of cases (80.4%) were in frequent contact with dogs. The localization of cysts was mainly pulmonary in 47.8% of cases. Ultrasound was the most used paraclinical exam for diagnosis ( $n = 57/92; 62\%$ ). Among 115 examined cysts, the fertility rate was 53.04% and did not vary significantly according the localization of cysts as well as the age of the children and adolescents and their gender. All samples were genotyped as *Echinococcus granulosus* s.s. G1. During the second part of our study, our main objective was to evaluate the scolicial activity of ethanolic and aqueous extracts from two local plants including *Myrtus communis* and *Atriplex halimus*, against protoscolexes of *Echinococcus granulosus*. Our results revealed a significant scolicial activity, mainly for the ethanolic extracts. The phytochemical analysis revealed an increased concentration of total polyphenols in the ethanolic extract of *Myrtus communis* as compared to the aqueous extract, while contrary results were observed for *Atriplex halimus*. Regarding flavonoids, the ethanolic extract of *Atriplex halimus* presented a higher content than the aqueous extract, while contrary results were recorded for *Myrtus communis*. Furthermore, extracts from both plants demonstrated a strong antioxidant activity *in vitro*. Further studies are needed to fully understand their mechanism of action and potential safety, as well as to explore their use as antiparasitic alternatives for the treatment of cystic echinococcosis.

**Keywords:** Cystic echinococcosis, Child and adolescent, Epidemiology, *Echinococcus granulosus*, Molecular characterization, Medicinal plants, Scolicial effect, Algeria