

N° d'ordre :034

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du **diplôme de Master** en
Sciences Vétérinaires

THÈME

Etude de *Cryptosporidium* spp. chez le lapin

Présenté par :

Melle : OUANOUKI Malika Safa

Melle : ZEMMOURI Chahrazed

Soutenu publiquement, le 08/07/2024 devant le jury :

Mme BENALI N.	MCB (ENSV)	Présidente
M BELABBAS R.	MCA (ENSV)	Promoteur
Mme MIMOUNE N.	PR (ENSV)	Examinatrice

Année universitaire 2023-2024

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce travail avec mes vifs remerciements et les expressions respectueuses de ma profonde gratitude

A

Celle dont le prophète a dit : « le paradis est sous ses pieds » à la femme qui est la source de sécurité et de la force, à celle qui était et toujours mon refuge et mon soutien, à mon cœur, mon paradis, et la lumière de mes yeux : Ma chère mère.

A

Mon cher papa pour son sacrifice, son patience et son confiance en moi, vous avez tout fait pour mon bonheur et ma réussite et vous le faites encore.

Qu'ALLAH vous préserve et vous donne une bonne santé et longue vie

A

À mes chers frères : Nassim, Yacine, Haroun et mon petit Abd El Djalile .. qui m'ont appris que la vie sans interconnexion, sans amour et sans coopération ne vaut rien.

Je ne pourrais pas bien finir sans remercier :

Mes chers amis : SOUKEHAL Imene, YAGOUBI Hind, BOUGHOUFALA Hadil

Pour leur aide, leur soutien constant et leur présence constante à mes côtés.

ZEMMOURI Chahrazed

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail spécialement à ma mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée, avec tous les moyens et aux prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à notre égard, pour le sens du devoir qu'ils nous ont enseigné depuis notre enfance.

*À mon cher frère et mes sœurs,
à ma famille et mes enseignants,
à Mouh,
à mes amis de l'activité vétérinaire,
à tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

OUANOUKI Malika Safa

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu, Dieu le Miséricordieux qui nous a agréées l'achèvement ce travail.

Nous remercions vivement notre promoteur **Dr Belabbas**, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail et nous avoir soutenues, pour ses enseignements, ses précieux conseils, sa disponibilité et sa gentillesse. Veuillez croire en notre profond respect.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury **Dr Benali** et **Pr Mimoune** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leur propositions.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont participé à ce mémoire en tant que participants ou en fournissant des ressources et des données essentielles à nos recherches. Leur contribution a été inestimable et a permis de consolider nos résultats.

Cette étude a pour but de déterminer la prévalence de *Cryptosporidium spp.* au niveau de quelques élevages cunicoles de la Wilaya d'Alger, Boumerdes et Blida. Elle a également pour objectif d'étudier les facteurs de risque associés à ce dernier parasite. Au total, nous avons effectué quatre-vingt-dix (n=90) prélèvements de matières fécales de lapins, appartenant à différentes races et aux différents types d'élevage. Ces prélèvements ont été analysés pour la détection de *Cryptosporidium spp.* par la technique de concentration décrite par Ritchie et simplifiée par Alun et Ridley suivie de la coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz. La prévalence globale de *Cryptosporidium spp.* est de 30% (27/90). Le pourcentage le plus élevé d'individus positifs a été enregistré dans la Wilaya de d'Alger (41%), par contre, les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative au seuil de 5% entre les 3 Wilayas étudiées. Le type d'élevage (en cage ou au sol), la race des lapins, leur sexe et leur âge et la présence des diarrhées n'ont pas influencé significativement la prévalence de *Cryptosporidium spp.* ($p>0,05$). Les élevages cunicoles qui utilisent une alimentation diversifiée ou un abreuvement dans des récipients montrent la prévalence la plus élevée de *Cryptosporidium spp.* (45%; $p<0,05$). En conclusion, la majorité des élevages ont des lapins contaminés par *Cryptosporidium spp.* Il convient donc d'accorder une attention particulière à leur gestion pour prévenir l'infection de l'homme et éviter la pollution de l'environnement.

Mots clés : Algérie, *Cryptosporidium*, lapin, parasite, pathologie, zoonose.

The aim of this study was to determine the prevalence of *Cryptosporidium spp.* on a number of rabbit farms in the District of Algiers, Boumerdes and Blida. It also aimed to study the risk factors associated with this parasite. In total, we took ninety (n=90) faecal samples from rabbits of different breeds and different types of farm. These samples were analysed for *Cryptosporidium spp.* using the concentration technique described by Ritchie and simplified by Alun and Ridley, followed by Ziehl-Neelsen staining as modified by Henriksen and Pohlenz. The overall prevalence of *Cryptosporidium spp.* was 30% (27/90). The highest percentage of positive individuals was recorded in the District of Algiers (41%), but statistical analysis showed no significant difference between the 3 studied Districts. The type of farming (cage or floor), the breeds, their sex and age and the presence of diarrhoea did not significantly influence the prevalence of *Cryptosporidium spp.* ($p>0.05$). Rabbit farms using a diversified diet or drinking from containers showed the highest prevalence of *Cryptosporidium spp.* (45%; $p<0.05$). In conclusion, the majority of farms have rabbits contaminated by *Cryptosporidium spp.* Particular attention should therefore be paid to preventing infection of humans and avoiding pollution of the environment.

Key words : Algeria, *Cryptosporidium*, rabbit, parasite, pathology, zoonosis.

تهدف هذه الدراسة الى تحديد مدى انتشار طفيلي الكريبتوسبورديوم لدى مجموعة من الارانب على مستوى ثلاث ولايات هن الجزائر , بومرداس و البلدية . كما تهدف الدراسة الى دراسة عوامل أخرى مرتبطة بهذا الطفيلي اين اخذنا في المجلد تسعين عينة من براز الارانب من سلالات متنوعة و من أنواع مختلفة من المزارع . قد تم تحليل مختلف هذه العينات بواسطة تقنية التركيز التي وصفها ريتشي و المبسطة بالوان وريدلي, نسبة الحالات الإيجابية المصابة بطفيلي الكريبتوسبورديوم قدرت ب 30 بالمائة اين تم تسجيل اعلى نسبة بولاية الجزائر(41 بالمائة). كما اظهر التحليل الاحصائي عدم وجود فرق كبير بين المناطق الثلاث التي شملتها الدراسة , إضافة الى ذلك فان نوع التربية و كذا نوع السلالة و جنسها و عمرها و وجود الاسهال لم يكن لها تأثيرا كبيرا على انتشار هذا الطفيلي . فحين ان المزارع التي تستخدم نظاما غذائيا متنوعا و طريقة الشرب تكون من الحاويات يكون فيها معدل انتشار الكريبتوسبورديوم مرتفعا . في الختام , معظم المزارع اصابها مصابة بهذا الطفيلي لذلك ينبغي إيلاء اهتمام خاص لمنع إصابة البشر و كذا تجنب إصابة البيئة .

الكلمات المفتاحية : الجزائر، كريبتوسبورديوم، أرنب، طفيلي، علم الأمراض، الأمراض حيوانية المنشأ.

N°	Titre	Page
01	Schéma du tube digestif du lapin	03
02	Mâchoires du lapin	04
03	le transit du bol alimentaire dans les différents segments du tube digestif	05
04	Observation microscopique d'oocystes de <i>Cryptosporidium</i> dans les selles colorés selon la technique de Ziehl-Neelsen	08
05	observation microscopique de forme sporozoïtes.	08
06	Trophozoïte de <i>Cryptosporidium parvum</i> situé à la surface des cellules épithéliales intestinales.	08
07	Observation microscopique de forme Mérontes	09
08	Observation par microscope électronique stade gamete mâle de <i>Cryptosporidium</i>	09
09	observation par microscope électronique à balayage de stade gamete femelle de <i>Cryptosporidium</i> .	09
10	Cycle biologique de parasite du genre <i>Cryptosporidium</i>	10
11	Localisation géographique de la zone d'étude	14
12	Elevage en cage et au sol	15
13	Les pots de prélèvements	15
14	Etape de la concentration décrite par Ritchie simplifiée par Alun et Ridley	17
15	Technique de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz	18
16	Oocyte de <i>Cryptosporidium</i> spp.	19
17	Prévalence de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction des Wilayas d'étude	21
18	Prévalence de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction du type d'élevage.	21
19	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction de l'aliment.	23
20	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction du type d'abreuvement.	23
21	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. chez différentes races de lapin.	24
22	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction du sexe des lapins.	24
23	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. selon l'âge des lapins	25
24	Prévalences de <i>Cryptosporidium</i> spp. en fonction de la présence ou l'absence de diarrhée.	26

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Systematique du lapin domestique (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	02
02	Formule dentaire du lapin	03
03	Classification de <i>Cryptosporidium</i> selon	06
04	Les espèces du parasite <i>Cryptosporidium</i> et son hôte	07
05	Les différentes formes de parasite <i>Cryptosporidium</i> selon leur cycle de vie	08

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Abstract

Résumé en arabe

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction.....01

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lapin.....02

I.1. Position systématique.....02

I.2. Anatomie du tube digestif.....02

I.3. Particularités digestives.....05

Chapitre II : étude bibliographique sur parasite du genre *cryptospridium*.....06

II.1. Généralité sur le genre *Cryptospridium*.....06

II.2. Taxonomie et classification.....06

II.3. Répartitions géographiques.....06

II.4. Les différentes espèces de *Cryptospridium*.....07

II.5. Morphologie du parasite.....07

II.6. Cycle biologique de parasite.....09

II.7. Étude épidémiologie de Cryptosporidiose.....11

II.7.1. Mode de transmission et contamination.....11

II.7.2. Les Facteurs de risque.....11

II.8. Physiopathologie.....11

II.9. Symptômes chez homme et Animales.....12

II.10. Traitement.....12

Matériel et méthodes.....14

I. Objectif.....14

II. Matériel et méthodes.....14

II.1. La région d'étude.....14

II.2. Prélèvements.....14

II.3. Fiche de prélèvement.....15

II.4. Recherches des parasites.....16

II.4.1. Technique de concentration décrite par Ritchie simplifiée par Alun et Ridley.....	16
II.4.2. Technique de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz pour la recherche du <i>Cryptosporidium spp</i>	17
III. Analyses statistiques.....	19
1. Résultats et discussion.....	20
1.1. Prévalence globale de <i>Cryptosporidium spp</i>	20
1.2. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction des Wilayas d'étude.....	20
1.3. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction du type d'élevage.....	21
1.4. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction du type d'aliment et l'abreuvement.....	22
1.5. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction de la races des lapins.....	23
1.6. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction du sexe de l'animal.....	24
1.7. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction de l'âge.....	21
1.10. Prévalence de <i>Cryptosporidium spp</i> . en fonction du statut clinique.....	25
Conclusion et perspectives.....	27
Références bibliographiques	

Les organismes vivants tels que les animaux et les plantes sont exposés dans leur vie quotidienne à des invasions de microbes ou de micro-organismes qui attaquent leur corps, ce qui peut entraîner de graves conséquences sur leur organisme, sur leur santé ou même conduire à leur mort. Ce sont les organismes vivants comme les parasites qui leur causent des dommages (Brazier, 2023).

Les parasites sont des organismes vivants qui peuvent être microscopiques ou macroéconomique. Ils sont différents d'un type à l'autre. En fonction des différentes caractéristiques biologiques, ils peuvent constituer un danger pour nous. Certains d'entre eux peuvent être assimilés à des virus, d'autres avec lesquels nous pouvons vivre quotidiennement. Parmi ces parasites nous étudierons, le parasite *Cryptosporidium*. Ce parasite est l'un des micro-organismes les plus connus qui colonisent les intestins des humains et des mammifères (Rousset, 2020).

Les *Cryptosporidium* sont des protozoaires parasites intracellulaires responsables de cryptosporidiose. Ces parasites sont largement répandus dans l'environnement et sont reconnus pour leur résistance aux traitements conventionnels, ce qui en fait un défi majeur en santé animale et publique (Morgan *et al.*, 1999). La transmission des *Cryptosporidium* se fait, principalement, par voie fécale-orale, ce qui souligne l'importance de comprendre les mécanismes de contamination, de propagation et de prévention de ces parasites. En outre, la diversité génétique des espèces de *Cryptosporidium* et leur capacité à infecter différentes espèces animales soulignent la nécessité d'une approche multidisciplinaire pour étudier et contrôler ces infections (Spano *et al.*, 1998).

Ces infections intestinales sévères touchant diverses espèces animales, y compris les lapins. En Algérie, plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude de ce parasite chez plusieurs espèces animales à l'exemple des bovins, ovins et volaille (Ouchen *et al.*, 2012). Cependant, très peu de travaux ont étudié ce parasite chez le lapin, d'où l'objectif de notre travail.

Notre mémoire comprend deux parties. La partie bibliographique contient 2 chapitres concernant le sujet. Une deuxième partie, expose la description du protocole expérimental et de la méthodologie qui sera suivie des principaux résultats obtenus ainsi que leur discussion. Enfin, la conclusion générale retiendra les points essentiels du travail et soulèvera quelques recommandations et prospectives.

Chapitre I : Généralités sur le lapin.

I.1. Position systématique :

Le lapin domestique ou commun (*Oryctolagus cuniculus*) appartient à l'ordre des lagomorphes comprenant actuellement les léporidés (lapin et lièvre) et les Ochotonidae (pikas) (Miller et *al.*, 2010) (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Systématique du lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*) (Miller et *al.*, 2010).

Règne	Animalia
Phylum	Chordata
Sous- Phylum	Vertebrata
Classe	Mammalia
Sous-classe	Theria
Infra-classe	Eutheria
Super-ordre	Glires
Ordres	Lagomorpha
Famille	Léporidés
Sous-famille	Leporinae
Genre	<i>Oryctolagus</i>
Espèce	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (Linnaeus, 1758)

I.2. Anatomie du tube digestif :

Le tube digestif du lapin a une longueur de 5 à 7,5 m, son organisation et leurs caractéristiques sont décrites dans la **figure 1**.

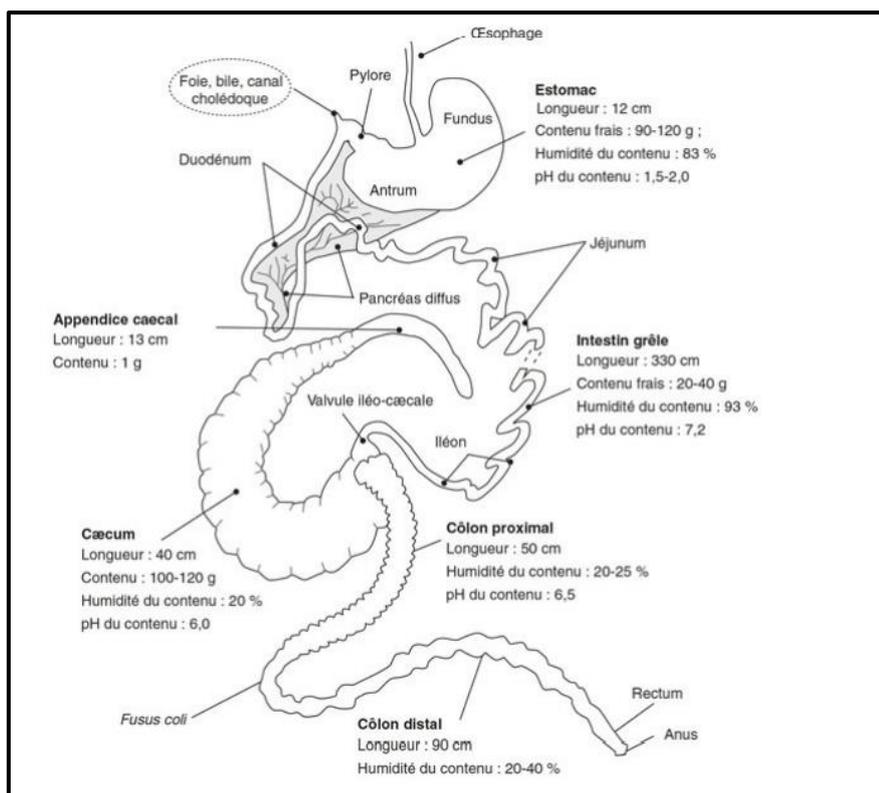


Figure 1 : Schéma du tube digestif du lapin (Lebas *et al.*, 1996).

Dentition : les dents des Lagomorphes présentent des racines ouvertes et ont donc une croissance continue, très rapide (**Figure 2**). Toutes les dents de la mâchoire supérieure coïncident avec celle de la mâchoire inférieure et s'usent entre elles, sans véritable relation avec la dureté de l'alimentation. Dans la pratique, l'incisive coupe les aliments et les molaires les déchiquettent. Les 28 dents se développent sans interruption durant toute la vie de l'animale. La formule dentaire des Lagomorphes est présentée dans le **tableau 2**.

Tableau 2 : formule dentaire du lapin (Lebas *et al.*, 2005).

Incisives	Canines	Prémolaires	Molaires
2/1	0/0	3/2	3/3

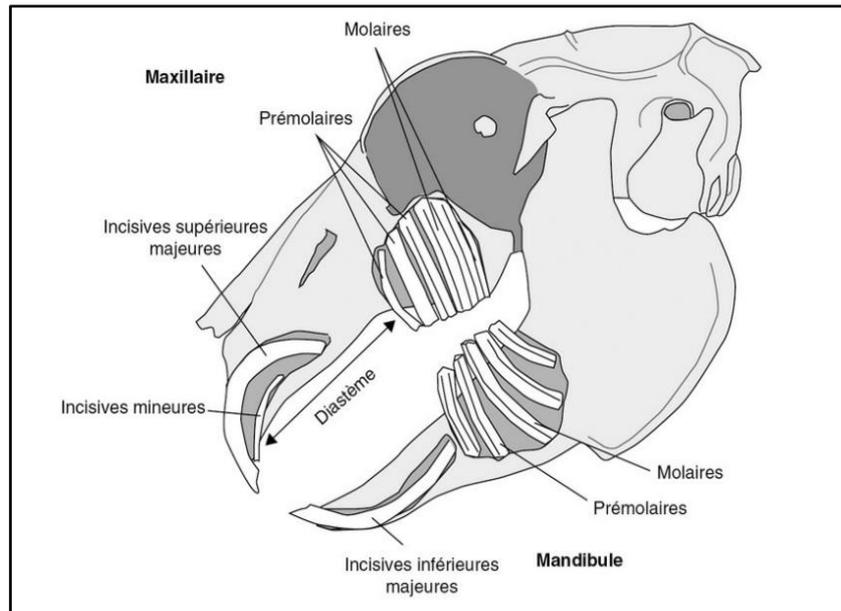


Figure 2: Mâchoires du lapin (adapté de Barone *et al.*, 1973).

Œsophage : est court et sert exclusivement au transfert des aliments vers l'estomac. Sachant que la régurgitation est impossible.

Estomac : est une poche allongée au revêtement muqueux. Stocke environ 90 à 120 g d'un mélange plutôt pâteux d'aliment. Le pH de l'estomac est toujours très acide.

Intestin grêle : peut atteindre 2,5 mètres de long chez le lapin. Il est donc assez long et peu musculéux afin d'améliorer la digestion des aliments peu digestibles.

Cæcum : il mesure 40 à 45 cm de long. Il constitue l'élément le plus développé du tube digestif. Il occupe un tiers de la cavité abdominale (contient environ 40% du contenu digestif), constitue un réservoir bactérien en condition d'anaérobiose propice aux fermentations, des microorganismes variés peuvent être observés, ils permettent la transformation des fibres solubles en acides gras volatils, en acides aminés ou en vitamines, surtout les vitamines B et C. Seulement une partie de ces nutriments est absorbée.

Colon : Il mesure 1,5 m de long. Il fait suite au caecum, il est composé de 2 segments, d'abord le colon proximal (50 cm) et le colon distal (1,0 m de long) et finissent avec le

rectum et l'anus (Mamarlier et *al.*, 2003). Le transit du bol alimentaire dans les différents segments du tube digestif est illustré dans la **figure 3**.

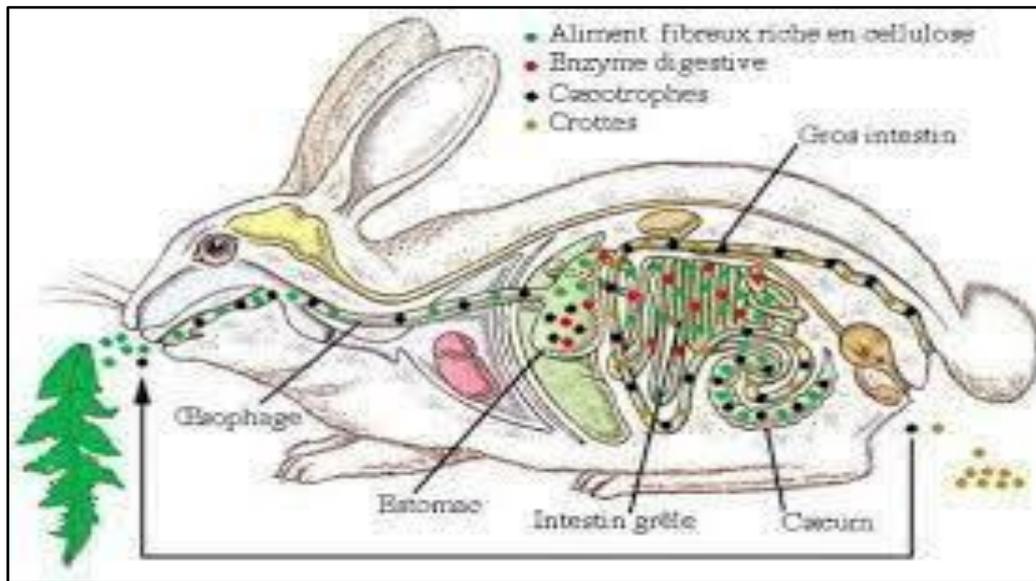


Figure 3 : le transit du bol alimentaire dans les différents segments du tube digestif (INRA, 2018).

I.3. Particularités digestives :

La caecotrophie est un comportement caractéristique du lapin à l'alimentation de type adulte, elle se développe partir de la 3^{ème} semaine d'âge. Elle se définit comme la production de deux types d'excréments et la reingestion systémique mais exclusivement de l'un d'entre eux (caecotrophes). Dans les conditions, normales les crottes non reingérées sont celles que l'on trouve dans la litière, on les appelle les crottes dures. Lors de l'émission des crottes molles par l'anus, l'animal les aspire directement par la bouche et les déglutit sans mastication, elles sont digérées au niveau de l'estomac et ils constituent une source très importante de protéines, cellulose et de matière sèche. Ce processus est réglé par la succession nuit-jour ; le rythme nyctéméral (Lebas, 1975).

Chapitre II : étude bibliographique sur parasite du genre *cryptosporidium*

II.1. Généralité sur le genre *Cryptosporidium*. :

Cryptosporidium est un genre de parasites protozoaires unicellulaires de la phylum des Apicomplexa, classe Sporozoa et sous classe coccidia (Fayer *et al.*, 2004). Ces parasites sont responsables de la cryptosporidiose, une maladie parasitaire qui affecte principalement le système digestif des humains et de nombreux autres animaux mammifères à sang chaud (Sterling et Marshall, 1999). Les espèces du genre *Cryptosporidium* sont ubiquitaires et peuvent être retrouvées dans divers environnements, notamment l'eau, le sol, les aliments contaminés et chez les animaux infectés (Fayer *et al.*, 1998). Ce parasite très courant dans monde est responsable de la diarrhée et peut causer des maladies sévères chez les enfants et les personnes immunodéprimés (Checkley *et al.*, 2014).

II.2. Taxonomie et classification :

La taxonomie de *Cryptosporidium* est présentée dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : classification de *Cryptosporidium* selon Tyzzer (1907).

Phylum	Apicomplexa
Class	Sporozoa
Ordre	Eucoccidiida
Famille	Cryptosporidiisae
Genre	<i>Cryptosporidium</i>

II.3. Répartitions géographiques :

La répartition de *Cryptosporidium* est largement répandue à l'échelle mondiale. Elle colonise les 6 Continents. Les études montrent que la distribution de *Cryptosporidium* varie selon les régions, les conditions environnementales et les populations étudiées. Les pays en développement tendent à avoir des taux d'infection

plus élevés, en raison de l'accès limité à l'eau potable et à l'assainissement (Checkley *et al.*, 2015). En Algérie, la répartition géographique et le taux de prévalence du parasite *Cryptosporidium* ont été étudiés dans plusieurs régions. Les recherches ont révélé que *Cryptosporidium spp.* a été identifié (69,2%) dans les plusieurs Wilayas (Ouchene *et al.*, 2012).

II.4. Les différentes espèces de *Cryptosporidium* :

Cryptosporidium présente plusieurs génotypes, souches et espèces spécifiques à leurs hôtes (Dumoulin et Guyot, 1999) (**Tableau 4**).

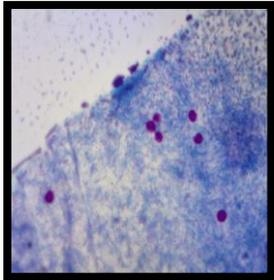
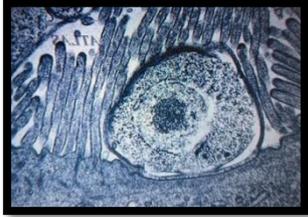
Tableau 4 : les espèces du parasite *Cryptosporidium* et son hôte.

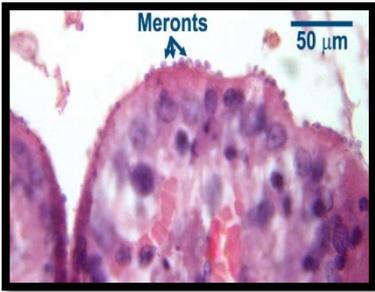
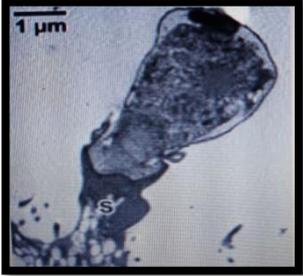
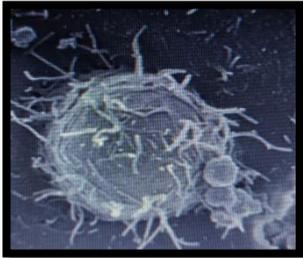
Espèce parasite	Hôte
<u><i>C. parvum</i></u>	Nombreux mammifères
<u><i>C. muris</i></u>	Muridés et les ruminants
<u><i>C. felis</i></u>	Chats
<u><i>C. wrairi</i></u>	Cochons et les lapins
<u><i>C. canis</i></u>	Chiens
<u><i>C. suis</i></u>	Porcs
<u><i>C. meleagridis</i></u>	Oiseaux
<u><i>C. ubiquitum</i></u>	Mammifère

II.5. Morphologie du parasite :

Les *Cryptosporidium* contiennent plusieurs formes parasitaires, ces formes ont des structures et des rôles différents (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Les différentes formes de parasite *Cryptosporidium* selon leur cycle de vie.

Forme parasitaire	Image	Caractéristiques
<p style="text-align: center;">Oocystes</p>	 <p style="text-align: center;">Figure 4 : Observation microscopique d'oocystes de <i>Cryptosporidium</i> dans les selles colorés selon la technique de Ziehl-Neelsen (X100)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Forme sphérique, c'est un stade de résistance, mesure entre 4-8 μ. Cette structure joue rôle dans la dissémination et la transmission parasitaire. - Son capacité à infecter divers hôtes. - Chaque oocyste contient quatre sporozoïtes nus sans sporocystes, et présente un corps résiduel granuleux central très réfringent. - Leur paroi est composée de deux couches -La couche externe et la couche interne (Uehlinger <i>et al.</i>, 2013).
<p style="text-align: center;">Sporozoïtes</p>	 <p style="text-align: center;">Figure 5 : observation microscopique de forme sporozoïtes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Forme virguliformes, caractérisée par la présence de complexe apical. - Sont les formes infectieuses très mobiles et infecte les cellules de l'épithélium intestinal. - Les sporozoïtes mûrent en trophozoïtes, puis en mérozoïtes qui se multiplient asexuées (Sporogonie). (Holubová <i>et al.</i>, 2020).
<p style="text-align: center;">Tachyzoïte / Trophozoïte</p>	 <p style="text-align: center;">Figure 6 : Trophozoïte de <i>Cryptosporidium parvum</i> situé à la surface des cellules épithéliales intestinales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ils possèdent un noyau unique proéminent et une organelle d'attachement/nourricier bien développé. - C'est la forme active du parasite qui se multiplie dans les cellules intestinales. -Les tachyzoïtes sont généralement associés à d'autres parasites apicomplexes et ne sont pas une forme typique de <i>Cryptosporidium</i> (Dresser et McKee, 1995)

<p>Les mérontes et les mérozoïtes</p>	 <p>Figure 7 : Observation microscopique de forme Mérontes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les merontes ou schizontes, sont des structures multinucléées, associées à la multiplication asexuée (schizogonie). - Le type de méronte type 1 contenant chacun six à huit mérozoïtes. - Ces formes jouent un rôle crucial dans la propagation et la survie parasitaire. - Une fois matures les mérozoïtes se séparent du résiduel. - La membrane cellulaire de l'hôte entourant le méronte se lyse et les mérozoïtes deviennent extracellulaires, capables d'infecter d'autres cellules hôtes (Certad, 2008).
<p>Les gamètes mâles (Microgamètes)</p>	 <p>Figure 8 : observation par microscope électronique stade gamète mâle de <i>Cryptosporidium</i>.</p>	<p>Les mérozoïtes II, se transforment en micro- ou macro gamètes, également appelés gamètes mâle et femelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gamète mâle: - Des divisions nucléaires successives dans le microgamète forment de microgamètes. - Gamète mâle : ressemblent aux mérontes, mais contiennent des noyaux plus petits, ils ont une forme en tige avec une extrémité antérieure aplatie (O'Donoghue, 1995).
<p>Femelles (Macrogamètes)</p>	 <p>Figure 9 : observation par microscope électronique à balayage de stade gamète femelle de <i>Cryptosporidium</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gamète femelle : forme sphérique à ovoïde. Ils présentent en position centrale un grand noyau. - Les microgamètes s'attachent par les bords de leur coiffe apicale à la surface des cellules comportant des gamètes femelle, qu'ils fécondent pour produire un zygote, qui se développe ensuite en oocyste (Koh et Thompson, 2014).

II.6. Cycle biologique de parasite :

Le cycle de vie du parasite *Cryptosporidium* est caractérisé par sa complexité, incluant des phases à la fois asexuées et sexuées. La prolifération de ce parasite se produit au sein d'une vacuole parasitophore unique, localisée sous la bordure en brosse des cellules de l'hôte, mais en dehors de leur cytoplasme (Leitch et He, 2012). Les oocystes sporulés renferment quatre sporozoïtes immédiatement infectieux, qui sont excrétés dans les matières fécales de l'hôte (**Figure 10**). Une fois ingérés, divers stimuli tels que la température corporelle, le dioxyde de carbone et les sels biliaires entraînent la dégradation d'une extrémité de la paroi de l'oocyste, libérant ainsi les sporozoïtes, qui se fixent ensuite à la surface apicale des cellules épithéliales de l'intestin (O'Donoghue, 1995). Par la suite, le parasite pénètre dans un compartiment extracytoplasmique. À ce stade, le protozoaire, désigné alors sous le nom de trophozoïte, se multiplie de manière asexuée par schizogonie, aboutissant à la formation de huit nouvelles cellules filles ou mérozoïtes. Ces mérozoïtes pénètrent ensuite de nouvelles cellules épithéliales de l'hôte pour initier un nouveau cycle de mérozoïtes de type II. Ainsi, le mérozoïte de type I engendre quatre mérozoïtes de type II. Suite à l'invasion de nouvelles cellules hôtes, les mérozoïtes de type II se reproduisent de manière sexuée (gamétogonie), donnant naissance à des microgamètes mâles ou femelles. Ces microgamètes se développent respectivement en microgamétocytes et macrogamétocytes, qui à leur tour se transforment en microgamètes non-flagellés fertilisant les macrogamétocytes pour former des zygotes. Finalement, le zygote se multiplie de manière asexuée (sporogonie), donnant naissance à un ookyste sporulé contenant quatre sporozoïtes. Parfois, les sporozoïtes sont libérés et initient un nouveau cycle de développement dans le même hôte, tandis que d'autres fois, les ookystes sont évacués avec les matières fécales (O'Donoghue, 1995).

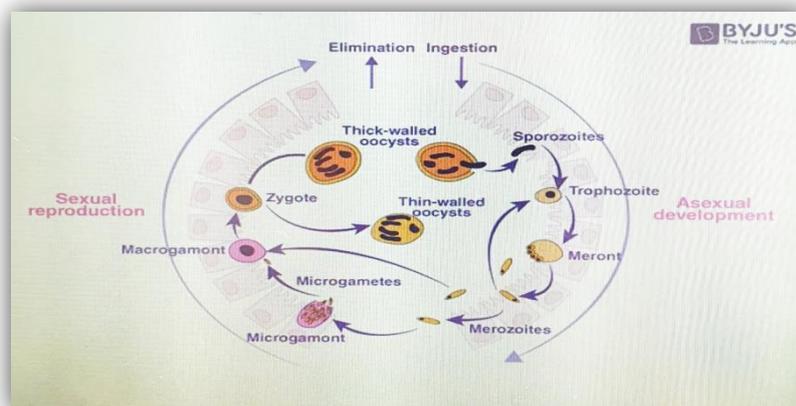


Figure 10 : Cycle biologique de parasite du genre *Cryptosporidium*.

II.7. Étude épidémiologie de Cryptosporidiose :

La **cryptosporidiose**, une infection répandue à l'échelle mondiale, est une zoonose, c'est-à-dire une maladie transmissible entre les animaux et les humains (Naciri, 1992). Elle affecte les épithéliums des voies digestives chez l'homme ainsi que chez de nombreuses espèces animales.

II.7.1. Mode de transmission et contamination : L'infection à *Cryptosporidium* peut résulter d'une exposition directe, soit d'un animal à un autre, soit d'un individu à un autre, ou indirecte par des diverses voies telles que l'ingestion d'eau contaminée, d'aliments contaminés (Fayer *et al.*, 2000; Diaz *et al.*, 2001).

II.7.2. Les Facteurs de risque : les facteurs de risque comprennent :

- ✓ L'âge inférieur < à 2 ans (Mortal, 2019).
- ✓ Les personnes souffrant de malnutrition.
- ✓ Les personnes immunodéficientes, en particulier, celles atteintes du SIDA, ayant subi une greffe ou un traitement de chimiothérapie (William et Petri, 2022 ; Tumwine *et al.*, 2005).
- ✓ Les voyages dans des pays à faible niveau d'hygiène (Ryan *et al.*, 2018).
- ✓ Le contact avec des personnes et animaux infectés.

II.8. Physiopathologie :

Les cryptosporidies sont des protozoaires intracellulaires obligatoires appartenant aux coccidies qui se multiplient dans les cellules épithéliales de l'intestin grêle de l'hôte vertébré. Après l'ingestion des oocystes de *Cryptosporidium*, ceux-ci se déplacent dans le tractus gastro-intestinal et libèrent des sporozoïtes qui parasitent les cellules épithéliales gastro-intestinales. Dans ces cellules, les sporozoïtes se transforment en trophozoïtes, se répliquent et produisent des oocystes qui sont libérés dans la lumière de l'intestin pour terminer le cycle. Les oocystes infectants sont rejetés dans la lumière intestinale et éliminés avec les selles. Un très petit nombre d'oocystes (<100) suffit à provoquer la maladie, augmentant le risque de transmission

interhumaine. Deux types d'oocystes sont produits: les oocystes à paroi épaisse, qui sont généralement excrétés par l'hôte et les oocystes à paroi fine sont directement impliqués dans l'auto-infection (Leconte *et al.*, 2013).

II.9. Symptômes chez homme et Animaux :

Pour Homme : chez ces populations vulnérables, la propagation de ce parasite entraîne des altérations au niveau du pancréas, des voies biliaires, du système respiratoire et des intestins. Cette infection induit des modifications dans la structure tissulaire intestinale, ainsi qu'une atrophie des synapses qui semblent plus courtes et plus larges. De plus, elle affecte les cellules intestinales, entraînant la perte de microvillosités, la formation de vacuoles importantes dans le cytoplasme et le gonflement des mitochondries. En outre, elle perturbe l'absorption des nutriments tels que le glucose et la vitamine B12 (Dambrine, 2001). Par ailleurs, cette parasitose provoque une diarrhée sévère pouvant atteindre jusqu'à 17 litres par jour, entraînant une déshydratation sévère et, ultimement, la mort (Naciri, 1992).

Pour l'animal : Cette maladie affecte de manière significative les vaches, les bovins et les lapins, avec une période d'incubation du *Cryptosporidium*, généralement, comprise entre 10 et 14 jours (Villeneuve, 2003). Chez les adultes, elle est, généralement, asymptomatique (Ouchene *et al.*, 2012), mais chez les jeunes, l'incubation dure de 13 à 14 jours et des symptômes apparaissent, tels qu'une diarrhée profuse de couleur jaune pâle, accompagnée d'une odeur désagréable (O'Donoghue, 1995). Ces diarrhées néonatales graves sont souvent mortelles (Naciri, 1992). Les symptômes incluent également la déshydratation, la perte d'appétit et, par conséquent, la perte de poids (Daignault, 2007), ainsi que des fasciculations musculaires des membres et de la dépression (Villeneuve, 2003).

II.10. Traitement :

Le traitement des cas sévères de diarrhée implique des mesures telles que la réhydratation orale ou intraveineuse, le contrôle du bilan électrolytique, ainsi qu'une nutrition adaptée (Guyot *et al.*, 2012). Le **nitazoxanide** s'avère être une option bénéfique, surtout chez les patients immunodéficients, avec une diminution de la

diarrhée observée dans 80 à 90% des cas (Guyot *et al.*, 2012). Les doses recommandées sont de 500 mg deux fois par jour chez les adultes pendant 3 jours, de 100 mg deux fois par jour chez les enfants de 1 à 3 ans pendant 3 jours, et de 200 mg deux fois par jour chez les enfants de 4 à 11 ans pendant 3 jours (Derouin, 2010). La **paromomycine**, en plus d'inhiber le développement du parasite, favorise également la réponse immunitaire tout au long du traitement. La dose recommandée est de 100 mg une ou deux fois par jour (Derouin, 2010).

I. Objectif :

L'objectif de ce travail est d'étudier, d'une part, la prévalence de *Cryptosporidium spp.* au niveau de quelques élevages cynicoles. D'autre part, nous avons étudié quelques facteurs de risque associés à ce dernier parasite.

II. Matériel et méthodes :

Notre étude expérimentale s'est étalée sur une période allant de fin février 2024 à début de juin 2024.

II.1. La région d'étude :

Nous avons effectué cette étude au niveau de différentes régions appartenant à 3 Wilayas (Alger, Blida et Boumerdes) (**Figure 11**). Ces différentes régions se caractérisent par des zones urbaines et rurales.

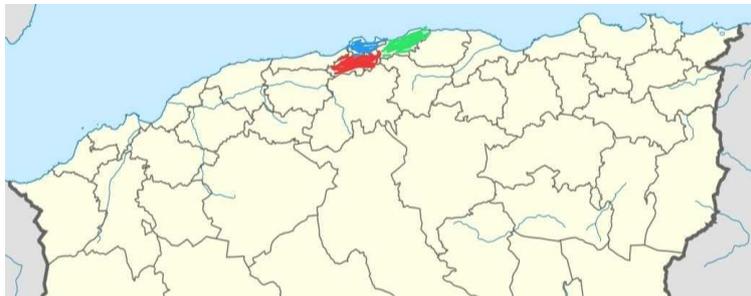


Figure 11 : Localisation géographique de la zone d'étude.

II.2. Prélèvements :

Au total, nous avons effectué quatre-vingt-dix (n=90) prélèvements de matières fécales de lapins appartenant à différentes races et aux différents type d'élevage (**Figure 12**).



Figure 12: Elevage en cage et au sol.

Pour chaque échantillon, une quantité de 20 g de matière fécale a été collectée, dans un pot pré-identifié et remplie de dichromate de potassium (**Figure 13**). Ce dernier produit chimique permis de préserver la forme des oocytes de *Cryptosporidium*.



Figure 13: les pots de prélèvements.

Le choix des élevages à investiguer a concerné ceux ayant des accès faciles et dont les éleveurs ont accepté à collaborer. Les élevages choisis sont de typologie différente (type de bâtiments, alimentation, le mode d’abreuvement, hygiène), laissant supposer l’obtention de résultats différents afin de nous permettre de faire une approche comparative.

II.3. Fiche de prélèvement :

Chaque prélèvement est accompagné par sa fiche (voir annexe). La fiche comporte des questions à choix multiple. Ces dernières sont classées en quatre rubriques :

- Race, âge et sexe du lapin.
- Statut sanitaire (diarrhéique ou non).
- Conditions d’hygiène.

- Utilisation des antiparasitaires.

II.4. Recherches des parasites :

II.4.1. Technique de concentration décrite par Ritchie simplifiée par Alun et Ridley :

Le principe de cette concentration est basé sur l'équilibre des phases hydrophile-lipophile de formol à 10% et d'éther contenant le parasite. Les différentes étapes de la coloration sont illustrées dans la **figure 14**.

- Trois à cinq gramme (3 à 5g) (**A**) de chaque prélèvement ont été déposés dans un mortier à l'aide d'une spatule (**B**).
- La numérotation des tubes pour assurer la traçabilité et l'ordre.
- Après les avoir écrasées, une quantité a été mise dans un tube conique en plastique. Une quantité de formol, 3 fois supérieure à celle des matières fécales, a été rajoutée dans le tube (**C**). Cette préparation a été homogénéisée par une agitation manuelle puis laissé décanter pendant 2 minutes pour éliminer les gros éléments des selles.
- A l'aide d'une passoire la solution a été filtrée dans béccher (**D**) puis versée dans un tube conique de 15 ml à raison des 2/3 du volume total à utiliser (**E**).
- Une solution d'éther a été rajoutée avec un volume correspondant au 1/3 de volume total de l'émulsion (**F**). Un vide de 1 cm a été laissé une fois le tube fermé pour permettre la bonne émulsion entre les différentes phases (**G**).
- Le tube ainsi préparé a été vigoureusement agité à la main puis centrifugé à 1500 tours par minute pendant 3 minutes (**H**), (**I**), (**J**). Après centrifugation le surnageant est jeté et le culot est gardé pour la coloration(**k**) & (**L**).

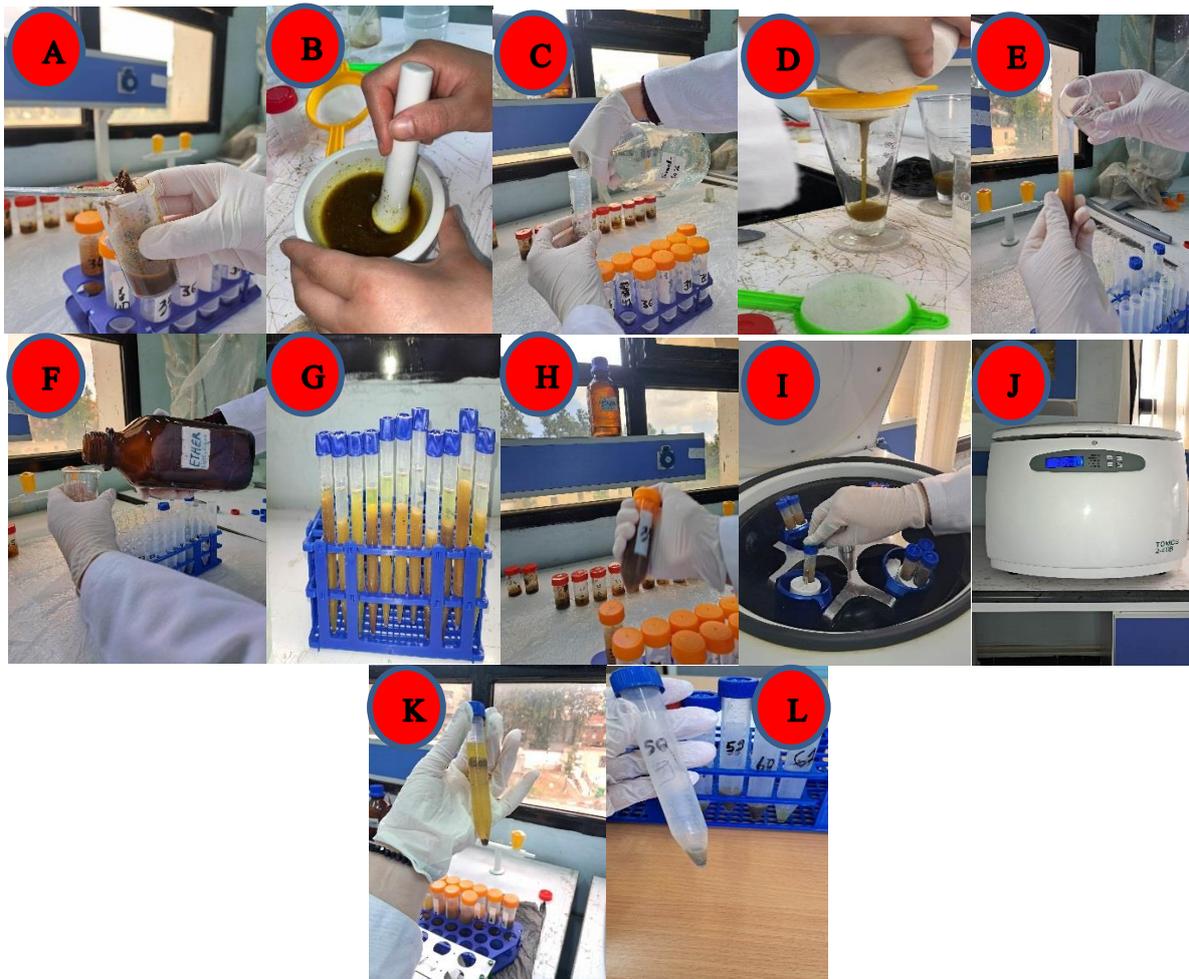


Figure 14 : Etape de la concentration décrite par Ritchie simplifiée par Alun et Ridley.

II.4.2. Technique de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz pour la recherche du *Cryptosporidium spp.* :

Les étapes de la technique de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz sont regroupées dans la **figure 15**.

- **Préparation des frottis :**

Après identification des lames à l'aide d'un crayon pointe diamant (A), une goutte du culot de chaque tube d'échantillon a été déposée sur 2 lames (B) et étalée en couche mince(C). Ce frottis ainsi préparé a été laissé sécher à l'air libre (D).

- **Fixation du frottis :**

Les lames préparées et séchées ont été fixées au méthanol pendant 5 minutes (E).

- ✓ **Coloration des lames**

- L'étape de fixation a été suivie d'une coloration à la fuchsine de Ziehl phéniquée pendant 1 heure (F).
- Après rinçage, une décoloration a eu lieu à l'acide sulfurique à 2% pendant 20 secondes avec agitation des lames (G) ensuite rinçage à l'eau du robinet.
- Une contre coloration au Vert de Malachite à 5% a été encore effectuée pendant 5 minutes(H).

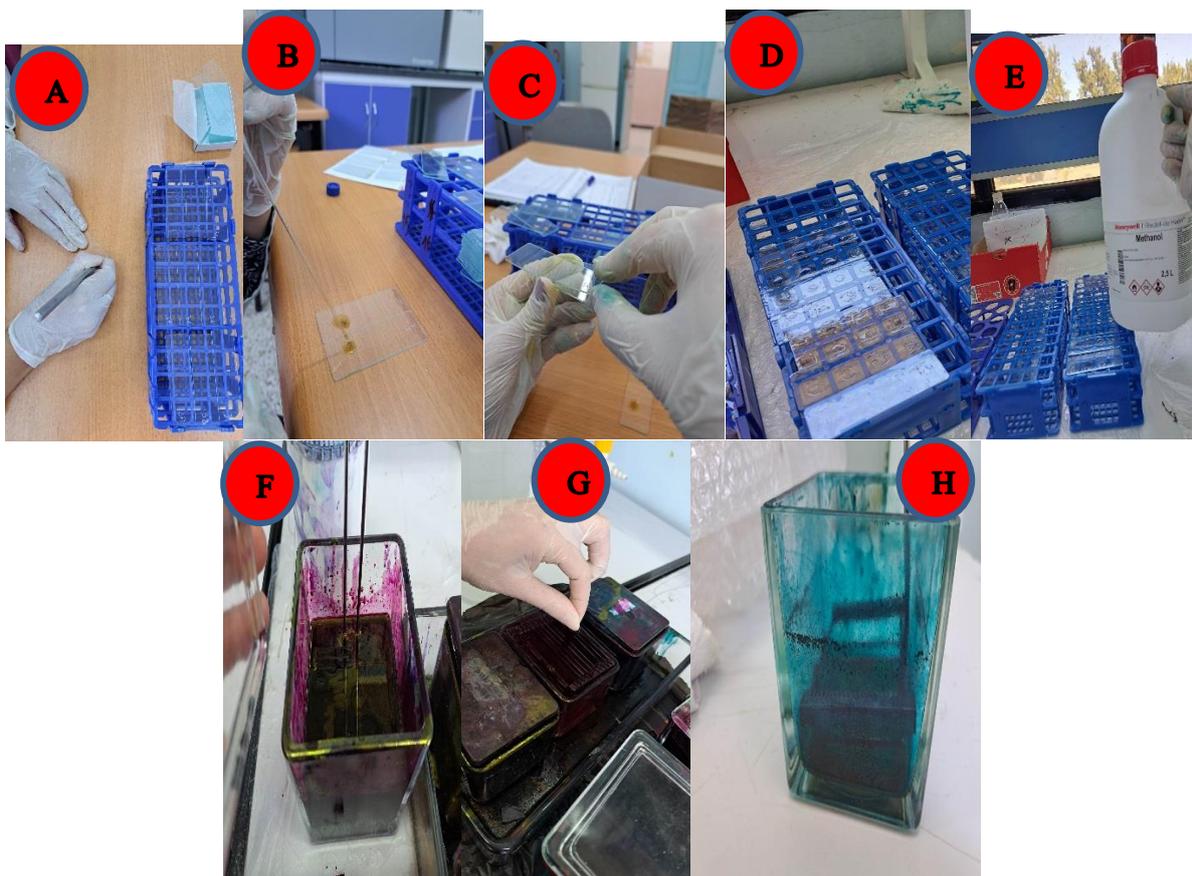


Figure 15 : Technique de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz.

- Suite à cette dernière coloration les lames ont été rincées à l'eau du robinet et observées à l'objectif X40 puis X100 sous immersion sur toute la surface de la lame du haut en bas et du gauche à droite.
- Cette méthode laisse apparaître les oocystes colorés en rouge ou en rose sur fond vert ou bleu (**Figure 16**).

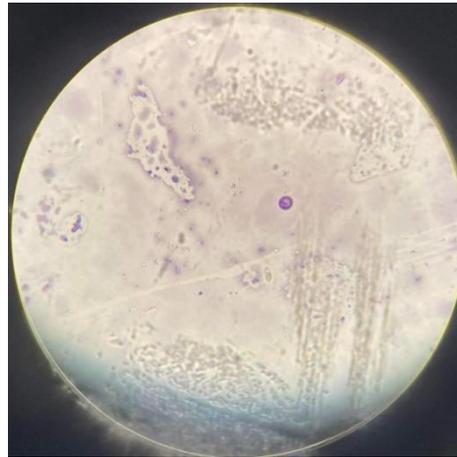


Figure 16 : Oocyte de *Cryptosporidium spp.* (Coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz, grossissement X 100).

III. Analyses statistiques :

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel de statistiques R. Le test statistique Khi deux a été utilisé et les résultats sont comparés au seuil de $\alpha = 5\%$.

1. Résultats et discussion:

1.1. Prévalence globale de *Cryptosporidium* spp.:

Dans les conditions de cette étude, la prévalence globale de *Cryptosporidium* spp. est de 30% (27/90). Cette prévalence est plus élevée, par rapport, à celle enregistrée par Henneb (2021) (24%), par contre, elle est inférieure à celle notée par Mezali *et al.* (2019) (83%) dans les élevages cunicoles algériens. En comparaison avec les données de la littérature, la prévalence enregistrée dans notre étude est supérieure à celles signalées par plusieurs auteurs dans des pays arabes (26% en Irak, El Dahhan et Zaghir, 2020 ; 15% en Egypte, Elshahawy et Elgoniemy, 2018). Cependant, elle est comparable à celles enregistrées en Chine (33%, Zhang *et al.*, 2020) et au Japon (30%, Shiibash *et al.*, 2006).

Les divergences dans les résultats de la prévalence sont attribuées dans la plupart des cas à la sensibilité et la spécificité des méthodes de détection, la taille de l'échantillon et la conception de l'étude (Shi *et al.*, 2010). Aussi, elle pourrait être due aux différents types de lapins étudiés (de compagnie, de laboratoire et de lapins sauvages), les lieux géographiques et d'autres facteurs, à ce sujet, il est difficile de comparer de manière adéquate les résultats des études épidémiologiques (Ayinmode et Agbajelola, 2019).

1.2. Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction des Wilayas d'étude :

Les prévalences de *Cryptosporidium* spp. selon les différentes Wilayas sont illustrées dans la **figure 17**.

Les lapins des différents élevages cunicoles étudiés sont porteurs de *Cryptosporidium* spp. Le pourcentage le plus élevé d'individus positifs a été enregistré dans la Wilaya d'Alger suivie par la Wilaya de Boumerdes et la Wilaya de Blida (41%, 28% et 23%, respectivement). Cependant, Les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative au seuil de 5% entre les lapins des différentes Wilayas ($p > 0,05$). Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la cryptosporidiose des lapins est une pathologie endémique dans les 3 wilayas étudiées, avec des variations de prévalences qui pourraient être attribuées aux pratiques et aux gestions des exploitations d'élevages. Nos résultats sont en accord avec les données signalées

par Henneb (2021) et Younes *et al.* (2022). Cependant, le pourcentage de la prévalence n'a pas varié significativement entre les Wilayas étudiées.

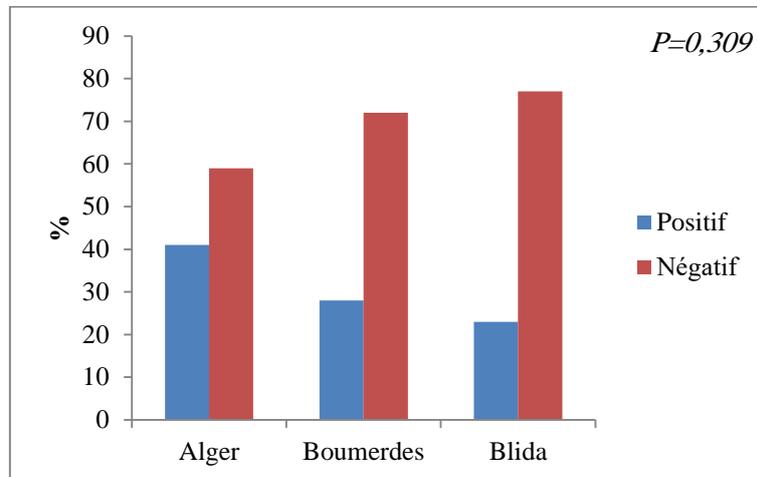


Figure 17 : Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction des Wilayas d'étude.

1.3. Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction du type d'élevage :

Dans nos conditions expérimentales, le type d'élevage (en cage ou au sol) n'a pas influencé significativement la prévalence de *Cryptosporidium* spp. ($p > 0,05$) (**figure 18**). Ce résultat est en désaccord avec celui de Henneb (2021) montrant que les lapins élevés au sol et ceux élevés dans des cages artisanales sont plus infectés par les cryptosporidies, par rapport, à ceux élevés dans des cages conformes. Ceci est lié à de meilleures conditions d'hygiène dans les bâtiments d'élevage possédant des cages d'élevage, car leur désinfection est plus facile.

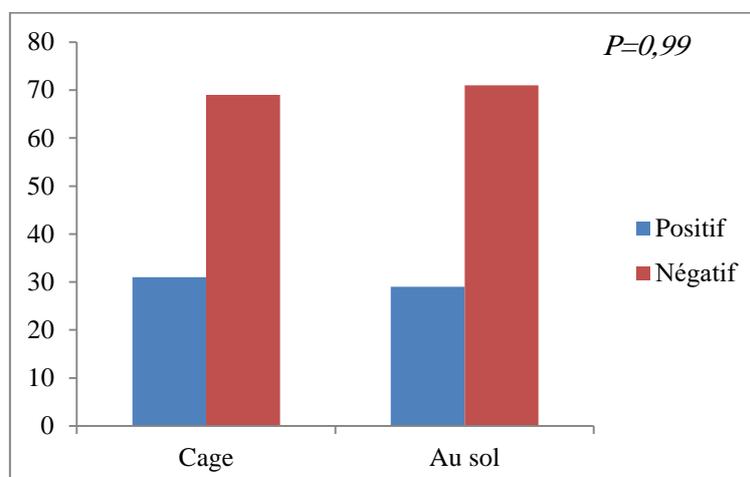


Figure 18 : Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction du type d'élevage.

1.4. Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction du type d'aliment et d'abreuvement :

Les résultats de la prévalence de *Cryptosporidium* spp. selon le type aliment et le mode d'abreuvement utilisés dans les élevages cunicoles sont illustrées dans les **figures 19** et **20** respectivement.

Les élevages cunicoles qui utilisent une alimentation diversifiée (les restes ménagers, de l'herbe et des graines) pour nourrir les lapins ont présenté une prévalence de *Cryptosporidium* spp. significativement élevée comparés à ceux qui utilisent l'aliment granulé (45% vs 22%; $p < 0,05$). Par ailleurs, les lapins abreuvés dans des récipients ont présenté la prévalence la plus élevée de *Cryptosporidium* spp. (45%) comparés à ceux ayant un abreuvement automatiques à tétine (23%). Les élevages cunicoles qui utilisent une alimentation diversifiée (les restes ménagers, de l'herbe et des graines) ou un abreuvement dans des récipients ont présenté la prévalence la plus élevée de *Cryptosporidium* spp. Nos résultats corroborent ceux de Henneb (2021). Selon Marlier *et al.* (2008), les pathologies digestives peuvent être favorisées par des rations inadaptées qualitativement, quantitativement ou un abreuvement inadéquat ou encore des changements brutaux de régime alimentaire.

Les rapports sur les épidémies liées à la contamination de l'aliment ou de l'eau sont peu nombreux chez le lapin, ce qui ne nous a pas permis de comparer nos résultats. Toutefois, la surface des légumes frais et humides fournissent un environnement optimal pour la survie des oocystes (Fayer *et al.*, 2000). Aussi, les herbes peuvent être contaminés par des engrais des fèces animales ou humaines; par de l'eau contaminée utilisée pour irriguer ou humidifier les produits et par les mains souillées des ouvriers agricoles.

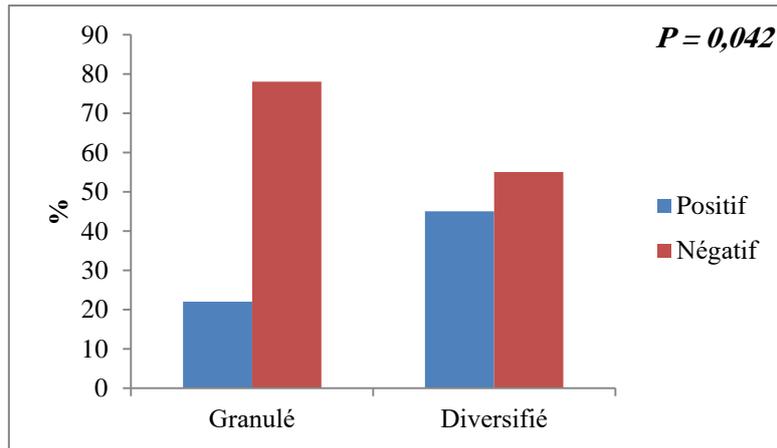


Figure 19 : Prévalences de *Cryptosporidium* spp. en fonction de l'aliment.

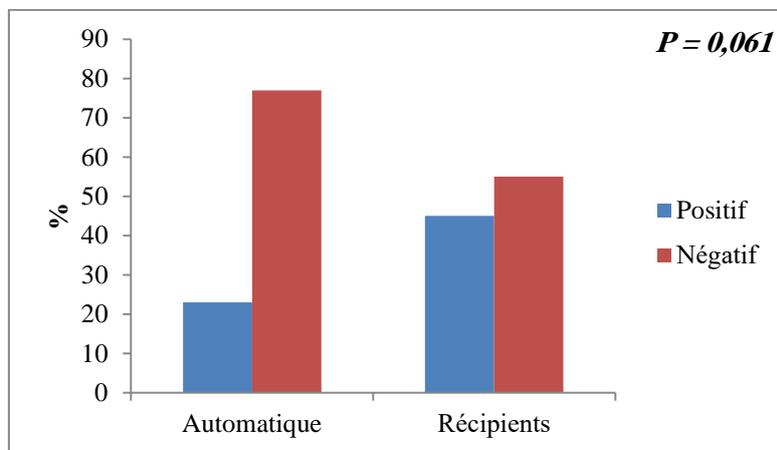


Figure 20 : Prévalences de *Cryptosporidium* spp. en fonction du type d'abreuvement.

1.5. Prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction de la races des lapins:

L'étude de la prévalence de *Cryptosporidium* spp. en fonction de la race des lapins est illustrée dans la figure 21.

Nous pouvons remarquer que la prévalence de *Cryptosporidium* spp. n'a pas varié significativement entre les différentes races de lapins étudiées dans ce travail ($p > 0,05$). A notre connaissance aucun travail n'a étudié l'effet de la race sur la prévalence de *Cryptosporidium* ce qui rend la discussion des résultats difficile.

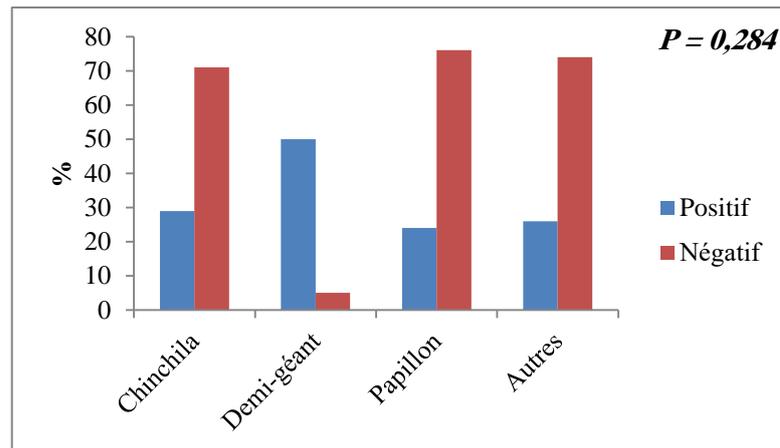


Figure 21 : Prévalences de *Cryptospridium* spp. chez différentes races de lapin.

1.6. Prévalence de *Cryptospridium* spp. en fonction du sexe de l'animal :

La prévalence de *Cryptospridium* spp. selon le sexe des lapins étudiés est illustrée dans la figure 22. L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les lapins de sexe mâle et femelle pour la prévalence de *Cryptospridium* spp. Nos résultats sont en contradiction avec ceux de Henneb (2020) et Mezali *et al.* (2019). Selon Henneb (2020), les femelles sont plus sujettes au parasitisme, particulièrement, pendant la gestation et la période *péri partum* en raison du stress et la baisse de leur état immunitaire.

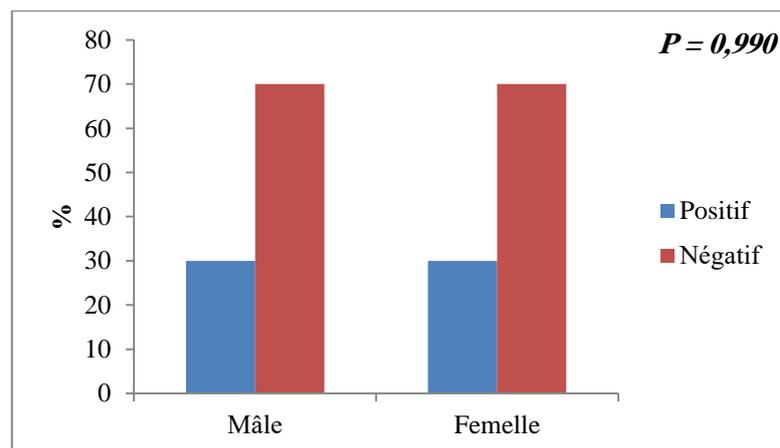


Figure 22 : Prévalences de *Cryptospridium* spp. en fonction du sexe des lapins.

1.7. Prévalence de *Cryptospridium* spp. en fonction de l'âge :

Les prévalences de *Cryptospridium* spp. selon les différentes catégories d'âge considérées dans cette étude sont illustrées dans la **figure 23**.

Les lapins appartenant à la catégorie d'âge « 4 à 8 mois » ont présenté la prévalence la plus élevée de *Cryptospridium* spp. (35%). Cependant, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les 3 classes d'âge considérées dans cette étude. Ces résultats sont en accord avec ceux de Henneb (2021) signalant une prévalence élevée chez les femelles en reproduction, ce qui correspond à la catégorie d'âge 4 à 8 mois. En effet, les conditions de stress et les changements hormonaux survenant chez les lapines pendant la gestation, la parturition ou les périodes d'allaitement peuvent entraîner une diminution de la résistance aux infections parasitaires et vulnérabilité accrue de la barrière immunitaire (Marai *et al.*, 2010). Aussi, le déséquilibre des besoins nutritionnels pendant la gestation et l'allaitement est un autre facteur pouvant jouer un rôle important dans la diminution de la résistance aux infections parasitaires, comme cela a été démontré chez les ovins (Ortega- Mora *et al.*, 1999; Kidane *et al.*, 2010).

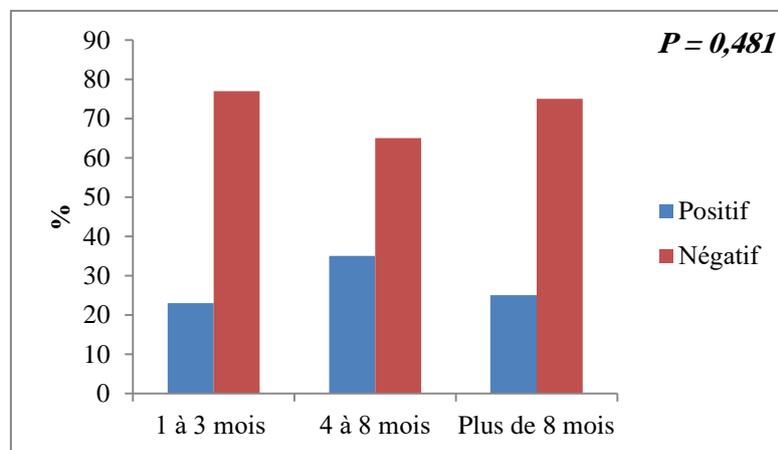


Figure 23 : Prévalences de *Cryptospridium* spp. selon l'âge des lapins.

1.8. Prévalence de *Cryptospridium* spp. en fonction du statut clinique :

La prévalence de *Cryptospridium* spp. en fonction de la présence ou l'absence de diarrhée est illustrée dans la **figure 24**.

Dans nos conditions expérimentales, la prévalence de *Cryptosporidium* spp. n'est pas affectée significativement par la survenue des diarrhées. Nos résultats sont en accord avec ceux de Yang *et al.* (2016) qui déclarent que chez les lapins d'élevages, le *Cryptosporidium* spp. n'est pas souvent reconnu en raison d'une évolution asymptomatique de l'infection.

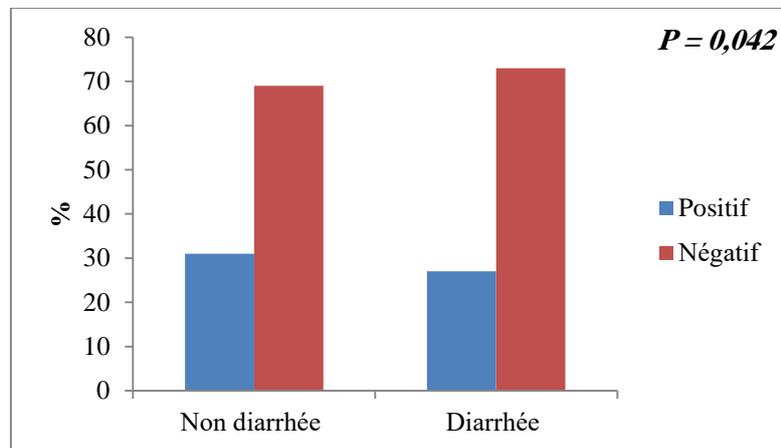


Figure 24 : Prévalences de *Cryptosporidium* spp. en fonction de la présence ou l'absence de diarrhée.

Cette étude visait à déterminer la prévalence de *Cryptosporidium Spp.* et les facteurs de risque associés à ce dernier, chez le lapin domestique. A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure :

La prévalence globale de *Cryptosporidium Spp.* de 30%. Celle-ci est tantôt similaire tantôt différente comparée aux données de la littérature. Les divergences dans les résultats de la prévalence sont attribuées dans la plupart des cas à la sensibilité et la spécificité des méthodes de détection, la taille de l'échantillon, la conception de l'étude et le type du lapin utilisé.

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la cryptosporidiose des lapins est une pathologie endémique dans les 3 wilayas étudiées. Sa prévalence augmente dans les élevages cunicoles qui utilisent une alimentation diversifiée (les restes ménagers, de l'herbe et des graines) ou un abreuvement dans des récipients. Aussi, les femelles pendant la gestation et la lactation ont plus de risque de contamination par le *Cryptosporidium Spp.*

Nos résultats soulignent que beaucoup d'éléments restent encore à étudier sur cette maladie en Algérie, notamment des enquêtes pluridisciplinaires. Aussi, l'utilisation des méthodes moléculaires, sont indispensables, portant sur l'identification des cas humains d'origine animale, ainsi que les sous-types circulants, principalement ceux dont le risque zoonotique est important.

Il est nécessaire de développer un nouveau paradigme de prévention qui accorde une attention particulière aux facteurs qui favorisent la propagation et le développement de l'infection.

Par ailleurs, une sensibilisation des éleveurs à un bon usage des effluents en soulignant que le respect de l'hygiène peut être source de bénéfice économique. Il serait intéressant d'élargir ce travail à des enquêtes épidémiologiques de plus grande envergure touchant toutes les régions du pays pour estimer la prévalence et l'évolution annuelle de ce parasite.

- Abubakar I., Aliyu S., Arumugam C., (2007). Treatment of cryptosporidiosis in immunocompromised individuals: systematic review and meta-analysis. *Br. J. Clin. Pharmacol*, 63:387–93. Diagnostic et traitement des cryptosporidioses - CNR cryptosporidioses (chu-rouen.fr).
- Afssa (2002). Évaluation quantitative du risque sanitaire lié à la présence de *Cryptosporidium* sp. Document associé au rapport sur les infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau évaluation scientifique des risques associés à *Cryptosporidium* sp. Maisons-Alfort: Afssa.<https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0077Fi.pdf>.
- Afssa (2002). Rapport d'expertise sur les infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau : évaluation scientifique des risques associés à *Cryptosporidium* sp. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0077Fi.pdf>.
- Alvarez P.A., Sitja B (2002). *Cryptosporidium* sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) L. *International Journal for Parasitology* 32 (8): 1007-1021, available online at [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(02\)00058-9](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(02)00058-9).
- Anderson et Marquard (1968). *Microbiological Reviews*, Dec. 1986, p. 458-483 Vol. 50, No. 4 0146-0749/86/040458-26\$02.00/0 Copyright 1986, American Society for Microbiology.
- Anderson B.C. (1982) Patterns of shedding of cryptosporidial oocysts in Idaho calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 178:982-984.
- Anderson, B.C. (1982). Cryptosporidiosis: a review. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 180:1455-1457. 4.
- Anderson B.C. (1982). Cryptosporidiosis in Idaho lambs: natural and experimental infections. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 181:151-153.
- Ayinmode A.B., Agbajelola V.I. (2019). Identification moléculaire de *Cryptosporidium parvum* chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) au Nigeria. *Annales de parasitologie*, 65 (3).
- Certad G. (2008). Caractérisation génétique et phénotypique de *Cryptosporidium*, HAL Id: tel-00339175 (2008). <https://theses.hal.science/tel-00339175> Submitted on 17 Nov 2008.
- Chalmers R.M., Katzer F. (2013). Looking for *Cryptosporidium*: the application of advances in detection and diagnosis. *Trends Parasitol* 29:237–251.
- Chalmers R.M., Ferguson C., Caccio S., Gasser R.B., Abs E.L.O.Y.G., Heijnen L., Xiao L., Elwin K., Hadfield S., Sinclair M., Stevens M. (2015). Direct comparison of selected

- methods for genetic categorisation of *Cryptosporidium parvum* and *Cryptosporidium hominis* species. *Int J Parasitol* 35, 397-410.
- Chen , X., Keithly, J., Pava , N., (2002). Cryptosporidiosis. *New England Journal of Medicine*, 346(22): 1723-1731.
- Chen X.M., G.J., Gores C.V., Paya LaRusso N.F. (1999). *Cryptosporidium parvum* induces apoptosis in biliary epithelia by a Fas/Fas ligand-dependent mechanism. *Am. J. Physiol.* 277:G599-608. 9.
- Chen X.M., Levine S.A., Splinter P.L., Tietz P.S., Ganong A.L., Jobin C., Gores G. J., Paya C. V., LaRusso N. F. 2001. *Cryptosporidium parvum* activates nuclear factor kappa in biliary epithelia preventing epithelial cell apoptosis. *Gastroenterology* 120:1774-1783.
- Checkley A., Bern C., Ortega, Y., Checkley W., (2002). Epidemiologic differences cryptosporidiosis in Peruvian children. *Emerg Infect Dis.* (2002); 8: 581-585.
- Checkley W., White A.C., Jaganath D., Arrowood M.J., Chalmers R.M., Chen X.M., Houpt, E. R. (2015). A review of the global burden, novel diagnostics, therapeutics, and vaccine targets for *Cryptosporidium*. *The Lancet Infectious Disease*.
- Daignault P.A. (2007). Ce qu'il faut savoir de la cryptosporidiose. *Médecine Vétérinaire*.44-45.
- Dambrine G., (2001). L'infection par *Cryptosporidium parvum* chez la souris. UNIVERSITE FRANÇOIS RABELAIS TOURS p 9_10 .
- Derouin (2010). Eau et parasites : *Cryptosporidium*, *Isospora* et *Cyclospora*. Laboratoire de Parasitologie-Mycologie Faculté Denis Diderot/Hôpital Saint-Louis, Paris,France.p18
- Dresser C., McKee (1995). Summary of the Mt. Vernon, Ohio, Membrane Softening Pilot Plant." *Cryptosporidium parvum*: an emerging pathogen.
- Fayer R., Trout J.M., Graczyk T.K., Farley C.A., Lewis E.J. (1997). The potential role of oysters and waterfowl in the complex epidemiology of *Cryptosporidium parvum*. *Int. Symp. Waterborne Cryptosporidium Proc. AWWA, Newport Beach, California*.
- Fayer R., J.M Jenkins M.C. (1998). Infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts stored in water at environmental temperatures. *Journal of Parasitology*, 84: 1165-1169.
- Fayer R., Morgan U., Upton S.J. (2000). Epidemiology of *Cryptosporidium*: transmission, detection and identification. *International Journal for parasitology* 30, 1305-1322.
- Fayer R., Dubej J.P., Speer C.A. (2004). *Cryptosporidiosis in Man and Animals*, CRC Press (1990), pp. 1-29.
- Freyre A, Falcon J. (2004). Massive excystation of *Toxoplasma gondii* sporozoites. *Exp Parasitol* 107:72-77.

- Groot T. (2022). Prevalence of *Cryptosporidium* spp . Biodiversity and Ecosystem Dynamic.
- Guyot K., Sarfati C., Derouin F. (2012). Actualités sur l'épidémiologie et le diagnostic de la cryptosporidiose. *Feuillets de Biologie*, 304(9), 21-29.
- Hamer J., Moon H.W., Woodmansee D.B. (1984). Cycle and morphology *Cryptosporidium* , infection in congenitally athymic (nude) mice. *Infect Immun* 43:856-859.
- Harp J.A., Wannemuehler M.W., Woodmansee D.B., Moon H.W. (2004). Susceptibility of germfree or antibiotic-treated adult mice to *Cryptosporidium parvum*. *Infect Immun* 56, - 60, 3509-3512.
- Harshanie JEX, Aaron R., Gasser-Robin B. (2015). A Perspective on *Cryptosporidium* and *Giardia*, with an Emphasis on Bovines and Recent Epidemiological Findings. In : *Advances in Parasitology*, 243-301.
- Henriksen S.A., Pohlenz J.F. (1981). The attachment of protozoan parasites to intestinal epithelial cells of the mouse. *J. Parasit.* 52, 939–949.
- Holubová N., Tůmová L., Sak B. (2020). Description of *Cryptosporidium ornithophilus* (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in farmed ostriches. *Parasit Vectors* 13(1), 340.
- Jean-Jacques R. (2020). Parasitic Infections in the United States *Cryptosporidium*. 90: 750–700.
- Jean-Paul M., Jean Jacques B., Philippe B. (2006). *Cryptosporidium* oocysts in mussels (*Mytilus edulis*) from Normandy (France). PMID: 16488039 DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.11.018.
- Kidane A., Houdijk JGM, Athanasiadou S., Tolcamp B.J., Kyriazakis I. (2010). Effets de la nutrition protéique maternelle et du pâturage ultérieur de la chicorée (*Cichorium intybus*) sur le parasitisme et les performances des agneaux. *Journal des sciences animales*, 88 (4), 1513-1521.
- Koh W., Thompson A., Edwards H., Monis P., Clode P., (2014). Molecular epidemiology of *Giardia* and *Cryptosporidium* infections. [science/article/pii/S1567134819301704?via%3Dihub](https://doi.org/10.1186/s12876-014-0170-4).
- Leitch G., He Q., (2012). Cryptosporidiosis-an overview. *Journal of biomedical research*, 25(1), 1–16.
- Leconte M., Alfort, W., Norton, W.D., Lee R G. (2013). *Cryptosporidium* spp in Surface Water Supplies. *Applied and environmental microbiology*. Vol. 57, No. 9, pages 2610-2616

- Leconte M., Claudia D., Silvio E., Per K., Oleg Lewkowski., Per Kryger., Oleg L., Thomas Müller M. (2015). Journal.pone.0140174.
- Levine N.D. (1985). The Species of *Cryptosporidium* (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) Infecting Mammals. Prevalence of *Cryptosporidium* spp. in farmed animals, 30(1), 720–725.
- Marlier D., Dewrée R., Delleur V., Licois D., Lassence C., Poulipoulis A., Vindevogel H. 2008. Description des principales étiologies des maladies digestives chez le lapin européen (*Oryctolagus cuniculus*). *Anne. Méd. Vétérinaire*, 147,385-392.
- Ortega-Mora L.M., Requejo-Fernandez J.A., Pilar-Izquierdo M., Pereira-Bueno J. (1999). Rôle du mouton adulte dans la transmission de l'infection par *Cryptosporidium parvum* aux agneaux: confirmation de l'augmentation périnatale. *Journal international de parasitologie*, 29 (8), 1261-1268.
- Mezali L., Mebkhout D., Saidj D., Merah S., Razali H., Larbi B., Abdessalem L. 2019. Premières données sur la cryptosporidiose chez l'espèce *Oryctolagus Elshahawy*, I., et Elgoniemy, A. 2018. An epidemiological study on endoparasites of domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Egypt with special reference to their health impact. *Sains Malaysiana*, 47(1), 9-18.
- Mortal (2019). Épidémie de cryptosporidiose dans un collège de l'ouest de la France 2019. <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0077Fi.pdf>.
- Morgan U.M., Xiao L., Fayer R., Lal A.A., Thompson R.C. (2009). Variation in *Cryptosporidium*: towards a taxonomic revision of the genus. *International Journal of Parasitology*, 29, 1733-1751.
- Naciri (1992). La cryptosporidiose. Importance de la contamination de l'eau. *INRA-Productions Animales*, Paris: INRA, 5 (5), pp.319-327.
- Naciri M., Lacroix S., Laurent (1992). La cryptosporidiose des ruminants. *L'action vétérinaire*, 17-23.
- O'Donoghue P.J., (1995). *Cryptosporidium* and *Cryptosporidiosis* in Man and Animals. *International Journal of Parasitology*, 25, 139-195. [http://dx.doi.org/10.1016/0020-7519\(94\)E0059-V](http://dx.doi.org/10.1016/0020-7519(94)E0059-V).
- Okhuysen P.C., Chappell C.L., Crabb J.H., Sterling C.R., DuPont H.L. (1999). Virulence of three distinct *Cryptosporidium parvum* isolates for healthy adults. *J. Infect. Dis.* 180, 1275-1281.
- Ouchene N., Khelifi A., Benakhla A. (2012). Prévalence de *Cryptosporidium* spp. et *Giardia* spp. chez les bovins de la région de Sétif au nord-est de l'Algérie- Vol. 65 No 3-4.

- Ramirez NE., Ward LA., Sreevatsan S. (2004). A review of the biology and epidemiology of cryptosporidiosis in humans and animals. *Microbes Infect*, 6, 773-785.
- Ryan U., Hijjawi N., Xiao L. (2018). Foodborne cryptosporidiosis, *International journal for parasitology*, 48(1), 1-12.
- Shi K., Jian F., Lv C., Ning C., Zhang L., Ren X., Xiao L. (2010). Prévalence, caractéristiques génétiques et potentiel zoonotique des espèces de *Cryptosporidium* provoquant des infections chez les lapins de ferme en Chine. *Journal of Clinical Microbiology*, 48 (9), 3263-3266.
- Shiibashi T., Imai T., Sato Y., Abe N., Yukawa M., Nogami S. 2006. Infection à *Cryptosporidium* chez les lapins de compagnie juvéniles. *Journal of Veterinary Medical Science*, 68 (3), 281-282.
- Spano M., Mercuri E., Rando T., Panto T., Gagliano A., Henderson S. (1999). *Cryptosporidium parvum*: the many secrets of a small genome Variation in performance with age. *European Journal of Paediatric , Neurology*, 3(1), 7–13.
- Sterling C.R., Marshall M . (1999). *Cryptosporidium parvum*. Dans: *American Water Works Association (éditeur), Waterborne Pathogens (manuel M48): 159-162.*
- Tumwine J., Kekitiinwa A., Bakeera-Kitaka S., Ndeezi G., Downing R., Feng X., Akiyoshi D.E., Tzipori S. (2005). Cryptosporidiosis and microsporidiosis in Ugandan children with persistent diarrhea with and without concurrent infection with the immunodeficiency virus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 73, 5: 921-925.
- Tujula A., Ferguson D., Bergquist A., Ferrari F. (2008) . *Journal of Microbiological Methods* 75 - 535–539.
- Tyzzar E.E. (1907). New species of *Cryptosporidium* (Apicomplexa) from amphibian host: morphology, biology and phylogeny, A sporozoan found in the peptic glands of the common mouse. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 5: 12–13.
- Tyzzar E.E. (1910). An Extracellular Coccidium, *Cryptosporidium Muris* (Gen. Et Sp. Nov.), of the gastric glands of the common mouse. *Journal of Medical Research.* 487-511.
- Tyzzar E.E. (1912). *Cryptosporidium parvum* (sp. nov.), a coccidium found in the small intestine of the common mouse. *Arch. Protistenkd.* 26: 394–412.
- Uehlinger F.D. (2013). Zoonotic potential of *Giardia duodenalis* and *Cryptosporidium* spp. and prevalence of intestinal parasites in young dogs from different populations on Prince Edward Island. Canada. *Veterinary Parasitology* .

- Upton S.J., Steve J., Douglas S., Owens-Morgan M., Jan R. (2000). Phénotypique de *Cryptosporidium* (Alveolata : Apicomplexa) à la mise en évidence du rôle de *C. parvum* dans l'induction de néoplasie digestive. *Journal of Parasitology*-Vol. 71, No. 5 (Oct., 1985), pp. 625-629 (5 pages).
- Villeneuve A. (2003). Les zoonoses parasitaires, l'infection chez les animaux et chez l'homme. Les Presses de l'Université de Montréal.28-50. Canada. Etude de la Cryptosporidiose .
- Wang T., Han Y., Pan Z., Wang H., Yuan M., Lin H. (2018). Séroprévalence de l'infection à *Toxoplasma gondii* chez les donneurs de sang en Chine continentale: revue systématique et méta-analyse. *Parasite*, 25.
- William A. (2022). Genomic Heterogeneity of *Cryptosporidium parvum* Isolates From Children in Bangladesh: Implications for Parasite Biology and Human Infection-October 2023 .*The Journal of Infectious Diseases* 228(9).
- Yang R., Dorrestein G.M., Ryan U. (2016). Caractérisation moléculaire d'une infection disséminée à *Cryptosporidium* chez une carpe Koi (*Cyprinus carpio*). *Parasitologie vétérinaire*, 226, 53-56.
- Yvette B.,(2023). What to know about parasite infection in humans . Medically reviewed by Angelica Balingit, MD — By Yvette Brazier — Updated on November 13, 2023 . <https://www.medicalnewstoday.com/articles/220302>.
- Younes W., Bouneb S.S., Mermi B. (2022). Étude de la prévalence de *Cryptosporidium* spp. et *giardia* spp. dans les élevages cynicoles de la région centre d'Algérie. Mémoire de fin d'études, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 55 pages.
- Zhang, Q., Li, J., Li, Z., Xu, C., Hou, M., & Qi, M. 2020. Identification moléculaire de *Cryptosporidium* spp. chez les alpagas (*Vicugna pacos*) en Chine. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 12, 181-184.