République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
École Nationale Supérieure Vétérinaire

ENSV
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE
ALGER

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للبيطرة

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Identification et prevalence de Cryptosporidium et Giardia dans les matières fécales dans les élevages bovins et aviaires au niveau de la wilaya d'Alger

Présenté par :

Senouci Nour

Soutenu le : 10 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

- Président: Pr, Khelef	Grade	Professeur
- Promoteur: Mme Baazizi Ratiba	Grade	MCA
- Co promoteur: Mr Baroudi Djamal	Grade	MCA
- Examinatrice : Mme Mimmoune Noura	Grade	MCA

Année universitaire: 2022 / 2023

Remerciements

D’abord, je remercie Allah le tout puissant de m’avoir donné la force et la volonté de réaliser ce modeste travail.

Mes vifs remerciements vont à la chère promotrice Dr. **Madame BAAZIZI,** enseignante à l’école nationale supérieure vétérinaire (ENSV), pour sa précieuse aide, sa confiance, ses conseils et orientations dans l’achèvement de ce travail.

J’adresse également mes remerciements au Dr. **Monsieur BAROUDI**, enseignant à l’école nationale supérieure vétérinaire (ENSV), en sa qualité de co-promoteur et de faire parti du jury de ce mémoire.

Je tiens à remercier tout particulièrement Dr. **Madame MIMMOUNE**, enseignante à l’école nationale supérieure vétérinaire, qui m’a fait l’honneur d’examiner ce travail

Mes profonds respects et toute ma gratitude aux membres du jury, dont la présidence est assurée par le Professeur **Monsieur KHELEF,** enseignant à l’école nationale supérieure vétérinaire (ENSV).

Tous mes remerciements aux vétérinaires praticiens, zootechniciens du CNIAG et de l’ITELV pour leur coopération, ainsi qu’aux éleveurs pour leur patience et gentillesse dans l’accomplissement de mon travail.

Nour

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mon très cher **papa Messaoud**, qu'aucune dédicace ne saurait décrire le profond respect, l'amour que je lui porte, qui m'a aidé et encouragé tout le long de mon parcours avec ses conseils, ses prières et ses innombrables sacrifices. Qu'Allah lui donne une longue vie, la santé et la sérénité.

A ma très **chère maman**, pour son amour, sa bonté, sa générosité et son soutien sans limites qu'elle a consacré à mon éducation et à ma formation. Qu'Allah lui donne la santé, tout ce qu'elle désire et une longue vie pleine joie.

A mes très chères sœurs : **Ikram, Bouchra, Ihcène et Abla**. Qu'Allah exauce tous leurs désirs et leur assure une longue vie pleine de réussites.

A ma grande famille (mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines).

A mes copines : **Romaissa, Maria, Zineb et Rania** en souvenir des agréables moments que nous avons passé ensemble et en témoignage de notre amitié.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail, notamment le responsable du laboratoire de l'ENSV, **Ami Ahmed**, pour sa bienveillance et sa collaboration technique.

Au Docteur Monsieur **Mokrani** de la subdivision vétérinaire de Chéraga pour ses conseils et orientations.

Aux éleveurs de la wilaya d'Alger pour leur gentillesse et disponibilité dans l'exercice de mes travaux de prélèvement des échantillons**.**

Nour

Résumé:

Les infections par Cryptosporidium et Giardia sont préoccupantes pour la santé animale en raison des pertes économiques directes qu'elles peuvent entraîner. De plus, la nature zoonotique de certaines espèces de Cryptosporidium et d'assemblages de Giardia soulève des inquiétudes pour la santé publique. L'objectif de cette étude était d'investiguer la prévalence de ces entéropathogènes et de déterminer les facteurs de risque potentiels associés. Un total de 90 échantillons fécaux a été collecté chez des veaux laitiers et des poulets de chair et a été analysé avec différentes méthodes. Chez les bovins, nous avons estimé une prévalence de 56 % et de 8 % pour Cryptosporidium et Giardia respectivement. En revanche, aucun des poulets de chair n'a été testé positif pour Giardia et une prévalence de 60 % pour Cryptosporidium a été observée. Les résultats immunochromatographiques ont montré une sensibilité élevée du test vis-à-vis des antigènes de Giardia chez les veaux.

Mots clé : Prévalence, Cryptosporidium, Giardia, veau, poulet de chair.

Abstract:

infections with cryptosporidium and giardia are an animal health concern due to the direct economics losses they can cause. Additionally, the zoonotic nature of some species of cryptosporidium and assemblages of giardia raises the concerns for the public health. The aim of this study was to investigate the prevalence of these enteropathogenes and determine potential associated risks factors. A total of 90 fecal specimens were collected from dairy calves and broiler chickens and were analyzed with different methods. in cattle, we estimated a prevalence of 56% and 8% in cryptosporidium and giardia respectively. in the other hand, none of broiler chickens was tested positive for giardia and a prevalence of 60% for cryptosporidium was observed. the immunochromatographic results showed a high sensibility of the test towards giardia antigens in calves.

Key words: Prevalence, Cryptosporidium, Giardia, calf, broiler chicken.

ملخص:

تعد عدوى خفية الأبواغ والجيارديا مصدر قلق لصحة الحيوان بسبب الخسائر الاقتصادية المباشرة التي يمكن أن تسببها. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطبيعة الحيوانية المنشأ لبعض أنواع الكريبتوسبوريديوم وتجمعات الجيارديا تثير مخاوف الصحة العامة. كان الهدف من هذه الدراسة هو التحقيق في انتشار هذه الممرضات المعوية وتحديد عوامل الخطر المرتبطة المحتملة. تم جمع 90 عينة براز من عجول ودواجن الألبان وتحليلها بطرق مختلفة. في الماشية، قدرنا انتشارًا بنسبة 56 ٪ و8 ٪ لكريبتوسبوريديوم والجيارديا على التوالي. على النقيض من ذلك، لم يكن اختبار أي من الدجاج اللاحم إيجابيًا للجيارديا ولوحظ انتشار بنسبة 60٪ بالنسبة لكريبتوسبوريديوم. أظهرت نتائج الكروماتوغرافيا المناعية حساسية عالية للاختبار لمستضدات الجيارديا في العجول

الكلمات الأساسية: الانتشار ، الكريبتوسبوريديوم ، الجيارديا ، العجل ، الدجاج اللاحم

Listes des abréviations

ICZN : code international de nomenclature zoologique

OMS : organisation mondiale de santé animale

C : cryptosporidium

G : giardia

AIF : facteur d'induction de l'apoptose

SAF : sodium-acide acétique formaline

IFA : immunofluorescence directe

PH : potentiel hydrogene

Gp900 : glycoproteine 900

ELISA : enzyme_linked immunosorbent assay

PCR : polymerase chain reaction

TRAP-1 : thrombospondin related adhesive protein

HCT-8 : Human ileocaecal adenocarcinoma cells

IC : test immunochromatographique

RE : reticulum endoplasmique

PV : vesicules péripheriques

MZn : Ziehl Neelsen modifiée

H4: hemolysine 4

Listes des figures

Figure 1: Structure d'un oocyste, après cryofracture, observé au microscope à transmission 8
Figure 2 : Structure d'un sporozoite (coupe longitudinale), observé par microscopie à transmission 9
Figure 3 : Les differents stades intracellulaires de cryptosporidium observés par microscopie électronique à transmission 11
Figure 4 : Cycle de vie de cryptosporidium (Bouzid et al., 2013 modifié). 13
Figure 5 : Facteurs de virulence de cryptosporidium décrit à ce jour et leur contribution au cycle de vie du parasite (Bouzid et al., 2013 modifié) 14
Figure 6 Prévalence globale de cryptosporidium dans différentes regions geographiques du monde. 18
Figure 7 Structure et morphologie du trophozoite de Giardia spp 30
Figure 8: (a) Kystes de Giardia intestinalis .Coloration au Lugol, objectif ×100(Source : collection ANOFEL, CHU d'Angers.2017) 31
Figure 9 : Schéma représentatif du cycle de Giardia intestinalis (Svärd et al.,2003) 35
Figure 10 Pathogénie de Giardia duodenalis. D'après (Cotton et al.,2011 modifié) 37
Figure 11 Technique de Ritchie modifiée en photos 53
Figure 12 Observation microscopique des kystes de Giardia spp dans les feces des animaux d'elevage (a) : objectif ×10 (b) : objectif × 40 55
Figure 13 Observation microscopique des oocystes de Cryptosporidium spp dans les feces des animaux d'élevage après coloration au Ziehl - Neelsen modifiée (Huile à immersion, objectif×1000) 56
Figure 14 : Répartition des données d'exrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le poulet de chair 57
Figure 15 : Répartition des résultats d'émission de Cryptosporidium et Giardia selon l'age 58
Figure 16 Répartion des données d'excrétion de Cryptosporidium et de Giardia chez le veau 59
Figure 17 Répartion des prévalence d'excrétion de Cryptosporidium et de Giardia seul ou en association 61
Figure 18: Répartition des résultats selon le sexe 62
Figure 19 Répartition des résultats d'émission de cryptosporidium et de Giardia chez le veau 63

Listes des tableaux

Tableau 1Classification taxonomique de cryptosporidium spp 4
Tableau 2 Espèces reconnues du genre Giardia 1952-2007 (Moniset al.,2009) 27
Tableau 3 Groupes génotypiques de Giaridia duodenalis(Thompson.,2003 in Olson et al.,2004) 28
Tableau 4 Prévalence de l'excrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le poulet de chair 56
Tableau 5 : Prévalence de la Cryptosporidiose et de la Giardiase en fontion de l'age 58
Tableau 6: Prévalence d'excrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le veau 59
Tableau 7: Prévalence de l'association de Cryptosporidium et Giardia 60
Tableau 8 Prévalence de Cryptosporidium et Giardia selon le sexe 61
Tableau 9: Prévalence d'émission de Cryptosporidium et Giardia selon l'age 62

SOMMAIRE

Introduction
Partie bibliographique

CHAPITRE 1 : LA CRYPTOSPORIDIOSE

I. Généralité 3

I.1 Historique du Cryptosporidium 3

II. Etude du parasite 4

II.1 Systématique 4
II.1.1 Taxonomie 4
II.1.2 Espèces de cryptosporidium 6
II.1.2.1 Espèces principales chez les bovins 6
II.1.2.2 Espèces principales chez les oiseaux 7

II.2 Caractères biologiques et morphologiques 7
II.2.1 Morphologie 7
II.2.1.1 Les oocystes 7
II.2.1.2 Les sporozoïtes 8
II.2.1.3 Les trophozoïtes 9
II.2.1.4 Les mérontes et les mérozoïtes type I et II 9
II.2.1.5 Les gamontes 10

II.3 Cycle de vie 11

II.4 Les facteurs de virulences 13
II.4.1 Facteurs d'adhérence et d'invasion 14
II.4.2 Dommages cellulaires 15
II.4.3 Apoptose 15

II.5 Resistance du parasite 16
II.5.1 Au sol 16
II.5.2 Dans l'eau 16
II.5.3 Résistance aux agents chimiques 17

III. Epidemiologie 17

III.1 Epidemiologie descriptive 17
III.1.1 Répartition géographique 17
III.1.2 Prévalence globale du parasite 18

III.2 Epidémiologie analytique 19

III.2.1 Source de contamination et mode de transmission 19
III.2.2 Facteurs prédisposant 20

IV. Les signes cliniques 21

IV.1 Chez la volaille 21

IV.2 Chez le veau 22

V. Traitement 22

V.1 Prophylaxie 24

CHAPITRE 2: LA GIARDIOSE

I. Généralités 25

I.1 Historique du Giardia 25

II. Etude du parasite 26

II.1 Systématique 26
II.1.1 Taxonomie 26
II.1.2 Espèces de Giardia 26

II.2 Caractères biologiques et morphologiques 29
II.2.1 Morphologie 29
II.2.1.1 Forme végétative 29
II.2.1.2 Forme kystique 30
II.2.2 Habitat 31
II.2.3 Résistance 31

II.3 Cycle de vie 32
II.3.1 Excystation 32
II.3.2 Colonisation et invasion des entérocytes 33
II.3.3 L'enkystement 33

II.4 Caractères physiopathologiques 35
II.4.1 Pathogénie dela malabsorption- maldigestion 35
II.4.2 Pathogénie de la diarrhée 36
II.4.3 Apoptose 36

III. Epidemiologie 37

III.1 Epidémiologie descriptive 37
III.1.1 Répartition géographique 37

III.2 Epidémiologie analytique 38
III.2.1 Source de contamination et mode de transmission 38

IV. Symptômes **39**

V. Traitement **40**

VI. Prophylaxie **41**

CHAPITRE 3: DIAGNOSTIC

I. Diagnostic non spécifique **42**

II. Diagnostic spécifique **42**

II.1 Méthodes coproscopiques **43**

II.1.1 Examen microscopique sans coloration 43

II.1.1.1 Examen direct sans enrichissement 43

II.1.1.2 Examen avec enrichissement 44

II.1.2 Examen microscopique après coloration 45

II.2 Méthodes immunologiques **46**

II.3 Méthodes moléculaires **47**

II.4 Méthode microscopique par smartphone **47**

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Materiels et methodes **49**

I.1 Matériels **49**

I.1.1 Les élevages 49

I.1.2 Matériel utilisé pour les prélèvements de matières fécales 49

I.1.3 Matériel utilisé au laboratoire 49

I.1.3.1 Pour la technique de Ritchie 49

I.1.3.2 Pour la technique de coloration de Ziehl Neelsen modifiée 50

I.2 Méthodes **50**

I.2.1 Méthodes utilisées pour les prélèvements de matières fécales et conservation 51

I.2.2 Technique de Ritchie simplifiée par Allen et Ridley 51

I.2.2.1 Principe 51

I.2.2.2 Mode opératoire (Figure 11) 51

I.2.3 Technique de coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz 53

I.2.4 Immunochromatographie sur bandelette par le kit speed Giardia 54

I.2.4.1 Principe 54

I.2.4.2 Protocol opératoire 54

II. Resultats et discussion **54**

II.1 Résultats des analyses coproscopiques **54**

II.2 Résultats des analyses épidémiologiques 56
II.2.1 Prévalence chez l'aviaire 56
II.2.1.1 Prévalence selon l'âge 58
II.2.2 Prévalence chez le bovin 59
II.2.2.1 Prévalence de l'association de Cryptosporidium et Giardia 60
II.2.2.2 Prévalence selon le sexe 61
II.2.2.3 Prévalence selon l'âge 62
II.2.3 Prévalence selon le mode de diagnostic 64

III. Conclusion 65

Références

Introduction

Cryptosporidium parvum et Giardia duodenalis sont deux pathogènes entériques communément identifiés chez les mammifères, dont la répartition est mondiale (Santin.,2020 ; Innes et al.,2020).

Tant la cryptosporidiose que la giardiase peuvent provoquer des infections asymptomatiques ou des troubles gastro-intestinaux légers à graves chez les humains et les animaux. Ces deux parasites sont préoccupants en termes de santé animale en raison des pertes économiques directes causées par les infections. De plus, ils posent également un problème de santé publique en raison du risque d'exposition humaine à la contamination environnementale par les oocystes de Cryptosporidium et les kystes de Giardia provenant des animaux (Xiao.,2010 ; Feng & Xiao.,2011 ; Innes et al.,2020).

En plus de la diarrhée, les symptômes les plus couramment associés à la giardiase et à la cryptosporidiose comprennent la perte d'appétit, la fièvre et la malabsorption. Ces infections peuvent également avoir un impact sur la croissance pondérale chez les animaux affectés (Olson et al.,2004 ; Santin.,2013). Les statistiques indiquent qu'environ 280 millions de cas de diarrhées diagnostiquées chaque année sont attribuables à Giardia spp (Lane & Lloyd., 2002)

Les infections à Cryptosporidium représentent un problème majeur pour la santé animale, en particulier chez les nouveau-nés, entraînant des pertes économiques liées à une diminution du taux de croissance et à la mortalité des animaux infectés. On reconnaît désormais que la cryptosporidiose est également responsable de pertes économiques dans l'industrie avicole, où des épisodes de morbidité, voire de mortalité, chez les oiseaux d'ornement sont régulièrement signalés (Santin.,2020 ; Guechtouli et al.,2022).

La transmission de ces maladies, qu'il s'agisse de la cryptosporidiose ou de la giardiase, se fait généralement par le biais de la contamination fécale-orale. Cela peut se produire par contact direct avec un individu infecté ou en consommant de l'eau ou des aliments contaminés par des formes infectieuses telles que des oocystes ou des kystes. La voie de transmission principale est en grande partie en relation avec le péril fécal (Olson & Buret, 2001 ; Huetink et al.,2001 ; Santin.,2020)

L’intérêt grandissant pour l’étude de ces parasites chez les animaux d’élevage n’est plus seulement motivé par la connaissance du potentiel zoonotique qui leur sont associé mais il naisse également

de la nécessité d'évaluer les facteurs de risque en rapport avec ces parasitoses chez les animaux (Dahmani et al., 2017) afin de mettre en place des mesures d'hygiène et de prévention appropriées et réduire leurs répercussions dans les élevages animaux vue les énormes pertes économiques et sanitaires qu'entraînent ces deux parasites chez les espèces animales concernées (O'Handley et al., 2006 ; Castro-Hermida et al., 2007).

Les études menées sur ces deux parasitoses, aussi bien en Algérie qu'à l'échelle mondiale ont principalement porté sur le bétail, en accordant moins d'attention à leur impact sanitaire et économique dans la filière avicole. Par conséquent, l'objectif de cette étude était d'évaluer la prévalence réelle de la Cryptosporidiose et de la Giardiase chez les poulets de chair et les veaux et de déterminer certains facteurs de risque qui leurs sont associés chez les animaux d'élevage au niveau de la wilaya d'Alger (Baroudi et al., 2017 ; Guechtouli et al.,2022).

Le présent travail comporte deux parties :

Une partie bibliographique dans laquelle on s'intéresse à une étude générale des deux parasitoses et cela pour permettre l'instauration des mesures d'hygiènes et de prévention

Une partie expérimentale où on étudie la prévalence d'excrétion de Cryptosporidium et de Giardia en fonction de plusieurs facteurs.

Chapitre 1 LA CRYPTOSPORIDIOSE

I. Généralité

I.1 Historique du Cryptosporidium

Le genre cryptosporidium a été découvert pour la première fois par Tyzzer en 1907, il a été nommé ainsi en raison de l'absence de sporocystes dans les oocystes. Ce parasite extracellulaire, cryptosporidium mûris, a été trouvé dans les glandes gastriques des souris de laboratoires **(Tyzzer.,1907 ; Tzipori & Widmer.,2008).**

En 1912, il observa sur la surface de l'épithélium intestinal des souris, une espèce plus petite nommée cryptosporidium parvum **(Tyzzer.,1912).**

Slavin a révélé en 1955, le rôle pathologique du genre C. meleagridis représenté par une maladie clinique diarrhéique avec un faible taux de mortalité chez la dinde. Ce parasite a été trouvé en très grand nombre sur l'épithélium du tiers terminal de l'intestin grêle **(Slavin.,1955).**

La cryptosporidiose bovine a été identifiée pour la première fois chez les jeunes veaux en 1971 **(Panciera *et al*.,1971 ; Rose.,1997).**

Une deuxième espèce de cryptosporidium aviaire, initialement isolée de poulet de chair en 1986, a été nommée C. baileyi sur la base de son cycle de vie et de ses caractéristiques morphologiques. Le parasite peut coloniser le colon, le cloaque et la bourse de fabricius ainsi que plusieurs sites respiratoires **(Current *et al*.,1986 ; Pavlasek.,1993).**

Plus tard, en 1999, une nouvelle espèce de cryptosporidium aviaire a été découverte par Pavlasek chez les poules. C. galli semble être associée à une maladie clinique et un taux de mortalité élevé. Contrairement aux autres espèces aviaires, les étapes du cycle de vie de C. galli se sont développées dans les cellules épithéliales du proventricule de la poule et non dans les cellules respiratoires ou de l'intestin grêle **(Pavlasek.,1999 ; Morgan *et al*.,2001 ; Pavlasek.,2001 ; Ryan *et al*.,2003).**

Toutefois, de nombreuses techniques de biologie moléculaire ont été mises au point pour détecter et différencier Cryptosporidium au niveau de l'espèce/du génotype et du sous-type. Cette

caractérisation moléculaire a révolutionné la compréhension de la diversité biologique et la transmission du Cryptosporidium spp, et de mieux apprécier l'importance des divers organismes de ce genre pour la santé publique **(Fayer.,2010 ; Xiao.,2010).**

II. Etude du parasite

II.1 Systématique

II.1.1 Taxonomie

Le Cryptosporidium est souvent décrit comme un parasite "coccidien". Les organismes de ce genre forment l'ordre des Eucoccidiorida avec quatre autres genres sur la base de nombreuses similitudes dans leurs caractéristiques morphologiques et leurs cycles de vie (Tableau 1). En dépit des caractéristiques partagées, Les oocystes de Cryptosporidium sont entièrement sporulés et infectieux pour d'autres hôtes sensibles lorsqu'ils sont excrétés **(Smith & Nichols.,2007 ; Ghazy *et al*.,2015).**

Tableau 1Classification taxonomique de cryptosporidium spp

Classification taxonomique de cryptosporidium spp **(Levine *et al*.,1980 ; O'Donoghue.,1995).**

CLASSIFICATION	NOM	CARACTERISTIQUE BIOLOGIQUE
Hyper-royaume	Eucaryote	Cellule possédant un noyau avec une enveloppe nucléaire
Royaume	Protiste	Eucaryote unicellulaire
Super-phylum	Alveolata	Présence des alvéoles

Phylum	Apicomplexa	Complexe apical, généralement constitué d'anneau(x) polaire(s), de rhoptries, de micronèmes, de conoïde(s) et de microtubules sous-pelliculaires ; cils absents
Classe	Sporosoasida	Locomotion des organismes matures par flexion du corps, glissement ou ondulation des crêtes longitudinales
Sous-classe	Coccidiasina	Cycle biologique comprenant mérogonie, gamétogonie et sporogonie
Ordre	Eucoccidiorida	Présence de mérogonie
Sous-ordre	Eimeriorina	Sporozoïtes généralement enfermés dans un sporocyste à l'intérieur d'un oocyste Développement indépendant des macrogamonte et microgamonte
Famille	Cryptosporidiidae	Développement sous la bordure en brosse des cellules épithéliale et croissance intracellulaire extra-cytoplasmique Cycle monoxène
Genre	Cryptosporidium	Oocystes sans sporocystes, avec quatre sporozoïtes nus.

		Monoxène. Microgamètes sans flagelles

II.1.2 Espèces de cryptosporidium

À ce jour, 38 espèces de Cryptosporidium ont été identifiées dans divers hôtes, tels que des mammifères, des marsupiaux, des oiseaux, des reptiles et des poissons. Seulement 31 espèces de Cryptosporidium sont considérées comme valides à l'heure actuelle **(Abeywardena *et al*.,2015 ; Gerace *et al*.,2019 ; Cao *et al*.,2020).**

Initialement, La classification actuelle est basée sur une variété de paramètres, y compris la préférence de l'hôte, la transmissibilité croisée et sur des caractéristiques biologiques et morphologiques ainsi que sur des méthodes taxonomiques moléculaires répandant aux règles de l'ICZN **(Smith & Nichols.,2007 ; Ryan *et al*.,2014).**

II.1.2.1 Espèces principales chez les bovins

Il existe quatre espèces principales de Cryptosporidium responsables d'infections chez les bovins : C. parvum, Cryptosporidium. bovis, Cryptosporidium. ryanae et C. andersoni, cette dernière a été identifiée dans la caillette, tandis que C. parvum, C.ryanae et C. bovis infectent l'intestin grêle **(Olson *et al*.,2004 ; Xiao.,2010 ; Santin., 2020).** Outre leur site de prédilection, les espèces ont des oocystes morphologiquement distincts et diffèrent génétiquement **(Lindsay *et al*.,2000).**

La plupart des études réalisées dans le monde suggèrent une répartition des espèces de Cryptosporidium en fonction de l'âge chez les bovins, les veaux pré-sevrés sont principalement infectés par l'espèce zoonotique C. parvum, C bovis et C ryanae étant les espèces prédominantes chez les veaux post-sevrés, tandis que les bovins adultes sont principalement infectés par C. andersoni **(Naguib *et al*.,2018 ; Santin.,2020).**

D'autres espèces ont également été sporadiquement signalées chez les bovins, notamment Cryptosporidium hominis, Cryptosporidium suis, Cryptosporidium canis et Cryptosporidium félis **(Santin & Trout.,2008).**

II.1.2.2 Espèces principales chez les oiseaux

Actuellement, quatre espèces aviaires de Cryptosporidium sont considérées pathogènes pour les oiseaux, en fonction de leurs caractéristiques biologiques et de leurs différences génétiques : Cryptosporidium meleagridis, Cryptosporidium baileyi, Cryptosporidium avium et Cryptosporidium galli **(Wang *et al*., 2019 ; jian *et al*.,2021).**

Bien que les oiseaux soient les hôtes naturels des espèces citées en amont, C. meleagridis reste la seule espèce de Cryptosporidium connue pour infecter à la fois les oiseaux et les mammifères y compris le bétail et l'homme **(Stensvold *et al*.,2014 ; Da cunha *et al*.,2018)**. De même, C. meleagridis est considérée comme la troisième espèce la plus prévalente connue pour infecter les humains vus qu'elle est la plus étroitement apparentée aux souches zoonotiques de C. parvum et C. hominis **(Sréter *et al*., 1999 ; Stensvold *et al*.,2014 ; Braima *et al*., 2019).**

Cryptosporidium baileyi est l'espèce de Cryptosporidium aviaire la plus courante **(Goodwin *et al.*, 1996)**, cette dernière ainsi que C. meleagridis et C. avium peuvent envahir les glandes salivaires et œsophagiennes, l'intestin grêle, le cæcum, le côlon, le cloaque et la bourse de Fabricius chez les oiseaux, seulement C. baileyi peut être également présent dans les tissus respiratoires tels que la conjonctive, les sinus, la trachée et les sacs aériens. En revanche, C. galli n'a été trouvé que dans le proventricule comme il a été décrit par Pavlasèk **(Pavlasek.,1999,2001 ; Sréter & Varga.,2000 ; Da cunha *et al*.,2018).**

Parallèlement, d'autres espèces de Cryptosporidium (Cryptosporidium. andersoni, Cryptosporidium parvum, Cryptosporidium hominis, Cryptosporidium muris) ont également été signalées chez les oiseaux dans des études antérieures (**Ryan., 2010 ; Nakamura & Meireles., 2015 ; Cui *et al*., 2018).**

II.2 Caractères biologiques et morphologiques

II.2.1 Morphologie

II.2.1.1 Les oocystes

Les oocystes de Cryptosporidium sont microscopiques (la plupart des espèces ont un diamètre de 4 à 6 µm) de forme sphérique à ovoïde et renferme 4 sporozoïtes nus et mobile agencé autour d'un

corps résiduel **(Smith & Nichols.,2007; Ridley.,2012; Helmy & Hafez.,2022)** (Figure 1) et possèdent une paroi cireuse résistante composée de deux couches hétérogène, la plus externe est composée d'une matrice polysaccharidique et la couche interne est composée de glycoprotéines filamenteuses qui permet au parasite de survivre à un large éventail de conditions **(Innes *et al*., 2020 ; Fayer & Xiao., 2007)** rendant l'oocyste ainsi la forme de résistance du parasite **(Guyot *et al*., 2012 ; Rieux., 2013).**

Le corps résiduel contient un corps large lipidique, des granules d'amylopectine, des inclusions cristallines protéiques, des ribosomes et des cyto membranes **(Fayer & Xiao., 2008).**

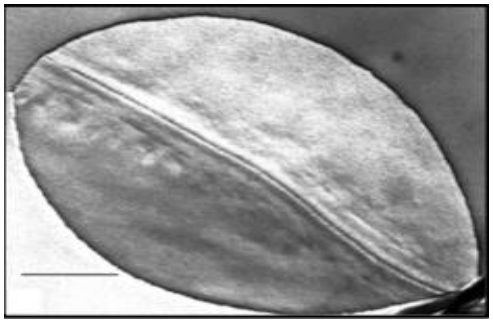


Figure 1: Structure d'un oocyste, après cryofracture, observé au microscope à transmission
Échelle = 0,5µm **(Jenkins et al., 2010**)

II.2.1.2 Les sporozoïtes

Les sporozoïtes (Figure 2) sont la forme invasive de Cryptosporidium. Ils ont une extrémité apicale étroite et clairement définie et une extrémité postérieure plus large et arrondie. À l'intérieur du sporozoïte se trouvent un noyau et un nucléole, une membrane à double unité ainsi qu'un complexe de Golgi et un réticulum endoplasmique. Un organite semblable à une mitochondrie a été observé juxtaposer au noyau ovale qui est situé à l'extrémité postérieure moyenne de l'organisme **(Smith & Nichols.,2007).** Toutefois, les sporozoïtes de Cryptosporidium possèdent un complexe apical composé de micronèmes, d'un seul rhoptère et de granules denses **(Tetley *et al*., 1998),** Le cytoplasme des sporozoïtes est ainsi devenu vacuolaire **(Huang *et al*.,2004).** Ces organites sécrétoires sont impliqués dans l'attachement et l'invasion des cellules hôtes **(Bouzid *et al*., 2013).**

Les sporozoïtes de C. parvum subissent des mouvements de glissement circulaires et hélicoïdaux, qui dépendent de microtubules permettant aux sporozoïtes de migrer à la surface des cellules hôtes

et de les envahir activement **(Wetzel *et al.*,2005 ; Bouzid *et al.*,2013)**. Au cours de ces mouvements de glissement, les sporozoïtes déposent des traînées de protéines qui peuvent être visualisées par imagerie, grâce aux anomalies observées aux niveaux des microvillosités **(Borowski *et al.*, 2010 ; Bouzid *et al.*,2013).** Ces microtubules sont situés latéralement sous la membrane plasmique et liés à l'anneau polaire circulaire et apical et s'étendent horizontalement de l'apex au milieu du corps des zoïtes, ce qui leur confère leur forme **(Smith & Nichols.,2007).**

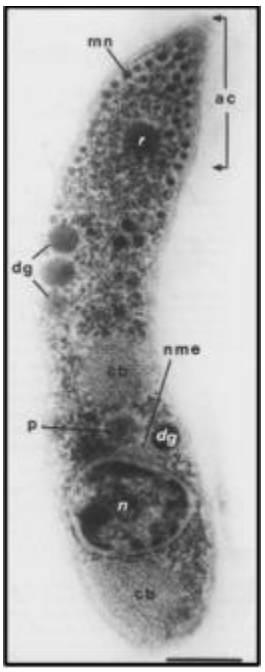


Figure 2 : Structure d'un sporozoite (coupe longitudinale), observé par microscopie à transmission

Le complexe apical (ac) du sporozoïte observé est composé de micronèmes(mn) et d'une rhoptrie (r). Le noyau (n) et les corps cristalloïdes adjacents (cb) se trouvent dans la partie postérieure du parasite qui est plus arrondie. Les granules denses (dg) sont positionnés dans la partie centrale. P : « plastid-like », nme : membrane nucléaire. Échelle = 0,5 m **(Tetley et al., 1998).**

II.2.1.3 Les trophozoïtes

Les trophozoïtes sont de forme sphérique et contiennent un nucléole proéminent à l'intérieur d'un noyau unique excentrique entouré de cytoplasme et une organelle d'attachement/nourricière bien développée. Cet organite permet au parasite d'acquérir depuis la cellule hôte, les nutriments dont il a besoin **(Fayer & Xiao., 2008 ; Helmy & Hafez.,2022).**

II.2.1.4 Les mérontes et les mérozoïtes type I et II

Après trois divisions asexuées (mérogonie/schizogonie), Les mérontes de type I forment 8 mérozoïtes qui sont libérés de la vacuole du parasitophore lorsqu'ils sont matures et les mérontes de type II forment 4 mérozoïtes qui ne subissent pas d'autre mérogonie mais produisent des stades de reproduction sexuelle (appelés gamontes). Ces stades sont morphologiquement similaires aux

sporozoïtes comprenant un complexe de membrane interne double, une collerette dense en électrons, des granules denses en électrons, quelques micronèmes, des ribosomes et du cytoplasme, se forme immédiatement sous le plasmalemme du schizonte, juste au-dessus de chaque noyau du schizonte, ce dernier est situé plus au centre de la cellule que celui des sporozoïtes. Les mérozoïtes restent attachés à un résidu à leur extrémité postérieure et deviennent plus allongés au cours de leur maturation. **(Fayer & Xiao., 2008 ; Ghazy *et al*.,2015 ; Xiao & Cama.,2018 ; Helmy & Hafez.,2022).**

II.2.1.5 Les gamontes

Lors de la multiplication sexuelle (gamétogonie), les mérozoïtes individuels produisent des gamètes mâles et femelles, souvent appelés micro- et macrogamètes **(Abeywardena *et al*.,2015 ; Jumani *et al*., 2019 ; Tandel *et al*., 2019).**

Les macrogamètes de C. parvum mesurent environ 4 à 6 µm, sont sphériques ou ovoïdes et possèdent un gros noyau central avec un nucléole proéminent qui reflète leur forte activité transcriptionnelle. Le processus de fécondation d'un macrogamonte par un microgamète n'a été que peu observé, ce qui suggère que le processus est rapide **(Fayer & Xiao., 2008 ; Guérin & striepen.,2020).**

Contrairement à la femelle, le microgamonte subit une division nucléaire, conduisant à 16 gamètes qui sortent de la vacuole parasitophore pour féconder une femelle. Ces cellules sont en forme de bâtonnet (1,4 × 0,5 µm pour C. parvum), avec une extrémité antérieure aplatie. Ils sont dépourvus de flagelles et de mitochondries typiquement observés dans les microgamètes d'autres coccidies. La majeure partie du microgamète est constituée d'un noyau condensé **(Fayer & Xiao., 2008 ; Bouzid *et al*.,2013 ; Guérin & striepen.,2020).**

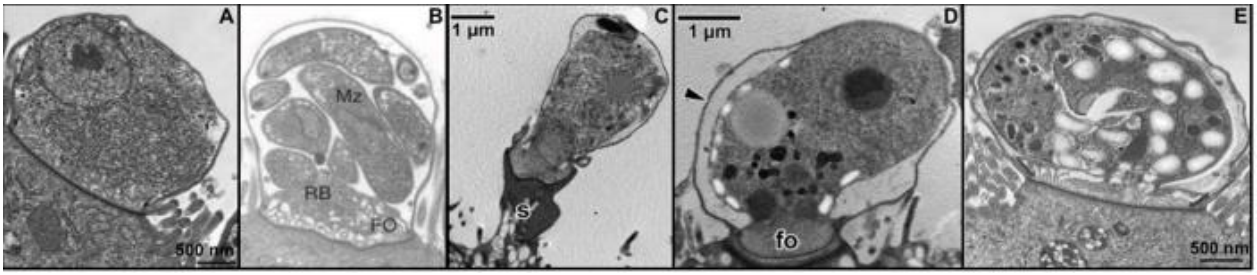


Figure 3 : Les differents stades intracellulaires de cryptosporidium observés par microscopie électronique à transmission

*(*A) Un trophozoïte mature prêt à se diviser en mérozoïtes. (B) Un méronte de type I composé de mérozoïtes (C) Un microgamétocyte mâle et (D) un macrogamétocyte femelle. (E) Un zygote. Mérozoïte (Mz), corps résiduel (RB), organelle nourricier (FO) **(Leitch & He, 2012 ; Tzipori & Ward., 2002 ; Valigurivá *et al*., 2008).**

II.3 Cycle de vie

Le cycle de vie de Cryptosporidium a été étudié de la manière la plus intensive. Il est un parasite intracellulaire obligatoire et monoxène, c'est à dire qu'il accomplit son cycle de vie dans un seul hôte, comprenant des phases de reproduction asexuée et sexuée **(Ramirez *et al*., 2004 ; Smith & Nichols.,2007).** Toutes les étapes du cycle de vie ont lieu dans le site de prédilection de l'hôte, plus fréquemment dans les cellules épithéliales qui tapissent le tractus gastro-intestinal des mammifères, des oiseaux et des reptiles (figure 4). Tandis que d'autres localisations erratiques sont décrites notamment les voies respiratoires des oiseaux, l'arbre biliaire, le foie ou le pancréas **(Fayer.,2004 ; Smith & Nichols.,2007 ; Abeywardena *et al*.,2015)** et dans les reins des poulets **(Fayer *et al*., 1998).**

Le stade infectieux de l'oocyste (4 à 6 mm) est excrété dans les fèces des hôtes infectés **(Kosek *et al*., 2001)** ou sont expectorés directement par les voies respiratoires **(Sréter & Varga.,2000).** Ces oocystes résistants à l'environnement sont enfermés dans une paroi oocystale durable, une barrière protectrice complexe constituée de parois internes et externes composées d'une matrice de protéines, de lipides et d'hydrates de carbone. **(O'Hara & Chen.,2011)**

Le cycle infectieux est déclenché par l'ingestion d'oocystes libérant quatre sporozoïtes infectieux qui adhèrent aux entérocytes du tractus gastro-intestinal ou respiratoire et les envahissent **(Ryan & Hijjawi.,2015 ; Santé Canada.,2019 ; Guerin & Striepen.,2020)**. Ce phénomène de dékystement est induit par divers facteurs, notamment les conditions réductrices, le pH, le dioxyde de carbone, la température, les enzymes pancréatiques et les sels biliaires **(Robertson *et al*., 1993 ; Helmy & Hafez.,2022).** Ces sporozoïtes se divise à l'intérieure de la vacuole parasitophore muni d'un organite d'alimentation responsable de la prise de nourriture. La vacuole parasitophore de Cryptosporidium est unique en ce sens qu'elle reste extra-cytoplasmique tout en étant considérée

comme intracellulaire puisqu'elle conserve sa position dans la vacuole parasitophore dérivée de l'hôte **(Griffiths *et al*.,1998 ; O'Hara & Chen.,2011).** Les trophozoïtes subissent ensuite une prolifération asexuée par mérogonie (anciennement appelée schizogonie) conduisant à la production des mérontes de type I avec 8 merozoites qui sont libérées de la vacuole parasitophore lorsqu'ils sont matures **(Ghazy *et al*.,2015 ; Gerace *et al*.,2019)**. En outre, ces mérozoïtes entament leur cycle de développement asexué et envahissent ensuite d'autres cellules épithéliales où ils subissent un autre cycle de mérogonie de type I ou se transforment en mérozoïtes de type II. Les mérozoïtes de type II forment 4 mérozoïtes qui ne subissent pas d'autre mérogonie mais produisent des stades de reproduction sexuelle (appelés gamontes) **(Xiao & Cama.,2006 ; Guerin & Striepen.,2020 ; Helmy & Hafez.,2022).**

Cependant, le cycle de vie de C. baileyi diffère légèrement de celui des cryptosporidies infectant les mammifères. Chez les oiseaux, les mérontes de type I subissent un développement cyclique, et les formes invasives libérées par les mérontes de type II se transforment en mérontes de type III, dont les mérozoïtes se transforment en stades sexuels **(Current *et al*., 1986).**

Les macrogamonts se transforment en macrogamétocytes mononucléés et les microgamonts se transforment en microgamétocytes qui produisent jusqu'à 16 microgamètes non flagellés et par un mécanisme inconnu, localisent et finissent par féconder un macrogamétocyte ce qui donne lieu au seul stade diploïde du développement **(O'Hara & Chen.,2011 ; Ghazy *et al*.,2015).** Les zygotes qui en résultent subissent un nouveau développement asexué (sporogonie) qui aboutit à la production d'oocystes sporulés contenant 4 sporozoïtes. Certains pensent qu'environ 20 % d'entre eux ont une "paroi mince", entourés que d'une membrane unitaire et s'enkyste dans l'intestin dans le cadre d'un processus d'auto-infection, augmentant à nouveau le niveau d'infection avec la libération de sporozoïtes infectieux. Les 80 % d'oocystes à paroi épaisse entourés d'une paroi multicouche résistante à l'environnement, aux basses températures, aux fortes salinités et à la plupart des désinfectants sont excrétés par l'hôte dans les matières fécales où ils sont infectieux pour d'autres hôtes sensibles **(Current *et al*., 1986 ; Dubey *et al*.,1990 ; Sréter & Varga.,2000 ; Fayer & Xiao.,2007 ; Bouzid *et al*.,2013).**

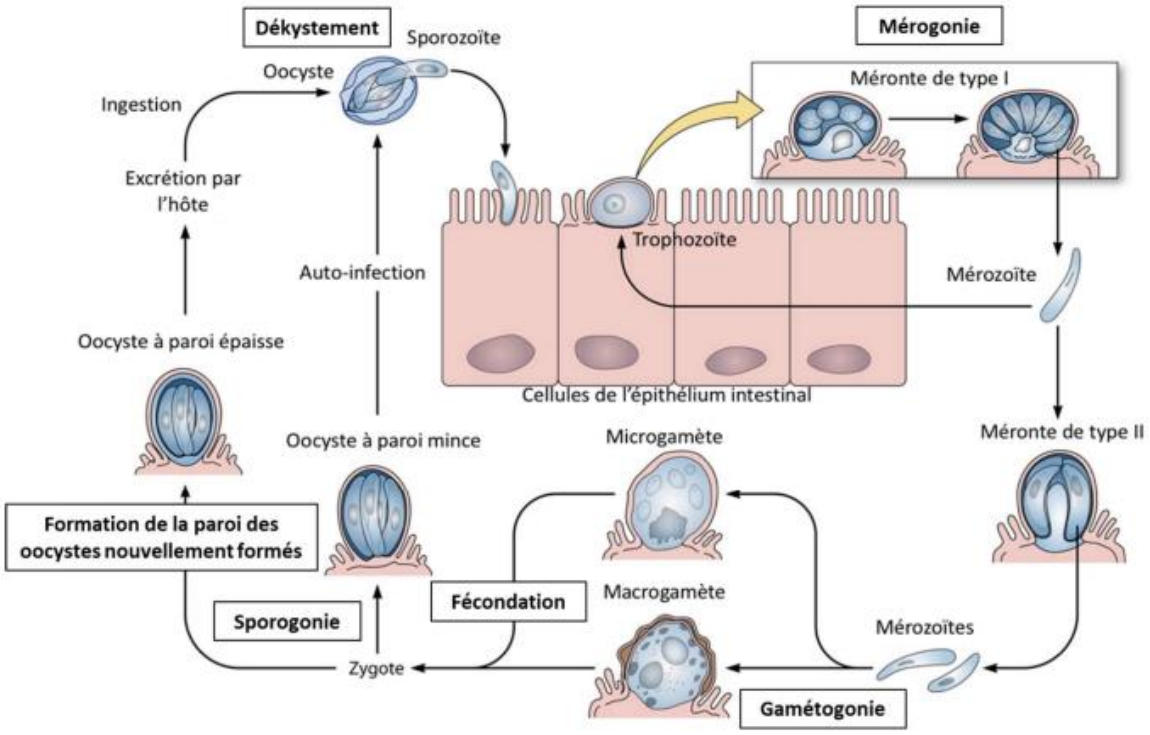


Figure 4 : Cycle de vie de cryptosporidium **(Bouzid *et al.*, 2013 modifié).**

II.4 Les facteurs de virulences

Les facteurs de virulence sont considérés comme les processus et les substances par lesquels le parasite déclenche et maintient la maladie chez l'hôte (Figure 5), ils peuvent affecter l'hôte à tout moment du cycle de vie, depuis le moment où le parasite pénètre dans le corps jusqu'à ce qu'il soit tué ou qu'il achève son cycle et sorte de l'hôte. Ces facteurs ont été identifiés comme des gènes impliqués dans les processus d'interaction initiale des oocystes et sporozoïtes de Cryptosporidium avec les cellules épithéliales de l'hôte, y compris le dékystement de l'oocyste, la motilité de glissement, l'attachement, l'invasion, la formation de la vacuole parasitophore, la maintenance intracellulaire et les dommages aux cellules de l'hôte **(Wanyiri & Ward.,2006 ; Fayer *et al*.,2009 ; Bouzid *et al*.,2013).**

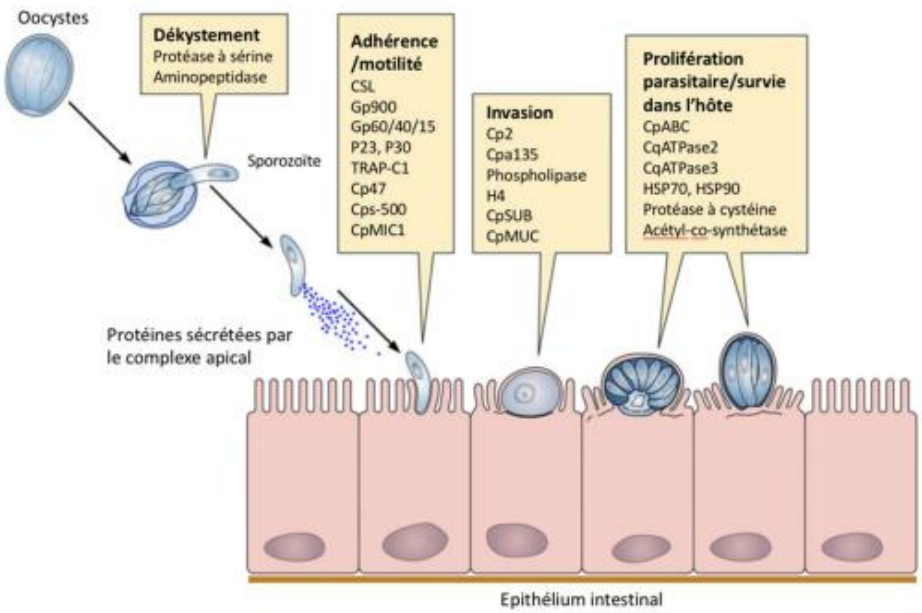


Figure 5 : Facteurs de virulence de cryptosporidium décrit à ce jour et leur contribution au cycle de vie du parasite **(Bouzid *et al*., 2013 modifié)**

II.4.1 Facteurs d'adhérence et d'invasion

La plupart des protéines susceptibles de participer à l'attachement du parasite aux cellules hôtes et à la formation de la vacuole parasitophore sont présentes à la surface ou sécrétées à partir de vésicules sécrétoires spécialisées du complexe apical (micronèmes, rhoptries et granules denses) **(Certad *et al*.,2017).** Deux classes de protéines, à savoir les glycoprotéines de type mucine et les protéines adhésives liées à la thrombospondine, ont été caractérisées et leur rôle dans l'adhésion a été démontré **(Wanyiri & Ward.,2006).** La première à avoir été découverte est la Gp900, Cette grande glycoprotéine de type mucine est située dans les micronèmes et à la surface des mérozoïtes et des sporozoïtes invasifs et a été proposée pour définir la spécificité de l'hôte puisque le site d'attachement semble différer entre les espèces de Cryptosporidium. De plus, la présence des anticorps spécifiques de gp900 qui peuvent inhiber de manière compétitive l'infection in vitro, est compatible avec son rôle dans l'invasion des cellules hôtes **(Petersen *et al.*,1997 ; Bouzid *et al.*,2013 ; Tomazic *et al*.,2018).**

D'autres molécules présentant une glycosylation O de type mucine suggère que ce type de modification post-traductionnelle est courant dans les protéines impliquées dans l'attachement et l'invasion tels que : la CSL (glycoprotéine de type circum sporozoïte), le complexe GP40/15, la

CPA135, la CP2, la P23 et la TRAP-C1 (protéine adhésive liée à la thrombospondine Cryptosporidium 1) **(Bouzid *et al*.,2013)**

Des recherches ont révélé que le mécanisme moléculaire commun modulant l'adhésion et/ou l'invasion des cellules hôtes par les parasites protozoaires est médié par des interactions entre glucides et lectines. En effet, le traitement des sporozoïtes de C. parvum avec des lectines spécifiques de la galactose-N-acétylgalactosamine (Gal/GalNAc) a inhibé l'attachement et donc l'internalisation du parasite aux cellules épithéliales primaires bovines et de la lignée cellulaire humaine d'adénocarcinome iléo-cæcal (HCT-8) **(O'Hara & Chen.,2011).**

II.4.2 Dommages cellulaires

La perte de la fonction de barrière, la libération de lactate déshydrogénase et l'augmentation du taux de mort cellulaire ont été documentés dans les cellules épithéliales coliques infectées par C. parvum en culture **(Adam *et al*.,1997**). Les mécanismes à l'origine des lésions cellulaires pendant l'infection par Cryptosporidium restent inconnus ; toutefois, plusieurs molécules, telles que les phospholipases, les protéases et les hémolysines ont été proposées comme cause des dommages cellulaires **(Certad *et al*.,2017)**

L'implication des protéases dans la dégradation des protéines, l'invasion des tissus et l'évasion de l'immunité de l'hôte est essentielle dans les étapes initiales de l'infection. L'hémolysine H4 quant à elle, sa fonction est inconnue, mais sa capacité à perturber les membranes cellulaires suggère un rôle dans l'invasion et/ou la rupture des membranes vacuolaires, ce qui permettrait aux mérozoïtes de sortir de la vacuole parasitophore et de se propager aux cellules adjacentes **(Okhuysen & Chappell.,2002).**

II.4.3 Apoptose

Plusieurs études ont montré que Cryptosporidium est capable de moduler l'apoptose de la cellule hôte, en inhibant le processus au stade trophozoïte et en le favorisant aux stades sporozoïte et mérozoïte. Ceci suggère que le parasite est capable de réguler l'expression des gènes des cellules hôtes **(Mele *et al*.,2004).** C'est à dire qu'au début de l'infection, l'expression des gènes pro-apoptotiques est basse en plus de la présence de NF-kB activé qui induit des mécanismes anti-

apoptotiques. Tandis qu'aux stades tardifs, l'expression des gènes pro-apoptotiques est favorisée £**(Certad *et al*.,2017).**

II.5 Resistance du parasite

Les oocystes de cryptosoridium parvum sont extrêmement résistants aux variations naturelles de l'environnement (température, humidité) que ce soit dans l'eau, le sol ou bien les matières fécales, ces oocystes demeurent longtemps infestant dans la nature, ce qui rend la cryptosporidiose difficile à contrôler.

II.5.1 Au sol

La survie des oocystes au-dessus du milieu terrestre est fortement limitée en raison du processus de dessiccation. Cependant, une fois dans le sol, les oocystes semblent être protégés de cette dernière **(King & Monis.,2006).** En effet, la texture du sol a été identifiée comme importante pour la survie des oocystes, car leurs viabilités peuvent être compromises par la baisse du pH du sol **(Jenkins *et al*.,2002**). Hormis les sols limoneux qui peuvent contribuer à la déshydratation des oocystes, l'humidité du sol ne s'est pas révélée avoir une influence sur leurs survie **(King & Monis.,2006)**

De plus, la température a été identifiée comme le facteur critique affectant la survie des oocystes dans le profil du sol, ce qui indique que les oocystes présents dans le sol à 4°C peuvent rester infectieux pendant de très longues périodes (voire des années), quelle que soit la texture du sol **(King & Monis.,2006)**

II.5.2 Dans l'eau

Les oocystes peuvent rester viables jusqu'à plusieurs mois dans l'eau pour une température comprise entre 0°C et 30°C **(Derouin *et al*., 2002),** ils peuvent survivre pendant plus de 12 mois dans l'eau à 4°C **(Smith.,1992).** L'augmentation des températures de conservation correspond à une diminution de l'infectivité des oocystes. A des températures inférieures à 15 °C, les oocystes peuvent maintenir des niveaux élevés d'infectivité pendant des périodes d'au moins 24 semaines **(Fayer *et al*., 1998**). En revanche, à des températures environnementales légèrement plus élevées

(20°C et 25°C), l'inactivation est plus rapide conduisant à une inactivation complète après 12 et 8 semaines, respectivement **(King *et al.*, 2005).**

Les effets des basses températures de congélation posent également un sérieux défi pour la survie des oocystes. Une étude a démontré qu'après 21 h à -22 °C, 67% des oocystes n'étaient plus viables, et même si cette proportion est passée à plus de 90% après 152 h une petite proportion d'oocystes était toujours capable de survivre pendant au moins 775 h à -22°C **(Robertson *et al.*, 1992)**

II.5.3 Résistance aux agents chimiques

L'oocyste infectieux présente une résistance exceptionnelle aux désinfectants chimiques à base de chlore couramment utilisés dans les systèmes de traitement de l'eau. - par exemple, l'hypochlorite de sodium à 6 ainsi qu'à l'éthanol à 70 % et à d'autres préparations commerciales couramment utilisées au niveau domestique ou dans l'élevage **(Weir *et al.*, 2002).** De même, la floculation à l'aluminium au pH, à la concentration et au temps de contact utilisés par l'industrie de l'eau ne semble pas avoir d'impact sur la viabilité des oocystes de Cryptosporidium. Cependant, l'expositions à des concentrations aussi élevées d'ammoniaque (5%) auraient des effets significatifs sur la viabilité des oocystes, même à des températures fraîches et avec des durées d'exposition plus longues **(Ruxton.,1995).**

III. Epidemiologie

III.1 Epidemiologie descriptive

III.1.1 Répartition géographique

La cryptosporidiose est une parasitose cosmopolite, capable d'infecter une variété de vertébrés, y compris les principaux animaux d'élevage tels que les bovins, les moutons, les chèvres, les porcs, les lapins, les chevaux, les ânes, les buffles d'eau et les chameaux, et la volaille. Des cas de Cryptosporidium spp zoonotiques ont également été signalés chez des espèces sauvages, notamment des lapins, des cerfs, des mammifères sauvages et des poissons **(Guyot *et al.*,2012 ; Innes *et al.*,2020).**

III.1.2 Prévalence globale du parasite

La prévalence de la cryptosporidiose dans les troupeaux varie considérablement d'une étude à l'autre dans le monde entier **(Tomazic *et al*.,2018).** En général, chez les bovins, la prévalence dépasse souvent 50-60 %, et la prévalence cumulée approche les 100 % **(Santín *et al*., 2008).** À noter qu'en Algérie, la prévalence globale chez les bovins est estimée de 36.7% **(Laatamna et *al*.,2018).**

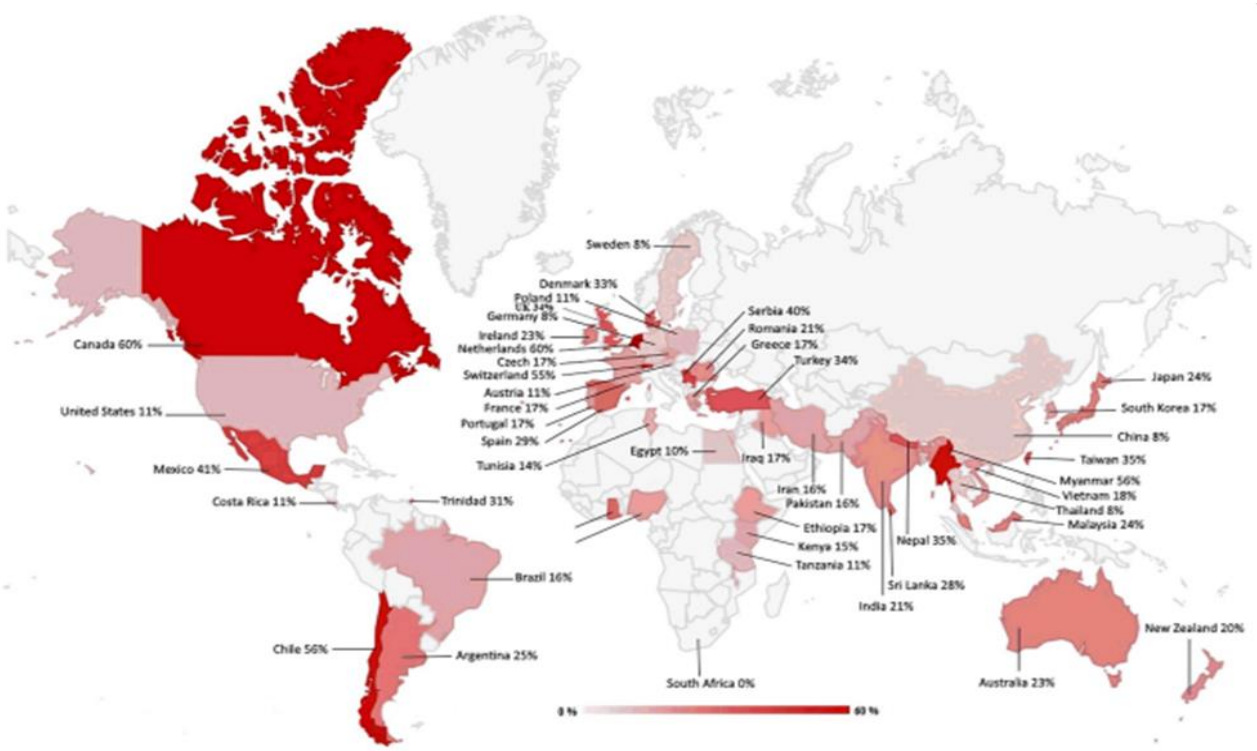


Figure 6 Prévalence globale de cryptosporidium dans différentes regions geographiques du monde.

La prévalence dans chaque pays a été déterminée à partir des données de microscopie conventionnelle chez les animaux d'élevage (bovins, ovins, caprins, porcins, chevaux et buffles) **(Nahavandi *et al*.,2019)**

Une étude systématique et une méta-analyse récentes sur le Cryptosporidium dans le bétail ont révélé que la prévalence chez les animaux d'élevage était plus élevée en Amérique et en Europe que sur les autres continents, ce qui pourrait être attribué à la production intensive d'animaux

d'élevage dans ces régions. La méta-analyse révèle que 18,9 % de l'ensemble des populations des espèces d'ongulés étudiées étaient infectées par le parasite **(Nahavandi *et al*.,2019).**

Dans une étude épidémiologique espagnole sur la prévalence et la répartition par âge des infections à C. parvum,44,4 % des veaux âgés de 3±4 jours étaient infectés et était également élevée chez les veaux sevrés âgés de 1,5±4 mois (14%), les veaux d'engraissement et les génisses âgées de 4±24 mois (7,7%) et les adultes (17,8%) (**De Graaf *et al*.,1999**). En revanche, une autre étude entreprise au Etats unis, indique que Cryptosporidium a été détecté chez 43,1 % des veaux génisses pré-sevrés, l'infection était plus répandue chez les jeunes veaux, 63,3 % des veaux âgés de moins de 2 semaines étant positifs, contre seulement 9,1 % des veaux âgés de plus de 6 semaines. **(Urie *et al*.,2018)**

À l'aide d'un test d'immunochromatographie latérale rapide (IC), des antigènes de Cryptosporidium ont été détectés chez 58 veaux pré-sevrés au Koweït soit 33,1 % **(Majeed *et al.*,2022)**

Quelques études sur la cryptosporidiose des poulets de chair ont été documentées en Afrique (Algérie, Tunisie, Maroc et Côte d'Ivoire) **(Squire & Ryan, 2017),** où la plupart d'entre elles ont rapporté une prévalence variant de 4,5 % à 34,4 % dans les échantillons fécaux des oiseaux examinés. L'Algérie étant de 8.9% **(Laatamna *et al*.,2018).** En Chine, elle a été calculée comme étant de 3,96% chez les oiseaux sauvages ainsi que la prévalence moléculaire chez les volailles domestiques était de 2,9 % **(Gong *et al*.,2021 ; Wang *et al.*,2021).**

III.2 Epidémiologie analytique

III.2.1 Source de contamination et mode de transmission

Les formes émises dans les fèces des jeunes veaux infectés sont incriminées davantage dans la transmission de ces parasites et sont considérés comme la source d'infection principale et la plus dangereuse. Toutefois, La majorité des bovins adultes peuvent être décrits comme des excréteurs d'oocystes de C. parvum mais leur importance dans la transmission de la maladie reste discutable. Néanmoins, ils peuvent jouer le rôle de réservoir et contribuer donc à la dissémination des parasites dans l'environnement **(Dubey.,1990 ; De Graaf *et al*.,1999 ; Geurden & Olson., 2011 ; Rieux., 2013)**. Les aliments contaminés par des excréments de souris sont une source possible d'infection.

L'eau de boisson peut constituer également le principal mode de distribution des oocystes, y compris dans les élevages de volailles. Étant donné que C. baileyi peut infecter une grande variété d'hôtes aviaires, les oiseaux sauvages peuvent jouer un rôle important dans l'épidémiologie de la cryptosporidiose **(Dubey.,1990 ; Sréter & Varga.,2000).**

La principale voie de transmission se fait par voie oro-fécale **(De Graaf *et al*.,1999)**. La voie transplacentaire était l'une des voies possibles de transmission du parasite aux veaux, mais les chercheurs n'étaient pas en faveur de cette hypothèse **(Thomson *et al*., 2019).** De plus, l'environnement contaminé présenté par des vecteurs mécaniques tels que les bottes de travail, les ustensiles d'alimentation, litière et les divers accessoires utilisés autour des étables pourraient être responsables de la transmission du parasite **(Dubey.,1990 ; Maldonado-Camargo et al.,1998 ; Santin *et al*.,2004)**. En outre, les rongeurs et les souris présents dans les locaux d'élevage doivent être considérés comme un vecteur important de C. parvum peuvent contribuer autant à la transmission du parasite **(Quy *et al*.,1999 ; Sréter & Varga.,2000 ; Zhao *et al*., 2014).**

Les mouches ont été suggérées comme vecteurs possibles, et d'autres sources hypothétiques d'infection suggérées comprennent les chats d'étable, les chiens qui mangent les excréments des veaux et les oiseaux sauvages **(Anderson.,1986).**

III.2.2 Facteurs prédisposant

De nombreux travaux ont montrés que la distribution du Cryptosporidium est liée à l'âge, à la race et au statut immunitaire **(Olson., 2002 ; Gong *et al*.,2017).** La sensibilité de jeunes animaux âgés de 3-4j à 3-4 semaines à ces parasites s'explique par leur système immunitaire peu performant, dès que la maturation immunitaire s'acquière, l'animal devient résistant **(Olson & Buret, 2001 ; Morin.,2002 ; Geurden & Olson, 2011).**

Certains auteurs impliquent d'autres facteurs notamment les méthodes d'examen et la taille des échantillons (influent sur la sensibilité et la précision des résultats), la dégradation des conditions sanitaires augmentent significativement le risque de cryptosporidiose **(Castro-Hermida *et al*.,2002 ; Taylor *et al*., 2007 ; Gong *et al*.,2017).** La litière semble avoir également beaucoup d'influence. Les sols en terre et en paille ont une capacité supérieure à retenir l'humidité par rapport aux sols en ciment, favorisant ainsi une meilleure survie du parasite **(Maldonado-Camargo *et***

***al*.,1998).** L'extension de la pratique de l'accumulation de litière dans les élevages avicoles est responsable de l'augmentation du nombre d'élevages infectés **(Goodwin *et al*.,1990).**

Dans une étude canadienne portant sur les veines de boucherie, il a été observé que l'effet saisonnier peut contribuer à la cryptosporidiose. Une prévalence plus élevée de cette maladie a été constatée pendant les saisons d'hiver et de printemps, qui correspond à la période de vêlage et donc à la période où le groupe à haut risque compte le plus grand nombre de veaux **(Mann *et al*.,1986 ; Delafosse *et al*., 2003 ; Akam *et al*., 2007)**

IV. Les signes cliniques

IV.1 Chez la volaille

Chez les oiseaux, la cryptosporidiose se manifeste principalement sous deux formes cliniques : la maladie respiratoire et la maladie intestinale. En général, une seule forme de la maladie est présente dans un foyer **(Lindsay & Blagburn.,1990).** Des études ont démontré que C. baileyi est placé parmi les agents à considérer dans le complexe des maladies respiratoires et que les pertes de production peuvent être élevées de manière inattendue, cela fait suite à la grave maladie des sacs aériens et l'effet négatif de la cryptosporidiose sur les performances de croissance et la pigmentation de la carcasse **(Blagburn *et al*.,1987 ; Goodwin *et al*., 1996)**

La cryptosporidiose naturelle chez les poulets se manifeste généralement par une maladie respiratoire et seulement occasionnellement par une maladie intestinale ou rénale **(Lindsay & Blagburn.,1990).** Il semble y avoir deux manifestations différentes de la maladie respiratoire : une atteinte des voies respiratoires supérieures comprenant la sinusite ("tête enflée") et une atteinte des voies respiratoires inférieures qui comprend la colonisation de la trachée, des bronches, des sacs aériens et des poumons révélant le plus souvent une dépression, léthargie, l'anorexie, l'asthénie, la toux, les éternuements, l'émaciation ,les gargouillis, la dyspnée et la conjonctivite, ainsi que l'augmentation de la mortalité **(De Graaf *et al*.1999; Sreter & Varga.,2000)**

Cryptosporidium spp. Peut également envahir les glandes salivaires et œsophagiennes, le proventricule, l'intestin grêle, le cæcum, le côlon, le cloaque et la bourse de Fabricius chez les oiseaux avec des manifestation cliniques gastro-intestinale (léthargie, diminution de la prise de poids, baisse de la pigmentation et diarrhée) **(Sreter & Varga.,2000**)

IV.2 Chez le veau

Les infections à Cryptosporidium sont fréquemment signalées comme cause majeure de diarrhée chez les jeunes veaux **(Radostits *et al.*, 2007 ; Blanchard., 2012 ; Santin.,2020)** et sont souvent déjà infectés au cours de la première semaine de vie **(Uga *et al.*, 2000).** Les signes cliniques deviennent évidents 3 à 5 jours après l'infection et leur durée peut varier de 4 à 18 jours **(De Graaf *et al.*,1999 ; O'Handley & Olson.,2006).**

La manifestation la plus évidente est une diarrhée aqueuse abondante, souvent jaune pâle avec des mucosités. Parallèlement à la diarrhée d'autres signes non spécifiques peuvent s'observer chez l'animal notamment d'inappétence, léthargie, de la fièvre, de la dépression et/ou d'un mauvais état de santé qui en résultent une diminution du taux de croissance durant les premières semaines de vie chez les jeunes animaux **(Enmark *et al.*,2003 ; Klein *et al.*,2008 ; Santin.,2013 ; Robertson *et al.*,2014 ; Santin.,2020)**. En outre, une cryptosporidiose sévère peut entraîner une déshydratation extrême, une acidose métabolique et la mort. Cependant, dans les troupeaux endémiques où les taux de morbidité atteignent 100 %, la mortalité est inhabituelle **(O'Handley & Olson.,2006 ; Santın *et al.*,2008)**

Les infections par C. andersoni ne provoquent pas de diarrhée, en revanche, elles peuvent compromettre la production lactée chez les vaches laitières **(Esteban & Anderson.,1995**) et entraîner une réduction significative du taux de prise de poids chez les bovins de boucherie **(Ralston *et al.*,2010).** De plus, l'infection concomitante par d'autres agents pathogènes, tels que le rotavirus, le coronavirus et l'Escherichia coli entéropathogène, peut aggraver les signes cliniques et prolonger la durée de la maladie **(Blanchard., 2012).**

V. Traitement

Jusqu'à présent, La recherche a exploré diverses molécules mais aucune n'a connu un succès marqué pour traiter la cryptosporidiose **(O'donoghue.,1995 ; Tzipori & Ward.,2002 ; Paraud & Chartier.,2012 ; Santin.,2020)**

Le lactate d'halofuginone connut sous le nom commercial de Halocur®, est le seul traitement homologué disponible pour le traitement et le contrôle de la cryptosporidiose chez les veaux. Cependant, sa disponibilité est limitée et reste un problème dans de nombreux pays **(De Graaf *et***

***al*.,1999 ; thompson *et al*.,2017 ; Tomazic *et al*.,2017 ; Santin.,2020).** Pour les veaux nouveau-nés, l'administration orale de lactate d'halofuginone est recommandée pendant les 7 premiers jours de vie, à une dose de 100 mg d'halofuginone base par kilogramme de poids corporel, il est généralement administré dans les 24 à 48 premières heures de vie à titre préventif ou dans les 24 heures suivant l'apparition de la diarrhée à titre d'agent thérapeutique **(Santin.,2020; Helmy & Hafez.,2022),** Son mécanisme d'action exact n'est pas entièrement compris, mais on pense qu'il affecte les stades mérozoïte et sporozoïte du parasite Cryptosporidium. Bien que le lactate d'halofuginone ne prévient ni ne guérisse complètement la maladie, il a été démontré qu'il réduit l'excrétion d'oocystes et la durée de la diarrhée chez les veaux traités **(Naciri *et al.*,1993 ; thompson *et al*.,2017)**

Certains médicaments alternatifs ont montré une efficacité partielle dans le traitement et le contrôle de la cryptosporidiose, mais leur disponibilité peut être limitée tels que la paromomycine qui est un antibiotique aminocyclitol dérivé de Streptomyces, a démontré des effets thérapeutiques chez les veaux, et l'azithromycine, a réduit l'excrétion d'oocystes et la gravité de la maladie Chez les veaux laitiers, mais son coût élevé empêche sa mise en œuvre **(Elitok *et al*., 2005 ; Tomazic *et al*.,2017)**

En ce qui concerne la cryptosporidiose aviaire, peu de rapports qui mentionnent la présence ou l'utilisation de médicaments anticoccidiens, et les médicaments couramment utilisés pour la thérapie et la chimioprophylaxie dans l'industrie avicole , tels que l' halofuginone, le lasalocide, les ionophores, les tétracyclines, l'amprolium et le toltrazuril, ont été testés contre la cryptosporidiose chez les poulets mais n'ont pas suffisamment réduit l'intensité de l'infection à C. baileyi.à moins d'être utilisé à des doses toxiques. Néanmoins, la paromomycine s'est avérée être le médicament le plus efficace testé à ce jour, et il a été suggéré qu'en combinaison avec des procédures sanitaires et une désinfection appropriée, elle pourrait contribuer au contrôle de la cryptosporidiose du poulet **(Sreter & Varga.,2000 ; De Graaf *et al*.,1999 ; Tomazic *et al*.,2017).**

Le traitement de soutien implique la réhydratation et le remplacement des liquides et des électrolytes par voie orale ou intraveineuse qui s'est avéré bénéfique pour traiter la déshydratation associée à la diarrhée aiguë en attendant la guérison spontanée de de plus, La nutrition parentérale peut parfois être jugée nécessaire pour reposer l'intestin et les composés antidiarrhéiques peuvent

aider à contrôler la perte de liquide **(O'DONOGHUE.,1995 ; Smith & Nichols.,2007 ; Santin.,2020).**

V.1 Prophylaxie

En raison de l'absence de traitement efficace, la prévention de la cryptosporidiose repose principalement sur l'élimination et/ou la réduction de la contamination de l'environnement par des oocystes infectieux **(Fayer & Xiao.,2007).** A cet effet des stratégies de gestion efficaces et des mesures d'hygiène préventives devront être respectées notamment la réduction de la densité de peuplement dans les fermes, la séparation des vaches et des veaux immédiatement après la naissance, suivie de la gestion des veaux dans leur groupe d'âge respectif **(Harp & Goff., 1998 ; Santin.,2020)**

Il est impératif également de séparer les animaux malades des animaux sains qu'ils doivent être mis en quarantaine dans des installations capable d'être nettoyés et désinfectés. Cela peut être réalisé grâce à l'application de chaleur humide et la fumigation au formaldéhyde ou à l'ammoniac ainsi l'utilisation de désinfectants chimiques efficaces comme HydrogenPeroxide été également recommandées pour la décontamination. De plus, l'utilisation des lits de paille propres et abondants contribue à réduire la contamination. Par ailleurs, il est essentiel d'administrer aux nouveaux-nés des quantités appropriées de colostrum **(Campbell *et al*., 1982 ; De Graaf *et al*.,1999 ; Sreter & Varga.,2000 ; Stockdale *et al*., 2008 ; Helmy & Hafez.,2022).** En ce qui concerne l'environnement de logement des veaux, l'utilisation d'un sol en béton, une litière d'une profondeur supérieure à 11 cm avec un ajout quotidien de litière propre, ainsi que l'alimentation avec du lait fermenté sont autant de mesures qui ont prouvé leur efficacité pour réduire la charge de Cryptosporidium **(Tomazic *et al.*,2017).**

La lutte contre la cryptosporidiose dans l'industrie de la volaille demeure un défi, car ces méthodes d'assainissement traditionnelles sont souvent plus adaptées aux petites exploitations. De plus, il convient de noter que les ténébrions et d'autres insectes peuvent servir de vecteurs pour les coccidies, ce qui complique davantage la situation **(Sreter & Varga.,2000).**

Il n'existe malheureusement pas à ce jour de vaccin contre la cryptosporidiose. Les chercheurs se sont tout de même intéressés à la réponse vaccinale des veaux. Des études ont donné des résultats

intéressants dans des conditions expérimentales, les veaux immunisés avec des oocystes inactivés ont montré une réduction de la diarrhée et de l'excrétion des oocystes. Néanmoins, le vaccin n'était pas efficace sur le terrain **(Thomson *et al.*, 2017).**

CHAPITRE 2 : LA GIARDIOSE

I. GENERALITES

I.1 Historique du Giardia

La première description de Giardia remonte à 1681 où elle fut découverte par Antony Van Leeuwenhoek en examinant au microscope ses propres selles diarrhéiques. Cependant, une description plus détaillée sur les caractéristiques morphologiques de ce parasite n'a pas eu lieu jusqu'à 1859, lorsqu'il a été observé par Czechwilhem Lambl qu'il nomma Cercomonas intestinalis **(Dobell.,1920 ; Ansari.,1951 ; Adam.,2001 ; Ford., 2005 ; Midlej *et al.*, 2017).**

En 1882, Kunstler établit le genre Giardia pour un flagellé à symétrie bilatérale, Giardia agilis, qu'il découvrit dans les intestins de têtards, et en 1888, Blanchard a suggéré que le genre soit nommé Lamblia inestinalis **(Ansari.,1951 ; Meyer.,1979 ; Adam.,2001 ; Smith & Paget.,2007)**

Certains chercheurs suggèrent des noms d'espèces sur la base de l'hôte d'origine et d'autres se concentrant sur la morphologie. Par exemple, plus de 40 noms d'espèces ont été proposés sur la base de l'hôte d'origine **(Kulda & Nohynkova.,1978).** Simon, quant à lui, a utilisé des critères morphologiques pour distinguer entre G. lamblia et G. muris et a accepté le nom de G. lamblia pour la forme humaine **(Simon.,1922).**

En 1952, Filice a publié une description morphologique détaillée de Giardia et sur la base de ces critères morphologiques, il a proposé que trois noms d'espèces à utiliser, G. lamblia, G. muris et G. agilis **(Filice.,1952 ; Wolf.,1992 ; Geurden et *al.*, 2010).**

De plus, deux espèces de Giardia ont été reconnues chez les hôtes aviaires sur la base de la morphologie des trophozoïtes et des kystes : G. ardeae et G. psittaci, respectivement en 1920 et 1981 **(Erlandsen & Bemrick., 1987 ; Erlandsenet *al.*, 1990 ; Ryan &Cacciò., 2013 ; Jian *et al.*, 2021).**

En 1979, l'OMS a reconnu Giardia comme agent zoonotique **(WHO.,1979).**

II. ETUDE DU PARASITE

II.1 Systématique

II.1.1 Taxonomie

Dans l'ancienne systématique basée sur la morphologie, Giardia est un parasite protozoaire qui appartient à l'embranchement des Sarcomastigophora (noyau de type unique, flagelles, pas de formation de spores), au sous-embranchement des Mastigophora (un ou plusieurs flagelles généralement présents dans les trophozoïtes, reproduction asexuée par fission binaire longitudinale), la classe Zoomastigophorea (pas de chromatophores, un ou plusieurs flagelles) et a été classée dans l'ordre Diplomandida (quatre paires de flagelles, deux noyaux, pas de mitochondries, pas de Golgi, kyste, vivant librement ou parasite), et la famille Hexamitida (symétrique bilatéralement, de forme ovale avec duplication des organelles) **(Levine *et al*.,1980; Adam.,1991; Olson & Buret., 2001; Smith & Paget.,2007;Plutzer *et al*., 2010).** Cependant, Giardia pourrait être l'eucaryote le plus primitif d'après ses séquences d'ARNr à petites sous-unités **(Sogin, Gunderson *et al*., 1989**).

Selon la classification la plus récente basée sur des données génétiques, structurelles et biochimiques, le Protozoaire appartient au Phylum Metamonada, au SubphylumTrichozoa, à la Superclasse Eopharyngia, à la Classe Trepomonadea, à la Sous-classe Diplozoa, à l'Ordre Giardiida et à la Famille Giardiidae **(Cavalier & Smith.,2003).**

II.1.2 Espèces de Giardia

Les espèces du genre Giardia infectent de nombreux hôtes, allant des mammifères aux amphibiens et aux oiseaux. La taxonomie du genre est principalement basée sur les caractéristiques morphologiques des trophozoïtes et/ou des kystes et sur des preuves génétiques. Selon ces critères, six espèces ont été reconnues dans le genre Giardia, à savoir G. duodenalis chez l'homme et les autres mammifères, G. agilis chez les amphibiens, G. muris et G. microti chez les rongeurs, G. psittaci et G. ardeae chez les oiseaux **(Wolfe.,1992 ; Olson *et al*.,2004 ; Feng & Xiao.,2011 ; Ryan & Cacciò.,2013 ; Siwila., 2017).**

L'absence de différences morphologiques entre les variants génétiques trouvées chez les mammifères a conduit à une catégorisation informelle de ces génotypes sur la base des différences génétiques (tableau 2) **(Olson *et al*., 2004 ; Smith & Paget., 2007 ; Geurden *et al*., 2010)**. Les

analyse phylogénétique et l'électrophorèse enzymatique ont révélé l'existence de huit assemblages A-H au sein de l'espèce G. duodenalis. Ainsi, il a été proposé d'adopter les noms de G. duodenalis pour l'assemblage A, Giardia enterica pour l'assemblage B, Giardia canis pour les assemblages C et D, Giardia bovis pour l'assemblage E, Giardia cati pour l'assemblage F et Giardia simondi pour l'assemblage G. L'assemblage H a été rapporté chez des pinnipèdes comme le phoque gris **(Thompson & Monis.,2004 ; Monis *et al.*,2009 ; Lasek-Nesselquist *et al.*,2010 ; Ryan & Cacciò.,2013 ; Minetti *et al.*, 2016 ; Siwila.,2017 ; Cacciò *et al.*, 2018 ; De Aquino *et al.*, 2020)**.

Parmi les assemblages de G. duodenalis, les assemblages A et B ont la plus large spécificité d'hôte, ayant été trouvés pour infecter les humains et divers autres mammifères. L'assemblage A est fréquemment trouvé chez le bétail (bovins, buffles d'eau, moutons, chèvres, alpagas et porcs) et les animaux de compagnie (chiens, chats et chevaux). En revanche, l'assemblage B est moins fréquemment signalé, avec seulement quelques rapports d'infection de bovins **(Cacciò, Thompson *et al.*, 2005 ; Xiao & Fayer., 2008 ; Feng & Xiao., 2011).**

Les infections à Giardia duodenalis chez les bovins sont également divisées actuellement en deux génotypes : le génotype zoonotique (assemblage A) et le génotype des animaux à sabots (assemblage E) **(Gow & Waldner., 2006).**

Les tableaux 2 et 3 présentent ci-dessous les différentes espèces retrouvées dans le genre Giardia ainsi que les assemblages chez divers hôtes.

Tableau 2 Espèces reconnues du genre Giardia 1952-2007 **(Monis et al.,2009)**

Espèces	Hôte	Caractéristiquesmorphologiques
G. duodenalis	Largeéventail de mammifères domestiques et sauvages (l'homme)	Trophozoïtes piriformes avec des corps médians en forme de griffes.
G. agilis	Amphibiens	Trophozoïtes longs et étroits avec des corps médians en forme de massue
G. muris	Rongeurs	Trophozoïtes arrondis avec petits corps médians ronds

G. ardeae	Oiseaux	Trophozoïtes arrondis, avec un flagelle caudal rudimentaire et corps médians ronds-ovales en forme de griffe
G. psittaci	Oiseaux	Trophozoïtes en forme de poire, sans collerette ventrolatérale. Corps médians en forme de griffes
G. microti	Rongeurs	Trophozoïtes similaires à ceux de G. duodenalis. Les kystes matures contiennent des trophozoïtes entièrement différenciés

Tableau 3 Groupes génotypiques de Giaridia duodenalis **(Thompson.,2003 in Olson et al.,2004)**

Assemblage (regroupementgénotypique)	Hotes
Assemblage A (Group I)	Humains et autres mammifères ; zoonotique
Assemblage A (Group II)	Principalement des humains;zoonotique
Assemblage B (Group III)	Humains et autres mammifères ; zoonotique
Assemblage B (Group IV)	Humains
Assemblage C/D	Chiens
Assemblage E	Bétail
Assemblage F	Chats

II.2 Caractères biologiques et morphologiques

II.2.1 Morphologie

La Giardia a un cycle de vie simple qui alterne entre un stade de trophozoïte intestinal et le stade de kyste infectieux qui est relativement inerte et résistant à l'environnement **(Ortega &Adam., 1997 ; Elmendorf et *al*., 2003).**

II.2.1.1 Forme végétative

Le stade des trophozoïtes de Giardia a un aspect morphologique caractéristique et distinctif. Il s'agit d'organismes flagellés binucléés (figure 7), mesurant 12 à 18 µm de longueur, de leur extrémité large (antérieure) à leur extrémité étroite (caudale ou postérieure), jusqu'à 10 µm de largeur et 2 à 4 µm d'épaisseur.

Le trophozoïte a un aspect pyriforme avec une extrémité antérieure arrondie et une extrémité postérieure effilée, avec un disque concave unique situé dans la moitié antérieure de la surface ventrale aplatie, Le disque ventral qui est fait de microtubules agit comme une ventouse, permettant une fixation mécanique à la surface de l'intestin. Il possède quatre paires de flagelles disposées en symétrie bilatérale, deux axonèmes et deux corps médians composés de microtubules disposés transversalement dans la partie médiane de l'organisme, bien que la fonction de ceux-ci reste inconnue. De plus, le trophozoïte possède deux noyaux identiques et actifs sur le plan transcriptionnel contenant cinq chromosomes polyploïdes **(Wolfe., 1992 ; Thompson *et al*., 1993 ; Ortega & Adam., 1997 ; Olson & Buret., 2001 ; Ford., 2005).**

Le système membranaire comprend 3 organites giardiques clairement discernables : le réticulum endoplasmique (RE) qui s'étend bilatéralement à travers le corps cellulaire et est composé de petites citernes , tandis que pendant le processus d'enkystement, le nombre de citernes du RE augmente, des mitochondries résiduelles (mitosomes) localisées au centre de la cellule mais également dispersées dans le cytoplasme et un ensemble unique de vésicules appelées vésicules périphériques (PV) juste en dessous de la membrane plasmique. On pense que les PV constituent la principale voie d'absorption des nutriments par le parasite, mais l'éventail de leurs fonctions, leur morphogenèse et leur propagation restent flous **(Wampfler *et al*., 2014 ;Midlej *et al*., 2017).**

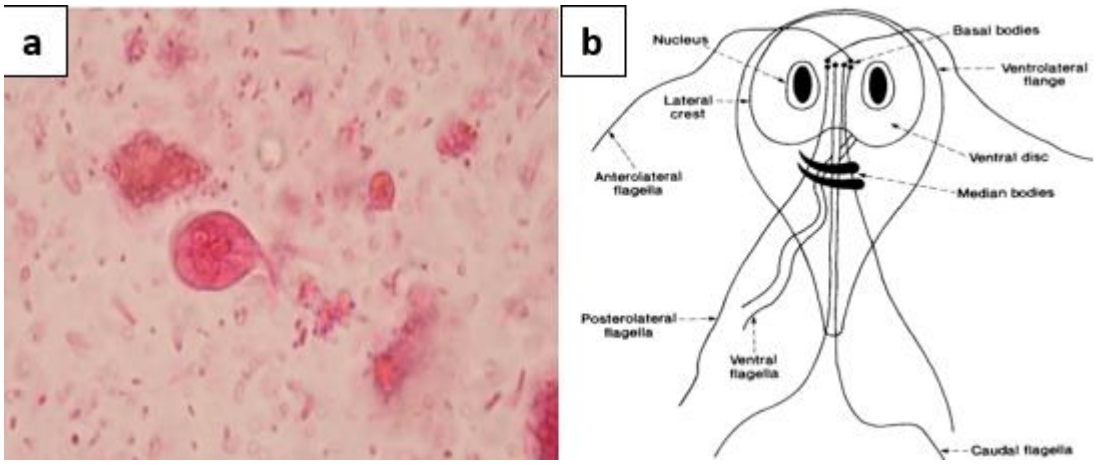


Figure 7 Structure et morphologie du trophozoite de Giardia spp

(a) Trophozoïtes de Giardia intestinalis. Fixation de selles fraîches par MIF, objectif ×100.

(Source : eANOFEL.2017)

(b) schema d'un trophozoite du Giardia (**Thompson & Reynoldson.,1993)**

II.2.1.2 Forme kystique

Le stade infectieux transmissible est le kyste qui est de forme elliptique et d'environ 8-12 μm de long et 7-10 μm de large et est entouré d'une paroi protéique fibreuse. En microscopie optique, on peut souvent reconnaître dans les kystes colorés chimiquement deux ou quatre noyaux (selon que la division nucléaire est terminée ou non), des composants du disque ventral, des axonèmes intracellulaires et des vacuoles périphériques (figure 8).

Après avoir étudié G. microti en détail, il a été décrit trois types de kystes : les kystes individuels simples (ceux qui ont deux noyaux), les kystes binaires (avec quatre noyaux) et les kystes à fission multiple (avec jusqu'à 16 noyaux) **(Feely.,1988 ; Erlandsen et *al*.,1990 ; Thompson *et al*.,1993 ; Olson & Buret., 2001).**

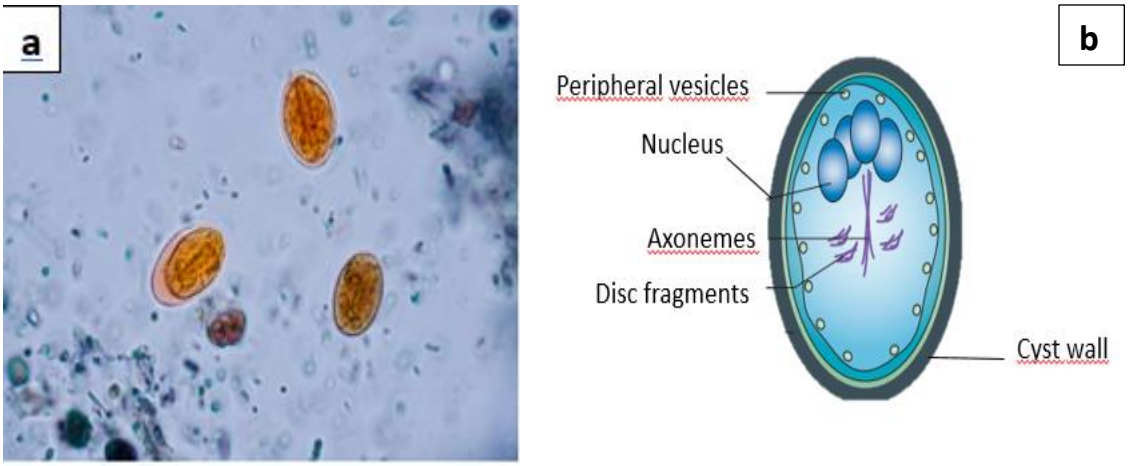


Figure 8: (a) Kystes de Giardia intestinalis .Coloration au Lugol, objectif ×100 (b) schéma d'un kystede giardia duodenalis **(Ankarklev et al.,2010 ;Source : collection ANOFEL, CHU d'Angers.2017)**

II.2.2 Habitat

Les trophozoïtes résident dans l'intestin grêle proximale (duodénum et début du jéjunum), ils se fixent sur la bordure en brosse de l'épithélium, généralement dans les régions basales des villosités **(Stevens.,1982 ; Kirkpatrick.,1987 ; Taylor & Webster.,1998)** et même au niveau des cryptes duodénales **(Ripert.,1996).** La fixation est permise grâce aux mouvements des flagelles générant une force de succion sous le disque adhésif ventral. Aussi par un mécanisme de reconnaissance cellulaire impliquant les protéines membranaires du parasite (lectine) et les protéines des entérocytes (trypsine) **(Ripert.,1996 ; Beugnet et *al*.,2000).**

Certains trophozoïtes se détachent et restent libres dans la lumière intestinale où ils se divisent par fission binaire, d'autres subissent l'enkystement au cours du transit intestinal dans la partie postérieure de l'intestin grêle **(Kirkpatrick.,1987 ; Gibson *et al*.,1999)**

Giardia est un organisme non invasif **(Lindquist *et al*.,2005 ; Dixon.,2020)**. Bien que les trophozoïtes de G. duodénalis soient généralement localisés dans l'intestin grêle proximal, ils ont été identifiés dans l'estomac, l'intestin grêle distal, le cæcum et le pancréas **(Halliez & Buret.,2013).**

II.2.3 Résistance

Les kystes sont la forme de résistance du parasite dans le milieu extérieur alors qu'ils sont relativement fragiles. La résistance varie de quelques jours à quelques semaines dans un milieu

humide à froid (4 jours à 37°C, 1 mois à 21°C, 2 mois à 8°C), ils sont par contre sensibles à la dessiccation (température supérieure à 50°C), à la sécheresse et aux désinfectants usuels comme les ammoniums quaternaires **(Kirkpatrick.,1984 et 1986 ;Beugnet *et al.*, 2004**).Il a été rapporté qu'ils restaient viables pendant plusieurs mois dans l'eau à des températures inférieures à 10 ˚C et plusieurs semaines à température ambiante **(Cernikova *et al*.,2018)**. Les kystes résistent également au traitement de l'eau courante par le chlore ou le permanganate de potassium ; en revanche, ils sont rapidement détruits par l'ébullition ainsi que l'eau de mer diminue leur viabilité **(Bourdeau., 1993 ; Brown *et al*., 1999).** À la différence de l'eau de Javel, les désinfectants à base d'ammonium quaternaires semblent efficaces contre les kystes de Giardia en une minute à température ambiante **(Barr.,1998).**

(Nicholes & Smith.,2002), citent des données sur la résistance des kystes de Giardia aux traitements physiques et chimiques. Les kystes de G. muris peuvent survivre pendant plus de 3 mois dans les eaux froides de surface ; Cependant, la congélation (13°C) pendant 14 jours et la décongélation réduisent la viabilité des kystes à <1%, tandis que le stockage des kystes à 8°C pendant 77 jours réduit l'excystation de G. intestinalis à <5%.

II.3 Cycle de vie

Le cycle de vie de Giardia comporte deux étapes distinctes, à savoir un trophozoïte en prolifération et un kyste infectieux qui résiste aux conditions environnementales difficiles **(Meyer & Jarroll.,1980 ; Leung *et al*.,2019 ; Fink *et al*.,2020)** (Figure 9).

L'infection de l'hôte est initiée par l'ingestion de kystes suivie de l'excystation et de la colonisation de l'intestin grêle par le trophozoïte. Ensuite, les trophozoïtes végétatifs subissent des changements biologiques spectaculaires pour survivre en dehors de l'intestin de leur hôte, en se différenciant en kystes résistants (enkystation) **(Bernander *et al.*,2001 ; Svard *et al.*,2003 ; leung *et al*.,2019).**

II.3.1 Excystation

Après l'ingestion, le processus d'excystation commence dans l'estomac déclenché par l'exposition à l'acide gastrique à pH 1-2, et se termine dans la première partie de l'intestin grêle encore plus loin par l'exposition à la bile à pH plus alcalin et aux protéases pancréatiques notamment la trypsine **(Farthing.,1996 ; Carranza & Lujan.,2010 ; Leung *et al*.,2019).** Cependant, il est également

possible que Giardia exyste à un pH neutre conduisant à la libération de deux ou quatre trophozoïtes mobiles **(Halliez & Buret.,2013 ; Adam.,2021).**

Il a été démontré expérimentalement que l'excystation in vitro est induite par des stimuli qui imitent les conditions gastro-intestinales (**Gillin & Reiner.,1996)**

II.3.2 Colonisation et invasion des entérocytes

De manière caractéristique, les trophozoïtes flagellés habitent principalement l'intestin grêle proximal (duodénum et jéjunum) et sont des parasites extracellulaires qui n'envahissent pas les cellules de l'intestin grêle. Ils restent plutôt attachés à la bordure en brosse épithéliale par le disque adhésif ventral **(Meyer & Jarroll.,1980 ; Einarsson.,2016),** ce parasite s'y reproduit par fission binaire où certains restent et seront alors responsable de l'expression clinique de la maladie, tandis que d'autres s'enkystent et sont éliminés dans les selles, complétant ainsi le cycle de vie **(Gillin et al.,1987).**

Giardia est incapable de synthétiser ses propres phospholipides membranaires à partir de précurseurs et, par conséquent, la disponibilité de lipides biliaires (phospholipides et de stérols) dans l'intestin grêle proximal pourrait être la principale raison pour laquelle le parasite a une prédilection pour coloniser cette région de l'intestin **(Farthing.,1996 ; Adam.,2001)**

Récemment, des études in vitro qui ont été faites sur un modèle de co-incubation entre les cellules Cacao2 et giardia ont démontré le rôle prédominant des mécanismes cytosquelettiques plus précisément des microtubules et les microfilaments contractiles, dans l'attachement et l'adhérence du parasite sur les entérocytes. En outre, l'attachement est médié par une lectine de surface avec une spécificité pour les résidus de D-mannosyl et de D-glycosyl, suggérant que la lectine serve à localiser la giardia à son site intestinal préféré et que les trophozoïtes se réorientent ensuite et se fixent via le disque ventral **(Inge *et al*.,1988 ; Magne *et al*.,1991 ; Katelaris *et al*.,1995).**

II.3.3 **L'enkystement**

Les trophozoïtes commencent à s'enkyster in vivo lorsqu'ils migrent vers la partie inférieure de l'intestin grêle et s'étendant même jusqu'au gros intestin **(Bourdoiseau.,1993 ; Lujan *et al*.,1998).**

Les trophozoïtes perdent la capacité de s'attacher à la muqueuse intestinale favorisé par la réponse immunitaire de l'hôte ; le disque ventral se fragmente **(Palm *et al*.,2005)**, les flagelles sont

internalisés et le métabolisme diminue également lorsque les cellules s'arrondissent ce qui augmente par la suite l'exposition aux facteurs qui accélère le processus d'enkystement **(Lauwaet *et al*.,2007 ; Einarsson & Svärd.,2015)**

Le pH d'environ 7.8, la concentration en acides gras et en acide lactique ainsi que la présence de sels biliaires semblent être des conditions nécessaires dans l'activation du phénomène d'enkystement **(Gillin *et al*.,1989 ; Bourdeau.,1993).** Par ailleurs, il a été montré que la membrane plasmique du trophozoïte devenait perméable suite à une privation en cholestérol induisant une cascade enzymatique (transduction du signal) à l'origine de l'expression des gènes impliqués dans le phénomène d'enkystement **(Lujan *et al*.,1996.1998).**

Ce dernier, peut être divisé en trois étapes principales. La première est la réception du stimulus d'enkystement, la transmission de ce signal aux noyaux, et l'expression des gènes spécifiques de l'enkystement. La deuxième étape comprend la synthèse des précurseurs et des molécules de la paroi du kyste, la biogenèse des organelles sécrétoires absentes dans les trophozoïtes non enkystiques, et le trafic intracellulaire des composants de la paroi du kyste. Enfin, la dernière étape de l'enkystement comprend l'exocytose des ESV puis l'assemblage de la paroi extracellulaire du kyste **(Carranza & Lujan.,2010).**

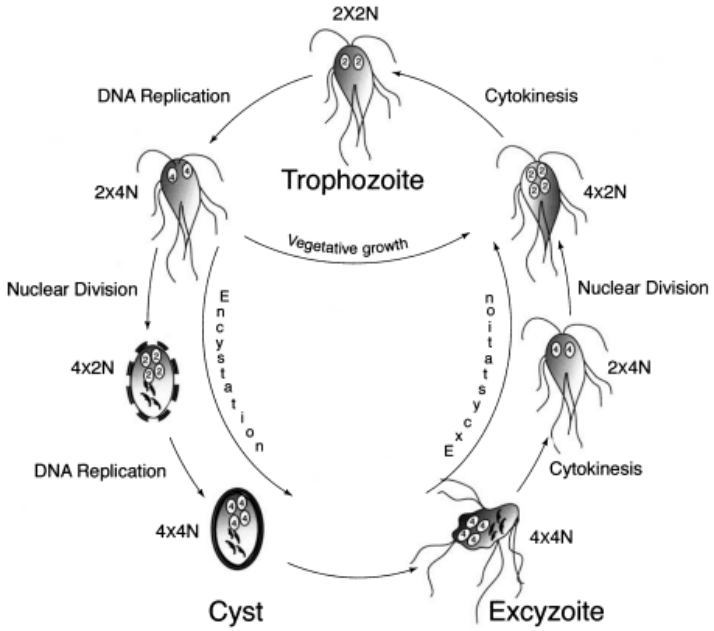


Figure 9 : Schéma représentatif du cycle de Giardia intestinalis **(Svärd *et al*.,2003)**

II.4 Caractères physiopathologiques

En dépit de l'ubiquité du protozoaire, la pathogénicité de Giardia n'est pas complètement élucidée. Les trophozoïtes de Giardia adhèrent fortement à la surface épithéliale de l'intestin via un disque adhésif ventral, cette fixation étroite entre les trophozoïtes de Giardia et les cellules épithéliales intestinales déclenche une série d'événements qui aboutissent à la production de la diarrhée. À ce jour, on pense que ces étapes physiopathologiques dont beaucoup sont encore hypothétiques impliquent une augmentation des taux d'apoptose des entérocytes, un dysfonctionnement de la barrière de l'intestin grêle, une activation des lymphocytes de l'hôte, un raccourcissement des microvillosités de la bordure en brosse avec ou sans atrophie villositaire concomitante, des déficiences en disaccharidase, une malabsorption de l'intestin grêle, une hypersécrétion d'anions et une augmentation des taux de transit intestinal **(Buret *et al*.,2002 ; Cotton *et al*., 2011 ; Einarsson*et al*.,2016 ; Allain & Buret.,2020).**

II.4.1 Pathogénie dela malabsorption- maldigestion

Les infections à Giardia spp induisent un raccourcissement diffus des microvillosités de la bordure en brosse de l'épithélium **(Buret *et al*.,1991,1992 ; Scott *et al*., 2000)** associée à une réorganisation et une perturbation du cytosquelette des cellules épithéliales intestinales et les jonctions qui les relient (un réarrangement de la F-actine et de l'alpha-actinine péri jonctionnelle) **(Teoh.,2000 ; Certad et *al*., 2017 ; Allain & Buret., 2020).**

Les lésions de la bordure en brosse se traduisent par une baisse de l'activité de la disaccharidase et une diminution de la surface des microvillosités qui, à leur tour, entraînent une altération de la digestion et une malabsorption du glucose, des électrolytes et de l'eau qui conduisent à une réduction de la croissance **(Buret *et al*., 1991 ; Cevallos *et al*., 1995 ; Troeger *et al*., 2007).** D'autres altérations ont été décrites, notamment la malabsorption de certains nutriments - disaccharides (par exemple, lactose, maltose), vitamines A et B12 et surtout des graisses suite à l'inhibition de la lipase pancréatique par le parasite, ce qui indique que le dysfonctionnement s'étend à l'iléon (**Stevens.,1982 ; Kirkpatrick.,1987).** Il est intéressant de constater que ce raccourcissement généralisé des microvillosités est observé le long de l'ensemble de la paroi

épithéliale, aux sites d'attachement des trophozoïtes ainsi que dans d'autres zones **(Buret *et al*., 1991, 1992).**

Certains rapports suggèrent que les trophozoïtes produisent une obstruction mécanique en recouvrant la muqueuse intestinale, bloquant ainsi les activités d'absorption liées aux graisses et aux vitamines liposolubles **(Meyer.,1979).**

II.4.2 Pathogénie de la diarrhée

La malabsorption des nutriments et des électrolytes qui fait suite à une déficience de diverses enzymes de la bordure en brosse (**Faubert., 2000 ; Buret., 2007)** crée un gradient osmotique qui attire l'eau dans la lumière de l'intestin grêle, entraînant une distension de l'intestin grêle et un péristaltisme rapide (**Morken *et al*., 2008).**En outre, la maladie diarrhéique résulte également d'une augmentation de la vitesse de transit intestinal due à la dégranulation des mastocytes et aux réponses immunitaires adaptatives **(Li *et al*., 2006, 2007)**

L'hypersécrétion de chlorure peut également contribuer à la diarrhée dans la giardiase. Dans certains cas, l'infection à Giardia peut induire une hypersécrétion de bile, qui, lorsqu'elle est associée à une malabsorption des lipides, peut conduire à une stéatorrhée **(Allain *et al*., 2017).**

II.4.3 Apoptose

Des études ont maintenant confirmé que l'infection par Giardia duodenalis est effectivement associée à des taux accrus d'apoptose des entérocytes **(Troeger *et al*., 2007).** Giardia peut également empêcher la formation d'oxyde nitrique épithélial, un composé connu pour inhiber la croissance giardienne, en consommant de l'arginine locale, ce qui élimine efficacement le substrat nécessaire aux entérocytes pour produire de l'oxyde nitrique **(Eckmann *et al*., 2000**). Ce mécanisme peut contribuer à l'apoptose des entérocytes induite par Giardia, puisque la privation d'arginine dans ces cellules est connue pour provoquer la mort cellulaire programmée (**Potoka *et al*., 2003)**

La perte de l'intégrité mitochondriale libère également le facteur d'induction de l'apoptose (AIF), qui peut activer la dégradation apoptotique de l'ADN d'une manière indépendante des caspases **(Slee *et al*., 1999).**

Les observations faites à partir de modèles in vitro et in vivo ont établi que l'apoptose des entérocytes induite par Giardia est responsable de l'augmentation de la perméabilité intestinale pendant l'infection **(Scott *et al*., 2002)**

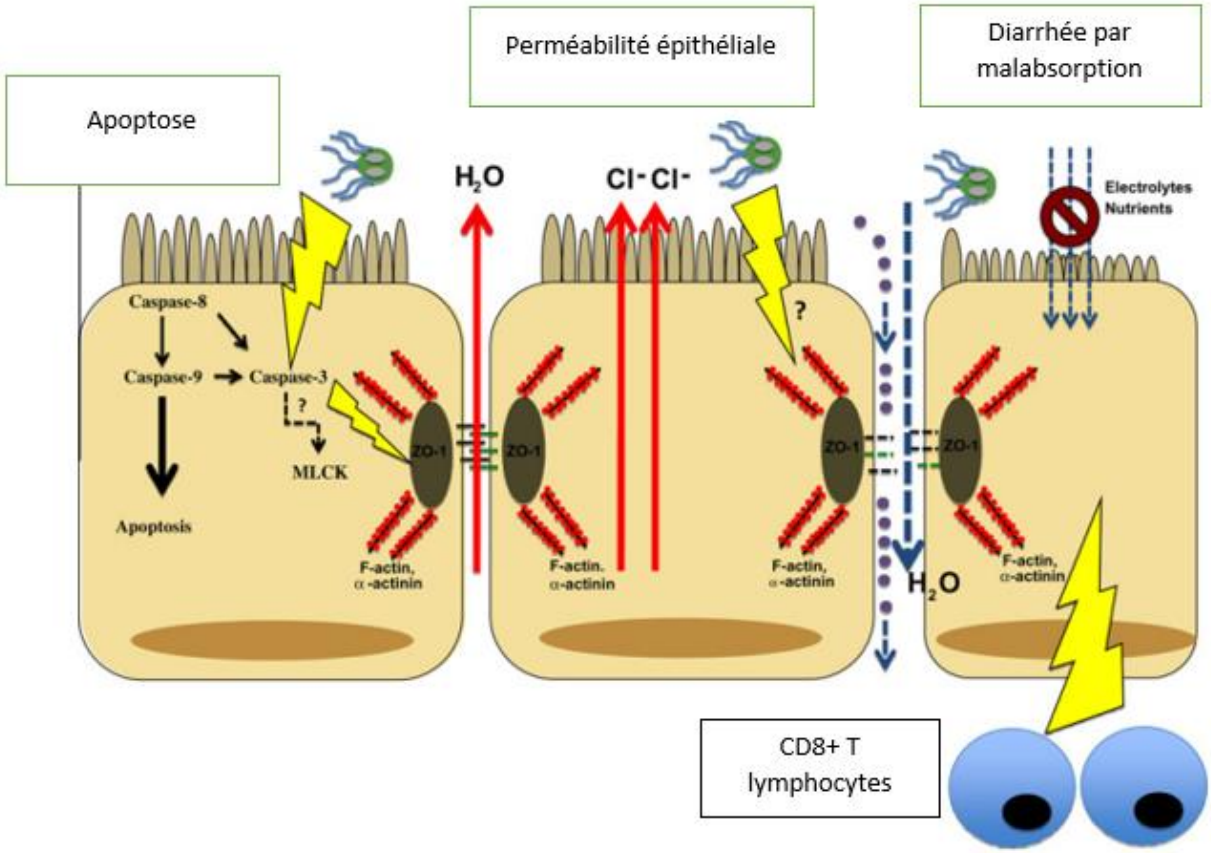


Figure 10 Pathogénie de Giardia duodenalis. D'après **(Cotton et al.,2011 modifié**)

III. Epidémiologie

III.1 Epidémiologie descriptive

III.1.1 Répartition géographique

Les espèces de Giardia sont des parasites zoonotiques repandus dans le monde entier **(Heinz., 2016 ; Santin.,2020 ; Lam *et al*., 2021)** mais il existe d'importantes variations dans la distribution géographique et l'épidémiologie. Les kystes survivent plus longtemps dans l'environnement dans

les zones fraîches et humides. Ainsi, dans les climats tempérés, qui tendent à être des zones de faible prévalence **(Adam.,2021)**

Giardia évolue de manière sporadique, elle peut sévir de façon épizootique chez les jeunes vivant en collectivité et elle a été incluse dans l'initiative de l'OMS sur les maladies négligées **(Savioli *et al*., 2006)**

III.1.2 **Prévalence globale**

Les différences de prévalence entre les études sont très probablement liées aux différentes pratiques de gestion, à l'âge des animaux examinés et aux méthodes de détection utilisées (**Naguib *et al*.,2018)**

Bien qu'il existe une distribution apparente liée à l'âge **(Xiao &Fayer., 2008**), les études de prévalence longitudinales et transversales indiquent un pic de prévalence qui a été principalement enregistrée chez les veaux âgés de 1 à 6 mois, plutôt que chez les animaux âgés de plus de 6 mois (**Xiao *et al*., 1994 ; Ralston *et al*., 2003 ; Geurden *et al*., 2010).**

Chez le bovin des prévalences variables ont été rapportées cependant les résultats des études de sa fréquence donnent des valeurs comprises entre 73 et 93 % **(Dixon., 2009 ; Geurden *et al*., 2010 ; Geurden& Olson., 2011 ; Ryan &Caccio., 2013).**

La prévalence à l'élevage est probablement plus informative que la prévalence animale pour étudier l'occurrence de l'infection dans une large population. Chez les bovins par exemple, la prévalence animale varie de 9 à 73% et la prévalence à l'élevage varie de 45 à 100% **(Geurden *et al*.,2010)**

La prévalence de la giardiase a été étudiée dans les populations d'oiseaux sauvages et captifs variait de 1,7 à 55 % **(Erlandsen *et al*.,1990)** et chez les poulets les taux d'infections ont été déterminés comme 8.5% **(Cao *et al*.,2020).**

III.2 Epidémiologie analytique

III.2.1 Source de contamination et mode de transmission

La contamination est de type oro-fécale, elle s'effectue directement par l'ingestion des formes quiescentes au moment du léchage du pelage, de la literie et du matériel d'élevage souillés

(Geurden & Olson., 2011 ; Bordoiseau *et al*., 2013), ou indirectement par l'environnement contaminé lors de la consommation d'aliment ou d'eau contenant les formes infectantes **(Caccio *et al*., 2009 ; Plutzer *et al*., 2010 ; Dixon., 2009 ; Geurden &Olson., 2011).** Le sol contaminé est considéré comme un réservoir suffisant pour l'infection des animaux nouvellement introduits **(Barwick *et al*., 2003).**

Le contact direct entre les bovins, en particulier les veaux, semble être la source la plus probable de transmission **(Xiao *et al*., 1993 ; O'Handley *et al*., 1999 ; Wade *et al*., 2000).** De plus, les formes émises dans les fèces des jeunes animaux malades sont incriminées davantage dans la transmission de ces parasites **(Dixon., 2009 ; Geurden& Olson., 2011**) en raison de leur forte prévalence et la forte excrétion parasitaire (**Xiao., 1994 ; Delafosse *et al*., 2003).**

La transmission inter-espèce est également établie. Une transmission croisée des oocystes et/ou des kystes des veaux vers les agneaux et vice versa a été signalée à plusieurs **reprises (Xiao., 1994 ; Olson & Buret., 2001 ; Xiao & Feng., 2008).** Cependant, des études ont démontrés une faible transmission inter-espèces entre les oiseaux et les mammifères. L'incapacité de transmettre la Giardia aviaire aux mammifères, et vice versa, a suggéré que les espèces de Giardia auraient une spécificité d'hôte restreinte entre les principaux groupes phylogénétiques et même des facteurs physiologiques liés à l'environnement intestinal ou à des différences de température corporelle entre les oiseaux et les mammifères peuvent être impliqués (**Erlandsen &Bemrick., 1987 ; Erlandsen *et al*., 1990)**

En outre, les mouches et les rongeures présents dans les locaux d'élevage peuvent représenter des vecteurs mécaniques et contribuer autant à la transmission du parasite **(Bajer., 2008 ; Thompson., 2008 ; Zhao *et al*., 2014).**

IV. Symptômes

Toutes les infections par la Giardiase n'entraînent pas forcément une manifestation symptomatique ; elles peuvent rester asymptomatiques. Les jeunes animaux sont les plus susceptibles de développer des symptômes cliniques. En outre, les symptômes sont généralement plus légers dans les milieux endémiques et plus graves lorsque des populations naïves sont infectées **(Olson & Buret.,2001 ; Krakovka.,2022).**

Bien que l'infection puisse devenir chronique, elle se résout aussi souvent spontanément **(Ankarklev *et al*., 2010).** Après une période d'incubation d'une à deux semaines, la maladie elle-même se développe avec une diarrhée de longue durée avec des selles grasses (fèces pâteuses à liquides d'aspect mucoïde) et malodorantes étant le symptôme le plus commun. Les autres symptômes comprennent des douleurs abdominales, d'autres manifestations intestinales, la malabsorption, la perte de poids et la fatigue **(Geurden *et al*.,2010 ; Adam., 2020).**

Des infections mortelles ont été signalées plus récemment chez les oiseaux (**Forshaw *et al*., 1992 ; Upcroft *et al*., 1997)** avec des maladies allergiques et des urticaires qui ont y été associées **(Adam., 1991 ; Di Prisco *et al*., 1993).**

V. Traitement

Le plus souvent, le traitement de la giardiase vise à réduire les signes cliniques qui peuvent être associés à l'infection, prévenir les complications et minimiser la transmission du parasite à d'autres hôtes. Cependant, les animaux asymptomatiques colonisés par le parasite peuvent également nécessiter un traitement (**Olson & Buret.,2001 ; Leung et al., 2019).**

De nombreux agents chimiothérapeutiques efficaces comprennent les nitroimidazoles (métronidazole, tinidazole), la quinacrine, et les benzimidazoles (fenbendazole, albendazole) sont disponibles pour le traitement de la giardiase **(Adam.,1991 ; Harris et al.,2001 ; Krakovka.,2022).** Ce dernier, passe par l'utilisation du fenbendazole et de l'albendazole, qui se sont révélés efficaces pour éliminer Giardia chez les veaux logés et en liberté et pour améliorer la structure et la fonction des microvillosités des muqueuses en l'espace d'une semaine **(Olson., 2004 ; Siwila., 2017).**

Le 5-nitromidazole notamment le metronidazole et le dimétridazole qui sont le plus couramment utilisé pour traiter la giardiase humaine ont éprouvé également une efficacité en obtenant une amélioration symptomatique en médecine vétérinaire. Cependant, les données sur la réduction de l'excrétion des kystes ne sont pas disponibles **(Geurden et al.,2010 ; Arguello-Gracia et al.,2020 ; Krakovka.,2022).**

La quinacrine est un médicament antipaludique très efficace dans le traitement de la giardiase. Un avantage supplémentaire de la quinacrine est sa capacité à inactiver les kystes de Giardia, ce qui entraîne le passage de kystes fécaux non viables pendant le traitement. Toutefois, elle est réservée

au traitement des cas réfractaires car elle présente plusieurs effets indésirables comme les nausées, les vomissements, l'hépatite et un profil de toxicité médiocre **(Gardner et Hill 2001 ; Olson & Buret.,2001 ; Carter et al. 2018).**

Récemment, il a été démontré que les lactobacilles probiotiques libèrent un facteur de bas poids moléculaire sensible à la chaleur qui inhibe la prolifération de trophozoïtes de Giardia et réduisaient la charge parasitaire, l'excrétion de kystes et la durée de l'infection **(Thompson.,2008 ; Allain et Buret, 2020 ; Argüello-García et al., 2020)**. Bien qu'il n'y ait actuellement aucun médicament homologué pour Giardia chez les ruminants, des médicaments anthelminthiques, tels que l'albendazole et le fenbendazole, ont été utilisés avec succès **(Siwila., 2017 ; Santin., 2020).**

En plus des molécules déjà décrites en amont, d'autres sont avérées très efficaces dans le traitement de la giardiase aviaire tel que le carnidazole et le ronidazole **(Clipsham.,1995 ; Clyde & Patton.,1996).**

VI. Prophylaxie

À ce jour, il n'existe toujours pas de vaccin ou de médicament efficace pour le traitement des animaux atteints de giardiose, ce qui rend difficile le contrôle de l'infection. Par conséquent, la meilleure stratégie consiste à d'adopter des mesures de gestion pour réduire la propagation de la maladie **(Aquino et al.,2020).** Toutefois des mesures prophylactiques d'hygiènes et une bonne gestion d'élevage peuvent être bénéfiques pour diminuer le nombre de kystes dans l'environnement de l'exploitation **(Santin.,2020)**

Il est impératif, tout d'abords, de séparer les animaux malades des animaux sains qu'ils doivent être mis en quarantaine dans des installations capable d'être nettoyés et désinfectés **(Stockdale et al., 2008).**

Ces pratiques d'hygiène doivent inclure un nettoyage et une désinfection complets des installations d'hébergement avant l'introduction des animaux à l'aide de produits tels que l'ammoniaque, le dioxyde de chlore, le dioxyde d'hydrogène, et l'ozone **(Aquino at al., 2020),** sans oublier les équipements principalement les systèmes d'alimentation et d'abreuvement qui doivent faire l'objet d'un nettoyage systématique **(Taylor et al., 2007 ; Stockdale et al., 2008)**. En outre, l'élaboration des stratégies pour réduire l'humidité et le maintien d'un environnement sec à l'intérieur des bâtiments peut entraver le développement des parasites **(Aquino et al.,2020).**

Utiliser d'aires de vêlage pour une seule vache et assurer une consommation adéquate de colostrum par les nouveau-nés afin de garantir l'établissement d'un système passif d'immunisation **(Urie et al.,2018 ; santin., 2020).**

En Amérique du nord, des vaccins destinés aux chiens et aux chats sont actuellement commercialisés sous les noms Giardia Vax® et FelO-Vax®. Le vaccin Giardia Vax® a notamment montré son efficacité sur les jeunes animaux qui présentent généralement des prévalences plus élevées. Dans le cas où la protection n'est pas totale, la vaccination permet de limiter l'intensité des signes cliniques, la durée du portage et donc la quantité de kystes excrétés **(Bertrand., 2005).** Néanmoins, une étude a démontré que la vaccination sous-cutanée contre la giardiase chez les veaux n'a pas été efficace pour réduire l'excrétion des kystes et bien au contraire, les veaux vaccinés avaient tendance à excréter plus de kystes que les veaux non vaccinés **(Uehlinger et al.,2007).**

CHAPITRE 3 : DIAGNOSTIC

I. Diagnostic non spécifique

Le diagnostic clinique de cette maladie repose sur l'observation d'une diarrhée chronique et intermittente avec des selles malodorantes chez un jeune animal, quoi qu'il reste difficile et aléatoire vu qu'il existe d'autres maladies pouvant s'exprimer cliniquement par des symptômes similaires d'où l'importance de consolider ce diagnostic par un autre différentiel **(Leib & Zajac., 1999).**

II. Diagnostic spécifique

Comme pour cryptospridium, les espèces de Giardia spp peuvent être détectées par de multiples méthodes de diagnostic reposant sur la mise en évidences des éléments parasitaires essentiellement dans les matières fécales.

L'identification microscopique de ces parasites dans les échantillons de selles est considérée comme la méthode de référence de diagnostic. Cette méthode permet de détecter les kystes ou oocystes et les trophozoïtes. La sensibilité des techniques de microscopie dépend de l'utilisation de méthodes directes ou de concentration, du nombre d'échantillons fécaux examinés et de l'emploi de personnes professionnellement formées (**Huang & White.,2006 ; Hooshyar et al.,2019).**

En outre, les méthodes microscopiques ne permettent pas la différenciation des espèces et des assemblages que les méthodes immunologiques et moléculaires qui ont montré une sensibilité nettement supérieure **(Gotfred-Rasmussen et al.,2016 ; dixon.,2020).**

II.1 Méthodes coproscopiques

Malgré les progrès des sciences biomédicales, entraînant des développements dans le diagnostic de laboratoire, l'examen (généralement des fèces) par microscopie reste la clé de voûte du diagnostic de laboratoire avec l'avantage qu'il ne s'agit pas d'une technique invasive. Les méthodes standard incluent l'examen direct des préparations humides (avec et sans concentration) ainsi que la coloration **(Chalmers.,2009 ; Smith& Mank.,2011 ; Ridley.,2012).**

II.1.1 Examen microscopique sans coloration

II.1.1.1 Examen direct sans enrichissement

Cet examen permet la mise en évidence à la fois des formes kystiques et végétatives dans une portion réduite de matière fécale non concentrées, récemment émises ou fraîchement conservées.

La suspension fécale dans une solution saline physiologique (0,85 NaCl) ou la fixation dans de l'acétate de sodium-acide acétique-formaline (SAF) sont souvent utilisés pour préparer des montages humides afin d'observer les throphozoïtes de Giardia dans la diarrhée ou les échantillons de selles. Les frottis humides peuvent être examinés sans coloration ou avec une coloration à l'iode (solution de lugol à 2-5%). L'addition de l'iode de Lugol augmente le contraste des organelles des kystes, car il colore les noyaux des kystes de Giardia en jaune ou en brun **(Geurden& Olson.,2011 ; Smith & Mank.,2011 ; Hooshyar et al.,2019).**

Étant donné le mouvement caractéristique des trophozoïtes, ils sont de préférence visualisés dans un frottis natif utilisant des matières fécales récemment obtenues **(Geurden et al.,2010 ; Koehler et al.,2014)**. Bien que la microscopie ne nécessite pas nécessairement un équipement ou des réactifs coûteux et qu'elle soit, par conséquent, plus accessible, elle demande beaucoup de travail, est subjective et requiert une expertise importante **(Ryan et al., 2017).** Cependant, si les parasites sont nombreux dans un cas particulier, un examen direct par frottis dans du sérum physiologique ou de l'iode de Lugol peut être suffisant **(Wolf.,1984 ; Smith & Mank.,2011).**

II.1.1.2 Examen avec enrichissement

- **Technique de flottaison**

Les méthodes de flottation permettent la séparation de certains kystes de protozoaires dont la gravité spécifique varie entre 1,05 et 1,15 grâce à l'utilisation d'un liquide de suspension à haute densité que les parasites à concentrer. La solution au sulfate de zinc à 33% (densité 1,18) ou lechlorure de sodium saturé (densité de 1,27) provoquent moins de plasmolyse et étaient recommandés comme les meilleures solutions saturées pour la détection des kystes de Giardia et les oocystes de Cryptosporidium **(Thompson et al.,1993 ; Zajac et al.,2002 ; Smith & Mank.,2011 ; Vohra et al.,2012 ; Hooshyar et al.,2019).**

La flottation au Sulfate de Zinc permet de faire remonter les oocystes de Cryptosporidiumspp et les trophozoïtes ou kystes de G. duodenalisà la surface de la solution car elles sont de densité inférieure et de débarrasser l'échantillon de ses débris qui sédimentent au fond du tube car elles sont plus denses. Une technique modifiée a été réalisée pour augmenter l'efficacité de la récupération des kystes/oocystes par flottation, par l'ajout d'une étape de centrifugation après que l'échantillon ait été émulsifié. La centrifugation sédimente les plus grosses particules fécales, produisant un ménisque de flottation enrichi en kystes, avec moins de particules contaminantes **(Bertrand.,2005 ; Dryden et al.,2006 ; Shimizu.,2007 ; Smith & Mank.,2011 ; Hooshyar et al.,2019).**

- **Méthodes diphasiques**

Le principe responsable de la concentration parasitaire réalisée par la méthode de Télémann et par celles qui en dérivent (Ritchie, Bailenger) réside dans l'utilisation des solutions diphasiques non miscibles, l'une aqueuse, l'autre éthérée. L'avantage est que les différents composants des selles auront des affinités plus grandes avec l'un ou l'autre des liquides et s'y déposeront préférentiellement. De plus, la solution est de gravité spécifique plus faible que les organismes parasites, concentrant ainsi ces derniers dans le sédiment et améliorant par conséquent la sensibilité des méthodes de détection des parasites **(Bailenger.,1966 ; Methanitkorn et al.,2003 ; Bertrand.,2005 ; Smith & Mank.,2011).**

L'acétate d'éthyle semble être un solvant de substitution satisfaisant pour l'éther diéthylique dans la technique de sédimentation formol-éther **(Young et al.,1979 ; Erdman.,1981),** les éléments

parasitaires détectés restent intacts et ne subissent Aucune distorsion ou altération de la morphologie avec l'un ou l'autre des solvants. En général, l'acétate d'éthyle a semblé augmenter l'efficacité de la procédure, tant en ce qui concerne le nombre d'organismes que l'éventail des espèces récupérées (**Young et al.,1979).**

Cette méthode est rapide, efficace et permet d'obtenir un bon concentré de kystes et oocystes de protozoaires dont le diagnostic est satisfaisant **(Smith & Mank.,2011).**

II.1.2 Examen microscopique après coloration

Les colorations sont une étape importante de la réalisation de l'examen parasitologique et de nombreuses variantes sont proposées en fonction des parasites recherchés.

La coloration au MIF (Merthiolate Iode Formol) est une technique de Sapero, Lawless et strome, la préparation du colorant se fait à partir de la teinture de merthiolate, de formol et de lugol à 5%. Les structures nucléaires sont colorées en brun et les vacuoles iodophiles en brun rougeâtre, elle permet donc de mieux visualiser certains éléments d'identification (noyaux, vacuoles, caryosomes) **(Anofel.,2017).**

Cette méthode présente l'avantage de pouvoir diagnostiquer les formes végétatives ainsi que les formes kystiques **(Guillaum., 2007 ; Mehlhorn., 2016).** Une variante à cette méthode consiste à réaliser cette coloration en tube donnant après une centrifugation, un sédiment contenant les stades parasitaires au cas où ils auraient été présents dans les fèces (**Melhorn.,2016 ; Anofel.,2017)**

Toutefois, les colorations les plus souvent utilisées sont l'iode, le trichrome ou l'hématoxyline ferrique **(Thompson & Reynoldson.,1993 ; Geurden& Olson.,2011 ; Koehler et al.,2014).**

Deux colorations acido-alcooliques largement utilisées pour la détection des oocystes de Cryptosporidium sont la coloration acido-alcoolique de Ziehl-Neelsen modifiée et celle de Kinyoun modifiée **(Xiao & Cama.,2018 ; Aquino et al.,2020).** En outre, la coloration négative observée avec la technique du vert de malachite peut être utilisée mais la nécessité d'un microscope à contraste de phase pour l'observation microscopique limite son utilisation **(Caccio & Lalle, 2015 ; Inacio et al.,2016)**

La technique de coloration de Ziehl-Neelsen modifiée s'avère des méthodes les plus performantes dans l'identification des cryptosporidies **(Khelef et al., 2002),** elle utilise généralement 2 colorants

: la fuchsine de Ziehl et le vert de malachite. Les oocystes apparaissent alors rouges sur un fond vert (**Rieux., 2013).**

La méthode de Ziehl-Neelsen a été largement reconnue comme la méthode la plus satisfaisante en termes de spécificité et de sensibilité pour la coloration des cryptosporidies depuis les travaux initiaux de Tyzzer sur la coloration des cryptosporidies au Geimsa. Cependant, il convient de noter que cette méthode présente certaines limitations, notamment le fait qu'elle soit chronophage et onéreuse. Elle nécessite également plusieurs manipulations et exige une grande expérience dans l'interprétation des résultats (**Fayer et al., 2000).**

II.2 Méthodes immunologiques

Ces dernières années, des tests de diagnostic rapide utilisant des méthodes de détection immunologique d'antigènes ont été largement utilisés. Ces tests sont à la fois très spécifiques et sensibles par rapport à l'examen microscopique et elle demande moins de travail, de sorte que dans certains contextes, elle remplace avantageusement la microscopie **(Ali & Hill.,2003 ; Geurden et al.,2004 ; Adam.,2021).**

Les antigènes de G. duodenalis et C. parvum présents dans les contenus fécaux peuvent être détectés par immunofluorescence directe (IFA) qui détectent des organismes intacts et par les tests immuno-enzymatiques (ELISA) ou encore moins par l'immunochromatographie qualitative rapide en phase solide **(Orgeta & Adam.,1997 ; Xiao & Cama.,2018).**

Les kits immunochromatographiques fournissent un système de détection qui surpasse les méthodes enzymatiques en termes de rapidité en éliminant la nécessité d'ajouter des réactifs supplémentaires et de procéder à des étapes de lavage et d'incubation. La migration de l'antigène par action capillaire permet la détection des antigènes de Cryptosporidium par un anticorps discret, marqué par un colorant colloïdal, imprégné dans un test en ligne, ce qui permet une détection objective de l'antigène **(Llorente et al., 2002)**

Les sensibilités et les spécificités de ces kits qualitatifs d'antigènes fécaux varient considérablement, une étude portant sur quatre kits faisant état de fourchettes de 47 à 71 % et de 98 à 100 %, respectivement, par rapport à la microscopie **(Agnamey et al., 2011).**

L'IFA et le copro-antigène ELISA utilisent des anticorps monoclonaux dirigés contre les protéines de la paroi du kyste et la présence d'un complexe antigène-anticorps se révèle par la suite à l'aide d'une réaction colorimétrique **(Chartier et al., 2002 ; Caccio & Lalle, 2015).**

Les études ont révélé que la plupart des anticorps utilisés dans la détection par immunofluorescence des oocystes de Cryptosporidium ciblent les épitopes glucidiques présents sur la paroi de l'oocyste. Ces anticorps monoclonaux spécifiques sont couplés à des marqueurs fluorescents tels que l'isothiocyanate de fluorescéine (FITC) et l'hydrazide de biotine attribuant ainsi à la paroi de l'oocyste une fluorescence distincte qui peut varier du vert pomme au jaune **(O'leary et al.,2021 ; Helmy& Hafez.,2022).**

II.3 Méthodes moléculaires

Les outils moléculaires les plus récents, principalement La PCR (Polymerase Chain Reaction) sont utilisés pour l'identification et la différenciation du parasite au niveau de l'espèce/assemblage et du génotype à des fins de recherche taxonomique et épidémiologique, bien qu'elle puisse être utilisée à des fins de diagnostic **(Wielinga & Thompson.,2007 ; Geurden.,2010).**

Les méthodes basées sur la PCR sont désormais plus sensibles et plus spécifiques que les analyses microscopiques et immunologiques pour détecter G. duodenaliset C.parvumdans les fèces **(Smith et al.,2009 ; Smith & Mank.,2011 ;Vohra et al.,2012).**

En théorie, la PCR a été signalée comme ayant une sensibilité améliorée par rapport aux méthodes de détection actuelles, avec des limites de détection allant de 1 × 105 à 1oocyste/Gramme de fèces pour et de 1 kyste **(Amar et al., 2002 ; Geurden.,2010 ; Costa et al., 2021).** Cependant, la PCR est actuellement considérée comme trop coûteuse et trop lourde pour être utilisée dans les diagnostics vétérinaires **(Da Silva et al., 1999).**

II.4 Méthode microscopique par smartphone

Ces dernières années, les systèmes basés sur les smartphones ont été explorés et utilisés comme plateforme alternative pour la détection de spécimens et de parasites microscopiques à submicroscopiques dans une grande variété de matrices **(Saeed et al.,2018).**

La méthode d'analyse microscopique est basée sur l'utilisation d'un microscope attaché à un smartphone composé d'une lentille sphérique de 1 mm de diamètre, d'une LED blanche comme

source d'éclairage et d'une coloration à l'iode de Lugols, permet une détection simultanée et précise des (oo)cystes de Cryptosporidium et de Giardia avec une sensibilité et une spécificité élevée (**Shrestha et al.,2020).**

Partie expérimentale

I. Matériels et méthodes

I.1 Matériels

I.1.1 Les élevages

Pour réaliser ce travail notre choix s'est porté sur de nombreux sites aléatoirement sélectionnés dans la Wilaya d'Alger, notre échantillonnage s'est effectué précisément dans cinq régions à savoir : Ouled Fayet, Baba hassen, Douira, Rouiba et Baba Ali dont le CNIAAG et l'ITELV.

Les élevages prospectés dans ces régions d'étude ont été choisis selon la proximité, l'accessibilité et la permission accordée par la subdivision vétérinaire à Chéraga.

Plusieurs espèces animales ont fait l'objet de diverses recherches pour l'identification de Cryptosporidium et Giardia. Toutefois, dans le cadre de cette étude nous n'avons impliqués que deux espèces animales à savoir, les bovins et l'aviaire, plus précisément les veaux et le poulet de chair

Suite à l'abattage des veaux mâles de la ferme de l'ITELV, nous n'avons pas pu atteindre le nombre moyen d'échantillonnage qui été de 7 échantillons par ferme. Au total 90 prélèvements ont été effectués :

-50 prélèvements aviaires dont 15 soumis au test immuno chromatographique (Verbac)

- 40 chez les veaux plus 15 nouveaux prélèvements soumis au test rapide

I.1.2 Matériel utilisé pour les prélèvements de matières fécales

- Flacons transparents stériles étiquetées avec le numéro d'identification
- Gants
- Marqueurs permanant
- Glacière pour l'acheminement des prélèvements au laboratoire
- Une fiche de renseignement

I.1.3 Matériel utilisé au laboratoire

I.1.3.1 Pour la technique de Ritchie

- Balance électrique

- Verre à pied conique
- Passoir
- Curette
- Becher
- Tubes coniques à centrifugation avec un bouchon en caoutchouc
- Portoir tubes
- Pipette pasteur
- Lame porte objet et lamelle

❖ Les réactifs
- Eau formolée à 10% (100ml de formaldéhyde pur dans 900ml d'eau distillée)
- Ether diéthylique

I.1.3.2 Pour la technique de coloration de Ziehl Neelsen modifiée

- Lames porte objets bien dégraissés
- Bac à coloration
- Pinces
- Diamants
- Minuterie
- Microscope optique

❖ Réactifs et colorants :
- Méthanol pur
- Fushine phéniquée
- Acide sulfurique à 2%, préparé au laboratoire :

- Eau distillée (196ml)

- Acide sulfurique à 96% (4ml)

NB : verser délicatement l'acide dans l'eau

- Vert de malachite à 5% :

- Poudre de vert de malachite (5g)

- Eau distillée (100ml)

I.2 Méthodes

Les méthodes utilisées dans l'analyse coprologique pour la mise en évidence les parasites de Giardia ou de Cryptosporidium sont des méthodes d'enrichissement physico-chimique ou diphasique représentées principalement par la technique de Ritchie simplifiée par Allen et Ridley ainsi que la coloration de Zeihl-Neelsen modifiée **(Henriksen & Polenz., 1981)**

Nous avons également procédé à un test rapide d'immunochromatographie sur un nombre d'échantillons réduit compte tenu de la disponibilité des kits vers la fin de l'étude.

I.2.1 Méthodes utilisées pour les prélèvements de matières fécales et conservation

La nature des prélèvements est des matières fécales prélevés directement à partir du rectum après excitation de l'orifice anale en utilisant des gants, ces prélèvements ont été mis par la suite dans des pots transparents stériles et codifié, en rapportant les renseignements nécessaires de chaque prélèvement tels que le sexe et l'âge des animaux prélevés. En ce qui concerne le mode d'échantillonnage au sein des bâtiments avicoles, il a été entrepris autour des mangeoires et des abreuvoirs. Les fientes ont été choisis par leur aspect et consistance. L'ensembles des prélèvements ont été acheminés par la suite au laboratoire de parasitologie de l'école nationale supérieure vétérinaire à l'intérieur d'une glacière isotherme comportant un sac réfrigérant, pour l'analyse coproparasitologique.

I.2.2 Technique de Ritchie simplifiée par Allen et Ridley

I.2.2.1 Principe

Caractérisée par la mise en présence de deux phases non miscibles, l'une aqueuse et l'autre constituée par l'éther qui est un solvant des lipides. Il se crée un coefficient de partage entre ces deux phases et la répartition de chaque élément fécal dans chacune d'elles sera isolés en fonction de son pouvoir hydrophile ou lipophile, permettant ainsi la concentration des éléments parasitaires dans le culot de centrifugation.

I.2.2.2 Mode opératoire (Figure 11)

- Fixer 5 grammes de selles dans 50 ml d'eau formolée à 10% dans un verre conique
- Agiter la solution jusqu'à homogénéisation
- Laisser décanter la suspension quelque minute pour l'obtention d'un surnageant dépourvu de débris
- Verser 9ml du surnageant dans un tube conique
- Ajouter 3ml d'éther (pour un volume final de 12 ml)
- Boucher le tube et brasser vigoureusement en position inversée pendant 30 secondes puis centrifuger à 2500t pendant 5 minutes

- Quatre couches différentes devraient être formées : une couche d'éther de couleur jaune, bouchon de débris, une couche aqueuse constitué de formol et le sédiment dans lequel sont concentrés les éléments parasitaires
- Jeter le surnageant et mélanger le sédiment obtenu avec la petite quantité de liquide résiduel
- Une pipette Pasteur est utilisée pour prélever le sédiment à examiner

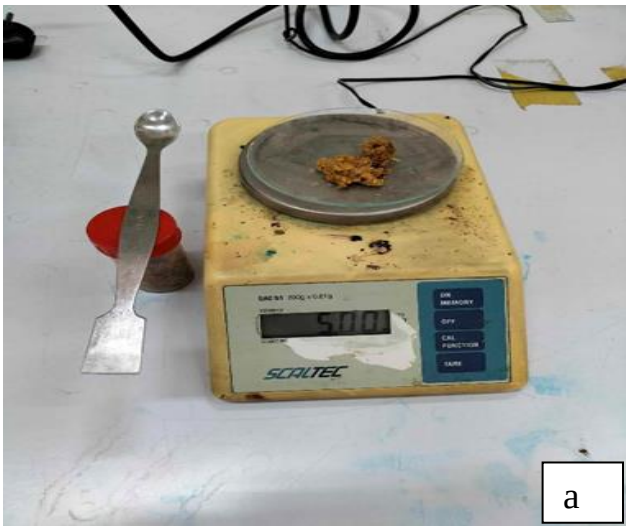
- Pour crypto :

- Déposer la goutte sur l'une des extrémités d'une lame neuve bien dégraissée et numérotée par grattage à l'aide d'un diamant
- La goutte est par la suite étalée à l'aide d'une deuxième lame inclinée d'un angle de 45°
- Laisser les frottis séchés à l'air libre

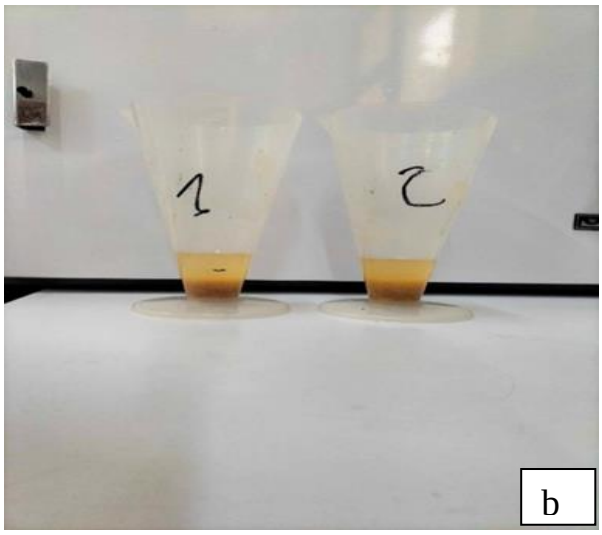
- Pour giardia

- Déposer la goutte prélevée par une pipette pasteur sur une lame
- Ajouter une goutte de Lugol
- Déposer la lamelle sur la lame

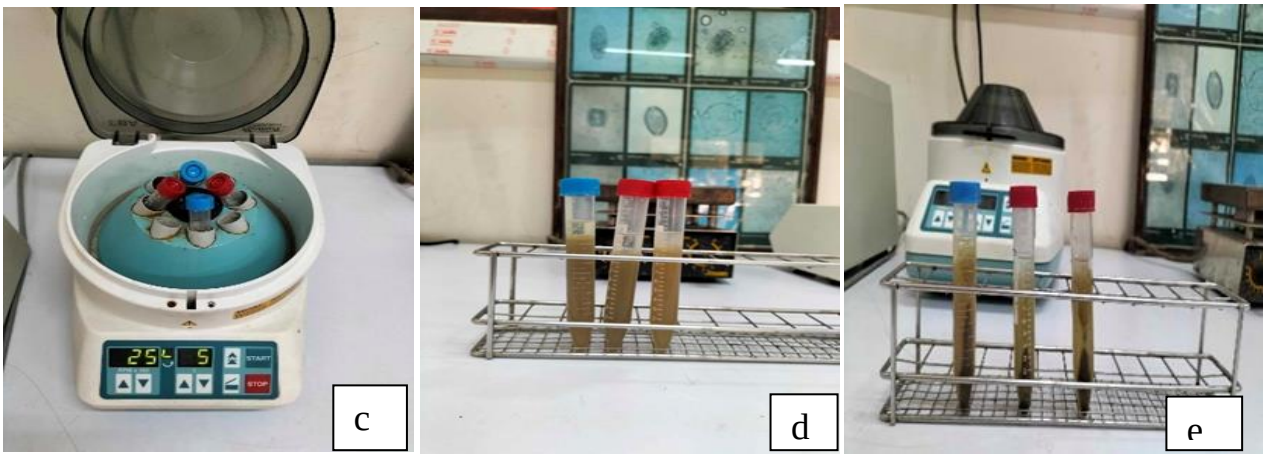
L'examen microscopique à l'état frais est réalisé à l'objectif 10 pour voir la lame dans sa totalité, puis au 40 pour voir le détail de la structure interne (Espace péri membranaire, noyaux, etc.) des parasites de Giardia



a



b



a : pesage des matières fécales, b : sédimentation de la suspension après l'ajout d'eau formolée, c : Transfère en tube conique, d : centrifugation, e : formation des différentes couches

Figure 11: Technique de Ritchie modifiée en photos

I.2.3 Technique de coloration de Ziehl-Neelsen modifiée par Henriksen et Pohlenz

Les frottis confectionnés à partir du culot de Ritchie sont ensuite soumis à la coloration de Ziehl-Neelsen modifiée (mZn) :

- Fixation pendant 5 minutes au méthanol pur
- Immersion des lames dans la fushine phéniquée pendant au moins 1 heure
- Rinçage sous un jet d'eau
- Décoloration par l'acide sulfurique à 2 % pendant 20 s ; Suivi d'un deuxième rinçage sous jet d'eau
- Contre-coloration par le vert de malachite à 5 % pendant 5 minutes
- Rincer, sécher et lire la lame par microscope optique

Pour vérifier la présence éventuelle d'oocystes cryptosporidiens, l'observation des lames colorées est réalisée à l'objectif 40et pour la confirmation, une observation plus détaillée est nécessaire. Celle-ci est effectuée à l'objectif 100, avec l'ajout d'huile à immersion. Les oocyctes de cryptosporidies apparaissent en rouge sur un fond vert.

I.2.4 Immunochromatographie sur bandelette par le kit speed Giardia

I.2.4.1 Principe

Le test permet la mise en évidence des antigènes solubles de Giardia duodenalis présents dans les matières fécales.

Pour chaque test, les particules colorées du conjugués se lient aux antigènes de giardia dans l'échantillon. Les complexes conjugué/antigènes ainsi formé lors de la présence du pathogène recherché, migrent par capillarité. Ils sont alors capturés par les anticorps anti-giardia duodenalis immobilisés sur la membrane, formant par accumulation de particules colorées une bande test de couleur rouge. Le mélange continue de migrer sur le support jusqu'à l'extrémité de la bandelette où les particules colorées restantes forment une bande de contrôle bleue qui confirme la bonne réalisation du test. L'absence de bande de contrôle bleue rend le test invalide

I.2.4.2 Protocol opératoire

- Identifier le flacon contenant le réactif. Prélever une cuillère rasée de matières fécales à l'aide de la « cuillère de prélèvement »et déposer son contenue dans le flacon
- Fermer le flacon et homogénéiser son contenu
- Laisser sédimenter le contenue pendant 3 minutes
- Prendre une bandelette test, la plonger délicatement dans le flacon dans le sens de la flèche sans toucher la partie centrale réactive de la bandelette
- Laisser la bandelette 1 minute dans la solution
- Retirer la bandelette et la placer sur une surface horizontale propre
- Laisser migrer

II. Résultats et discussion

II.1 Résultats des analyses coproscopiques

L'examen microscopique après avoir effectué la technique de Ritchie simplifiée pour Giardia et après coloration de Zeihl Nelseen pour Cryptosporidium a permis la mise en évidence des kystes et des oocystes des deux parasites comme illustrés dans les figures

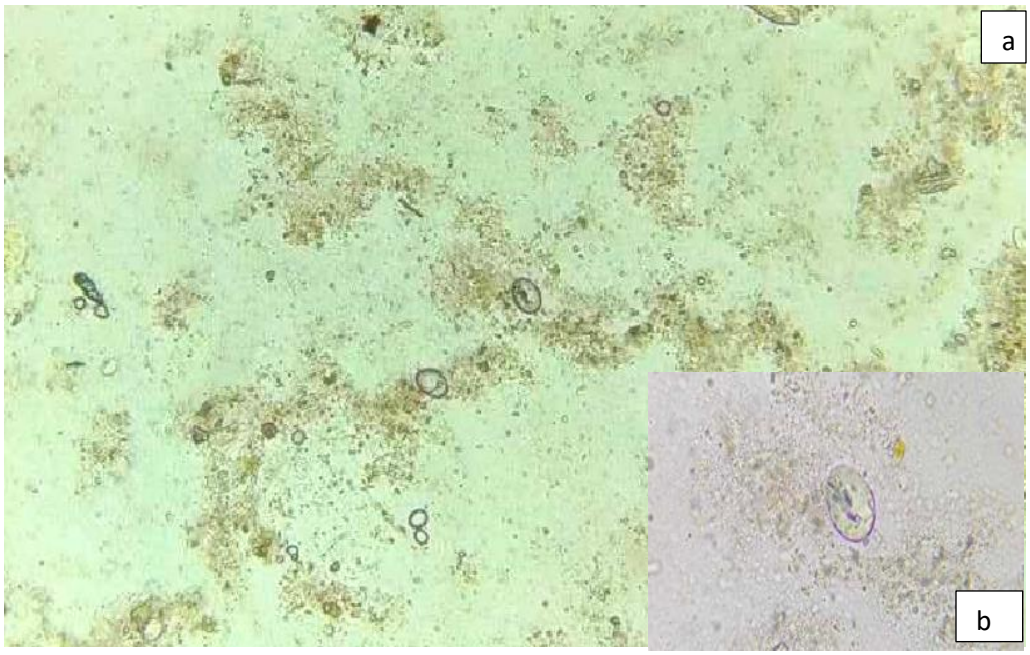
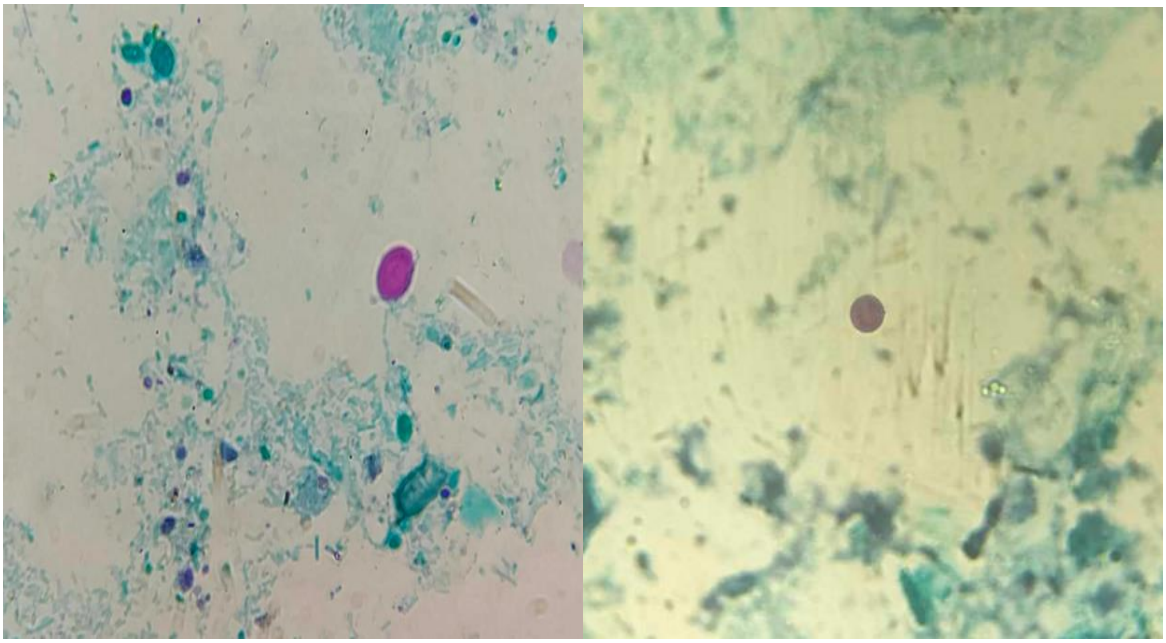


Figure 12 : Observation microscopique des kystes de Giardia spp dans les feces des animaux d'elevage (a) : objectif ×10 (b) : objectif × 40 (Photos personnalisée)



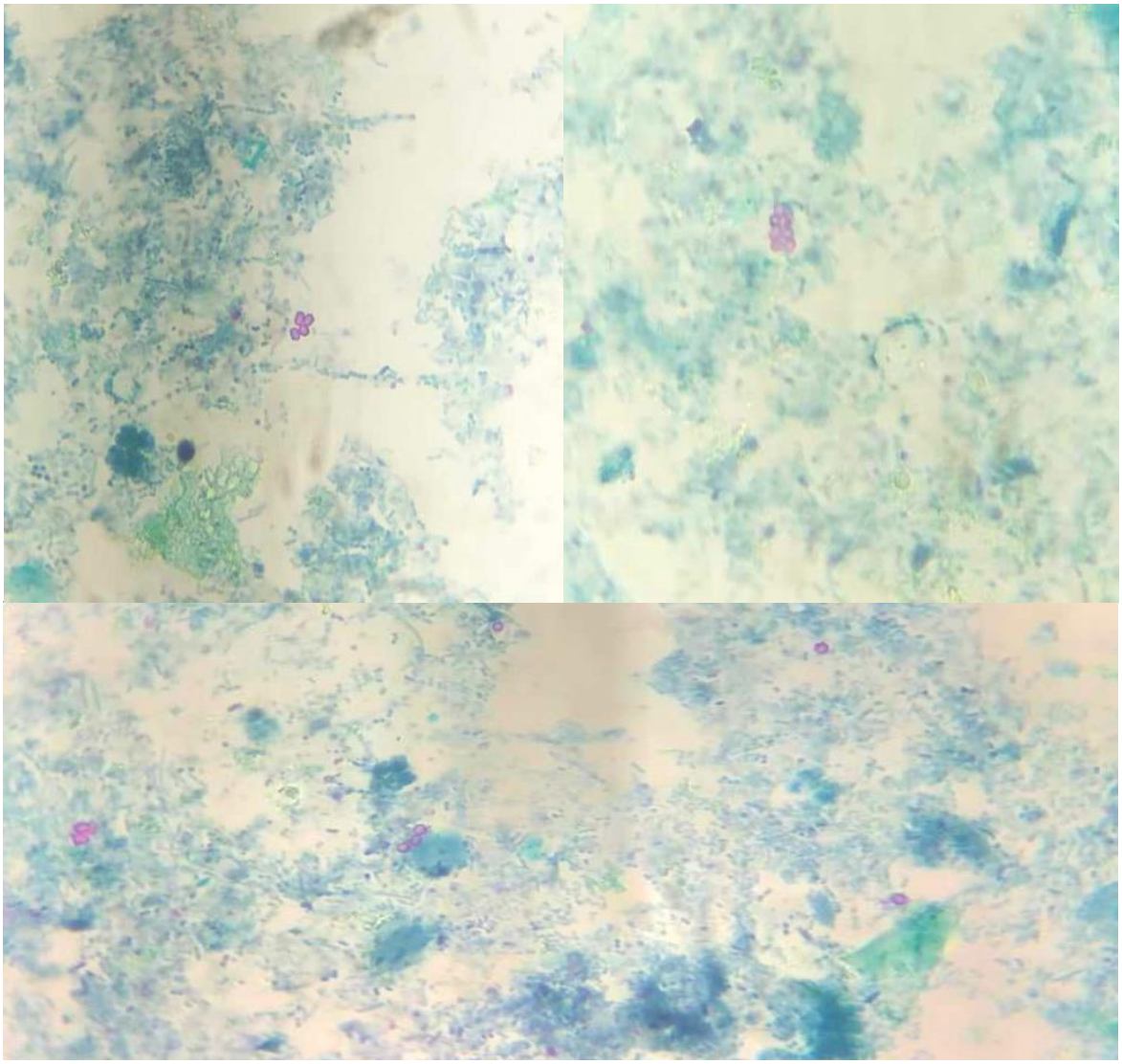


Figure 13 : Observation microscopique des oocystes de Cryptosporidium spp dans les feces des animaux d'élevage après coloration au Ziehl - Neelsen modifiée (Huile à immersion, objectif×1000) (Photos personnalisées)

II.2 Résultats des analyses épidémiologiques

II.2.1 Prévalence chez l'aviaire

Tableau 4 : Prévalence de l'excrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le poulet de chair

Especes	Examen coprologique effectués	le nomre des positifs	pourcentage
Cryptosporidium	**50**	**29**	**58%**
Giardia	**50**	**0**	**0%**

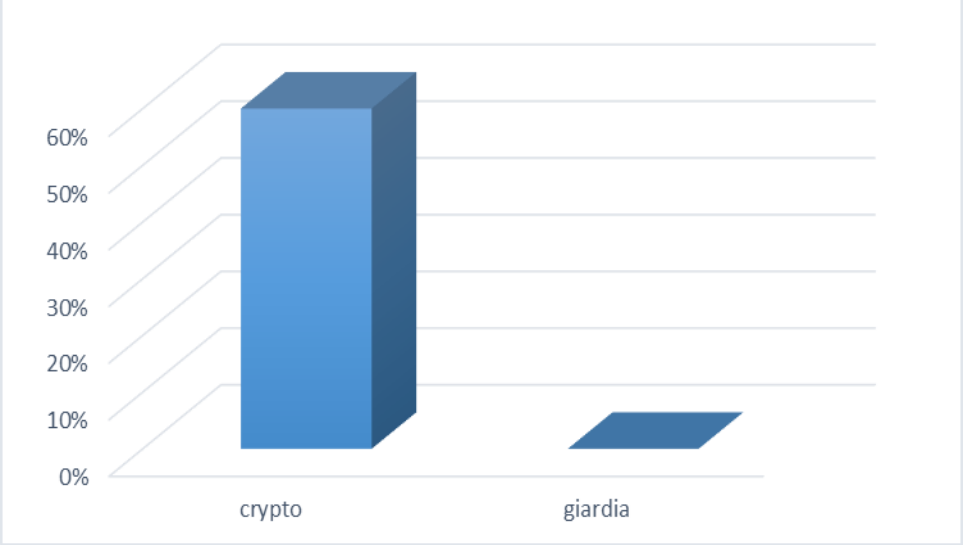


Figure 14 : Répartition des données d'excrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le poulet de chair

Bien que les rapports sur la prévalence épidémiologique de Giardia chez les volailles soient limités, l'identification moléculaire est la méthode la plus couramment utilisée. Selon une étude récente, cette méthode a révélé un taux d'infection de 8,25% **(Cao et al.,2020).** En revanche, dans la présente étude, la détection du parasite a été effectuée par la méthode microscopique, et aucun cas d'infection n'a été observé, ce qui correspond à une prévalence de 0 %.

Concernant Cryptosporidium, sur un total de 50 poulets examinés, 30 ont été testés positifs, soit un taux de prévalence de 60 %. Les résultats de notre étude sont comparables à ceux trouvés par Guechtouli et Laatamna, qui ont rapporté des prévalences de 55 % et 50 % respectivement (**Laatamna et al.,2018 ; Guechtouli et al.,2022).** Ils sont également cohérents avec les données rapportées aux États-Unis par Goodwin, où le parasite a été détecté dans 41 % des lots examinés, avec un taux de parasitisme variant de 10 % à 60 % **(Goodwin et al.,1996).** Cependant, la prévalence constatée dans notre étude est significativement plus élevée que celle rapportée au Nigeria (19,1 %, **Bamaiyi et al.,2013)**, en Algérie (34 %, **Baroudi et al.,2013)** et en Tunisie (4,5 %, **Soltane et al.,2007)**. En Chine, une prévalence plus faible a été décrite chez les poulets de chair, atteignant 2,43 % (**Cao et al.,2020).**

II.2.1.1 Prévalence selon l'âge

Tableau 5 : Prévalence de la Cryptosporidiose et de la Giardiase en fontion de l'age

Age	Nombre de prelevements	Nombre positif pour crypto	Nomre positif pour Giardia	Prevalence de cryptosporidium	Prevalence de giardia
17	**4**	**3**	**0**	**75%**	**0%**
20	**6**	**1**	**0**	**16,66%**	**0%**
24	**6**	**5**	**0**	**83,33%**	**0%**
27	**4**	**4**	**0**	**100%**	**0%**
28	**6**	**5**	**0**	**83,33%**	**0%**
30	**24**	**12**	**0**	**50%**	**0%**

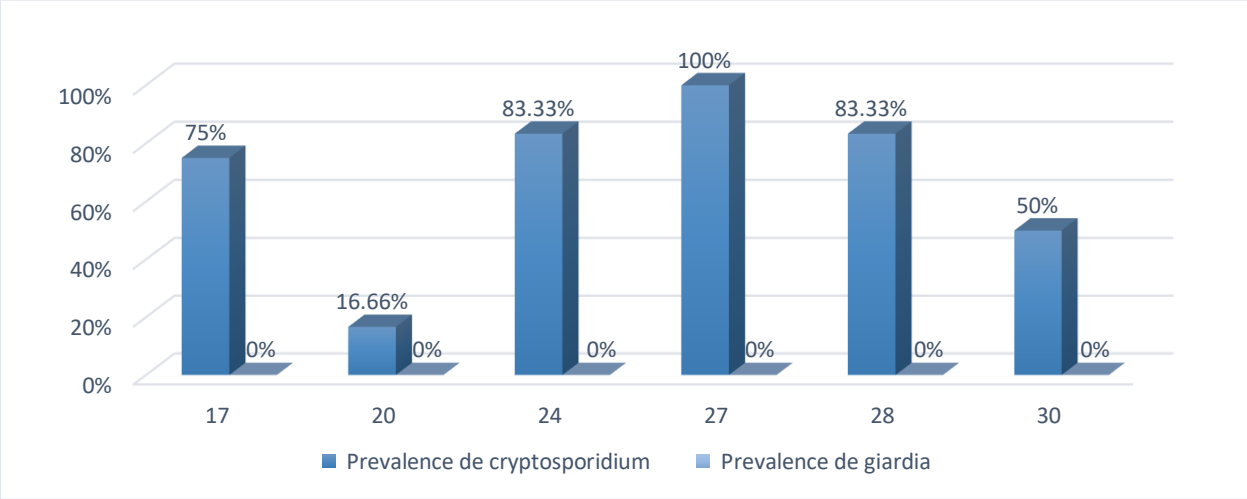


Figure 15 : Répartition des résultats d'émission de Cryptosporidium et Giardia selon l'âge

Les résultats de notre étude ont révélé une prévalence élevée de Cryptosporidium chez les poulets entre 17 et 30 jours d'âge. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **(Goodwin & Brown.,1988),** qui ont identifié la maladie des poulets âgés de 17 à 52 jours. Il est bien connu que les infections à Cryptosporidium s'appliquent généralement chez les poulets âgés de moins de 11 semaines et pas moins de 3 semaines, surtout pendant la période de croissance rapide (16-30 jours) **(Kichou et al.,1996 ; De Graaf et al.,1999 ; Baroudi et al.,2013),** ce qui correspond à nos résultats.

Cette prévalence élevée indique une forte contamination entre les individus d'un même élevage, ce qui peut s'expliquer par les conditions d'hygiène décrites dans les élevages ou par la dilution

des anticorps maternels. Contrairement à notre étude, (**Rhee et al.,1991**) ont rapporté une prévalence de 15% chez des poulets de chair âgés de 4 semaines, et aux États-Unis, les résultats ont montré une prévalence de 27% entre 25 et 48 jours d'âge **(Ley et al.,1988).**

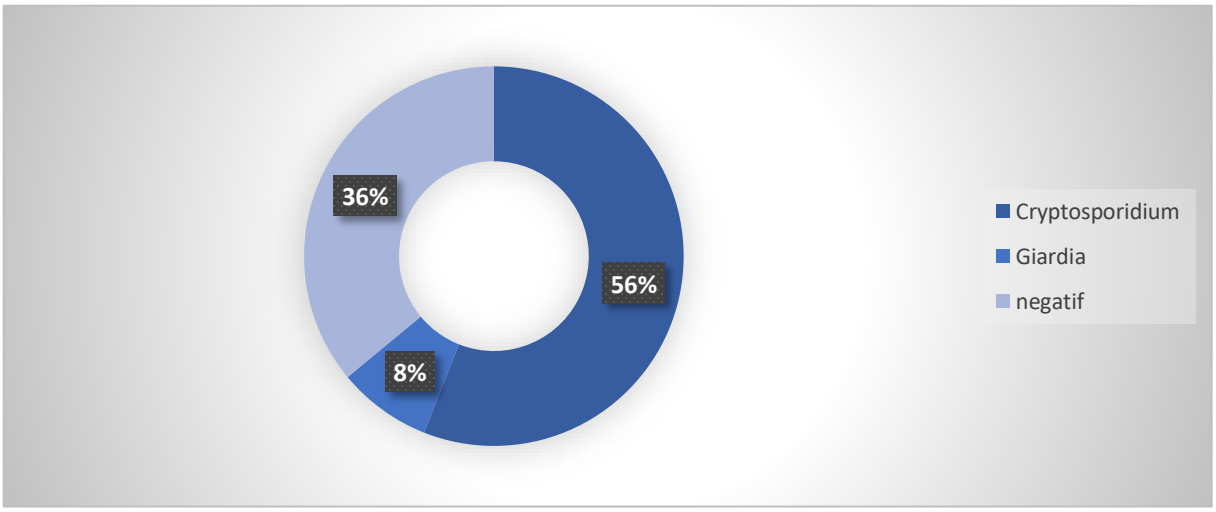
Le taux de prévalence le plus bas, soit 16 %, a été rapporté chez des animaux âgés de 20 jours. Cela peut être attribué à de bonnes conditions d'hygiène ou à l'acquisition d'une résistance ultérieure à la maladie après une infection préalable.

II.2.2 Prévalence chez le bovin

Tableau 6 : Prévalence d'excrétion de Cryptosporidium et Giardia chez le veau

Espèces	Examen coprologique effectué	nombre des positifs	Prevalence
Cryptosporidium	**25**	**14**	**56%**
Giardia	**25**	**2**	**8%**

Figure 16 : Repartion des données d'excrétion de Cryptosporidium et de Giardia chez le veau



Il a été remarqué que, généralement, la prévalence de Cryptosporidium est inférieure à celle de Giardia chez les veaux laitiers **(Xiao et al.,1993 ; Olson et al.,1997).** Cependant, notre étude actuelle a montré des résultats inverses, révélant une prévalence de 56% pour Cryptosporidium et 8% pour Giardia, respectivement.

La prévalence de Cryptosporidium que nous avons rapportée est notablement plus élevée que celle trouvée dans une étude antérieure réalisée par **(Ouchen et al.,2012),** qui avait enregistré une infestation par les oocystes chez 22% des veaux étudiés. D'autres études ont également signalé des taux de prévalence plus faibles, comme 13,7%, 17% et 22,6% **(Khelaf et al.,2002,2007 ; Del coco et al.,2008 ; Baroudi et al.,2017)**. En outre, nos résultats sont cohérents avec ceux observés au Royaume-Uni, où la prévalence de Cryptosporidium varie de 28% à 80% **(Thompson et al.,2017).** Ils sont également similaires à ceux rapportés par (**Quilez et al.,1996**), qui ont enregistré une prévalence de 63%, ainsi que par (**Ouchen et al., 2014**), qui ont rapportés une prévalence de 50,8%.

Les résultats de notre étude concernant Giardia ont montré une prévalence de 8 %, qui était plus basse que celle rapportée dans d'autres études, telles que celles accordées par **(Quilez et al.,1996 ; Baroudi.,2005 ; Ouchen et al.,2012 ; Lee et al.,2016)** qui ont enregistré des prévalences de 11,7%, 15,09% ,13,8% et 13,1% respectivement

Cependant, nos résultats sont cohérents avec une étude antérieure menée par **(Ralstonet al.,2003),** qui a également rapporté un taux de prévalence variant de 0 % à 15 %.

II.2.2.1 Prévalence de l'association de Cryptosporidium et Giardia

Tableau 7 : Prévalence de l'association de Cryptosporidium et Giardia

Espèces	Nombre des positifs	Prévalence
Cryptosporidium	**14**	**56%**
Giardia	**2**	**8%**
co-infection	**1**	**6,25%**

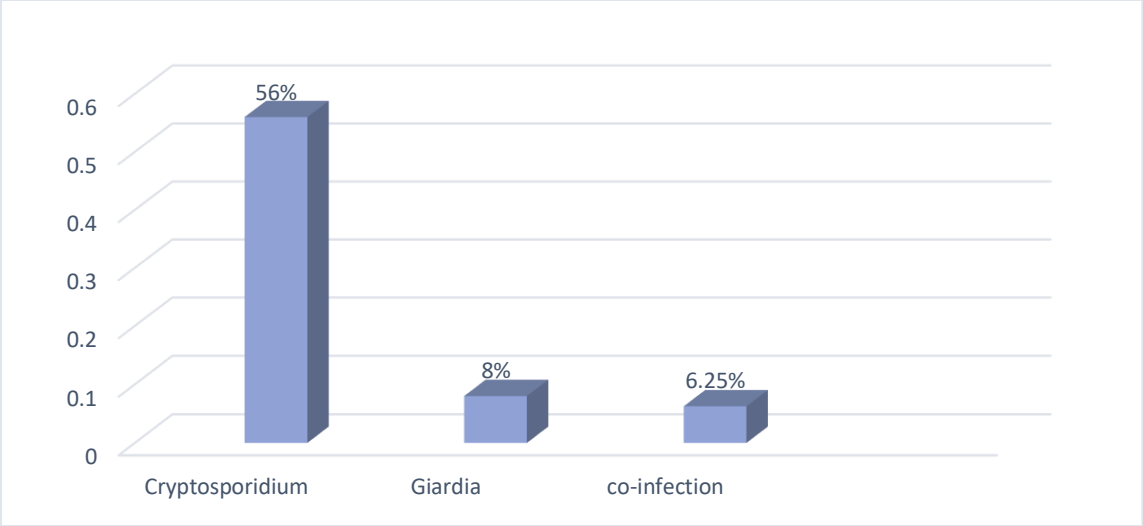


Figure 17 : Répartition des prévalence d'excrétion de Cryptosporidium et de Giardia seul ou en association

Plusieurs études ont mis en évidence une concurrence entre l'infestation par G. duodenalis et Cryptosporidium spp chez les veaux **(Bjorkman et al.,2003 ; Hamnes et al.,2006).** Dans notre étude actuelle, la prévalence de la co-infestation par Giardia et Cryptosporidium était de 6,25 %, ce qui est similaire à ce qui a été rapporté par **(Saddiki& Rebahi.,2013),** où une prévalence de 7,06 % a été révélée.

II.2.2.2 Prévalence selon le sexe

Tableau 8 : Prévalence de Cryptosporidium et Giardia selon le sexe

Sexe	Nombre de prélèvement	Nombre de positif pour crypto	Nombre de positif pour giardia	Prevalence de crypto	Prevalence pour giardia
Femelle	**15**	**8**	**0**	**53%**	**0%**
Male	**10**	**6**	**2**	**60%**	**20%**

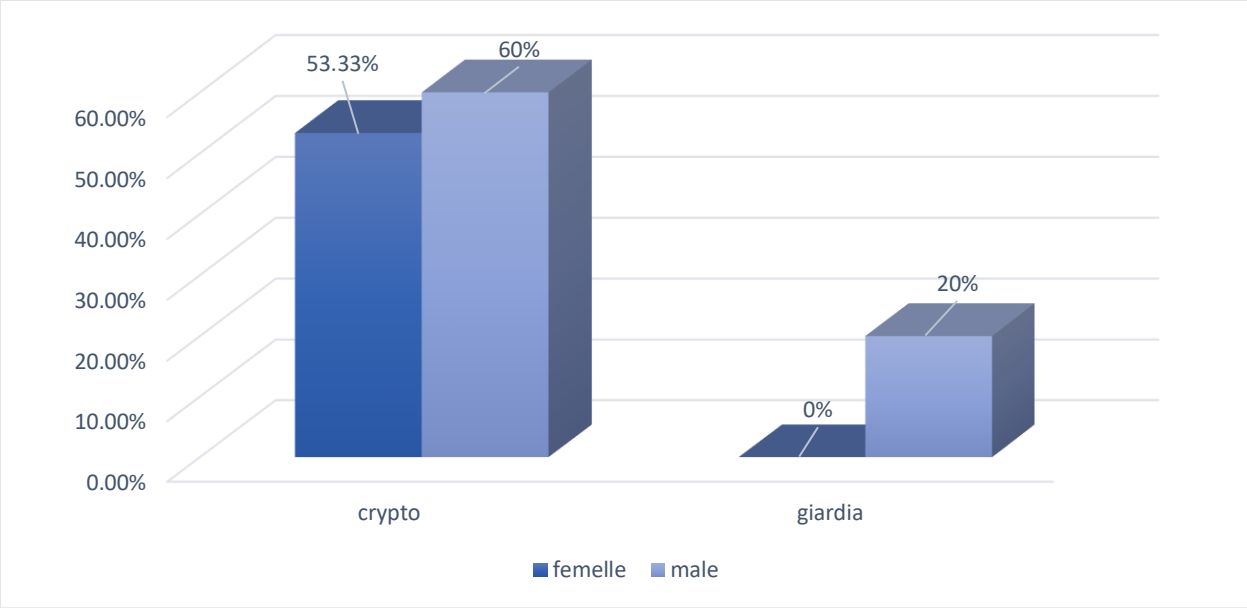


Figure 18 : Répartition des résultats selon le sexe

Selon les résultats de la présente étude, une variation dans la présence de Cryptosporidium spp et Giardia spp entre les sexes a été constatée. Ces observations sont en accord avec les données rapportées par **(Mallinath et al., 2009 ; Abdelaziz.,2014).** Cependant, ils ont enregistré une prévalence significativement plus élevée chez les femelles, ces dernières étant plus infectées que les mâles.

Nos résultats sont également cohérents avec ceux trouvés par **(Amensour.,2016),** où une prévalence d'excrétion de Giardia de 7,14 % a été observée chez les mâles et de 3,33 % chez les femelles.

II.2.2.3 Prévalence selon l'âge

Tableau 9: Prévalence d'émission de Cryptosporidium et Giardia selon l'age

Age	Nombre de cas effectué	Nombre de positif pour crypto	Nombre de positif pour giardia	Prévalence de crypto	Prévalence de giardia
10 j-26j	**5**	**4**	**0**	**80%**	**0%**
30 j-60 j	**14**	**9**	**2**	**64%**	**14,28%**
75 j- 150j	**6**	**1**	**0**	**17%**	**0%**

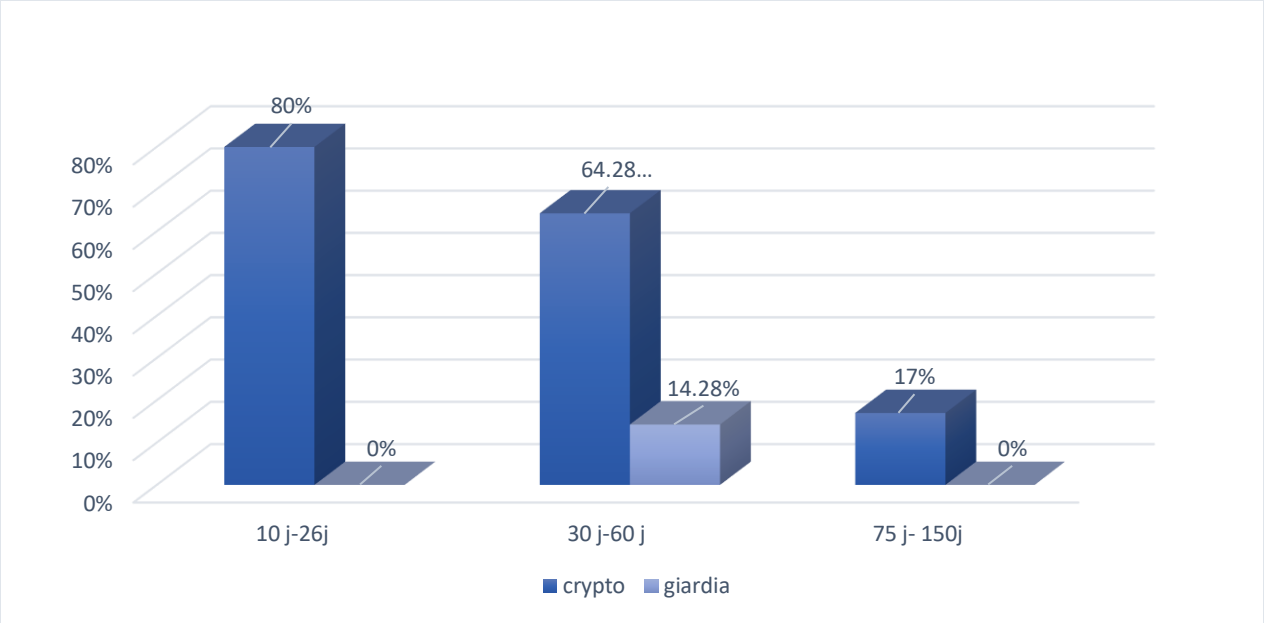


Figure 19 : Répartition des résultats d'émission de cryptosporidium et de Giardia chez le veau

La répartition des cas positifs en fonction de l'âge pour cryptosporidium et giardia ; indiquent que les infestations par cryptosporidium spp surviennent à un très jeune âge chez les animaux étudiés. Tandis que les infestations par giardia sont plus tardives **(O'handley et al.,1999 ; Mcallister et al.,2005 ; Del coco et al.,2008).**

Dans cette étude ; l'occurrence la plus élevée de cryptosporidium a été observée chez les veaux de moins d'un mois en particulier entre l'âge de 10-26 jours ce qui conforme avec ce qui a été rapportée dans la littérature où il a été constaté que la cryptosporidiose se manifeste principalement chez les veaux âgés de 4-30 jours **(Alain.,2003 ; Sischo.,2000 ; Khekef et al.,2007 ; Thompson et al.,2017 ; Naguib et al.,2018).**

Conformément aux résultats des études précédentes ; notamment celle de **(Naguib et al.,2018**) qui a rapporté que l'excrétion maximale de giardia se trouve chez les veaux âgés de 1 à 2 mois ; il a également été constaté dans cette étude que la plus grande occurrence se situe dans cette même tranche d'âge. De même ; les recherches menées par **(Quilez et al.,1996)** indiquent que l'infestation maximale se situe entre 1.5 et 4 mois d'âge.

II.2.3 Prévalence selon le mode de diagnostic

Afin de vérifier la spécificité des kits Speed Giardia en comparaison avec la méthode traditionnelle couramment utilisée, une étude a été entreprise. Dans le cadre de cette étude, 15 tests rapides ont été réalisés sur des échantillons de fientes provenant de poulets et préalablement identifiés comme étant négatifs. Les résultats obtenus ont démontré une concordance entre les deux méthodes de diagnostic

Cependant, en ce qui concerne l'espèce bovine, les kits Speed Giardia ont été utilisés sur 15 nouveaux échantillons récemment prélevés, et des résultats contradictoires ont été obtenus par rapport à la méthode microscopique. En effet, trois tests sur les 15 réalisés ont été positifs selon les kits Speed, tandis que la méthode microscopique n'a révélé aucun cas positif. Cette disparité de résultats peut être expliquée par un manque d'expertise ou de compétence dans l'utilisation de la méthode microscopique.

Il est important de noter que l'interprétation des résultats de diagnostic peut varier en fonction de la sensibilité et de la spécificité de chaque méthode utilisée, ainsi que des compétences de l'opérateur. Dans ce cas spécifique, il est possible que les kits Speed Giardia aient détecté des infections subcliniques ou à faible charge parasitaire qui n'ont pas été observées par la méthode microscopique

III. Conclusion

En conclusion, les résultats de cette étude mettent en évidence la prévalence variable de Cryptosporidium chez les poulets en fonction de l'âge. De plus, l'étude révèle une prévalence plus élevée de Cryptosporidium par rapport à Giardia chez les veaux laitiers, ce qui diffère de certaines études antérieures menés dans différentes régions du monde.

Il est important de noter que l'âge a le plus d'impact comme avait été toujours démontré dans la littérature. Les infestations à cryptosporidium sont beaucoup plus fréquentes chez les veaux ayant un âge compris entre 10 et 26 jours, alors que les infestations à Giardia sont plus tardives, elles sont plus fréquentes chez les jeunes bovins âgés de 30 à 60 jours

Cependant, il est important de souligner que l'épidémiologie de ces parasites chez les animaux d'élevage, en particulier pour Giardia, reste insuffisamment étudiée. D'autres facteurs de risque tels que la literie, l'hygiène, le contact avec la mère et l'alimentation devraient être explorés afin de mettre en place les mesures de prévention nécessaires pour éradiquer ces pathogènes dans les élevages animaux en Algérie.

Références

Abdelaziz.A.,2014 : la cryptosporidiose chez le veau et sa relation avec certains facteurs de risques dans quelques élevages des trois wilayas du centre de l'Algérie, Mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère en sciences veterinaire. ENSV EL-HARRACH.

Abeywardena, H., A. R. Jex and R. B. Gasser (2015). "A perspective on Cryptosporidium and Giardia, with an emphasis on bovines and recent epidemiological findings." Advances in parasitology 88: 243-301.

Adam, R. D. (1991). "The biology of Giardia spp." Microbiological reviews 55(4): 706-732.

Adam, R. D. (2001). "Biology of Giardia lamblia." Clinical microbiology reviews 14(3): 447-475.

ADAM, Rodney D. Giardia duodenalis: biology and pathogenesis. Clinical Microbiology Reviews, 2021, vol. 34, no 4, p. e00024-19.

ADAM, Rodney D. Giardiasis. In : Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases. Elsevier, 2020. p. 707-711.

Adams RB, Guerrant RL, Zu S, Fang G, Roche JK. 1994. Cryptosporidium parvum infection of intestinal epithelium: morphologic and functional studies in an in vitro model. J. Infect. Dis. 169:170 –177

AGNAMEY, Patrice, SARFATI, Claudine, PINEL, Claudine, et al. Evaluation of four commercial rapid immunochromatographic assays for detection of Cryptosporidium antigens in stool samples: a blind multicenter trial. Journal of Clinical Microbiology, 2011, vol. 49, no 4, p. 1605-1607.

AKAM, A., LAFRI, M., KHELEF, D., et al. Cryptosporidiose bovine dans la région de la Mitidja (Algérie). Bulletin USAMV-CN, 2007, vol. 64, no 1-2, p. 344-350.

ALI, Syed A. et HILL, David R. Giardia intestinalis. Current opinion in infectious diseases, 2003, vol. 16, no 5, p. 453-460.

ALLAIN, Thibault et BURET, André G. Pathogenesis and post-infectious complications in giardiasis. Advances in parasitology, 2020, vol. 107, p. 173-199.

ALLAIN, Thibault et BURET, André G. Pathogenesis and post-infectious complications in giardiasis. Advances in parasitology, 2020, vol. 107, p. 173-199.

ALLAIN, Thibault, AMAT, Christina B., MOTTA, Jean-Paul, et al. Interactions of Giardia sp. with the intestinal barrier: Epithelium, mucus, and microbiota. Tissue Barriers, 2017, vol. 5, no 1, p. e1274354.

AMAR, C. F. L., DEAR, P. H., PEDRAZA-DIAZ, S., et al. Sensitive PCR-restriction fragment length polymorphism assay for detection and genotyping of Giardia duodenalis in human feces. Journal of clinical microbiology, 2002, vol. 40, no 2, p. 446-452.

AMENSOUR, Fahima et BAROUDI, Djamel. Recherche de Giardia sp. chez les bovins dans quelques élevages avec une prophylaxie rigoureuse dans la région de Tizi Ouzou. 2016. Thèse de doctorat. École Nationale Supérieure Vétérinaire.

Anderson BC.,1986 : effet of drying on the infectivity of cryptosporidia calf feces for 3 to 7 day old mice .Am J. Vet . Res.,47(10),2272-2273

Anderson, B. C., Effect of drying on the infectivity of cryptosporidia-laden calf feces for 3- to 7-day-old mice, Am.J. Vet. Res., 47, 2272, 1986

ANKARKLEV, Johan, JERLSTRÖM-HULTQVIST, Jon, RINGQVIST, Emma, et al. Behind the smile: cell biology and disease mechanisms of Giardia species. Nature reviews microbiology, 2010, vol. 8, no 6, p. 413-422.

Ansari, M. A. R. (1951). Contribution à l'étude du genre giardia kunstler, 1882 (mastigophora, octomitidæ)-I.—Tableau synoptique des espèces connues et de quatre espèces nouvelles, EDP Sciences.

Argüello-García R, Leitsch D, Skinner-Adams T, Ortega-Pierres MG. Drug resistance in Giardia: Mechanisms and alternative treatments for Giardiasis. Adv Parasitol. 2020;107:201-282. doi: 10.1016/bs.apar.2019.11.003. Epub 2020 Jan 17. PMID: 32122530.

Association française des enseignants de parasitologie et mycologie : Parasitologie et mycologie médicales.,2017 ISBN978-2-294-75363-3

BAILENGER, J. Les méthodes diphasiques de concentration parasitaire en coprologie: Explication de leurs divergences par l'énoncé de leur principe. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 1966, vol. 41, no 6, p. 607-622.

BAJER, Anna. Cryptosporidium and Giardia spp. infections in humans, animals and the environment in Poland. Parasitology research, 2008, vol. 104, p. 1-17.

BAMAIYI, Pwaveno H., UMOH, Jarlath U., ABDU, Paul A., et al. The prevalence of cryptosporidium oocysts in birds in Zaria, Nigeria. Borneo Journal of Resource Science and Technology, 2013, vol. 2, no 2, p. 52-59.

Baroudi D.,2005; la cryptosporidium bovine dans certaines fermes du centre d'Algerie et l'impact sur la santé humaine, mémoire de magister option : zoonoses parasitaire E.N.S.V EL-HARRACH

BAROUDI, D., D. KHELEF, R. GOUCEMA, K.T. ADJOUB, H. ADAMUC, H. ZHANGC and L. XIAO (2013): Common occurrence of zoonotic pathogen Cryptosporidium meleagridis in broiler chickens and turkeys in Algeria. Vet. Parasitol. 96, 334-340

Baroudi, D., Khelef, D., Hakem, A., Abdelaziz,A., Chen, X., Lysen, C., Roellig, D. & Xiao,L. (2017). Molecular characterization of zoonotic pathogens Cryptosporidium spp., Giardia duodenalis and Enterocytozoon bieneusi in calves in Algeria. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports 8: 66-69.

BAROUDI, Djamel, KHELEF, Djamel, HAKEM, Ahcene, et al. Molecular characterization of zoonotic pathogens Cryptosporidium spp., Giardia duodenalis and Enterocytozoon bieneusi in calves in Algeria. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports, 2017, vol. 8, p. 66-69.

BARR, Stephen C., BOWMAN, Dwight D., FRONGILLO, Marguerite F., et al. Efficacy of a drug combination of praziquantel, pyrantel pamoate, and febantel against giardiasis in dogs. American journal of veterinary research, 1998, vol. 59, no 9, p. 1134-1136.

BARWICK, R. S., MOHAMMED, H. O., WHITE, M. E., et al. Factors associated with the likelihood of Giardia spp. and Cryptosporidium spp. in soil from dairy farms. Journal of dairy science, 2003, vol. 86, no 3, p. 784-791.

BERNANDER, Rolf, PALM, JE Daniel, et SVÄRD, Staffan G. Genome ploidy in different stages of the Giardia lamblia life cycle. Cellular microbiology, 2001, vol. 3, no 1, p. 55-62.

BERTRAND, Isabelle. Détection et génotypage des kystes de Giardia lamblia à partir de matrices environnementales et d'échantillons biologiques. 2005. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré-Nancy 1.

BEUGNET, F. Antiparasitaires externes chez les carnivores domestiques. EMC-vétérinaire, 2004, vol. 1, no 4, p. 138-153.

BEUGNET, F., GUILLOT, J., POLACK, B., et al. Enquête sur le parasitisme digestif des chiens et des chats de particuliers de la région parisienne. Revue Méd Vét, 2000, vol. 151, no 5, p. 443-446.

BJORKMAN C., SVENSSON C., CHRISTENSSON B., DE VERDIER K., 2003. Cryptosporidium parvum and Giardia intestinalis in calf diarrhoea in Sweden. Acta vet. Scand., 44: 145-152

Blagburn BL, Lindsay DS, Giambrone JJ, Sunderman CA, Hoerr FJ. Experimental cryptosporidiosis in broiler chickens. Poultry Sci 1987; 66:442±9

BLANCHARD, Patricia Carey. Diagnostic de la diarrhée des bovins laitiers et de boucherie. Cliniques vétérinaires : Pratique des animaux destinés à l'alimentation , 2012, vol. 28, n° 3, p. 443-464.

BLANCHARD, Patricia Carey. Diagnostics of dairy and beef cattle diarrhea. Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 2012, vol. 28, no 3, p. 443-464.

BOROWSKI, H., THOMPSON, R. C. A., ARMSTRONG, T., et al. Morphological characterization of Cryptosporidium parvum life-cycle stages in an in vitro model system. Parasitology, 2010, vol. 137, no 1, p. 13-26.

Bourdeau., 1993 les giardioses des carnivores. Rec. Med. Vet. 1993,169(5/6):393-400

BOURDOISEAU G : Les protozooses digestives- Prat. Méd. Chir. Anim. Comp. - 1993, 28 : 295-303.

BOUZID, Maha, HUNTER, Paul R., CHALMERS, Rachel M., et al. Cryptosporidium pathogenicity and virulence. Clinical microbiology reviews, 2013, vol. 26, no 1, p. 115-134.

BRAIMA, Kamil, ZAHEDI, Alireza, OSKAM, Charlotte, et al. Retrospective analysis of Cryptosporidium species in Western Australian human populations (2015–2018), and emergence of the C. hominis IfA12G1R5 subtype. Infection, Genetics and Evolution, 2019, vol. 73, p. 306-313.

BROWN, Tim J., DONAGHY, Morgan J., KEYS, Elizabeth A., et al. The viability of Giardia intestinalis and Giardia muris cysts in seawater. International Journal of Environmental Health Research, 1999, vol. 9, no 2, p. 157-161.

BURET, A. G., MITCHELL, K., MUENCH, D. G., et al. Giardia lamblia disrupts tight junctional ZO-1 and increases permeability in non-transformed human small intestinal epithelial monolayers: effects of epidermal growth factor. Parasitology, 2002, vol. 125, no 1, p. 11-19.

BURET, A., GALL, D. G., et OLSON, M. E. Growth, activities of enzymes in the small intestine, and ultrastructure of microvillous border in gerbils infected with Giardia duodenalis. Parasitology research, 1991, vol. 77, p. 109-114.

BURET, Andre G. Mechanisms of epithelial dysfunction in giardiasis. Gut, 2007, vol. 56, no 3, p. 316-317.

BURET, Andre, HARDIN, James A., OLSON, Merle E., et al. Pathophysiology of small intestinal malabsorption in gerbils infected with Giardia lamblia. Gastroenterology, 1992, vol. 103, no 2, p. 506-513.

Caccio S.M., Lalle M., 2015 - Giardia. In Xiao L., Ryan U., Feng Y., Biology of Foodborne Parasites. CRC press, Boca Raton, 514p

Cacciò, S. M., M. Lalle and S. G. Svärd (2018). "Host specificity in the Giardia duodenalis species complex." Infection, Genetics and Evolution 66: 335-345.

Cacciò, S. M., R. A. Thompson, J. McLauchlin and H. V. Smith (2005). "Unravelling cryptosporidium and giardia epidemiology." Trends in parasitology 21(9): 430-437.

CACCIÒ, Simone M. et LALLE, Marco. Giardia. In : Biology of foodborne parasites. CRC press, 2015. p. 190-209.

CACCIÒ, Simone M., LALLE, Marco, et SVÄRD, Staffan G. Host specificity in the Giardia duodenalis species complex. Infection, Genetics and Evolution, 2018, vol. 66, p. 335-345.

CACCIÒ, Simone M., THOMPSON, RC Andrew, MCLAUCHLIN, Jim, et al. Unravelling cryptosporidium and giardia epidemiology. Trends in parasitology, 2005, vol. 21, no 9, p. 430-437.

Campbell I.,Tzipori S., Hutchison G., 1982 :effects of disinfectants on survival of cryptosporidium oocysts. Vet. Rec, 111,414-415

CAO, Shengkui, XU, Meng, JIANG, Yanyan, et al. Prevalence and genetic characterization of Cryptosporidium, Giardia and Enterocytozoon in chickens from Ezhou, Hubei, China. Frontiers in Veterinary Science, 2020, vol. 7, p. 30.

CAO, Shengkui, XU, Meng, JIANG, Yanyan, et al. Prevalence and genetic characterization of Cryptosporidium, Giardia and Enterocytozoon in chickens from Ezhou, Hubei, China. Frontiers in Veterinary Science, 2020, vol. 7, p. 30.

CARRANZA, Pedro G. et LUJAN, Hugo D. New insights regarding the biology of Giardia lamblia. Microbes and infection, 2010, vol. 12, no 1, p. 71-80.

CARRANZA, Pedro G. et LUJAN, Hugo D. New insights regarding the biology of Giardia lamblia. Microbes and infection, 2010, vol. 12, no 1, p. 71-80.

CARTER, E. R., NABARRO, L. E., HEDLEY, L., et al. Nitroimidazole-refractory giardiasis: a growing problem requiring rational solutions. Clinical microbiology and infection, 2018, vol. 24, no 1, p. 37-42.

CASTRO-HERMIDA, José A., GONZÁLEZ-LOSADA, Yolanda A., et ARES-MAZÁS, Elvira. Prévalence et facteurs de risque impliqués dans la propagation de la cryptosporidiose bovine néonatale en Galice (nord-ouest de l'Espagne). Parasitologie vétérinaire , 2002, vol. 106, n° 1, p. 1-10.

CASTRO-HERMIDA, José Antonio, ALMEIDA, André, GONZÁLEZ-WARLETA, Marta, et al. Occurrence of Cryptosporidium parvum and Giardia duodenalis in healthy adult domestic ruminants. Parasitology Research, 2007, vol. 101, p. 1443-1448.

Cavalier-Smith, T. (2003). "Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa." European Journal of Protistology 39(4): 338-348.

CERNIKOVA, Lenka, FASO, Carmen, et HEHL, Adrian B. Five facts about Giardia lamblia. PLoS pathogens, 2018, vol. 14, no 9, p. e1007250.

CERTAD, Gabriela, VISCOGLIOSI, Eric, CHABÉ, Magali, et al. Pathogenic mechanisms of Cryptosporidium and Giardia. Trends in Parasitology, 2017, vol. 33, no 7, p. 561-576.

CEVALLOS, Ana-Maria, CARNABY, Simon, JAMES, Mathew, et al. Small intestinal injury in a neonatal rat model of giardiasis is strain dependent. Gastroenterology, 1995, vol. 109, no 3, p. 766-773.

CHALMERS, R. M. 13 Advances in Diagnosis: i s Microscopy Still the Benchmark?. Giardia and Cryptosporidium, 2009, p. 147.

Chartier C., Mallereau-Pellet M.P., Mancassola R. , Nussbaum D., 2002 - Détection des oocystes de Cryptosporidium dans les fèces de caprins : comparaison entre un test d'agglutination au latex et trois autres techniques conventionnelles. Vet. Res., 33, pp: 169–177.

CLIPSHAM, Robert. Avian pathogenic flagellated enteric protozoa. In : Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine. WB Saunders, 1995. p. 112-125.

Clyde, Victoria L. and Sharon Patton. "Diagnosis, treatment, and control of common parasites in companion and aviary birds." Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine 5 (1996): 75-84.

COSTA, Damien, SOULIEUX, Louise, RAZAKANDRAINIBE, Romy, et al. Performances comparatives de huit méthodes PCR pour détecter les espèces de cryptosporidium. Pathogènes , 2021, vol. 10, n° 6, p. 647.

COTTON, James A., BEATTY, Jennifer K., et BURET, Andre G. Host parasite interactions and pathophysiology in Giardia infections. International journal for parasitology, 2011, vol. 41, no 9, p. 925-933.

CUI, Zhaohui, SONG, Dan, QI, Meng, et al. Revisiting the infectivity and pathogenicity of Cryptosporidium avium provides new information on parasitic sites within the host. Parasites & vectors, 2018, vol. 11, no 1, p. 1-7.

CURRENT, WILLIAM L., UPTON, STEVE J., et HAYNES, THOMAS B. The life cycle of Cryptosporidium baileyi n. sp.(Apicomplexa, Cryptosporidiidae) infecting chickens. The Journal of protozoology, 1986, vol. 33, no 2, p. 289-296.

DA CUNHA, Maria Júlia Rodrigues, CURY, Márcia Cristina, et SANTÍN, Monica. Molecular characterization of Cryptosporidium spp. in poultry from Brazil. Research in veterinary science, 2018, vol. 118, p. 331-335.

DA CUNHA, Maria Júlia Rodrigues, CURY, Márcia Cristina, et SANTÍN, Monica. Molecular characterization of Cryptosporidium spp. in poultry from Brazil. Research in veterinary science, 2018, vol. 118, p. 331-335.

DA SILVA, Alexandre J., BORNAY-LLINARES, Fernando J., MOURA, Iaci NS, et al. Fast and reliable extraction of protozoan parasite DNA from fecal specimens. Molecular Diagnosis, 1999, vol. 4, no 1, p. 57-64.

De Aquino, M. C. C., S. V. Inácio, F. d. S. Rodrigues, L. D. De Barros, J. L. Garcia, S. A. Headley, J. F. Gomes and K. D. S. Bresciani (2020). "Cryptosporidiosis and giardiasis in buffaloes (Bubalus bubalis)." Frontiers in Veterinary Science 7: 557967.

DE AQUINO, Monally ConceiçãO Costa, INÁCIO, Sandra Valéria, RODRIGUES, Fernando de Souza, et al. Cryptosporidiosis and giardiasis in buffaloes (Bubalus bubalis). Frontiers in veterinary science, 2020, vol. 7, p. 557967.

De Graaf DC, Vanopdenbosch E, Ortega-Mora LM, Abbassi H, Peeters JE. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. Int J Parasitol. 1999 Aug;29(8):1269-87. doi: 10.1016/s0020-7519(99)00076-4. PMID: 10576578; PMCID: PMC7127282.

DE GRAAF, Dirk C., VANOPDENBOSCH, Emmanuel, ORTEGA-MORA, Luis M., et al. Un examen de l'importance de la cryptosporidiose chez les animaux de ferme. Journal international de parasitologie, 1999, vol. 29, n° 8, p. 1269-1287.

DEL COCO, Valeria F., CÓRDOBA, María A., et BASUALDO, Juan A. Cryptosporidium infection in calves from a rural area of Buenos Aires, Argentina. Veterinary parasitology, 2008, vol. 158, no 1-2, p. 31-35.

DEL COCO, Valeria F., CÓRDOBA, María A., et BASUALDO, Juan A. Cryptosporidium infection in calves from a rural area of Buenos Aires, Argentina. Veterinary parasitology, 2008, vol. 158, no 1-2, p. 31-35.

Delafosse A., Castro-Hermida J.A., Baudry C., Paurs I., Ares-Mazas M.E., Chartier C., 2003 - Prévalence et facteurs de risque de la cryptosporidiose caprine dans le département des deux sèvres. Renc. Rech. Ruminants, 10, Paris, pp: 289-292

DELAFOSSE, A., CASTRO HERMIDA, J. A., BAUDRY, C., et al. Prévalence et facteurs de risque de la cryptosporidiose caprine dans le département des Deux Sèvres (France). Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 2003, p. 289-292.

DI PRISCO, M. C., HAGEL, I., LYNCH, N. R., et al. Possible relationship between allergic disease and infection by Giardia lamblia. Annals of Allergy, 1993, vol. 70, no 3, p. 210-213.

Di Prisco, M.C., I. Hagel, N.R. Lynch, N. Alvarez, and R.Lopez. 1993. Possible relationship between allergic disease and infection by Giardia lamblia. Annals of Allergy70:210–213

DIXON, B. R., et al. The role of livestock in the foodborne transmission of Giardia duodenalis and Cryptosporidium spp. to humans. Giardia and Cryptosporidium: from molecules to disease. CAB International, Wallingford, UK, 2009, p. 107-122.

DIXON, Brent R. Giardia duodenalis in humans and animals–Transmission and disease. Research in veterinary science, 2021, vol. 135, p. 283-289.

Dobell, C. (1920). "The discovery of the intestinal protozoa of man." Proceedings of the Royal Society of Medicine 13(Sect_Hist_Med): 1-15.

DRYDEN, Michael W., PAYNE, Patricia A., et SMITH, V. Accurate diagnosis of Giardia spp and proper fecal examination procedures. Veterinary Therapeutics, 2006, vol. 7, no 1, p. 4.

DUBEY, J. P. Cryptosporidiosis of man and animals. Boston : crc Press, 1990.

ECKMANN, Lars, LAURENT, Fabrice, LANGFORD, T. Dianne, et al. Nitric oxide production by human intestinal epithelial cells and competition for arginine as potential determinants of host defense against the lumen-dwelling pathogen Giardia lamblia. The Journal of Immunology, 2000, vol. 164, no 3, p. 1478-1487.

Einarsson, E., Svärd, S.G., 2015. Encystation of Giardia intestinalis—a journey from the duodenum to the colon. Curr. Trop. Med. Rep. 2, 101–109

EINARSSON, Elin, MA'AYEH, Showgy, et SVÄRD, Staffan G. An up-date on Giardia and giardiasis. Current opinion in microbiology, 2016, vol. 34, p. 47-52.

Elitok B, Elitok OM, Pulat H. Efficacy of azithromycin dihydrate in treatment of cryptosporidiosis in naturally infected dairy calves. J Vet Intern Med. 2005;19:590–3https://doi.org/10.1892/08916640(2005)19[590:EOADIT]2.0.CO;2

Elmendorf, H. G., S. C. Dawson and J. M. McCaffery (2003). "The cytoskeleton of Giardia lamblia." International journal for parasitology 33(1): 3-28.

Enmark H.L., Bille-Hansen V., Lind P., Heegaard P.M.H., Vigre H., Ahren P., Thamsborg S.M., 2003 - Pathogenicity of Cryptosporidium parvum - evaluation of an animal infection model. Vet. Parasitol., 113, pp: 35-57.

ERDMAN, D. D. Clinical comparison of ethyl acetate and diethyl ether in the formalin-ether sedimentation technique. Journal of Clinical Microbiology, 1981, vol. 14, no 5, p. 483-485.

Erlandsen, S. L. and W. J. Bemrick (1987). "SEM evidence for a new species, Giardia psittaci." The Journal of Parasitology: 623-629.

Erlandsen, S. L., W. J. Bemrick, C. L. Wells, D. E. Feely, L. Knudson, S. R. Campbell, H. van Keulen and E. L. Jarroll (1990). "Axenic culture and characterization of Giardia ardeae from the great blue heron (Ardea herodias)." The Journal of parasitology: 717-724.

ESTEBAN, Emilio et ANDERSON, Bruce C. Cryptosporidium muris : prévalence, persistance et effet délétère sur la production laitière dans une laiterie sèche. Journal of Dairy Science , 1995, vol. 78, n° 5, p. 1068-1072.

ESTEBAN, Emilio et ANDERSON, Bruce C. Cryptosporidium muris: prevalence, persistency, and detrimental effect on milk production in a drylot dairy. Journal of Dairy Science, 1995, vol. 78, no 5, p. 1068-1072.

Farthing, M. J. (1996). "Giardiasis." Gastroenterology Clinics 25(3): 493-515.

FAUBERT, Gaétan. Immune response to Giardia duodenalis. Clinical microbiology reviews, 2000, vol. 13, no 1, p. 35-54.p. 1-47.

Fayer R, Orlandi P, Perdue ML. 2009. Virulence factor activity relationships for hepatitis E and Cryptosporidium. J. Water Health 7(Suppl 1): S55–S63. doi:10.2166/wh.2009.044.

FAYER, R. J. M. T., TROUT, J. M., et JENKINS, M. C. Infectivity of Cryptosporidium parvum oocysts stored in water at environmental temperatures. The Journal of parasitology, 1998, p. 1165-1169.

Fayer, R.; Xiao, L. Cryptosporidium and Cryptosporidiosis, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; Taylor & Francis Group: London, UK, 2007; p. 580

FAYER, Ronald et XIAO, Lihua (ed.). Cryptosporidium and cryptosporidiosis. CRC press, 2007.

FAYER, Ronald, MORGAN, Una, et UPTON, Steve J. Epidémiologie du Cryptosporidium : transmission, détection et identification. Revue internationale de parasitologie , 2000, vol. 30, n° 12-13, p. 1305-1322.

FAYER, Ronald. Taxonomy and species delimitation in Cryptosporidium. Experimental parasitology, 2010, vol. 124, no 1, p. 90-97.

FEELY, D. E. (1988). "Morphology of the Cyst of Giardia microti by Light and Electron Microscopy 1." The Journal of protozoology 35(1): 52-54.

FEELY, DENNIS E. Morphology of the Cyst of Giardia microti by Light and Electron Microscopy 1. The Journal of protozoology, 1988, vol. 35, no 1, p. 52-54.:

Feng, Y. and L. Xiao (2011). "Zoonotic potential and molecular epidemiology of Giardia species and giardiasis." Clinical microbiology reviews 24(1): 110-140.

FENG, Yaoyu et XIAO, Lihua. Zoonotic potential and molecular epidemiology of Giardia species and giardiasis. Clinical microbiology reviews, 2011, vol. 24, no 1, p. 110-140.

FENG, Yaoyu, ORTEGA, Ynes, CAMA, Vitaliano, et al. High intragenotypic diversity of Giardia duodenalis in dairy cattle on three farms. Parasitology research, 2008, vol. 103, p. 87-92.

Filice, F. P. (1952). "Studies on the cytology and life history of a Giardia from the laboratory rat." Univ Calif Publ Zool 57: 53-146.

FINK, Marc Y., SHAPIRO, Danielle, et SINGER, Steven M. Giardia lamblia: Laboratory maintenance, lifecycle induction, and infection of murine models. Current protocols in microbiology, 2020, vol. 57, no 1, p. e102.

Ford, B. J. (2005). "The Discovery of Giardia1." Microscope 53(4): 53.

FORSHAW, D., PALMER, D. G., HALSE, S. A., et al. Giardia in straw-necked ibis (Threskiornis spinicollis) in Western Australia. Veterinary Record, 1992, vol. 131, no 12, p. 267-268.

FORSHAW, D., PALMER, D. G., HALSE, S. A., et al. Giardia in straw-necked ibis (Threskiornis spinicollis) in Western Australia. Veterinary Record, 1992, vol. 131, no 12, p. 267-268.

GARDNER, Timothy B. et HILL, David R. Treatment of giardiasis. Clinical microbiology reviews, 2001, vol. 14, no 1, p. 114-128.

GERACE, Elisabetta, PRESTI, Vincenzo Di Marco Lo, et BIONDO, Carmelo. Cryptosporidium infection: epidemiology, pathogenesis, and differential diagnosis. European Journal of Microbiology and Immunology, 2019, vol. 9, no 4, p. 119-123.

GERACE, Elisabetta, PRESTI, Vincenzo Di Marco Lo, et BIONDO, Carmelo. Cryptosporidium infection: epidemiology, pathogenesis, and differential diagnosis. European Journal of Microbiology and Immunology, 2019, vol. 9, no 4, p. 119-123.

Geurden T, Claerebout E, Vercruysse J, Berkvens D. Estimation of diagnostic test characteristics and prevalence of Giardia duodenalis in dairy calves in Belgium using a Bayesian approach. Int J Parasitol. 2004 Sep;34(10):1121-7. doi: 10.1016/j.ijpara.2004.05.007. PMID: 15380683.

Geurden T., Olson M. E., 2011 - Giardia in pets and farm animals, and their zoonotic potential (71-92). In Lujan H.D., Svard S. Giardia: A model organism. SpringerVerlag/Wien, Australia, 420 p.

Geurden, T. and E. Claerebout (2010). "The relevance of Giardia infections in veterinary medicine." GV LaMann, Veterinary Parasitology. New York, USA: Nova Science Publishers, Inc.

Geurden, T., J. Vercruysse and E. Claerebout (2010). "Is Giardia a significant pathogen in production animals?" Experimental parasitology 124(1): 98-106.

GHAZY, Alaa A., ABDEL-SHAFY, Sobhy, SHAAPAN, Rafaat M., et al. Cryptosporidiosis in animals and man: 2. Diagnosis. Asian Journal of Epidemiology, 2015, vol. 8, no 4, p. 84-103.

GHAZY, Alaa A., ABDEL-SHAFY, Sobhy, SHAAPAN, Rafaat M., et al. Cryptosporidiosis in animals and man: 2. Diagnosis. Asian Journal of Epidemiology, 2015, vol. 8, no 4, p. 84-103.

GIBSON GR, RAMIREZ D, MAIER J, CASTILLO C, SIDDHARTHA D : Giardia lamblia : incorporation of free and conjugated fatty acids into glycerol-based phospholipids- Exp. Parasitol. -1999, 92 (1): 1-11.

GIBSON, George R., RAMIREZ, David, MAIER, Julie, et al. Giardia lamblia: incorporation of free and conjugated fatty acids into glycerol-based phospholipids. Experimental parasitology, 1999, vol. 92, no 1, p. 1-11.

GILLIN, Frances D., REINER, David S., et MCCAFFERY, J. Michael. Cell biology of the primitive eukaryote Giardia lamblia. Annual review of microbiology, 1996, vol. 50, no 1, p. 679-705.

GILLIN, Frances D., REINER, David S., GAULT, Michael J., et al. Encystation and expression of cyst antigens by Giardia lamblia in vitro. Science, 1987, vol. 235, no 4792, p. 1040-1043.

Gong, Z., Kan, Zz., Huang, Jm. et coll. Prévalence moléculaire et caractérisation de Cryptosporidium chez les volailles domestiques élevées en plein air dans la province d'Anhui, en Chine. Parasitol Res 120 , 3519–3527 (2021). https://doi.org/10.1007/s00436-021-07191-y

GOODWIN, M. A. and J. BROWN (1988a): Histologic incidence and distribution of Cryptosporidium sp. Infection in chickens. Avian. Dis. 32, 365-369.

Goodwin, M.A., Brown, J., Resurreccion, R.S., Smith, J.A., 1996. Respiratory coccidiosis (Cryptosporidium baileyi) among northern Georgia broilers in one company. Avian Dis. 40, 572–575

GOODWIN, Mark A., BROWN, John, et FLETCHER, Oscar J. The relationship of Cryptosporidium sp. infection of the bursa of Fabricius, intestinal tract, and respiratory system of chickens in Georgia, 1974-1988. Avian Diseases, 1990, p. 701-703.

GOODWIN, Mark A., BROWN, John, RESURRECCION, Reynaldo S., et al. Respiratory coccidiosis (Cryptosporidium baileyi) among northern Georgia broilers in one company. Avian diseases, 1996, p. 572-575.

GOTFRED-RASMUSSEN, Helle, LUND, Marianne, ENEMARK, Heidi L., et al. Comparison of sensitivity and specificity of 4 methods for detection of Giardia duodenalis in feces: immunofluorescence and PCR are superior to microscopy of concentrated iodine-stained samples. Diagnostic Microbiology and Infectious Disease, 2016, vol. 84, no 3, p. 187-190.

Gow, S. and C. Waldner (2006). "An examination of the prevalence of and risk factors for shedding of Cryptosporidium spp. and Giardia spp. in cows and calves from western Canadian cow–calf herds." Veterinary parasitology 137(1-2): 50-61.

Griffiths JK, Balakrishnan R, Widmer G, et al. Paromomycin and geneticin inhibit intracellular Cryptosporidium parvum without trafficking through the host cell cytoplasm: implications for drug delivery. Infect Immun 1998;66:3874–83

GRIFFITHS, Jeffrey K. Human cryptosporidiosis: epidemiology, transmission, clinical disease, treatment, and diagnosis. Advances in parasitology, 1998, vol. 40, p. 37-85.

GUECHTOULI, Sihem, MIMOUNE, Nora, MESSAI, Chafik-Reda, et al. Cryptosporidium sp. infection in the broiler chickens and turkeys on farms in north central Algeria. Veterinarska stanica, 2022, vol. 53, no 4, p. 403-418.

GUÉRIN, Amandine et STRIEPEN, Boris. The biology of the intestinal intracellular parasite Cryptosporidium. Cell Host & Microbe, 2020, vol. 28, no 4, p. 509-515.

GUILLAUME, Viviane. Fiches de parasitologie. De Boeck Supérieur, 2007.

GUYOT, K., SARFATI, C., et DEROUIN, F. Actualités sur l'épidémiologie et le diagnostic de la cryptosporidiose. Feuillets de biologie, 2012, vol. 53, no 304, p. 21-29.

GUYOT, K., SARFATI, C., et DEROUIN, F. Actualités sur l'épidémiologie et le diagnostic de la cryptosporidiose. Feuillets de biologie, 2012, vol. 53, no 304, p. 21-29.

GUYOT, K., SARFATI, C., et DEROUIN, F. Actualités sur l'épidémiologie et le diagnostic de la cryptosporidiose. Feuillets de biologie, 2012, vol. 53, no 304, p. 21-29.

H.D. Lujan, M.R. Mowatt, L.G. Byrd, T.E. Nash, Cholesterol starvation induces differentiation of the intestinal parasite Giardia lamblia. Proc. Natl. Acad. Sci. U S A 93 (1996) 7628e7633

HALLIEZ, Marie CM et BURET, André G. Extra-intestinal and long term consequences of Giardia duodenalis infections. World journal of gastroenterology: WJG, 2013, vol. 19, no 47, p. 8974.

HAMNES I.S., GJERDE B., ROBERTSON L., 2006. Prevalence of Giardia and Cryptosporidium in dairy calves in three areas of Norway. Vet. Parasitol., 140: 204-216

HARP, JA et GOFF, JP Stratégies de contrôle de l'infection à Cryptosporidium parvum chez les veaux. Journal des sciences laitières , 1998, vol. 81, n° 1, p. 289-294.

HARRIS, J., PLUMMER, S., et LLOYD, David. Antigiardial drugs. Applied microbiology and biotechnology, 2001, vol. 57, p. 614-619.

HATAM-NAHAVANDI, Kareem, AHMADPOUR, Ehsan, CARMENA, David, et al. Infections à Cryptosporidium chez les ongulés terrestres en mettant l'accent sur le bétail : une revue systématique et une méta-analyse. Parasites & vecteurs, 2019, vol. 12, p. 1-23. https://doi.org/10.1186/s13071-019-3704-4

HELMY, Yosra A. et HAFEZ, Hafez M. Cryptosporidiose : De la prévention au traitement, une revue narrative. Microorganismes , 2022, vol. 10, n° 12, p. 2456.

HELMY, Yosra A. et HAFEZ, Hafez M. Cryptosporidiosis: From prevention to treatment, a narrative review. Microorganisms, 2022, vol. 10, no 12, p. 2456.

Henriksen S., Polenz J.F.L., 1981 – Staining of Cryptosporidia by modified Ziehl-Neelsen technique. Acta Vet. Scand., 22, pp: 594-596.

HICHEM¹, Dahmani, HAKEM, Ahcen, et OUMOUNA, Mustapha. Epidemiological study of cryptosporidiosis and disease-associated factors in sheep in a steppe region of Algeria (Ain Oussera). Agricultura-Revistă de Știință și Practică Agricolă, 2017, no 3/4, p. 140-145.

HOOSHYAR, Hossein, ROSTAMKHANI, Parvin, ARBABI, Mohsen, et al. Giardia lamblia infection: review of current diagnostic strategies. Gastroenterology and Hepatology from bed to Bench, 2019, vol. 12, no 1, p. 3.

HOOSHYAR, Hossein, ROSTAMKHANI, Parvin, ARBABI, Mohsen, et al. Giardia lamblia infection: review of current diagnostic strategies. Gastroenterology and Hepatology from bed to Bench, 2019, vol. 12, no 1, p. 3.

HUANG, Bing Q., CHEN, Xian-Ming, et LARUSSO, Nicholas F. Cryptosporidium parvum attachment to and internalization by human biliary epithelia in vitro: a morphologic study. Journal of Parasitology, 2004, vol. 90, no 2, p. 212-221.

HUANG, David B. et WHITE, A. Clinton. An updated review on Cryptosporidium and Giardia. Gastroenterology Clinics, 2006, vol. 35, no 2, p. 291-314.

Huang, DB, & White, AC (2006). Une revue mise à jour sur Cryptosporidium et Giardia. Cliniques de gastroentérologie d'Amérique du Nord, 35(2), 291–314. doi:10.1016/j.gtc.2006.03.006

HUETINK, R. E. C., VAN DER GIESSEN, J. W. B., NOORDHUIZEN, J. P. T. M., et al. Epidemiology of Cryptosporidium spp. and Giardia duodenalis on a dairy farm. Veterinary Parasitology, 2001, vol. 102, no 1-2, p. 53-67.

Huw V. Smith, Rosely AB Nichols. Cryptosporidium. In : SIMJEE, Shabbir. Maladies d'origine alimentaire. Presse humaine, 2007.

INÁCIO, Sandra Valéria, GOMES, Jancarlo Ferreira, OLIVEIRA, Bruno César Miranda, et al. Validation of a new technique to detect Cryptosporidium spp. oocysts in bovine feces. Preventive veterinary medicine, 2016, vol. 134, p. 1-5.

INÁCIO, Sandra Valéria, GOMES, Jancarlo Ferreira, OLIVEIRA, Bruno César Miranda, et al. Validation d'une nouvelle technique de détection de Cryptosporidium spp. oocystes dans les matières fécales des bovins. Médecine vétérinaire préventive , 2016, vol. 134, p. 1-5.

INGE, P. M., EDSON, C. M., et FARTHING, M. J. Attachment of Giardia lamblia to rat intestinal epithelial cells. Gut, 1988, vol. 29, no 6, p. 795-801.

INNES, Elisabeth A., CHALMERS, Rachel M., WELLS, Beth, et al. Une approche One Health pour lutter contre la cryptosporidiose. Tendances en parasitologie , 2020, vol. 36, n° 3, p. 290-303.

JENKINS, Michael B., BOWMAN, Dwight D., FOGARTY, Elizabeth A., et al. Cryptosporidium parvum oocyst inactivation in three soil types at various temperatures and water potentials. Soil biology and Biochemistry, 2002, vol. 34, no 8, p. 1101-1109.

JENKINS, Michael B., EAGLESHAM, Barbara S., ANTHONY, Larry C., et al. Significance of wall structure, macromolecular composition, and surface polymers to the survival and transport of Cryptosporidium parvum oocysts. Applied and Environmental Microbiology, 2010, vol. 76, no 6, p. 1926-1934.

Jian, Y., X. Zhang, X. Li, C. Schou, I. Charalambidou, L. Ma and P. Karanis (2021). "Occurrence of Cryptosporidium and Giardia in wild birds from Qinghai Lake on the Qinghai-Tibetan Plateau, China." Parasitology Research 120(2): 615-628.

JIAN, Yingna, ZHANG, Xueyong, LI, Xiuping, et al. Occurrence of Cryptosporidium and Giardia in wild birds from Qinghai Lake on the Qinghai-Tibetan Plateau, China. Parasitology Research, 2021, vol. 120, p. 615-628.

JUMANI, Rajiv S., HASAN, Muhammad M., STEBBINS, Erin E., et al. A suite of phenotypic assays to ensure pipeline diversity when prioritizing drug-like Cryptosporidium growth inhibitors. Nature communications, 2019, vol. 10, no 1, p. 1862.

KATELARIS, P. H., NAEEM, A., et FARTHING, M. J. Attachment of Giardia lamblia trophozoites to a cultured human intestinal cell line. Gut, 1995, vol. 37, no 4, p. 512-518.

KHELEF, D., AKAM, A., KAIDI, R., et al. Evaluation comparative des méthodes de détection de l'oocyste de Cryptosporidium parvum dans les selles des veaux. Scientia Parasitologica, 2002, vol. 1, p. 22-27.

KHELEF, D., SAIB, M. Z., AKAM, A., et al. Epidémiologie de la cryptosporidiose chez les bovins en Algérie. Revue de médecine vétérinaire, 2007, vol. 158, no 5, p. 260-264.

KICHOU, F., F. SAGHIR and EL M. HAMIDI (1996): Infection naturelle de Cryptosporidium sp.Chez le poulet de chair au Maroc. Avian. Pathol. 25, 103-111. 10.1080/03079459608419124

KING, B. J. et MONIS, P. T. Critical processes affecting Cryptosporidium oocyst survival in the environment. Parasitology, 2007, vol. 134, no 3, p. 309-323.

KING, Brendon J., KEEGAN, Alexandra R., MONIS, Paul T., et al. Environmental temperature controls Cryptosporidium oocyst metabolic rate and associated retention of infectivity. Applied and environmental microbiology, 2005, vol. 71, no 7, p. 3848-3857.

Kirkpatrick CE. Giardiasis. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1987 Nov;17(6):1377-87. doi: 10.1016/s0195-5616(87)50007-9. PMID: 3328394.

KIRKPATRICK, C. E. et FARRELL, J. P. Feline giardiasis: observations on natural and induced infections. American Journal of Veterinary Research, 1984, vol. 45, no 10, p. 2182-2188.

KIRKPATRICK, C. E. Feline giardiasis: a review. Journal of Small Animal Practice, 1986, vol. 27, no 2, p. 69-80.

KIRKPATRICK, CARL E. et BENSON, C. E. Presence of Giardia spp. and absence of Salmonella spp. in New Jersey muskrats (Ondatra zibethicus). Applied and environmental microbiology, 1987, vol. 53, no 8, p. 1790-1792.

Klein P, Kleinova´ T, Volek Z, S˘imunek J (2008) Effect of Cryptosporidium parvum infection on the absorptive capacity and paracellular permeability of the small intestine in neonatal calves. Vet Parasitol 152(1–2):53–59

KOEHLER, Anson V., JEX, Aaron R., HAYDON, Shane R., et al. Giardia/giardiasis—Un point de vue sur les outils de diagnostic et d'analyse. Progrès de la biotechnologie , 2014, vol. 32, n° 2, p. 280-289.

KOSEK, Margaret, ALCANTARA, Cirle, LIMA, Aldo AM, et al. Cryptosporidiosis: an update. The lancet infectious diseases, 2001, vol. 1, no 4, p. 262-269.

Krakovka, S. (2022). Deradicalising Giardiasis Treatment, Acta Universitatis Upsaliensis.

KRAKOVKA, Sascha, RANJBARIAN, Farahnaz, LUJÁN, Lucas A., et al. Giardia intestinalis thymidine kinase is a high-affinity enzyme crucial for DNA synthesis and an exploitable target for drug discovery. Journal of Biological Chemistry, 2022, vol. 298, no 6.

Kulda, J., and E. Nohy´nkova´. 1978. Flagellates of the human intestine and of intestine of other species, p. 1–138. In J. P. Kreier (ed.), Parasitic protozoa, vol. II. Academic Press, Inc., New York, N.Y.

LAATAMNA, AK, BELKESSA, S., KHALIL, A., et al. Prévalence de Cryptosporidium spp. chez les animaux d'élevage des régions steppiques et des hauts plateaux d'Algérie. Biomédecine Tropicale, 2018, vol. 35, n° 3, p. 724-735.

LAM, Ho Yin Pekkle, CHEN, Tina Tu-Wen, TSENG, Yu-Chuan, et al. Detection and genotyping of Giardia duodenalis from cattle and pigs in Hualien country, Eastern Taiwan. Journal of Microbiology, Immunology and Infection, 2021, vol. 54, no 4, p. 718-727.

LANE, Samantha et LLOYD, David. Current trends in research into the waterborne parasite Giardia. Critical reviews in microbiology, 2002, vol. 28, no 2, p. 123-147.

Lasek-Nesselquist, E., D. M. Welch and M. L. Sogin (2010). "The identification of a new Giardia duodenalis assemblage in marine vertebrates and a preliminary analysis of G. duodenalis population biology in marine systems." International journal for parasitology 40(9): 1063-1074.

Lauwaet, T., Davids, B.J., Reiner, D.S., Gillin, F.D., 2007. Encystation of Giardia lamblia: a model for other parasites. Curr. Opin. Microbiol. 10, 554–559

LEE, SH, VANBIK, D., KIM, HY, et al. Prévalence et caractérisation moléculaire de Giardia duodenalis chez les veaux souffrant de diarrhée. Dossier vétérinaire , 2016, vol. 178, n° 25, p. 633-633.

Leib, Michael S. and Anne Zajac. “GIARDIASIS IN DOGS AND CATS.” Veterinary Medicine 94 (1999): 793-802.

LEITCH, Gordon J. et HE, Qing. Cryptosporidiosis-an overview. Journal of biomedical research, 2011, vol. 25, no 1, p. 1-16.

LEJEUNE C: Le genre Giardia en médecine vétérinaire- Thèse Doct. Vét.- 1997, ENVN, Nantes n°9

Lendner, M.; Daugschies, A. Cryptosporidium infections: Molecular advances. Parasitology 2014, 141, 1511–1532.

LEUNG, Alexander KC, LEUNG, Amy AM, WONG, Alex HC, et al. Giardiasis: an overview. Recent patents on inflammation & allergy drug discovery, 2019, vol. 13, no 2, p. 134-143.

LEVINE, N. D., CORLISS, J. O., COX, F. E. G., et al. A Newly Revised Classification of the Protozoa* The committee on systematics evolution of the society of protozoologists. The Journal of protozoology, 1980, vol. 27, no 1, p. 37-58.

Levine, N., J. Corliss, F. Cox, G. Deroux, J. Grain, B. Honigberg, G. Leedale, A. r. Loeblich, I. J. LOM and D. Lynn (1980). "A Newly Revised Classification of the Protozoa* THE COMMITTEE ON SYSTEMATICS EVOLUTION OF THE SOCIETY OF PROTOZOOLOGISTS." The Journal of protozoology 27(1): 37-58.

Ley DH, Levy MG, Hunter L, Barnes HJ. Cryptosporidia-positive rates of avian necropsy accessions determined by examination of auramine O-stained fecal smears. Avian Dis 1988;32:108±13.

LEY, D. H., M. G. LEVY, L. HUNTER, W. T. CORBETT and H. J. BARNES (1988): Cryptosporidia-positive rates of avian necropsy assessions determined by examination of auramine O-stained fecal smears. Avian. Dis. 32, 108-113.

Li E, Zhao A, Shea-Donohue T, Singer SM. Mast cell-mediated changes in smooth muscle contractility during mouse giardiasis. Infection and Immunity. 2007;75:4514–4518

Li E, Zhou P, Singer SM. Neuronal nitric oxide synthase is necessary for elimination of Giardia lamblia infections in mice. The Journal of Immunology. 2006;176:516–521.

Lindsay DS, Blagburn BL. Cryptosporidiosis in birds. In: Dubey JP, Speer CA, Fayer R, editors. Cryptosporidiosis in man and animals. Boca Raton: CRC Press, 1990;133±

Lindsay DS, Upton SJ, Owens DS, Morgan UM, Mead JR, Blagburn BL. Cryptosporidium andersoni n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporiidae) from cattle Bos taurus. J Eukaryotic Microbiol. 2000; 47(1):91-5

LLORENTE, M., CLAVEL, A., VAREA, M., et al. Evaluation of an immunochromatographic dip-strip test for the detection of Cryptosporidium oocysts in stool specimens. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, 2002, vol. 21, p. 624-625.

LUJAN HD, MOWATT MR, NASH TE: The molecular mechanisms of Giardia encystation-Parasitol. Today- 1998, 14 (11): 446-450.

LUJAN, H. D., MOWATT, M. R., et NASH, T. E. The molecular mechanisms of Giardia encystation. Parasitology Today, 1998, vol. 14, no 11, p. 446-450.

LUJÁN, Hugo D., MOWATT, Michael R., BYRD, Linda G., et al. Cholesterol starvation induces differentiation of the intestinal parasite Giardia lamblia. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1996, vol. 93, no 15, p. 7628-7633.

MAGNE, D., FAVENNEC, L., CHOCHILLON, C., et al. Role of cytoskeleton and surface lectins in Giardia duodenalis attachment to Caco2 cells. Parasitology research, 1991, vol. 77, p. 659-662.

MAJEED, Qais AH, ALAZEMI, Maha S., AL-SAYEGH, Mohammed T., et al. Étude épidémiologique et moléculaire du Cryptosporidium chez les veaux pré-sevrés au Koweït. Animaux , 2022, vol. 12, n° 14, p. 1805.

MALDONADO-CAMARGO, S., ATWILL, E. R., SALTIJERAL-OAXACA, J. A., et al. Prevalence of and risk factors for shedding of Cryptosporidium parvum in Holstein Freisian dairy calves in central Mexico. Preventive Veterinary Medicine, 1998, vol. 36, no 2, p. 95-107.

Mallinath, R.H.K., Chikkachowdappa, P.G., Gowda, A.K.J. & D'Souza, P.E. (2009). Studies on the prevalence of cryptosporidiosis in bovines in organized dairy farms in and around Bangalore, South India. Veterinarski Arhiv 79(5): 461-470.

Mann ED, Sekla LH, Nayer GPS et al. Infection withCryptosporidium spp. in humans and cattle in Manitoba. Can J Vet Res 1986;50:174±8.

MCALLISTER, Tim A., OLSON, Merle E., FLETCH, Andy, et al. Prevalence of Giardia and Cryptosporidium in beef cows in southern Ontario and in beef calves in southern British Columbia. The Canadian veterinary journal, 2005, vol. 46, no 1, p. 47.

MEHLHORN, ez. Animal parasites: diagnosis, treatment, prevention. Springer, 2016.

Mele, R. et al. (2004) Cryptosporidium parvum at different developmental stages modulates host cell apoptosis in vitro. Infect. Immun. 72, 6061–6067

MELE, Raffaella, GOMEZ MORALES, Maria Angeles, TOSINI, Fabio, et al. Cryptosporidium parvum at different developmental stages modulates host cell apoptosis in vitro. Infection and immunity, 2004, vol. 72, no 10, p. 6061-6067.

MEYER, E. A. et RADULESCU, S. Giardia and giardiasis. Advances in parasitology, 1979, vol. 17,

Meyer, E. and S. Radulescu (1979). "Giardia and giardiasis." Advances in parasitology 17: 1-47.

MEYER, Ernest A., JARROLL, Edward L., et al. Giardiasis. American Journal of Epidemiology, 1980, vol. 111, no 1, p. 1-12.

MEYER, Ernest A., JARROLL, Edward L., et al. Giardiasis. American Journal of Epidemiology, 1980, vol. 111, no 1, p. 1-12.

Midlej, V., W. de Souza and M. Benchimol (2017). "The endomembrane system of Giardia intestinalis." Current topics in Giardia sis. INTECH: 87-108.

Minetti, C., R. M. Chalmers, N. J. Beeching, C. Probert and K. Lamden (2016). "Giardiasis." Bmj 355.

Monis, P. T., S. M. Caccio and R. A. Thompson (2009). "Variation in Giardia: towards a taxonomic revision of the genus." Trends in parasitology 25(2): 93-100.

MORGAN, Una M., MONIS, Paul T., XIAO, Lihua, et al. Molecular and phylogenetic characterisation of Cryptosporidium from birds. International journal for parasitology, 2001, vol. 31, no 3, p. 289-296.

MORIN, Raphael. Lutte contre l'infection à cryptosporidium parvum: application à la cryptosporidiose bovine. 2002. Thèse de doctorat. éditeur non identifié.

MORKEN, Mette H., NYSAETER, Gunnar, STRAND, Elisabeth A., et al. Lactulose breath test results in patients with persistent abdominal symptoms following Giardia lamblia infection. Scandinavian journal of gastroenterology, 2008, vol. 43, no 2, p. 141-145.

NACIRI, Muriel, MANCASSOLA, Roselyne, YVORÉ, P., et al. L'effet du lactate d'halofuginone sur les infections expérimentales à Cryptosporidium parvum chez les veaux. Parasitologie vétérinaire , 1993, vol. 45, n° 3-4, p. 199-207.

Naguib, D., El-Gohary, AH, Mohamed, AA, Roellig, DM, Arafat, N., & Xiao, L. (2018). Modèles d'âge des espèces de Cryptosporidium et de Giardia duodenalis chez les veaux laitiers en Égypte. Parasitology International, 67(6), 736–741. doi:10.1016/j.parint.2018.07.012

NAGUIB, Doaa, EL-GOHARY, Adel H., MOHAMED, Amro A., et al. Age patterns of Cryptosporidium species and Giardia duodenalis in dairy calves in Egypt. Parasitology international, 2018, vol. 67, no 6, p. 736-741.

NAKAMURA, Alex Akira et MEIRELES, Marcelo Vasconcelos. Cryptosporidium infections in birds-a review. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 2015, vol. 24, p. 253-267.

Nichols, R. A. B. and Smith, H. V. (2002) Cryptosporidium, Giardia and Cyclospora as foodborne pathogens. In: Foodborne Pathogens: Hazards, Risk and Control (Blackburn, C. and McClure, P., eds.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, pp. 453–478

O, Lihua, HERD, R. P., et RINGS, D. M. Concurrent infections of Giardia and Cryptosporidium on two Ohio farms with calf diarrhea. Veterinary Parasitology, 1993, vol. 51, no 1-2, p. 41-48.

O'Hara, S.P. and Chen, X.M. (2011) The cell biology of Cryptosporidium infection. Microb. Infect. 13, 721–7

O'HARA, Steven P. et CHEN, Xian-Ming. The cell biology of Cryptosporidium infection. Microbes and infection, 2011, vol. 13, no 8-9, p. 721-730.

O'DONOGHUE, Peter J. Cryptosporidium and cryptosporidiosis in man and animals. International journal for parasitology, 1995, vol. 25, no 2, p. 139-195.

O'DONOGHUE, Peter J. Cryptosporidium and cryptosporidiosis in man and animals. International journal for parasitology, 1995, vol. 25, no 2, p. 139-195.

O'HANDLEY, R. M., COCKWILL, C., MCALLISTER, T. A., et al. Duration of naturally acquired giardiosis and cryptosporidiosis in dairy calves and their association with diarrhea. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1999, vol. 214, no 3, p. 391-396.

O'HANDLEY, R. M., COCKWILL, C., MCALLISTER, T. A., et al. Duration of naturally acquired giardiosis and cryptosporidiosis in dairy calves and their association with diarrhea. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1999, vol. 214, no 3, p. 391-396.

O'HANDLEY, Ryan M. et OLSON, Merle E. Giardiasis and cryptosporidiosis in ruminants. Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 2006, vol. 22, no 3, p. 623-643.

O'HANDLEY, Ryan M. et OLSON, Merle E. Giardiasis and cryptosporidiosis in ruminants. Veterinary Clinics: Food Animal Practice, 2006, vol. 22, no 3, p. 623-643.

Okhuysen PC, Chappell CL. 2002. Cryptosporidium virulence determinants—are we there yet? Int. J. Parasitol. 32:517–525.

O'LEARY, Jennifer K., SLEATOR, Roy D., et LUCEY, Brigid. Cryptosporidium spp. diagnosis and research in the 21st century. Food and waterborne parasitology, 2021, vol. 24, p. e00131.

O'LEARY, Jennifer K., SLEATOR, Roy D., et LUCEY, Brigid. Cryptosporidium spp. diagnostic et recherche au 21ème siècle. Parasitologie alimentaire et hydrique , 2021, vol. 24, p. e00131.

Olson M.E., 2002 - Cryptosporidium and Giardia: Emerging zoonosos, disease transmission from animals to humans on the increase especially among immunocompromised people. DVM in Focus, pp: 24-30.

Olson, M.E., Guselle, N.J., O'Handley, R.M.,Swift, M.L., Mc Allister, T.A., Jelinski, M.D.& Morck, D.W. (1997). Giardia and Cryptosporidium in dairy calves in British Columbia Canadian Veterinary Journal 38: 703-706.

OLSON, Merle E., BURET, Andre G., et al. Giardia and giardiasis. Parasitic diseases of wild mammals, 2001, no Ed. 2, p. 399-416.

OLSON, Merle E., O'HANDLEY, Ryan M., RALSTON, Brenda J., et al. Update on Cryptosporidium and Giardia infections in cattle. TRENDS in Parasitology, 2004, vol. 20, no 4, p. 185-191.

Ortega, Y. R. and R. D. Adam (1997). "Giardia: overview and update." Clinical infectious diseases 25(3): 545-549.

ORTEGA, Ynes R. et ADAM, Rodney D. Giardia: overview and update. Clinical infectious diseases, 1997, vol. 25, no 3, p. 545-549.

OUCHENE, N., OUCHENE-KHELIFI, N. A., AISSI, M., et al. Prévalence de Cryptosporidium spp. et Giardia spp. chez les bovins de la région de Sétif au nord-est de l'Algérie. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2012, vol. 65, no 3-4, p. 53-56.

OUCHENE, N., OUCHENE-KHELIFI, NA, ZEROUAL, F., et al. Etude de Giardia spp., Cryptosporidium spp. et Eimeria spp. infections chez les bovins laitiers en Algérie. Microscope , 2014, vol. 400, p. 800.

PALM, Daniel, WEILAND, Malin, MCARTHUR, Andrew G., et al. Developmental changes in the adhesive disk during Giardia differentiation. Molecular and biochemical parasitology, 2005, vol. 141, no 2, p. 199-207.

PANCIERA, R. J., THOMASSEN, R. W., et GARNER, F. M. Cryptosporidial infection in a calf. Veterinary Pathology, 1971, vol. 8, no 5-6, p. 479-484.

PARAUD, Carine et CHARTIER, Christophe. Cryptosporidiose chez les petits ruminants. Recherche sur les petits ruminants , 2012, vol. 103, n° 1, p. 93-97.

PAVLÁSEK, I. Cryptosporidia: biology, diagnosis, host spectrum, specificity, and the environment. Remedia Klin. Mikrobiol, 1999, vol. 3, p. 290-301.

PAVLÁSEK, I. Findings of cryptosporidia in the stomach of hens and of exotic and wild birds. Veterinarstvi (Czech Republic), 2001.

PAVLÁSEK, I. The black-headed gull (Larus ridibundus L.), a new host for Cryptosporidium baileyi (Apicomplexa: Cryptosporidiidae). Veterinární medicína, 1993, vol. 38, no 10, p. 629-638.

Petersen C, Barnes DA, Gousset L. 1997. Cryptosporidium parvum GP900, a unique invasion protein. J. Eukaryot. Microbiol. 44:89S–90S. doi:10.1111/j.1550-7408.1997.tb05802.x.

Plutzer, J., J. Ongerth and P. Karanis (2010). "Giardia taxonomy, phylogeny and epidemiology: Facts and open questions." International journal of hygiene and environmental health 213(5): 321-333.

POTOKA, Douglas A., UPPERMAN, Jeffrey S., ZHANG, Xiao-Ru, et al. Peroxynitrite inhibits enterocyte proliferation and modulates Src kinase activity in vitro. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 2003, vol. 285, no 5, p. G861-G869.

QUILEZ J., SANCHEZ-ACEDO C., DEL CACHO E., CLAVEL A., CAUSAPE A.C., 1996. Prevalence of Cryptosporidium and Giardia infections in cattle in Aragon (Northeastern Spain). Vet. Parasitol., 66: 139-146

QUY, Roger J., COWAN, David P., HAYNES, Peter J., et al. Le rat surmulot comme hôte réservoir de Cryptosporidium parvum. Journal of Wildlife Diseases, 1999, vol. 35, n° 4, p. 660-670.

RADOSTITS, O. M., GAY, C. C., HINCHCLIFF, K. W., et al. Diseases associated with bacteria. Veterinary Medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats, 2007, vol. 10, p. 1007-1060.

RALSTON, B., THOMPSON, RCA, PETHICK, D., et al. Cryptosporidium andersoni chez les bovins des parcs d'engraissement d'Australie occidentale. Revue vétérinaire australienne, 2010, vol. 88, n° 11, p. 458-460.

RALSTON, Brenda J., MCALLISTER, Tim A., et OLSON, Merle E. Prevalence and infection pattern of naturally acquired giardiasis and cryptosporidiosis in range beef calves and their dams. Veterinary parasitology, 2003, vol. 114, no 2, p. 113-122.

RAMIREZ, Norma E., WARD, Lucy A., et SREEVATSAN, Srinand. A review of the biology and epidemiology of cryptosporidiosis in humans and animals. Microbes and infection, 2004, vol. 6, no 8, p. 773-785.

Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Les protozoaires entériques : Giardia et Cryptosporidium www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapportspublications/qualite-eau.html

RHEE, J. K., Y. S. SEU and B. K. PARK (1991): Isolation and identification of Cryptosporidium from various animals in Korea. I. Prevalence of Cryptosporidium in various animals. Korean. J.

RIDLEY, JohnW. PARASITOLOGY FOR MEDICAL ANDCLINICAL LABORATORY PROFESSIONALS. 2012.

RIEUX, Anaïs. Cryptosporidiose chez les ruminants domestiques en France: épidémiologie moléculaire et potentiel zoonotique. 2013. Thèse de doctorat. Poitiers.

Ripert C. (coord.), Pajot François-Xavier (collab.), Vincendeau P. (collab.), Esquerdo Gomez F. (collab.). (1996). Epidemiologie des maladies parasitaires. Tome 1 : protozooses. Cachan : EM Inter, 393 p. ISBN 2-7430-0076-3.

ROBERTSON, L. J., CAMPBELL, A. T., et SMITH, H. V. In vitro excystation of Cryptosporidium parvum. Parasitology, 1993, vol. 106, no 1, p. 13-19.

ROBERTSON, L. J., CAMPBELL, A. T., et SMITH, H. V. Survival of Cryptosporidium parvum oocysts under various environmental pressures. Applied and environmental microbiology, 1992, vol. 58, no 11, p. 3494-3500.

ROBERTSON, Lucy J., BJÖRKMAN, Camilla, AXÉN, Charlotte, et al. Cryptosporidiose chez les animaux d'élevage. Cryptosporidium: parasite et maladie, 2014, p. 149-235.

ROSE, Joan B. Environmental ecology of Cryptosporidium and public health implications. Annual review of public health, 1997, vol. 18, no 1, p. 135-161.

ROXSTRÖM-LINDQUIST, Katarina, RINGQVIST, Emma, PALM, Daniel, et al. Giardia lamblia-induced changes in gene expression in differentiated Caco-2 human intestinal epithelial cells. Infection and immunity, 2005, vol. 73, no 12, p. 8204-8208.

RUXTON, G. D. Mathematical modelling of ammonia volatilization from slurry stores and its effect on Cryptosporidium oocyst viability. The Journal of Agricultural Science, 1995, vol. 124, no 1, p. 55-60.

Ryan, U. and S. M. Cacciò (2013). "Zoonotic potential of Giardia." International journal for parasitology 43(12-13): 943-956.

RYAN, U. M., XIAO, L., READ, C., et al. A redescription of Cryptosporidium galli (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) from birds. Journal of Parasitology, 2003, vol. 89, no 4, p. 809-813.

RYAN, U. N. A., FAYER, Ronald, et XIAO, Lihua. Cryptosporidium species in humans and animals: current understanding and research needs. Parasitology, 2014, vol. 141, no 13, p. 1667-1685.

RYAN, Una et HIJJAWI, Nawal. New developments in Cryptosporidium research. International journal for parasitology, 2015, vol. 45, no 6, p. 367-373.

RYAN, Una. Cryptosporidium in birds, fish and amphibians. Experimental parasitology, 2010, vol. 124, no 1, p. 113-120.

S.P. O'Hara, X.-M. Chen / Microbes and Infection 13 (2011) 721e730

Saddiki S., Rebahi S.,2013 : la prevalence de l'association de trois protozoiaires cryptosporidium spp, eimeria spp et giardia spp chez l'agneau dans la region de borj bou arreridj et ghardaia, PFE en vue de l'obtention du diplôme de docteur vétérinaire, ENSV EL-HARRACH.

SAEED, Muhammad A. et JABBAR, Abdul. « Diagnostic intelligent » des maladies parasitaires par l'utilisation de smartphones. Journal de microbiologie clinique , 2018, vol. 56, n° 1, p. e01469-17.

SANTÍN, M. Clinical and subclinical infections with Cryptosporidium in animals. New Zealand veterinary journal, 2013, vol. 61, no 1, p. 1-10.

SANTÍN, Mónica, TROUT, James M., et al. Companion animals. Cryptosporidium and Cryptosporidiosis, 2008, p. 437-450.

SANTÍN, Mónica, TROUT, James M., et FAYER, Ronald. A longitudinal study of cryptosporidiosis in dairy cattle from birth to 2 years of age. Veterinary parasitology, 2008, vol. 155, no 1-2, p. 15-23.

SANTÍN, Mónica, TROUT, James M., et FAYER, Ronald. A longitudinal study of cryptosporidiosis in dairy cattle from birth to 2 years of age. Veterinary parasitology, 2008, vol. 155, no 1-2, p. 15-23.

SANTIN, Mónica, TROUT, James M., XIAO, Lihua, et al. Prévalence et variation liée à l'âge des espèces et des génotypes de Cryptosporidium chez les veaux laitiers. Parasitologie vétérinaire , 2004, vol. 122, n° 2, p. 103-117.

SANTIN, Monique. Cryptosporidium et Giardia chez les ruminants. Cliniques vétérinaires d'Amérique du Nord : Pratique des animaux destinés à l'alimentation , 2020, vol. 36, n° 1, p. 223-238.

SAVIOLI, L., SMITH, H., et THOMPSON, A. Giardia and Cryptosporidium join the 'neglected diseases initiative'. Trends in parasitology, 2006, vol. 22, no 5, p. 203-208.

SCOTT, Kevin G.–E., MEDDINGS, Jonathon B., KIRK, David R., et al. Intestinal infection with Giardia spp. reduces epithelial barrier function in a myosin light chain kinase–dependent fashion. Gastroenterology, 2002, vol. 123, no 4, p. 1179-1190.

SCOTT, KG-E., LOGAN, M. R., KLAMMER, G. M., et al. Jejunal brush border microvillous alterations in Giardia muris-infected mice: role of T lymphocytes and interleukin-6. Infection and immunity, 2000, vol. 68, no 6, p. 3412-3418.

Shimizu R.Y., 2007 - Parasitology section 9, Current Procedural Terminology (CPT).American Medical Association. AMA Press, Chicago.

SHRESTHA, Retina, DUWAL, Rojina, WAGLE, Sajeev, et al. Une méthode microscopique sur smartphone pour la détection simultanée de (oo) kystes de Cryptosporidium et Giardia. PLoS Neglected Tropical Diseases , 2020, vol. 14, n° 9, p. e0008560.

Simon, C. E. (1922). "A CRITIQUE OF THE SUPPOSED RODENT ORIGIN OF." American Journal of Hygiene 2: 406.

SISCHO, W. M., ATWILL, E. R., LANYON, L. E., et al. Cryptosporidia on dairy farms and the role these farms may have in contaminating surface water supplies in the northeastern United States. Preventive Veterinary Medicine, 2000, vol. 43, no 4, p. 253-267.

Siwila, J. (2017). "Giardiasis: livestock and companion animals." Current topics in Giardiasis: 39-49.

SLAVIN, D. Cryptosporidium meleagridis (sp. nov.). Journal of comparative pathology and therapeutics, 1955, vol. 65, p. 262-IN23.

SLEE, E. A., ADRAIN, C., et MARTIN, S. J. Serial killers: ordering caspase activation events in apoptosis. Cell Death & Differentiation, 1999, vol. 6, no 11, p. 1067-1074.

SMITH, Cindy J. et OSBORN, A. Mark. Advantages and limitations of quantitative PCR (Q-PCR)-based approaches in microbial ecology. FEMS microbiology ecology, 2009, vol. 67, no 1, p. 6-20.

Smith, H. V. and T. Paget (2007). Giardia. Foodborne diseases, Springer: 303-336.

SMITH, Hi V. Cryptosporidium and water: a review. Water and Environment Journal, 1992, vol. 6, no 4, p. 443-451.

SMITH, Huw V. et MANK, Theo G. Diagnosis of human Giardiasis. In : Giardia: A Model Organism. Vienna : Springer Vienna, 2011. p. 353-377.

SMITH, Huw V. et MANK, Theo G. Diagnostic de la giardiase humaine. Springer Vienne, 2011.

SMITH, Huw V. et NICHOLS, Rosely AB. Cryptosporidium. Foodborne Diseases, 2007, p. 233-276.

Sogin, M. L., J. H. Gunderson, H. J. Elwood, R. A. Alonso and D. A. Peattie (1989). "Phylogenetic meaning of the kingdom concept: an unusual ribosomal RNA from Giardia lamblia." Science 243(4887): 75-77.

SOLTANE, R., GUYOT, K., DEI-CAS, E., et al. Prevalence of Cryptosporidium spp.(Eucoccidiorida: Cryptosporiidae) in seven species of farm animals in Tunisia. Parasite, 2007, vol. 14, no 4, p. 335-338.

SQUIRE, Sylvia Afryie et RYAN, Una. Cryptosporidium et Giardia en Afrique : défis actuels et futurs. Parasites & vecteurs , 2017, vol. 10, p. 1-32.

SRÉTER, T. et VARGA, I. Cryptosporidiosis in birds—a review. Veterinary parasitology, 2000, vol. 87, no 4, p. 261-279.

SRÉTER, Tamás, SZÉLL, Zoltán, et VARGA, István. Attempted chemoprophylaxis of cryptosporidiosis in chickens, using diclazuril, toltrazuril, or garlic extract. The Journal of parasitology, 1999, p. 989-991.

STENSVOLD, Christen Rune, BESER, Jessica, AXÉN, Charlotte, et al. High applicability of a novel method for gp60-based subtyping of Cryptosporidium meleagridis. Journal of clinical microbiology, 2014, vol. 52, no 7, p. 2311-2319.

STEVENS, David P. Giardiasis: host-pathogen biology. Clinical Infectious Diseases, 1982, vol. 4, no 4, p. 851-858.

STOCKDALE, Heather D., SPENCER, Jennifer A., BLAGBURN, Byron L., et al. Prophylaxis and chemotherapy. Cryptosporidium and cryptosporidiosis, 2008, vol. 2, p. 255-87.

SVÄRD, Staffan G., HAGBLOM, Per, et PALM, JE Daniel. Giardia lamblia—a model organism for eukaryotic cell differentiation. FEMS microbiology letters, 2003, vol. 218, no 1, p. 3-7.

TANDEL, Jayesh, ENGLISH, Elizabeth D., SATERIALE, Adam, et al. Life cycle progression and sexual development of the apicomplexan parasite Cryptosporidium parvum. Nature microbiology, 2019, vol. 4, no 12, p. 2226-2236.

TAYLOR, M. A. et WEBSTER, K. A. Recent advances in the diagnosis in livestock of Cryptosporidium, Toxoplasma, Giardia and other protozoa of veterinary importance. Research in veterinary science, 1998, vol. 65, no 3, p. 183-193.

Taylor, M.A., Coop, R.L. and Wall, R.L. (2007) Veterinary Parasitology. 3rd Edition, Blackwell Publishing, Oxford, 717.

TEOH, Desiree A., KAMIENIECKI, Dorota, PANG, Gerald, et al. Giardia lamblia rearranges F-actin and α-actinin in human colonic and duodenal monolayers and reduces transepithelial electrical resistance. Journal of Parasitology, 2000, vol. 86, no 4, p. 800-806.

Thompson, R. A. (2008). "Giardiases: concepts modernes en matière de contrôle et de prise en charge." Annales Nestlé (Ed. française) 66(1): 23-29.

Thompson, R. and P. Monis (2004). "Variation in Giardia: implications for taxonomy and epidemiology." Adv Parasitol 58(95): 69.

THOMPSON, R. C. A., REYNOLDSON, J. A., et MENDIS, A. H. W. Giardia and giardiasis. Advances in parasitology, 1993, vol. 32, p. 71-160.

THOMSON, Sarah, HAMILTON, Carly A., HOPE, Jayne C., et al. Bovine cryptosporidiosis: impact, host-parasite interaction and control strategies. Veterinary research, 2017, vol. 48, p. 1-16.

THOMSON, Sarah, INNES, Elisabeth A., JONSSON, Nicholas N. et KATZER, Frank, 2019. Shedding of Cryptosporidium in calves and dams: evidence of re-infection and shedding of different gp60 subtypes. Parasitology. septembre 2019. Vol. 146, n° 11, pp. 1404-1413. DOI 10.1017/S0031182019000829.

TOMAZIC, Mariela L., GARRO, Carlos, et SCHNITTGER, Leonhard. Cryptosporidium. Parasitic Protozoa of Farm Animals and Pets, 2018, p. 11-54. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70132-5_2 https://doi.org/10.1007/978-3-319-70132-5_2

TROEGER, Hanno, EPPLE, Hans-Joerg, SCHNEIDER, Thomas, et al. Effect of chronic Giardia lamblia infection on epithelial transport and barrier function in human duodenum. Gut, 2007, vol. 56, no 3, p. 328-335.

TYZZER, E. Cryptosporidium parvum (sp. nov.), a Coccidium. Archiv für Protistenkunde, 1912, vol. 26, p. 394.

Tyzzer, E.E., 1907. A sporozoan found in the peptic glands of the common mouse. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 5(1), pp.12-13.

TZIPORI, Saul et WARD, Honorine. Cryptosporidiosis: biology, pathogenesis and disease. Microbes and infection, 2002, vol. 4, no 10, p. 1047-1058.

TZIPORI, Saul et WIDMER, Giovanni. A hundred-year retrospective on cryptosporidiosis. Trends in parasitology, 2008, vol. 24, no 4, p. 184-189.

UEHLINGER, Fabienne D., O'HANDLEY, Ryan M., GREENWOOD, Spencer J., et al. Efficacy of vaccination in preventing giardiasis in calves. Veterinary Parasitology, 2007, vol. 146, no 1-2, p. 182-188.

UGA, S., MATSUO, J., KONO, E., et al. Prévalence de l'infection à Cryptosporidium parvum et modèle d'excrétion d'oocystes chez les veaux au Japon. Parasitologie vétérinaire , 2000, vol. 94, n° 1-2, p. 27-32.

UPCROFT, J. A., MCDONNELL, P. A., GALLAGHER, A. N., et al. Lethal Giardia from a wild-caught sulphur-crested cockatoo (Cacatua galerita) established in vitro chronically infects mice. Parasitology, 1997, vol. 114, no 5, p. 407-412.

URIE, N. J., LOMBARD, J. E., SHIVLEY, C. B., et al. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. Journal of dairy science, 2018, vol. 101, no 10, p. 9229-9244.

Valigurova A., Jirku M., Koudela B., Gelnar, M., Modry D., Slapeta.,2008: cryptosporidia: epicellular parasites embraced by the host cellmembrane. International Journal for Parasitology 38,913_922

VILLENEUVE, Alain. Les zoonoses parasitaires: l'infection chez les animaux et chez l'homme. PUM, 2003.

VOHRA, Prakriti, SHARMA, Madhu, et CHAUDHARY, Uma. A comprehensive review of diagnostic techniques for detection of Cryptosporidium parvum in stool samples. J Pharm, 2012, vol. 2, no 5, p. 15-26.

W.L. Current, N.C. Reese, A comparison of endogenous development of three isolates of Cryptosporidium in suckling mice, J. Protozool 33 (1986) 98e108.

WADE, S. E., MOHAMMED, H. O., et SCHAAF, S. L. Prevalence of Giardia sp., Cryptosporidium parvum and Cryptosporidium muris (C. andersoni) in 109 dairy herds in five counties of southeastern New York. Veterinary Parasitology, 2000, vol. 93, no 1, p. 1-11.

WAMPFLER, Petra B., TOSEVSKI, Vinko, NANNI, Paolo, et al. Proteomics of secretory and endocytic organelles in Giardia lamblia. PloS one, 2014, vol. 9, no 4, p. e94089.

WANG, Yuexin, ZHANG, Kaihui, CHEN, Yuancai, et al. Cryptosporidium et cryptosporidiose chez les oiseaux sauvages : une perspective One Health. Recherche en parasitologie , 2021, vol. 120, p. 3035-3044.

Wanyiri J, Ward H. 2006. Molecular basis of Cryptosporidium-host cell interactions: recent advances and future prospects. Future Microbiol. 1:201–208

WEIR, Susan C., POKORNY, Nicholas J., CARRENO, Ramon A., et al. Efficacy of common laboratory disinfectants on the infectivity of Cryptosporidium parvum oocysts in cell culture. Applied and Environmental Microbiology, 2002, vol. 68, no 5, p. 2576-2579.

WETZEL, Dawn M., SCHMIDT, Joann, KUHLENSCHMIDT, Mark S., et al. Gliding motility leads to active cellular invasion by Cryptosporidium parvum sporozoites. Infection and immunity, 2005, vol. 73, no 9, p. 5379-5387.

WHO, 1979. Parasitic zoonoses. In: Report of a WHO Expert Committee with the Participation of FAO. World Health Organization, Geneva. Technical Report Series No. 637

WIELINGA, C. M. et THOMPSON, R. C. A. Comparative evaluation of Giardia duodenalis sequence data. Parasitology, 2007, vol. 134, no 12, p. 1795-1821.

Wolfe, M. S. (1992). "Giardiasis." Clinical microbiology reviews 5(1): 93-100.

Wolfe, M. S. 1984. Symptomatology, diagnosis, and treatment, p. 147-161. In S. L. Erlandsen and E. A. Meyer (ed.), Giardia and giardiasis: biology, pathogenesis, and epidemiology. Ple num Publishing Co., New York.

Xiao LH, Herd RP, Rings DM. Concurrent infections of Giardiaand Cryptosporidium on two Ohio farms with calf diarrhea. Vet Parasitol 1993; 51:41–48.

Xiao, L., Cama, V.A. (2018). Cryptosporidium and Cryptosporidiosis. In: Ortega, Y., Sterling, C. (eds) Foodborne Parasites. Food Microbiology and Food Safety. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67664-7_5

XIAO, Lihua et HERD, R. P. Infection patterns of Cryptosporidium and Giardia in calves. Veterinary Parasitology, 1994, vol. 55, no 3, p. 257-262.

XIAO, Lihua. Molecular epidemiology of cryptosporidiosis: an update. Experimental parasitology, 2010, vol. 124, no 1, p. 80-89.

YOUNG, B. A., SHERWOOD, R. T., et BASHAW, E. C. Cleared-pistil and thick-sectioning techniques for detecting aposporous apomixis in grasses. Canadian Journal of Botany, 1979, vol. 57, no 15, p. 1668-1672.

ZAJAC, Anne M., JOHNSON, Jamil, et KING, Susan E. Evaluation of the importance of centrifugation as a component of zinc sulfate fecal flotation examinations. Journal of the American Animal Hospital Association, 2002, vol. 38, no 3, p. 221-224.

ZHAO, Wei, WANG, Rongjun, ZHANG, Weizhe, et al. MLST subtypes and population genetic structure of Cryptosporidium andersoni from dairy cattle and beef cattle in northeastern China's Heilongjiang Province. PLoS One, 2014, vol. 9, no 7, p. e102006.

ZHAO, Zifang, DONG, Haiju, WANG, Rongjun, et al. Génotypage et sous-typage Cryptosporidium parvum et Giardia duodenalis transportés par des mouches dans des fermes laitières du Henan, en Chine. Parasites & Vecteurs, 2014, vol. 7, p. 1-6.

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Je, soussignée **Melle SENOUCI Nour**, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.

En conscience, j'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire de fin d'étude.

Signature