

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur

En

Médecine vétérinaire

THEME

Recherche bibliographique sur la cryptosporidiose chez les ruminants

Présenté par :

Melle BENTAFAT Roumaïssa

Melle BOUGUESSA Marwa

Melle KASDI Nour Rania

Soutenu publiquement, le 08 juillet 2023 Devant le jury :

Mr KHELEF D

Professeur (ENSV)

Présidente

Mme MIMOUNE N

MCA (ENSV)

Examinatrice

Mme BAAZIZI R

MCA (ENSV)

Promotrice

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur
En
Médecine vétérinaire
THEME

Recherche bibliographique sur la cryptosporidiose chez les ruminants

Présenté par :

Melle BENTAFAT Roumaïssa
Melle BOUGUESSA Marwa
Melle KASDI Nour Rania

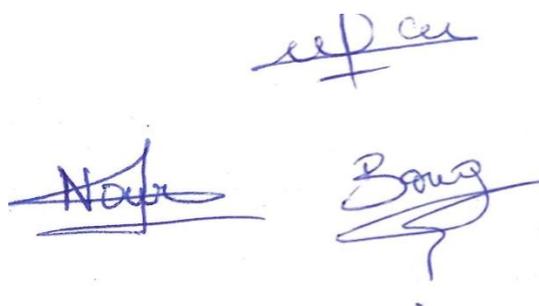
Soutenu publiquement, le 08 juillet 2023 Devant le jury :

Mr KHELEF D	Professeur (ENSV)	Présidente
Mme MIMOUNE N	MCA (ENSV)	Examinatrice
Mme BAAZIZI R	MCA (ENSV)	Promotrice

Déclaration sur l'honneur

Nous soussignées Melles **BENTAFAT Roumaissa** ,**BOUGUESSA Marwa** et **KASDI Nour Rania** ,déclarons d'être pleinement conscientes 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 conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire

Signatures



Three handwritten signatures in blue ink are visible. The top signature is 'Bentafat Roumaissa', the bottom-left signature is 'Kasdi Nour Rania', and the bottom-right signature is 'Bouguesa Marwa'.

Résumé

La cryptosporidiose est une maladie parasitaire qui affecte les ruminants, causée par un protozoaire du genre *Cryptosporidium spp.* Cette revue bibliographique a pour objectif de recenser et d'analyser les études scientifiques existantes sur la cryptosporidiose des ruminants. Les données recueillies ont permis de mettre en évidence les principaux aspects de cette maladie, tels que les espèces de *Cryptosporidium spp.* impliquées, les modes de transmission, les symptômes cliniques, les méthodes de diagnostic et les stratégies de prévention et de contrôle. Les résultats de cette revue soulignent l'importance de la cryptosporidiose en tant que problème de santé animale, ainsi que la nécessité de mettre en place des mesures de gestion appropriées pour réduire son impact sur les ruminants.

Abstract

Cryptosporidiosis is a parasitic disease that affects ruminants, caused by a protozoan of the genus *Cryptosporidium spp.* This bibliographic review aims to gather and analyze existing scientific studies on cryptosporidiosis in ruminants. The collected data have highlighted the key aspects of this disease, such as the *Cryptosporidium spp.* species involved, modes of transmission, clinical symptoms, diagnostic methods, and prevention and control strategies. The results of this review emphasize the importance of cryptosporidiosis as an animal health problem, as well as the need to implement appropriate management measures to reduce its impact on ruminants.

ملخص

الكريبتوسبوريدايوز هو مرض طفيلي يصيب الحيوانات الضأنية، ويسببه طفيلي من جنس الكريبتوسبوريدايوم. تهدف هذه المراجعة الببليوغرافية إلى استعراض وتحليل الدراسات العلمية الموجودة حول الكريبتوسبوريدايوز في الحيوانات الضأنية. جمعت البيانات المتاحة لتسليط الضوء على الجوانب الرئيسية لهذا المرض، مثل أنواع الكريبتوسبوريدايوم المعنية، وطرق الانتقال، والأعراض السريرية، وطرق التشخيص، واستراتيجيات الوقاية والسيطرة. تشير نتائج هذه المراجعة إلى أهمية الكريبتوسبوريدايوز كمسكلة صحية للحيوانات، وضرورة تنفيذ إجراءات إدارة مناسبة للحد من تأثيره على الحيوانات الضأنية.

Remerciements

Nous remercions le bon dieu d'être arrivé là où nous sommes aujourd'hui

Nous tenons à remercier particulièrement :

***professeur KHELEF** pour l'honneur qui nous a fait en président le jury, veuillez trouver ici l'expression de notre très haute considération*

Sincères remerciements

***Dr MIMOUNE** de nous avoir honoré en acceptant d'examiner notre travail, veuillez recevoir l'assurance de notre sincère considération*

*Notre promotrice **Dr BAAZIZI** pour son aide, ses encouragements, ses précieux conseils, les efforts fournis et son énorme gentillesse tout au long de la réalisation de ce travail, Chaleureux remerciements.*

Dédicace Rania

A mes chers parents,

Vous êtes la lumière qui éclaire mon chemin, la force qui me pousse à aller de l'avant, et les cœurs qui font battre le mien.

Maman, Aujourd'hui, je veux te dire combien je t'aime et à quel point je suis fière d'être ta fille. Ta gentillesse et ta bienveillance illuminent ma vie, et je suis bénie de t'avoir comme mère.

A mon frère Hamza et ma sœur Marwa,

Vous m'avez soutenu, encouragé et aimé sans relâche, je vous aime.

Ma famille, vous êtes ma source d'inspiration et ma raison de sourire chaque jour.

A mes amies Roumi et Dina,

Je vous remercie pour chaque instant passé à mes côtés, les rires partagés et les souvenirs créés ensemble qui sont gravés dans mon cœur pour toujours.

A quelqu'un, merci de me soutenir de loin et d'apporter de la joie dans ma vie.

A mes deux binôme Roumi et Marwa, vous êtes les meilleurs et je vous souhaite que le bonheur et le meilleur pour vos prochains destins.

Je vous aime du plus profond de mon cœur et je suis infiniment reconnaissante de vous avoir à mes côtés.

*Avec tout mon amour,
Rania.*

Dédicace Marwa

Je dédie ce modeste travail :

A tous ceux qui témoignent qu'il n'y a de Dieu qu'Allah et que Mohamed est son prophète.

A ceux qui m'ont soutenu, m'ont encouragé durant toute ma période d'étude, et pour leurs sacrifices consentis. A ceux qui ont toujours voulu que je sois la meilleure.

*A mes parents : **Rachid, Benhadjoudja Cherifa.** Pour avoir toujours cru en moi et m'avoir permis d'arriver jusqu'ici j'espère que vous êtes fière de moi.*

*A mes très **chères sœurs** je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous. Puisse l'amour et la fraternité nous unissent à jamais. Je vous souhaite la réussite dans votre vie, avec tout le bonheur qu'il faut pour vous combler. Merci pour votre précieuse aide à la réalisation de ce travail.*

*A **mes amies** pour tout ce que l'on partage. Que dieu vous bénisse et vous donne plein de joie et de santé.*

Marwa

Dédicace Roumaïssa

A mes chers parents, Dahmane et Djamila les mots de remerciements et de gratitude ne suffisent pas à décrire vos sacrifices et votre amour incommensurable .grâce à vous je suis devenue la personne que je suis aujourd'hui. je prie pour que dieu vous préserve pour moi.

A mes chers frères abdellah mouad et mohammed et à ma chère sœur khaoula et son mari Idris , vous êtes mes compagnons et mes amis à chaque étape de ma vie grâce à votre présence je n'ai jamais ressenti la solitude . voir vos réussites et votre bonheur est l'un des plus grands trésors de ma vie. je vous souhaite le succès et la joie dans tout ce que vous entreprenez .

A miko et wiwi , votre innocence et votre joie contagieuse sont un véritable cadeau pour moi. que vos sourires continuent de briller et que vous rires remplissent chaque instant de bonheur.

A mon cher oncle hocine tu es une personne inspirante et un exemple d'engagement j'ai beaucoup appris de toi et j'ai compris la valeur de travail acharné et du dévouement. je te souhaite un bonheur continu.

A Mes meilleures amies Ghada, Rania et Sarah vous êtes les personnes qui me comprennent sincèrement et qui sont toujours à mes côtés dans toutes les circonstances. Je vous remercie pour les conversations profondes les rires spontanés et les moments précieux que nous avons partagés ensemble. Vous êtes une force et un soutien inestimable et je vous en suis reconnaissante.

A Rania et Marwa, merci pour vos efforts et je vous souhaite le meilleur pour vos prochains destins.

Et je tiens à remercier sincèrement celui qui m'a aidé à réaliser mon travail.

Roumi

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I.....	3
Généralités sur <i>cryptosporidium spp</i>	3
Chapitre I: Généralités sur cryptosporidium :	4
1. Historique:.....	4
2. Taxonomie.....	4
3. Les espèces de Cryptosporidium chez les humains et les animaux	6
5. Cycle évolutif	9
1. Excystation.....	9
2. Mérogonie	10
3. Gamétogonie	10
4. Sporulation :.....	10
5. La période pré-patente	10
6. Morphologie et structure:	11
Chapitre II : Epidémiologie de la cryptosporidiose.....	15
Chapitre II : Epidémiologie de la cryptosporidiose.....	16
1. répartition géographique	16
3. Source de contagion	17
7. La résistance de l'oocyste.....	21
11. Signes cliniques	26
12. Lésions.....	27
13. Diagnostique	29
14. Traitement :.....	32
15. Prophylaxie.....	34
Conclusion.....	36

Liste de figures

- Figure 1:** cycle évolutif de cryptosporidium spp dans l'intestin grêle, démontrant les étapes intracellulaire et extracellulaire connues. 11
- Figure 2:** Modèle de la structure en 4 couches de la paroi d'un oocyste de C. parvum..... 12
- Figure 3:** Représentation graphique des principaux modes de transmission des Cryptosporidium spp zoonotiques entre les différentes espèces impliquées et dans l'environnement..... 20
- Figure 4:** Carte des infections à Cryptosporidium parvum chez les veaux laitiers dans le monde. Les plages de prévalence sont affichées dans différentes couleurs..... 24
- Figure 5:** Epithélium intestinale. 25
- Figure 6:** Muqueuse intestinale normale et infectée par C parvum d'un iléon de veau à un grossissement de 100×..... 29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification taxonomique de *Cryptosporidium*.

Tableau 2 : Résumé actuel de *Cryptosporidium spp.*

Tableau 3 : Différents stades évolutifs de *Cryptosporidium spp.*

Liste des Abréviations

C	cryptosporidium
EIA	dosage immunoenzymatique
ELISA	dosage immuno-enzymatique
Gp60	glycoprotéine de 60 kDa
HL	lactate d'halofuginone
IFA	dosage des anticorps par immunofluorescence
Ig	immunoglobuline
PCM	microscopie à contraste de phase
PCR	réaction en chaîne par polymérase
ARNr	ARN ribosomique
MF	matières fécales

Introduction

Introduction

Le genre *cryptosporidium*, est un protiste cosmopolite intracellulaire de la famille des coccidies (Certad,2008; Burgaud,2010; Guendouz,2016) qui décrit son cycle dans la bordure en brosse des cellules épithéliales des voies digestives et/ou respiratoires de l'homme et de très large gamme des vertébrés mammifères, oiseaux, mais plus rarement les reptiles et poissons (O'Donoghue,1995; Bonnin et al., 2001; Appelbee et al., 2005).Plus d'une trentaine d'espèces de *Cryptosporidium* ont été validées qui diffèrent par leur morphologie, leur génome et leur capacité à infecter différents vertébrés (Nime, 1976; Squire et Ryan, 2017).

Son cycle comprend une phase parasitaire au cours de laquelle des multiplications intenses conduisent l'émission dans les matières fécales des éléments infectieux (les oocystes) (Hezla, 2018) contaminent l'environnement, sont fréquemment véhiculés par les eaux où ils gardent leur pouvoir infectieux pendant longtemps, résistant aux désinfectants usuels (Certad, 2008; Burgaud, 2010).Par ailleurs, La transmission se fait par voie fécale-orale par contact direct entre hôtes ou de façon indirecte Via l'eau ou les aliments souillés (Hezla, 2018).

Le *Cryptosporidium* est aujourd'hui considéré comme un agent pathogène majeur dans les élevages en raison de son incidence, de son importance économique et de son pouvoir zoonotique (Hezla, 2018).En médecine vétérinaire, *Cryptosporidium spp* est reconnu depuis plus de 40 ans comme étant responsable de diarrhées néonatales chez les petits ruminants (Guendouz, 2016). Une infection par *Cryptosporidium* entraîne le développement d'une cryptosporidiose (Nime, 1976; Squire et al. 2017) qui s'exprime par une atteinte digestive (entérite) aussi bien chez l'homme que chez l'animal. Cette maladie est ubiquitaire et revêt une importance en santé publique et en santé animale (Hezla, 2018).

La prévalence est particulièrement élevée chez les jeunes ruminants (veaux entre 5 et 15 jours), surtout lorsqu'ils sont atteints de diarrhée (Chartier, 2001) Les veaux atteints peuvent entraîner des pertes économiques importantes associées à un retard de croissance, une productivité réduite jusqu'à mortalité (Santín ,2013). Les bovins adultes, les brebis et probablement les chèvres hébergent le parasite de manière asymptomatique et ce sont les nouveau-nés qui, lors de conditions environnementales favorables, expriment la cryptosporidiose aigue (Chartier, 2001).

L'infection cryptosporidienne est classée parmi les "infections émergentes" Chez l'homme, Elle provoque une diarrhée ou une gastro-entérite, qui guérit spontanément chez les sujets en bonne santé, mais peut se traduire par un syndrome cholérique prolongé et résistant à tout traitement chez les patients immunodéprimés.

Enfin, chez les nourrissons, la cryptosporidiose peut se compliquer d'une malnutrition prolongée. Compte tenu de ce contexte clinique, et de la possibilité d'une transmission hydrique ou alimentaire parfois épidémique du parasite, la cryptosporidiose représente un réel danger pour la santé humaine (Bonnin et al. 2001).

Chapitre I
Généralités sur
cryptosporidium spp

Chapitre I: Généralités sur cryptosporidium

1. Historique

Ernest Edward Tyzzer un professeur de parasitologie à l'université de Harvard a été la première personne à reconnaître, décrire clairement et publier un compte-rendu d'un parasite qu'il trouvait fréquemment dans les glandes gastriques des souris. En 1907, il a décrit ses stades asexués et sexués (Tyzzer, 1912) et Il a identifié le parasite comme un sporozoaire et l'a nommé *Cryptosporidium muris*.

Au début Tyzzer pensait que les stades de développement endogènes étaient extracellulaires en raison des limitations de son microscope composé, tous les autres aspects de sa description originale de l'espèce *C. muris* ont été confirmés par la microscopie électronique. Il a noté qu'il semble raisonnablement certain que les organismes observés dans les glandes gastriques des souris plusieurs années auparavant par J. Jackson Clark (1894-1895) étaient la même espèce qu'il était sur le point de décrire et non un parasite nommé *Coccidium falciforme* comme Jackson le supposait (Dubey et al., 1990). En 1912, Tyzzer a identifié une deuxième espèce dans le petit intestin de souris de laboratoire, *Cryptosporidium parvum* (Fayer, 2004).

Par la suite et jusqu'aux années 70, seuls quelques cas sporadiques ont été décrits dans des espèces telles que le cobaye, le dindon et le serpent. En général ce parasite était considéré comme rare et sans signification pathogène (Merieux et al., 1985). En 1971 Panciera décrit le premier cas clinique de la cryptosporidiose bovine, Une vèle de 8 mois présentait un coccidien du genre *Cryptosporidium*. Il s'agit du premier rapport d'infection cryptosporidienne chez les bovins. Le syndrome clinique était caractérisé par une diarrhée, un affaiblissement et une évolution chronique. 3 et ce rapport fut suivi de nombreux autres, aussi bien chez les bovins que chez les ruminants (Merieux et al., 1985).

En 1976 *cryptosporidium*spp est mis en évidence chez deux patients humains présentent une diarrhée sévère, d'autres cas sont ensuite décrits chez des individus immunodéprimés. Donc après l'apparition du parasite chez l'humain, la recherche s'est intensifiée (fayer et al., 1990). Entre 1989 et 1997, près de 1000 articles scientifiques sont apparus sur la liste des « Biological Abstracts » (Dubey et al., 1990). En 1996 l'organisation mondiale de la santé (Oms) a classé la *cryptosporidium* comme une cause primaire fréquente et grave de diarrhée chez de nombreux mammifères dont l'homme.

2. Taxonomie

La *Cryptosporidium* est l'un des nombreux genres de protozoaires du phylum Apicomplexa (contient plus de 6000 espèces (Rueckert et al., 2019) qui sont appelés

coccidies (Ryan et al., 2021). Généralement, les coccidies se développent dans le tractus gastro-intestinal des vertébrés pendant tout ou partie de leur cycle de vie.

D'autres coccidies, sont en outre capables ou nécessitent un développement extra-intestinal sont appelées coccidies formant des kystes tissulaires (Dubey et al., 1990). La délimitation des espèces de *Cryptosporidium* repose sur quatre critères : une description de la morphologie des oocystes, une description de la spécificité naturelle de l'hôte, des caractérisations génétiques et la conformité au Code international de nomenclature zoologique (ICZN) (Ryan et al., 2021).

Tous les membres du genre *Cryptosporidium* sont des agents pathogènes importants tels que les parasites du paludisme des humains et des animaux, les piroplasmes et les coccidies (y compris *Isospora*, *Toxoplasma* et *Sarcocystis*) des humains, les coccidies (principalement *Eimeria*) des animaux domestiques et sauvages et les grégarines des invertébrés (Fayer et Xiao, 2008).

Parmi ces espèces, on compte : *Cryptosporidium muris*, *Cryptosporidium parvum* et *Cryptosporidium meleagridis*. *Cryptosporidium wrairi* a été identifiée chez le cobaye, *Cryptosporidium agni* chez le mouton, *Cryptosporidium bovis* chez le veau, *Cryptosporidium anserinum* chez l'oie, *Cryptosporidium cuniculus* chez le lapin et *Cryptosporidium garnhami* et *Cryptosporidium enteritidis* chez l'homme (Ryan et al., 2021).

Le tableau suivant montre la classification taxonomique de *Cryptosporidium* :

Tableau 1. Classification taxonomique de <i>Cryptosporidium</i> (Dubey et al., 1990)		
Classification :	Nom :	Caractéristiques biologiques :
Phylum	Apicomplexa	Complexe apical avec anneaux polaires, rhoptries, micronèmes, conoïdes et microtubules sous-pelliculaires.
Classe	Sporozoaires	Locomotion des organismes matures par flexion du corps, glie, ou ondulation.
Sous-classe	Coccidies	Cycle de vie avec mérogonie, gamétogonie et sporogonie.

Ordre	Eucoccidies	Mérogonie présente ; chez les vertébrés.
Sous-ordre	Eimeria	Les gamètes mâles et femelles se développent indépendamment.
Famille	Cryptosporididae	Homoxène avec développement juste sous les membranes superficielles de la cellule hôte ; oocyste sans sporocystes et avec quatre sporozoïtes ; microgamètes sans flagelles.

3. Les espèces de *Cryptosporidium* chez les humains et les animaux

Les parasites du genre *Cryptosporidium* provoquent la cryptosporidiose chez les humains et les animaux dans le monde entier.

Dans le tableau suivant, 30 espèces nommées du genre *Cryptosporidium* examinés et proposés comme valides :

- Les humains et les bovins sont les hôtes de 13 et 14 des 30 espèces nommées.
- Deux, quatre et huit espèces nommées sont considérées comme ayant respectivement une importance majeure, modérée et mineur pour la santé publique.

Il y a au moins 9 espèces qui sont partagées entre les humains et les animaux (Slapeta ,2013)

Tableau 2. Résumé actuel de *Cryptosporidium spp.*

Gamme d'hôtes : M, mammifère ; B, oiseau (bird) ; R, reptile ; F, poisson (fish) , n/a , n'est pas applicable ; (oui) , indique des preuves extrêmement rares ou expérimentales.

Nombre d'espèces	Nom d'espèce valide	Importance pour la santé publique	Gamme d'hôtes	Humain	Betai l	Désignation du génotype
Espèce 1	<i>C. muris</i> (Tyzzer, 1907)	Mineure	MB	Oui		Génotype B de <i>C. muris</i>

Espèce 2	<i>C. parvum</i> (Tyzzer, 1912)	Mineure	M	(Oui)		Souris I génotype
Espèce 3	<i>C. meleagridis</i> (Slavin, 1955)- (syn. <i>C. tyzzeri</i> Levine, 1961)	Modérée	MB	Oui	(Oui)	
Espèce 4	<i>C. wrairi</i> (Vetterling, Jervis, Merrill, Sprinz, 1971)	Aucune	M		(Oui)	
Espèce 5	<i>C. agni</i> (Barker & Carbonell, 1974)-(syn. <i>C. xiaoi</i> Fayer&Santín, 2009)	Aucune	M			Génotype de type <i>C. bovis</i>
Espèce 6	<i>C. bovis</i> (Barker &Carbonell, 1974)	Aucune	M		Oui	Génotype bovin B
Espèce 7	<i>C. cuniculus</i> (Inman &Takeuchi, 1979)	Modérée	M	Oui		Génotype lapin
Espèce 8	<i>C. felis</i> (Iseki, 1979)	Modérée	M	Oui	(Oui)	Génotype de chat
Espèce 9	<i>C. serpentis</i> (Levine, 1980)	Aucune	RM		(Oui)	
Espèce 10	<i>C. nasoris</i> (Hoover, Hoerr, Carlton, Hinsman & Ferguson, 1981)	Aucune	F			n/a
Espèce 11	<i>C. baileyi</i> (Current, Upton & Haynes, 1986)	Aucune	B			
Espèce 12	<i>C. varanii</i> (Pavlásek, Lávicřková, Horák, Král&Král, 1995)- (syn. <i>C. saurophilum</i> Koudela&Modr y' , 1998)	Aucune	R			Génotype du moniteur du désert
Espèce 13	<i>C. cichlidis</i> (Paperna&Vilenkin, 1996)	Aucune	F			Piscine génotype 1
Espèce 14	<i>C. reichenbachklinkei</i> (Paperna&Vilenkin, 1996)	Aucune	F			Piscine génotype 2
Espèce 15	<i>C. galli</i> (Pavlásek, 1999)	Aucune	B			Génotype du pinson

Espèce 16	<i>C. andersoni</i> (Lindsay, Upton, Owens, Morgan, Mead, & Blagburn, 2000)	Mineure	M	Oui	Oui	Génotype A de <i>C. muris</i>
Espèce 17	<i>C. canis</i> (Fayer, Trout, Xiao, Morgan, Lal&Dubey, 2001)	Mineure	M	Oui	(Oui)	Génotype du chien
Espèce 18	<i>C. hominis</i> (Morgan-Ryan, Fall, Ward, Hijjawi, Sulaiman, Fayer, Thompson, Olson, Lal & Xiao, 2002)	Majeure	M	Oui	Oui	Génotype humain (I)
Espèce 19	<i>C. molnari</i> (Alvarez-Pellitero&Sitjà-Bobadilla, 2002)	Aucune	F			
Espèce 20	<i>C. suis</i> (Ryan, Monis, Enemark, Sulaiman, Samarasinghe, Read, Buddle, Robertson, Zhou, Thompson & Xiao, 2004)	Mineure	M	(Oui)	Oui	Génotype porcin II
Espèce 21	<i>C. scophthalmi</i> (Alvarez-Pellitero, Quiroga, Sitjà-Bobadilla, Redondo, Palenzuela, Padrós, Vázquez& Nieto, 2004)	Aucune	F			n/a
Espèce 22	<i>C. pestis</i> (Šlapeta, 2006)	Majeure	M	Oui	Oui	Génotype bovin (II)
Espèce 23	<i>C. fayeri</i> (Ryan, Power & Xiao, 2008)	Mineure	M	(Oui)		Génotype marsupial I
Espèce 24	<i>C. ryanae</i> (Fayer&Santín, Trout, 2008)	Aucune	M		Oui	Génotype semblable au cerf
Espèce 25	<i>C. fragile</i> (Jirku°, Valigurová, Koudela, Krížek, Modry' &Šlapeta, 2008)	Aucune	A			

Espèce 26	<i>C. macropodum</i> (Power & Ryan, 2008)	Aucune	M			Génotype marsupial II
Espèce 27	<i>C. ducismarci</i> (Traversa, 2010)	Aucune	R			
Espèce 28	<i>C. ubiquitous</i> (Fayer, Santín&Macarisin, 2010)	Mineure	M	Oui	Oui	Génotype de cerf
Espèce 29	<i>C. viatorum</i> (Elwin, Hadfield, Robinson, Crouch & Chalmers, 2012)	Modérée	M	Oui		
Espèce 30	<i>C. scrofarum</i> Kváč, Kestránová, Pinková, Kveřtonňová, Kalinová, Wagnerová, Kotková, Vítovec, Ditrich, McEvoy, Stenger&Sak, 2013	Mineure	M	(Oui)	(Oui)	Génotype porcine II

4. Cycle évolutif

Toutes les espèces de *cryptosporidium* sont des parasites intracellulaires obligatoires (fayer ,2004) 8 et le cycle de parasite est monoxène, ainsi toutes les étapes du développement interviennent chez un hôte unique (O'Donoghue, 1995) 9 Le cycle comprend les trois étapes (figure1) classiquement décrites chez les coccidies : schizogonie ou mérogonie ; gamétogonie et sporogonie.

L'oocyste est le seul stade exogène, il est excrété du corps de l'hôte infecté dans les matières fécales (Dubey et al. 1990).

1. Excystation

L'oocyste ingéré subit une excystation et libère 4 sporozoïtes dans le milieu intra-intestinal sous l'effet des conditions spécifiques de l'estomac, les enzymes pancréatiques et biliaires, la température et l'humidité. Les sporozoïtes vont se lier à la membrane apicale des entérocytes et ce contact induit des modifications localisées de la membrane cytoplasmique de la cellule et une perte des microvillosités et la formation d'un pli membranaire qui va entourer le parasite pour former la vacuole parasitophore et de ce fait les sporozoïtes deviennent des trophozoïtes. Les sporozoïtes dans la vacuole parasitophore sont intracellulaires mais ne sont pas directement en contact avec le cytoplasme de la cellule hôte : ils sont extracytoplasmiques (Smith et al, 2005).

2. Mérogonie

Mirogonie ou la division asexuée résulte de la division du noyau de trophozoïte qui donnent des mirones de type 1 contiennent de 6 à 8 mérozoïtes qui vont infecter d'autres cellules pour donner soit des mirones de types 1 ou de types 2 (contient 4 mérozoïtes) qui subissent une division sexuée (Dubey et al, 1990).

3. Gamétogonie

Les mérozoïtes issues de mirones de type 2 se différencient en microgonite qui donnent des microgamètes et macrogonite qui donnent des macrogamètes.

Les microgamètes fécondent les macrogamètes pour donner naissance à un zygote qui se développe par la suite en oocyste (Dubey et al. 1990).

4. Sporulation :

Le zygote subit une phase de sporulation qui aboutit à la formation d'un oocyste sporulé avec 4 sporozoïtes. Les oocystes à parois épaisses seront excrétés dans les fèces et ceux qui sont à parois fines assure un phénomène d'auto-infection (L'auto-infection se produit lorsque les phases séquentielles asexuées et sexuelles du cycle de vie sont répétées dans le même hôte à partir des sporozoïtes libérés des oocystes qui se sont développés in situ après la sporogonie) (O'Donoghue, 1995).

5. La période pré-patente

Est le délai entre l'ingestion d'une quantité suffisante d'oocyste pour provoquer l'infection et l'excrétion d'oocyste sporulé dans les matières fécales, et la longueur de cette période se diffère selon le genre d'un parasite et l'espèce de l'hôte infecté. Les particularités de ce cycle consistent dans l'excrétion d'oocystes directement infectants, le recyclage des mérozoïtes de 1ère génération et la formation d'oocystes à coque fine (20%) qui subit un dékystement, entretenant ainsi l'infection (Villeneuve, 2003).

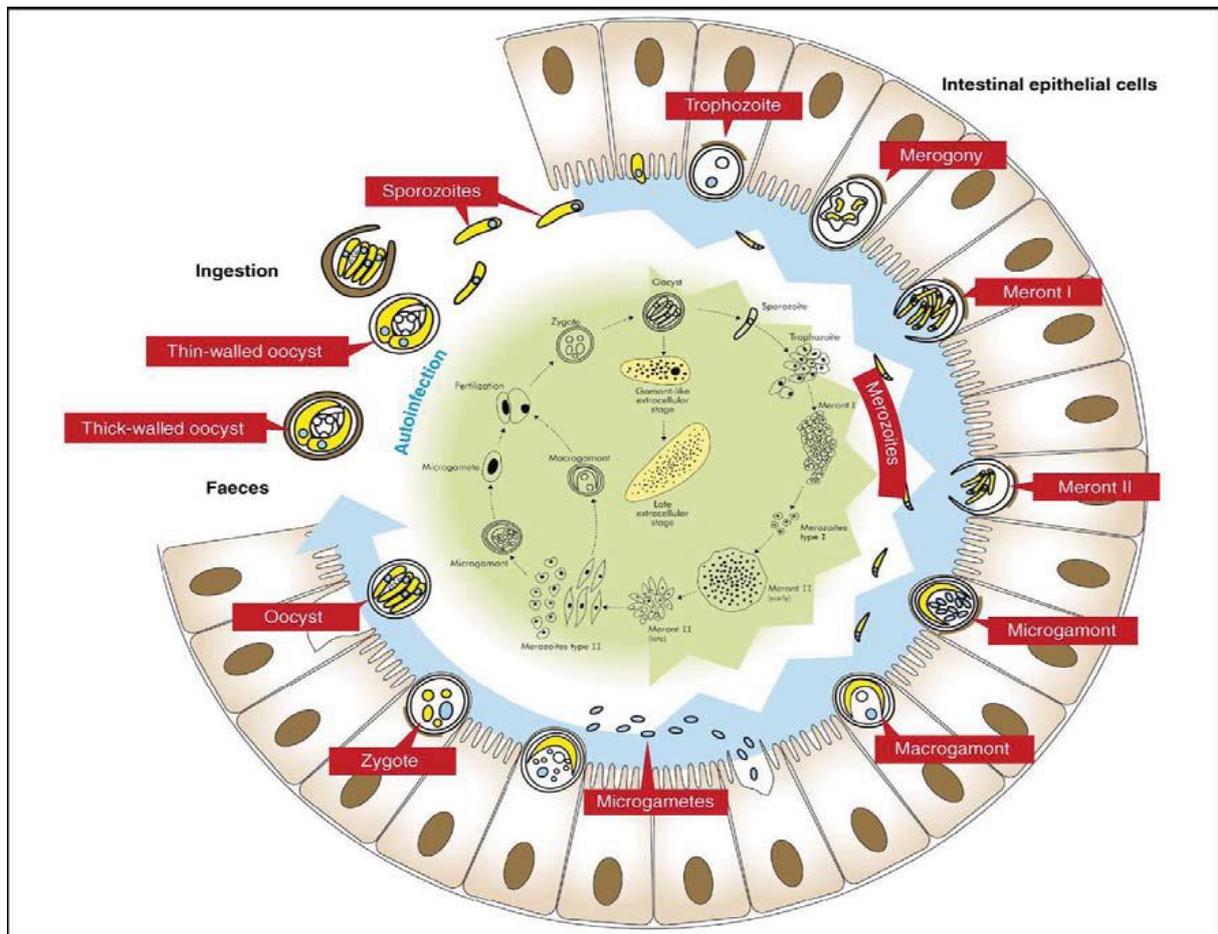


Figure 1: cycle évolutif de *Cryptosporidium* spp dans l'intestin grêle, démontrant les étapes intracellulaire et extracellulaire connues (d'après Hijjawi et al. 2004 ; Barta et Thompson, 2006).

5. Morphologie et structure:

Les parasites de *Cryptosporidium* sont de très petits coccidies intracellulaires obligatoires (Ridley, 2012; Xiao et Ryan, 2015). Ils colonisent le tractus intestinal ainsi que d'autres sites extra-digestifs peu communs (Conjonctive de l'œil, poumons, vésicule biliaire, les ganglions lymphatiques, gonades et voies utéro-vaginales) chez diverses hôtes vertébrés (Samuel et al. 2001 ; Fayer, 2003 ; Taylor et al. 2007; Fayer, 2008).

Les cryptosporidies se présentent sous deux formes de vie différentes. La forme exogène qui est l'oocyste, il est très résistant dans le milieu extérieur et constitue donc un bon moyen de dissémination dans l'environnement. Et la forme endogène qui a une forme très sensible ne pouvant se développer qu'à l'intérieur de l'hôte (Benhassine, 2019). L'oocyste est de forme variable, ovoïde à elliptique (O'DONOGHUE, 1995). Il occupe une position dans la cellule épithéliale très particulière, en zone apicale, jamais en profondeur (Xiao et al. 2000). La taille des oocystes cryptosporidiens varie généralement de 3 à 6 μm mais elle peut parfois atteindre

7,4 μm tel le cas de *C. muris* (De Graaf et al. 1999), voire même 8 μm comme c'est le cas de *C. andersoni* (Xiao et Carma, 2006).

L'oocyste est entourés d'une paroi épaisse qui le protège des stresses environnementaux (Ridley, 2012; Fayer, 2008). Cette paroi est constituée de 4 couches (Figure 2) :

1-La couche externe, le glycocalyx, est principalement composée de sucres. Cette structure apparaît dense aux électrons en microscopie électronique. Elle confère les caractères d'immunogénicité ainsi que d'attachement du parasite à la cellule-hôte.

2-La deuxième couche, majoritairement composée de lipides complexes, laisse passer les électrons en microscopie électronique. Elle serait à l'origine de la faiblesse de la paroi de l'oocyste.

3-La troisième couche est une fine couche apparaissant dense aux électrons. Elle abrite les principales protéines structurales de la paroi de l'oocyste, à l'origine de sa force et de sa flexibilité.

4-La couche interne est composée d'hydrates de carbone et de polysaccharides de structure (Jenkins et al. 2010).

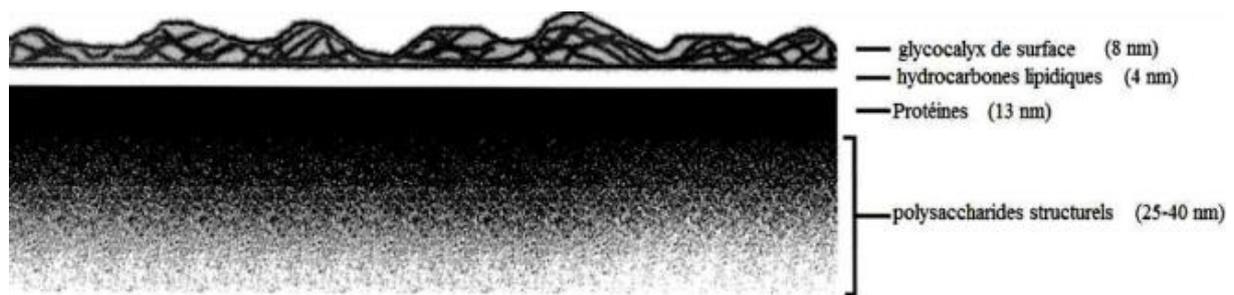
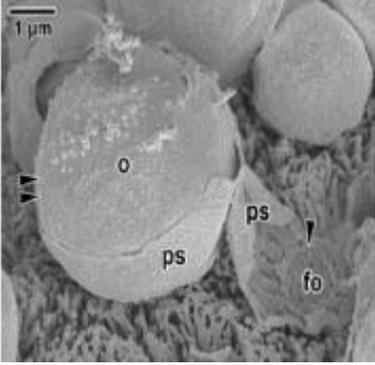
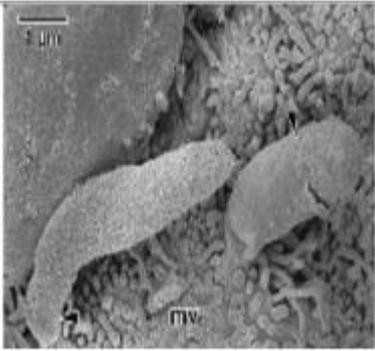
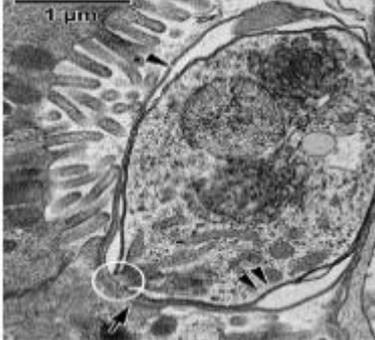
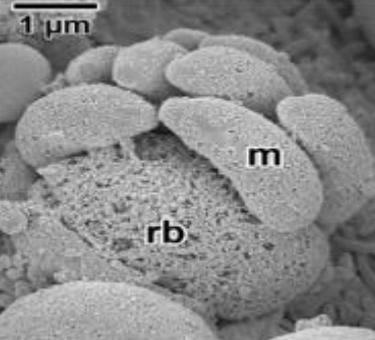


Figure 2: Modèle de la structure en 4 couches de la paroi d'un oocyste de *C. parvum* (Source : JENKINS et al. 2010)

La morphologie des différents stades du cycle de vie de *Cryptosporidium* est décrite dans la figure 3.

Formes Evolutives	Images	Description
Oocystes	 <p>O : oocyste Ps : vacuole parasitophore Fo : organelle nourricie</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forme sphérique à ovoïde. 2. La taille de l'oocyste varie entre 2 et 6 µm de diamètre, selon l'espèce. 3. Ils contiennent 4 sporozoïtes vermiformes nus c'est à dire non contenus dans des sporocystes. 4. sa paroi est composée de deux couches, interne et externe, bien distinctes. 5. A l'un de ses pôles, se situe une fente qui s'étend sur 1/3 à 1/2 de leur circonférence par laquelle sont libérés les sporozoïtes.
Sporozoïte Et Mérozoïte	 <p>mv : microvillosités</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ils sont élancés, virguliformes. 2. Formes libres et mobiles. 3. Présence d'un complexe apical.
Trophozoïte		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ils sont arrondis ou ovalaires en position intracellulaire ; 2 à 2,5 µm de diamètre.
Méronte		<ol style="list-style-type: none"> 1. Méronte de type I contenant six à huit mérozoïtes. 2. La membrane cellulaire de la cellule hôte entourant le méronte se lyse et les mérozoïtes deviennent extracellulaires, capables d'infecter d'autres cellules hôtes pour produire de nouveaux mérontes type I

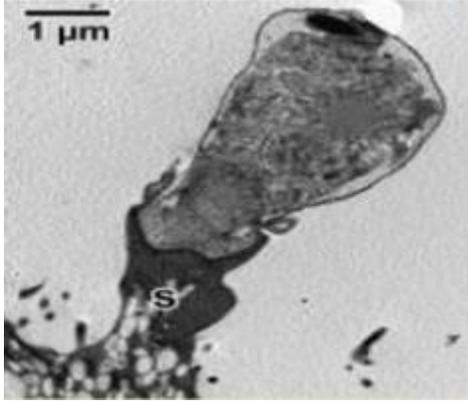
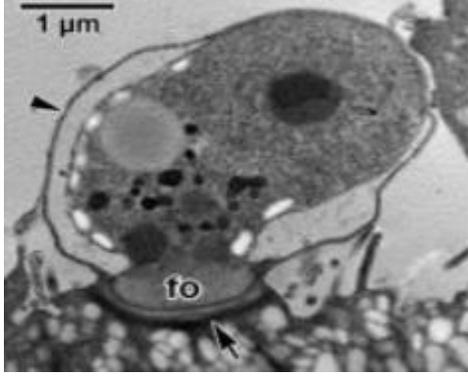
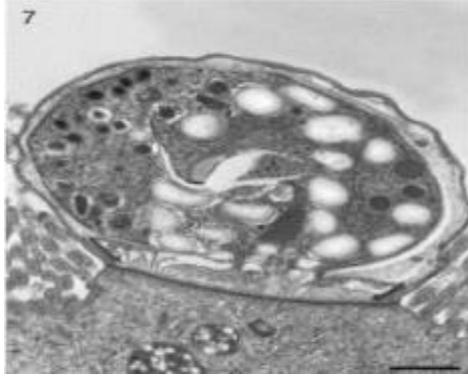
	<p>m : merozoïtes rb : corps résiduel</p>	<p>ou peuvent évoluer vers des mérontes type II à quatre mérozoïtes.</p>
Microgamonte		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ils ressemblent aux mérontes, mais contiennent des noyaux plus petits. 2. Des divisions nucléaires successives dans le microgamontes forment de microgamètes. 3. Ils sont une forme en tige avec une extrémité antérieure aplatie, 4 à 5 µm de diamètre.
Macrogamonte		<ol style="list-style-type: none"> 1. Forme sphérique à ovoïde. Il présente en position centrale un grand noyau à nucléole proéminent, 3.2 à 5 µm de diamètre.
Zygote		<ol style="list-style-type: none"> 1. Zygote mûr mais toujours connecté via l'organelle nourricier à la cellule hôte.

Tableau 3 : Différents stades évolutifs de *Cryptosporidium spp.* (Fayer et Ungar, 1986 ; Chartier, 2003 ; Valigurová et al., 2008).

Chapitre II :

Epidémiologie de la

cryptosporidiose

Chapitre II : Epidémiologie de la cryptosporidiose

1. répartition géographique

La cryptosporidiose est une maladie largement répandue chez les petits ruminants à l'échelle mondiale (Paraud et Chartier, 2012). Chez les petits ruminants, l'espèce *C. parvum* est dominante dans les pays européens. Cependant, sa distribution est limitée dans la plupart des pays africains, asiatiques et américains (Guo et al., 2021).

Chez les moutons, en Europe, *C. parvum* est prédominant dans plusieurs pays tels que l'Espagne, le Royaume-Uni, l'Italie et la France. En revanche, en Belgique et en Norvège, on rapporte que *C. ubiquitum* est prédominant. De plus, *C. ubiquitum* était l'espèce principale isolée en Australie, aux États-Unis et en Chine (Paraud et Chartier, 2012).

La cryptosporidiose chez les veaux laitiers est répartie géographiquement comme suit : en Asie (Thaïlande, Iran, Chine, Malaisie, Inde, Pakistan, Turquie, Corée, Syrie, Japon et Vietnam) , en Europe (Autriche , Italie, Pologne, Roumanie, Royaume-Uni, suède, Estonie, République tchèque, France, Belgique, Pays-Bas, Danemark, Espagne, Hongrie, Suisse, Serbie et Monténégro, Portugal) , en Afrique (Algérie, Égypte, Soudan , Zambie et Afrique du Sud) , en Amérique du Nord (États-Unis, Canada) et Amérique du sud (Colombie, argentine, Brésil, Chili et Uruguay) . Enfin, l'en trouve notamment en Océanie (Nouvelle Zélande, Australie) (Chen et al. 2023).

2. Importance

La *Cryptosporidium* est un parasite considéré comme "émergent" car bien qu'il ait été identifié dès le début du XXe siècle, son impact sur la santé animale et humaine n'a été pleinement reconnu que ces quinze dernières années (Fedda et Kihal, 2016). Chez les mammifères, la cryptosporidiose se manifeste par des symptômes intestinaux, principalement sous forme de diarrhée (Baillargeon, 2005).

Les infections à *Cryptosporidium*, principalement causées par la souche zoonotique *C. parvum*, sont très répandues chez les jeunes ruminants domestiques tels que les veaux, les agneaux et les chevreaux. Elles entraînent des pertes économiques importantes en raison des frais vétérinaires élevés et du temps consacré au traitement des animaux malades, à la mise en place de mesures d'hygiène appropriées et à la gestion des symptômes cliniques tels que la diarrhée, la déshydratation, la croissance altérée et la perte de poids, entraînant souvent la mort. (Naciri et al., 2000, Castro Hermida et al., 2002, Ye et al., 2013, Hatam Nahavandi et al., 2019, Santin, 2020).L'importance économique de cette parasitose chez les ruminants de rente est

considérable, quoi qu'elle soit difficilement chiffrable et certainement sous-estimée. (Villacorta et al., 1991, Harp J.A et al., 1998).

3. Source de contagion

a. Les animaux adultes et les mères

Les réservoirs de ce parasite dans les fermes sont les animaux adultes, chez lesquels ces protozoaires provoquent peu ou pas d'effets cliniques. Par conséquent, les animaux adultes parasités hébergent les protozoaires et excrètent des oocystes ou des kystes, ce qui entraîne une infection chez les jeunes animaux (Lianou et al. 2020).

Des études qui sont faites dans des élevages d'ovins en Italie ont montré que le taux d'oocystes de *cryptosporidium* excrétés augmente en période de péripartum chez les brebis et même les moutons adultes avec leur grand volume de fèces excrétés pourraient représenter un réservoir d'espèces potentiellement pathogènes de *cryptosporidium* pour les agneaux malgré que la quantité d'oocystes puisse être inférieure à la valeur seuil de détection indiquée par microscopie (Dessi et al. 2020).

Une autre étude a montré que le taux d'oocystes excrétés par les vaches adultes augmente dans la période de vêlage (500 oocystes/gr pendant la période de vêlage et environ 125 à 250 oocyste/gr or cette période). Cette augmentation pourrait être attribuable à la réduction du nombre de lymphocytes T observée à cette période (Faubert et al. 2000).

b. Les jeunes animaux diarrhéiques

Etant que le taux d'oocystes excrétés diminue avec la diminution de la consistance des matières fécales, le nombre d'oocystes le plus élevé se trouve dans les fèces diarrhéiques (Dessi et al. 2020). Les agneaux et les veaux en particulier ceux excréant des excréments diarrhéiques, sont les réservoirs les plus importants pour le protozoaire (Dessi et al. 2020; Santin, 2020).

c. La faune sauvage

La faune sauvage peut contribuer à la contamination de l'eau par *cryptosporidium* mais elle représente un risque minime par rapport les autres sources (Feng et al. 2007).

d. L'eau :

La contamination de l'eau potable par des oocystes de *cryptosporidium* présente une menace sérieuse pour la santé publique car ce parasite est considéré comme l'agent infectieux responsable de plus de 60% des épidémies de gastro-entérite d'origine hydrique dans les pays en voie de développement et même dans les pays développés et d'après Une étude qui est faite aux états uni cette contamination est vraisemblablement produite soit à la suite d'apports fécaux

directs, soit par l'épandage de fumier avec le transport ultérieur de la contamination fécale vers les cours d'eau via le drainage souterrain et le ruissellement (Ruecker.N,2007 ; Benamrouz-Vanneste,2020; Li et al., 2015).

Les états unis, royaume unis et certains pays industrialisés ont mis des règles de traitements améliorés des eaux de surfaces qui exigent la surveillance des oocystes de *Cryptosporidium* dans l'eau de source et la détermination de leurs espèces et génotypes pour déterminer le niveau de traitement nécessaire dans les usines de traitement de l'eau dans le but de la diminution de la contamination d'origine hydrique par ce protozoaire (Yang,2008).

4. Contamination: « transmission »:

La surveillance de *Cryptosporidium* est difficile en raison des nombreuses sources de contamination (Toukmidine, 2021).Les jeunes animaux infectés sont la principale source d'oocyste pour l'environnement (Paraud et Chartier ,2012) en raison de leur forte prévalence et la forte excrétion parasitaire (Benhassine, 2019).

Ainsi, l'environnement présent une source potentielle de contamination (Benhassine, 2019).

La transmission de la *cryptosporidium spp* se fait par voie oro-fécale ; pratiquement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés après contact avec des personnes ou des animaux infectés (contact direct) ; bien que des infections respiratoires aient également été signalées (Zahedi et Ryan, 2020). Il existe également une possible transmission mécanique (indirecte), via les mouches, les chiens et les bovins (Toukmidine, 2021). La transmission entre différentes espèces est également confirmée, avec des cas récurrents de transmission croisée des oocystes et/ou des kystes des veaux vers les agneaux, et inversement (Benhassine, 2019).

a. Chez les petits ruminants

L'infection à *Cryptosporidium* se transmet par l'ingestion d'oocyste soit directement par le léchage d'une matière infectée ou bien par l'ingestion des denrées alimentaires ou l'eau potable contaminée (Paraud et Chartier, 2012).La période pré-patente est de 3 à 4 jours chez les chevreaux et de 2 à 7 jours chez les agneaux (Cacciò et Widmer, 2013). Dans une situation subclinique, ont rapporté une excrétion moyenne de 6832 oocystes par gramme de matière fécale chez les agneaux (intervalle : 0 à 300 000 opg) et une excrétion moyenne de 231 929 opg chez les chevreaux (intervalle : 0 à 10 000 000 opg) (Paraud et Chartier, 2012) dont les brebis subcliniquement infectées sont une source d'infection pour les agneaux, en particulier pendant la période péri-parturiente où l'excrétion d'oocystes chez les brebis augmente (Ye et al., 2013).

Chez les jeunes naturellement infectés, l'excrétion des oocystes de *Cryptosporidium* commence à l'âge de 5 jours avec un pic à l'âge de 7 jours (Paraud et al., 2011) et un déclin après 3 semaines (Paraud et Chartier, 2012).

Chez les adultes, le taux d'excrétion reste très faible. En moyenne, on observe une présence de plusieurs dizaines à plusieurs milliers d'oocystes par gramme de fèces, entre 9 et 1067 chez les ovins et entre 14 et 1484 chez les caprins, sans distinction significative entre les brebis et les chèvres (Castro-Hermida et al., 2007).

La contamination environnementale par des oocystes provenant de l'agnelage serait encore viable et constituerait la source d'initiation de l'infection par *Cryptosporidium* dans un nouveau troupeau d'agneaux et comme l'agnelage a lieu une fois par an dans la plupart des régions, il est peu probable que les oocystes résistants à l'environnement soient ingérés (Ye et al., 2013).

Certains chercheurs ne pensent que la proximité du bétail ou l'utilisation de pâturages ou bien de logements récemment occupés par des veaux, étant la principale source d'infection de la Cryptosporidiose chez les agneaux (Ye et al., 2013).

Enfin, la transmission de *Cryptosporidium* spp entre les cervidés et les ovidés pouvait être limitée (Guo et al., 2021). Ainsi, la présence de *cryptosporidium* dans les fermes des petits ruminants d'élevage intensif est une source potentielle d'infections zoonotiques (Geurden et al., 2008).

b. Chez les bovins

La mise-bas est l'une des voies possibles de transmission du parasite aux veaux par la mère (Toukmidine, 2021). Un veau infecté peut excréter jusqu'à $1,1 \times 10^8$ oocystes par gramme de fèces au plus fort de l'infection (Hatam-Nahavandi et al., 2019) et les ruminants adultes excrètent également des oocystes (Paraud et Chartier, 2012). En effet, les animaux d'élevage adultes sont typiquement porteurs d'infections asymptomatiques de faible niveau, mais sont épidémiologiquement importants en tant que porteurs cryptiques du parasite (Hatam-Nahavandi et al., 2019), ce qui permet de réinfections au niveau du troupeau (Toukmidine, 2021).

Enfin, les animaux sauvages jouent un rôle majeur dans la transmission du *cryptosporidium* spp dont la contamination inter espèces semble être affecté par le contact avec d'autres espèces hôtes et par la pression d'infection (élevage intensif) ; ce qui rend ces hôtes capables de propager les espèces de *Cryptosporidium* zoonotique et non zoonotique (Hatam-Nahavandi et al. 2019).

5. Risque zoonotique

La cryptosporidiose peut être transmise à l'homme par l'ingestion des oocystes/kystes ; dont l'eau potable contaminée était indiquée comme étant le véhicule de transmission (Zahedi et Ryan, 2020). La transmission des agents causals par l'eau et les aliments sont également une préoccupation majeure pour la santé publique (Paraud et Chartier, 2012).

L'importance des ovins et des caprins en tant que réservoirs de la cryptosporidiose zoonotique n'est pas claire (Cacciò et Widmer, 2013) mais certaines épidémies de cryptosporidiose d'origine alimentaire impliquent une contamination par des ovins et des caprins, en particulier celles associées à la consommation de lait cru (Guo et al. 2021).

Comme un mouton ou une chèvre adulte produit entre 1 et 3 kg de matière fécale, il est considérable que le potentiel de contamination de l'environnement, en particulier la contamination de l'eau par ces parasites fécaux est semblée être la menace la plus probable, car les espèces/ génotypes des infections à *cryptosporidium* sont susceptibles d'être infectieuses pour l'homme (Zahedi et Ryan, 2020).

Les bovins et très probablement les ruminants sauvages sont des contributeurs importants d'oocystes de *cryptosporidium* dans l'environnement provoquant des épidémies de diarrhée d'origine hydrique et alimentaire chez l'homme (Hatam-Nahavandi et al. 2019).



Figure 3: Représentation graphique des principaux modes de transmission des *Cryptosporidium* spp zoonotiques entre les différentes espèces impliquées et dans l'environnement (Toukmidine, 2021).

6. Spécificité de l'hôte:

Les particularités ce parasite peuvent être résumé comme suit :

A. Espèce

La cryptosporidiose peut être observée chez de nombreux animaux domestiques et sauvages tels que les rongeurs et les cervidés. Tous les ruminants sont capables d'abriter et d'excréter des oocystes (Naciri, 1999). Les chevreaux se distinguent par leur sensibilité accrue à l'infection par *C.parvum*. Et leur expression clinique est beaucoup plus constante et intense que chez le veau ou l'agneau. (Fayer ,2000) Chez les bovins, mais plus âgés, on retrouve *C.bovis*, *C.andersoni* et *C.rayane*. Chez les ovins, on retrouvera, en plus de *C.parvum*, *C.siaoi*, *C.hominis* et *C.ubiquitum* (Naciri, 2000).

b. Race

La race ne semble pas être un facteur prédisposant à l'infection. Cependant, le mode de stabulation, les conditions de maternité et la densité d'élevage, qui varient en fonction des races, peuvent constituer des facteurs de risque.

c. Âge :

La cryptosporidiose est principalement une maladie qui touche les nouveau-nés. La majorité des cas cliniques surviennent entre 4 et 15 jours chez les chevreaux. Chez les adultes, la maladie est généralement asymptomatique.

d. État immunitaire :

Le parasite s'établit plus facilement chez les animaux ayant un système immunitaire affaibli. Il est évident que la cryptosporidiose affecte principalement les individus très jeunes, dont le système immunitaire est encore immature. (Naciri, 1999).

7. La résistance de l'oocyste

L'oocyste de *cryptosporidium* est stable sur le plan environnemental (Taha et al. 2022). Sa faible taille lui permet de prendre en défaut certains dispositifs de filtration et sa paroi épaisse formé d'une structure en réseau complexe ; une couche de glycocalice de surface, des glucides, des acides gras, des hydrocarbures aliphatiques, des protéines hydrophobes et une couche interne de glycoprotéines lui rend extrêmement résistant (Bones et al. 2019;santin, 2020).

Il résiste aux désinfectants usuels utilisés dans les laboratoires et les hôpitaux (les iodophores, les acides, sodium hypochlorite...) (Tzipori.S, 1983) et aux traitements conventionnels de l'eau tels que la chloration (Roberston et al. 1992). Cependant, d'autres désinfectants, tels que le dioxyde de chlore, l'ozone, les rayons UV et la filtration, se sont révélés plutôt efficaces pour éliminer *Cryptosporidium* (Franceschelli et al. 2022 ; Tzipori, 1983).

Il résiste bien aussi aux températures négatives obtenues progressivement par contre il perd son infectiosité et sa viabilité lors d'une congélation rapide (immersion dans de l'azote liquide, i.e. : -173°C tue à 100% les oocystes). Il peut rester infectieux après passage à des températures élevées (moins de la moitié des oocystes est détruite à 67,5°C pendant 1 minute) Par contre, une température de 64,2°C pendant 2 minutes, ou bien une température de 72,4°C pendant 1 minute tue 100 % des oocystes (Fayer et al., 1996).

8. Facteurs de risque

A. La saison

La prévalence de la cryptosporidiose varie selon la saison. Par exemple selon des études qui ont été réalisées en Chine, la prévalence combinée de *Cryptosporidium* chez les ruminants été plus élevée en hiver par rapport aux autres saisons. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs, tels que le regroupement des animaux pendant cette période, ce qui entraîne une contamination plus importante de l'environnement (Cai, 2019).

Des résultats similaires ont été observés en Iran avec une plus grande fréquence de la cryptosporidiose chez les ruminants en automne et en hiver par rapport aux autres saisons (Jokar, 2021).

B. La taille de troupeau :

Différentes études ont été menées pour évaluer l'impact de la taille du troupeau sur l'excrétion de *C. parvum* par les veaux, et trois d'entre elles ont conclu que la taille du troupeau constituait un facteur de risque. Les rapports de cotes ajustés pour les troupeaux de grande taille étaient compris entre 1,55 et 292, ce qui suggère des effets potentiellement significatifs. Les études menées par Silverlås et al en 2009 et Urie et al en 2018 ont également montré une association entre les grands troupeaux et un risque accru d'infection à *C. parvum*. Ces résultats concordants indiquent que la taille du troupeau peut jouer un rôle dans les niveaux élevés d'infection par ce parasite (Brainard et al. 2020).

C. La gestion d'élevage :

Le stress du vêlage, la mauvaise conduite du tarissement et les conditions d'hygiène déplorable augmentent le taux d'excrétions des oocystes chez les adultes c'est pour cette raison qu'il est très important de ne pas mélanger des animaux d'âges différents pour éviter la pérennisation de l'infection (khelaf et al. 2007).

Lorsque plusieurs mères partagent un enclos de maternité, il y a un risque accru de maladie chez les veaux selon une étude, mais d'autres études n'ont pas trouvé cette association. Cependant, il n'y a pas d'étude de haute qualité pour évaluer ce risque, et les résultats sont mitigés (Brainard et al. 2020).

Le temps que le veau passe avec sa mère après la naissance a rarement été étudié, car il est courant dans l'industrie laitière de séparer rapidement les veaux de leurs mères. Deux études indiquent que des séjours plus longs avec la mère après la naissance peuvent être protecteurs contre les infections. Par exemple, rester avec la mère pendant jusqu'à 4 jours peut réduire le risque d'infection à *C. parvum*. Cependant, une autre étude a trouvé un risque plus élevé de diarrhée chez les veaux qui restent plus d'une heure avec leur mère après la naissance. Les preuves sur la durée à passer avec la mère après la naissance ne sont pas concluantes (Brainard et al. 2020).

D. L'épandage de fumier

Les matières fécales des animaux sont souvent utilisées comme fertilisant dans les champs, car elles sont considérées comme un engrais naturel. Cependant, cette pratique peut avoir un effet néfaste sur l'environnement en permettant la dissémination des oocystes de *cryptosporidium*. Lorsque le fumier contenant ces oocystes est emporté par les précipitations, il peut se retrouver dans les cours d'eau voisins, entraînant ainsi une contamination de l'eau et la propagation potentielle de la maladie (Razakandrainibe et al. 2014).

9. La prévalence:

A. Chez les petits ruminants

La prévalence de la cryptosporidiose varie considérablement d'une étude à l'autre, avec des taux allant de 0% à 77% chez les ovins et de 0% à 100% chez les chèvres. Bien que tous les groupes d'âge soient sensibles à l'infection, elle est plus fréquente chez les jeunes animaux que chez les plus âgés (Robertson et al. 2013).

Alors, la prévalence de la maladie chez les agneaux et les chevreaux pré-sevrés non diarrhéiques est variable, elle est de 2% à 85% chez les agneaux et de 5% à 30% chez les chevreaux (Paraud & Cartier, 2012).

B. Chez les bovins

Les bovins destinés à la production laitière ou à l'abattage sont touchés par la cryptosporidiose, et les évaluations de sa prévalence varient significativement d'une étude à l'autre. Les chiffres avancés quant à la proportion d'animaux infectés au sein des élevages sont très variables, pouvant aller entre 0% et 100%. Une association a été mise en évidence entre la prévalence de l'infection et l'âge des animaux, la maladie étant plus fréquente chez les jeunes veaux (Robertson et al. 2013).

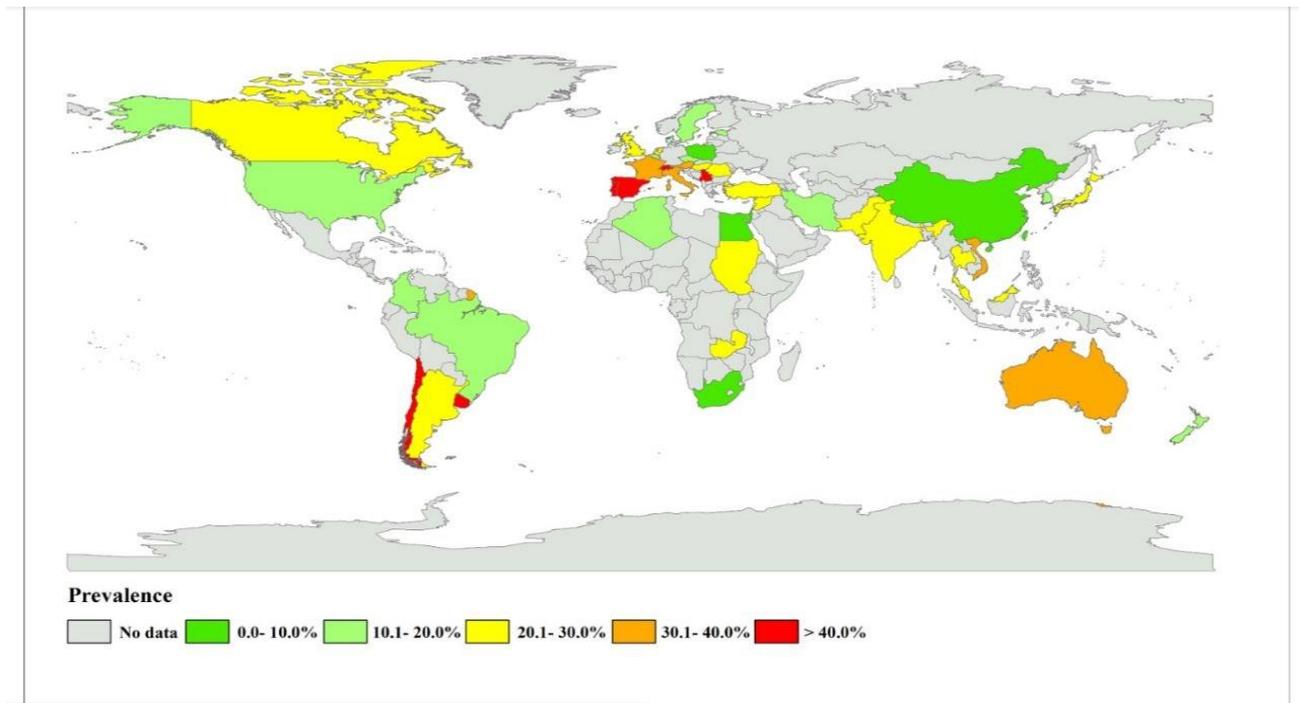


Figure 4: Carte des infections à *Cryptosporidium parvum* chez les veaux laitiers dans le monde. Les plages de prévalence sont affichées dans différentes couleurs (Chen et al. 2023).

10. Pouvoir pathogène

L'entrée du *Cryptosporidium parvum* chez les ruminants induit une série de réactions principalement dans la partie distale du jéjunum et l'iléon, cependant des lésions ont été retrouvées dans le cæcum, le côlon et, plus rarement le duodénum (De Graaf et al. 1999(a); Favennec et al., 2006; Paraud et Chartier, 2012). Physiologiquement l'expression clinique de cryptosporidiose est un processus multifactoriel qui dépend des facteurs liés à la fois aux parasites et de leurs hôtes (Favennec et al. 2006).

Ce processus commence par l'attachement du parasite à la surface de la cellule hôte. Cela agit non seulement comme un déclencheur du mécanisme pathologique, mais également comme l'un des facteurs qui détermine la virulence parasitaire chez l'hôte (Certad et al. 2017). Cet attachement induit la réorganisation et la perturbation du cytosquelette des cellules épithéliales intestinales et les jonctions qui les relient, ce qui en résulte une atrophie modérée à sévère des villosités associée ou non à un raccourcissement diffus des microvillosités. D'autres lésions cellulaires ont été également rapportées à l'exemple de l'hyperplasie des cryptes. (Figure 6) (Favennec et al., 2006; Thompson, 2008; Geurden et Claebout, 2010; Wyatt et al., 2010; Cotton et al., 2011; Certad et al., 2017).

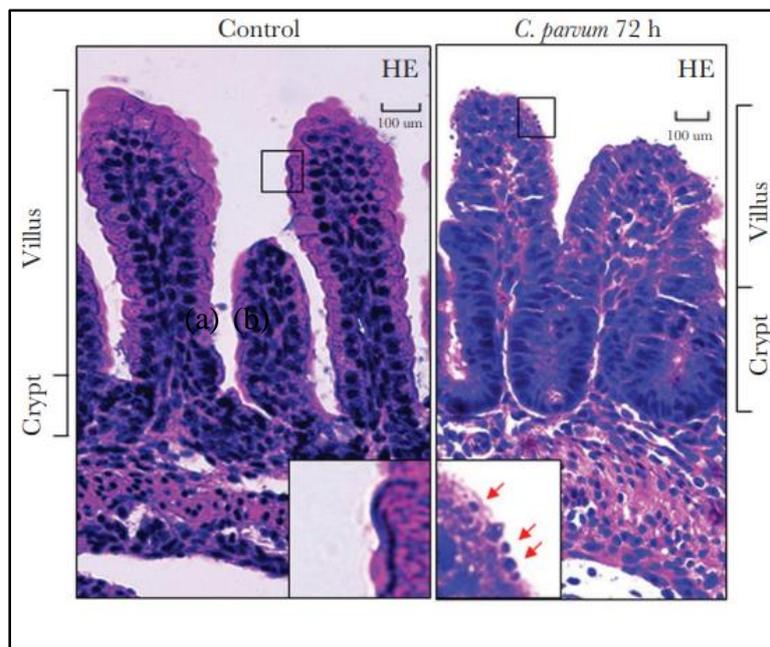


Figure 5: Epithélium intestinale [MING et al. 2018].
A : le contrôle, **b :** présence de *Cryptosporidium*

Ces lésions entraînent une augmentation de la perméabilité membranaire diminuant ainsi l'absorption de l'intestin pour l'eau, les électrolytes et certains nutriments, essentiellement les monosaccharides et les amino-peptides, et une modification des flux d'ions sous l'action de prostaglandines locales. Ces phénomènes sont à l'origine d'une malabsorption et d'une diarrhée sécrétoire justifiant les pertes en poids lors de l'expression clinique de cette parasitose (Olson et Buret, 2001; Geurden et Claebout, 2010; Okhuysen et Chappell, 2002).

Il y a entre autres un processus inflammatoire qui exacerbe les deux mécanismes d'excrétion et d'absorption dont les acteurs sont les cellules immunitaires de l'organisme hôte suite à leur stimulation par les cytokines de sa muqueuse intestinale. Cette réaction immunitaire est considérable face aux cryptosporidies. (Cotton et al. 2011; Certad et al. 2017).

En outre, il est supposé que la surproduction de prostaglandines pendant la réaction immunitaire déclenchée par *C. parvum* pourrait également jouer un rôle suspect dans le dysfonctionnement de la barrière intestinale. (Okhuysen et Chappell, 2002 ; Carey et al. 2004).

De plus, les cryptosporidies ont également la capacité de moduler l'expression génomique de leurs hôtes. Cependant, l'apoptose est complètement inhibée au stade trophozoïte et n'est active qu'aux stades sporozoïte et mérozoïte. (Certad et al. 2017).

Le pouvoir lytique que possèdent certaines molécules parasitaires a été aussi incriminé dans la défiance cellulaire au cours du mécanisme pathologique de la cryptosporidiose par des phospholipases, des protéases et une hémolysine. (Geurden et al. 2010; Cotton et al. 2011; Certad et al. 2017). La présence d'autres agents pathogènes agissant en synergie avec *Cryptosporidium parvum* peut amplifier ou prolonger l'infection (O'Donoghue, 1995).

11. Signes cliniques

La symptomatologie de la cryptosporidiose varie d'une espèce à l'autre et même entre les individus d'une même espèce en fonction de la virulence de l'espèce parasitaire impliquée, ainsi que de certains facteurs spécifiques de l'hôte (De Graaf et al., 1999 ;Fayer et al., 2009; Bouzid et al. 2013;Caccio et Putigani, 2014) tels que le statut immunitaire(Esteban et al., 1998 ; Chalmers et Davies,2010;Caccio et Putignani,2014), l'âge et le site d'infection (Tzipori et Ward, 2002; Chalmers et Davies,2010), qui jouent un rôle significatif. De plus, la fréquence d'exposition de l'hôte au parasite semble également favoriser le développement de la maladie. (Bouzid et al. 2013).

Ces symptômes pouvant aller de formes aiguës à subaiguës, voire asymptomatiques. La manifestation la plus fréquente est la diarrhée. Dans les cas aigus, cette diarrhée peut être plus ou moins muqueuse et nauséabonde, accompagnée d'une forte excrétion d'oocystes, en particulier chez les jeunes sujets (De Graaf et al. 1999; Zhu et Abrahamsen, 2004; Raccurt, 2007;OMSA, 2008; Veronesi et al. 2009), chez qui la maladie peut évoluer vers la mort dans certaines conditions. (De Graaf et al. 1999; Enmark et al. 2003). Chez les adultes, l'infection est généralement asymptomatique. (Thompson et al. 2008).

A. Chez les veaux

Les veaux peuvent être contaminés juste après la naissance et peuvent commencer à excréter des oocystes à l'âge de 2 jours (Smith, 2007).la maladie prend la forme d'une gastro-entérite néonatale chez les jeunes ruminants ,avec une diarrhée d'aspect variable(diarrhée aqueuse puis mucoïde jaunâtre intermittente) Il existe une variabilité considérable dans la sévérité et la durée de la diarrhée cette dernière est associée à une excrétion élevée d'oocystes, de la dépression, de l'apathie, des douleurs abdominales et de l'anorexie entraînant une perte de poids et un retard de croissance.(Fayer et al., 1998 ;Thmpson et al., 2008). La diarrhée est à l'origine d'une déshydratation et une faiblesse (O'Donghue, 1995), apparait généralement 3à 5 jours après l'inoculation du parasite (De Graaf et al. 1999). Peuvent également présenter de la fièvre modérée et des signes de colique peuvent également se manifester. L'évolution se fait vers la guérison ou vers la mort, sans passage à la chronicité. Après l'infection, les veaux sont résistants à une réinfection (Smith, 2008).

Bien que la cryptosporidiose animale touche principalement les nouveau-nés (Chalmers et Casemore,2004) le développement du parasite chez l'adulte a été aussi rapporté, toutefois il ne s'accompagne pas de symptômes sévères, elle affecte la production et réduit l'état corporel

de l'animal, la maladie donc est sub-clinique, elle peut être asymptomatique (Robertson et al., 2014) où seul l'excrétion des oocystes infectants autour de la période périnatale peut la révéler (De Graaf et al., 1999; OMSA, 2008; Paraud et Prunet, 2012).

B. Chez les ovins

Les agneaux atteints de cryptosporidiose manifestent des signes tels qu'un état de faiblesse, une déshydratation et des douleurs abdominales. Ils présentent également une diarrhée ayant une consistance et une couleur similaires à celle de la mayonnaise. Cependant, chez les agneaux âgés de 4 à 20 jours, l'infection peut rester asymptomatique mais seront porteurs de *Cryptosporidium*. L'excrétion d'oocystes atteint son maximum entre 5 et 6 jours post l'inoculation, puis diminue rapidement entre 10 et 15 jours (De Graaf et al. 1999; Daignault et al., 2009).

Une étude a montré que la probabilité d'observer de la diarrhée était plus élevée chez des agneaux excréant des oocystes que chez ceux qui n'en excrétaient pas (Paraud et Chartier, 2012).

C. Chez les caprins

La manifestation de la cryptosporidiose chez les chèvres se caractérise par une diarrhée aiguë, liquide, de couleur blanche à jaunâtre, qui peut être intermittente ou continue, et dont l'intensité et la durée varient considérablement. Commençant à l'âge de 5 et 12 jours après l'infection et persistent pendant 7 à 16 jours. La déshydratation et les déséquilibres acido-basiques sont des conséquences directes de la diarrhée, et les chevreaux touchés peuvent également présenter une perte de poids, un état de faiblesse et une perte d'appétit. (Rocques, 2006 ; Chartier et Paraud, 2010).

La quantité d'oocystes excrétés est corrélée à la sévérité de la diarrhée chez le chevreau, mais ce n'est pas le cas chez l'agneau (Paraud et Chartier, 2012). En ce qui concerne les taux de morbidité chez les chevreaux, ils se situent en moyenne entre 50 et 70%, mais peuvent atteindre jusqu'à 100%. Les taux de mortalité sont généralement de l'ordre de 30 à 50%. Les animaux atteints peuvent soit guérir, soit succomber à l'infection, sans qu'il y ait de passage à une forme chronique de la maladie. (Rocques, 2006 ; Chartier et Paraud, 2010).

12. Lésions

A. Chez les petits ruminants

La morbidité peut atteindre 100% et la mortalité 50% (Paraud et al., 2011). Chez les chevreaux et les agneaux, la cryptosporidiose peut entraîner une diarrhée sévère, une anorexie et une perte de poids (Baroudi et al., 2018), la mort peut suite à une diarrhée sévère suivie d'une déshydratation et d'une cachexie (Akam et al., 2002). Elle provoque également chez les

agneaux une entérite avec un contenu intestinal jaunâtre, et pour les chevreaux ; elle entraîne une entérite avec un contenu intestinal abondant, jaune plus ou moins pâteux (Millemann et al., 2003).

Les cryptosporidies, plus précisément *C. parvum*, infectent la région distale de l'intestin grêle (iléon) chez les petits ruminants, ce qui entraîne une diarrhée de malabsorption (Millemann et al., 2003). En effet, les régions iléales sont les seules à présenter des lésions sévères associées à la présence des formes endogènes du parasite, contrairement aux autres segments de l'intestin tels que le jéjunum et le caecum. (Akam et al., 2002).

B. Chez les veaux

La *CryptosporidiumSpp* est un agent pathogène intracellulaire qui pénètre et affecte les entérocytes de surface ainsi que l'intestin grêle (Caffarena et al., 2021), elle provoque également une entérocolite sévère (Gamsjäger et al., 2023). Les veaux infectés par *C. parvum* ont révélé que la cryptosporidiose affecte principalement les parties du tractus digestif telles que le jéjunum et l'iléon (Paraud et Chartier, 2012).

L'infection est induite par une atrophie villositaire (Mohteshamuddin et al., 2020), Cette atrophie est résulté de la disparition des cellules entérocytaires des villosités intestinales et la rétraction subséquente des villosités (Foster et Smith ,2009), ce qui conduit à une diarrhée sévère du mollet (Mohteshamuddin et al., 2020). En réponse à la perte des cellules épithéliales, une hyperplasie des cryptes se produit afin de régénérer ces cellules. Dans les cas d'infections sévères, cela peut entraîner une perturbation de la barrière épithéliale, ce qui se traduit par une diarrhée mal absorptive (Foster et Smith ,2009).

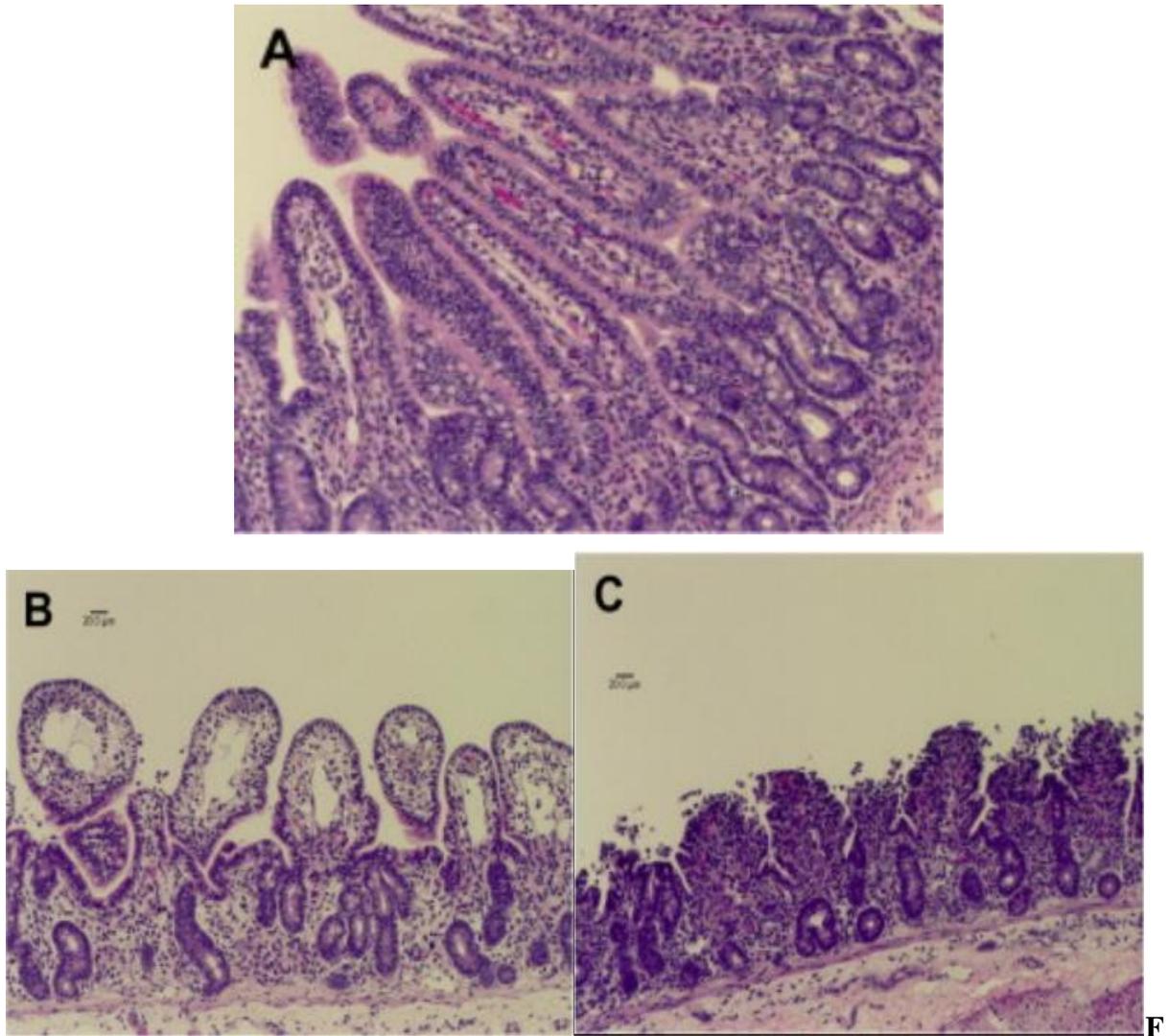


Figure 6: Muqueuse intestinale normale et infectée par *C parvum* d'un iléon de veau à un grossissement de 100×. (A) Muqueuse iléale normale du mollet (B) et (C) : Muqueuse iléale de veau infectée expérimentalement par *C parvum*. (Foster et Smith, 2009).

13. Diagnostique

a. Diagnostic épidémiologique et clinique

La cryptosporidiose se manifeste par une diarrhée aqueuse pouvant varier en gravité chez les animaux de 5 à 21 jours (Gerace, E et al. 2019), Les chevreaux sont plus souvent touchés que les agneaux, et les symptômes sont généralement plus sévères chez eux. Cette maladie apparaît dans le troupeau pendant la seconde moitié de la période de mise bas (Paraud, C. et al. 2012).

Un veau atteint de cryptosporidiose clinique présente une diarrhée jaunâtre et nauséabonde plus ou moins sévère avec parfois la présence de mucus ou de sang. Cette diarrhée peut s'accompagner d'une déshydratation, d'un abattement et d'une acidose (Constancis, C et al. 2019).

b. Diagnostic expérimental

Le diagnostic de la cryptosporidiose est avant tout microscopique, par la mise en évidence des oocystes dans les selles (Guyot et al. 2012).

a. Flottaison

Le principe de la flottation utilise un milieu liquide de suspension (solution de saccharose) qui est plus dense que les oocystes de *Cryptosporidium* à concentrer. Ainsi, lorsqu'ils sont mélangés au fluide de flottation, les oocystes remontent à la surface et peuvent être récupérés à partir de la pellicule en surface et détectés à l'aide d'un microscope à fort grossissement. Pour qu'un fluide de flottation soit utile dans le diagnostic, lorsque la morphologie et la morphométrie sont des facteurs critiques, le milieu de suspension doit non seulement être plus lourd que les oocystes à flotter, mais ne doit pas provoquer de rétrécissement suffisant pour rendre les oocystes non diagnostiquables. En général, ces méthodes conviennent à la concentration des oocystes de *Cryptosporidium*, car la solution à une densité spécifique plus élevée que les oocystes (Kerie, 2019).

b. Sédimentation

L'objectif de cette méthode est de concentrer les oocystes de *Cryptosporidium* dans l'échantillon tout en éliminant les débris au maximum. Pour augmenter la sensibilité de cette technique, il est possible d'ajouter certains produits. Par exemple, le formol peut être utilisé pour fixer et conserver le parasite, tandis que l'éther peut être ajouté pour éliminer les matières grasses. Cette approche vise à optimiser la détection du *Cryptosporidium* en laboratoire en rendant les oocystes plus visibles et en réduisant les interférences causées par les contaminants (Rieux, 2013).

c. La coloration de Ziehl-Neelsen

Est une méthode utilisée pour identifier les oocystes de *Cryptosporidium*. Les oocystes apparaissent comme des structures roses rondes à ovales d'environ 3 à 6 µm de diamètre, avec des structures internes visibles. Cette méthode est relativement peu coûteuse par rapport à d'autres techniques, mais elle nécessite une formation et une expérience approfondies pour interpréter les résultats. Cependant, il faut être prudent lors de l'interprétation des échantillons colorés avec cette méthode, car différentes structures peuvent être confondues avec des oocystes. Malgré cela, la coloration de Ziehl-Neelsen modifiée est largement utilisée en raison de son faible coût (Kerie, 2019).

d. Elisa

Pour détecter la présence d'antigènes de *cryptosporidium* à l'aide des kits commerciaux contiennent des anticorps monoclonaux spécifiques de *cryptosporidium* (Chartier.c, 2002). Ce test présente une spécificité élevée, ce qui signifie qu'il est précis pour détecter spécifiquement la présence de *Cryptosporidium*. Cependant, sa sensibilité est plus faible par rapport à l'observation microscopique, ce qui signifie qu'il peut avoir plus de difficulté à détecter de faibles concentrations d'oocystes de *Cryptosporidium* dans les échantillons (Jex et al., 2008).

Cette technique utilise des plaques de 96 puits qui renforcent son potentiel en tant qu'outil de dépistage à grande échelle dans des études épidémiologiques telles que les épidémies d'origine hydrique. De plus, il est largement utilisé et simple à réaliser, nécessitant un minimum de main-d'œuvre. Cependant, le coût élevé des kits d'immunoessai enzymatique utilisés pour l'ELISA les rend inaccessibles à de nombreux laboratoires, en particulier dans des pays en développement (Kerie, 2019).

e. Immunochromatographie

L'immunocapture (ou immunochromatographie) sur membrane. L'échantillon à tester est déposé à l'une des extrémités d'une membrane de nitrocellulose. Si l'antigène recherché est présent, il se lie avec des anticorps spécifiques marqués à l'or colloïdal. Sous l'effet d'un tampon de lyse–migration, les complexes antigènes– anticorps migrent par capillarité et sont arrêtés par des anticorps de capture fixés sur la membrane. Un résultat positif se traduit par l'apparition d'une ligne colorée (Chakour et al., 2003).

f. Immunofluorescent Assay (IFA)

Cette technique offre la combinaison la plus élevée de sensibilité et de spécificité pour estimer les oocystes de *Cryptosporidium* chez les animaux de ferme, et la détection et l'identification des oocystes de *Cryptosporidium* peuvent être réalisées à l'aide de la technique d'immunofluorescence avec des anticorps monoclonaux (IFAT), qui nécessite un équipement spécial (un microscope à fluorescence) et des trousse de test disponibles commercialement. Cependant, cette méthode présente des défis importants qui limitent son utilité, notamment sa durée de réalisation, la possibilité d'examiner seulement quelques échantillons par jour et la nécessité d'un personnel expert ou expérimenté pour interpréter les résultats, qui peut ne pas être disponible (Kerie.y, 2019).

g.Pcr

Réaction en chaîne par polymérase (PCR) : La PCR est sensible et a le potentiel d'un diagnostic précis chez les animaux de ferme qui présentent une diarrhée dont la cause est actuellement inconnue. Cela pourrait présenter un avantage considérable dans le traitement des animaux de ferme immunodéprimés, en permettant un diagnostic facile avant l'apparition des signes cliniques. La technique de PCR est rapide et précise, et les résultats obtenus sont également faciles à interpréter. De plus, le test PCR est capable de différencier directement les différents génotypes de *Cryptosporidium* provenant d'animaux de ferme sur la base du produit de PCR. Cependant, la technique de PCR ne peut pas être utilisée pour le diagnostic de routine des oocystes de *Cryptosporidium* en raison des défis suivants, notamment sa complexité technique et l'interférence des résultats par des inhibiteurs (comme la bilirubine, les sels biliaries et les polysaccharides complexes) qui réduisent sa sensibilité. Cependant, ces inhibiteurs peuvent être éliminés en purifiant les oocystes de *Cryptosporidium* à partir de l'échantillon de selles, ce qui implique une concentration en gradient de densité des échantillons de selles (Kerie, 2019).

14. Traitement

Au cours des deux dernières décennies, des progrès importants ont été réalisés dans la recherche de composés efficaces contre la cryptosporidiose, une maladie parasitaire. Bien que des composés prometteurs aient été découverts, la plupart d'entre eux sont encore au stade préclinique et nécessitent une optimisation supplémentaire. La recherche sur la cryptosporidiose est confrontée à des défis tels que l'obtention de matériel parasitaire de haute qualité, l'absence de cibles médicamenteuses conventionnelles et le manque d'outils d'édition génomique accessibles. De plus, la bande d'échanges dorsale du parasite crée une barrière pour les médicaments systémiques, et l'absorption des médicaments et leur élimination par la diarrhée posent également des défis. Malgré ces obstacles, des avancées sont réalisées grâce à l'exploration de nouvelles cibles et à l'amélioration des techniques de criblage et d'évaluation de l'efficacité des médicaments (Zhu et al., 2021).

Actuellement, il existe peu de produits approuvés au Royaume-Uni pour traiter ou prévenir la cryptosporidiose chez les animaux d'élevage ou les humains. Ces produits sont souvent inefficaces et, dans la plupart des cas, ils se contentent de réduire la durée d'excrétion du parasite sans avoir un impact significatif sur les patients immunodéprimés (Thomson et al., 2017).

A. Lactate halufoginone

Est sur le marché depuis plus de deux décennies et peut être utilisé à titre prophylactique. Sa substance active est le lactate d'halofuginone (HL), qui est commercialisé sous le nom de Halocur en Europe (EMEA/V/C/000040), entre autres. Les indications de son utilisation sont la prévention de la diarrhée suite à un diagnostic de *C. parvum* dans des exploitations ayant déjà connu des cas de cryptosporidiose, ainsi que la réduction de la diarrhée causée par *C. parvum* (Dorbek, 2023).

B. Décoquinate

Le décoquinate est un médicament utilisé pour lutter contre la coccidiose chez les animaux, notamment les ruminants. Lorsqu'il est utilisé préventivement avant l'apparition des symptômes de la cryptosporidiose chez les veaux, il a une efficacité limitée voire nulle. Cependant, chez les nouveau-nés, il réduit significativement l'excrétion des parasites et atténue la gravité de la cryptosporidiose, bien qu'il ne permette pas une éradication complète de l'infection (Rybicki, 2020 ; Khan et al. 2023).

C. Le lasalocide

Est un antibiotique ionophore et un coccidiostatique utilisé chez les ruminants pour prévenir la coccidiose et traiter les infections à *Cryptosporidium* chez les veaux. Des rapports anecdotiques ont montré son efficacité à court terme (3 à 4 jours) à des doses de 6 à 15 mg/kg/jour pour traiter la cryptosporidiose sévère chez les veaux. Cependant, l'utilisation prolongée ou à des doses supérieures a entraîné des effets secondaires graves et une mortalité, les études récentes ont indiqué qu'une dose plus faible de 3 mg/kg/jour pouvait être efficace pour prévenir la cryptosporidiose chez les veaux, mais seulement pendant une période d'administration limitée à 7 jours (Murakoshi et al. 2014).

D. Nitazoxanide

Le seul traitement homologué disponible chez l'homme, dans la cryptosporidiose animale est controversée. Certains rapports ont montré une réduction significative de la durée de l'excrétion des oocystes et de la gravité clinique chez les veaux infectés expérimentalement, tandis que d'autres études n'ont observé aucun effet prophylactique ou thérapeutique. Dans certains cas, le nitazoxanide a entraîné une toxicité médicamenteuse grave et n'a pas été aussi efficace que d'autres médicaments. Son efficacité semble limitée dans les stades ultérieurs de la maladie (Khan et al. 2023).

E. La paromomycine

Est un antibiotique utilisé pour traiter les infections digestives à *E. coli* chez les veaux. Bien qu'elle ne dispose pas d'une autorisation spécifique pour la cryptosporidiose, elle est utilisée hors AMM pour cette maladie, bien qu'en France, son utilisation soit contestée en raison

de préoccupations liées à l'antibiorésistance. Selon l'AMM britannique, la posologie recommandée est de 50 mg/kg/jour par voie orale pendant 7 jours, avec un temps d'attente de 62 jours avant la consommation de viande. La paromomycine agit en perturbant la synthèse des protéines du parasite, mais son utilisation prolongée ou à fortes doses peut causer des lésions digestives. Des études ont montré qu'elle réduit les diarrhées chez les veaux, avec des taux de 23 à 32 % chez les veaux traités contre 53 à 73 % chez les non traités. Son utilisation en France pour la cryptosporidiose relève de la responsabilité du vétérinaire via la cascade thérapeutique (Toukmidine, 2021).

F. Autres traitements

L'immunothérapie passive utilisant du colostrum bovin ou du concentré de sérum bovin contenant des anticorps spécifiques contre *Cryptosporidium* n'a offert qu'une protection partielle contre la cryptosporidiose, réduisant la durée de la diarrhée et de l'excrétion d'oocystes chez les veaux infectés. Les adsorbants intestinaux oraux tels que le charbon actif et la clinoptilolite ont montré une certaine efficacité prophylactique et thérapeutique contre *Cryptosporidium* en piégeant les parasites et en prévenant leur invasion des cellules hôtes.

Les polysaccharides tels que les cyclodextrines et le chitosane ont également montré des effets préventifs et curatifs partiels contre la cryptosporidiose, probablement en formant un film protecteur sur la surface intestinale. Les produits naturels d'origine végétale tels que les extraits phytogéniques et les huiles essentielles ont donné des résultats peu convaincants dans le traitement de la cryptosporidiose animale. Enfin, l'utilisation de probiotiques a montré un certain potentiel prophylactique, bien que les mécanismes exacts de protection ne soient pas encore connus (Khan et al. 2023).

15. Prophylaxie

Pour prévenir efficacement la transmission du *Cryptosporidium* entre les animaux, il est indispensable de mettre en place des stratégies de gestion adéquates. Celles-ci permettront de lutter de manière efficace contre ce parasite (Santin, 2020). La mise en place d'une gestion du troupeau est comme suite : Assurer l'administration des quantités suffisantes de colostrum de bonne qualité au cours des premières heures de leur vie (Toukmidine, 2021) pour les nouveau-nés, ainsi la vérification de la qualité de l'alimentation (Paraud et Chartier, 2012).

Il est recommandé de séparer les animaux en fonction de leur âge et éviter le surpeuplement dans le troupeau. De plus, il est essentiel d'isoler les animaux malades des animaux sains. Par conséquent, il est nécessaire d'effectuer un nettoyage quotidien du matériel utilisé (Paraud et Chartier, 2012) et désinfecter les locaux avec des désinfectants à base de

pyroxyde d'hydrogène (Thompson et al. 2017) parce qu'il montre une activité anticryptosporidienne (Shahiduzzamana et Dauschiesb, 2012).

Garder un environnement propre et sec (Paraud et Chartier, 2012) et empêcher l'accès des animaux sauvages à la ferme ou aux pâturages (Shahiduzzamana et Dauschiesb, 2012). Contrôler la transmission de la Cryptosporidiose entre les espèces de bétail (Cacciò et Widmer, 2013).

Les oocystes, étant résistants à l'environnement (Paraud et Chartier, 2012), nécessitant un nettoyage en profondeur à l'eau chaude suivie d'un séchage car les oocystes sont sensibles à des températures extrêmes (jusqu'à -20°C et jusqu'à 60°C) et à la dessiccation (Thompson et al., 2017). Grâce à une gestion hygiénique, la concentration d'oocystes dans le lisier et les eaux de ruissellement des étables à veaux est nettement réduite, ce qui diminue le risque de contamination des eaux de surface par des oocystes de *Cryptosporidium*, ce qui revêt une importance particulière dans la prévention des infections zoonotiques (Shahiduzzamana et Dauschiesb, 2012).

Donc, l'élimination des problèmes liés à l'environnement, à la nutrition et/ou aux maladies courantes semble être un élément essentiel de la lutte contre la cryptosporidiose (Shahiduzzamana et Dauschiesb, 2012). En effet, la recherche d'un traitement ou d'une prévention efficace en utilisant des produits naturels dans les élevages permettra de limiter les pertes économiques en élevages de ruminants et atténuer la contamination de l'environnement (Adjou, 2019). Enfin, aucun vaccin n'est actuellement disponible pour prévenir la maladie (Thompson et al., 2017) et l'utilisation des antibiotiques comme mesure prophylactique ou métaphylactique est discutable (Meganck et al., 2014).

Conclusion

Notre recherche bibliographique sur la cryptosporidiose chez les ruminants a permis d'obtenir une compréhension approfondie de cette maladie parasitaire et de ses implications pour les bovins, les moutons et les chèvres. Voici les principales conclusions tirées de cette recherche.

La cryptosporidiose est une maladie courante chez les ruminants, avec une prévalence variable selon les régions géographiques et les conditions d'élevage. Les facteurs de risque comprennent la présence d'animaux infectés, la contamination de l'environnement et les pratiques de gestion des troupeaux.

La cryptosporidiose peut entraîner des pertes économiques importantes en raison de la morbidité et de la mortalité chez les jeunes animaux. De plus, elle peut avoir un impact sur la sécurité alimentaire, car le parasite peut être transmis à l'homme par le biais de l'eau ou de produits d'origine animale contaminés.

Les ruminants infectés par *Cryptosporidium* présentent souvent des symptômes tels que la diarrhée, la déshydratation, la perte de poids et une diminution de la croissance. L'invasion de la muqueuse intestinale par les oocystes de *Cryptosporidium* entraîne des lésions et une altération de la fonction intestinale.

Le diagnostic de la cryptosporidiose chez les ruminants repose sur l'examen microscopique des échantillons de selles pour détecter la présence des oocystes. Cependant, des techniques moléculaires, telles que la PCR, sont de plus en plus utilisées pour une identification précise de l'espèce de *Cryptosporidium*.

Il n'existe pas de traitement spécifique largement approuvé pour la cryptosporidiose chez les ruminants. Les mesures de soutien, telles que la réhydratation et la gestion nutritionnelle, sont essentielles. La prévention de la maladie repose sur l'amélioration des pratiques d'hygiène, la gestion adéquate des effluents animaux et la mise en place de programmes de vaccination.

De ce propos, notre recherche bibliographique souligne l'importance de la cryptosporidiose chez les ruminants en termes de santé animale, de bien-être, d'impact économique et de sécurité alimentaire. Pour contrôler efficacement cette maladie, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de prévention intégrées, basées sur une meilleure compréhension de l'épidémiologie, de la pathogenèse et des options de diagnostic. Des efforts supplémentaires de recherche sont nécessaires pour développer des stratégies de lutte plus efficaces et ciblées contre la cryptosporidiose chez les ruminants

Références

- A.Akam ; R.Kaidi ; D.Khelef ; N.Tourekt ; S.Abdulhussein Maria ; A.Bouhadeif ; V.Cozman ; 2002 ; Cryptosporidiose intestinale des agneaux par des oocystes de *C. parvum* d'origine bovine ;ScientiaParasitologica ; pages : 22-27.
- A.Zahedi ; U.Ryan ; 2020 ; Cryptosporidium - An update with an emphasis on foodborne and waterborne transmission , vol 132 ; pages 500-512; DOI: 10.1016/j.rvsc.2020.08.002
- Anouk Burgaud; 2010. PHATOLOGIES DIGESTIVE DU LAPIN EN ELEVAGE RATIONNEL .thèse de doctorat vétérinaire. ENV-alfort p 30-31
- Appelbee A.J., Thompson R.C.A., Olson M.E., (2005): Giardia and Cryptosporidium in mammalian wild life-current status & future needs, Trends in Parasit., 21 (8),370-376.
- Baillargeon, Julie. Étude sur la contamination du colostrum bovin par des ookystes de *Cryptosporidium parvum*. 2005.12p.
- Barta, J. R., Thompson, R. C. A., 2006, What is Cryptosporidium? Reappraising its biology and phylogenetic affinities. Trends in Parasitology 22, 463-468.
- Benamrouz-Vanneste, S., Sawant, M., Benamrouz, S., Chabé, M., Guyot, K., Costa, D., & Certad, G. (2020). La cryptosporidiose et son impact en santé publique
- Benhassine Soumaya ; 2019 ; Thèse «Epidémiologie et potentiel zoonotique des protozoaires parasites, Giardia et Cryptosporidium, chez les animaux d'élevage dans la steppe algérienne : Cas de Laghouat et régions limitrophes » ; pages : 6,28-30.
- Bones, A. J., Jossé, L., More, C., Miller, C. N., Michaelis, M., & Tsaousis, A. D. (2019). Tendances passées et futures de la recherche in vitro sur *Cryptosporidium*. Parasitologie expérimentale, 196, 28-37. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2018.12.001>
- Bonnin, G. Dautin, F. Dalle, D. Champliaud Cryptosporidiose : risque sanitaire individuel et collectif La Lettre de l'Infectiologue - Tome XVI - n° 10 - décembre 2001 page 310
- Bouzid M., Hunter P.R., Chalmers R.M., Tyler M., 2013 - Cryptosporidium pathogenicity and virulence. Clin. Microbiol. Rev., 21 (1), pp: 115-134.
- Brainard, J., Hooper, L., McFarlane, S., Hammer, C. C., Hunter, P. R., & Tyler, K. (2020). Systematic review of modifiable risk factors shows little evidential support for most current practices in *Cryptosporidium* management in bovine calves. Parasitology research, 119, 3571-3584.
- C. Paraud, I. Pors , J.P. Journal , P. Besnier , L. Reisdorffer , C. Chartier ; 2011 ; Contrôle de la cryptosporidiose chez les chevreaux néonataux : Efficacité d'un produit contenant

du charbon actif et du vinaigre de bois liquide dans des conditions de terrain ;
doi:10.1016/j.vetpar.2011.03.022 .

- C.Paraud ; C.Chartier ; 2012 ; Cryptosporidiosis in small ruminants, volume 103 ; pages : 93-97. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.10.023
- Caccio S.M., Putignani L., 2014 - Epidemiology of humans cryptosporidiosis (43-79). In Caccio S.M., Widmer G., Cryptosporidium : Parasite and disease. Springer-Verlag wein, New York, 553 p.
- Cai, Y., Zhang, N. Z., Gong, Q. L., Zhao, Q., & Zhang, X. X. (2019). Prévalence de Cryptosporidium chez les bovins laitiers en Chine entre 2008 et 2018 : revue systématique et méta-analyse. Pathogénèse microbienne, 132, 193-200.
- Carey C.M., Lee H., Trevors J.T., 2004 - Biology, persistence and detection of Cryptosporidium parvum and Cryptosporidium hominis oocyst. Water Res., 38, pp: 818– 862.
- Castro-Hermida J, González-Losada Y, Mezo M, Ares-Mazás E (2002). Etude de la cryptosporidiose dans une cohorte de veaux nouveau-nés. Vétérinaire Parasitol 106: 11-17
- Certad G., Viscogliosi E., Chabé M., Cacciò S.M. 2017 - Pathogenic Mechanisms of Cryptosporidium and Giardia. Trends in Parasitol., 33(7), pp: 561-576
- Chakour, M., Koeck, J. L., Maslin, J., Nicand, E., Chadli, M., Nizou, J. Y., & Buisson, Y. (2003). Diagnostic biologique rapide en contexte épidémique: état des lieux, perspectives. Médecine et maladies infectieuses, 33(8), 396-412.
- Chalmers R.M., Casemore D.P., 2004 - Epidemiology and strain variation of Cryptosporidium (27-42). In Sterling C.R., Adam R.D., World class parasites : Volume 8, the pathogenic enteric protozoa : Giardia, Entamoeba, Cryptosporidium and Cyclospora. Klumer Academic Publishers, USA , 169 p.
- Chalmers R.M., Davies A.P., 2010 - Minireview: Clinical cryptosporidiosis, Exp.Parasitol., 124, pp: 138-146.
- Chartier, C. (2003). Cryptosporidiose des ruminants. In Lefèvre, Blancou, Chermette, et Coordinateurs, Principales maladies Infectieuses Et parasitaires Du bétail/Maladies bactériennes Mycoses Et parasitaires (Tome 2). Edition tec et doc/Édition médicales internationales. France. 1559-1568. p1761
- 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. Veterinary Research, 33(2), 169-177.

- Christophe Chartier (2001) ENTÉRITES NÉONATALES DES RUMINANTS
Epidémiologie de la cryptosporidiose N°212.
- Constancis, C., Chartier, C., & Ravinet, N. (2019). Quels sont les risques de cryptosporidiose chez les veaux laitiers élevés sous nourrices
- Cotton J.A., Beatty J.K., Buret A.G., 2011 - Host parasite interactions and pathophysiology in Giardia infections. *Int. J. Parasitol.*, 41, pp: 925-933.
- D.Baroudi, A.Hakem, H.Adamu, S.Amer, D. Khelef, K. Adjou, H.Dahmani, X.Chen, D.Roellig, Y. Feng; L. Xiao ; 2018 ; Zoonotic Cryptosporidium species and subtypes in lambs and goat kids in Algeria ; <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3172-2> .
- D.M.Foster ; G.W.Smith ; 2009 ; Pathophysiology of diarrhea in calves . Pages : 13-36
doi:10.1016/j.cvfa.2008.10.013 .
- Daignault, Annie, Bourassa, Richard, et Moreau, Jean. La diarrhée chez l'agneau: un sujet à «éviter». In : *Symposium ovin 2009*. 2009. 5p.
- De Graaf D.C., Vanopdenbosch E., Ortega-Mora L.M., AbbassiH.,Peeters J.E. 1999-A review of the importance of cryptosporidiosis in farmanimals, *Int. J.Parasitol.*, 29, pp: 1269-1287.
- Dessì, G., Tamponi, C., Varcasia, A., Sanna, G., Pipia, A. P., Carta, S., Salis, F., Díaz, P., & Scala, A. (2020). Infections à *Cryptosporidium* dans les élevages ovins d'Italie. *Recherche en parasitologie*, 119(12), 4211–4218.
<https://doi.org/10.1007/s00436-020-06947-2>
- Dorbek-Kolin, E. (2023). Prévalence de *Cryptosporidium*spp., relation avec la réponse inflammatoire générale, microbiote fécal et traitement au lactate d'halofuginone chez les veaux.
- Dubey, J., Fayer, R. & Speer, C. 1990. *Cryptosporidiosis of man and animals*, crc Press Boston.
- 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.
- Esteban J.G., Aguirre C., Flores A., Strauss W., Angeles R. Mas-Coma S., 1998 - High *Cryptosporidium* prevalences in healthy Aymara children from the northern bolivian altiplano. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 58(1), pp: 50-55.
- Faubert GM, Litvinsky Y. Natural transmission of *Cryptosporidium parvum* between dams and calves on a dairyfarm. *J.Parasitol.* 2000; 36(3):495-500.

- Favennec, L., Magne D., Chochillon C., Gargala G. , Gobert J.G., 2006 - Infections intestinales humaines à *Giardia duodenalis*. EMC Maladies infectieuses, 8-515-A-10, pp:1-14
- Fayer R, Gasbarre L, Pasquali P, Canals A, Almeria S, Zarlenga D., 1998 *Cryptosporidium parvum* infection in bovine neonates: dynamic clinical, parasitic and immunologic patterns. *Int.J.Parasitol.* (1):49-56.
- Fayer R, Speer CA, Dubey JP. Fayer R, Speer CA, Dubey JP, editors. *Cryptosporidiosis of man and animals*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1990; 1, General Biology of *Cryptosporidium*.p. 1-29.
- Fayer R., 2003 -*Cryptosporidium*: From molecules to diseases. In Thompson. R.C. A., Armson, A., Ryan, U.M. *Cryptosporidium: from molecules to disease*, Elsevier Science, 422 p.
- Fayer R., 2008 -General biology of *Cryptosporidium* (1-42). In Fayer R. and Xiao L., *Cryptosporidiosis of Man and Animals*, CRCpress and IWA publishing, Boca Raton, 1075p
- Fayer R., Santin M., Trout J.M., 2009 - *Cryptosporidium* in cattle: From observing to understanding. In Ortega-Pierres M.G., Caccio S., Fayer R., Mank T. Smith H., Thompson R.C.A. *Giardia and Cryptosporidium from molecules to disease*. C.A.B. International, UK, 502 p.
- Fayer R., Ungar B.L., 1986-*Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. *Microbiol. Rev.*, 50, pp:548-483.
- Fayer, R. (2004). *Cryptosporidium* : parasite zoonotique d'origine hydrique. *Parasitologie vétérinaire*, 126(1-2), 37-56.
- Fayer, R., & Nerad, T. (1996). Effects of low temperatures on viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(4), 1431-1433.
- Fayer, R., Morgan, U., Upton, S.J., 2000. Epidemiology of *Cryptosporidium*: transmission, detection and identification. *Int J Parasitol* 30, 1305-1322.
- Fedda, Kihal .etude bibliographique sur la cryptosporidiose chez les ovins et les caprins .institut des sciences vétérinaires de Blida, 2016 ,2p.
- Feng, Y., Alderisio, KA, Yang, W., Blancero, LA, Kuhne, WG, Ndareski, CA, ... & Xiao, L. (2007). Génotypes de *Cryptosporidium* dans la faune d'un bassin versant de New York. *Microbiologie appliquée et environnementale*, 73 (20), 6475-6483.
- Franceschelli, A., Bonadonna, L., Cacciò, S. M., Sannella, A. R., Cintori, C., Gargiulo, R., Coccia, A. M., Paradiso, R., Iaconelli, M., Briancesco, R., & Tripodi, A. (2022). Une

épidémie de cryptosporidiose associée à l'eau potable dans le nord-est de l'Italie, août 2019: enquêtes microbiologiques et environnementales. Euro surveillance : bulletin European sur les maladies transmissibles = Bulletin européen des maladies transmissibles, 27(35), 2200038

- Gabriela Certad, 2008. La caractérisation génétique et phénotypique de *Cryptosporidium*. thèse de doctorat vétérinaire .université de droit et santé de lille 2, p-17
- Gerace, E., Presti, V. D. M. L., &Biondo, C. (2019). Infection à *Cryptosporidium*: épidémiologie, pathogenèse et diagnostic différentiel. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 9(4), 119-123.
- Guendouz Rima, Guergouche Khayra (2016). Etude bibliographique sur la Cryptosporidiose chez les jeunes ruminants. institut des sciences vétérinaires de Blida, p 1.
- Guerden T., Claerebout E., 2010 - The relevance of *Giardia* infections in veterinary medicine (201-222). In LaMannL G.V. *Veterinary Parasitology*. Nova Biomedical Press, USA, 323 p.
- Guyot, K., Sarfati, C., et Derouin, F. (2012). Actualités sur l'épidémiologie et le diagnostic de la cryptosporidiose. *feuillet de Biologie*, 304(9), 21-29.
- Harp J.A., Goff J.P. (1998). « Strategies for the control of *Cryptosporidium parvum* infection in calves». *Journal of Dairy Science*, 81 (1). 289-294.
- Hatam-Nahavandi K, Ahmadpour E, Carmena D, Spotin A, Bangoura B, Xiao L (2019) Infections à *Cryptosporidium* chez les ongulés terrestres avec un accent sur le bétail : une revue systématique et une méta-analyse. *Parasit Vectors* 12(1):453
- Hezla Mohammed Fawzi (2018). ETUDE BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA CRYPTOSPORIDIOSE CHEZ LES CHEVREUX .institut des sciences vétérinaires de Blida, p12.
- Hijjawi, N. S., Meloni, B. P., Ng'anzo, M., Ryan, U. M., Olson, M. E., Cox, P. T., Monis, P. T., Thompson, R. C. A., 2004, Complete development of *Cryptosporidium parvum* in host cell-free culture. *International Journal for Parasitology* 34, 769-777.
- J. A. Castro-Hermida, M. Gonzalez-Warleta, M. Mezo , 2007 ; Natural infection by *Cryptosporidium parvum* and *Giardia duodenalis* in sheep and goats in Galicia (NW Spain) ; doi:10.1016/j.smallrumres.2006.08.008 .
- J. Slapeta ; 2013 ; Cryptosporidiosis and *Cryptosporidium* species in animals and humans (pages: 957-970).

- J.P. Dubey, C.A. Speer, R. Fayer; 1990; Livre { Cryptosporidiosis of Man and Animals } page 3-4.
- J. Ye; L. Xiao; Y. Wang; L. Wang; S. Amer; D.M. Roellig; Y. Guo; Y. Feng; 2013; Periparturient transmission of *Cryptosporidium xiaoi* from ewes to lambs; <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.07.021>.
- JENKINS MB, EAGLESHAM BS, ANTHONY LC, KACHLANY SC, BOWMAN DD, GHIORSE WC (2010). Significance of Wall Structure, Macromolecular Composition, and Surface Polymers to the Survival and Transport of *Cryptosporidium parvum* Oocysts. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 1926-1934.
- Jex, A. R., Smith, H. V., Monis, P. T., Campbell, B. E. et Gasser, R. B. (2008). *Cryptosporidium* — progrès biotechnologiques dans la détection, le diagnostic et l'analyse de la variation génétique. *Biotechnology advances*, 26(4), 304-317.
- Jokar, M., Rabiee, M., Bokaie, S., Rahmanian, V., Dehesh, P., Hasannejad, H., ... & Keshipour, H. (2021). Prévalence de la cryptosporidiose chez les animaux en Iran: une revue systématique et une méta-analyse. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 14(3), 99-112.
- K. Hatam-Nahavandi; E. Ahmadpour; D. Carmena; A. Spotin; B. Bangoura; L. Xiao; 2019; *Cryptosporidium* infections in terrestrial ungulates with focus on livestock: a systematic review and meta-analysis; doi: 10.1186/s13071-019-3704-4.
- V. Meganck; G. Hoflack; G. Opsomer; 2014; Advances in prevention and therapy of neonatal dairy calf diarrhoea: a systematic review with emphasis on colostrum management and fluid therapy; <https://doi.org/10.1186/s13028-014-0075-x>
- Valigurová, A., Jirků, M., Koudela, B., Gelnar, M., Modrý, D., et Šlapeta, J. (2008). *Cryptosporidia*: Epicellular parasites embraced by the host cell membrane. *International Journal for Parasitology*, 38(8-9), 913-922
- Veronesi F., Passamonti F., Cassio S., Diaferia M., Fioretti D.P., 2009 - Epidemiological survey on equine *Cryptosporidium* and *Giardia* infections in Italy and molecular characterization of isolates, *Zoonoses Public Health*, 57, pp: 510-517.
- Villacorta I., Peeters J.E., Vanopdenbosch E., Ares-Mazas E., Theys H. (1991). « Efficacy of halofuginone lactate against *Cryptosporidium parvum* in calves ». *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 35 (2). 283-287.
- Wyatt Cr, Riggs Mw, Fayer R (2010). Cryptosporidiosis in neonatal calves. *Vet. Clin. Food Anim.*, 26, 89-103.

- Xiao L., Ryan U., 2015 -Cryptosporidium. In Xiao L., Ryan U., Feng Y., Biology of foodborne parasites. CRC press, Boca Raton, 406 p.
- Xiao, L., Morgan, U.M., Fayer, R., Thompson, R.C., Lal, A.A. .- Cryptosporidium systematics and implications for public health.-Parasitology Today, 2000, 16, 7, 287-92.
- Y.Chen, J.Huang, H.Qin , L.Wang , J.Li , L.Zhang ., 2023; Cryptosporidium parvum and gp60 genotype prevalence in dairy calves worldwide : a systematic review and meta-analysis.
- Y.Guo ; N.Li ; U.Ryan ; Y.Feng ; L.Xiao ; 2021 ; Small ruminants and zoonotic cryptosporidiosis ; doi: 10.1007/s00436-021-07116-9.
- Y.Millemann ; K.Adjou ;R.Maillard ;B.Polack ; C.Chartier ; 2003 ; Pathologies des petits ruminants : Les diarrhées néonatales des agneaux et des chevreaux ; Le Point Vétérinaire N°233.
- Yang, W., Chen, P., Villegas, EN, Landy, RB, Kanetsky, C., Cama, V., ... & Xiao, L. (2008). Suivi des sources de Cryptosporidium dans le bassin versant de la rivière Potomac. Microbiologie appliquée et environnementale, 74 (21), 6495-6504.
- Ye, Xiao L, Wang Y, Wang L, Amer S, Roellig DM, Guo Y, Feng Y (2013) Transmission périnatale de Cryptosporidium xiaoi des brebis aux agneaux. Vétérinaire Parasitol. 197(3-4):627–633 Zhang X, Jian Y, Li X, Ma L,
- Zhu G., Abrahamsen M.S., 2004 - Cryptosporidium parvum genomics: impact and research control (153-163). In Sterling C.R., Adam R.D., World class parasites: Volume 8, the pathogenic enteric protozoa: Giardia, Entamoeba, Cryptosporidium and Cyclospora. Klumer Academic Publishers, USA, 169 p.
- Zhu, G., Yin, J. et Cuny, G. D. (2021). Situation actuelle et défis de la découverte de médicaments contre la cryptosporidiose zoonotique d'importance mondiale. Maladies animales, 1(1), 1-10.