

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 091

PREVALENCE DE LA PIROPLASMOSE DANS UNE CLIENTELE EQUINE DE LA REGION AUVERGNE- RHONE-ALPES

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 15 novembre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

RANDRIAMAMPITA Martin

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 091

PREVALENCE DE LA PIROPLASMOSE DANS UNE CLIENTELE EQUINE DE LA REGION AUVERGNE- RHONE- ALPES

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 15 novembre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

RANDRIAMAMPITA Martin

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (14-09-2022)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Dr	BECKER	Claire	Maître de conférences
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Dr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Pr	DELIQUETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (14-09-2022)

Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur
Dr	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	REMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGENTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Pr	VIGUIER	Eric	Professeur
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements

À Monsieur le Professeur François-Noël GILLY

De la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse

Toute ma gratitude et mes hommages respectueux

À Madame le Professeur Agnès LEBLOND,

De VetAgro Sup – Campus Vétérinaire de Lyon

Qui m'a fait l'honneur d'accepter l'encadrement de ce travail

Pour sa grande disponibilité et sa patience

Ma profonde reconnaissance

À Madame le Docteur Magalie RENÉ-MARTELLET

De VetAgro Sup – Campus Vétérinaire de Lyon

Qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury de thèse et pour sa disponibilité

Mes sincères remerciements

Table des matières

Table des annexes.....	13
Table des figures.....	15
Table des tableaux.....	17
Liste des abréviations.....	18
Introduction	19
Première partie : Etat de l'art sur les piroplasmoses équine	21
I. Etiologie.....	21
A. Les piroplasmes équine : Babesia Caballi et Theileria equi	21
1. Taxonomie	21
2. Description morphologique.....	21
3. Cycle évolutif	22
a) Pour le genre Babesia.....	23
b) Pour le genre Theileria	24
4. Diversité génétique.....	25
a) Génotypage du génome de T. equi	25
b) Génotypage de B. caballi	26
5. Une nouvelle espèce impliquée dans la piroplasmose équine : <i>T. haneyi</i>	27
a) Découverte du parasite	27
b) Caractéristiques	27
c) Mise en place d'un test diagnostic	28
d) Réponse aux traitements	28
B. Les tiques : vecteurs de la piroplasmose.....	30
1. Taxonomie	30
2. Morphologie	30
3. Cycle évolutif	31
4. Pouvoir vecteur.....	31
5. Espèces concernées en France	32
C. Les autres modes de transmission.....	33
1. La transmission iatrogène.....	33
2. La transmission transplacentaire.....	33
II. Epidémiologie	34
A. Distribution mondiale.....	34
B. Etat des lieux en Europe	35
C. Facteurs de risque	37
1. Facteurs de risque intrinsèques	37
a) L'espèce	37
b) L'âge.....	37
c) Le sexe	37
d) L'activité.....	38

2.	Facteurs de risque extrinsèques.....	38
a)	Les facteurs environnementaux.....	38
b)	Les facteurs anthropiques.....	38
D.	Impact sur les échanges internationaux.....	39
1.	Mouvements d'équidés et piroplasmose : un impact économique.....	39
a)	Le marché de la viande chevaline en France : état des lieux.....	39
b)	Piroplasmose et échanges.....	39
2.	Gestion d'évènements sportifs : exemple de la gestion de la piroplasmose lors des Jeux Equestres Mondiaux (JEM) de Lexington, USA en 2010.....	40
III.	Etude clinique.....	42
A.	Pathogénie.....	42
1.	Infestation parasitaire et incubation.....	42
2.	Pathologie et mécanismes réactionnels.....	42
3.	Mise en place d'une immunité.....	43
B.	Tableau clinique.....	44
1.	Forme suraiguë.....	44
2.	Forme aiguë.....	45
3.	Forme subaiguë.....	45
4.	Forme chronique.....	45
5.	Portage asymptomatique.....	45
C.	Signes paracliniques.....	46
1.	Modifications de la Numération Formule Sanguine.....	46
2.	Modifications des paramètres biochimiques.....	46
3.	Lésions retrouvées lors de l'examen post-mortem.....	47
D.	Diagnostic différentiel.....	47
1.	L'Anémie Infectieuse Équine (AIE).....	47
2.	La Maladie de Lyme ou Borréliose.....	48
3.	La fièvre de West-Nile.....	48
4.	L'Anaplasmose granulocytaire ou Ehrlichiose.....	49
5.	La leptospirose.....	49
IV.	Méthodes diagnostiques.....	50
A.	Mise en évidence indirecte des parasites :.....	50
a)	Le test de fixation au complément (CFT).....	50
b)	La sérologie IFAT : Indirect Fluorescent Antibody Test.....	50
c)	La sérologie cELISA :.....	51
B.	Méthodes directes.....	52
1.	Observation directe du parasite au microscope :.....	52
2.	Mise en évidence de l'ADN des parasites.....	52
a)	La PCR : Polymerase Chain Reaction.....	52
b)	La méthode LAMP :.....	53
C.	Choix du test diagnostique :.....	53

V.	Traitement	54
A.	L'imidocarbe dipropionate : un traitement de choix	54
1.	Pharmacologie	54
2.	Utilisation en médecine équine.....	55
3.	Prévention des effets indésirables	56
B.	Alternatives thérapeutiques	56
1.	Molécules anciennement utilisées :	56
a)	L'amicarbalide	56
b)	Le diminazine aceturate	57
2.	L'oxytétracycline.....	57
C.	Traitement de soutien	57
VI.	Méthodes de lutte	58
A.	Gestion en région non-endémique	58
B.	Gestion en région endémique :	59
C.	Mise en place d'un vaccin :	59
Seconde partie : Etude prospective de la prévalence de la piroplasmose sur des cas reçus à la Clinéquine entre novembre 2020 et juillet 2021		
		61
I.	Objectifs de l'étude	61
A.	Contextualisation : le projet « Pirogotick »	61
B.	Etude de l'infestation par la piroplasmose chez des chevaux reçus à la Clinéquine	62
II.	Matériel et méthode	62
A.	Inclusion des cas	62
B.	Prélèvements et analyses sanguines	62
C.	Recueil des données	63
1.	Données du formulaire	63
2.	Données récoltées sur <i>Clovis</i>	63
D.	Analyses	64
1.	Le signalement de l'animal	64
a)	Le sexe	64
b)	L'âge.....	64
c)	La race.....	64
d)	Le mode de vie.....	64
2.	Le motif de consultation	65
3.	Les données paracliniques.....	65
4.	Les complications au cours de l'hospitalisation	65
E.	Analyse des données :	66
III.	Résultats	67
A.	Distribution des cas reçus à la Clinéquine	67
B.	Prévalence de la piroplasmose au sein de l'étude	68

C.	Signalement du cheval.....	68
1.	Description de l'échantillon.....	68
2.	Résultats de prévalence.....	69
a)	Le sexe.....	69
b)	L'âge.....	70
c)	La race.....	71
d)	La saison.....	73
3.	Résultats sur les facteurs de risque.....	74
4.	Le lieu de vie.....	75
a)	Pour T .equi.....	75
b)	Pour B. caballi.....	76
D.	Le motif de consultation.....	76
E.	Les données paracliniques.....	78
1.	La lignée rouge.....	78
2.	La lignée blanche.....	79
3.	Paramètres biochimiques.....	81
F.	Complications au cours de l'hospitalisation.....	82
1.	L'hyperthermie.....	82
2.	Les phlébites.....	83
3.	Les entérocolites.....	84
4.	Les infections au site opératoire.....	85
IV.	Discussion.....	86
A.	Biais et limites de cette étude.....	86
1.	Biais de sélection.....	86
2.	Biais de recueil des données.....	87
3.	Biais lors de l'analyse statistique.....	87
B.	Résultats de l'étude.....	87
1.	Prévalence.....	87
2.	Facteurs de risque à l'infestation.....	88
a)	Facteurs de risque intrinsèques.....	88
b)	Facteurs de risque extrinsèques.....	89
3.	Motif de consultation.....	89
4.	Données paracliniques.....	90
5.	Complications au cours de l'hospitalisation.....	91
C.	Perspectives.....	91
1.	Effectif et systématisation des examens complémentaires.....	91
2.	Recherche du parasite <i>T. haneyi</i>	91
3.	Chevaux traités suite au test.....	92
	Conclusion.....	93
	Bibliographie.....	95
	Annexes.....	101

Table des annexes

<u>Annexe 1</u> : Lettre de consentement éclairé	101
<u>Annexe 2</u> : Lettre d'information au propriétaire	102
<u>Annexe 3</u> : Questionnaire réservé au propriétaire concernant les informations de son équidé	102

Table des figures

<u>Figure 1</u> : Erythrocytes de cheval contenant des mérozoïtes de <i>Babesia caballi</i> , après coloration MGG, observés à l'immersion (x100), d'après Wise et al. 2013.....	22
<u>Figure 2</u> : Erythrocytes de cheval contenant des mérozoïtes de <i>Theileria</i> , après coloration MGG, observés à l'immersion (x100), d'après Wise et al. 2013	22
<u>Figure 3</u> : Cycle évolutif de <i>Babesia caballi</i> , illustration de Massaro Ueti. (Wise, 2013)	23
<u>Figure 4</u> : Cycle évolutif de <i>Theileria equi</i> , illustration de Massaro Ueti. (Wise, 2013).....	24
<u>Figure 5</u> : Arbre phylogénétique représentant la diversité génotypique de l'ARNr 18S de <i>T. equi</i> (d'après Tirosh-Levy et al. 2019)	25
<u>Figure 6</u> : Mérozoïtes intra-erythrocytaires de <i>T. equi</i> (A-D) et <i>T. haneyi</i> (E-H), d'après Knowles et al.2018.....	28
<u>Figure 7</u> : Vue dorsale générale d'une tique femelle (d'après Taylor et al. 2016).....	30
<u>Figure 8</u> : Vue dorsale du scutum d'une femelle (a) et d'un mâle (b) de l'espèce <i>Dermacentor Reticulatus</i> (d'après Taylor et al 2016.).....	30
<u>Figure 9</u> : Prévalence mondiale de <i>B. caballi</i> , d'après Tirosh-Levy et al. 2020	34
<u>Figure 10</u> : Prévalence mondiale de <i>T. equi</i> et distribution des genotypes des ARNr 18S, d'après Tirosh-Levy et al. 2020	35
<u>Figure 11</u> : Distribution de <i>T. equi</i> et <i>B. caballi</i> en Europe, d'après des épreuves moléculaires (A et C, respectivement) ou sérologiques (B et D, respectivement), tiré de Nadal et al. 2021.....	36
<u>Figure 12</u> : Présentation schématique de la pathophysiologie des piroplasmose sur l'organisme, d'après Oniyiche et al. 2019.....	42
<u>Figure 13</u> : Liste des tests diagnostiques reconnus par l'OIE pour la piroplasmose équine et les critères de choix desdits tests	54
<u>Figure 14</u> : Schéma décisionnel pour le choix d'un test statistique en fonction du type de variables étudié	66
<u>Figure 15</u> : Distribution des cas reçus à la Clinéquine et testés pour les parasites <i>B. caballi</i> et <i>T. equi</i>	67
<u>Figure 17</u> : Prévalence de la piroplasmose en fonction de l'espèce	68
<u>Figure 16</u> : Prévalence de la piroplasmose.....	68
<u>Figure 18</u> : Prévalence de <i>T. equi</i> en fonction du sexe	69
<u>Figure 19</u> : Prévalence de <i>B. caballi</i> en fonction du sexe	70
<u>Figure 20</u> : Prévalence de <i>T. equi</i> en fonction de l'âge	70
<u>Figure 21</u> : Prévalence de <i>B. caballi</i> en fonction de l'âge.....	71
<u>Figure 22</u> : Prévalence de <i>T. equi</i> en fonction de la race	72
<u>Figure 23</u> : Prévalence de <i>B. caballi</i> en fonction de la race.....	72
<u>Figure 24</u> : Prévalence de <i>T. equi</i> en fonction de la saison.....	73
<u>Figure 25</u> : Prévalence de <i>B. caballi</i> en fonction de la saison	74
<u>Figure 26</u> : Prévalence de <i>T. equi</i> en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles	77
<u>Figure 27</u> : Prévalence de <i>B. caballi</i> en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles	77
<u>Figure 28</u> : Taux d'hématocrite selon le statut vis-à-vis de <i>B. caballi</i>	78
<u>Figure 29</u> : Taux d'hématocrite selon le statut vis-à-vis de <i>T. equi</i>	78
<u>Figure 30</u> : Taux d'hémoglobine selon le statut vis-à-vis de <i>T. equi</i>	79

<u>Figure 31</u> : Taux de leucocytes selon le statut vis-à-vis de T. equi	79
<u>Figure 32</u> : Taux de polynucléaires neutrophiles selon le statut vis-à-vis de T. equi.....	80
<u>Figure 33</u> : Taux de bilirubine sérique selon le statut vis-à-vis de T. equi	81
<u>Figure 34</u> : Taux de GGT sériques selon le statut vis-à-vis de T. equi	81
<u>Figure 35</u> : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	82
<u>Figure 36</u> : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	82
<u>Figure 37</u> : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	83
<u>Figure 38</u> : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi.....	83
<u>Figure 39</u> : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	84
<u>Figure 40</u> : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	84
<u>Figure 41</u> : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi.....	85
<u>Figure 42</u> :Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	85

Table des tableaux

<u>Tableau 1</u> : Classification taxonomique des parasites responsables de piroplasmoses équine	21
<u>Tableau 2</u> : Classification taxonomique des tiques potentiellement vectrices de piroplasmose équine	30
<u>Tableau 3</u> : Prévalence à la piroplasmose équine en fonction de l'espèce	68
<u>Tableau 4</u> : Prévalence de T. equi en fonction du sexe	69
<u>Tableau 5</u> : Prévalence de B. caballi en fonction du sexe	69
<u>Tableau 6</u> : Prévalence de T. equi en fonction de l'âge	70
<u>Tableau 7</u> : Prévalence de B. caballi en fonction de l'âge	71
<u>Tableau 8</u> : Prévalence de T. equi en fonction de la race	71
<u>Tableau 9</u> : Prévalence de B. caballi en fonction de la race	72
<u>Tableau 10</u> : Prévalence de T. equi en fonction de la saison	73
<u>Tableau 11</u> : Prévalence de B. caballi en fonction de la saison	73
<u>Tableau 12</u> : Prévalence de T. equi en fonction du mode et lieu de vie de l'équidé	75
<u>Tableau 13</u> : Prévalence de B. caballi en fonction du mode et lieu de vie de l'équidé	76
<u>Tableau 14</u> : Prévalence de T. equi en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles	76
<u>Tableau 15</u> : Prévalence de B. caballi en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles	77
<u>Tableau 16</u> : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	82
<u>Tableau 17</u> : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	82
<u>Tableau 18</u> : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	83
<u>Tableau 19</u> : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	83
<u>Tableau 20</u> : Taux d'équidés ayant eu une entérocologie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	84
<u>Tableau 21</u> : Taux d'équidés ayant eu une entérocologie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	84
<u>Tableau 22</u> : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à T. equi	85
<u>Tableau 23</u> : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à B. caballi	85

Liste des abréviations

- **ADN** : Acide DésoxyriboNucléique
- **AIE** : Anémie Infectieuse Équine
- **AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché
- **ARN** : Acide RiboNucléique
- **ASAT** : ASpartate Amino-Transférase
- **CFT** : Complement Fixation Test
- **CIVD** : Coagulation Intra-Vasculaire Disséminée
- **DDCSPP** : Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations
- **DL₅₀** : Dose Léthale médiane
- **ELISA** : Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay
- **EMA** : Equine Merozoite Antigen
- **FAO** : Food and Agricultural Organization
- **FEI** : Fédération Équestre Internationale
- **GGT** : Gamma-GlutamylTranspeptidase
- **IC₉₅** : Indice de Confiance à 95%
- **IFAT** : Indirect Fluorescent Antibody Technique
- **IFCE** : Institut Français du Cheval et de l'Équitation
- **INRAE** : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement
- **ISO** : Infection au niveau du Site d'Opération
- **JEM** : Jeux Équestres Mondiaux
- **LCR** : Liquide Céphalo-Rachidien
- **MAT** : Micro-Agglutination Test
- **MGG** : May-Grünwald Giemsa
- **NFS** : Numération Formule Sanguine
- **OC** : Origine Constatée
- **OIE** : Organisation Internationale de Epizooties
- **ONC** : Origine Non Constatée
- **PAL** : Phosphatase ALcaline
- **PBMC** : Peripheral Blood Mononuclear Cell
- **PCR** : Polymerase Chain Reaction
- **RAP** : Rhoptry Associated Protein
- **RESPE** : Réseau d'Épidémiologie-Surveillance en Pathologie Équine
- **SFET** : Société Française des Équidés de Travail
- **USDA** : United States Department of Agriculture
- **WEG** : World Equestrian Games

Introduction

La piroplasmose équine, maladie parasitaire causée par des protozoaires, est découverte et connue depuis le début du XXe siècle. Initialement, les protozoaires connus pour transmettre cette maladie étaient *Theileria equi* et *Babesia Caballi*. Un dernier parasite, *Theileria haneyi*, serait également un agent infectieux de cette maladie.

Son épidémiologie est plutôt complexe du fait d'une multitude de facteurs dont l'implication d'un autre animal, la tique, mais aussi des facteurs intrinsèques et extrinsèques à l'animal. De ce fait, la mise en place de prévisions de risque pour cette maladie reste compliquée et le choix de stratégie quant à la conduite à tenir face à cette maladie est affecté.

Aussi, la détection de l'infection n'est pas toujours simple : d'autres maladies rassemblées dans le syndrome *Piro-like* et possédant des manifestations cliniques proches de celles de la piroplasmose équine existent. Ainsi, il n'est pas rare de tester simultanément les différents agents responsables de ces maladies de gravité variable. En revanche, les tests diagnostiques proposés aujourd'hui sont de plus en plus performants et possèdent une très bonne sensibilité et spécificité. Les traitements proposés aujourd'hui par les praticiens possèdent une efficacité variable.

La distribution mondiale de l'infection est assez inégale. Certains pays en sont indemnes tandis que d'autres sont totalement endémiques : différentes stratégies de gestion de la maladie seront exposées en fonction du statut endémique ou non du pays.

Une synthèse bibliographique sera proposée dans une première partie afin de faire un état des lieux sur la maladie et de comprendre la complexité du contrôle de cette dernière en France.

Dans une seconde partie, une étude de prévalence de cette maladie sera proposée. Cette analyse concerne des équidés de la région Auvergne-Rhône-Alpes, présentés en consultation à VetagroSup Lyon – *Clinéquine*. Après un état des lieux sur la maladie en France, sa prévalence et sa distribution, les facteurs de risque et les conséquences de cette maladie sur l'équidé, notre étude vise à recueillir et analyser des données cliniques et paracliniques sur des chevaux reçus en consultation, afin de suivre l'hospitalisation et d'identifier les complications qu'elle peut entraîner.

Enfin, cette étude a été permise grâce à l'existence du projet *PiroGoTick*, dirigé par Laurence Malandrin, chargée de recherche *INRAE*, et aux personnes impliquées dans ce projet.

Première partie : Etat de l'art sur les piroplasmoses équine

I. Etiologie

A. Les piroplasmes équine : *Babesia Caballi* et *Theileria equi*

1. Taxonomie

Les piroplasmes font partie du royaume des Protozoaires : ce sont des organismes unicellulaires eucaryotes. En médecine vétérinaire, leur existence n'est pas négligeable du fait de la présence de nombreux parasites dans ce royaume ; nous pouvons notamment citer les genres *Leishmania*, *Giardia*, *Eimeria*, *Sarcocystis*, *Toxoplasma* etc., parasites bien connus en médecine vétérinaire. La classification phylogénique des parasites est présentée ci-dessous. Les genres *Babesia* et *Theileria* contiennent plus d'une dizaine d'espèces d'importance vétérinaire chacun. Ces espèces sont plutôt spécifiques d'hôtes. Les espèces qui touchent principalement les équidés sont *Babesia caballi* et *Theileria equi* même si d'autres espèces peuvent être retrouvées.

Tableau 1 : Classification taxonomique des parasites responsables de piroplasmoses équine

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre
Apicomplexés	Aconoidasidés	Piroplasmorida	Babesiidé	<i>Babesia</i>
			Theileriidé	<i>Theileria</i>

2. Description morphologique

Les piroplasmes sont observables en cas d'infestation chez un cheval après avoir réalisé un frottis sanguin, préférentiellement sur sang périphérique, et utilisé une coloration de type MGG (May-Grünwald Giemsa).

Pour *B. caballi*, les mérozoïtes, forme la plus fréquente dans les hématies, sont en forme de poire. Ils sont le plus souvent retrouvés par paire et ils mesurent entre 2 et 5 micromètres de diamètre. Les formes ronds ou ovales sont également possibles (Taylor et al. 2016).

Pour *T. equi*, les mérozoïtes présents dans les érythrocytes sont relativement petits : ils mesurent de 2 à 3 micromètres de diamètre. Leur forme est plutôt variable : ils peuvent être ronds, amiboïdes ou piriforme. La forme en croix de Malte, présentée en figure 2, est spécifique du genre *Theileria* (Taylor et al. 2016).

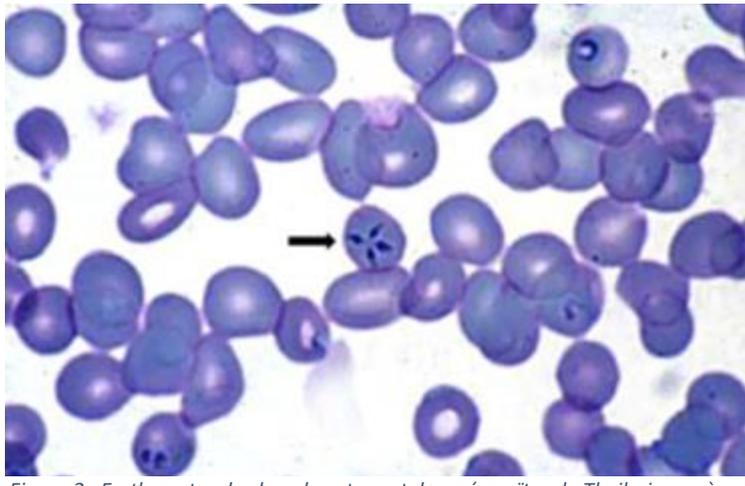


Figure 2 : Erythrocytes de cheval contenant des mérozoïtes de *Theileria*, après coloration MGG, observés à l'immersion (x100), d'après Wise et al. 2013

L'érythrocyte fléché contient des parasites en « croix de Malte », formation spécifique de *T. equi*

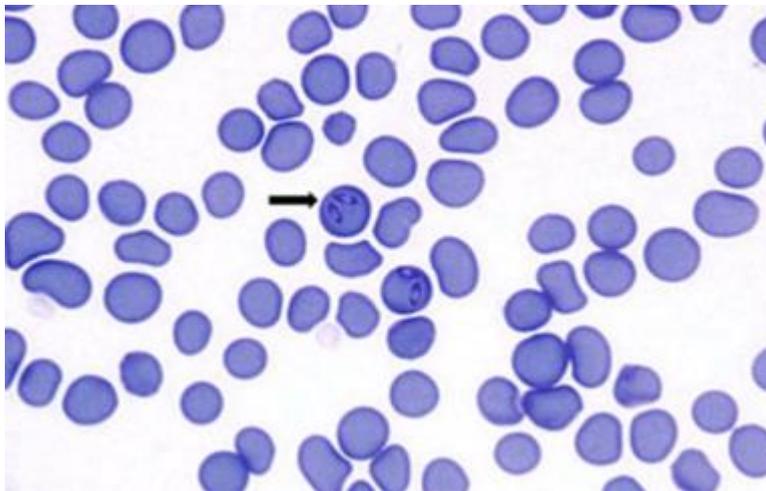


Figure 1 : Erythrocytes de cheval contenant des mérozoïtes de *Babesia caballi*, après coloration MGG, observés à l'immersion (x100), d'après Wise et al. 2013

3. Cycle évolutif

Les piroplasmes existent sous trois formes pendant leur cycle :

- Sporozoïte : stade asexué lors de la transmission
- Mérozoïte : stade asexué dans le sang
- Gamétocyte : stade sexué dans le sang

La tique, en plus d'être le vecteur biologique des piroplasmes, est considérée comme son hôte définitif chez *B. caballi*. En effet, c'est à l'intérieur de la tique que les piroplasmes se trouvent à leur stade sexuel. En revanche, pour *T. equi*, l'équidé est considéré comme l'hôte définitif.

a) Pour le genre *Babesia*

Lors du repas sanguin de la tique, les Babésies sont transmises sous la forme de sporozoïtes *via* la salive. La multiplication se fait à l'intérieur des érythrocytes. Il existe différentes formes de division : fission binaire, endodyogénie, endopolyogénie ou mérogonie. La succession de phases de mérogonie affaiblit l'érythrocyte jusqu'à ce que celui-ci rupture. Les mérozoïtes envahissent d'autres globules rouges. Dans les cas de formes chroniques (plutôt rares chez les Babésies), les parasites sont séquestrés dans les capillaires de certains organes comme la rate ou le foie, et sont relâchés périodiquement dans la circulation sanguine. Lorsque la tique ingère les mérozoïtes, celles-ci deviennent vermiformes et rejoignent les ovaires dans lesquels elles envahissent les œufs. Dans ces œufs, elles se divisent afin de former des petits organismes ronds. Quand la larve de la tique se transforme en nymphe, les parasites rejoignent les glandes salivaires de la tique, s'y multiplient. Elles redeviennent vermiformes, quittent les cellules des glandes salivaires pour rester dans la lumière de la glande et sont injectées lors d'un repas sanguin de la tique (Wise 2013).

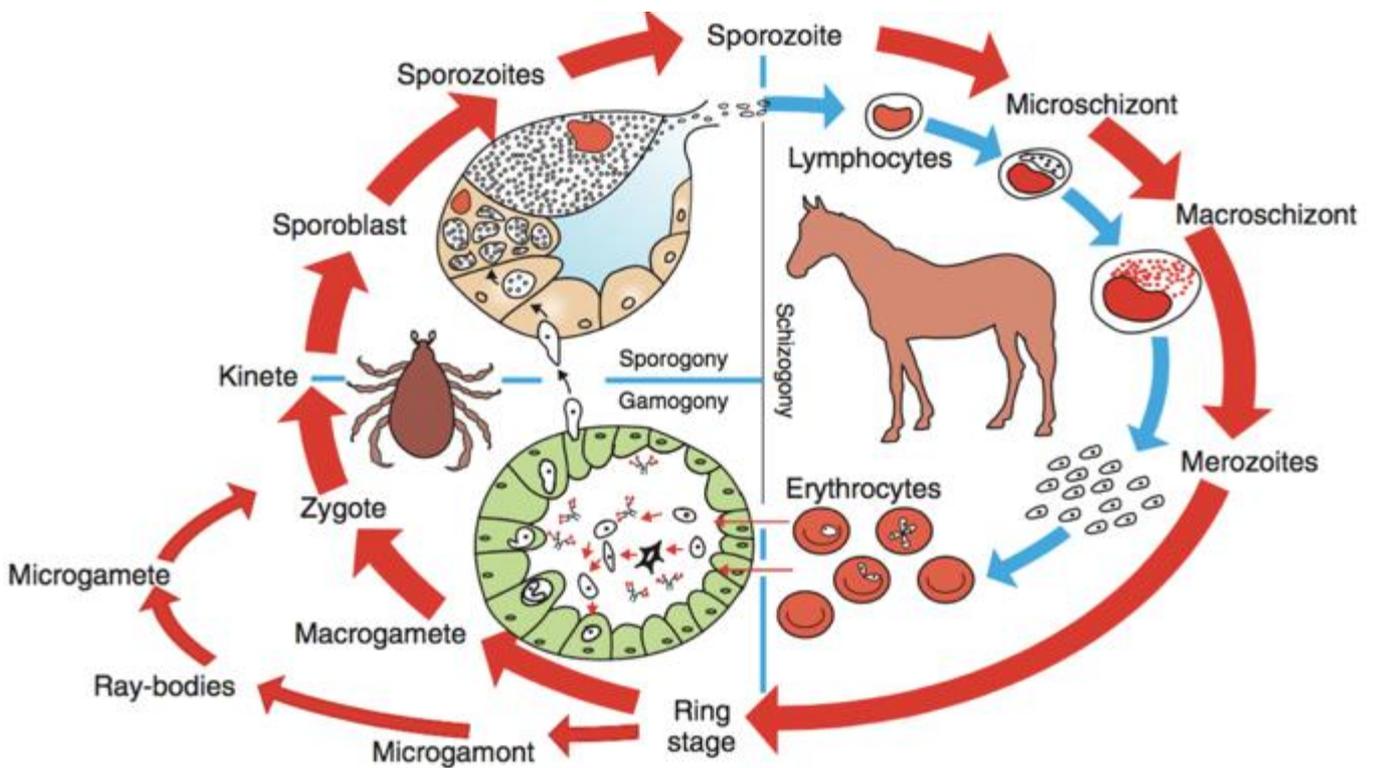


Figure 3 : Cycle évolutif de *Babesia caballi*, illustration de Massaro Ueti. (Wise, 2013)

b) Pour le genre *Theileria*

Les piroplasmes du genre *Theileria* sont ingérées sous forme de mérozoïtes par la tique : ils se développent en macrogamètes et microgamètes afin de donner un zygote. Ces zygotes se développent dans l'hémolymphe de la tique afin de donner des kinètes. Ces derniers vont rejoindre les glandes salivaires dans lesquelles des fissions vont se réaliser afin de donner des sporoblastes puis des sporozoïtes. Ces derniers sont transmis à l'équidé lors d'un repas sanguin. Contrairement au genre *Babesia* où la mérogonie se déroule dans les érythrocytes, pour le genre *Theileria*, elle se déroule au sein des lymphocytes, des histiocytes, des érythroblastes ou encore d'autres cellules d'organes internes (*Peripheral Blood Mononuclear Cells* ou PBMCs). Les leucocytes portant les schizontes sont appelés *Corps plasmatique* (ou *bleu*) de Koch. Les mérozoïtes ainsi créés sont libérés au bout de 9 jours environ (Wise et al. 2013) et envahissent les érythrocytes. Des cycles intra-érythrocytaires de division donnent d'autres mérozoïtes. La tique va ensuite absorber les mérozoïtes lors d'un repas sanguin. La gamétogonie a ensuite lieu au sein de l'intestin de la tique. Les gamètes se mélangent pour donner le zygote. La sporogonie a lieu entre 6 et 24 jours, selon l'espèce de tique, (Wise et al. 2013) à l'intérieur des glandes salivaires (Wise 2013).

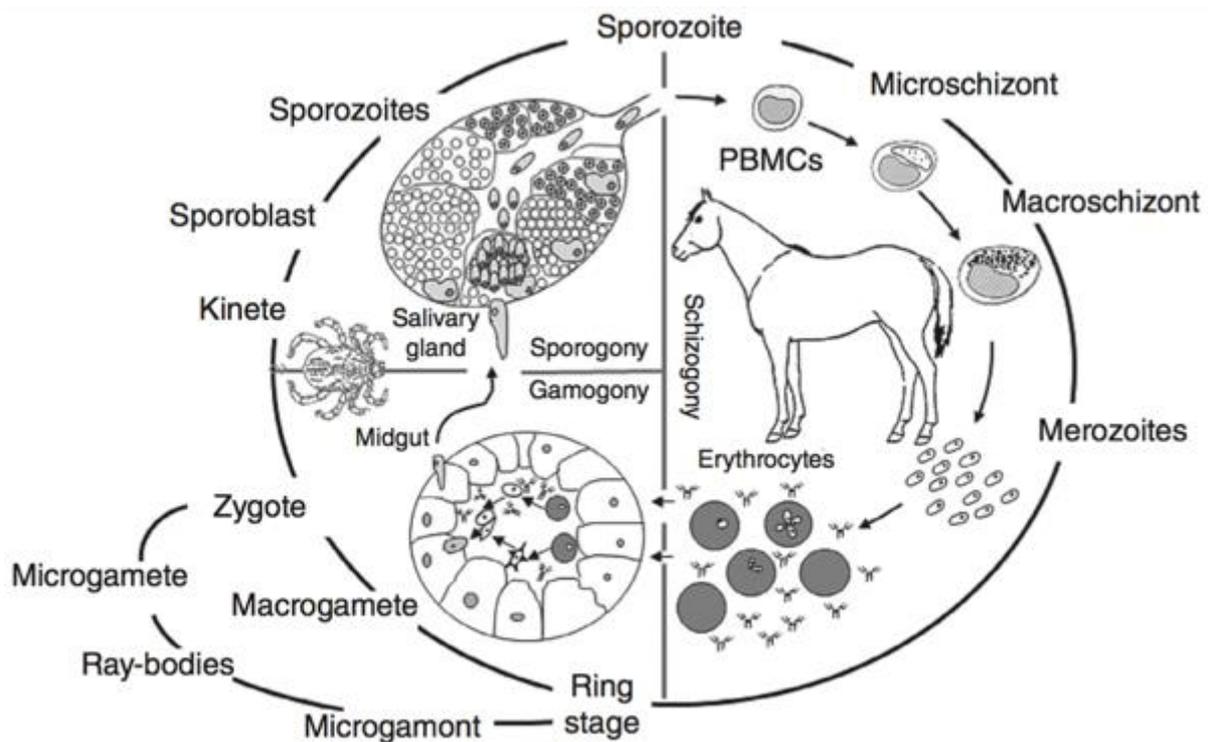


Figure 4 : Cycle évolutif de *Theileria equi*, illustration de Massaro Ueti. (Wise, 2013)

4. Diversité génétique

Alors que, lors de leur découverte au début du XXe siècle, les parasites responsables de piroplasmose équine étaient considérés comme appartenant au genre *Babesia*, cette classification a bien évolué. En effet, du fait d'étapes du cycle évolutif impliquant des lymphocytes, le parasite *B. equi* a alors été classé parmi le genre *Theileria*, devenant ainsi *T. equi*.

Aussi, avec le développement de la recherche génomique et phylogénétique, le génome des parasites *B. caballi* et *T. equi* ont été entièrement séquencé. Les résultats présentés ci-dessous sont tirés des recherches menées par Tirosh-Levy et al. 2020.

a) Génotypage du génome de *T. equi*

Lors des recherches réalisées sur le génome de *T. equi*, les chercheurs se sont intéressés aux gènes codant l'ARNr 18S, la β -tubuline, les antigènes de surface EMA-1 et EMA-2 et les protéines mitochondriales.

(1) Diversité génotypique de l'ARNr 18S

Le séquençage de près de 360 parasites réalisé dans 106 études au cours des vingt dernières années a été analysé par Tirosh-Levy et al. 2020. Ainsi, il ressort de cette étude que *T. equi* est une espèce hétérogène qui peut être divisée en 5 clades, représentés ci-dessous.

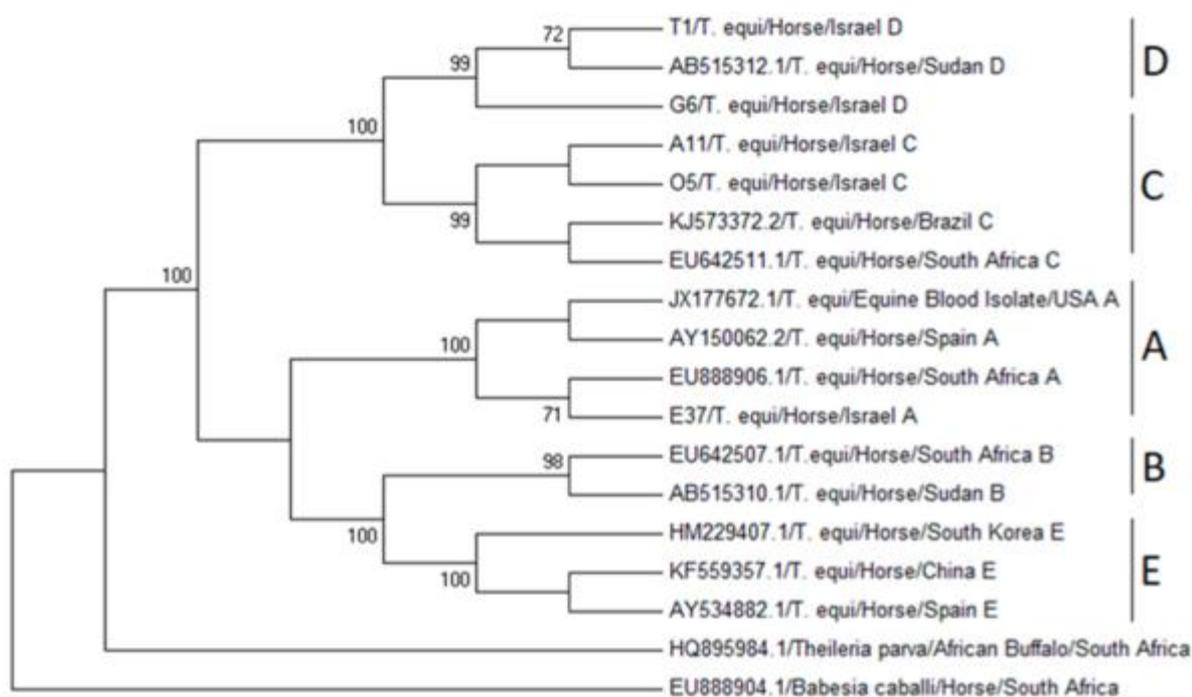


Figure 5 : Arbre phylogénétique représentant la diversité génotypique de l'ARNr 18S de *T. equi* (d'après Tirosh-Levy et al. 2019)

Le clade A semble être le plus fréquent et le plus répandu spatialement. Certaines études révèlent que ce serait aussi le clade le plus virulent. Le clade C est également fréquemment retrouvé dans les études. Les chevaux peuvent être co-infectés par des parasites de différents clades.

(2) Diversité génotypique des antigènes de surface

Les gènes *ema-1* et *ema-2* codant respectivement les antigènes de surface EMA-1 et EMA-2 ont été séquencés. Du fait de la bonne conservation de ces gènes qui ont gardé une bonne homogénéité, ces séquences sont moins informatives sur l'évolution de *T. equi*. Cette homogénéité est intéressante car elle se retrouve donc chez les protéines de surface, utilisées comme cibles lors des sérologies. De ce génotypage ressortent 4 et 3 clades pour les gènes *ema-1* et *ema-2* respectivement.

b) Génotypage de *B. caballi*

Lors des recherches réalisées sur le génome de *B. caballi*, les chercheurs se sont intéressés aux gènes codant l'ARNr 18S, la β -tubuline, la protéine de la rhoptrie RAP-1 et les protéines mitochondriales.

Sur 56 échantillons provenant d'équidés infectés ou de tiques, 3 clades ressortent pour le gène codant l'ARNr 18S : A, B1 et B2. Le clade A semble être majoritaire.

Sur 112 échantillons prélevés sur des équidés infectés, 3 clades ressortent pour le gène codant la protéine RAP-1 : A1, A2 et B. Ce dernier est largement majoritaire et pourrait être divisé en deux clades différents ; ceci serait à confirmer avec un nombre plus important d'échantillons.

5. Une nouvelle espèce impliquée dans la piroplasmose équine : *T. haneyi*

En 2018, dans le cadre de recherches sur *T. equi* à la frontière entre les États-Unis et le Mexique, un nouveau parasite différent de ce dernier a été découvert : *Theileria haneyi*. Bien que similaire à *T. equi*, *T. haneyi* présente des différences qui viennent modifier les pratiques actuelles et souligner les adaptations que nous devons développer afin de gérer ce nouveau parasite.

a) Découverte du parasite

La dichotomie entre *T. haneyi* et *T. equi* a été faite suite à l'analyse de séquences d'ARNr 18S, qui montrait des disparités suffisantes pour envisager deux espèces différentes. Ainsi, la présence de l'épitope EMA-1 et de la séquence qui le code sont inexistantes chez *T. haneyi*, expliquant la difficulté de diagnostiquer cette espèce avec les tests habituels s'appuyant justement sur la détection de cette séquence. Chacune des deux espèces possède 9 séquences codant des EMA mais seules 6 sont communes entre les deux espèces (Wise et al. 2019). Aussi, le dernier ancêtre commun entre *T. equi* et *T. haneyi* semble avoir vécu il y a approximativement entre 33 et 51 millions d'années (Knowles et al. 2018).

Une récente étude menée en Égypte par Elsayy et al. 2021 a montré la présence du parasite sur le continent africain, à des prévalences bien supérieures à *T. equi* : 53.1% des chevaux et 38.1% des ânes seraient porteurs du parasite contre 20.3% des chevaux et 13.1% des ânes pour *T. equi*. Des cas ont également été découverts en Amérique du Sud laissant présager une distribution mondiale de ce parasite.

b) Caractéristiques

T. haneyi semble partager des traits physiques proches de ceux de *T. equi*. Bien que plus petits, *T. haneyi* peut se retrouver en forme de croix de Malte. Les vecteurs de ce parasite n'ont pas encore été déterminés. (Knowles et al. 2018)

Bien que *T. haneyi* partage des traits dans la pathogénie de la piroplasmose des équidés semblables à *T. equi* comme la répllication intra-érythrocytaire des mérozoïtes puis la lyse des globules rouges, les facteurs de virulence ne sont pas encore complètement connus. De même, les signes cliniques semblent être communs entre les deux parasites, même si moindres avec *T. haneyi* que *T. equi*. En effet, des chevaux naïfs à *T. haneyi* ont été infectés expérimentalement et n'ont montré qu'une faible augmentation de leur température corporelle, une anémie légère comparable à celles retrouvées chez les chevaux porteurs de *T. equi* mais dont la résolution était plus rapide et une neutropénie moins marquée que chez les chevaux porteurs de *T. equi*. La parasitémie semble être moins élevée également. Enfin, un cheval qui avait préalablement été splénectomisé a survécu près de 36 mois après sa première infestation (Sears et al. 2019). Ce fait est très peu retrouvé lors d'infestation à *T. equi* chez des chevaux splénectomisés (Wise et al. 2014).

La mise en place d'une réponse immunitaire humorale semble être plus longue chez *T. haneyi* : les anticorps n'ont été retrouvés que 27 jours post-infection contre 12 jours pour *T. equi*.

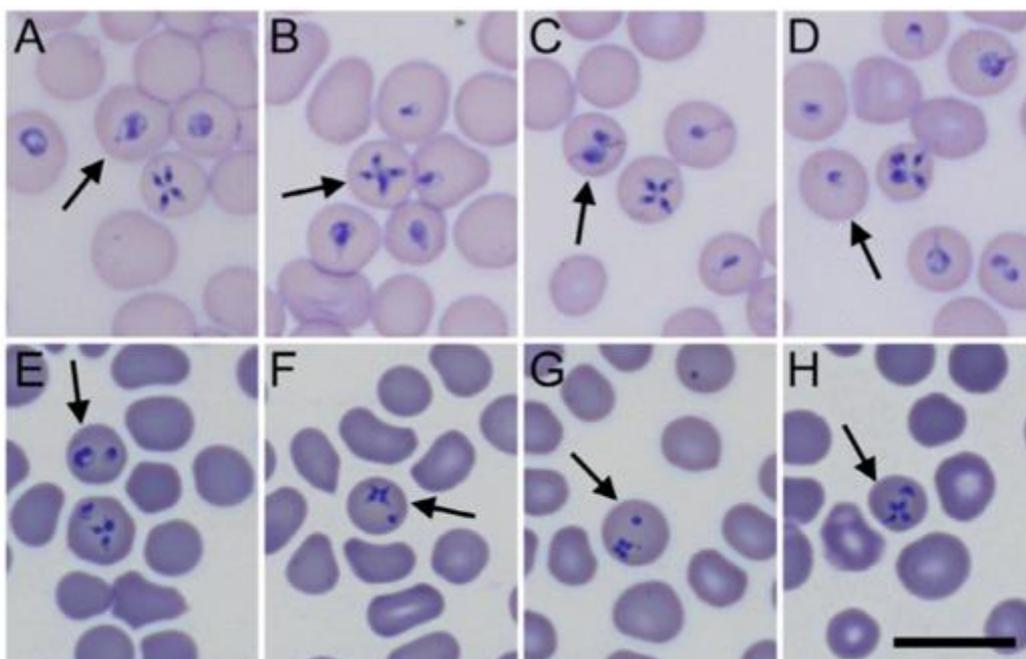


Figure 6 : Mérozoïtes intra-érythrocytaires de *T. equi* (A-D) et *T. haneyi* (E-H), d'après Knowles et al.2018

c) Mise en place d'un test diagnostic

Comme nous l'avons vu ci-dessus, *T. equi* et *T. haneyi* partagent un certain nombre de séquences codant les EMA. Tandis que les séquences vont de 1 à 9 pour *T. equi*, les séquences 1, 3 et 4 sont manquantes pour *T. haneyi*. En revanche, ce dernier possède des séquences nommées 11, 12 et 13. Aussi, du fait du caractère discriminant de la protéine EMA11 présente uniquement chez *T. haneyi*, un test ELISA a été mis en place par Bastos et al. 2021.

d) Réponse aux traitements

Dans une étude menée par Sears et al. 2020 sur 11 chevaux inoculés avec *T. haneyi* et *T. equi*, la réponse au traitement avec de l'imidocarbe dipropionate, principale molécule utilisée dans le traitement de la piroplasmose, a été évaluée.

Ainsi, 4 traitements ont été administrés à la dose de 4mg/kg à 72 heures d'intervalle. Aucun des onze chevaux, après contrôle par nPCR pour *T. haneyi*, n'a montré de chimiostérilisation. Un second traitement de 4 doses n'a pas permis non plus de chimiostérilisation.

En outre, les chevaux co-infectés par *T. haneyi* et *T. equi* ont montré un défaut de chimiostérilisation malgré les deux phases de traitement, après contrôle par nPCR et cELISA pour *T. equi*.

Ceci est inquiétant du fait que la pharmacopée disponible pour traiter la piroplasmose équine est assez limitée. De plus, des cas de chevaux co-infectés par *T. haneyi* et *T. equi* ont été découverts à l'état naturel. La co-infection par ces deux parasites est donc possible, même lorsqu'elle n'est pas faite de manière iatrogénique.

Enfin, du fait de la découverte récente de *T. haneyi* et du fait que les test diagnostiques ne sont pas encore sur le marché, les pays ne testent pas encore les équidés pour ce parasite lors des échanges. Il est nécessaire d'améliorer nos connaissances sur l'épidémiologie et la répartition géographique de ce parasite pour envisager la mise en œuvre de mesures de contrôle complémentaires.

B. Les tiques : vecteurs de la piroplasmose

1. Taxonomie

Les tiques sont connues pour transmettre la piroplasmose. Ce sont toujours des tiques de la famille des Ixodidés, dites « tiques dures », qui sont responsables de la transmission. Cette famille est opposée à celle des Argasidés, dites « tiques molles ». Pas moins de 33 espèces de tiques appartenant à 6 genres différents ont été décrites comme espèce vecteur (Onyiche et al. 2019).

Tableau 2 : Classification taxonomique des tiques potentiellement vectrices de piroplasmose équine

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre
Arthropodes	Arachnides	Ixodida	Ixodidé	Ixodes
				Boophilus (Dermacentor, Haemaphysalis, Rhipicephalus)
				Aponomma (Hyalomma, Amblyomma)

2. Morphologie

Ces tiques possèdent un scutum rigide fait de chitine, leur donnant leur nom de « tiques dures ». Le scutum est plus ou moins développé en fonction du sexe et de l'état de développement : tandis qu'il ne couvre qu'une mince partie chez la larve, la nymphe ou la femelle adulte, celui-ci recouvre entièrement la surface dorsale du mâle adulte (Taylor et al. 2016).

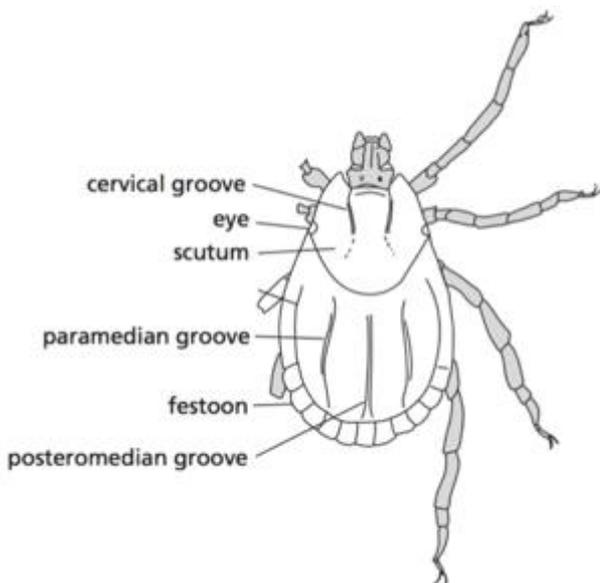


Figure 7 : Vue dorsale générale d'une tique femelle (d'après Taylor et al. 2016)

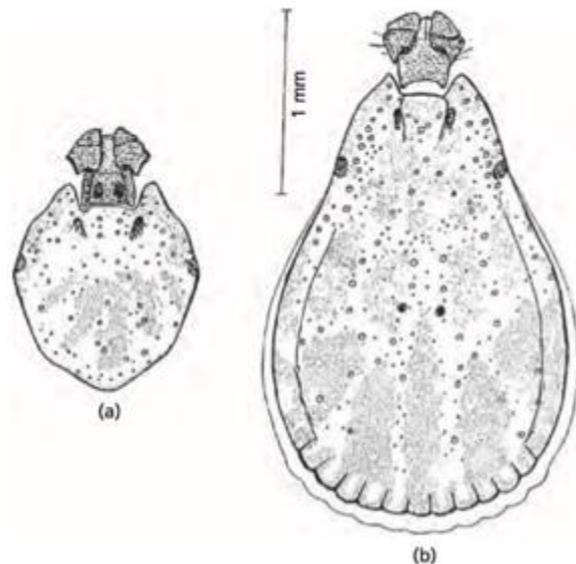


Figure 8 : Vue dorsale du scutum d'une femelle (a) et d'un mâle (b) de l'espèce Dermacentor Reticulatus (d'après Taylor et al 2016.)

3. Cycle évolutif

Les tiques alternent entre des phases courtes pendant lesquelles elle se nourrissent sur leur hôte et des phases plus longues libres dans l'environnement. La femelle produit ensuite plusieurs centaines d'œufs, au sol. Les cycles peuvent être monophasiques, diphasiques ou triphasiques, dépendant du nombre d'hôtes nécessaires à la finalisation du cycle. La plupart des tiques a un cycle triphasique, ce qui signifie qu'à chaque stade (larve, nymphe et adulte), il y a un hôte différent. Les larves et les nymphes, une fois qu'elles sont gorgées de sang, vont tomber au sol et la mue va avoir lieu pour passer au stade suivant. La reproduction a lieu le plus souvent sur l'hôte lorsque les tiques sont adultes.

Les mâles, afin de finir leur maturation, peuvent prendre plusieurs repas de sang. Les femelles, quant à elles, commencent leur repas mais si elles ne sont pas fécondées, ne vont pas finir leur repas, tomber de l'hôte puis mourir (Malandrin 2021).

4. Pouvoir vecteur

En plus de ses actions traumatique et spoliatrice, plutôt négligeables chez un équidé, la principale problématique se retrouve dans le fait que la tique puisse transmettre des agents pathogènes à l'équidé, comme les piroplasmies.

Comprendre les interactions entre le parasite et le cycle évolutif de son hôte est essentiel afin de prédire la dynamique de la transmission des agents pathogènes. Aussi, trois modèles de transmission sont reconnus : la transmission intrastadiale, transstadiale et transovariale. Du fait de la transmission transstadiale de *T. equi*, les porteurs de ce parasite auront forcément un cycle di- à triphasique.

La compétence vectorielle est définie comme l'aptitude d'un parasite à permettre le développement d'un pathogène, de son ingestion à sa maturation jusqu'à sa transmission. Les facteurs environnementaux sont ici soustraits. Lorsqu'ils sont pris en compte, on parle alors de capacité vectorielle.

La transmission de type *Cofeeding* est une hypothèse de transmission qui existe (Scoles et Ueti 2015). Il s'agit en fait de la transmission du piroplasma d'une tique infectée à une tique non-infectée lors d'un repas sur un hôte commun, sans qu'il n'y ait d'infestation systémique de l'hôte. Aucune étude sur ce type de transmission pour la piroplasmose équine n'a été publiée, mais ce mécanisme a été décrit pour la transmission de *Borrelia spp*, bactérie transmise par des tiques du genre *Ixodes* (Scoles et Ueti 2015).

Il est important de noter que le pouvoir d'infestation des piroplasmes est dépendant de nombreux facteurs que les épidémiologistes doivent bien prendre en compte. En effet, l'infestation dépend des facteurs suivants (Malandrin 2021) :

- la rencontre entre la tique et l'hôte infecté
- l'infection de la tique : c'est le moment clé où la tique va acquérir son pouvoir de vecteur. Ce moment n'est possible que si des piroplasmes se trouvent dans la portion ingérée par la tique
- la compatibilité agent-tique : toutes les espèces de tiques ne pourront pas permettre la juste réalisation du cycle des piroplasmes
- la survie de la tique et des piroplasmes dans le temps et l'environnement
- la rencontre entre la tique et l'hôte
- la compatibilité agent-hôte : il est connu que les piroplasmes sont des parasites plutôt spécifiques d'hôtes

Toutes ces phases sont nécessaires à l'infestation de l'hôte par les piroplasmes.

5. Espèces concernées en France

En France, 7 espèces de tiques de 5 genres différents sont dénombrées : *Dermacentor reticulatus*, *Dermacentor marginatus*, *Ixodes ricinus*, *Hyalomma marginatum*, *Rhipicephalus sanguineus*, *Rhipicephalus bursa* et *Haemaphysalis punctata* (Laurence Malandrin. 2021). L'ensemble de ces espèces, exceptée *Ixodes ricinus*, possède une capacité vectorielle vis-à-vis du parasite *T. equi*. En revanche, la capacité vectorielle vis-à-vis de *B. caballi* n'a pas été décrite chez *Dermacentor marginatus*, *Ixodes ricinus* et *Rhipicephalus sanguineus* (Nadal et al. 2021). Le rôle d'*Ixodes ricinus* dans la transmission est controversé : bien que la compétence à transmettre *T. equi* aux équidés n'ait jamais été prouvée, une transmission transstadiale de ce parasite a été mise en évidence (Iori et al. 2010). Du fait du large spectre d'hôte de cette tique, sa capacité vectorielle et son rôle épidémiologique dans la transmission de *T. equi* seraient plutôt limités si sa compétence vectorielle était un jour mise en évidence (Scoles et Ueti 2015).

Hyalomma marginatum est plutôt retrouvée autour du bassin méditerranéen, bien que son aire de répartition tende à s'étendre. En revanche, les espèces *Dermacentor sp.* sont déjà présentes sur l'ensemble du territoire (Malandrin. 2021).

C. Les autres modes de transmission

1. La transmission iatrogène

Des cas de transmission iatrogène ont été recensés, par administration de sang contaminé lors des transfusions ou par utilisation de seringues ou aiguilles souillées, préalablement utilisées sur des chevaux porteurs des parasites. En 2008, une épidémie de piroplasmose équine a eu lieu en Floride, région normalement indemne de cette maladie. L'enquête épidémiologique a permis de montrer l'implication de la transmission iatrogène dans la transmission des parasites (Short et al. 2012).

Le matériel vétérinaire utilisé sur plusieurs chevaux doit être au minimum désinfecté entre chaque cheval, surtout si un saignement a eu lieu lors de l'acte. Cela concerne notamment le sondage nasogastrique ou les actes de dentisterie. En effet, un mauvais nettoyage pourrait entraîner la transmission des parasites par le biais de l'acte (Rothschild 2013).

2. La transmission transplacentaire

Le portage chronique de piroplasmes peut avoir différentes conséquences sur la jument gestante. En effet, des avortements dans le dernier tiers de gestation de la jument peuvent avoir lieu du fait de la présence des parasites. Les autres cas décrits sont de la mortinatalité et l'infestation des poulains dès la naissance. *T. equi* est le plus incriminé dans cette transmission transplacentaire. Le stade de transmission n'a pas encore été déterminé même si les parasites ont été retrouvés chez des fœtus sains âgés de 120 jours. La période optimale à laquelle la jument devrait être traitée n'a pas encore été déterminée. L'imidocarbe dipropionate est retrouvé dans la circulation du fœtus, à des concentrations sériques équivalentes à celle de la jument gestante, lorsque celle-ci est traitée. En revanche, l'efficacité du traitement de la mère sur la naissance d'un poulain sain ou non n'a pas été décrite. (Rothschild 2013). Dans une étude menée en Afrique du Sud, la piroplasmose serait responsable de 11% des avortements (Wise et al. 2013).

En revanche, la transmission transplacentaire semblerait donner des poulains en bonne santé du fait d'un phénomène d'immunotolérance. Lors du développement du système immunitaire du fœtus, les parasites sont déjà passés de la mère au fœtus. Ainsi, les parasites vont être intégrés dans le *soi* du jeune animal. S'ajoute à ces éléments l'ingestion des anticorps anti-*T. equi* via le colostrum (Allsopp et al. 2007).

II. Epidémiologie

A. Distribution mondiale

La piroplasmose est endémique dans une grande partie du monde. Quelques pays sont encore considérés comme non-endémiques comme les États-Unis, le Canada, le Japon, les pays scandinaves, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Il est considéré, d'après la FAO (Food and Agricultural Organisation), qu'environ 10% de la population mondiale des équidés vivent dans ces zones exemptes de la piroplasmose équine.

Les régions les plus touchées sont les régions tropicales et subtropicales. Dans ces régions, les conditions environnementales sont optimales pour le développement des tiques. Aussi, du fait du réchauffement climatique, les zones endémiques ont tendance à s'étendre.

Une méta-analyse publiée en 2020 par *Tirosh-Levy et al.* a analysé 106 études de 48 pays différents portant sur la prévalence de la piroplasmose dans les pays étudiés, permettant de proposer une cartographie mondiale. Ces études s'étendent de 2000 à 2020. Les cartes sont présentées ci-dessous. Les régions sont séparées en quatre catégories :

- *None/not reported* : régions dans lesquelles la prévalence est nulle ou dans lesquelles il n'y a pas eu d'étude
- *Sporadic* : moins de 10% de prévalence ou présence d'épidémies ponctuelles
- *Prevalent* : régions dans lesquelles la prévalence est évaluée entre 10 et 29%
- *Endemic* : régions dans lesquelles la prévalence est supérieure à 30%

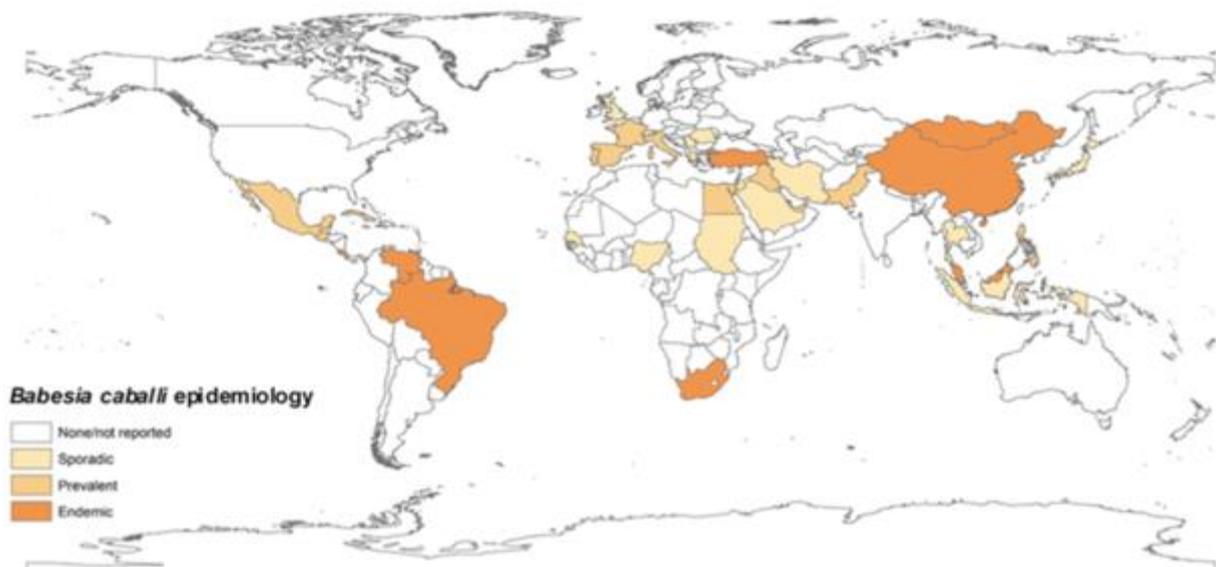


Figure 9 : Prévalence mondiale de *B. caballi*, d'après Tirosh-Levy et al. 2020

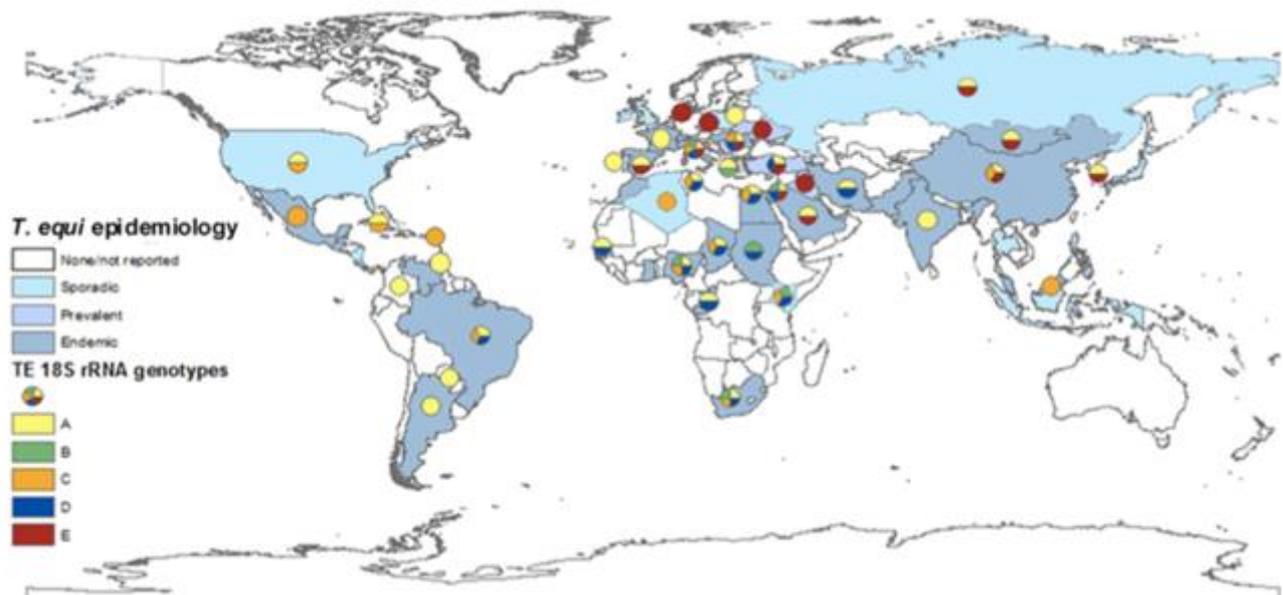


Figure 10.: Prévalence mondiale de *T. equi* et distribution des genotypes des ARNr 18S, d'après Tirosh-Levy et al. 2020

Ces cartes montrent que la distribution des piroplasmose est bien globale. Il aurait été intéressant de faire la différence entre les pays dont le statut indemne est vérifié des pays qui n'ont pas fait l'objet d'études de prévalence.

B. Etat des lieux en Europe

La piroplasmose équine est endémique en Europe, surtout en région Méditerranéenne. Une méta-analyse réalisée en 2021 par Nadal et al. analysant 33 études en Europe a permis de faire un état des lieux.

En Europe, la prévalence de *B. caballi* et *T. equi* serait évaluée à 2,4% et 24,5% respectivement. Ces résultats sont en accord avec les résultats présentés par Tirosh-Levy et al. 2020, dont les valeurs de prévalence étaient de 2,5% et 22,3%, respectivement.

L'Espagne, la France et l'Italie seraient les pays les plus affectés par la présence de piroplasmose. La Turquie montre une circulation de *B. caballi* bien plus importante que dans le reste de l'Europe, avec une séroprévalence de 34,6% pour ce parasite.

Globalement, les prévalences et séroprévalences pour *T. equi* sont bien plus élevées que pour *B. caballi*. Ce résultat peut s'expliquer du fait que les chevaux sont porteurs tout au long de leur vie du parasite *T. equi*, contrairement à *B. caballi* qui peut être éliminé entre 1 et 4 ans après infestation (de Waal 1992). De plus, la transmission transplacentaire possible pour *T. equi* tendrait à garder une prévalence élevée pour ce parasite.

La carte présente ci-dessous nous expose les prévalences en fonction des pays d'Europe. Les pays du pourtour Méditerranéen sont tendanciuellement testés. Une tendance peut être observée : l'éloignement du bassin Méditerranéen paraît corrélé à la diminution des prévalences des parasites. Cette observation serait à confirmer avec un plus grand nombre d'études, à réaliser dans l'Europe entière.

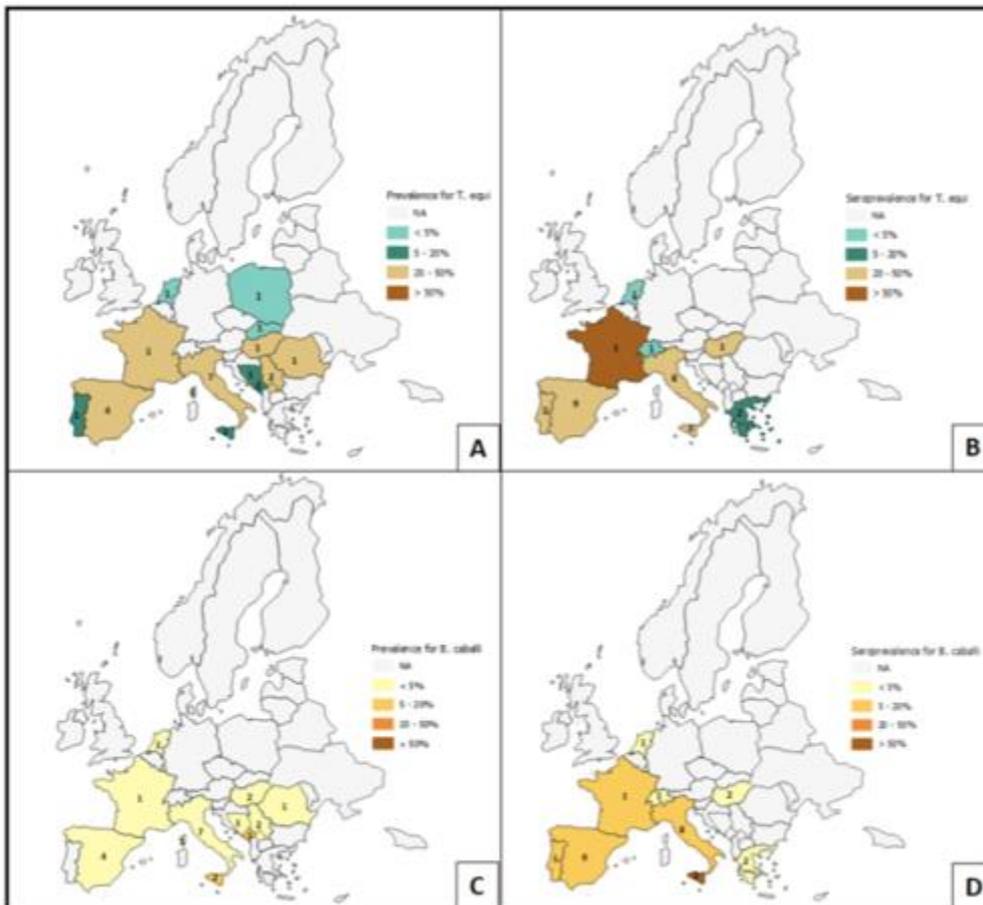


Figure 11 : Distribution de *T. equi* et *B. caballi* en Europe, d'après des épreuves moléculaires (A et C, respectivement) ou sérologiques (B et D, respectivement), tiré de Nadal et al. 2021

C. Facteurs de risque

De nombreux facteurs ont été étudiés afin de rechercher un potentiel lien entre ces facteurs et le portage de piroplasmose par les équidés. Une meilleure compréhension des facteurs de risques est cruciale afin de connaître les populations à risque et de les protéger. Deux catégories de facteurs de risque sont identifiées : les facteurs intrinsèques ou propres à l'hôte et les facteurs extrinsèques ou extérieurs à l'hôte.

1. Facteurs de risque intrinsèques

a) L'espèce

La piroplasmose équine est connue pour toucher les chevaux mais aussi les ânes, les mules et les zèbres. Les chevaux seraient plus susceptibles d'avoir une piroplasmose due à *T. equi* que les ânes. Les mules auraient aussi tendance à être plus susceptibles que les chevaux (Onyiche et al. 2019). La question d'un biais de confusion apparaît ; du fait que les mules ont plus tendance à vivre à l'extérieur que les chevaux, la susceptibilité de se faire piquer par des tiques est alors augmentée.

b) L'âge

Généralement, la prévalence semble être plus élevée dès lors que l'animal devient plus âgé (Onyiche et al. 2019). Ceci a été prouvé pour *T. equi* (Rüegg et al. 2008). Cela peut être expliqué par le fait que les chevaux restent porteurs de *T. equi* toute leur vie. Ainsi, plus l'animal est âgé, plus la probabilité d'avoir été infesté par le parasite au cours de sa vie est grande. Pour *B. caballi*, la tendance semble être plutôt inversée. En effet, les chevaux infestés une première fois avec *B. caballi* peuvent éliminer le parasite seuls et maintenir une immunité active contre ce dernier (Brüning 1996)(Rüegg et al. 2008).

c) Le sexe

Il semblerait exister des différences entre les mâles et les femelles, du fait de niveaux d'hormones sexuelles différents. En revanche, les études sur le sujet trouvent des résultats contradictoires, laissant penser que d'autres éléments devraient être étudiés pour faire sortir une vraie tendance ou qu'il pourrait s'agir seulement d'un facteur de confusion (Onyiche et al. 2019).

Les hongres possèdent des taux de charge de tiques inférieurs aux chevaux entiers. De plus, ils ont trois fois plus de risque d'être infestés par *T. equi* (Rüegg et al. 2007). En revanche, il a été démontré chez des souris que des taux élevés en testostérone augmentaient la susceptibilité d'infestation par les tiques et les piroplasmes (Hughes et Randolph 2001).

d) L'activité

Il a été montré que les chevaux de sport possédaient moins de risque d'être infestés par les piroplasmes que les chevaux qui ne travaillaient pas, du fait du mode de vie différent entre la première et la seconde catégorie. En effet, les chevaux de sport ont tendance à aller beaucoup moins en extérieur, ce qui limite leur exposition aux tiques et donc à la piroplasmose. (Onyiche et al. 2019)

2. Facteurs de risque extrinsèques

a) Les facteurs environnementaux

L'altitude semblerait limiter la présence de piroplasmose équine du fait de la perturbation du cycle des tiques ou de l'absence de tique.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, le milieu de vie est important : un cheval passant la majorité de son temps en extérieur augmente son exposition aux tiques et donc le risque de se faire infester par les piroplasmes. Ce risque a été quantifié comme étant de 2 à 11 fois supérieur que pour un cheval ne vivant pas en extérieur. La présence d'autres animaux semblerait augmenter le risque d'infestation (Onyiche et al. 2019).

Les conditions climatiques et météorologiques semblent également avoir un impact sur le risque d'infestation : le climat sur la répartition géographique des tiques mais également sur leur période d'activité.

b) Les facteurs anthropiques

D'après Nadal et al. 2021, les chevaux correctement vermifugés et vaccinés semblent avoir moins de probabilité d'être porteurs de piroplasmose. La vaccination aiderait à maintenir un statut immunitaire efficace vis-à-vis d'infections et infestations nouvelles. D'autre part, la bonne vaccination et vermifugation des équidés serait le reflet d'une bonne gestion de la santé du troupeau. Ainsi, par exemple, l'exposition aux tiques serait diminuée dans ce type de troupeau (Onyiche et al. 2019).

D. Impact sur les échanges internationaux

1. Mouvements d'équidés et piroplasmose : un impact économique

a) *Le marché de la viande chevaline en France : état des lieux*

La filière équine est un secteur économique important en France. Plus de 11 milliards de flux financiers sont générés par les activités équines. La filière équine en France se répartit en 3 secteurs : le secteur « courses », le secteur « sport loisir travail » et le secteur « viande ». Ces secteurs ne sont pas indépendants les uns des autres et les marchés sont perméables. Le marché de la viande chevaline représente 22 M€. Cette filière est donc négligeable face au reste des activités équestres et hippiques, mais constitue quand même un secteur dynamique (SFET 2019).

Même si la consommation de viande chevaline est en diminution constante depuis plus de 10 ans, suivant une dynamique de diminution de consommation de produits carnés par les consommateurs, le marché est maintenu grâce à des exportations. En effet, depuis 2016-2017, l'Asie a ouvert un marché de viande chevaline. Ceci a eu pour conséquence directe l'augmentation du prix de la viande, passant aux alentours de 2,60€/kg en moyenne en France en 2019 (IFCE 2019).

En 2015, la filiale commerciale de la Société Française des Équidés de Travail (SFET) a été créée sous le nom *Equid'Export*. Cette filiale avait pour but la création et la dynamisation d'un nouveau marché entre la France et le Japon.

Du partenariat avec le Japon a découlé d'autres partenariats. En 2018, un partenariat avec la Corée a été créé et la Chine a sollicité la filiale à plusieurs reprises.

b) *Piroplasmose et échanges*

Dans une lettre ouverte aux éleveurs de chevaux de trait, écrite en décembre 2018, le Président de la SFET mettait en garde les éleveurs de l'importance de lutter contre la piroplasmose chez leurs chevaux allant être importés. En effet et comme nous l'avons vu plus tôt, le Japon, dont le marché récent est en plein essor, est aussi considéré comme indemne de piroplasmose équine. Aussi, et pour protéger sa population équine d'une potentielle épidémie, ce pays exige que les chevaux importés soient indemnes de piroplasmose.

De plus, en février 2016, lors de l'expédition d'un lot de 149 poulains de trait au Japon, 24 avaient été diagnostiqués positifs à la piroplasmose lors de la quarantaine mise en place à leur arrivée. Cet incident était conséquent au fait que les méthodes de détection différaient entre le Japon (ayant choisi la PCR comme examen de détection) et les méthodes imposées par le

protocole, moins sensibles. Aussi, la DGAL en accord avec le ministère japonais a modifié son protocole d'exportation.

Equid'Export a alors décidé d'une vaste campagne de tests sur plus de 3000 chevaux en 3 ans afin de connaître le statut de la piroplasmose sur les chevaux qu'ils exportaient. Du fait des connaissances avancées sur la piroplasmose en France, la SFET avait bien conscience de la difficulté de maintenir des élevages indemnes de piroplasmose. En outre, une stratégie a été mise en place dans le but de maintenir le marché avec le Japon et de garantir un prix rémunérateur pour l'ensemble des éleveurs.

« *Equid'Export* achète les chevaux par lots, les rassemble, les teste et ne communique jamais sur les résultats des chevaux testés. Les chevaux négatifs sont rassemblés dans une dizaine de ferme en France qui sont présentées aux acheteurs comme 100 % négatives. Les chevaux positifs sont redirigés vers l'utilisation, ou vers des fermes d'engraissement en Italie, Espagne ou Belgique. »

Cette stratégie est coûteuse mais permet de maintenir un marché avec le Japon, qui pourrait arrêter les échanges suite à l'import de chevaux positifs dans son pays. Elle a aussi pour but de maintenir une prix équivalent de la viande entre les chevaux positifs et les chevaux négatifs afin de ne pas créer d'inégalités entre les éleveurs, en fonction de leur statut (SFET 2018).

Une étude menée en 2020 par Camino et al. proposait de quantifier les pertes économiques en Espagne conséquentes à la non exportation de chevaux séropositifs à la piroplasmose. En conclusion de l'article, les pertes économiques s'élèveraient à au moins 14,5 millions d'euros par année.

2. Gestion d'évènements sportifs : exemple de la gestion de la piroplasmose lors des Jeux Equestres Mondiaux (JEM) de Lexington, USA en 2010

Depuis 1988, les Etats-Unis sont indemnes de piroplasmose, après une lutte de plus de 25 ans et l'investissement de 12 millions de dollars. La méthode de lutte a reposé sur plusieurs principes : la mise en quarantaine des animaux infestés, l'application d'antiparasitaire externe pour lutter contre les tiques et le traitement des médicaments des animaux infestés. De plus, les mouvements des équidés au sein de la Floride étaient extrêmement contrôlés.

Les Etats-Unis sont donc susceptibles de voir ré-émerger la piroplasmose ; en effet, le climat dans certains états est favorable au développement de certaines tiques comme *Dermacentor nitens*, principal vecteur des piroplasmes aux Etats-Unis.

Le département américain de l'agriculture met en place un protocole bien particulier :

- La mise en place de tests ELISA avant l'entrée sur le territoire : des tests positifs aux anticorps dirigés contre *B. caballi* et/ou *T. equi* interdisent l'entrée sur le continent américain de ces chevaux.
- La mise en place d'une cartographie de distribution des 16 tiques potentiellement vecteurs de piroplasmose, en association avec le service d'inspection sanitaire des plantes et des animaux. Ce programme a pour but de surveiller la distribution des tiques afin d'anticiper une éventuelle endémie induite par l'introduction d'animaux porteurs de piroplasmose.

Lors des JEM de 2010, du fait de l'importance de l'évènement, des dispenses avaient été allouées à certains chevaux positifs en fonction des résultats d'une analyse de risque. Des tests ELISA étaient toujours nécessaires et devaient être réalisés entre 90 et 30 jours avant l'arrivée sur le site des jeux.

Un protocole strict avait été mis en place (WEG Foundation et al, 2009) :

- L'identification des chevaux séropositifs et leur mise en quarantaine à leur arrivée aux Etats-Unis. Une sérologie était également réalisée à l'arrivée de tous les chevaux sur le sol américain. L'ensemble des chevaux participant aux compétitions devait être vermifugé avec de l'ivermectine dans les 2 à 4 semaines précédant leur arrivée.
- La mise en place d'espaces dédiés aux chevaux séro-positifs. Ces chevaux recevaient à leur arrivée et préalablement à chacune de leurs sorties, un traitement acaricide. Certaines zones leur étaient réservées. Des vérifications quant à la présence de tiques sur leurs corps étaient régulièrement réalisées. Les chevaux avaient 10 jours pour quitter le continent américain à la suite de leur compétition.
- La gestion des terrains et espaces de concours. Les terrains de compétitions étaient tondues dans les 3 mois précédant la compétition, dans un rayon de 15 mètres. L'herbe autour des box et stands vétérinaires s'était vue appliquer des traitements acaricides, approuvés par la FEI.
- La gestion générale du site. La présence de chiens, hors chiens de travail autorisés, était interdite sur l'ensemble du site. Les seuls chiens autorisés devaient porter un collier anti-tique. Les espaces contenant les fourrages et les litières étaient extrêmement surveillés, notamment par rapport à la présence de rongeurs. A la fermeture du site, un traitement acaricide a été appliqué dans les écuries pour réduire l'infestation par les tiques.

Avec la mise en place de ces mesures, une analyse de risque avait été menée lors de cet évènement et avait montré un risque évalué à 7 pour 1 million le nombre de chevaux risquant de devenir positif à la piroplasmose à la suite des jeux.

Sur les 752 chevaux présents sur le site, près d'une centaine était séropositive. Aucun cas d'importation ou de transmission de piroplasmose n'a été enregistré suite à cet évènement.

III. Etude clinique

A. Pathogénie

1. Infestation parasitaire et incubation

Les périodes d'incubation varient entre 12 et 19 jours pour *T. equi* et 10 et 30 jours pour *B. caballi*. La fin de la période d'incubation coïncide avec le pic d'hyperthermie et l'hémolyse. Lors de l'infestation parasitaire, la membrane des globules rouges est modifiée : la composition en protéines et lipides est altérée, entraînant des mécanismes de peroxydation lipidique. Ceci a pour conséquence une hémolyse généralisée des érythrocytes parasités. Généralement, une augmentation de la concentration plasmatique en *Malondialdehyde* est observée ; ce dernier est conséquent à un stress oxydatif, notamment lors de la peroxydation des lipides (Onyiche et al. 2019).

2. Pathologie et mécanismes réactionnels

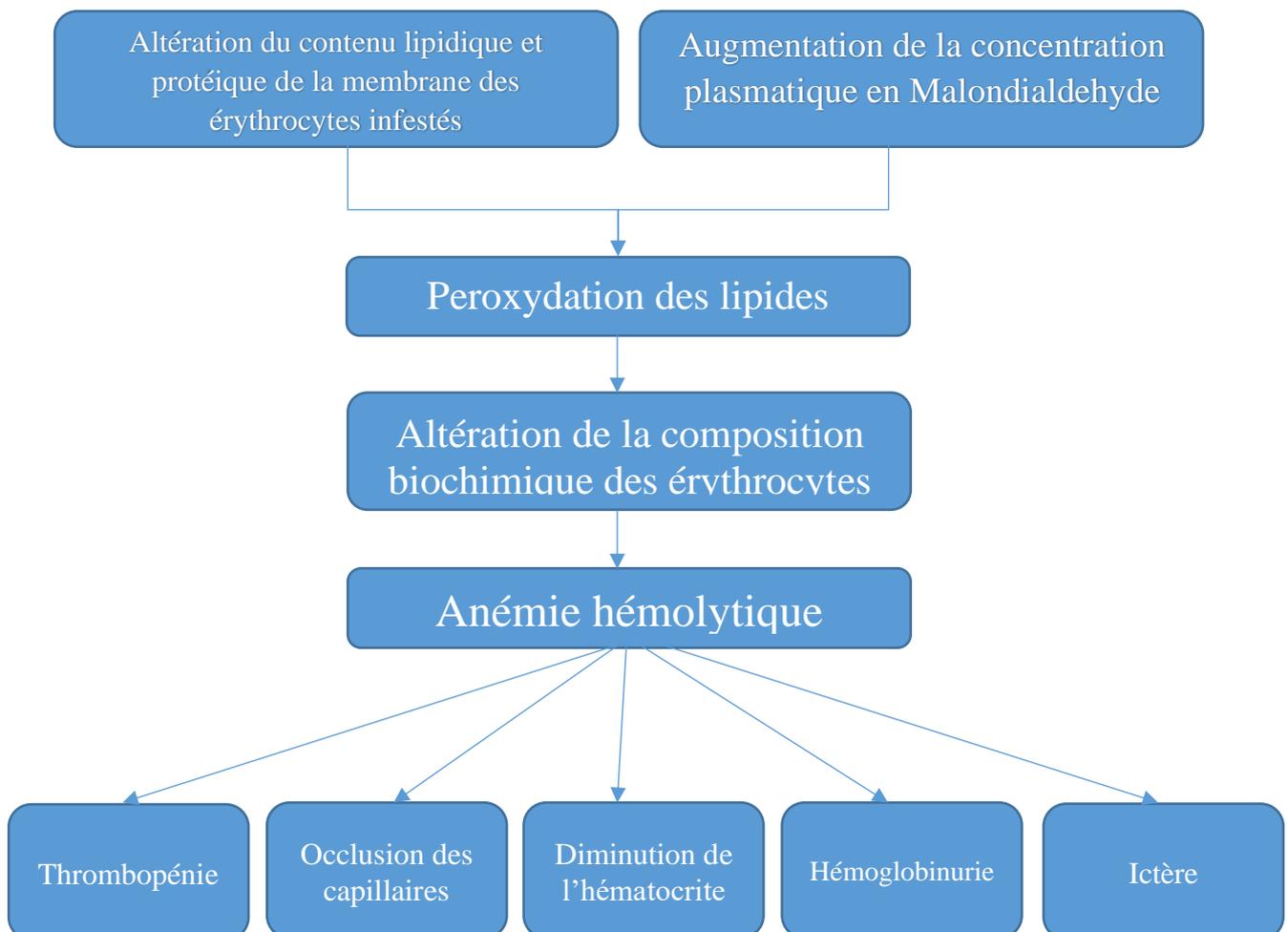


Figure 12 : Présentation schématique de la pathophysiologie des piroplasmes sur l'organisme, d'après Onyiche et al. 2019

L'anémie hémolytique est expliquée par différents facteurs :

- les mérozoïtes lorsqu'ils sont libérés des érythrocytes rompent ces derniers ;
- les globules rouges infestés sont phagocytés par les macrophages spléniques. Il arrive même que des globules rouges non-infestés le soient aussi, sans que la raison ne soit connue aujourd'hui ;
- l'accumulation d'ions oxydatifs, dont le *Malondialdehyde* est un marqueur, entraîne la lyse des érythrocytes ;

Les vaisseaux sanguins sont occlus par les globules rouges infestés dont la déformabilité a été diminuée du fait de la modification de leur structure et composition membranaire. Une thrombopénie est souvent remarquée, indice du trouble de coagulation suite à la présence des parasites. Les hypothèses concernant le mécanisme d'apparition de cette thrombopénie sont une destruction induite par un phénomène immun, une séquestration par la rate et/ou une consommation excessive comme lors de phénomène de CIVD (Onyiche et al. 2019).

Le phénomène de vascularite est la plupart du temps observé lors d'infestation à *B. caballi* ; en effet, des micro-thrombi sont créés par les globules rouges infestés lorsque ces derniers s'accumulent, entraînant une stase veineuse et une inflammation. Enfin, lors de la lyse des hématies, l'hémoglobine, protéine pigmentée fixant l'oxygène, est éliminée par la fonction rénale : une hémoglobinurie est alors observée. Une partie de cette hémoglobine est dégradée en bilirubine entraînant une augmentation de la bilirubine circulante. Ainsi, un ictère peut apparaître du fait de l'augmentation de la bilirubinémie (Onyiche et al. 2019).

3. Mise en place d'une immunité

L'équidé infecté maintient une immunité protectrice tant que le parasite est présent dans l'organisme. Le fait de ne présenter que peu voire aucun signe clinique s'explique par le fait que le système immunitaire est continuellement stimulé par la présence de parasites. L'immunité innée joue un rôle central dans la protection même si le rôle exact des différentes cellules n'est pas clairement défini.

Il est important pour l'organisme infesté de posséder un système immunitaire efficace : les Lymphocytes B vont participer à la formation d'anticorps et une immunité cellulaire va être mise en place par les Lymphocytes T. Les anticorps formés vont être pour *T. equi* des anticorps anti-EMA (antigène de surface, utilisé lors de c-ELISA notamment) et pour *B. caballi* des anticorps anti-RAP-1 (protéine de la rhoptrie de la babésie). La rate joue un rôle essentiel dans la protection contre les piroplasmes ; en effet, les chevaux sans rate meurent dépassés par la maladie *avec des parasitémies allant jusqu'à 80%* (Wise et al. 2013). Elle est nécessaire à la lutte contre les parasites mais pas suffisante en cas de système immunitaire incompetent.

Les anticorps qui participent le plus à la réponse immunitaire contre *T. equi* sont les IgG : tandis que les IgG1, 4 et 7 agissent plutôt en phase aiguë, les IgG 5 et 3 agissent lors de la résolution de la parasitémie, en cas de portage chronique. Les anticorps contre *T. equi* apparaissent entre 7 et 11 jours après le début de l'infestation et leur pic est observé entre 30 et 45 jours.

Il n'existe pas d'immunité croisée entre *T. equi* et *B. caballi*. (Wise et al. 2013).

B. Tableau clinique

La mortalité varie entre 5 et 10% pour les chevaux naissant dans des régions endémiques, peut dépasser les 50% pour les chevaux introduits en région endémique et n'ayant jamais été exposés (Rothschild 2013). Les différentes formes de piroplasmose sont classées de manière plutôt arbitraire bien qu'un cheval porteur de piroplasmose puisse avoir un tableau clinique intermédiaire entre les différentes formes décrites ci-dessous, ou puisse exprimer plusieurs formes. Les formes reconnues sont les formes suraiguë, aiguë, subaiguë, chronique et le portage asymptomatique.

1. Forme suraiguë

La forme suraiguë est une forme rare, caractérisée par la survenue très rapide des signes cliniques menant à la mort de l'animal. Cette forme est connue pour toucher majoritairement des chevaux naïfs de piroplasmose introduits au sein d'une zone endémique. Des altérations sévères du système nerveux central ont été décrites. L'hémoglobinurie et/ou la bilirubinurie sont observées lors des cas sévères de piroplasmose. Les autres signes cliniques sont ceux retrouvés lors d'infestation chez un cheval adulte.

Cette forme est également retrouvée chez des poulains infestés *in utero*. Ces derniers présentent des signes dès la naissance ou jusqu'à 3 jours après la naissance. Les signes cliniques ne sont pas spécifiques : léthargie et diminution du réflexe de succion sont le plus souvent observés. Cette forme peut être confondue avec une isoérythrolyse néonatale. En plus de la transmission *in utero*, les juments porteuses de *T. equi* peuvent présenter des avortements ou de la mortinatalité. Le taux d'avortements causés par *T. equi* peut atteindre des valeurs autour de 10% dans certaines régions de la planète (Lewis et al. 1999). Les avortements ont souvent lieu lors du dernier trimestre tandis que l'infestation a plutôt lieu en début de gestation. Aussi, il ne faut pas négliger ce statut ayant des conséquences non-négligeables (Rothschild 2013).

2. Forme aiguë

La forme aiguë de piroplasmose est caractérisée par une forte hyperthermie (pouvant excéder 40°C). Sont associés à cette hyperthermie des signes comme de l'abattement, de l'anorexie, de la déshydratation, de la tachypnée et de la tachycardie, de la transpiration et des œdèmes. En phase terminale de la maladie, des troubles gastro-intestinaux sont régulièrement observés comme des coliques, de la constipation et/ou de la diarrhée.

Du fait de la pathogénie vasculaire de la maladie, différents organes peuvent être touchés, menant à des formes atypiques de la maladie. Aussi, des insuffisances rénales et/ou hépatiques peuvent être observées.

3. Forme subaiguë

Cette forme est intermédiaire entre la forme aiguë et la forme chronique. Chez ces chevaux, différents degrés d'anorexie, de perte de poids et d'œdèmes déclives sont observés. Des pics d'hyperthermie sont souvent retrouvés. Les performances sont diminuées chez ces chevaux et des épisodes de tachycardie et de tachypnée sont retrouvés. Les muqueuses varient entre le rose pâle, le jaune pâle et le jaune plus intense. Des pétéchies et/ou ecchymoses peuvent être retrouvées. Les chevaux peuvent présenter des signes intermittents de coliques, avec une alternance de phases de constipation et de phases de diarrhée. Les urines peuvent varier entre le jaune, le marron et le rouge en fonction du degré d'hémoglobinurie. À la palpation transrectale, une splénomégalie est souvent retrouvée.

4. Forme chronique

La forme chronique est observée chez des chevaux ayant des antécédents de signes cliniques non spécifiques tels qu'une diminution de l'appétit, une baisse de performance, une perte de poids et/ou de la condition physique. Une anémie peut parfois être retrouvée. Les signes cliniques retrouvés lors des formes chroniques peuvent être semblables à ceux de l'Anémie Infectieuse Équine (AIE) ou toute autre affection inflammatoire chronique.

5. Portage asymptomatique

Le portage asymptomatique concerne la majorité des chevaux séropositifs à *T. equi*. Le parasite parvient à maintenir sa présence chez son hôte, à de très faibles niveaux de parasitémie, sans que l'hôte ne montre de signes cliniques évidents. Cependant, les chevaux utilisés pour un travail marqué (chevaux de sport, de travail) peuvent voir leurs performances diminuer suite à ce portage (Rothschild 2013).

Ces chevaux possèdent des niveaux de parasitémie tellement bas qu'il est difficile de trouver des parasites au microscope lorsque du sang est prélevé. En revanche, ces chevaux sont un

défi pour les épidémiologistes dans le cadre de la lutte contre la piroplasmose équine. En effet, ce sont ces chevaux qui sont les réservoirs de la maladie. Ils peuvent donc potentiellement introduire la maladie dans des zones où elle ne serait pas présente initialement.

Les chevaux porteurs asymptomatiques de *T. equi* peuvent avoir des rechutes pendant lesquelles ils vont présenter des signes cliniques. Ces rechutes ont lieu suite à un travail intense, un stress, un état d'immunosuppression ou encore l'administration de corticostéroïdes (Wise et al. 2013).

Le portage asymptomatique peut exister également pour les chevaux porteurs de *B. caballi* même si, contrairement à *T. equi* où le portage par l'équidé peut durer toute la vie, ce portage ne dure qu'entre 1 et 4 ans du fait de la capacité des équidés à lutter et se stériliser du parasite (de Waal 1992).

C. Signes paracliniques

1. Modifications de la Numération Formule Sanguine

Du fait de l'hémolyse, la principale modification de la NFS sera une diminution de la lignée rouge : hématocrite, hémoglobine et hématies circulantes seront tous les trois diminués. L'anémie est qualifiée de normocytaire en début d'infestation puis macrocytaire lorsque la maladie est en cours de chronicité (Onyiche et al. 2019). Une thrombopénie, dont la cause reste encore incertaine, est régulièrement observée. La lignée blanche peut être modifiée, dépendant de la sévérité de l'infestation mais aussi du stade d'infestation.

2. Modifications des paramètres biochimiques

Il est important de noter que de nombreux facteurs peuvent modifier les paramètres sériques : exercice, nutrition, statut d'hydratation, présence de comorbidités etc. Les principales modifications retrouvées sur des équidés atteints de piroplasmose sont :

- une diminution des protéines totales
- une augmentation de la bilirubine, issue de la dégradation de l'hémoglobine circulante résultante de l'hémolyse
- une hémoglobinurie
- une augmentation des enzymes hépatiques : GGT, ASAT et PAL. En effet, dans les cas les plus sévères de piroplasmose, le flux sanguin hépatique est diminué entraînant une nécrose centrilobulaire.

3. Lésions retrouvées lors de l'examen post-mortem

Lors de l'examen post-mortem certaines lésions sont régulièrement retrouvées chez des chevaux porteurs des piroplasmose. Chez les chevaux porteurs de *T. equi*, les fluides se sont accumulés dans les grandes cavités et dans le sac péricardique. Le gras est jaune et gélatineux. La rate est souvent élargie et possède une pulpe marron foncé. Les nœuds lymphatiques sont gonflés et parfois inflammés. Le foie est gonflé, engorgé et de couleur marron/jaune. Les lobules hépatiques sont jaunes et le centre est intermédiaire entre le vert et le jaune. Des ecchymoses et/ou des pétéchies sont retrouvées dans la muqueuse des intestins, de l'estomac et parfois des reins. Ces derniers sont pâles et jaunes (Taylor et al. 2016).

Chez les chevaux porteurs de *B. caballi*, une splénomégalie est retrouvée à l'autopsie. La pulpe splénique est rouge sombre et une hyperplasie lymphoïde est observée. Le foie est élargi, de couleur jaune/marron. La bile est plus sombre et épaissie. Les muqueuses du tractus digestif sont œdématiées, ictériques avec certaines plages hémorragiques. Les tissus sous-cutanés, sous-séreux et conjonctifs sont également œdématiés et ictériques (Taylor et al. 2016).

D. Diagnostic différentiel

En 2013, le RESPE (Réseau d'Epidémiologie-Surveillance en Pathologie Equine) a mis en place des alertes pour les chevaux présentant « *une forte augmentation de température accompagnée d'un ou plusieurs symptômes qui évoquent les piroplasmose* », définissant ainsi le *syndrome piro-like*. Ces maladies d'origine infectieuse peuvent donc présenter un tableau clinique proche de celui d'un cheval atteint de piroplasmose. Ainsi, ces maladies forment une base, bien qu'incomplète, du diagnostic différentiel de la piroplasmose équine. Les maladies intégrées dans ce syndrome sont : la Piroplasmose équine, l'Anémie Infectieuse Equine, la Maladie de Lyme ou Borréliose, la fièvre de West Nile et l'Anaplasmose. La Leptospirose et l'Artérite Virale Equine peuvent être ajoutées à ce diagnostic différentiel (RESPE 2021e).

Il est important que le praticien pense à ces différentes maladies lorsqu'un cheval présentant des signes proches à ceux de la piroplasmose lui est présenté. En effet, certaines de ces maladies sont des zoonoses tandis que d'autres sont d'une importance sanitaire non négligeable.

1. L'Anémie Infectieuse Équine (AIE)

Cette maladie est causée par un virus de la famille des *Retroviridae*, du genre *Lentivirus*. La première description d'un cas d'AIE date du XIXe siècle. Malgré des cas sporadiques en France, cette maladie est considérée comme un danger sanitaire de type *DE* selon la Loi Santé Animale de 2021, c'est-à-dire qu'elle est soumise à déclaration, surveillance et certification. Les derniers cas relevés en France datent de mai 2020 et concernaient 3 équidés dans le Gard (RESPE 2021f).

Cette maladie possède un tropisme pour l'ensemble des équidés. Le sang est la matière virulente et la transmission de la maladie se fait *via* des insectes piqueurs ou du matériel souillé.

La maladie est caractérisée par une hyperthermie qui peut être marquée, des œdèmes en régions déclives, de la cachexie et un abattement marqué. À la Numération Formule, une anémie marquée sera retrouvée et une thrombopénie, assez spécifique de la maladie, apparaîtra (Truffert 2011).

Le test reconnu pour le diagnostic est le test de Coggins. Un équidé dont le test de Coggins revient positif doit être abattu d'après les décrets et arrêtés du 23 septembre 1992 et des mesures de police sanitaire sont mises en œuvre dans l'écurie (RESPE 2021b).

2. La Maladie de Lyme ou Borréliose

C'est une maladie d'origine bactérienne causée par *Borrelia burgdorferi*. Tout comme la piroplasmose, c'est une maladie vectorielle transmise principalement par les tiques du genre *Ixodes*. Le tableau clinique correspondant à cette maladie est polymorphe : fièvre, léthargie, anorexie, amaigrissement chronique, raideur, arthrite, fourbure, uvéite ou encore avortement. Des cas de neuro-borréliose ont été également décrits (Dupuis-Tricaud et Depecker 2018).

Des tests directs et indirects existent. La séroconversion pour cette maladie dure au minimum 3 semaines, voire 5 à 6 semaines. Des tests PCR existent également, même si ceux-ci sont rarement positifs dans le sang (Pitel 2018).

Le traitement n'est pas recommandé chez les chevaux asymptomatiques avec sérologie positive. Il sera mis en place chez des chevaux dont la PCR est revenue positive ou dont les signes cliniques sont compatibles après exclusion d'autres affections. Le traitement recommandé est un antibiotique de la famille des tétracyclines (Oxytétracycline, Doxycycline ou Minocycline) sur une durée prolongée d'au minimum 4 semaines (Dupuis-Tricaud et Depecker 2018).

3. La fièvre de West-Nile

C'est une maladie causée par un virus de la famille des *Flaviviridae*, du genre *Flavivirus*. Elle est également nommée Encéphalite West-Nile, du fait du tropisme nerveux du virus.

La transmission se fait par des moustiques du genre *Culex*. De ce fait, cette maladie sera plutôt retrouvée autour du bassin méditerranéen même si cette zone tend à s'étendre. Les oiseaux sont le réservoir de cette maladie, les chevaux n'étant que des hôtes accidentels. Cette maladie est une zoonose : les hommes peuvent être touchés. De nombreux chevaux sont porteurs asymptomatiques. Les symptômes retrouvés sont de la fièvre, de la léthargie, des coliques et des signes neurologiques.

Aussi, cette maladie est à déclaration obligatoire et surveillance auprès de la DDSCPP : elle fait en effet partie des dangers sanitaires de type E selon la Loi Santé Animale de 2021. En cas de suspicion clinique, l'animal doit être isolé et des prélèvements doivent être réalisés. Un Arrêté Préfectoral de mise sous surveillance est mis en place sur l'exploitation de l'équidé. Le diagnostic se fait sur du sang ou du LCR. En cas de confirmation de la maladie, Le traitement est symptomatique. Il existe un vaccin commercialisé en France (RESPE 2021c).

4. L'Anaplasmosse granulocytaire ou Ehrlichiose

Cette maladie d'origine bactérienne est causée par *Anaplasma phagocytophilum*, bactérie de la famille des Rickettsies. Tout comme la borréliose, la transmission se fait par des tiques du genre *Ixodes*. Le tropisme des bactéries se fait vers les polynucléaires neutrophiles et éosinophiles. Les symptômes sont peu spécifiques : fièvre, abattement, dysorexie, œdème des membres, difficultés à se déplacer, faiblesse, ataxie, ictère, pétéchies ou encore uvéite (RESPE 2021a).

À l'analyse sanguine, une lymphopénie, une neutropénie ainsi qu'une thrombopénie sont régulièrement retrouvés. Une anémie peut accompagner ces anomalies ainsi qu'une augmentation de la bilirubine circulante.

La guérison se fait souvent de manière spontanée en 15 jours. Un traitement à l'oxytétracycline pendant 5 à 7 jours entre 7 et 10mg/kg peut être réalisé (Dzięgiel et al. 2013).

5. La leptospirose

Cette maladie est causée par une bactérie de l'ordre des Spirochètes et du genre *Leptospira*. De nombreux sérovars sont retrouvés chez le cheval dont certains sont pathogènes pour l'Homme. Le sérovar le plus représenté chez le cheval est le sérovar *Australis*. Cette bactérie possède une très bonne résistance dans le milieu extérieur. Elle est émise dans les urines et se transmet par les muqueuses et la peau lésée. Différents organes peuvent être touchés par les bactéries : le rein, principal organe lésé, mais aussi le foie ou les poumons. Les leptospires sont mises en cause dans des uvéites tardives à médiation immune. Aussi, de la fièvre, des pétéchies, une hématurie et un ictère sont souvent observés. A l'analyse sanguine, une anémie ainsi qu'une azotémie sont relevés (RESPE 2021 ; Valon 2019).

La sérologie MAT est la technique de référence. Une PCR peut être réalisée, sur le sang en début d'infection ou dans l'urine lorsque l'infection est déjà en place. L'antibiotique de choix est la pénicilline, associée ou non avec de la streptomycine. Les tétracyclines peuvent également être utilisées (Verma et al. 2013).

IV. Méthodes diagnostiques

Du fait de la faible spécificité des signes cliniques et des nombreuses maladies à envisager dans le diagnostic différentiel, des tests ont été mis en place afin de confirmer ou non la présence de piroplasmose chez le cheval et de mettre en place un traitement adapté.

Des méthodes directes et indirectes existent avec des spécificités et sensibilités variables. Il est important pour le praticien de bien connaître ces tests afin de choisir le plus adapté.

A. Mise en évidence indirecte des parasites :

Ce sont des tests, dits sérologiques, qui s'appuient sur la présence d'anticorps tournés contre le parasite recherché dans le sang. Il en existe trois : le test de fixation au complément, la sérologie IFAT et la sérologie cELISA.

a) *Le test de fixation au complément (CFT)*

C'est le test le plus ancien mis en place pour mettre en évidence la séroconversion. Ce test est assez peu utilisé aujourd'hui du fait de sa mauvaise spécificité.

Le test se base sur l'action des protéines qui constituent le système du complément sur le complexe antigène-anticorps. Du sérum du cheval est dilué à différentes concentrations. Une quantité connue de protéines du complément ainsi qu'une quantité connue d'antigènes est rajoutée à ces aliquots. Après incubation, des hématies de mouton sont ajoutées au mélange. Les protéines du complément, si elles ne sont pas fixées sur le complexe antigène-anticorps, auront tendance à provoquer la lyse d'hématies. Ainsi, un sérum dilué à 1:5 présentant 50% d'hémolyse sera considéré comme positif (OIE 2018).

Ce test est plus utile en début d'infestation lors de la phase aiguë. En revanche, de faux négatifs seront diagnostiqués sur des chevaux ayant été traités ou ayant produit une réaction anti-complémentaire. En effet, dans ce cas, les protéines du complément ont une incapacité à se fixer aux IgG. Une réactivité croisée est possible entre *T. Equi* et *B. Caballi* (Pelzel-McCluskey et Traub-Dargatz 2018). La dilution minimale de sérum est de 1:5. Les chevaux peuvent, après traitement, devenir négatifs à ce test pendant 3 à 15 mois pour *B. caballi* et jusqu'à 24 mois pour *T. equi* (Wise et al. 2013).

b) *La sérologie IFAT : Indirect Fluorescent Antibody Test*

Dans cette épreuve diagnostique, les anticorps présents dans le sérum du cheval réagissent avec des antigènes des piroplasmes. Lorsque le complexe antigène-anticorps est créé, une protéine fluorescente se fixe au complexe (OIE 2018).

De l'expérience est nécessaire de la part de l'expérimentateur pour faire la différence entre un cheval faiblement positif et un cheval négatif. En effet, il est nécessaire de diluer préalablement le sérum pour limiter les liaisons non-spécifiques : la spécificité est alors augmentée au détriment de la sensibilité (Rothschild 2013). Pour considérer un cheval positif, il faut voir de la fluorescence à une dilution de 1:80 ou supérieure. Ce test devient positif entre 3 et 20 jours post-infection (Pelzel-McCluskey et Traub-Dargatz 2018).

Ce test est plus sensible que le test de fixation au complément. De plus, il a été montré que ce test pouvait être utilisé dans des phases plus tardives que pour le test de fixation au complément.

c) La sérologie cELISA :

Ce test a été mis en place plus tardivement que le précédent. Il se base aussi sur la présence d'anticorps dans le sérum de l'équidé dont on cherche à connaître le statut.

Le principe du test est le suivant : des antigènes propres à *T. equi* (EMA-1, EMA-2) ou *B. caballii* (RAP-1, Bc48) sont produits par des colibacilles et des baculovirus inoculés dans des cellules d'insectes (Pelzel-McCluskey et Traub-Dargatz 2018). Ces antigènes, en quantité connue, sont mis en présence :

- du sérum du patient contenant, ou non, des anticorps propres aux antigènes
- d'anticorps monoclonaux propres aux antigènes, en quantité connue

Une enzyme chromogénique est ensuite ajoutée au mélange. Elle va se fixer sur l'anticorps monoclonal qui aura réagi avec les antigènes.

L'interprétation de ce résultat se base sur le pourcentage d'inhibition. En cas de présence d'anticorps dans le sérum du patient, ces derniers auront été en compétition avec les anticorps monoclonaux. De ce fait, la production colorée due aux enzymes chromogéniques sera diminuée du fait que moins d'anticorps monoclonaux auront été fixés. C'est ainsi que le pourcentage d'inhibition est mesuré : il sera donc à 0% s'il n'y a pas d'anticorps dans le sérum du patient. Au-delà de 40% d'inhibition, le test est considéré comme positif.

Ce test est considéré comme étant le plus sensible chez les chevaux porteurs chroniques ou n'étant pas symptomatiques. Le laboratoire VMRD a mis sur le marché des kits possédant une excellente spécificité (99,5 % pour *T. equi*, 100% pour *B. caballii*) et sensibilité (95% pour *T. equi*, 100% pour *B. caballii*) (Adams 2005).

En revanche, il a été montré que la spécificité du test pouvait ne pas être satisfaisante. En effet, certaines souches de babésies n'étaient pas reconnues, comme en Afrique du Sud (Wise 2013). Il est donc important de connaître l'existence de cette diversité et d'utiliser, au besoin, d'autres tests diagnostiques.

B. Méthodes directes

1. Observation directe du parasite au microscope :

Les piroplasmes seront retrouvés sur le frottis sanguin surtout en phase aiguë. Du fait d'équidés possédant de faibles taux de parasitémies, les faux-négatifs ne sont pas rares. De plus, seule une petite quantité de sang est nécessaire à la réalisation de ce test et la probabilité de retrouver les parasites est limitée. Il est possible de faire la différence entre les deux parasites. Ce test est à réaliser après avoir prélevé du sang périphérique sur le cheval à tester. Une coloration de Romanovsky (type Giemsa) est ensuite faite sur le frottis sanguin réalisé. Entre 1 et 5% des érythrocytes sont infectés lors d'infestation à *T. equi*. La proportion des érythrocytes touchés peut aller jusqu'à 20% lors des atteintes les plus aiguës (Wise et al. 2013). La description des parasites sur le frottis sanguin a été faite en I.A.2.

2. Mise en évidence de l'ADN des parasites

Les méthodes présentées ci-dessous reposent sur un principe simple : une portion de l'ADN des parasites est amplifiée sur plusieurs cycles. À la fin de ces différents cycles, la présence de l'ADN est recherchée.

a) La PCR : Polymerase Chain Reaction

Dans cette méthode, le même procédé est répété plusieurs fois. L'ADN est chauffé de telle sorte que les liaisons entre les deux brins d'ADN soient cassées. Ensuite, des amorces, petites portions d'ADN complémentaires aux monobrins d'ADN, sont rajoutées et viennent se fixer à ces derniers. La dernière phase consiste à la polymérisation : des nucléotides se fixent, grâce à une enzyme à l'activité polymérase, à l'amorce afin de recréer un double brin d'ADN. Ces différentes phases sont répétées 30 à 40 fois, voire plus si l'ADN est présent en très faible quantité.

Les gènes recherchés sont :

- pour *T. equi*, le gène codant l'antigène de surface du parasite EMA-1
- pour *B. caballi*, le gène codant l'ARN ribosomal 18S

Grâce à cette méthode, la présence de piroplasmes peut être détectée pour une parasitémie de 0.000006% (Pelzel-McCluskey et Traub-Dargatz 2018). Comme nous l'avons vu en I.A.4., il existe une grande variabilité génétique des piroplasmes. Il est donc difficile de standardiser et des faux-négatifs peuvent apparaître par manque de spécificité des amorces.

Il existe trois types de PCR utilisées pour la recherche des piroplasmes : la PCR temps réel, la PCR nichée, la PCR nichée avec hybridation et la PCR multiplex.

b) La méthode LAMP :

C'est une méthode d'amplification de l'ADN. Contrairement à la PCR, celle-ci se fait de manière isotherme. C'est une méthode qui possède une grande spécificité, une très bonne efficacité et qui est rapide.

Pour réaliser les cycles, il y a nécessité d'une enzyme polymérase à ADN et de 4 amorces (FIP, BIP, F3 et B3). Ces amorces reconnaissent 6 séquences de l'ADN des piroplasmes et sont communes à la méthode PCR.

La détection des parasites par cette méthode se fait dès 2 jours post-infestation. Elle est donc plus précoce que la méthode cELISA ou la reconnaissance au microscope, respectivement possibles à 6 et 4 jours post-infection (Alhassan et al. 2007b).

Cette méthode posséderait une meilleure sensibilité pour *T. equi* que *B. caballi*. Les seuils de détection seraient équivalents à ceux évoqués pour la méthode PCR (Alhassan et al. 2007a).

C. Choix du test diagnostique :

L'OIE a rendu public un tableau permettant de choisir le test en fonction de différents critères, présentés ci-dessous. Les informations à retenir sur les différents tests présentés ci-dessus sont (OIE 2018) :

- le test CFT et le test IFAT peuvent être utilisés plus précocement que la sérologie cELISA.
- pour les cas de chevaux en phase chronique, les sérologies IFAT et ELISA continuent à produire des résultats positifs
- l'examen microscopique a plus de chance d'être positif lorsque le cheval est en phase aiguë.
- la mise en évidence de l'ADN des parasites reste le test le plus sensible et spécifique, même s'il peut être plus coûteux
- Lorsque des chevaux doivent être testés pour des mouvements internationaux, le test cELISA est suffisant et peut être associé avec un test CFT si une infestation plutôt récente est suspectée

L'OIE ne reconnaît que les sérologies IFAT et cELISA pour les mouvements d'équidés à l'international.

Method	Purpose					
	Population freedom from infection	Individual animal freedom from infection	Contribute to eradication policies	Confirmation of clinical cases	Prevalence of infection - surveillance	Immune status in individual animals or populations post-vaccination
Agent identification¹						
Microscopic examination	-	+	-	++	+	n/a
PCR	+++	+++	+++	+++	+++	n/a
Detection of immune response						
IFAT	++	++	++	+++	++	n/a
C-ELISA	+++	+++	+++	+++	+++	n/a
CFT	+	+	+	+	+	n/a

Key: +++ = recommended method; ++ = suitable method; + = may be used in some situations, but cost, reliability, or other factors severely limits its application; - = not appropriate for this purpose; n/a = not applicable.
 Although not all of the tests listed as category +++ or ++ have undergone formal validation, their routine nature and the fact that they have been used widely without dubious results, makes them acceptable.
 PCR = polymerase chain reaction; IFAT = indirect fluorescent antibody test;
 C-ELISA = competitive enzyme-linked immunosorbent assay; CFT = complement fixation test.

Figure 13 : Liste des tests diagnostiques reconnus par l'OIE pour la piroplasmose équine et les critères de choix desdits tests

V. Traitement

L'efficacité des traitements contre la piroplasmose équine est très variable. Il faut distinguer la résolution des signes cliniques de la stérilisation complète de l'équidé. Cette dernière n'est pas toujours possible. Elle n'est pas non plus toujours souhaitable en fonction de l'état de présence du parasite dans la région. Enfin, il a été montré que les chevaux pouvaient éliminer seuls *B. caballi*, sans administration d'aucun traitement, jusqu'à une stérilisation complète (Rothschild 2013).

A. L'imidocarbe dipropionate : un traitement de choix

1. Pharmacologie

Deux mécanismes ont été proposés quant au mode d'action de l'imidocarbe. Un premier serait l'interférence de la molécule avec la synthèse et/ou l'utilisation des polyamines par le parasite. La structure du parasite serait ainsi modifiée et des modifications intraparasitaires seraient ainsi créées induisant la mort du protozoaire. Un second mécanisme serait la mise en place des molécules d'imidocarbe autour de l'érythrocyte qui empêcherait l'entrée de

l'inositol ; le défaut du nutriment entraînerait ainsi la mort du parasite (The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products 1998).

Il semblerait que le mécanisme soit mixte, la première hypothèse s'appliquerait plutôt au genre *Theileria* tandis que la seconde s'appliquerait au genre *Babesia*.

Il a été montré que l'Imidocarbe dipropionate présentait une activité anticholinestérase, entraînant des effets secondaires sur les fonctions cardiaque, neuromusculaire ou digestive du cheval.

La résorption est rapide au site d'injection (sauf en cas de réaction locale). L'imidocarbe va ensuite se fixer à 70% aux hématies ; la fixation aux protéines plasmatiques est donc assez faible. La persistance dans le sang est assez longue, le temps de demi-vie variant de 10 à 15 jours. L'excrétion est rénale en début de traitement puis hépatique et biliaire suite à différentes transformations biochimiques (Guerre 2019).

2. Utilisation en médecine équine

L'imidocarbe dipropionate est aujourd'hui le traitement le plus utilisé pour les chevaux atteints de piroplasmose. En effet, son efficacité a été démontrée face à *B. caballi* et *T. equi*. L'administration se fait par voie intramusculaire. En France, ce traitement ne possède plus d'AMM pour le cheval depuis 2012, l'AMM se limitant aux bovins et aux chiens. Aussi, les vétérinaires l'utilisent en suivant le principe de la cascade.

Dans la lutte contre *B. caballi* chez un cheval en phase aiguë d'infestation parasitaire, deux doses à 2,2 mg/kg sont administrées à 24 heures d'intervalle. Il a été montré que quatre administrations d'imidocarbe à 72 heures d'intervalle permettaient une stérilisation complète à *B. caballi*.

La lutte contre *T. equi* est plus compliquée du fait de la plus grande résistance de ce parasite aux différentes alternatives thérapeutiques. Les cas de stérilisation sont très peu décrits. La plupart des chevaux reste porteur tout au long de leur vie. Deux à trois injections sont réalisées à 48 ou 72 heures d'intervalle, à une dose de 4 mg/kg. Cette dose est plus élevée que celle utilisée contre les infestations à *B. caballi* ; elle est assez proche de la DL50 de l'imidocarbe et montre donc plus d'effets indésirables comme des intoxications, voire la mort de l'animal. Aussi, il est conseillé de suivre les fonctions hépatique et rénale suite au traitement et leur apporter un soutien en cas de défaillance. Il a été montré qu'une stérilisation était possible mais n'était pas systématique avec l'utilisation de l'imidocarbe sur les cas de piroplasmose à *T. equi*, en utilisant une à plusieurs fois l'imidocarbe aux doses recommandées ci-dessus (Grause et al. 2013; Wise et al. 2018).

Il faut faire attention à l'utilisation de l'imidocarbe sur l'espèce asine et leurs hybrides. En effet, il est connu que la métabolisation des molécules chez l'âne est différente des équins.

Aussi, une toxicité plus accrue de l'imidocarbe a été montrée chez les ânes et des déficiences hépatiques ont été décrites (Divers et Barton 2018).

3. Prévention des effets indésirables

Le traitement à l'imidocarbe n'est pas anodin. En effet, du fait de son activité anticholinestérase, de nombreux effets secondaires sont relevés, notamment un inconfort intestinal et de la diarrhée. Aussi, l'administration de *n-butylscopolamine* à 0,3 mg/kg par voie intraveineuse est conseillée préalablement avant l'injection (Dunkel 2018).

Une étude menée en 2013 par Abutarbush et al. semblait indiquer que l'utilisation d'un mélange de *n-butylscopolamine* à 0,2 mg/kg et de *métamizole* à 25 mg/kg, par voie intraveineuse, 15 minutes avant l'injection d'imidocarbe, était plus efficace que l'utilisation de *flunixin méglumine* à 1,1 mg/kg par voie intraveineuse contre les effets de douleur abdominale. L'utilisation d'atropine à 0,02 mg/kg par voie intraveineuse semblait empirer l'inconfort, du fait de son effet inhibiteur sur la motilité gastro-intestinale. Aucun traitement n'a pu améliorer ou prévenir la diarrhée. Cette étude, du fait du faible nombre d'animaux, n'a pas montré de preuve tangible. Aussi, l'utilisation d'*Estocelan ND* (mélange de *métamizole* et de *scopolamine*) peut être conseillée avant l'injection d'*Imidocarbe dipropionate*.

L'utilisation de *glycopyrrolate* comme inhibiteur compétitif de l'Acétylcholine aux récepteurs muscariniques a été suggérée avant l'injection d'*imidocarbe*. En effet, une perfusion à 2,5µg/kg de *glycopyrrolate* diminue les effets sur le tractus digestif induits par l'injection d'*imidocarbe* (Donnellan et al. 2013).

B. Alternatives thérapeutiques

Malgré le fait que l'*Imidocarbe dipropionate* reste la molécule de choix quant au traitement de la piroplasmose équine, d'autres molécules ont longtemps été utilisées, montrant une efficacité variable. Aussi, des recherches sont en cours afin de trouver de nouvelles molécules utilisables chez les équidés.

1. Molécules anciennement utilisées :

a) L'*amicarbalide*

Les chevaux présentant des signes aiguës de piroplasmose peuvent être traités avec de l'*amicarbalide*. Une injection à 9-10 mg/kg par voie intramusculaire est suffisante pour traiter les signes cliniques. Un protocole de deux injections à 8,8 mg/kg deux jours consécutifs a été décrit et pourrait permettre une stérilisation. Enfin, deux injections à la posologie de 2,2 mg/kg par voie intramusculaire montreraient une certaine efficacité contre *B. caballi*, sans

induire de stérilisation. Ce protocole permet de diminuer les doses administrées afin de lutter contre les effets secondaires décrits comme un choc anaphylactique retardé (Rothschild 2013).

b) *Le diminazine aceturate*

C'est un traitement qui a montré une certaine efficacité contre les deux parasites *T. equi* et *B. caballi*. Différents protocoles ont été décrits : deux injections intramusculaires à 24 heures d'intervalle à une posologie de 11mg/kg (Rothschild 2013) ou 48 heures d'intervalle à une posologie de 3,5 mg/kg. La forme diminazine diaceturate existe également mais présente un risque plus élevé de nécrose musculaire au point d'injection. De ce fait, l'injection doit se faire par voie intramusculaire profonde. L'efficacité de ce traitement est meilleure lors de la deuxième injection. En revanche, la stérilisation n'est pas assurée par ce traitement. Une toxicité respiratoire ainsi que des signes de léthargie ont été décrits suite à l'administration de ce traitement. (Wise et al. 2013)

2. L'oxytétracycline

L'oxytétracycline, antibiotique de la famille des tétracyclines, a été préconisée pour traiter *T. equi*. La posologie utilisée est de 5 à 6mg/kg, une fois par jour pendant 7 jours, par voie intraveineuse. Ce traitement n'est pas efficace contre *B. caballi*. (Zobba et al. 2008). Même si l'usage de cette molécule s'est démocratisé dans le traitement contre la theileriose, il est important de noter que le traitement était réalisé sur très peu d'équidés dans l'étude de référence et qu'aucune autre étude n'a permis de reproduire ces résultats depuis.

C. Traitement de soutien

Le traitement de soutien est adapté en fonction de l'état de l'animal. Il est important que les fonctions vitales soient protégées. Il faut donc faire le point sur l'état général de l'animal et orienter le traitement de soutien. L'état d'hydratation doit être rétabli ainsi que le taux d'hématies si l'anémie due à l'infestation a des conséquences cliniques sur l'animal. Différents produits existent pour soutenir la fonction hématopoïétique du cheval. Il peut être intéressant de connaître l'état fonctionnel des reins et du foie avant le traitement à l'imidocarbe et de soutenir ces fonctions en cas de déficience avant administration du traitement.

VI. Méthodes de lutte

Les méthodes de protection, de prévention et de contrôle sont tout d'abord dépendantes de l'état endémique ou indemne de la zone concernée par rapport à la piroplasmose équine. En effet, alors que des méthodes strictes de contrôle et de prévention seront nécessaires en région indemne, de telles méthodes seront difficiles, voire contre-productives, à appliquer en région endémique.

A. Gestion en région non-endémique

D'après l'OIE, les pays considérés comme indemnes de piroplasmose sont les États-Unis, le Canada, le Japon, le Royaume-Uni et l'Australie. Comme nous l'avons vu en II., l'introduction d'un cheval séropositif à la piroplasmose est exceptionnelle et les mesures prises sont très strictes. Des cas sporadiques sont rencontrés dans ces pays, le plus souvent causés par l'utilisation d'équipement au sang contaminé ou des transfusions sanguines de donneurs non-testés (Wise et al. 2013).

En gardant l'exemple de la gestion aux États-Unis, si un cheval est diagnostiqué positif à la piroplasmose suite à une épreuve sérologique, différentes alternatives vont apparaître quant à son devenir. Il doit, dans tous les cas, être mis en quarantaine et les autorités fédérales doivent être prévenues. Ensuite, à moins de la mise en évidence d'une stérilisation après traitement, le cheval doit être exporté, euthanasié ou utilisé dans le cadre de la recherche. La gestion est faite au cas par cas par l'USDA (United States Department of Agriculture).

Les zones les plus à risque restent les frontières avec les pays endémiques. Ainsi, dans ces régions, la prophylaxie se base sur la réduction des contacts entre équidés et tiques. La surveillance de la présence de tiques est très rigoureuse, des acaricides sont appliqués sur les chevaux et la végétation est contrôlée (United States Department of Agriculture Animal and Plant Inspection Service 2020).

La vermifugation à l'ivermectine est parfois conseillée afin de limiter l'infestation parasitaire aux tiques. Bien qu'il n'y ait pas de preuves scientifiques quant à l'efficacité de l'ivermectine contre les tiques chez le cheval, son utilisation a montré une très bonne efficacité chez le chien (Dias et al. 2005).

B. Gestion en région endémique :

La prévention en région endémique est très difficile à mettre en place et il est illusoire de penser qu'une éradication sera possible dans les pays les plus touchés. Il est même admis qu'il n'est pas conseillé de traiter les chevaux diagnostiqués positifs mais dont l'état général n'est pas altéré par la présence des parasites. En effet, comme nous l'avons vu, de nombreux chevaux présentent une faible parasitémie sans conséquences apparentes sur leur état général. Ainsi, seuls les chevaux présentant des formes aiguës ou chroniques avec répercussions sur leur état général devraient être traités. En outre, en maintenant cette stratégie, les chevaux maintiendraient un état de prémunition et de fortes épidémies pourraient être limitées. (Rothschild 2013)

Exposer les poulains aux tiques afin de permettre une infestation naturelle induirait une immunité sans signe d'infection (de Waal 1992).

Enfin, la résistance des tiques aux acaricides pourrait devenir un sérieux problème dans les pays fortement infestés.

C. Mise en place d'un vaccin :

En France, il existe un vaccin afin de protéger les chiens contre *Babesia canis*, responsable de la piroplasmose canine. Ce vaccin mis sur le marché par *Boehringer Ingelheim* se nomme *Pirodog ND*. Un tel vaccin n'existe pas pour les équidés. Une étude menée par Kumar et al. en 2002 a montré qu'il était possible d'induire une immunité protectrice contre *T. equi*. En effet, dans cette étude, l'inoculation de fortes doses de parasites sur les groupes « contrôle » ont induit leur mort tandis que le groupe « immunisé » a entièrement survécu. Le vaccin n'a pas empêché la maladie mais a fortement diminué les signes cliniques de la phase aiguë d'infestation. De plus, une splénectomie a été réalisée sur certains ânes du groupe immunisé. Or, une splénectomie est souvent fatale sur les équidés porteurs de *T. equi* (Taylor et al. 2016). Cette splénectomie n'a pas entraîné le décès des ânes immunisés et la parasitémie n'a pas été augmentée suite à cet acte.

Le vaccin était préparé à partir de la forme *mérozoïte* du parasite.

Ainsi, une immunisation contre *T. equi* est possible mais aucun vaccin n'existe sur le marché français. Il n'y a pas non plus de vaccin commercialisé dans le reste du monde.

Alors que ce vaccin pourrait être très intéressant pour la protection des équidés, il poserait tout de même un souci pour le mouvement international d'équidés. En effet, il deviendrait difficile de différencier les animaux ayant mis en place une immunité et des anticorps suite à une vaccination des animaux porteurs des parasites. De plus, nous avons vu que le vaccin tel qu'il était préparé n'empêchait pas l'infestation mais ne limitait que les signes cliniques et la mortalité.

Seconde partie : Etude prospective de la prévalence de la piroplasmose sur des cas reçus à la Clinéquine entre novembre 2020 et juillet 2021

I. Objectifs de l'étude

A. Contextualisation : le projet « Pirogotick »

En 2019, un projet de recherche sur la piroplasmose équine, mis en place par l'unité mixte de recherche *INRAE-Oniris BIOEPAR*, porté par l'équipe *TiBoDi* et soutenu par l'*IFCE* et le *RESPE* a vu le jour. Ce projet vise à acquérir une meilleure connaissance du risque de piroplasmose en France à travers la connaissance des vecteurs (inventaire, répartition géographique et dynamique saisonnière) mais aussi de la transmission et de la diversité génétique des parasites *B. caballi* et *T. equi*. Au regard de cette diversité, une évaluation des tests diagnostiques sérologiques et moléculaires sera mise en place. La mise en place d'un vaccin fait partie des objectifs de ce projet qui analyse des candidats vaccins potentiels.

Ainsi, des objectifs sont définis selon 3 projets déclinés dans *Pirogotick* (Pirogotick 2022) :

- *PiroTick* : cette partie s'intéresse à la répartition des différentes tiques sur le territoire français. Particuliers et professionnels ayant récolté des tiques sur leurs équidés peuvent les envoyer afin de connaître l'espèce de ces tiques.
- *PiroSentinel* : cette partie s'intéresse plutôt à la dynamique des tiques récoltées sur les chevaux en fonction des saisons.
- *PiroQuest* : cette partie s'intéresse à la prévalence de la piroplasmose équine sur le territoire français et la répartition spatiale des cas positifs. Des prélèvements sur des équidés présentés dans les quatre centres hospitaliers des écoles nationales vétérinaires françaises ont été effectués. Les prélèvements effectués à la *Clinéquine*, clinique équine du centre hospitalier universitaire vétérinaire de *VetagroSup Lyon* feront l'objet de cette seconde partie.

B. Etude de l'infestation par la piroplasmose chez des chevaux reçus à la *Clinéquine*

Le constat fait lors de diverses discussions est que les praticiens français ne traitent pas systématiquement un équidé atteint de piroplasmose équine tant que l'état général de ce dernier ne le nécessite pas. Cette orientation est propre aux pays endémiques tandis que les pays où la prévalence est moins élevée vont préconiser de traiter systématiquement.

Le but de notre étude était de fournir une estimation de la prévalence de la piroplasmose équine sur les chevaux présentés en consultation à la *Clinéquine*. Cette étude visait également à connaître les conséquences de la piroplasmose sur l'état général des équidés, sur leur évolution et le pronostic de l'affection pour laquelle ils étaient présentés. Les facteurs de risque de l'infection à la piroplasmose par les équidés présentés ont également été recherchés.

Une étude prospective a donc été mise en place afin d'essayer de répondre à ces différentes interrogations.

L'impact de cette étude serait une meilleure détection et la mise en place d'une prise en charge adaptée pour les chevaux porteurs de piroplasmes lors de leur hospitalisation.

II. Matériel et méthode

A. Inclusion des cas

Les chevaux sélectionnés sont les équidés présentés en consultation aux services de médecine ou de chirurgie de la *Clinéquine*. Les motifs de consultation sont variés et ne font pas partie des critères de choix d'inclusion ou d'exclusion des chevaux à l'étude.

Les chevaux pour être inclus à l'étude doivent être âgés d'un an ou plus et vivre plus de 8 heures par jour au pré.

B. Prélèvements et analyses sanguines

Après accord et signature d'un consentement par le propriétaire, présenté en annexe, une ponction veineuse est réalisée sur l'équidé afin de récupérer 10mL de sang veineux. Cette ponction est réalisée à la veine jugulaire dans un tube hépariné à l'aide d'un matériel type *Vacutainer*[®]. Lors d'une consultation au *CHUVEq*, une ponction veineuse est souvent réalisée afin de compléter l'examen clinique (NFS, analyse biochimique). Aussi, les prélèvements sont réalisés simultanément, n'induisant qu'un seul traumatisme à l'équidé pour l'ensemble des analyses. L'ensemble de cette démarche a été soumise au Comité d'éthique de *VetagroSup* et a reçu un avis favorable, présenté en annexe.

Les prélèvements sont ensuite gardés au froid pendant une période ne dépassant pas 15 jours avant d'être envoyés à l'INRAE à Nantes où les échantillons sont analysés.

Une recherche par réaction de polymérisation en chaîne de *T. equi* et *B. caballi* est réalisée. L'analyse est faite par recherche d'une séquence des parasites grâce à la méthode de nPCR, également appelée PCR nichée. La cible est le gène codant l'ARN ribosomal 18S. Un séquençage est ensuite réalisé lorsque le résultat de la PCR est positif.

C. Recueil des données

Les données sont recueillies *via* un formulaire distribué et rempli par les propriétaires d'une part, et par les dossiers du logiciel informatique de la base de données de cas cliniques *Clovis* utilisée par Ecoles Vétérinaires françaises.

1. Données du formulaire

Le formulaire, présenté en annexe, s'intéresse à différents aspects de la vie du cheval :

- les commémoratifs de l'équidé : son âge, son sexe, sa race, son activité
- la rencontre potentielle de l'équidé avec les parasites responsables de piroplasmose équine
- les déplacements de l'équidé
- les lieux et mode de vie de l'équidé : la part de temps qu'il passe au pré, en fonction des saisons, la végétation et les conditions environnementales du pré, la présence d'autres animaux
- la rencontre de l'équidé avec des tiques

2. Données récoltées sur *Clovis*

Clovis est le logiciel informatique utilisé à *VetagroSup Lyon* par les étudiants et les praticiens pour recueillir les données cliniques des cas. Il est une base de données sur lequel les différentes informations sur les animaux amenés en consultation au centre hospitalier universitaire vétérinaire de Lyon sont retrouvées. Ainsi, les données suivantes sont référencées : les commémoratifs de l'animal, pour chaque consultation son compte rendu, les examens complémentaires et analyses réalisés ainsi que leurs comptes rendus et résultats, l'hospitalisation et l'évolution de l'animal au cours de cette dernière, les comptes rendus de chirurgie et d'anesthésie de l'animal si ce dernier a eu une opération chirurgicale.

Les données sont récoltées sur le logiciel *Clovis*, logiciel de gestion et suivi des cas cliniques dans les écoles vétérinaires françaises.

D. Analyses

Les données sont saisies, vérifiées et codées dans un fichier Excel.

1. Le signalement de l'animal

Parmi le signalement, nous pouvons distinguer le sexe, l'âge, la race de l'animal et les conditions de vie. Il a été nécessaire de catégoriser et de coder les données afin de faciliter le traitement statistique. Les présentations de ces données sont expliquées ci-dessous.

a) *Le sexe*

Les différentes possibilités de sexe d'un animal sont mâle entier, mâle castré et femelle. Le sexe est une variable qualitative.

b) *L'âge*

Il n'y a qu'une limite inférieure d'âge au sein de cette étude, fixée à un an. Pour pouvoir analyser l'influence de l'âge sur le portage de piroplasmes, il a été décidé arbitrairement de séparer les équidés en trois catégories d'âge, correspondant à différentes périodes d'activité dans la vie d'un équidé : *5 ans ou moins*, *entre 6 et 15 ans* et *16 ans ou plus*. La catégorie d'âge est une variable qualitative.

c) *La race*

Les races représentées par plus de 5 chevaux dans la population de l'étude ont été traitées en tant que tel, tandis que les races avec moins de 5 représentants ont été rassemblées en un groupe nommé *autres*.

d) *Le mode de vie*

Dans cette étude, les chevaux doivent passer plus de 8 heures par jour au pré. L'environnement de l'animal a donc été étudié : la proportion du temps passé au pré, le contact avec d'autres animaux (tiques, animaux domestiques ou sauvages) et les caractéristiques du pré.

2. Le motif de consultation

Dans cette étude, le motif de consultation ne faisait pas partie des critères d'inclusion ni d'exclusion. Aussi, des motifs divers ont été observés. Nous avons vu que certains symptômes étaient courants lors de piroplasmose équine : hyperthermie, abattement, dysorexie, perte d'état, œdèmes périphériques, colique, constipation et diarrhée. Aussi, nous avons décidé de rassembler les chevaux ayant pour motif de consultation un ou plusieurs de ces symptômes. Les chevaux présentés pour colique que nous avons choisi de garder dans cette catégorie sont ceux n'ayant pas nécessité de prise en charge chirurgicale pour résoudre la colique. Un second groupe a été créé avec les chevaux présentés pour d'autres motifs de consultation. Les motifs inclus dans cette catégorie sont des castrations, des exérèses de masse, des plaies et fractures, des coliques traitées chirurgicalement, des problèmes ophtalmologiques ou de dentisterie. D'autres motifs étaient également présents mais plus rares et ne présentaient pas de lien évident avec la piroplasmose équine.

3. Les données paracliniques

Au cours de cette étude, des analyses sanguines ont été effectuées sur les équidés inclus dans l'étude. Elles concernent la lignée rouge (Hématocrite et taux d'Hémoglobine) du fait de la présence d'anémie souvent observée pour les animaux infestés, la lignée blanche (Taux de leucocytes et de polynucléaires neutrophiles) du fait de leur modification observée dans certaines études et des paramètres biochimiques (GGT et bilirubine totale).

4. Les complications au cours de l'hospitalisation

Il a été étudié dans une thèse de doctorat vétérinaire les complications liées à l'hospitalisation. Celles-ci sont divisées en cinq catégories : hyperthermie, phlébite, entérocolite, paralysie post-anesthésie et les infections du site opératoire (Philippe 2015). Aucune analyse statistique n'a pu être réalisée du fait du nombre trop faible d'équidés ayant eu des complications au cours de l'hospitalisation.

E. Analyse des données :

L'analyse des données a été permise grâce au logiciel RStudio[®]. Ce logiciel permet l'analyse statistique des variables qualitatives et quantitatives présentées ci-dessus. Le schéma décisionnel du choix du test est présenté ci-dessous. Une valeur $p < 0,05$ est considérée significative. La valeur n correspond à la taille de l'échantillon.

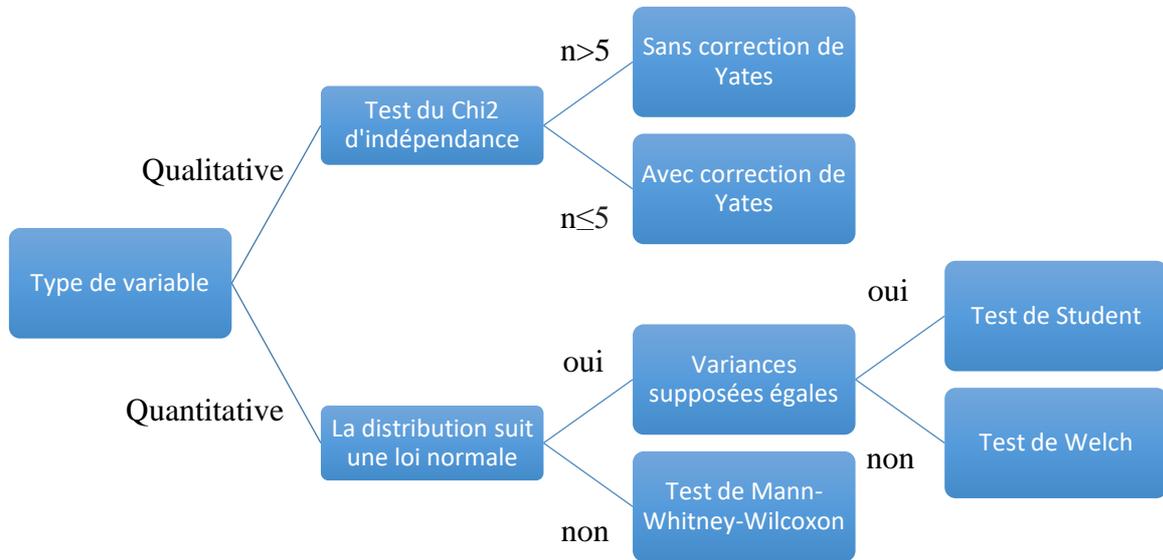


Figure 14 : Schéma décisionnel pour le choix d'un test statistique en fonction du type de variables étudié

III. Résultats

Au total, 88 équidés ont été intégrés dans cette étude. La récolte des échantillons a été réalisée entre novembre 2020 et juillet 2021.

A. Distribution des cas reçus à la Clinéquine

Les cas reçus à la Clinéquine provenaient d'un rayon d'environ 200 kilomètres autour de Marcy L'étoile, où se trouve la clinique équine. En vert sont présentés les chevaux testés *négatif* pour les deux parasites, en violet les chevaux positifs uniquement à *T. equi*, en bleu les chevaux positifs uniquement à *B. caballi* et en jaune les chevaux co-infectés par les deux parasites. Les prélèvements ont été faits sur 88 équidés.

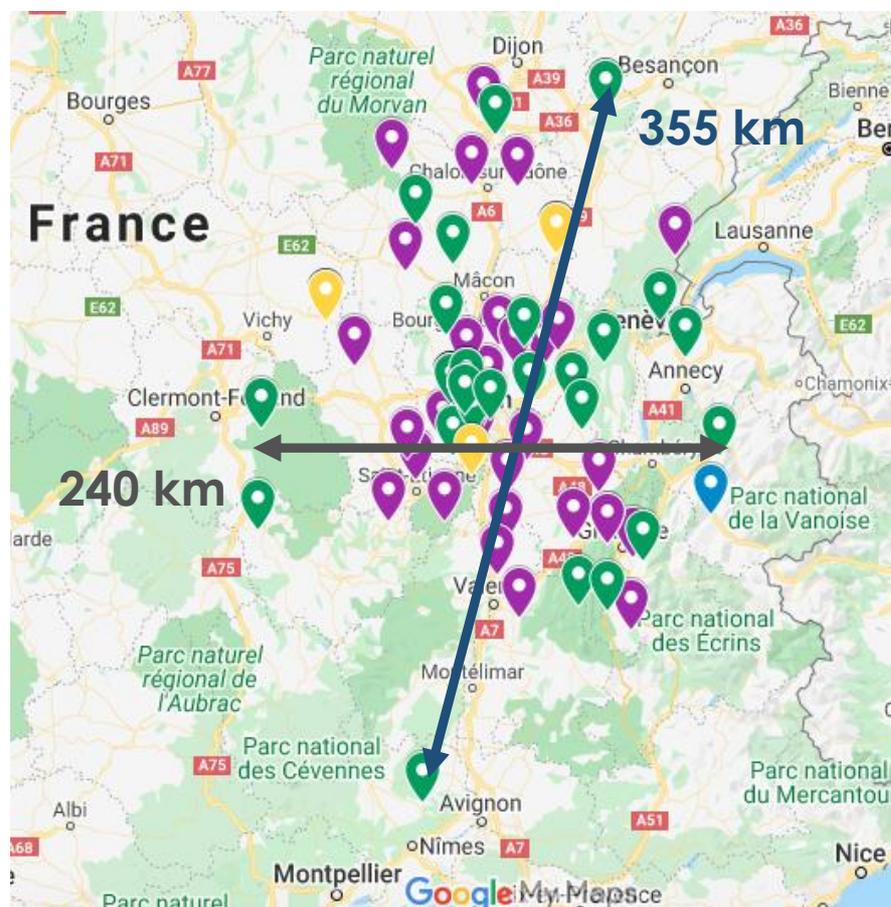


Figure 15 : Distribution des cas reçus à la Clinéquine et testés pour les parasites *B. caballi* et *T. equi*

B. Prévalence de la piroplasmose au sein de l'étude

Sur les 88 équidés présentés dans l'étude, 62,5% d'entre eux étaient porteurs d'au moins un des deux agents de piroplasmose équine. L'agent principal de piroplasmose des chevaux accueillis à *VetagroSup Lyon* est *T. equi*, très largement devant *B. caballi*. La co-infection par les deux parasites est également possible.

Tableau 3 : Prévalence à la piroplasmose équine en fonction de l'espèce

N	% [IC ₉₅]	Positif à <i>T. equi</i>		Négatif à <i>T. equi</i>		Total		
Positif à <i>B. caballi</i>	3	3,4	[0 ; 7,2]	4	4,5	[0,2 ; 8,9]	7	7,9 [2,3 ; 13,6]
Négatif à <i>B. caballi</i>	48	54,5	[44,1 ; 64,9]	33	37,5	[27,4 ; 47,6]	81	92 [86,4 ; 97,7]
Total	51	57,9	[47,6 ; 68,3]	37	42	[31,7 ; 52,4]		

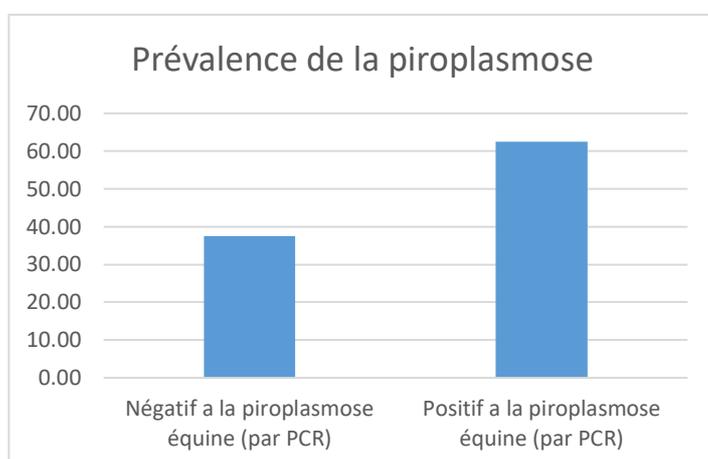


Figure 17 : Prévalence de la piroplasmose

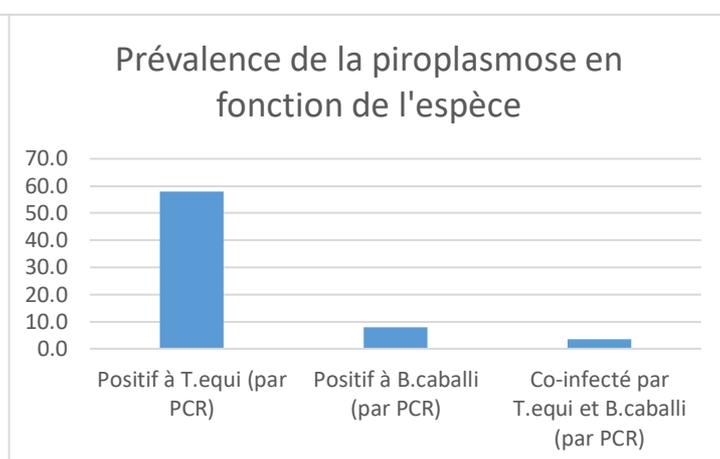


Figure 16 : Prévalence de la piroplasmose en fonction de l'espèce

C. Signalement du cheval

1. Description de l'échantillon

Dans l'étude ont été intégrés 88 équidés qui étaient tous des chevaux. Parmi eux, 51 étaient des juments, 26 étaient des hongres et 11 étaient des étalons. 23 chevaux avaient moins de 5 ans, 40 avaient entre 5 et 15 ans et 25 avaient plus de 16 ans. Parmi les races présentes, nous avons 21 selle-français, 21 poneys, 12 OC ou ONC, 7 chevaux ibériques, 6 chevaux arabes, 5 trotteurs français et 15 chevaux de races variées (catégorie *autre*). Lors de notre étude, des prélèvements ont été effectués sur différentes saisons : 21 en automne, 48 en hiver, 16 au printemps et 3 en été. Dans l'étude, 6 chevaux venaient pour colique et/ou diarrhée, 2

venaient pour hyperthermie, 3 venaient pour œdèmes, abattement et/ou dysorexie et les 77 autres équidés venaient pour un motif de consultation différent.

2. Résultats de prévalence

a) Le sexe

Les résultats de prévalence d'infestation en fonction du sexe sont présentés dans le tableau ci-dessous, mis en forme sous la forme d'un graphique en barre.

Tableau 4 : Prévalence de *T. equi* en fonction du sexe

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>T. equi</i>		Négatifs à <i>T. equi</i>		p-value	
Juments	30	58,8	[45,3 ; 72,3]	21	41,2	[27,7 ; 54,7]	0,77
Mâles castrés	15	53,6	[35,1 ; 72]	13	46,4	[28 ; 64,9]	
Mâles entiers	6	66,7	[35,9 ; 97,5]	3	33,3	[2,5 ; 64,1]	

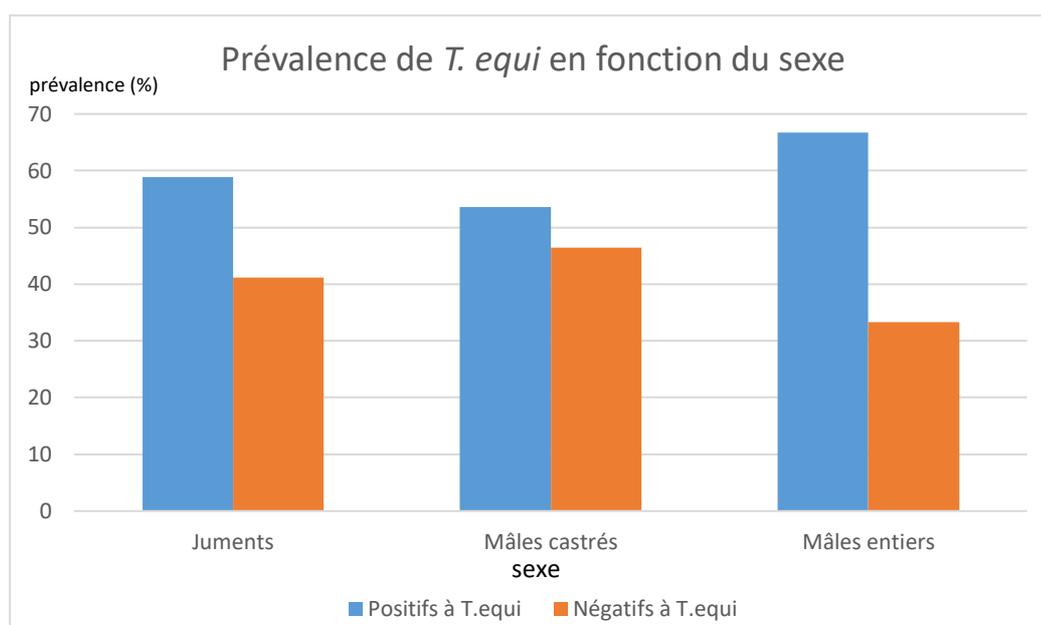
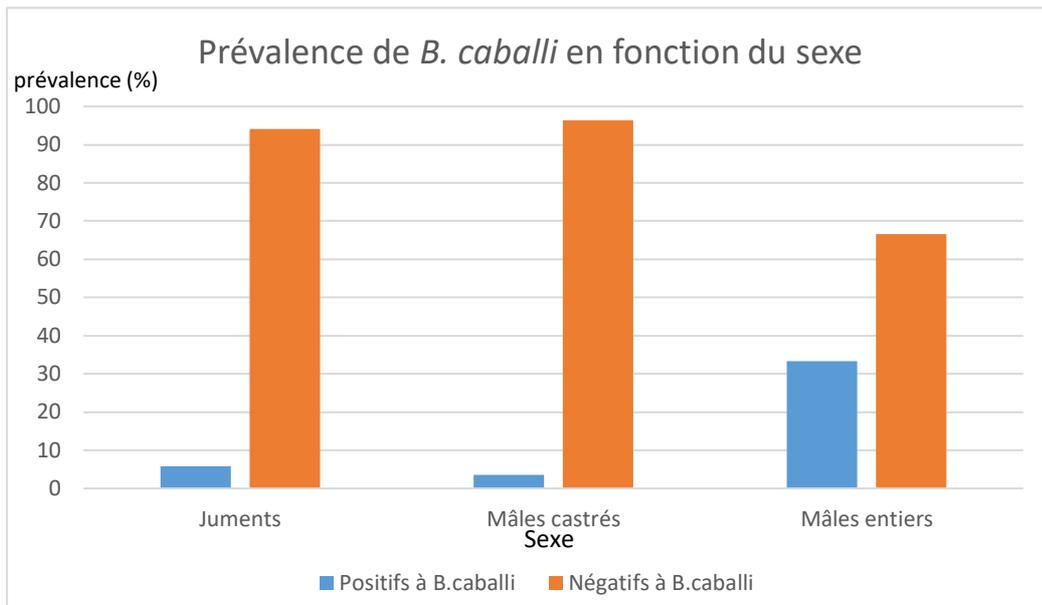


Figure 18 : Prévalence de *T. equi* en fonction du sexe

Tableau 5 : Prévalence de *B. caballi* en fonction du sexe

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>B. caballi</i>		Négatifs à <i>B. caballi</i>		p-value	
Juments	3	5,9	[0 ; 12,3]	48	94,1	[87,7 ; 100]	0.01
Mâles castrés	1	3,6	[0 ; 10,4]	27	96,4	[89,5 ; 100]	
Mâles entiers	3	33,3	[2,5 ; 64,1]	6	66,7	[35,9 ; 97,5]	



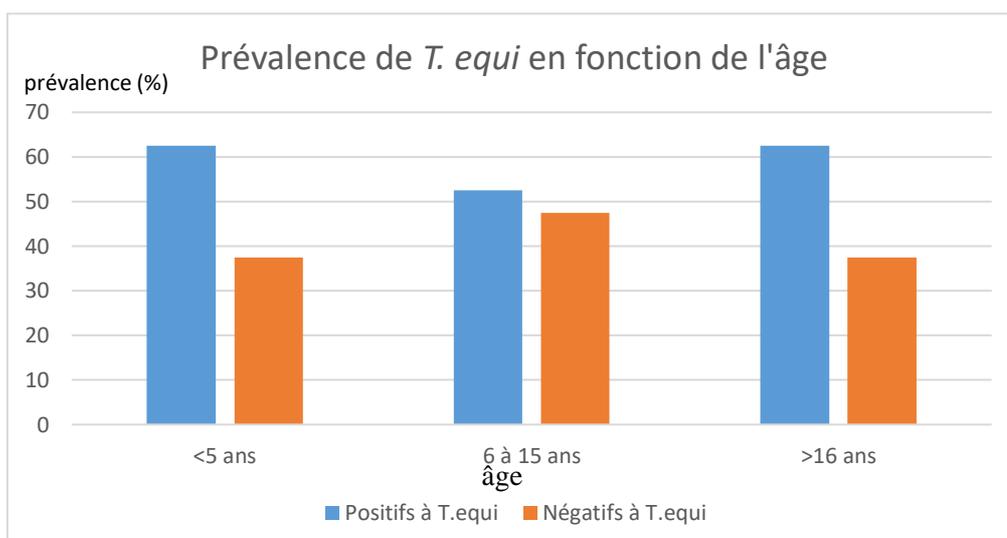
*Figure 19 : Prévalence de *B. caballi* en fonction du sexe*

b) L'âge

Les résultats de prévalence d'infestation en fonction de l'âge sont présentés dans le tableau ci-dessous, mis en forme sous la forme d'un graphique en barre.

*Tableau 6 : Prévalence de *T. equi* en fonction de l'âge*

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>T. equi</i>		Négatifs à <i>T. equi</i>		p-value
Moins de 5 ans	15	62,5	[43,1 ; 81,9]	9	37,5 [18,1 ; 56,9]	0,64
Entre 6 et 15 ans	21	52,5	[37 ; 68]	19	47,5 [32 ; 63]	
Plus de 16 ans	15	62,5	[43,1 ; 81,9]	9	37,5 [18,1 ; 56,9]	



*Figure 20 : Prévalence de *T. equi* en fonction de l'âge*

Tableau 7 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de l'âge

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>B. caballi</i>		Négatifs à <i>B. caballi</i>		p-value
Moins de 5 ans	6	25	[7,7 ; 42,3]	18	75	0,006
Entre 6 et 15 ans	1	2,5	[0 ; 7,3]	39	97,5	
Plus de 16 ans	1	4,2	[0 ; 12,2]	23	95,8	

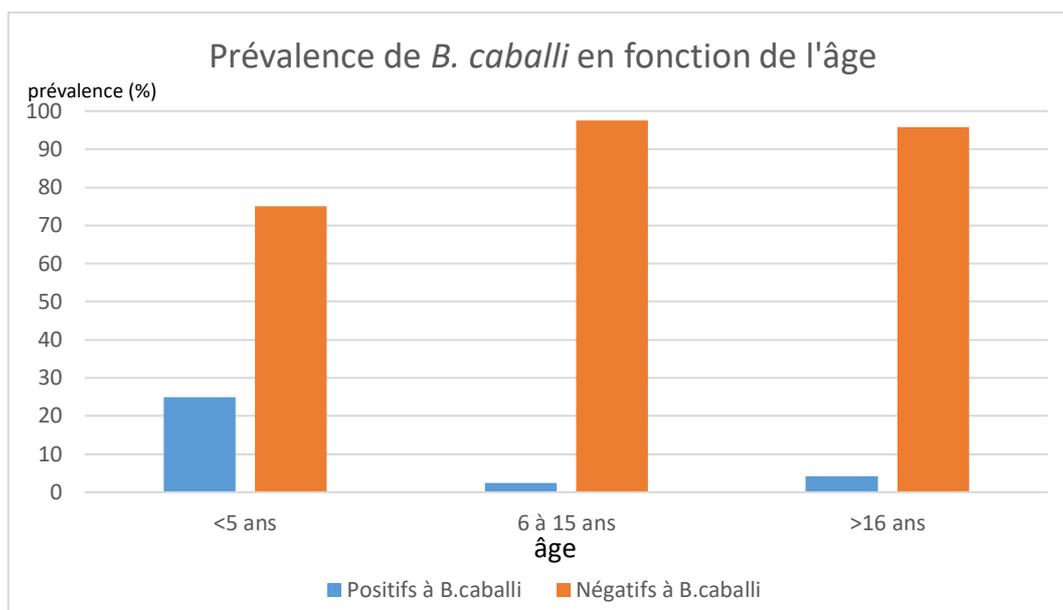


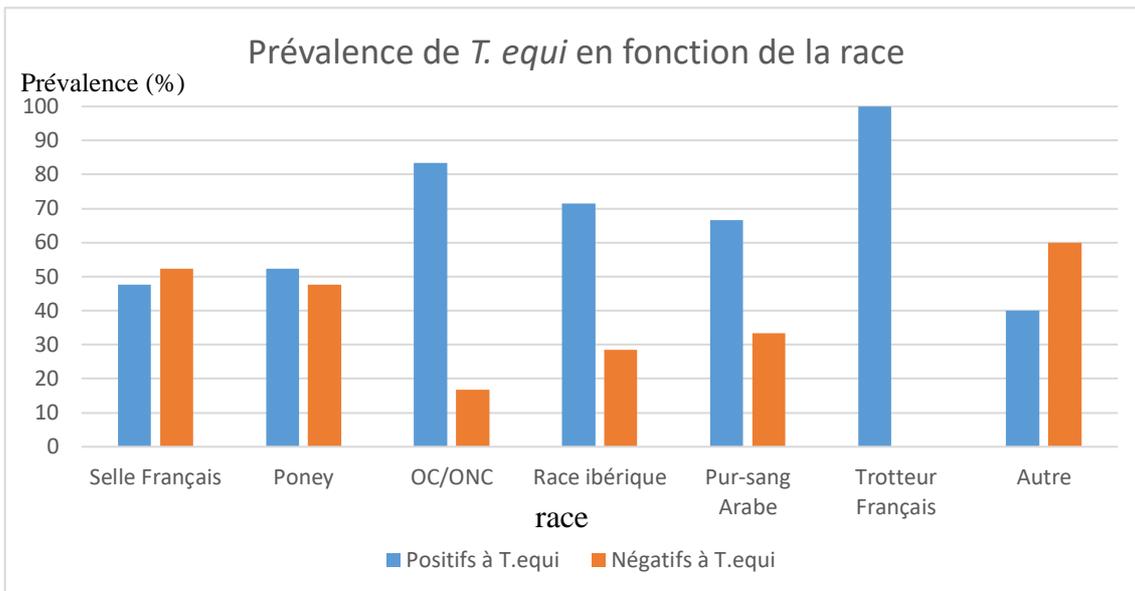
Figure 21 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de l'âge

c) La race

Les résultats de prévalence d'infestation en fonction de la race sont présentés dans le tableau ci-dessous, mis en forme sous la forme d'un graphique en barre.

Tableau 8 : Prévalence de *T. equi* en fonction de la race

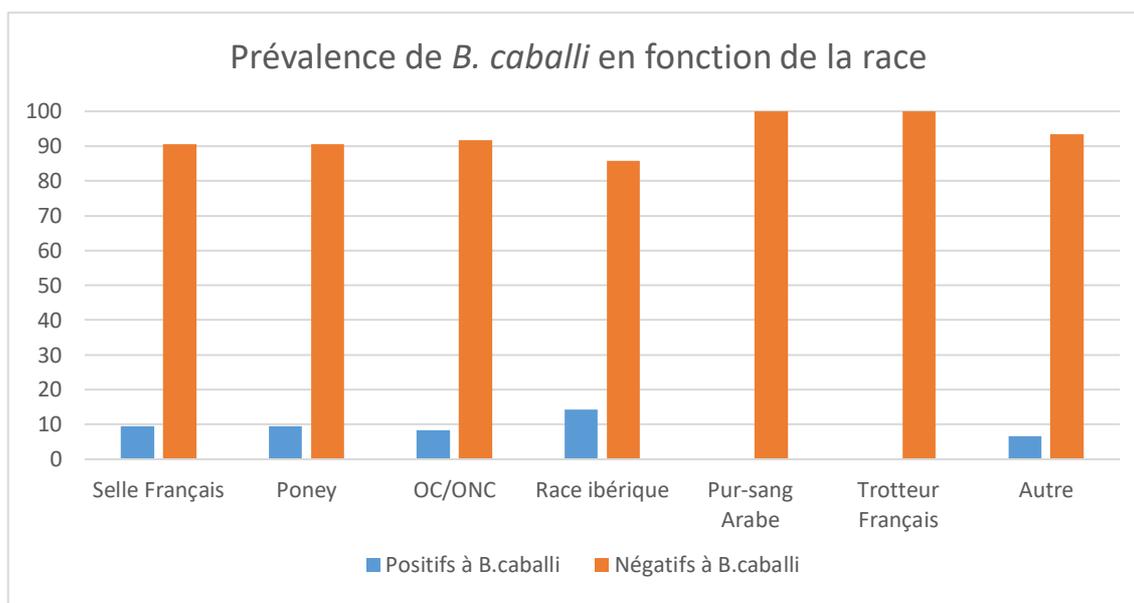
N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>T. equi</i>		Négatifs à <i>T. equi</i>		p-value
Selle Français	10	47,6	[26,3 ; 69]	11	52,4	0,1
Poney	11	52,4	[31 ; 73,7]	10	47,6	
OC/ONC	10	83,3	[62,2 ; 100]	2	16,7	
Race ibérique	5	71,4	[38 ; 100]	2	28,6	
Pur-sang Arabe	4	66,7	[29 ; 100]	2	33,3	
Trotteur Français	5	100		0	0	
Autre	6	40	[15,2 ; 64,8]	9	60	



*Figure 22 : Prévalence de *T. equi* en fonction de la race*

*Tableau 9 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de la race*

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>B. caballi</i>		Négatifs à <i>B. caballi</i>		p-value	
Selle Français	2	9,5	[0 ; 22,1]	19	90,5	[87,9 ; 100]	0,96
Poney	2	9,5	[0 ; 22,1]	19	90,5	[87,9 ; 100]	
OC/ONC	1	8,3	[0 ; 24]	11	91,7	[76 ; 100]	
Race ibérique	1	14,3	[0 ; 40]	6	85,7	[60 ; 100]	
Pur-sang Arabe	0	0		6	100		
Trotteur Français	0	0		5	100		
Autre	1	6,7	[0 ; 19,3]	14	93	[80,7 ; 100]	



*Figure 23 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de la race*

d) La saison

Les résultats de prévalence d'infestation en fonction de la saison de prélèvement sont présentés dans le tableau ci-dessous, mis en forme sous la forme d'un graphique en barre.

Tableau 10 : Prévalence de T. equi en fonction de la saison

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>T. equi</i>		Négatifs à <i>T. equi</i>		p-value	
Automne	10	47,6	[26,3 ; 69]	11	52,4	[31 ; 73,7]	0,16
Hiver	33	68,8	[55,6 ; 81,9]	15	31,2	[18,1 ; 44,4]	
Printemps	7	43,8	[19,4 ; 68,1]	9	56,2	[31,9 ; 80,6]	
Été	1	33,3	[0 ; 86,7]	2	66,7	[13,3 ; 100]	

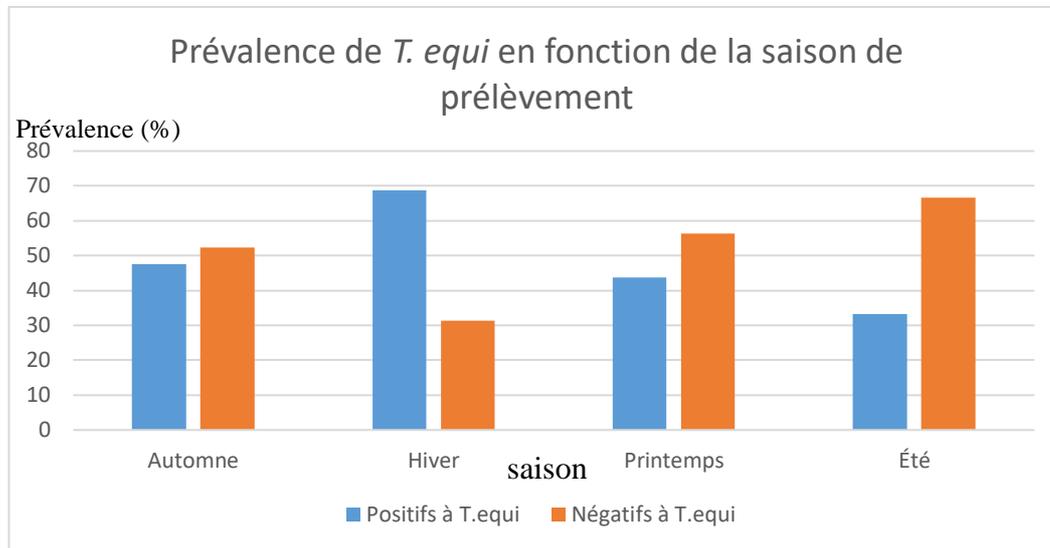


Figure 24 : Prévalence de T. equi en fonction de la saison

Tableau 11 : Prévalence de B. caballi en fonction de la saison

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>B. caballi</i>		Négatifs à <i>B. caballi</i>		p-value	
Automne	0	0		21	100	0,0008	
Hiver	3	6,2	[0 ; 13,1]	45	93,8		[86,9 ; 100]
Printemps	2	12,5	[0 ; 28,7]	14	87,5		[71,3 ; 100]
Été	2	66,7	[13,3 ; 100]	1	33,3		[0 ; 86,7]

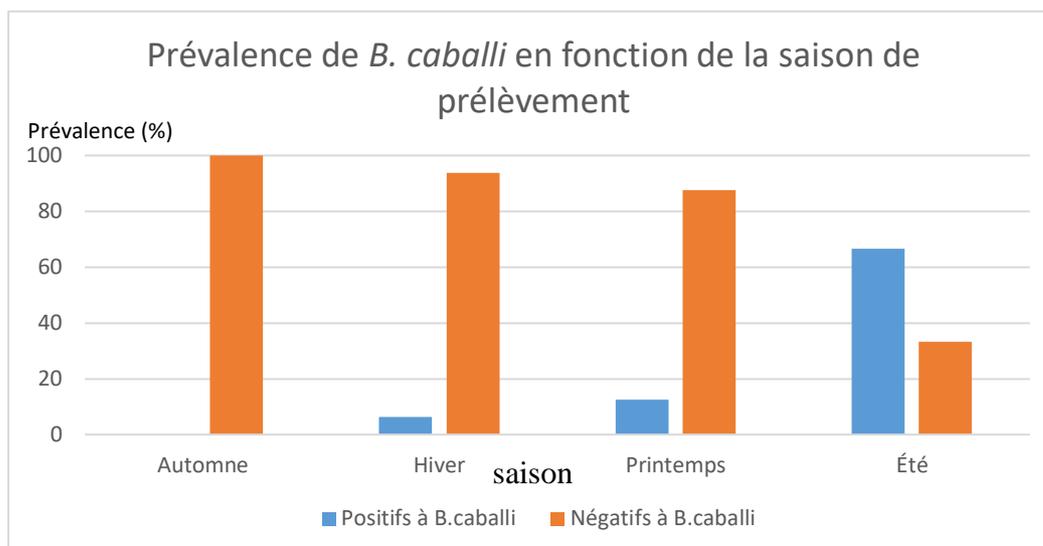


Figure 25 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de la saison

3. Résultats sur les facteurs de risque

L'étude statistique pour l'agent pathogène *T. equi* ne permet pas de mettre en évidence de prédisposition d'un sexe quant à l'infestation par ce pathogène ($p\text{-value} = 0,77$). *B. caballi* semble montrer une corrélation entre le sexe et la présence du parasite : les mâles entiers semblent prédisposés au fait d'être porteurs de *B. caballi* ($p\text{-value} = 0,01$).

Pour le parasite *T. equi*, l'analyse statistique n'a pas permis de mettre en évidence de différence d'infestation en fonction de l'âge. ($p\text{-value} = 0,64$). En revanche, pour *B. caballi*, les plus jeunes sont significativement plus touchés que les animaux âgés.

Concernant la race, pour *T. equi* comme pour *B. caballi* respectivement, aucune tendance ne semble apparaître. ($p\text{-value} = 0.10$ et $p\text{-value} = 0.96$ respectivement).

Pour *T. equi*, il n'y a pas de corrélation entre la saison de prélèvement et l'infestation parasitaire ($p\text{-value} = 0.16$).

En revanche, pour *B. caballi*, l'infestation parasitaire se fait préférentiellement en été ($p\text{-value} = 0.0008$)

4. Le lieu de vie

a) Pour *T. equi*

La prévalence de *T. equi* est étudiée en fonction de la vie au pré en permanence ou en alternance avec le box, de la présence d'herbe haute dans le pré ou non, de la présence d'une haie/forêt adjacente au pré ou non, de la présence d'un point d'eau naturel dans le pré ou non, du contact avec des animaux sauvages ou non, du contact avec des animaux domestiques ou non, de l'observation de tiques sur l'équidé ou non et du mode de vie en groupe ou non de l'équidé.

L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau ci-dessous. Les tests réalisés ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre les différents groupes.

Tableau 12 : Prévalence de T. equi en fonction du mode et lieu de vie de l'équidé

N	% [IC]	Positif à <i>T. equi</i>		Négatif à <i>T. equi</i>		p-value
Vie au pré		34	60,7 [47,9 ; 73,5]	22	39,3 [26,5 ; 52,1]	0,52
Alternance pré/box		12	50 [30 ; 70]	12	50 [30 ; 70]	
Herbes hautes		35	59,3 [46,8 ; 71,8]	24	40,7 [28,2 ; 53,2]	0,39
Autre		11	52,4 [31 ; 73,8]	10	47,6 [26,2 ; 69]	
Adjacent à une forêt/haie		24	53,3 [38,7 ; 67,9]	21	46,7 [32,1 ; 61,3]	0,53
Non-adjacent		22	62,8 [46,8 ; 78,8]	13	37,2 [21,2 ; 53,2]	
Présence d'un point d'eau		21	72,4 [56,1 ; 88,7]	8	27,6 [11,3 ; 43,9]	0,07
Absence d'un point d'eau		25	49 [35,3 ; 62,7]	26	51 [37,3 ; 64,7]	
Contact avec animaux sauvages		40	58 [46,3 ; 69,6]	29	42 [30,4 ; 53,7]	1
Pas de contact		6	60 [29,6 ; 90,4]	4	40 [9,6 ; 70,4]	
Contact avec animaux domestiques		37	61,7 [49,4 ; 74]	23	38,3 [26 ; 50,6]	0,29
Pas de contact		9	45 [23,2 ; 66,8]	11	55 [33,2 ; 76,8]	
Tiques observées sur l'équidé		30	58,8 [45,3 ; 72,3]	21	41,2 [27,7 ; 54,7]	0,93
Non-observées		16	55,2 [37,1 ; 73,3]	13	44,8 [26,7 ; 62,9]	
Vie avec d'autres équidés		39	60 [48,1 ; 71,9]	26	40 [28,1 ; 51,9]	0,51
Vie solitaire		7	46,7 [21,5 ; 71,9]	8	53,3 [28,1 ; 78,5]	

b) Pour *B. caballi*

Comme pour *T. equi*, la prévalence de *B. caballi* est étudiée en fonction de la vie au pré en permanence ou en alternance avec le box, de la présence d'herbe haute dans le pré ou non, de la présence d'une haie/forêt adjacente au pré ou non, de la présence d'un point d'eau naturel dans le pré ou non, du contact avec des animaux sauvages ou non, du contact avec des animaux domestiques ou non, de l'observation de tiques sur l'équidé ou non et du mode de vie en groupe ou non de l'équidé.

L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau ci-dessous. Les tests réalisés ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative entre les différents groupes.

Tableau 13 : Prévalence de *B. caballi* en fonction du mode et lieu de vie de l'équidé

N	% [IC]	Positif à <i>B. caballi</i>		Négatif à <i>B. caballi</i>		p-value
Vie au pré		6	10,8 [2,7 ; 18,9]	50	89,2 [81,1 ; 97,3]	0,6
Alternance pré/box		1	4,2 [0 ; 12,2]	23	95,8 [87,8 ; 100]	
Herbes hautes		7	11,9 [3,6 ; 20,2]	52	88,1 [79,8 ; 96,4]	0,23
Autre		0	0	21	100	
Adjacent à une forêt/haie		7	14,9 [4,7 ; 25,1]	40	85,1 [74,9 ; 92,3]	0,13
Non-adjacent		0	0	23	100	
Présence d'un point d'eau		5	17,2 [3,5 ; 30,1]	24	82,8 [69,1 ; 96,5]	0,11
Absence d'un point d'eau		2	3,9 [0 ; 9,2]	49	96,1 [90,8 ; 100]	
Contact avec animaux sauvages		6	8,7 [2 ; 15,3]	63	91,3 [84,7 ; 98]	0,39
Pas de contact		1	10 [0 ; 28,6]	9	90 [71,4 ; 100]	
Contact avec animaux domestiques		4	7 [0,7 ; 13,5]	58	93 [86,6 ; 99,3]	0,67
Pas de contact		3	13 [0 ; 28,5]	15	87 [71,5 ; 100]	
Tiques observées sur l'équidé		6	11,8 [2,9 ; 20,6]	45	88,2 [79,3 ; 97,1]	0,39
Non-observées		1	3,4 [0 ; 10]	28	96,6 [90 ; 100]	
Vie avec d'autres équidés		7	10,8 [3,3 ; 18,3]	58	89,2 [81,7 ; 96,7]	0,41
Vie solitaire		0	0	15	100	

D. Le motif de consultation

Les résultats sont présentés ci-dessous et aucune corrélation n'est montrée entre le motif de consultation et le fait d'être porteur de *T. equi* et *B. caballi* respectivement (p -value=0,46 et p -value = 0,66 resp.).

Tableau 14 : Prévalence de *T. equi* en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>T. equi</i>		Négatifs à <i>T. equi</i>		p-value
Présence de symptômes		8	72,7 [46,4 ; 99]	3	27,3 [1 ; 53,6]	0,46
Absence de symptômes		43	55,8 [44,7 ; 66,9]	34	44,2 [33,1 ; 55,3]	

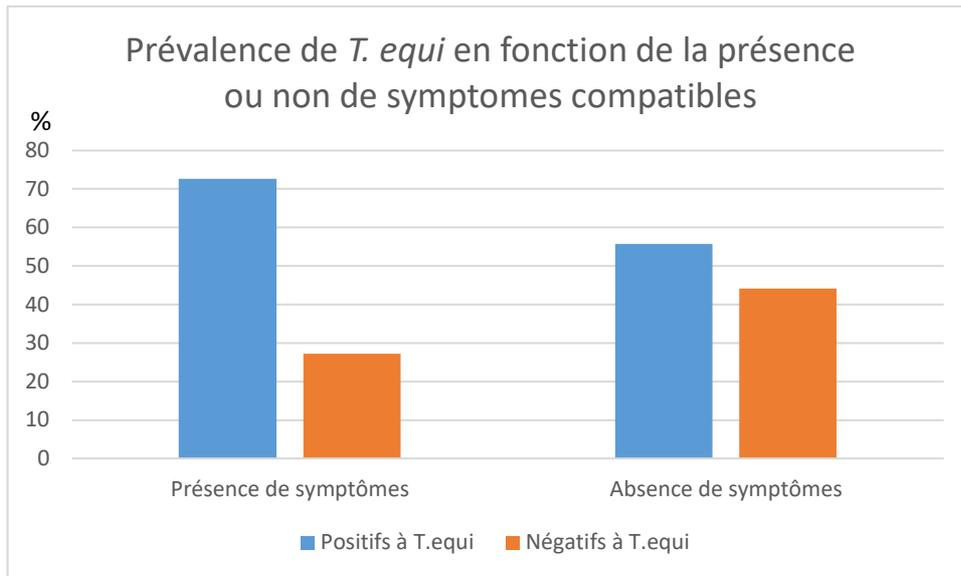


Figure 26 : Prévalence de *T. equi* en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles

Tableau 15 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles

N	% [IC ₉₅]	Positifs à <i>B. caballi</i>		Négatifs à <i>B. caballi</i>		p-value
		N	%	N	%	
Présence de symptômes		0	0	11	100	0,66
Absence de symptômes		7	9,1 [2,7 ; 15,5]	70	90,9 [84,5 ; 97,3]	

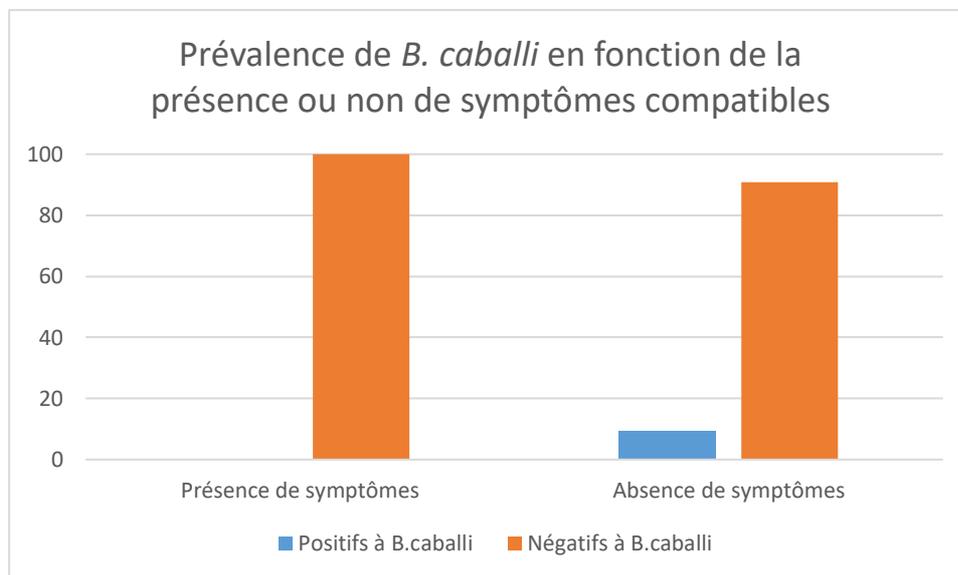


Figure 27 : Prévalence de *B. caballi* en fonction de la présence ou non de symptômes compatibles

E. Les données paracliniques

1. La lignée rouge

L'hématocrite des chevaux porteurs ou non de *B. caballi* est représenté ci-dessous sous-forme de *boxplot*. L'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence de différence significative ($p\text{-value}=0,65$).

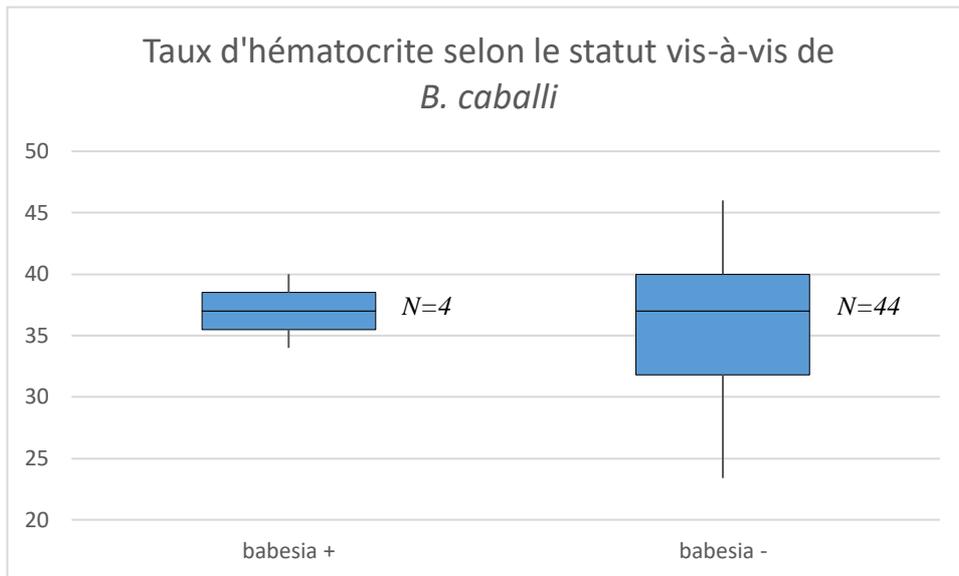


Figure 28 : Taux d'hématocrite selon le statut vis-à-vis de *B. caballi*

De même, pour *T. equi*, l'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence de différence significative ($p\text{-value}=0,67$).

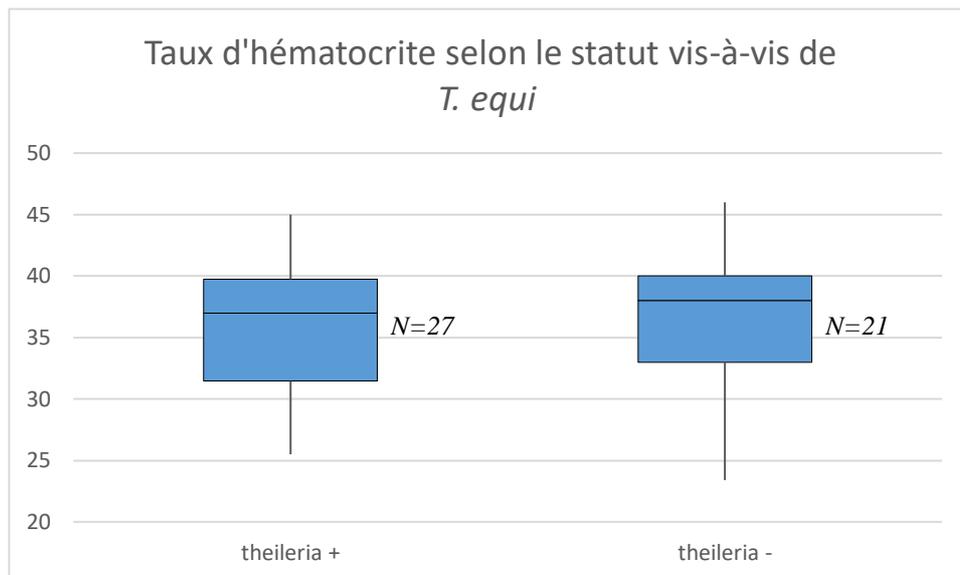


Figure 29 : Taux d'hématocrite selon le statut vis-à-vis de *T. equi*

Pour le taux d'hémoglobine, l'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence de différence significative entre les deux groupes par rapport au portage du parasite *T. equi* ($p\text{-value}=0,40$).

Cette analyse n'a pas pu être réalisée pour *B. caballi* du fait du trop faible effectif concernant ce paramètre.

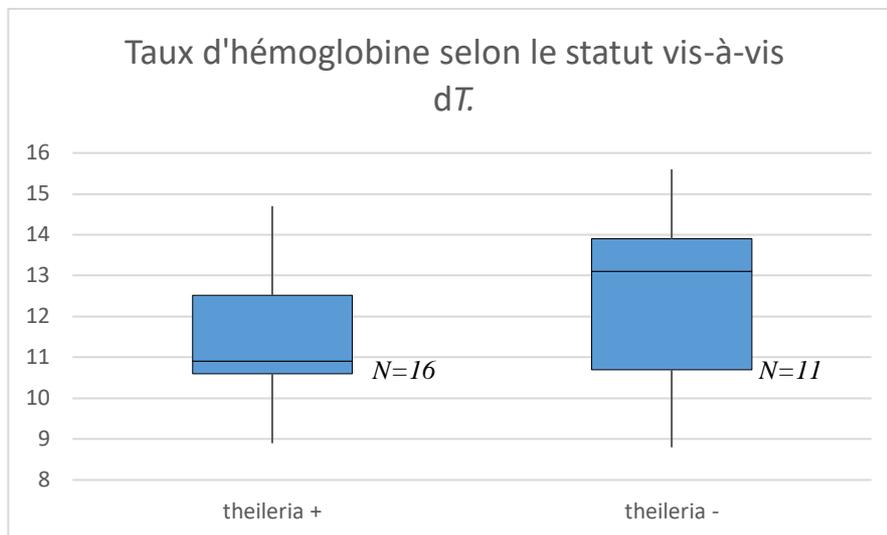


Figure 30 : Taux d'hémoglobine selon le statut vis-à-vis de *T. equi*

2. La lignée blanche

L'analyse du taux de leucocytes en fonction du portage de *T. equi* ne permet pas de mettre en évidence de différence significative entre les deux groupes ($p\text{-value}=0,07$). Une tendance à la leucopénie semble apparaître pour les porteurs de *T. equi*. Cette analyse n'a pas pu être réalisée pour *B. caballi* du fait du trop faible effectif concernant ce paramètre.

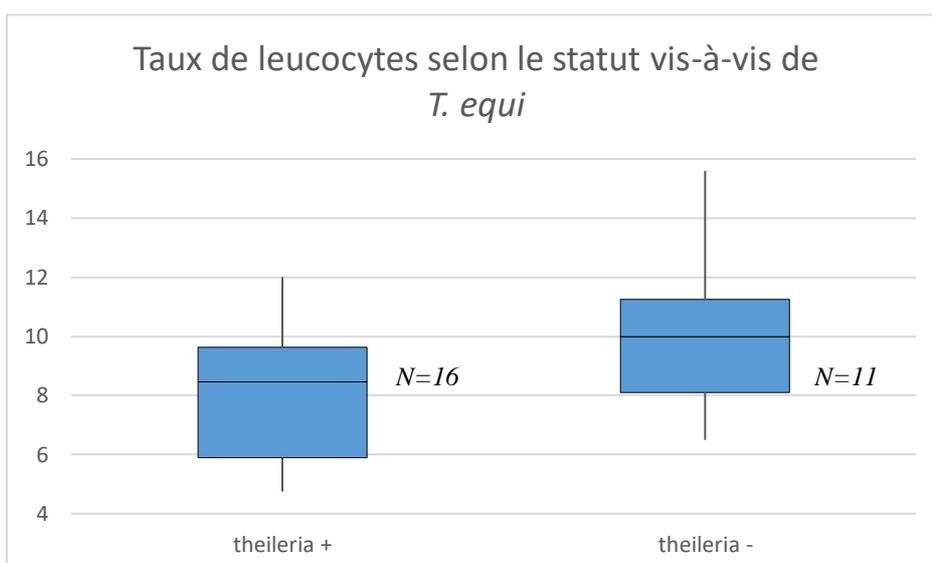


Figure 31 : Taux de leucocytes selon le statut vis-à-vis de *T. equi*

De même, pour le taux de polynucléaires neutrophiles, aucune différence significative n'est observée ($p\text{-value}=0,051$). Une tendance à la neutropénie semble apparaître pour les porteurs de *T. equi*.

Cette analyse n'a pas pu être réalisée pour *B. caballi* du fait du trop faible effectif concernant ce paramètre.

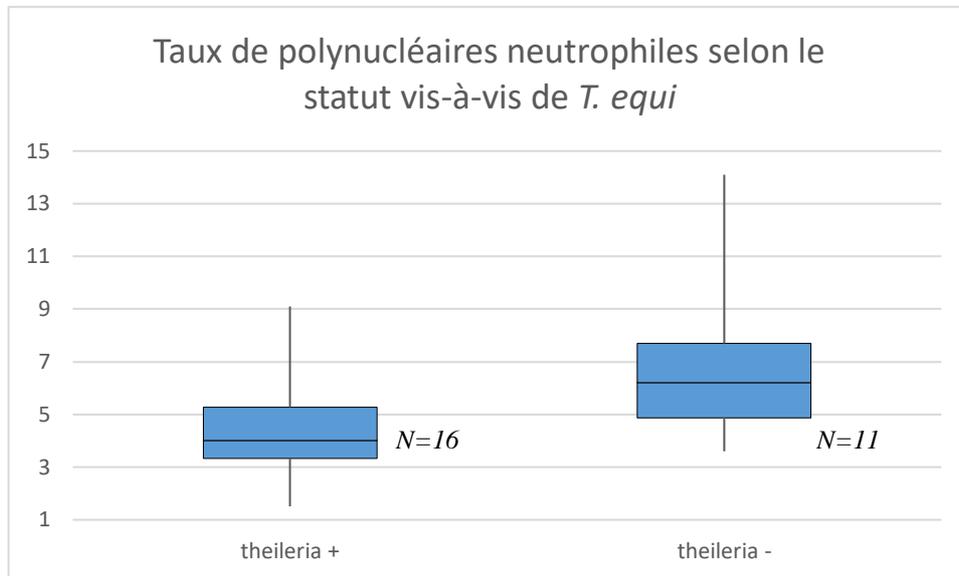


Figure 32 : Taux de polynucléaires neutrophiles selon le statut vis-à-vis de T. equi

3. Paramètres biochimiques

Le taux de bilirubine sérique est présenté ci-dessous. Aucune différence significative n'est mise en évidence entre les deux groupes par rapport à l'état d'infestation par le parasite *T. equi* ($p\text{-value}=0,84$).

Cette analyse n'a pas pu être réalisée pour *B. caballi* du fait du trop faible effectif concernant ce paramètre.

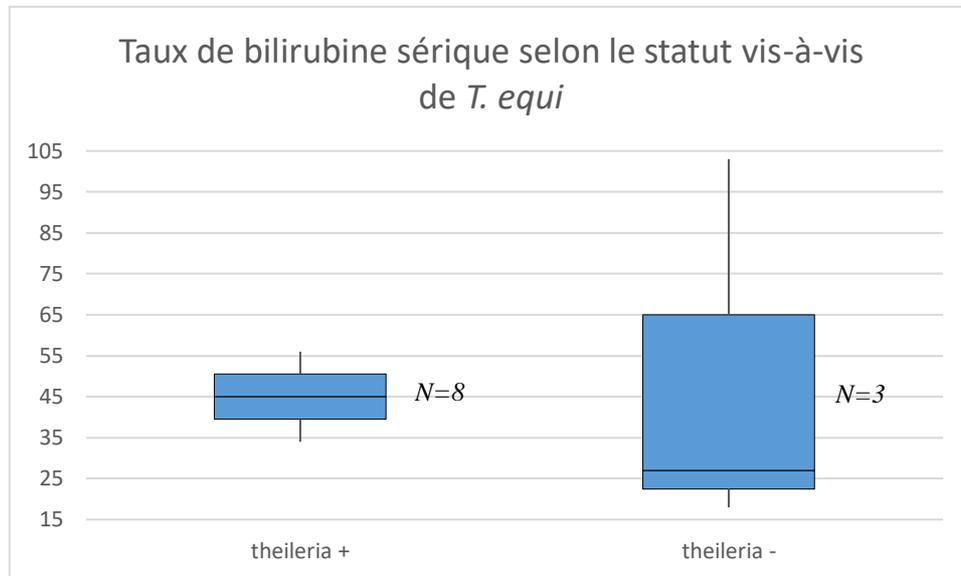


Figure 33 : Taux de bilirubine sérique selon le statut vis-à-vis de *T. equi*

De même, le taux des GGT sérique est présenté ci-dessous. Aucune différence significative n'est mise en évidence entre les deux groupes par rapport à l'état d'infestation par le parasite *B. caballi* ($p\text{-value}=0,52$).

Cette analyse n'a pas pu être réalisée pour *B. caballi* du fait du trop faible effectif concernant ce paramètre.

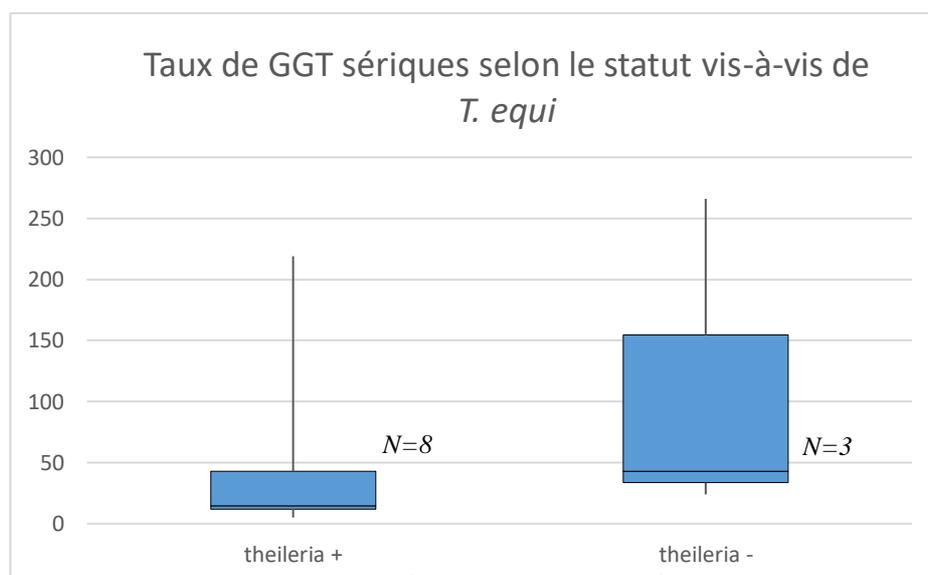


Figure 34 : Taux de GGT sériques selon le statut vis-à-vis de *T. equi*

F. Complications au cours de l'hospitalisation

Sur les 88 chevaux intégrés dans l'étude, 64 ont subi une hospitalisation et 39 ont été opérés.

1. L'hyperthermie

Les résultats concernant l'hyperthermie en fonction du statut d'infestation sont présentés ci-dessous.

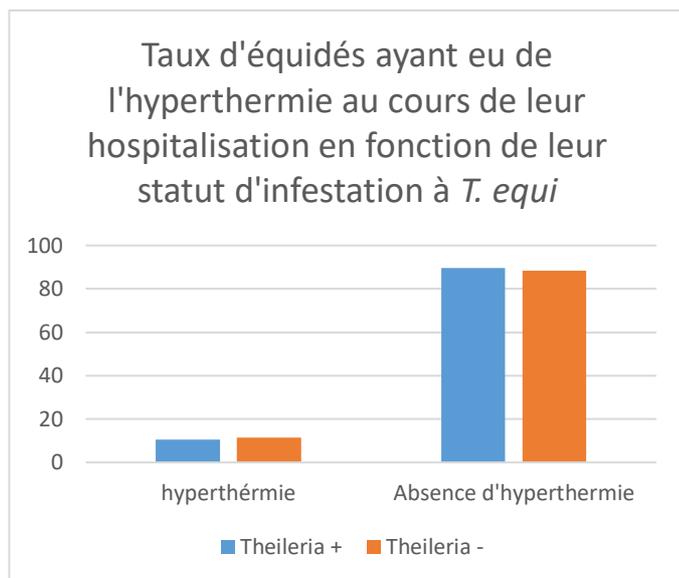


Figure 36 : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

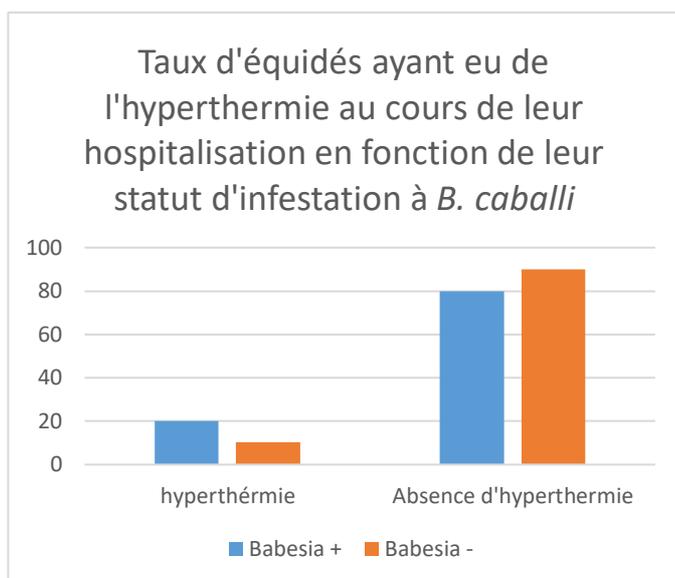


Figure 35 : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

Tableau 16 : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

N	% [IC ₉₅]	Hyperthermie		Absence d'hyperthermie		p-value
Positifs à <i>T. equi</i>		4	10,5 [0,7 ; 20,3]	34	89,5 [79,7 ; 99,3]	0,53
Négatifs à <i>T. equi</i>		3	11,5 [0 ; 23,7]	23	88,5 [76,3 ; 100]	

Tableau 17 : Taux d'équidés ayant eu de l'hyperthermie au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

N	% [IC ₉₅]	Hyperthermie		Absence d'hyperthermie		p-value
Positifs à <i>B. caballi</i>		1	20 [0 ; 55,1]	4	80 [45,9 ; 100]	1
Négatifs à <i>B. caballi</i>		6	10,2 [2,5 ; 17,9]	53	89,8 [82,1 ; 97,5]	

2. Les phlébites

Les résultats sont présentés ci-dessous.

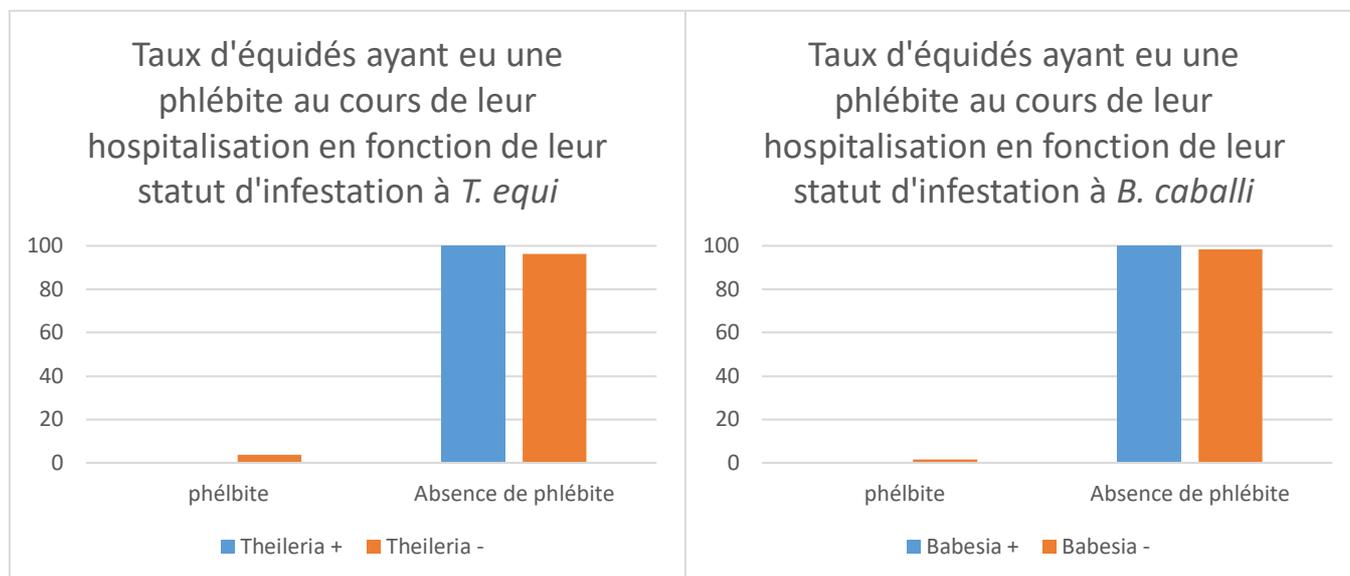


Figure 38 : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

Figure 37 : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

Tableau 18 : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

N	% [IC ₉₅]	Phlébite		Absence de phlébite		p-value
Positifs à <i>T. equi</i>		0	0	38	100	0,85
Négatifs à <i>T. equi</i>		1	3,8 [0 ; 11,2]	25	96,2 [88,8 ; 100]	

Tableau 19 : Taux d'équidés ayant eu une phlébite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

N	% [IC ₉₅]	Phlébite		Absence de phlébite		p-value
Positifs à <i>B. caballi</i>		0	0	5	100	1
Négatifs à <i>B. caballi</i>		1	1,7 [0 ; 5]	58	98,3 [95 ; 100]	

3. Les entérocolites

Les résultats sont représentés ci-dessous.

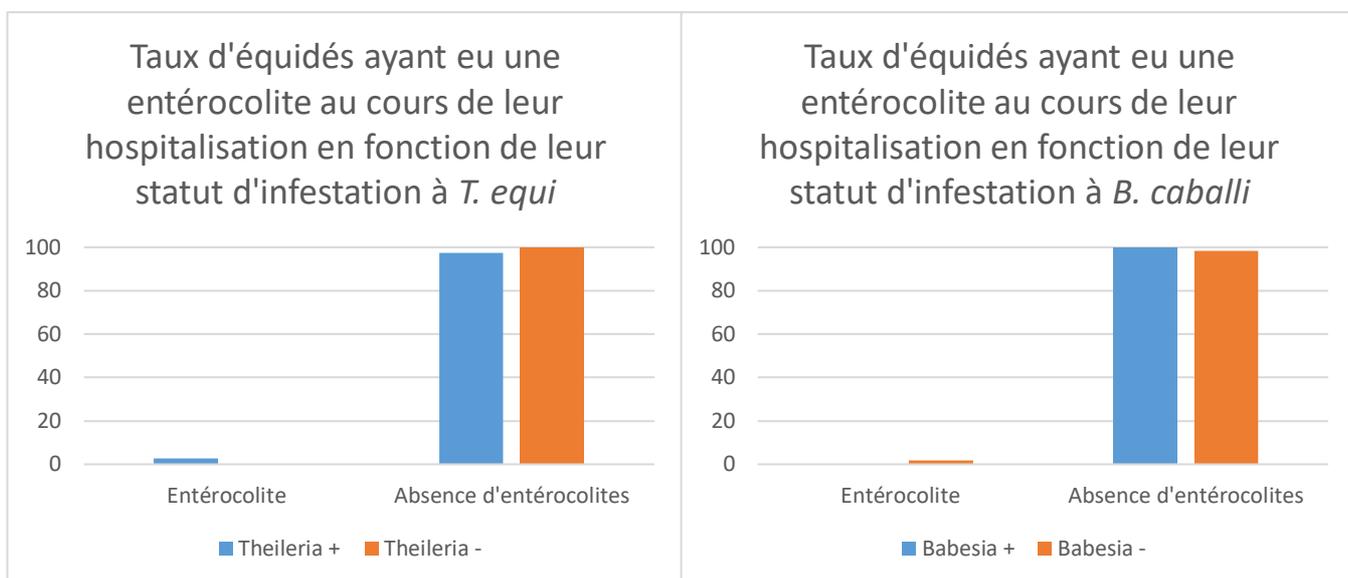


Figure 39 : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

Figure 40 : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

Tableau 20 : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

N	% [IC ₉₅]	Entérocolite		Absence d'entérocolite		p-value
		N	% [IC ₉₅]	N	% [IC ₉₅]	
Positifs à <i>T. equi</i>		1	2,6 [0 ; 7,7]	37	97,4 [92,3 ; 100]	1
Négatifs à <i>T. equi</i>		0	0	26	100	

Tableau 21 : Taux d'équidés ayant eu une entérocolite au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

N	% [IC ₉₅]	Entérocolite		Absence d'entérocolite		p-value
		N	% [IC ₉₅]	N	% [IC ₉₅]	
Positifs à <i>B. caballi</i>		0	0	5	100	1
Négatifs à <i>B. caballi</i>		1	1,7 [0 ; 5]	57	98,3 [95 ; 100]	

4. Les infections au site opératoire

Les résultats sont représentés ci-dessous.

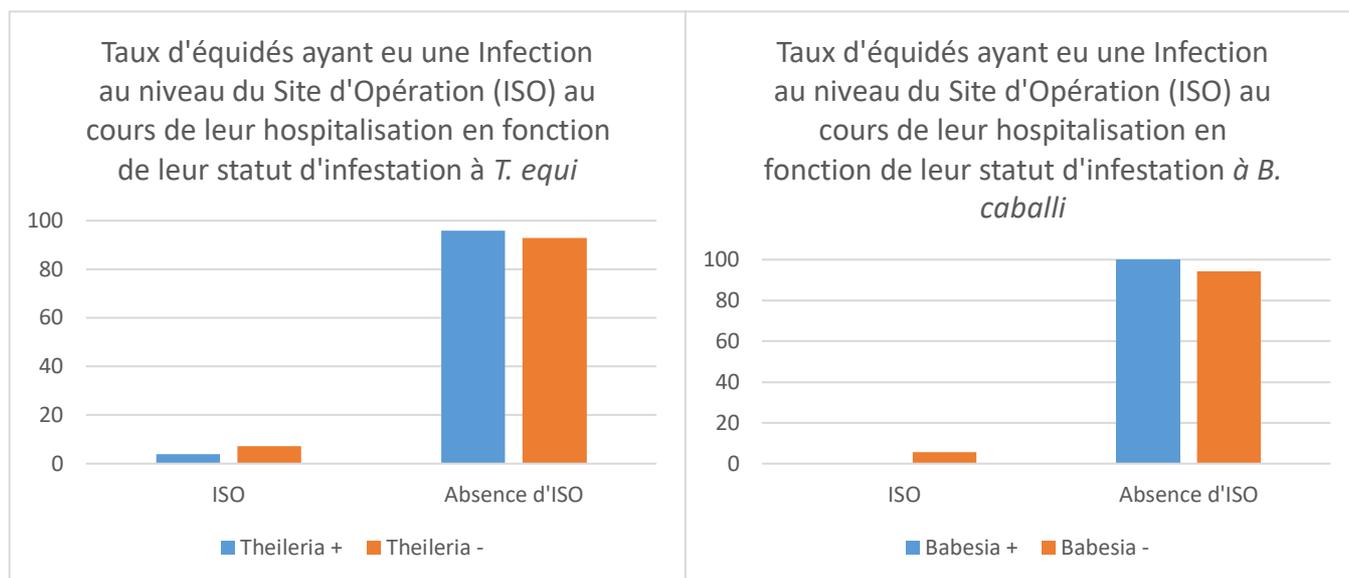


Figure 42 : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

Figure 41 : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

Tableau 22 : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *T. equi*

N	% [IC ₉₅]	ISO		Absence d'ISO		p-value
		N	% [IC ₉₅]	N	% [IC ₉₅]	
Positifs à <i>T. equi</i>		1	4 [0 ; 11,7]	24	96 [88,3 ; 100]	1
Négatifs à <i>T. equi</i>		1	7,1 [0 ; 20,6]	13	92,9 [79,4 ; 100]	

Tableau 23 : Taux d'équidés ayant eu une Infection au niveau du Site d'Opération (ISO) au cours de leur hospitalisation en fonction de leur statut d'infestation à *B. caballi*

N	% [IC ₉₅]	ISO		Absence d'ISO		p-value
		N	% [IC ₉₅]	N	% [IC ₉₅]	
Positifs à <i>B. caballi</i>		0	0	4	100	1
Négatifs à <i>B. caballi</i>		2	5,7 [0 ; 13,4]	33	94,3 [86,6 ; 100]	

IV. Discussion

Pour rappel, la prévalence de la piroplasmose équine obtenue dans notre étude est de 62,5% de l'effectif total, avec une prédominance du parasite *T. equi* sur *B. caballi*. Des facteurs de risque mis en évidence pour l'infestation à *B. caballi* sont apparus comme le fait d'être un mâle entier, d'être un équidé de moins de cinq ans ou encore la saison estivale. En revanche, nous n'avons pas trouvé de différence significative quant aux modifications des paramètres sanguins des équidés atteints par rapport aux équidés sains. Enfin, nous n'avons pas pu, du fait de l'effectif restreint de chevaux inclus dans l'étude, connaître l'influence de l'infestation parasitaire sur les complications que peuvent avoir les équidés au cours de l'hospitalisation.

A. Biais et limites de cette étude

1. Biais de sélection

Dans notre étude, l'effectif total est insuffisant pour avoir de vraies différences significatives. Ceci peut être expliqué par différents facteurs :

- Le fait que l'étude s'est déroulée sur un temps limité dû à un lancement à la *Clinéquine* de *VetagroSup Lyon* en novembre 2020 et la fin des récoltes des données en Juillet 2021. Les personnes impliquées dans ce projet n'étaient pas présentes sur le site pour la récolte des données au-delà de cette date. Dans certaines catégories, l'effectif est donc plutôt faible par rapport à d'autres.
- Les consultations de type *urgence* ne permettaient pas toujours d'intégrer les chevaux du fait de l'enchaînement plus rapide de la consultation, du stress des propriétaires et du caractère non-prioritaire de l'étude face au pronostic vitale de l'animal.
- Les propriétaires particuliers étaient plus souvent intéressés que les autres types de propriétaire. En effet, ceux-ci avaient souvent plus de temps à accorder pour remplir le formulaire d'inclusion à l'étude et portaient souvent un intérêt particulier à cette maladie. Enfin, la piroplasmose équine étant inculquée comme étant une raison de contre-performance pour l'équidé, de nombreux chevaux de sport avaient déjà été testés au préalable contrairement aux chevaux vivant en extérieur et ayant une activité réduite.
- Certaines semaines, du fait de rotations ne permettant pas le prélèvement de chevaux par les personnes impliquées dans le projet, peu de prélèvements ont été réalisés aboutissant à une semaine plutôt « creuse » en termes de prélèvements.

Enfin, contrairement aux études rétrospectives qui reprennent les chevaux testés en raison d'une suspicion, cette étude prospective n'avait pas comme critère d'inclusion la présence de signes se rapportant à la piroplasmose équine.

2. Biais de recueil des données

Parmi les biais de recueil de données, certains propriétaires n'ont pas renvoyé le formulaire d'inclusion à l'étude, limitant le nombre d'équidés ayant été intégrés à l'étude.

De plus, l'utilisation du dossier Clovis de l'animal et du dossier d'hospitalisation ou de consultation est manipulé et modifié par de nombreuses personnes, étudiants comme internes, résidents ou professeurs. Ainsi, l'information peut être perdue ou modifiée du fait du grand nombre d'intermédiaires.

3. Biais lors de l'analyse statistique

L'analyse statistique qui a été réalisée est une analyse univariée, c'est-à-dire que nous avons pris chacune des variables une à une et cherché à voir s'il existait des différences entre les groupes porteurs de piroplasmose et les groupes sains par rapport à cette variable. Or, cela sous-entend que chaque variable est indépendante des autres. Ce n'est pas toujours le cas et il existe des liens entre certaines d'entre elles, faisant apparaître des facteurs de confusion.

B. Résultats de l'étude

1. Prévalence

Tout d'abord, nous avons pu observer que *T. equi* et *B. caballi* sont deux parasites bien présents en région Auvergne-Rhône-Alpes, avec des prévalences non-négligeables : 62,5% (IC₉₅ : [52,4 ; 72,6]) des équidés étaient porteurs d'au moins un des deux parasites cités précédemment. L'agent causal le plus représenté est *T. equi* : 57,9% (IC₉₅ : [47,6 ; 68,3]) des équidés testés en étaient porteurs, contre 7,9% (IC₉₅ : [2,3 ; 13,6]) pour *B. caballi*.

La prédominance de *T. equi* sur *B. caballi* dans notre étude est en accord avec les résultats de différentes études : les deux méta-analyses le plus récemment publiées par Tirosh-Levy et al. 2020 et Nadal et al. 2021 donnent des prévalences en Europe entre 22,3% et 24,5% pour *T. equi* alors qu'elles se trouvaient plutôt entre 2,4 et 2,5% pour *B. caballi*. Ces prévalences sont moindres par rapport à celles obtenues dans notre étude. Ceci peut être expliqué par le fait que ces valeurs concernent l'Europe entière et qu'on observe des prévalences plus élevées dans les pays méditerranéens.

Une étude avait été menée en 2014 à l'école vétérinaire de Lyon. L'inclusion des cas était différente : comme pour notre étude, les équidés étaient présentés en consultation au CHUVEq de VetagroSup Lyon mais une suspicion clinique entraînait le choix de rechercher les parasites par PCR. Ainsi, la recherche ne se faisait pas de manière aléatoire comme pour notre étude. Cette étude donnait des prévalences de 43% et 5% pour *T. equi* et *B. caballi*

respectivement (Delattre 2014). Ces prévalences sont plus proches de celles de notre étude que les prévalences décrites en Europe.

Une thèse a fait l'objet des résultats de *Pirogotick* et regroupe les cas recueillis dans les quatre écoles nationales vétérinaires françaises. (Muzard 2021). Pour rappel, les cas recueillis au campus vétérinaire de *VetagroSup Lyon* font l'objet de notre étude. Ainsi, cette étude est vraiment comparable à celle présentée dans cette thèse, du fait de méthodes identiques d'inclusion des cas, de test diagnostique utilisé ou encore de temporalité. Les résultats montrent des prévalences nationales comparables à celles obtenues dans notre étude :

- La prévalence de piroplasmose est bien supérieure pour les cas reçus à *VetagroSup Lyon* que pour la prévalence obtenue pour les équidés reçus dans les quatre écoles : 62,5% (IC₉₅ : [47,6 ; 68,3]) contre 37,9% (IC₉₅ : [32,8 - 43,3] pour l'ensemble des écoles).
- Cette différence est due au parasite *T. equi* bien plus présent chez les cas reçus à *VetagroSup Lyon* que ceux reçus dans les autres écoles vétérinaires : 57,9% (IC₉₅ : [47,6 ; 68,3]) contre 35,9% (IC₉₅ : [30,8 – 41,2])
- En revanche, la prévalence de *B. caballi* obtenue dans cette étude est comparable à celle obtenue dans les quatre écoles : 7,9% (IC₉₅ : [2,3 ; 13,6]) contre 2,9% (IC₉₅ : [1,5 – 5,5])

Muzard en 2021 décrivait une prévalence plus élevée de piroplasmose équine dans la partie *sud* de la France. Ces descriptions ont été confirmées par Nadal et al. en 2021 qui décrivait que les régions méditerranéennes avaient des prévalences plus élevées que les régions septentrionales.

Enfin, aucun lieu de la région Auvergne-Rhône-Alpes n'a semblé marquer une certaine prédisposition à l'infestation par l'un ou l'autre parasite.

2. Facteurs de risque à l'infestation

a) Facteurs de risque intrinsèques

Cette étude montre que les jeunes chevaux sont significativement plus touchés par *B. caballi* que les chevaux plus âgés. Nous pouvons relier cette prédominance au fait que les chevaux sont capables de s'immuniser de manière durable contre *B. caballi*. Ainsi, les chevaux ayant acquis une immunité lorsqu'ils étaient plus jeunes sont moins infestés. (Rüegg et al. 2008)(Brüning 1996)

Nous n'avons en revanche pas observé ces résultats pour *T. equi*, pour qui les différences ne sont pas significatives en fonction de l'âge. Nous pouvons expliquer ces résultats par le fait qu'il est très difficile pour les chevaux de s'immuniser contre *T. equi*. Ces derniers restent souvent porteurs toute leur vie de ce parasite.(Rüegg et al. 2008)

Aussi, cette étude met en évidence que les étalons ont significativement plus de chance d'être infestés par *B. caballi* par rapport aux autres équidés de sexe différent. En revanche, nous ne remarquons pas ces résultats pour *T. equi*. Ce résultat est contradictoire avec la publication de Rüegg en 2007 où il avait été montré que les étalons avaient tendance à être assez peu infestés, sûrement lié à leur mode de vie. En effet, les étalons ont plus tendance à vivre en box qu'en extérieur. Nous pouvons relier ce facteur aux résultats du paragraphe précédent qui montraient une augmentation de la prévalence de *B. caballi* chez les jeunes chevaux par rapport aux chevaux plus âgés. En effet, nous observons plus d'étalons chez les jeunes chevaux que chez les chevaux âgés : il s'agit ici d'un facteur de confusion.

Aucune race n'a montré de prédisposition à l'infestation par un de ces deux parasites.

b) Facteurs de risque extrinsèques

Les équidés sont significativement plus souvent infestés par *B. caballi* en été qu'aux autres saisons. L'ensemble des tiques vectrices ont un pic d'activité au printemps ; certaines possèdent un second pic d'activité à l'automne (Taylor et al. 2016). On peut donc certainement mettre en lien cette infestation avec la dynamique des tiques, qui auraient un pic d'activité au printemps lorsque le temps est humide, les températures plutôt bien tolérées et les herbes hautes. Ainsi et du fait de la période d'incubation de 10 à 30 jours, le pic d'infestation se trouverait entre la fin du printemps et l'été. Enfin, les chevaux vivant en alternance entre le box et le pré pâturent majoritairement au printemps et en été lorsque le temps est plus clément. En revanche, ceci n'a pas été retrouvé pour *T. equi*. Une tendance pour une augmentation de l'infestation en hiver semble être observée mais sans différence significative pour ce dernier.

Concernant le mode et le lieu de vie, aucun paramètre n'a semblé être un facteur de risque à l'infestation parasitaire. Il aurait été attendu que les chevaux pour lesquels des tiques sont fréquemment retrouvées auraient tendance à être un peu plus infestés. De même, les chevaux vivant exclusivement au pré sont censés avoir une exposition parasitaire plus importante.

3. Motif de consultation

Parmi les motifs de consultations pour lesquels les équidés étaient présentés, la présence de symptômes en lien avec la piroplasmose équine ne révèle significativement pas un risque augmenté pour l'équidé d'être porteur d'un des parasites. Le mode d'inclusion des équidés visait à s'affranchir d'un biais de sélection : en effet, le motif de consultation n'était en aucun cas un critère d'inclusion. Ainsi, les chevaux symptomatiques comme asymptomatiques se retrouvaient dans l'étude. Nous aurions pu nous attendre au fait que la présence de symptômes compatibles avec la maladie révèle une probabilité plus importante pour les

chevaux d'être porteurs de l'un et/ou l'autre des parasites. Ceci n'est pas sans nous rappeler que les symptômes de piroplasmose sont assez peu spécifiques de la maladie, d'où le fait de la création du syndrome *piro-like* par le RESPE. Aussi, ces symptômes sont assez peu sensibles comme critères de détection de la maladie du fait de nombreux porteurs asymptomatiques.

4. Données paracliniques

Concernant la lignée rouge, notre étude n'a pas montré de modifications significatives des paramètres évalués : le taux d'Hémoglobine et l'Hématocrite. En effet, les parasites quels qu'ils soient réalisent une partie de leur cycle à l'intérieur de globules rouges, entraînant ainsi une anémie de type hémolytique. Aucune tendance ne semble apparaître pour la lignée rouge. Les chevaux intégrés dans l'étude réalisée à Nantes par Muzard en 2021 et positifs à *T. equi* possédaient significativement une hausse de leur taux d'hémoglobine. En revanche, il n'y avait pas de modifications des autres paramètres de la lignée rouge. Il faut noter que la parasitémie n'est pas le seul facteur pouvant modifier la lignée rouge : une déshydratation de l'équidé ou encore une splénocontraction consécutive aux catécholamines peut modifier les valeurs des paramètres cités précédemment.

En revanche, pour la lignée blanche, notre étude semble montrer une tendance non significative. Les chevaux porteurs de *T. equi* auraient des taux plus bas de leucocytes et de polynucléaires neutrophiles. Un effectif plus élevé aurait permis de confirmer ou d'infirmer cette tendance. Muzard en 2021 notait une augmentation significative des leucocytes circulants pour les équidés porteurs de *T. equi*. Ces résultats sont contradictoires avec les résultats de notre étude. Comme pour la lignée rouge, la lignée blanche peut varier du fait d'autres paramètres comme une infection, une infestation parasitaire autre ou encore un stress.

Enfin, deux paramètres biochimiques ont été dosés chez des chevaux porteurs de *T. equi* : les GGT et la bilirubine totale. Les GGT sont un marqueur de souffrance des hépatocytes. Une augmentation peut être observée du fait d'une souffrance centri-lobulaire chez les cas aigus de piroplasmose équine (Camacho et al. 2005). Dans notre étude, aucune différence significative n'a été observée entre les porteurs de *T. equi* et les chevaux sains. L'augmentation des GGT sériques est observée lors de cas aigus de piroplasmose équine. Or, aucun des chevaux de notre étude n'a été détecté comme étant en phase aiguë de piroplasmose équine.

La bilirubine circulante a aussi été dosée chez certains porteurs de *T. equi* et chez des chevaux sains. La bilirubine totale est issue de la dégradation de l'hémoglobine, notamment en cas d'hémolyse observée lors de piroplasmose aiguë. Habituellement, une augmentation de sa concentration est observée en cas de piroplasmose (Camacho et al. 2005). Sa concentration peut également être augmentée lorsqu'un cheval est mis à jeun de manière prolongée. En effet, les acides gras circulants sont augmentés du fait de la mise à jeun et rentrent en

compétition avec la bilirubine non-conjuguée dans les hépatocytes. La bilirubine ne pouvant être conjuguée, sa concentration sérique augmente. Dans cette étude, nous n'avons pas distingué les chevaux mis à jeun, notamment pour des coliques, une opération ou des problèmes de dentisterie et les autres équidés. Aucune différence significative n'a été observée entre les équidés sains et les porteurs de *T. equi*.

5. Complications au cours de l'hospitalisation

Cette partie n'a pas révélé d'augmentation de la probabilité de complications d'hospitalisation pour un cheval infecté. En effet, du fait du manque d'équidés hospitalisés dans notre étude, aucune tendance n'a pu être mise en évidence.

C. Perspectives

1. Effectif et systématisation des examens complémentaires

Le grand manque de cette étude est un manque de puissance statistique : une augmentation de l'effectif d'équidés inclus aurait permis une augmentation de la précision quant à l'analyse des résultats. De plus, bien que la PCR envoyée grâce au projet *Piroquest* soit offerte aux propriétaires, les examens complémentaires ne le sont pas et ont un coût. Ainsi, il aurait été intéressant de systématiser les analyses, notamment sanguines, pour avoir plus de données. Un financement plus important pour la mise en œuvre de cette étude, une augmentation du nombre d'acteurs et leur affectation à l'unique tâche de cette étude auraient sûrement permis de rendre cette systématisation possible. Ceci reste une perspective si certains étudiants avaient l'envie de poursuivre cette étude.

2. Recherche du parasite *T. haneyi*

L'étude n'offre pas la possibilité de tester son cheval d'infestation par *T. haneyi*. En effet, le test n'est d'une part pas encore commercialisé en France. Or, comme nous l'avons vu en première partie, la détection de ce parasite se fait grâce à un test vraiment différent de celui utilisé aujourd'hui pour la détection de *T. equi*. La découverte de ce parasite est récente et lors de la mise en place du projet *PiroGoTick*, l'intégration de la recherche ce parasite dans les prélèvements n'était sûrement pas programmée de façon prospective.

3. Chevaux traités suite au test

Il aurait été intéressant de connaître le devenir des chevaux testés positivement. En effet, nous aurions pu nous intéresser au choix du vétérinaire traitant de traiter ou non cette affection, du choix du traitement mis en place et de l'efficacité de ce dernier suite à un prélèvement sanguin ultérieur au traitement.

Conclusion

La piroplasmose équine est une maladie parasitaire causée par des protozoaires distincts : *Babesia Caballi*, *Theileria equi* et *Theileria haneyi*. Les tiques ont un rôle crucial dans la transmission de cette maladie vectorielle : elles vont transporter les parasites d'un équidé à un autre et une partie du cycle évolutif des parasites va se dérouler au sein de ces dernières.

Les formes qui peuvent être observées sont variables pour cette maladie, allant d'un portage asymptomatique chez certains équidés à une mort fulgurante chez d'autres. Des formes intermédiaires existent et sont plus courantes. Les signes principalement retrouvés pour cette maladie sont de la fièvre, de l'abattement, des œdèmes déclives et une anémie. Le RESPE (Réseau d'Epidémiologie-Surveillance en Pathologie Équine) a mis en place la possibilité de déclarer les cas de piroplasmose. D'autres maladies, rassemblées dans le syndrome *Piro-like* existent et possèdent des signes cliniques proches de ceux de la piroplasmose équine. Ainsi, il n'est pas rare de tester simultanément ces différentes maladies de gravité variable.

Bien que connue depuis plus d'un siècle, de nombreuses recherches émergent sur cette maladie, notamment sur son épidémiologie mais aussi sur les méthodes de diagnostic et les possibilités thérapeutiques. En effet, les tests diagnostiques proposés aujourd'hui sont de plus en plus performants et possèdent une très bonne sensibilité et spécificité. En revanche, les traitements existant aujourd'hui possèdent une efficacité variable.

La distribution mondiale de cette maladie est assez inégale : tandis que certains pays sont indemnes comme le Japon et les États-Unis par exemple, d'autres – comme la France – sont totalement endémiques. Aussi, des différences de prévalence dans les pays découlent de différentes stratégies de gestion de cette maladie. En effet, les pays indemnes contrôlent de manière stricte les mouvements d'équidés provenant de pays endémiques. En revanche, les pays endémiques profitent de l'immunité acquise par les équidés pour créer une immunité collective. Par ailleurs, les mouvements sont très contrôlés, notamment lors d'événements internationaux et la présence de cette maladie a des conséquences économiques.

Au cours de l'étude menée à *VetagroSup Lyon – Clinéquine* entre novembre 2020 et juin 2021, différentes données sont ressorties chez des chevaux ne présentant pas de symptômes de la maladie mais étant parfois porteur.

Tout d'abord, *Theileria equi* est le parasite le plus présent dans cette étude, avec une prévalence de 57,9% (IC₉₅ = [47,6 ; 68,3]). Cette prépondérance est en accord avec des méta-analyses européennes et mondiales. Aucun facteur de risque n'a été présenté comme significativement différent entre les chevaux porteurs et non-porteurs même si des tendances

ont pu être supposées : l'état d'infestation permanent sur la vie de l'animal, une tendance à la leucopénie et à la neutropénie chez ces chevaux etc.

Pour *Babesia caballi*, moins présent sur le territoire français, dont la prévalence était de 7,9% (IC₉₅ = [2,3 ; 13,6]) dans notre étude, les résultats ont été que les équidés jeunes avaient plus tendance à être infestés, surtout sur la période estivale.

Contrairement à ce que nous attendions, aucune différence significative n'a été trouvée sur l'influence de l'environnement sur le portage de la maladie. De même, la lignée rouge semble peu affectée par la présence des parasites tout comme le taux de bilirubine sérique.

Enfin, il aurait été intéressant dans cette étude d'intégrer plus d'équidés mais des contraintes temporelles, matérielles et humaines ne l'ont pas permis. Aussi, cette étude ne s'intéresse qu'à une partie du territoire français et n'intègre pas le parasite *Theileria haneyi* récemment découvert. A terme, il aurait été idéal d'intégrer une partie sur le suivi des équidés testés positifs à la piroplasmose équine.

Bibliographie

ABUTARBUSH SM, ALFAQEEH SM, MUSTAFA G, QURA'N L, AL-MAJALI AM. (2013) Evaluation of the use of atropine sulfate, a combination of butylscopolammonium bromide and metamizole sodium, and flunixin meglumine to ameliorate clinical adverse effects of imidocarb dipropionate in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 74(11), 1404-1408.

ADAMS DS. VMRD. *Equine Piroplasmosis : Detection of Carriers Prior to Importation into the United States* [en ligne]. URL : <https://vmrd.com/technical-library/detail/equine-piroplasmosis-detection-of-carriers-prior-to-importation-into-the-united-states> [consulté le 10 janvier 2022]

ALHASSAN A, GOVIND Y, TAM NT, THEKISOE OMM, YOKOYAMA N, INOUE N, et al. (2007, a) Comparative evaluation of the sensitivity of LAMP, PCR and in vitro culture methods for the diagnosis of equine piroplasmosis. *Parasitol Research*. 100(5), 1165-1168.

ALHASSAN A, THEKISOE OMM, YOKOYAMA N, INOUE N, MOTLOANG MY, MBATI PA, et al. (2007, b) Development of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method for diagnosis of equine piroplasmosis. *Veterinary Parasitology*. 143(2), 155-160.

ALLSOPP MTEP, LEWIS BD, PENZHORN BL. (2007) Molecular evidence for transplacental transmission of *Theileria equi* from carrier mares to their apparently healthy foals. *Veterinary Parasitology*. 148(2), 130-136.

BASTOS RG, SEARS KP, DINKEL KD, KAPPMAYER L, UETI MW, KNOWLES DP, ET AL. (2021) Development of an Indirect ELISA to Detect Equine Antibodies to *Theileria haneyi*. *Pathogens*. 10(3), 270-280.

BRÜNING A. (1996) Equine piroplasmosis : an update on diagnosis, treatment and prevention. *British Veterinary Journal*. 152(2), 139-151.

CAMACHO AT, GUITIAN FJ, PALLAS E, GESTAL JJ, OLMEDA AS, HABELA MA, et al. (2005) *Theileria* (*Babesia*) *equi* and *Babesia caballi* infections in horses in Galicia, Spain. *Tropical Animal Health and Production*. 37(4), 293-302.

CAMINO E, POZO P, DORREGO A, CARVAJAL KA, BUENDIA A, GONZALEZ S, et al. (2020) Importance of equine piroplasmosis antibody presence in Spanish horses prior to export. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 11(2), 101329.

DELATTRE S. (2014) *Etude bibliographique et retrospective sur des chevaux testés positifs à la piroplasmose à la Clinéquine*. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard, 140 p.

DIAS JCP, SCHOFIELD CJ, MACHADO EM, FERNANDES AJ. (2005) Ticks, ivermectin, and experimental Chagas disease. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 100(8), 829-832.

DIVERS TJ, BARTON MH. Disorders of the Liver. In: REED SM, BAYLY WM, SELTON DC. (2018) *Equine internal medicine. Fourth Edition*. St. Louis, Missouri: Elsevier, pp. 843-887.

DONNELLAN CMB, PAGE PC, NURTON JP, VAN DEN BERG JS, GUTHRIE AJ. (2013) Comparison of glycopyrrolate and atropine in ameliorating the adverse effects of imidocarb dipropionate in horses. *Equine Veterinary Journal*. 45(5), 625-629.

DUNKEL B. Disorders of the Hematopoietic System. In: REED SM, BAYLY WM, SELTON DC. (2018) *Equine internal medicine. Fourth Edition*. St. Louis, Missouri: Elsevier, pp. 991-1028.

DUPUIS-TRICAUD MC, DEPECKER M. (2018) La maladie de Lyme chez le cheval : un défi clinique et diagnostique. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 171(3), 186-193.

DZIEGIEL B, ADASZEK Ł, KALINOWSKI M, WINIARCZYK S. (2013) Equine granulocytic anaplasmosis. *Research Veterinary Science*. 95(2), 316-320.

ELSAWY BSM, NASSAR AM, ALZAN HF, BHOORA RV, OZUBEK S, MAHMOUD MS, et al. (2021) Rapid Detection of Equine Piroplasms Using Multiplex PCR and First Genetic Characterization of *Theileria haneyi* in Egypt. *Pathogens*. 10(11), 1414.

GRAUSE JF, UETI MW, NELSON JT, KNOWLES DP, KAPPMAYER LS, BUNN TO. (2013) Efficacy of imidocarb dipropionate in eliminating *Theileria equi* from experimentally infected horses. *The Veterinary Journal*. 196(3), 540-546.

GUERRE P. *Toxicologie* [en ligne]. URL : <http://pharmtox.free.fr/default.htm> [consulté 28 mai 2021].

HUGHES VL, RANDOLPH SE. (2001) Testosterone increases the transmission potential of tick-borne parasites. *Parasitology*. 123(4), 365-371.

IFCE. *La viande chevaline en France* [en ligne]. URL : https://www.ifce.fr/wp-content/uploads/2019/12/IFCE-OESC-La_v viande_chevaline_bilan2018.pdf#:~:text=La%20viande%20chevaline%20est%20la,abatta ge%20de%20chevaux%20en%20France. [consulté le 10 janvier 2022]

IORI A, GABRIELLI S, CALDERINI P, MORETTI A, PIETROBELLI M, TAMPIERI MP, et al. (2010) Tick reservoirs for piroplasms in central and northern Italy. *Veterinary Parasitology*. 170(3-4), 291-296.

KNOWLES DP, KAPPMAYER LS, HANEY D, HERNDON DR, FRY LM, MUNRO JB, et al. (2018) Discovery of a novel species, *Theileria haneyi* n. sp., infective to equids, highlights exceptional genomic diversity within the genus *Theileria* : implications for apicomplexan parasite surveillance. *International Journal for Parasitology*. 48(9-10), 670-690.

KUMAR S, MALHOTRA DV, DHAR S, NICHANI AK. (2002) Vaccination of donkeys against Babesia equi using killed merozoite immunogen. *Veterinary Parasitology*. 106(1), 19-33.

LEWIS BD, PENZHORN BL, VOLKMANN DH. (1999) Could treatment of pregnant mares prevent abortions due to equine piroplasmosis ? *Journal of the South Africa Veterinary Association*. 70(2), 90-91.

MALANDRIN L. IFCE (2021). *Piroplasmose parasites, tiques, Équidés, environnements - Laurence Malandrin* [en ligne]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FAej28DQnm4> [consulté 28 août 2021]. Vidéo : 34 minutes 8 secondes

MUZARD A. (2021) *Prévalence et facteurs de risque de la piroplasmose équine - étude prospective*. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes : Faculté de médecine de Nantes, 207 p.

NADAL C, BONNET SI, MARSOT M. (2021) Eco-epidemiology of equine piroplasmosis and its associated tick vectors in Europe : a systematic literature review and a meta-analysis of prevalence. *Transbound Emergency Diseases*. 14261.

ONYICHE TE, SUGANUMA K, IGARASHI I, YOKOYAMA N, XUAN X, THEKISOE O. (2019) A Review on Equine Piroplasmosis : Epidemiology, Vector Ecology, Risk Factors, Host Immunity, Diagnosis and Control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(10):1736.

PELZEL-MCCLUSKEY A, TRAUB-DARGATZ J. Babesia Caballi and Theileria Equi. In: PUSTERLA N, HIGGINS J, *Interpretation of equine laboratory diagnostics*. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell; pp 221-226.

PHILIPPE F. (2015) *Systèmes de surveillance des complications liées à l'hospitalisation chez les équidés : pratiques actuelles et mise en œuvre à la Clinéquine du campus vétérinaire de Lyon* Thèse d doctorat vétérinaire. Lyon : université Claude Bernard, 138p.

Pirogotick. *Pirogotick - Accueil - INRAE*. URL : <https://www6.inrae.fr/pirogotick> [consulté le 17 octobre 2022]

PITEL PH. IFCE (2018). *Maladie de Lyme* [en ligne]. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=bhJJNaJvXiQ> [consulté le 10 janv 2022]. Vidéo : 34 minutes 36 secondes

RESPE (2021a). *Anaplasmosse* [en ligne]. URL : <https://respe.net/maladie-equine/pirolike/anaplasmosse/> [consulté le 10 janvier 2022].

RESPE (2021b). *Anémie infectieuse des équidés* [en ligne]. URL : <https://respe.net/maladie-equine/maladies-reglementees/anemie-infectieuse-des-equides/> [consulté le 10 janvier 2022].

RESPE (2021c). *Fièvre de West-Nile* [en ligne]. URL : <https://respe.net/maladie-equine/maladies-reglementees/fievre-de-west-nile/> [consulté le 10 janvier 2022].

RESPE (2021d). *Leptospirose* [en ligne]. URL : <https://respe.net/maladie-equine/avortement/leptospirose/> [consulté le 10 janvier 2022].

RESPE (2021e). *Piro-Like* [en ligne]. URL : <https://respe.net/maladie-equine/piro-like/> [consulté le 10 janvier 2022].

RESPE (2021f). RESPE - Anémie infectieuse équine - Gard (30) [en ligne]. URL : https://respe.net/kr_alert/anemie-infectieuse-equine-gard-30-france-15-05-2020/ [consulté le 18 octobre 2021].

ROTHSCHILD CM. (2013) Equine Piroplasmiasis. *Journal of Equine Veterinary Science*. 33(7), 497-508.

RÜEGG SR, HEINZMANN D, BARBOUR AD, TORGERSON PR. (2008) Estimation of the transmission dynamics of *Theileria equi* and *Babesia caballi* in horses. *Parasitology*. 135(5), 555-565.

RÜEGG SR, TORGERSON P, DEPLAZES P, MATHIS A. (2007) Age-dependent dynamics of *Theileria equi* and *Babesia caballi* infections in southwest Mongolia based on IFAT and/or PCR prevalence data from domestic horses and ticks. *Parasitology*. 134(7), 939-947.

SCOLES GA, UETI MW. (2015) Vector Ecology of Equine Piroplasmiasis. *Annual Review of Entomology*. 60(1), 561-580.

SEARS K, KNOWLES D, DINKEL K, MSHELIA WP, ONZERE C, SILVA M, et al. (2020) Imidocarb Dipropionate Lacks Efficacy Against *Theileria haneyi* and Fails to Consistently Clear *Theileria equi* in Horses Co-infected with *T. haneyi*. *Pathogens*. 9(12): 1035.

SEARS KP, KAPPMAYER LS, WISE LN, SILVA M, UETI MW, WHITE S, et al. (2019) Infection dynamics of *Theileria equi* and *Theileria haneyi*, a newly discovered apicomplexan of the horse. *Veterinary Parasitology*. 271, 68-75.

SFET. *Lettre aux éleveurs de chevaux de trait*. [en ligne] URL : <http://traitdurhone.fr/wp-content/uploads/2017/05/lettre-eleveurs-chevaux-de-trait-12-2018.pdf> [consulté le 3 juin 2021].

SFET. *Plan de développement de la filière des équidés de travail*. [en ligne] URL : <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/104090> [consulté le 3 juin 2021].

SHORT MA, CLARK CK, HARVEY JW, WENZLOW N, HAWKINS IK, ALLRED DR, et al. (2012) Outbreak of equine piroplasmiasis in Florida. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 240(5), 588-595.

TAYLOR MA, COOP RL, WALL R (2016). *Veterinary parasitology*. 4th edition. Chichester, West Sussex ; Ames, Iowa: John Wiley and Sons, Inc, 1006 p.

THE EUROPEAN AGENCY FOR THE EVALUATION OF MEDICINAL PRODUCTS. *Imidocarb - Summary Report* [en ligne]. URL : https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/imidocarb-summary-report-committee-veterinary-medicinal-products_en.pdf [consulté le 25 mai 2021].

TIROSH-LEVY S, GOTTLIEB Y, FRY LM, KNOWLES DP, STEINMAN A. (2020) Twenty Years of Equine Piroplasmiasis Research : Global Distribution, Molecular Diagnosis, and Phylogeny. *Pathogens*. 9(11), 926.

TRUFFERT M. (2011) *Bilan épidémiologique et réglementaire de l'anémie infectieuse des équidés en France, perspectives d'évolution*. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons-Alfort : académie de Créteil, 137 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE ANIMAL AND PLANT INSPECTION SERVICE. *USDA APHIS : Equine Piroplasmiasis* [en ligne]. Animal and Plant Health Inspection Service. URL : <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/animalhealth/animal-disease-information/equine/ep/equine-piroplasmiasis> [consulté le 20 mai 2021].

VALON P. *La leptospirose* [en ligne]. URL : <https://equipedia.ifce.fr/sante-et-bien-etre-animal/maladies/autres-maladies/leptospirose> [consulté le 10 janvier 2022].

VERMA A, STEVENSON B, ADLER B. (2013) Leptospirosis in horses. *Veterinary Microbiology*. 167(1-2), 61-66.

DE WAAL DT. (1992) Equine piroplasmiasis : a review. *British Veterinary Journal*. 148(1), 6-14.

WEG Foundation A, Kentucky Department of Agriculture. *Control Plan for Piroplasmiasis-Positive Horses at the 2010 Alltech FEI World Equestrian Games (WEG) at the Kentucky Horse Park* [en ligne]. URL : <https://inside.fei.org/media-updates/control-plan-piroplasmiasis-positive-horses-2010-alltech-fei-world-equestrian-games-weg-kentucky> [consulté le 12 mai 2021]

WISE L, KAPPMAYER L, SILVA M, WHITE S, GRAUSE J, KNOWLES D. (2018) Verification of post-chemotherapeutic clearance of *Theileria equi* through concordance of nested PCR and immunoblot. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 9(2), 135-140.

Wise LN. Chapter 56 - Piroplasmiasis. In: SELLON DC, LONG MT (2013) *Equine Infectious Diseases. Second Edition*. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; p. 467-475.

WISE LN, KAPPMAYER LS, KNOWLES DP, WHITE SN. (2019) Evolution and diversity of the EMA families of the divergent equid parasites, *Theileria equi* and *T. haneyi*. *Infection, Genetics and Evolution*. 68, 153-160.

WISE LN, KAPPMAYER LS, MEALEY RH, KNOWLES DP. (2013) Review of Equine Piroplasmiasis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 27(6), 1334-1346.

WISE LN, PELZEL-MCCLUSKEY AM, MEALEY RH, KNOWLES DP. (2014) Equine Piroplasmosis. *Veterinary Clinics of North America : Equine Practice*. 30(3), 677-693.

YOKOYAMA N. (2018) Chapter 3.5.8 - Equine piroplasmosis. In: OIE. *Manuel des tests de diagnostic et des vaccins pour les animaux terrestres de l'OIE*.

ZOBBA R, ARDU M, NICCOLINI S, CHESSA B, MANNA L, COCCO R, et al. (2008) Clinical and Laboratory Findings in Equine Piroplasmosis. *Journal of Equine Veterinary Science*. 28(5), 301-308.

Annexes

Annexe 1 : Lettre de consentement éclairé

Lettre de consentement éclairé

Projet de recherche sur la piroplasmose équine en France



Référence cheval pour l'enquête : CVL20-1

« Je, soussigné(e) (Nom Prénom),
reconnais avoir reçu de la part de (Nom Prénom)
l'information :

- sur l'intégralité des procédures mises en jeu lors de l'enquête « **Piroplasmose équine en France** »
- sur les bénéfices attendus et les risques potentiels (cf tableau au verso de cette page) de l'enquête
- toutes les réponses à mes questions.

Dans ces conditions, en tant que propriétaire ou représentant dûment mandaté ou détenteur*, j'accepte librement que soit inclus dans l'étude « **Piroplasmose équine en France** » l'animal suivant :

Nom du cheval..... Sire.....

Lieu de vie du cheval : commune code postal.....

Coller Etiquette CLOVIS

à cet endroit

J'ai noté que la participation à l'enquête n'occasionne aucun frais supplémentaire à ma charge et qu'elle ne s'accompagne pas non plus d'une rémunération associée ni d'un envoi individuel des résultats.

J'ai été prévenu(e) que j'ai le droit à tout moment et pour quelque raison que ce soit de retirer mon animal de l'étude.

J'autorise les équipes de recherche d'Oniris et/ou leurs partenaires à utiliser les données et les prélèvements de mon animal de manière anonyme dans le but d'améliorer l'état des connaissances scientifiques et techniques sur le sujet. Je consens cependant à la levée de l'anonymat si celle-ci est demandée par les autorités publiques.

Bénéfices attendus	Contraintes éventuelles
Prévalence de la piroplasmose équine Bio-collection d'agents pathogènes Recherche de candidats vaccin	Prélèvement sanguin de 10 ml.

Fait à Lyon, le 2020

Signature de l'investigateur principal
Laurence Malandrin

Signature du propriétaire* ou du représentant dûment
mandaté du propriétaire* ou du détenteur* de l'animal

Enquête sur la piroplasmose équine en France
Lettre d'information à conserver par le propriétaire



Votre référence pour accéder à vos résultats sur le site

<https://www6.inrae.fr/pirogotick> rubrique Nos Actus

CVL21-18

Les objectifs de cette enquête et du projet de recherche associé sont de caractériser les zones où la piroplasmose équine est présente, de définir des facteurs de risque pour la piroplasmose équine et d'analyser les agents infectieux et leur génétique afin d'améliorer à terme le diagnostic et proposer des candidats vaccin. Vous pouvez nous y aider avec plusieurs niveaux possibles d'implication.

Programme PiroQuest : Le questionnaire et la prise de sang de votre cheval

Ce programme vous est proposé à l'ENV de Lyon

Nous allons vous poser des questions sur votre cheval, ses habitudes de vie et son environnement. Nous essayons de définir le risque qu'a votre cheval dans les conditions dans lesquelles il vit de rencontrer des tiques susceptibles de lui transmettre la piroplasmose. Même si votre cheval n'a pas eu à votre connaissance la piroplasmose, il est un témoin essentiel d'un environnement non favorable à la présence de la maladie et votre réponse au questionnaire est toute aussi importante. En parallèle des questionnaires, nous allons effectuer un diagnostic gratuit de la piroplasmose sur votre animal et nous analyserons l'ensemble de ces données. Grâce aux nombres de chevaux analysés provenant de diverses régions de France, nous allons définir la fréquence de cette maladie et sa répartition géographique.

Deux autres programmes possibles, si vous voulez aider la recherche sur la piroplasmose et les tiques vectrices

**Programme PiroTick :
les tiques et l'infection**

Si vous voyez des tiques sur votre cheval, vous pouvez les collecter et nous les envoyer, ponctuellement. Tuto sur

Toutes les informations pratiques sur

<https://www6.inrae.fr/pirogotick>



Nous contacter

pirogotick@inrae.fr

**Programme Pirosentinel :
la dynamique saisonnière des tiques**



Devenez Pirosentinel. Vous collectez les tiques chaque semaine sur vos équidés, pendant deux ans pour connaître les périodes d'activité des différentes espèces dans différentes régions de France.

Les résultats seront disponibles sur <https://www6.inrae.fr/pirogotick> de façon anonyme grâce à votre identifiant

CVL21-18

Quel que soit votre degré d'implication, nous vous remercions par avance de votre aide pour ce projet de recherche.

Votre cheval et son environnement

CVL21-18



Lieu de résidence du cheval : commune

code postal

Age ans Sexe : mâle femelle mâle castré

Race Robe Taille garrot cm

Utilisation : Plusieurs réponses possibles

compétition loisir promenade reproduction autre, précisez :

Votre cheval vit dans le même environnement depuis quelle durée ? an(s)

Votre cheval et la piroplasmose

Votre cheval a-t'il déjà été diagnostiqué positif pour la piroplasmose ?

oui non

Si oui, il y a combien de temps ? an(s)

Si oui, savez-vous quelle méthode a été utilisée pour le diagnostic ? plusieurs choix possibles

ne sais pas frottis sanguin sérologie (IFI, ELISA) PCR, qPCR autre :

Si oui, savez-vous quel était l'agent infectieux responsable

ne sais pas *Babesia caballi* *Theileria equi*

Si oui, quel traitement a-t'il reçu :

Carbesia Oxytetracycline autre, précisez ne sais pas ou plus

Votre cheval et ses déplacements

Avez-vous acheté votre cheval ?

oui non

Connaissez-vous les régions/pays fréquentés par votre cheval avant son achat ?

oui non

Si oui, lesquels ?

Depuis que vous avez votre cheval, change-t'il souvent de lieu de vie (c'est à dire plus d'une fois/an, sur une distance supérieure à 10km) ?

oui non

Si oui, est-ce pour des durées de plus d'une semaine et dans des environnements à risque de présence de tiques : boisements, haies, prés peu entretenus ?

oui non

Si oui, est-ce ?

en France : quelle(s) région(s) ? en Europe : quel(s) pays ? hors Europe : quel(s) pays ?

CVL21-18

Votre cheval et sa vie extérieure

Votre cheval change peut-être souvent de prés, en fonction des périodes de l'année, en fonction des années. Essayez de définir le type le plus fréquent de pâtures dans lesquelles il va. Ces informations nous renseignent sur le risque qu'a votre cheval de rencontrer des tiques. Elles sont donc très importantes.

Sur une année, vous estimez que votre cheval est :

- toujours dehors (pré avec un abri) jamais dehors (au box)
 1/2 de son temps dehors 1/3 de son temps dehors 1/4 de son temps dehors

Quand votre cheval est-il au pré ?

	Printemps (avril-juin)	Été (juillet-septembre)	Automne (octobre-novembre)	Hiver (décembre-mars)
Soit Box 24/24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soit Pré 24/24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soit alternance box/pré (Indiquez approximativement le nombre d'heures en extérieur /jour)	<input type="checkbox"/> h	<input type="checkbox"/> h	<input type="checkbox"/> h	<input type="checkbox"/> h

Type de prés

Attention : Si plusieurs réponses possibles car votre cheval fréquente différents prés, alors classez les types de pré par ordre de temps de fréquentation décroissant (1 le plus fréquenté, 2 ou 3 le moins fréquenté)

Type d'enherbement : sélectionnez au moins une réponse

Paddock sans herbe

Prairie semée

Prairie permanente



Dans le pré, l'herbe est-elle ? sélectionnez au moins une réponse

toujours rase

parfois haute



CVL21-18

Délimitation des prés : sélectionnez au moins une réponse

Clôture artificielle seule



Haie, sur un ou plusieurs côtés de la pâture



Forêt ou bosquet sur un ou plusieurs côtés de la pâture



Entretien des pâtures : sélectionnez au moins une réponse

Pré uniformément enherbé



Pré hétérogène

(ronces, arbrisseaux, épineux, orties, fougères en milieu de pâtures)



Humidité des pâtures : sélectionnez au moins une réponse

Proximité (moins de 10 m) d'un point d'eau naturel (accessible ou non aux chevaux)



Pré inondé une partie de l'année



Pas de point d'eau naturel



Voyez-vous ou avez-vous déjà vu des animaux sauvages ou des traces de leur passage sur les prés fréquentés par votre cheval ou aux alentours immédiats ?

(crottes de lapin, labourage de sangliers, empreintes de chevreuils, plumes ...)

oui non

Si oui, chaque fois que vous rendez visite à votre cheval ?

oui non

C'est à dire :

1 fois/an 5 à 6 fois/an tous les mois toutes les semaines tous les jours

CVL21-18

Si oui, lesquels (animaux ou traces identifiables)?

Attention : Si plusieurs réponses possibles, alors classez les animaux sauvages ou leurs traces par ordre décroissant. (1 le plus souvent vu, 6 le moins souvent vu ou jamais vu)

- cervidés sangliers renards lapins
 échassiers canards autres, précisez

Votre cheval et les tiques

Avez-vous vu des tiques sur votre cheval ?

- oui non

Si oui, à quelle période ?

Attention : Classez les périodes par ordre de fréquence décroissant : 1 le plus fréquent, 4 le moins fréquent

- printemps été automne hiver ne sais plus

Si oui, quelle taille ?

Attention : Classez par ordre de fréquence décroissant : 1 le plus fréquent, 3 le moins fréquent

- 1-2 mm 2-3 mm > 3 mm ne sais pas, plus



Avez-vous vu des tiques dans ou autour des prés fréquentés par votre cheval ?

- oui non

Si oui, à quelle(s) période(s) ?

Attention : Classez les périodes par ordre de fréquence décroissant : 1 le plus fréquent, 4 le moins fréquent

- printemps été automne hiver ne sais pas

Si oui, quelle taille ?

Attention : Classez par ordre de fréquence décroissant : 1 le plus fréquent, 3 le moins fréquent

- 1 mm 2 mm > 3 mm ne sais pas



Votre cheval et ses compagnons

Votre cheval est-il seul au pré ? oui non

Si non, quels sont ses compagnons de pâturage et à quelle période de l'année ?

	Printemps (avril-juin)		Été (juillet-septembre)		Automne (octobre-novembre)		Hiver (décembre-mars)	
A t'il des compagnons ?	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui	<input type="checkbox"/> non
Si oui lesquels ?								
Autres équidés	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Bovins	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Petits ruminants	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Autres, précisez	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Votre cheval vit-il au contact d'autres animaux domestiques (plusieurs réponses possibles):

non chat chien autres, lesquels :

Si oui, voyez-vous ou avez-vous vu des tiques sur ces animaux (compagnons de pré et/ou autres animaux domestiques) ?

oui non

Seriez-vous d'accord pour que nous réalisions chez vous ultérieurement une étude plus approfondie dans l'environnement de votre cheval (venue d'étudiants vétérinaires pour collecter des tiques) ?

oui non

Merci de votre contribution

Vos remarques, commentaires sur le questionnaire ou propositions, si vous en avez :

Prévalence de la piroplasmose équine dans une clientèle de la région Auvergne-Rhône-Alpes

Auteur

RANDRIAMAMPITA Martin

Résumé

La piroplasmose équine est une maladie vectorielle transmise par les tiques. Les parasites responsables de cette maladie sont *Babesia caballi*, *Theileria equi* et *Theileria haneyi*. De gravité variable, de nombreux facteurs complexifient l'épidémiologie de cette maladie. La France est aujourd'hui endémique de piroplasmose équine.

Notre étude prospective portait sur la prévalence des parasites *B. caballi* et *T. equi* parmi les équidés testés lors de consultations à la *Clinéquine* de VetagroSup Lyon. 88 équidés ont été testés par PCR. Un questionnaire rempli par leur propriétaire précisait leur mode et leur environnement de vie. 62% des équidés étaient porteurs d'au moins un des deux parasites dont 57,9% pour *T. equi* et 7,9% pour *B. caballi*. Le jeune âge des équidés et la saison estivale ont été définis dans notre étude comme étant des facteurs de risque quant à l'infestation par *B. caballi*.

Mots-clés

Cheval, Épidémiologie, Facteurs de risque, Theileriose, Babésiose

Jury

Président du jury : **Pr GILLY François-Noël**
1^{er} assesseur : **Pr LEBLOND Agnès**
2^{ème} assesseur : **Dr RENÉ-MARTELLET Magalie**