



Photo : X. DARTHAYETTE

Etude épidémiologique de la population de mouflon méditerranéen de la RNCFS du Caroux-Espinouse

Mars – Mai 2018



Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
CNERA Faune de montagne
Caroux-Espinouse, Fagairolles (34)



Xabi DARTHAYETTE

Licence 3 Biologie des Organismes
Université de Pau et des Pays de l'Adour
Années 2017-2018

Résumé

Le suivi sanitaire des populations d'ongulés sauvages permet de connaître leur statut épidémiologique. Ces suivis sont mis en place dans le but mieux comprendre le rôle des facteurs épidémiologiques dans la dynamique des populations, et ainsi en prendre compte dans les méthodes de gestion.

Les captures annuelles des mouflons méditerranéens (*Ovis gmelini musimon* x *Ovis* sp) dans la Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage du Caroux-Espinouse ont permis la réalisation de prélèvements sérologiques. Cette population de mouflon bénéficie de données sérologiques, ce qui a aujourd'hui permis de dresser son statut épidémiologique de 1993 à 2017 pour 15 maladies.

La prévalence annuelle de 4 maladies d'intérêt a alors été calculée pour ces années-là. Des facteurs de variation de cette prévalence (âge et sexe des individus, abondance annuelle de tiques) ont pu être testés.

Pour 2 maladies abortives, le même profil est retrouvé dans la prévalence en fonction de l'âge des animaux. L'abondance des tiques a pu être mise en relation avec l'Erlichiose, mais cet effet ne s'est pas révélé significatif par manque de données. Les prochaines années permettront de reprendre ces tests avec davantage de recul, et il sera intéressant d'approfondir l'analyse du rôle des facteurs de variation de la prévalence.

Mots-clés :

Mouflon méditerranéen – Caroux-Espinouse – épidémiologie – sanitaire - maladies ovines – tiques

Remerciements

A l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) et particulièrement à **Christian ITTY**, inspecteur de l'environnement à la Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage du Caroux Espinouse avec qui j'ai appris les techniques de terrains dans le suivi du mouflon,

à **Mathieu GAREL**, responsable de l'Unité Ongulés Sauvages et ingénieur à l'ONCFS pour toute son aide dans les analyses statistiques,

à **Philippe GIBERT**, docteur vétérinaire à l'Unité Sanitaire de la Faune de l'ONCFS, pour son aide dans l'interprétation des données sérologiques,

à **Brigitte BONETTI** du Laboratoire Départemental d'Analyses Vétérinaires de Savoie pour avoir communiqué les seuils de positivité des maladies,

à toute l'équipe de la station ONCFS de Fagairolles, **Luc, Anne, Justine, Alexandre, Léo, Mélanie, Johan, Vincent, Morgane**, et **Lucie** pour tous les moments de convivialité partagés avec eux,

MERCI

Table des matières

Résumé.....	
Remerciements.....	
Table des matières.....	
1. Introduction	1
1.1. Contexte général.....	1
1.2. Le mouflon méditerranéen dans la R.N.C.F.S du Caroux Espinouse	1
1.3. Etude épidémiologique	2
2. Matériels et méthodes	3
2.1. Collecte des données sérologiques	3
2.1.1. Méthodes de captures des mouflons	3
2.1.2. Manipulations et prélèvements sanguins	3
2.2. Enquête sérologique	4
2.2.1. Maladies testées	4
2.2.2. Compilation des données de 1993 à 2017.....	5
2.2.3. Techniques d’analyses et critères d’interprétation.....	5
2.2.4. Tendances épidémiologiques et méthodes statistiques	8
3. Résultats	8
3.1. Résultats d’ensemble	8
3.2. La Salmonellose Abortive Ovine.....	10
3.2.1. Résultats détaillés par année	10
3.2.2. Résultats selon l’âge des animaux	11
3.3. La chlamydie	12
3.3.1. Résultats détaillés par année	12
3.3.2. Résultats selon l’âge des animaux	13
3.4. Le virus de Schmallenberg (SBV).....	14
3.5. L’Ehrlichiose	15
3.5.1. Résultats détaillés par année	15
3.5.2. Résultats selon l’âge des animaux	15
3.5.3. Tiques et Ehrlichiose	16
4. Discussion.....	17
4.1. La salmonellose Abortive Ovine (SAO).....	17
4.2. La Chlamydie.....	18
4.3. Le virus de Schmallenberg (SBV).....	19
4.4. L’Ehrlichiose	19
5. Conclusion	20
6. Références bibliographiques.....	21
Annexes	



Photo : X. DARTHAYETTE

Figure 1. Prise de sang sur un mouflon lors d'une capture



Photo : X. DARTHAYETTE

Figure 2. Mouflons méditerranéen : mâle (2-3ans) équipé d'un GPS et accéléromètre

1. Introduction

1.1. Contexte général

Actuellement, l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) gère 7 Réserves Nationales de Chasse et de Faune Sauvage (RNCFS) en France. L'objectif d'une RNCFS est de protéger une ou plusieurs espèces animales afin d'assurer leur propagation, ainsi que d'améliorer les connaissances sur ces espèces. Dans ces espaces protégés, les effectifs des populations sont en augmentation, ce qui entraîne un accroissement des interactions entre animaux sauvages et domestiques (élevages), et avec l'Homme. Ces interactions facilitent la transmission de pathogènes, et les augmentent les risques sanitaires. Il apparaît donc essentiel qu'un soin particulier soit porté à la gestion de la qualité des populations, dont la qualité sanitaire. Cette gestion permet de maintenir une relation saine entre les espèces sauvages et domestiques et de les protéger contre les maladies liées aux activités humaines ou les zoonoses.

Il apparaît donc essentiel d'obtenir des informations objectives sur le statut sanitaire des espèces qui fréquentent les pâturages, et d'évaluer les risques de transmission d'agents pathogènes entre ces différentes espèces. C'est dans le cadre de cette problématique que les RNCFS font l'objet d'un suivi sanitaire de leurs populations d'ongulés (cerf, chevreuil, sanglier, mouflons...) depuis 1988. L'ONCFS réalise des prélèvements sanguins, coproscopiques, et étudie l'abondance des tiques dans plusieurs de ces populations d'ongulés sauvages lors de captures (RNCFS des Bauges, de Bazès, de Belledonne, d'Orlu, et du Caroux-Espinouse). (Gibert, Cugnasse, Dubray, & Mallet, 1993) Le suivi ainsi réalisé permet d'apprécier le statut sanitaire et épidémiologique des ongulés sauvages de montagne au cours du temps pour étudier le rôle des facteurs épidémiologiques sur la survie et la dynamique des populations (Cransac, Hewison, Gaillard, Cugnasse, & Maublanc, 1997). Cela permet dans un second temps d'améliorer les méthodes de gestion, en rapport avec l'état sanitaire des populations (Loison, Gaillard, & Jullien, 1996).

1.2. Le mouflon méditerranéen dans la R.N.C.F.S du Caroux Espinouse

Pour ce rapport, la problématique se limite à une zone d'étude plus restreinte et à une seule espèce. Nous étudierons le statut épidémiologique de la population de mouflon méditerranéen de la RNCFS du Caroux-Espinouse.

Les mouflons font partie du genre *Ovis* qui regroupe toutes les espèces d'ovins sauvages et domestiques. Le mouflon de Corse (*Ovis gmelini musimon* var. *corsicana*) (Pfeffer, 1967) serait un descendant de mouflons domestiqués au néolithique en Anatolie et retournés à l'état sauvage en Corse après qu'il y ait été introduit (Vigne, 1992). Ce mouflon, importé sur le continent et hybridé avec des ovins domestiques et sauvages (Turcke & Schimincke, 1965) est à l'origine des populations de mouflons méditerranéens (*Ovis gmelini musimon* x *Ovis* sp) (Cugnasse, 1997) actuellement présentes sur le territoire français continental. Le mouflon méditerranéen est le plus petit des mouflons. C'est un ruminant physiologiquement très proche du mouton (N'Guyen & Bunch, 1980) qui se nourrit d'herbacées très variées

(particulièrement de graminées), mais aussi de végétaux semi-ligneux. Ce régime alimentaire très varié le rapproche plus du cerf élaphe, du daim ou du bouquetin. Le mouflon (méditerranéen) présente un fort dimorphisme sexuel et saisonnier (Cf. Figure 2. Figure 16.). Les mâles adultes possèdent des cornes enroulées pouvant atteindre 94 cm, tandis que chez les femelles elles sont beaucoup plus courtes et on ne les retrouve qu'à des fréquences faibles, variables selon les populations.

Entre 1956 et 1960, ont été introduits dans le massif du Caroux-Espinouse 19 individus de mouflon pour des raisons cynégétiques, qui sont à l'origine de la population actuelle. Ce massif couvrant une surface d'environ 20000 ha répartis sur 12 communes du Parc naturel régional du Haut Languedoc est situé dans le nord-est du département de l'Hérault (34). Dans la même période a été créée la Réserve Domaniale Ministérielle du Caroux-Espinouse (1956) qui est depuis 1999 devenue Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage (RNCFS). Aujourd'hui, la RNCFS du Caroux-Espinouse de 1658 ha est cogérée par l'Office National des Forêts (ONF) et l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), en charge des études sur la faune et la flore. C'est dans ces 1658 ha de réserve qu'ont été introduits les premiers mouflons qui ont désormais colonisé les territoires adjacents à la réserve. L'aire de répartition actuelle est estimée à plus de 19200 ha et la population est considérée comme la plus importante de France (Cugnasse, 1997)

1.3. Etude épidémiologique

L'intérêt d'étudier et de connaître le statut épidémiologique d'une population est double. Premièrement, il permet de comprendre le rôle des maladies sur le fonctionnement démographique des populations. Un premier bilan avait été fait dans le Caroux-Espinouse en 2002 (Garel, 2002), dans lequel les facteurs épidémiologiques étaient les seuls éléments ayant permis d'expliquer une diminution de la survie après 1993. En effet, une épizootie de kératoconjonctivite a touché la population fin 1993 diminuant la survie chez les deux sexes de mouflon (Cransac et al. 1997). Deuxièmement, un tel suivi sanitaire permet surtout de détecter tout phénomène pathologique important, et de prendre des mesures de gestion. La faune sauvage est souvent accusée de jouer un rôle de réservoir de maladies pour les troupeaux domestiques (Artois et al. 2002; Pastoret et al. 1988) La connaissance du statut épidémiologique est donc essentielle pour éviter des transmissions entre animaux sauvages et domestiques

L'objectif de ce travail est d'établir le statut sanitaire de la population de mouflons de la R.N.C.F.S du Caroux –Espinouse, entre 1993 et 2017. Il s'agira dans un premier temps de compiler toutes les données sérologiques disponibles, puis d'estimer la prévalence (proportion d'animaux malades sur une population) annuelle pour 15 maladies testées régulièrement en laboratoire. L'objectif sera ensuite d'identifier quelques facteurs de variation de cette prévalence en milieu naturel, tels que le sexe et l'âge des individus. D'autres données sanitaires comme l'abondance des tiques permettront aussi de tester un éventuel lien entre ces parasites et la maladie de l'Ehrlichiose dont elles sont les vectrices.

2. Matériels et méthodes

2.1. Collecte des données sérologiques

2.1.1. Méthodes de captures des mouflons

Chaque année, des mouflons sont capturés dans la RNCFS principalement de fin avril à début juillet, pour permettre le marquage d'agneaux, ainsi que la manipulation des animaux dans des conditions optimales d'un point de vue météorologique.

Actuellement, 2 techniques sont utilisées pour capturer les mouflons :

- La principale technique de capture utilisée est celle de la cage-piège (Cugnasse & Garcia, 1982) et de l'enclos-piège. Cages et enclos fonctionnent sur le même principe : les animaux sont appâtés à l'intérieur du piège par une pierre à sel, et en s'approchant d'elle, ils déclenchent la fermeture de la porte-guillotine. Cette année environ 25 trappes sont disposées dans la réserve. Pendant la période de capture, les pièges sont visités tous les matins par le personnel de l'ONCFS et les stagiaires. L'intérêt principal de cette méthode est son très bon rendement bien que depuis 2015 le nombre d'animaux capturés a nettement diminué. De plus la capture des mouflons se fait automatiquement, entre les visites du personnel. Son inconvénient majeur serait sa sélectivité au profit des jeunes mouflons. (Dupraz, 2004) (Cf. Tableau 2.). Pour pallier à cette sélectivité, une autre méthode de capture est employée ;
- Le filet tombant, est une technique de capture permettant de sélectionner les animaux que l'on veut piéger. Encore une fois appâtés par une pierre à sel, les animaux pénètrent à l'intérieur d'une parcelle d'environ 25m², autour de laquelle est disposé un filet replié sur lui-même et suspendu à 2 mètres de hauteur. Grâce à un dispositif de surveillance (piège photo MMS permettant de connaître en temps réel l'activité dans le filet tombant), on peut anticiper les heures de passages des animaux, et ainsi réaliser des affûts pour déclencher les filets. Un câble coulissant de plusieurs dizaines de mètres permet de baisser le filet depuis l'affût, au moment souhaité, pour sélectionner et choisir les animaux qui seront capturés. Cette année, 6 filets tombant ont été mis en place dans la réserve. Bien qu'elle demande un gros investissement en temps et en personnel pour la mise en place du dispositif et pour le déclenchement, cette technique permet de capturer un grand nombre d'animaux à la fois et de sélectionner les classes d'âge et de sexe.

2.1.2. Manipulations et prélèvements sanguins

Chaque capture permet de recueillir des informations importantes sur l'animal. L'âge des animaux est estimé à partir des incisives de la mâchoire inférieure chez les femelles et des cornes chez les mâles (Geist, 1966). La condition physique est évaluée par des mesures de poids et de longueur du métatarse. Des mesures sur les cornes (longueur, écartement, diamètre) apportent aussi des informations sur la croissance des animaux. Des prélèvements de poils fournissent aussi des informations génétiques sur les individus. Les captures

permettent ensuite de marquer les animaux afin de les identifier, individu en mains (boucles auriculaires, transpondeurs sous-cutanés) ou lors d'observations à distance (colliers extensibles équipés de bandes portant un code unique). Dans cette population, les animaux sont suivis par un protocole de Capture Marquage Recapture (CMR), qui selon le dispositif de marquage renseigne sur la démographie de la population ou l'écologie spatiale de ces individus. Dans ce cadre, des individus adultes et une trentaine d'agneaux par an sont équipés de colliers portant un émetteur VHF. Depuis 2003, des individus adultes ont aussi été équipés de colliers GPS, et plus récemment d'accéléromètres.

Depuis 1991, un suivi sanitaire sur la population de mouflon du Caroux-Espinouse a été entrepris au travers duquel des données sont récoltées lors des captures : décomptes et prélèvements de tiques, collectes de fèces, et prélèvements sanguins. Ces prélèvements sanguins permettent de disposer d'informations épidémiologiques et sont à la base de mon travail. Les prises de sang sont effectuées au niveau de la veine jugulaire et 5 tubes de 10 mL sont prélevés par animal. (Cf. Figure 1.) Aucun protocole ne vise à prélever sur un type d'individu en particulier, donc les prélèvements sont effectués aléatoirement dans la population, en fonction des individus capturés. Cette année, 40 kits sanguins sont disponibles, et les prises de sang seront effectuées sur les 40 premiers animaux piégés. Les tubes de sang sont ensuite centrifugés dans les heures qui suivent, puis placés dans un congélateur à une température de -18°C en attendant d'être expédiés au laboratoire départemental vétérinaire de Savoie à Chambéry.

2.2. Enquête sérologique

2.2.1. Maladies testées

Depuis 1993, environ 15 maladies sont testées régulièrement en sérologie (Cf. Tableau 1. Annexe : Figure 17. Les caractéristiques des maladies testées sont synthétisées dans un tableau en annexes (Cf. Figure 17.) qui résume les sources d'infections, les modes de transmission, les espèces touchées, les symptômes, le caractère contagieux chez l'Homme, les moyens de luttés et de préventions, et les méthodes de diagnostics pour chaque maladie.

Ce suivi sanitaire permanent a permis la mise évidence et le suivi de certains événements pathologiques (Dupraz, 2004; Garel, 2002) et contribue à connaître le statut épidémiologique des mouflons du Caroux-Espinouse (Cf.3.Résultats).

Dans un premier temps, il a fallu récolter et standardiser les données sérologiques issues des analyses de laboratoire.

2.2.2. Compilation des données de 1993 à 2017

Pour établir un statut épidémiologique de la population de mouflon étudiée, il a été nécessaire de compiler les données sérologiques annuelles de 1993 à 2017. Toutes les données provenaient des résultats des analyses sérologiques réalisées par le laboratoire vétérinaire de Savoie. Les sérums testés correspondent à des individus capturés, et leur âge, leur sexe ont été déterminés lors des manipulations. Les 15 maladies, mentionnées dans le Tableau 1. n'ont pas systématiquement été testées. En effet, les maladies non classées en 1^{ère} catégorie¹ c'est-à-dire ne présentant pas un danger sanitaire majeur ou n'ayant pas d'effet connu sur la dynamique des populations sauvages, ne sont pas systématiquement testées. Le nombre de maladies analysées dépend donc du budget annuel accordé à ces analyses. De ce fait, il est impossible de dresser un statut épidémiologique sur ces 24 années en continu pour chacune des maladies. D'autre part, il semblerait qu'il n'y ait pas eu de prélèvements sanguins en 2005 et 2007 lors des captures sur la RNCFS, ces deux années manquent donc à ce suivi épidémiologique de 1993 à 2017. (Cf. Figure 3.)

2.2.3. Techniques d'analyses et critères d'interprétation

La principale difficulté pour compiler chaque année de suivi, a été de retrouver les mêmes seuils de positivité pour chaque maladie afin de standardiser les résultats.

Pour cela, il était dans un premier temps nécessaire de connaître les techniques d'analyse et de détection des différentes maladies en laboratoire. Les méthodes utilisées pour diagnostiquer une maladie sont différentes selon l'agent pathogène. Les principales méthodes de détection utilisées sont les suivantes (Cf. Tableau 1.)

- La réaction de fixation du complément (FC) : Elle permet de détecter la présence d'anticorps spécifiques d'un antigène dans le sérum des animaux selon que la fixation du complément (qui réagit avec les complexes antigène-anticorps), se produit ou non. Cette technique est la méthode de diagnostic de référence pour les ruminants (Dupraz, 2004). C'est la technique qui a été la plus utilisée entre 1993 et 2017 pour les examens sérologiques sur les mouflons du Caroux-Espinouse. En revanche elle a été remplacée ces dernières années par d'autres méthodes sérologiques.
- ELISA : Cette technique permet de visualiser une réaction antigène-anticorps grâce à une réaction colorée produite par l'action, sur un substrat, d'une enzyme préalablement fixée à l'anticorps. (Engvall & Perlmann, 1971) Elle a l'avantage de pouvoir être automatisée, d'être d'un emploi et d'une lecture aisée et surtout de posséder une bonne spécificité et sensibilité.

¹ Arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales. https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000027831750

- Séroagglutination : Tout comme les deux méthodes précédentes, cette technique permet la détection d'anticorps. Ici, elle n'a été utilisée que pour la recherche des anticorps dirigés contre *Salmonella abortus ovis*. Une agglutination est provoquée lorsqu'un anticorps, de type IgM essentiellement, rencontre l'antigène correspondant. Il se forme alors un complexe immun qui est visible à l'oeil. La classe d'immunoglobuline la plus active dans ce test est celle des IgM, ce qui fait de la séroagglutination une technique bien adaptée pour un diagnostic lors de la phase aiguë de la maladie, mais qui donne des résultats moins satisfaisants si les prélèvements sérologiques sont effectués plus de 8 semaines après les mises-bas ou les épisodes d'avortement (Sanchis & Abadie, 1990)
- PCR : Contrairement aux techniques précédentes, cette méthode permet un diagnostic direct de l'agent pathogène, et non une recherche d'anticorps spécifiques à cet agent (détection indirecte). En effet la PCR (réaction de polymérase en chaîne) permet d'amplifier un fragment d'ADN *in vitro*. Si l'agent pathogène recherché est présent dans le sérum, l'amplification aura lieu, et la PCR permettra d'identifier la bactérie ou le virus, et d'en connaître la quantité initiale. Cette technique a l'avantage d'être très rapide, et très sensible.

Dans un deuxième temps, il a fallu interpréter les données sérologiques issues du laboratoire. Pour certaines maladies, les résultats sérologiques étaient déjà convertis sous forme qualitative en « Positif » ou « Négatif ». C'est le cas notamment lorsqu'un agent pathogène est détecté par PCR ou lorsque la détection d'un anticorps révèle directement une séropositivité. En revanche, pour d'autres maladies, les tests sont faits quantitativement en mettant en place une série de dilution des sérums, pour déterminer le facteur de dilution le plus élevé donnant encore un test positif. Ces facteurs de dilution correspondent aux « titres » en anticorps. En l'absence de référence standard, il n'est pas possible d'affirmer que les seuils d'interprétation définis pour les espèces domestiques sont applicables aux espèces sauvages. Les résultats sont donc le plus souvent fournis par le laboratoire sous forme de titre sérologique en anticorps et l'utilisateur a alors la possibilité d'utiliser ces propres seuils pour classer les animaux positifs ou négatifs à une maladie.

Les seuils d'interprétation que j'ai défini pour la Fièvre Q, la Chlamydiose et la Salmonellose ont été utilisés lors d'une précédente étude (Garel, 2002) et ceux pour la Brucellose et la Toxoplasmose ont été utilisés lors d'une thèse en 2004 (Dupraz, 2004). Les seuils d'interprétation pour les autres maladies m'ont été directement fournis par le L.B.V de Savoie. (Cf. Tableau 1.) Ainsi, tous les résultats sérologiques pour lesquels le titre est strictement supérieur au seuil de positivité que j'ai établi, sont qualifiés de positifs. De plus, tous les résultats sérologiques douteux n'ont pas été pris en compte lors de mes analyses (=2,442%).

Lorsque pour une même maladie, certaines années présentaient des résultats sous forme de titre sérologique, et d'autres présentaient des résultats déjà convertis en « Positif/Négatif », je

me suis assuré que les conversions utilisées étaient les mêmes que celles que j'avais défini. Si ce n'était pas le cas, ou si les critères d'interprétation étaient inconnus, j'ai seulement pris en compte dans mes analyses, les années dont les résultats étaient sous la même forme pour une même maladie.

Ci-dessous, un tableau récapitulant les méthodes de diagnostic utilisées pour chaque maladie, ainsi que les critères d'interprétation que j'ai utilisé pour convertir les titres sérologiques, en résultats qualitatifs. La mention « Pos/Neg » correspond à des maladies dont tous les résultats étaient déjà présentés sous forme qualitative, comme expliqué précédemment.

Tableau 1. Techniques d'analyses et seuils de positivité pour les 15 maladies étudiées

Nom de la maladie	Agent pathogène	Méthode d'analyse	Seuil de positivité
Brucellose	<i>Brucella melitensis</i>	Fixation du complément ou ELISA	1/10
Fièvre Q	<i>Coxiella burnetii</i>	Fixation du complément	1/10
Chlamydie abortive	<i>Chlamydomphila abortus</i>	Fixation du complément	1/10
Salmonellose abortive ovine	<i>Salmonella abortus</i>	Séroagglutination	1/80
Ehrlichiose	<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	PCR	Pos/Neg
Agalactie contagieuse	<i>Mycoplasma agalactiae</i> (ou <i>M. mycoides</i> , <i>M. capricolum</i>)	Fixation du complément ou ELISA	1/50
Paratuberculose	<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	ELISA	Pos/Neg
Épididymite contagieuse du bélier	<i>Brucella ovis</i>	Fixation du complément ou ELISA	1/10
IBR (Rhino-trachéite infectieuse bovine)	<i>BHV-1</i> (herpèsvirus bovin de type 1)	Inconnu	Pos/Neg
le syndrome VISNA-MAEDI	<i>Visna virus</i>	Inconnu	Pos/Neg
Pestivirus	Virus du genre <i>Pestivirus</i> (<i>Border Disease</i>)	ELISA ou PCR	Pos/Neg
Schmallenberg	<i>Schmallenberg virus</i>	PCR	Pos/Neg
Fièvre Catarrhale Ovine (FCO)	Virus du genre <i>Orbivirus</i>	ELISA	Pos/Neg
Toxoplasmose	<i>Toxoplasma gondii</i>	ELISA	1/50
Neosporose	<i>Neospora caninum</i>	PCR	Pos/Neg

2.2.4. Tendances épidémiologiques et méthodes statistiques

Après compilation des résultats sérologiques annuels et conversion des titres sérologiques en résultats qualitatifs standardisés, j'ai pu estimer les tendances épidémiologiques. Les résultats sont présentés par année sous forme de taux de prévalence pour chaque maladie, sur les plus grandes séries temporelles possibles. Ce taux de prévalence annuel correspond au nombre d'animaux malades (séropositifs) sur le nombre total d'animaux analysés par année.

Par la suite, j'identifierai quelques facteurs de variation de cette prévalence, comme l'âge, ou le sexe des individus et validerai toutes les comparaisons par un test du χ^2 . Chaque individu, est identifié par un numéro de fichier unique, qui permet de faire la correspondance avec les autres informations (âge, sexe, nombre de tiques...) collectées au moment de la capture.

J'étudierai aussi la relation entre l'abondance des tiques et la prévalence de l'Ehrlichiose à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Toutes les figures, et tests statistiques ont été réalisés sur le logiciel R.

3. Résultats

3.1. Résultats d'ensemble

Cette première partie de résultat permet de rendre compte des tailles d'échantillons, de la composition en âge et sexe des mouflons prélevés, ainsi que des prévalences pour l'ensemble des maladies étudiées, entre 1993 et 2017.

Le graphique suivant (Cf. Figure 3.) nous montre la répartition des prélèvements sanguins par année. Au total, 1323 mouflons ont fait l'objet de prises de sang et ont été analysés entre 1993 et 2017.

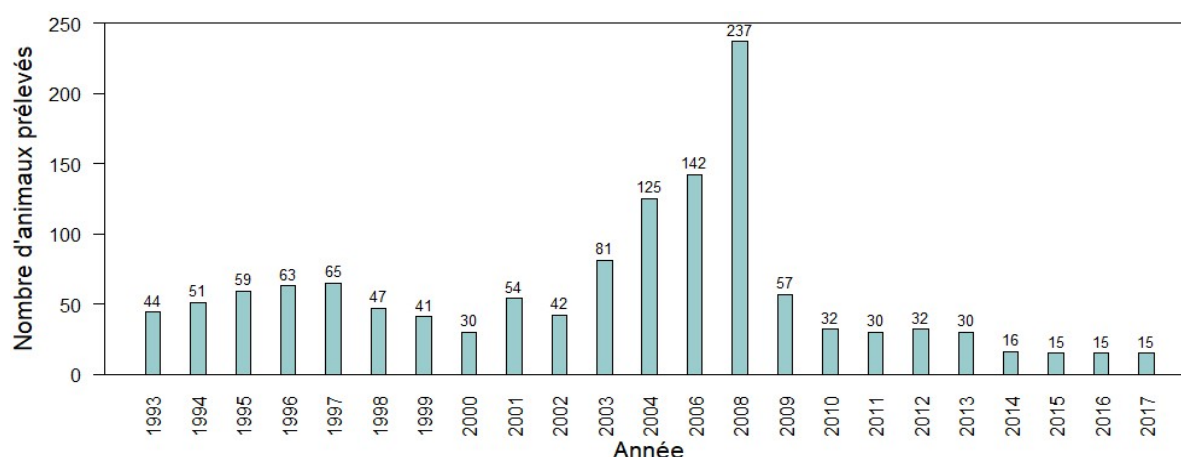


Figure 3. Nombre de prélèvements sérologiques analysés par an.

Environ 88,13% de ces résultats sérologiques sont exploitables. Ils sont représentés sur le tableau suivant, et sont classés selon l'âge et le sexe de l'animal correspondant. Premièrement, il faut noter une sex-ratio équilibrée, avec un total de 53,3% de femelles (n=621) et 46,7% de mâles (n=545). Par ailleurs, la proportion de prélèvements sanguins chez les agneaux est très importante par rapport aux autres classes d'âges, car elle représente 38,16% de tous les prélèvements.

Tableau 2. Répartition des prélèvements exploitables, selon l'âge et le sexe de l'animal correspondant

	Agneau	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	>10 ans	Total
Femelle	216	71	48	43	130	41	12	22	15	11	12	621
Males	229	82	71	44	41	26	18	13	8	8	5	545
Total Sexe	445	153	119	87	171	67	30	35	23	19	17	1166

Les résultats généraux, pour l'ensemble des maladies sont présentés dans le graphique suivant. (Cf. Figure 4.) Le nombre d'individus séropositifs sur le nombre total de prélèvements testés pour chaque maladie et toute année confondue, est précisé sous forme de fraction au-dessus des barres. Cette proportion a été ramenée en pourcentage pour visualiser les taux de prévalence de chaque maladie.

Il en ressort que 11 des 15 maladies étudiées sont très faiblement présentes voire totalement absentes dans la population de mouflons de la R.N.C.F.S du Caroux-Espinouse. Ces 11 maladies se sont révélées positives pour seulement 12 cas ou moins (ce qui correspond à moins de 3% des prélèvements) (Cf. Figure 4.). Nous allons donc dans ce qui suit nous intéresser particulièrement aux 4 maladies qui semblent relativement bien présentes dans la population:

- **la Salmonellose Abortive Ovine (SAO)** (Cf.3.2) qui présente 77 individus séropositifs sur un total de 497 prélèvements analysés (15,5%);
- **la Chlamydie** (Cf. 3.3) abortive qui sur un total de 854 prélèvements testés révèle une séroprévalence de 19,8% ;
- **le virus de Schmallerberg (SBV)** (Cf. 3.4) qui a été détecté sur 32,31% d'individus (n=65) ;
- **l'Ehrlichiose** (Cf.3.5) qui avec 57,14% de résultats positifs apparaît comme la maladie majeure de cette population de mouflons.

Taux de prévalence pour l'ensemble des maladies testées entre 1993 et 2017

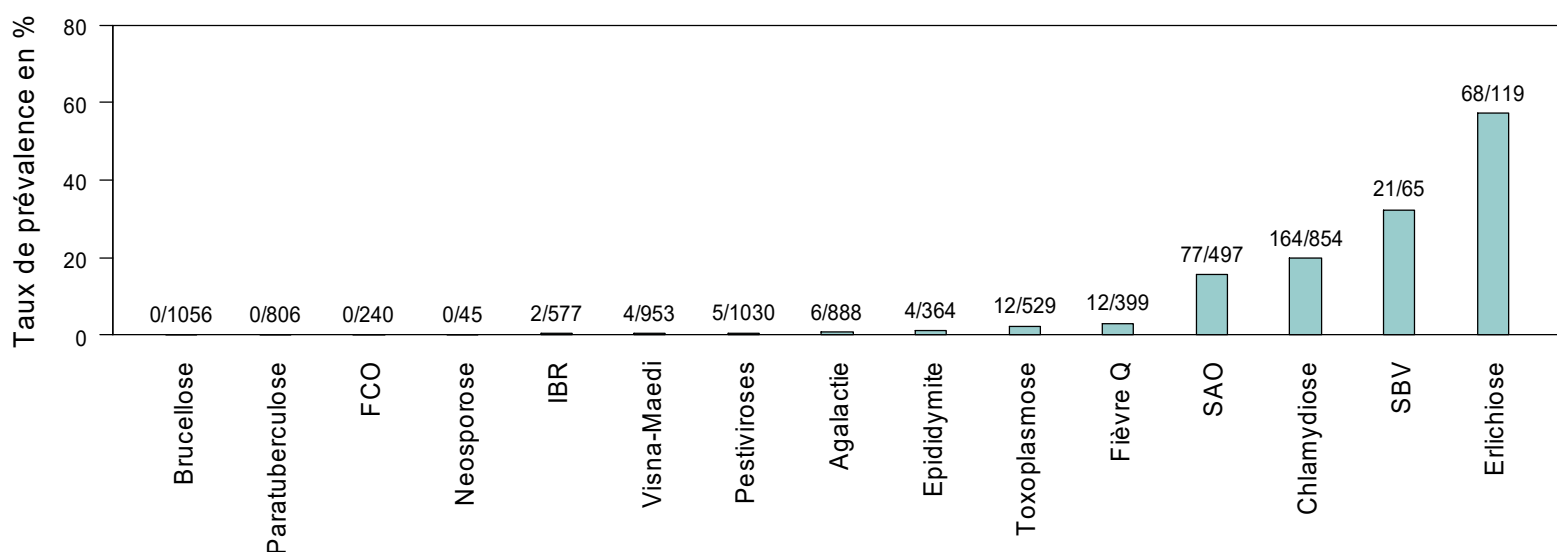


Figure 4. Taux de prévalence et proportion de séropositifs pour chaque maladie entre 1993 et 2017

3.2. La Salmonellose Abortive Ovine

Pour la Salmonellose, les données entre 2009 et 2013 n'ont pas été prises en compte car elles étaient déjà converties en résultats qualitatifs et les seuils utilisés étaient inconnus. (Cf. Figure 5. Figure 6. Figure 7.)

3.2.1. Résultats détaillés par année

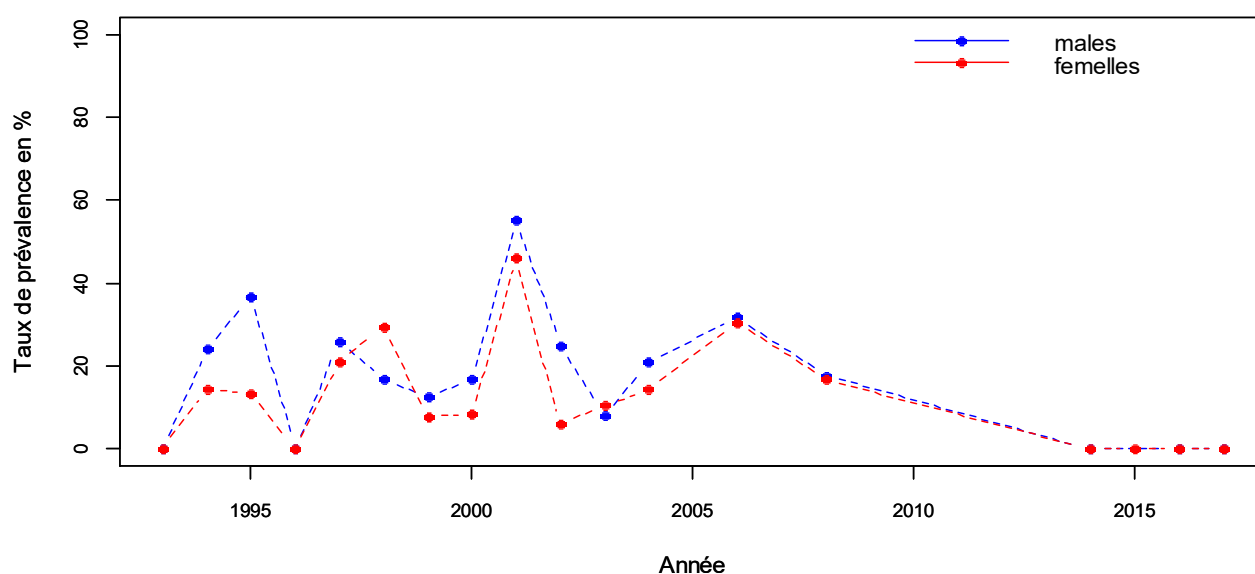


Figure 5. Prévalence annuelle de la Salmonellose par sexe

Nous voyons que la prévalence pour la Salmonellose varie d'année en année avec un pic en 2001 (Cf. Figure 5.). Elle semble avoir diminué depuis 2006 jusqu'en 2017. Cet effet de l'année sur la prévalence a été testé statistiquement par un test du χ^2 , et s'est révélé très significatif (χ^2 99,97 ; Df = 17 ; $p < 0.001$). Par ailleurs, j'ai testé de la même manière s'il y avait une différence en terme de sexe. Le résultat de ce test indique qu'il existe un effet significatif du sexe, avec une prévalence en moyenne plus faible chez les femelles (=3,2%) que chez les mâles (=4,7%) (χ^2 7,49 ; Df=1, $p\text{-value} < 0,01$).

3.2.2. Résultats selon l'âge des animaux

Les animaux ont été classés en fonction de leur âge, et tous les animaux de 10 ans ou plus ont été regroupés ensemble afin d'obtenir un échantillon statistiquement suffisant ($n=10$). (Cf. Tableau 3) Un âge de 0 an correspond à des agneaux nés dans l'année.

Age (Années)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectif	300	101	82	55	88	41	18	22	12	10	10

Tableau 3. Effectifs des individus analysés par âges

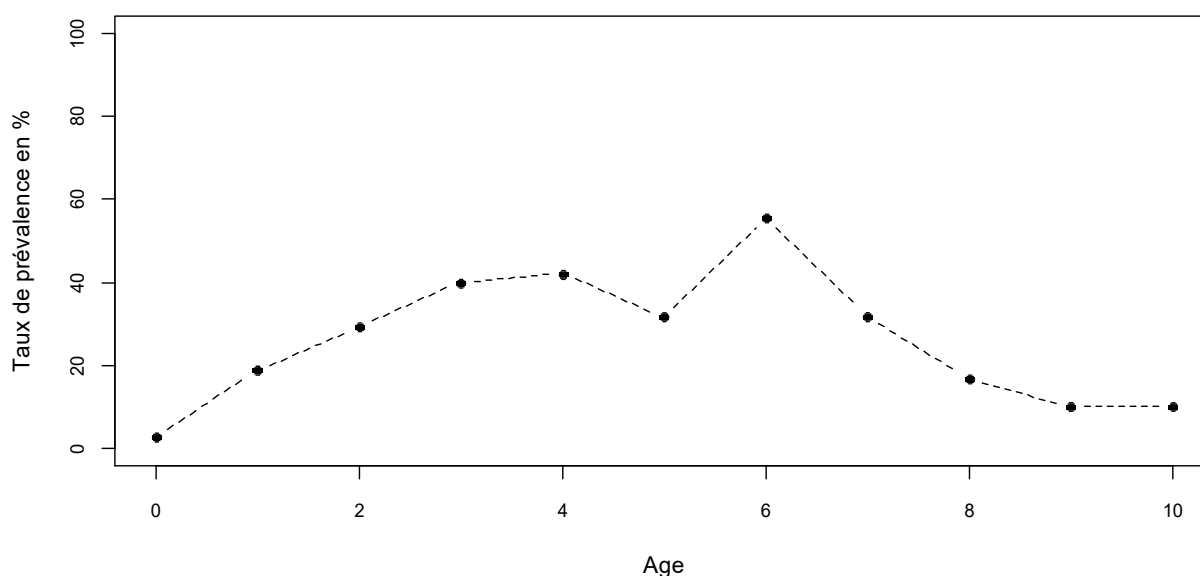


Figure 6. Prévalence de la Salmonellose en fonction de l'âge

Cette courbe (Cf. Figure 6. nous montre un pic dans la prévalence à la Salmonellose autour de l'âge de 6 ans, tout sexe confondu. Un test du χ^2 montre que l'âge a un effet très significatif sur la prévalence (χ^2 98,99 Df=10 et $p < 0,001$), la tendance semble donc bien marquée : La prévalence semble augmenter jusqu'à l'âge de 6 ans, puis diminuer jusqu'à la fin de vie des animaux.

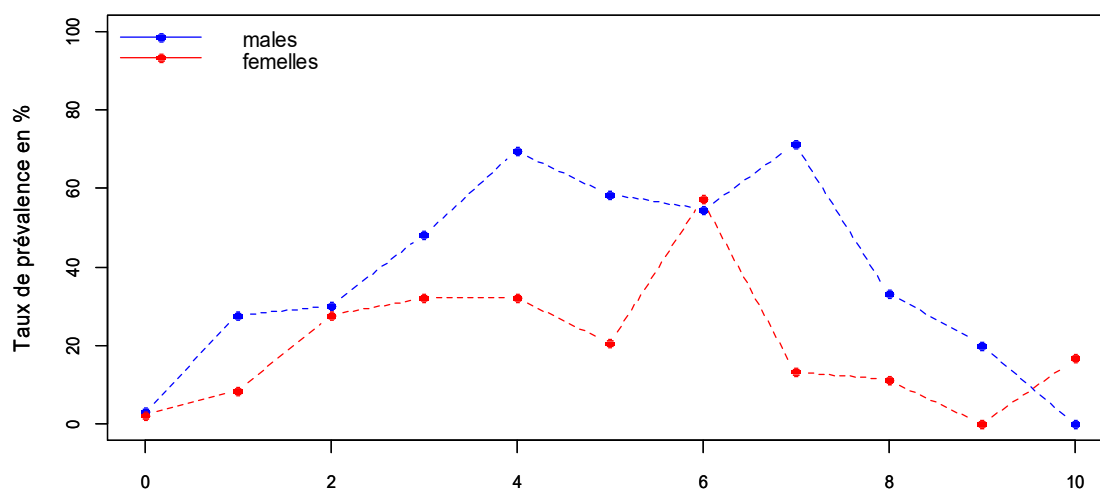


Figure 7. Prévalence de la Salmonellose en fonction de l'âge et par sexe

En comparant les deux sexes (Cf. Figure 7.), nous voyons que les mâles sont plus souvent touchés par la salmonellose que les femelles et ce pour tous les âges sauf chez les agneaux et les animaux de 10 ans. Un test du χ^2 permet de le confirmer (χ^2 5.14 ; Df=1 ; p-value<0,01)

3.3. La chlamydie

Pour la Chlamydie, seules les années entre 1993 et 2006 ont été prises en compte, car pour les années les plus récentes les résultats étaient déjà convertis en positif et négatif, et les seuils utilisés étaient probablement différents de ceux établis ici. (Cf. Tableau 1.)

3.3.1. Résultats détaillés par année

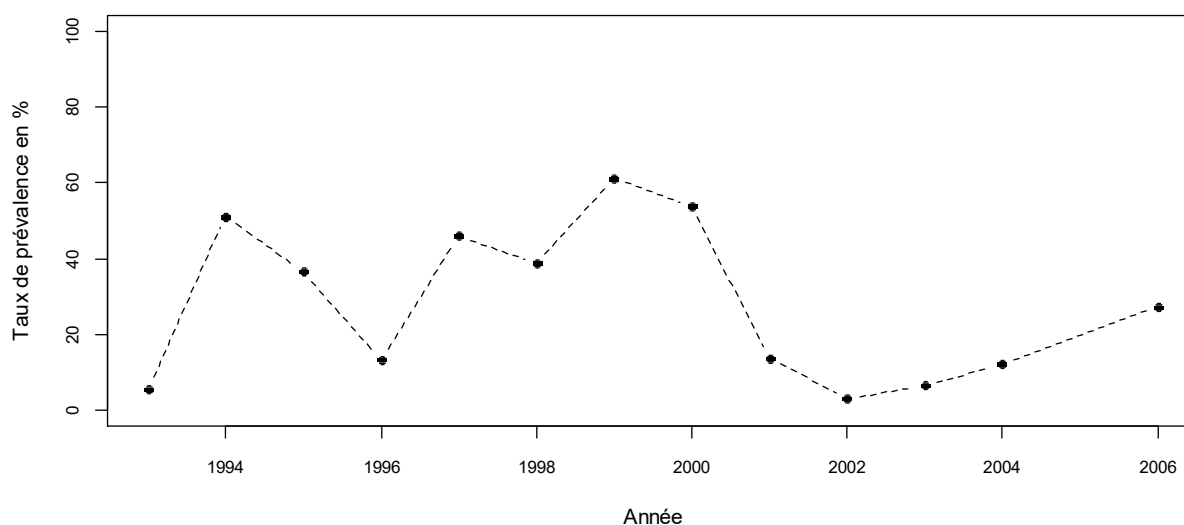


Figure 8. Prévalence annuelle de la Chlamydie

La courbe de la prévalence annuelle de la Chlamydie (Cf. Figure 8. ci-dessus nous montre que la maladie semble être présente dans la population entre 1993 et 2002. En 2000, la maladie diminue très nettement pour atteindre une prévalence proche de 0% en 2002, pour ré-augmenter progressivement jusqu'en 2006. Cette variation annuelle a été testée statistiquement (χ^2 76.027 ; Df= 12 ; p-value<0,001) et s'est révélée très significative.

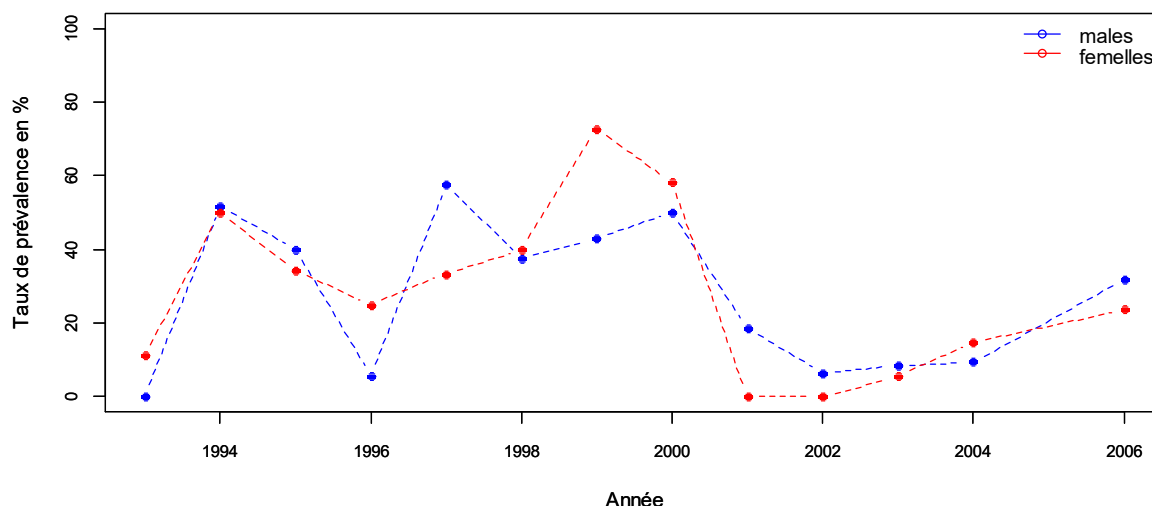


Figure 9. Prévalence annuelle de la Chlamydie par sexe

La Figure 9. ci-dessus indique la prévalence par sexe. Le test χ^2 n'était pas significatif, donc nous ne pouvons pas dire qu'il y a un effet du sexe sur la prévalence (χ^2 1.51 ; Df= 1 ; p-value =0,22).

3.3.2. Résultats selon l'âge des animaux

De même que pour la Salmonellose, tous les animaux de 10 ans ou plus ont été regroupés ensemble (n=6). (Cf. Tableau 4.)

Age (Années)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectif	264	90	70	51	69	31	15	13	8	6	6

Tableau 4. Effectifs des individus analysés par âges.

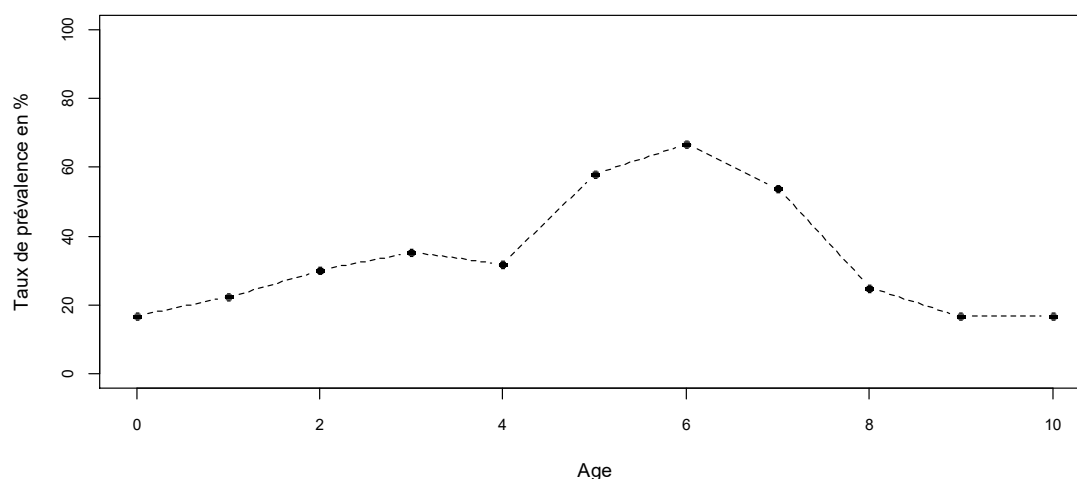


Figure 10. Prévalence de la Chlamydie en fonction de l'âge

Une nouvelle fois, on peut observer le même profil dans la prévalence en fonction de l'âge. (Cf. Figure 10.) La prévalence augmente jusqu'à l'âge de 6 ans, puis elle diminue. Chez les animaux de 6 ans testés, environ 66% étaient séropositifs. L'effet de l'âge est significatif statistiquement (χ^2 26.32 ; Df=10 ; p-value<0,01). En revanche, l'effet du sexe dans la prévalence en fonction de l'âge ne sera pas représenté ici car il était peu significatif (χ^2 =0.24 ; Df=1 ; p-value=0,62).

3.4. Le virus de Schmallerberg (SBV)

La détection du virus de Schmallerberg n'a été testée qu'en 2012, 2013, 2016, et 2017 en laboratoire. De ce fait, il est impossible d'analyser la prévalence au virus en fonction de l'âge, car les effectifs sont trop réduits. Seule la prévalence annuelle est représentée pour le SBV. (Cf. Figure 11.)

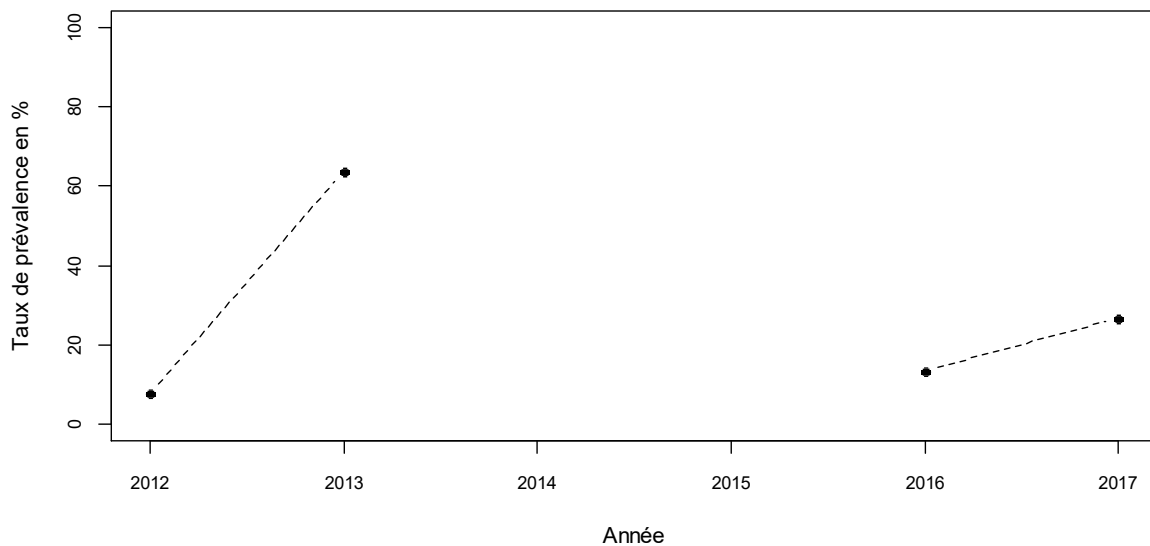


Figure 11. Prévalence annuelle de Schmallerberg

La courbe ci-dessus indique que le virus est relativement bien présent dans la population. En 2013, environ 70% des animaux testés étaient infectés par le SBV. Bien que les analyses en laboratoire n'aient été effectuées que 4 années, l'effet de l'année sur la prévalence est très significatif (χ^2 16.72 ; Df= 3 ; p-value<0,001). En revanche l'effet du sexe sur cette prévalence étant peu significative, elle ne sera pas représentée ici (χ^2 1.3127 ; Df= 1 ; pvalue= 0.25).

En raison d'un faible effectif d'individus testés (n=65), la prévalence en fonction de l'âge ne sera pas représentée pour le SBV. En effet l'effet de l'âge sur la prévalence s'est révélée peu significatif (χ^2 2.87 ; Df= 3 ; p-value=0,41).

3.5. L'Ehrlichiose

L'Ehrlichiose a été testée en laboratoire de 2011 à 2017 (sauf 2015).

3.5.1. Résultats détaillés par année

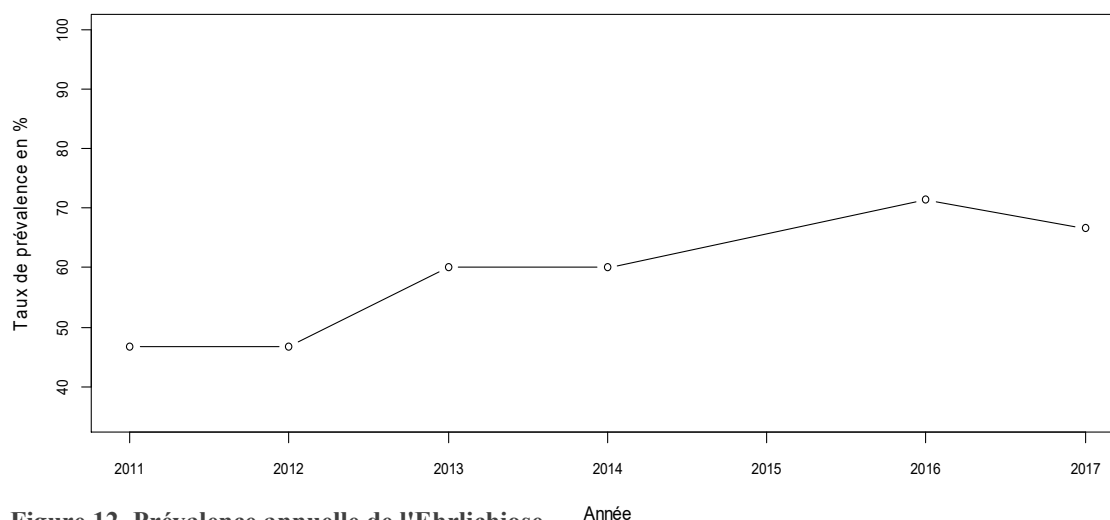


Figure 12. Prévalence annuelle de l'Ehrlichiose

Depuis 2011 jusqu'à 2016, la prévalence à l'Ehrlichiose semble augmenter progressivement jusqu'à atteindre 71,42% en 2016. Elle semble ensuite se stabiliser, aux alentours de 66%. Il n'y a aucune donnée pour l'année 2015. L'effet de l'année sur la prévalence n'est cependant pas significative (χ^2 3,9 ; Df=5 ; p-value= 0,56).

L'effet du sexe sur la prévalence n'est pas représenté car cet effet était peu significatif (χ^2 0,02 ; Df= 1 ; p-value= 0,87).

3.5.2. Résultats selon l'âge des animaux

Les effectifs étant trop faibles, les animaux ont été regroupés en classes d'âges afin d'avoir des résultats plus significatifs. Aucun animal de 1 an n'a été analysé. (Cf. Figure 13.)

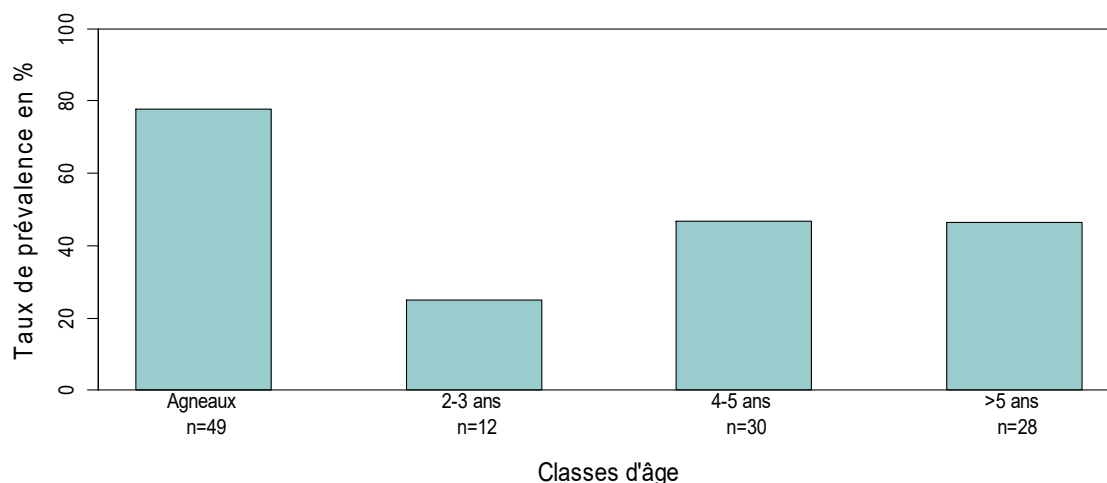


Figure 13. Prévalence de l'Ehrlichiose en fonction de l'âge.

Le nombre (n) de prélèvement analysés pour chaque classe d'âge est indiqué en dessous des barres

Ce diagramme en barres nous montre que la classe d'âge la plus touchée par l'Ehrlichiose est celle des agneaux. En effet, 38 agneaux sur 49 (77,5%) se sont révélés séropositifs pour cette pathologie. En revanche, chez les mouflons de 2-3 ans, seulement 25% étaient positifs. Cette prévalence semble ensuite augmenter chez les 4-5 ans, et se stabiliser aux alentours de 46%. En revanche, l'effet de l'âge sur la prévalence n'est pas statistiquement significatif (χ^2 4.66 ; Df= 3 ; p-value=0.20)

3.5.3. Tiques et Ehrlichiose

Grâce aux données de tiques décomptées sur les mouflons lors des captures, il est possible de tester le lien entre l'Ehrlichiose et l'abondance des tiques. Dans un premier temps, voici le nombre moyen annuel de tiques comptées par individu. (Cf. Figure 14.)

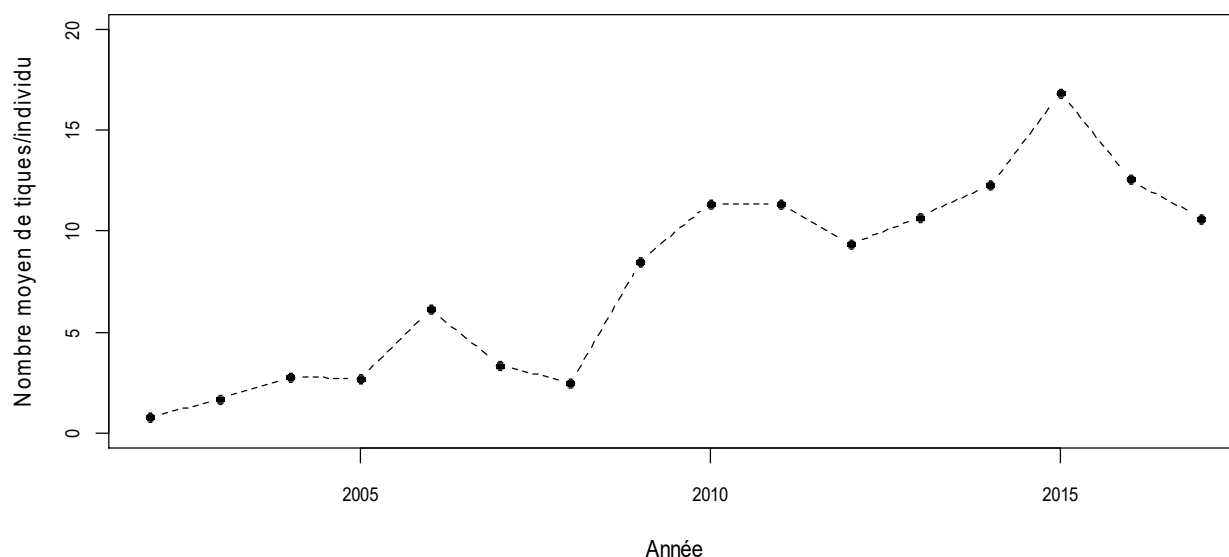


Figure 14. Nombre moyen de tique par individu en fonction de l'année

Il se dégage de cette courbe une forte tendance à l'augmentation. En 2002, le nombre moyen de tiques comptées étaient proche de 0, tandis qu'en 2005, ce nombre a atteint un pic à environ 16,8 tiques par individu. L'abondance des tiques semble diminuer de 2015 à 2017.

Une régression linéaire a été réalisée pour expliquer la prévalence à l'Ehrlichiose par l'abondance des tiques. (Cf. Figure 15.) La corrélation linéaire de Pearson est de 0,562. La corrélation est positive, mais elle est peu significative (Df=4, p-value=0,12).

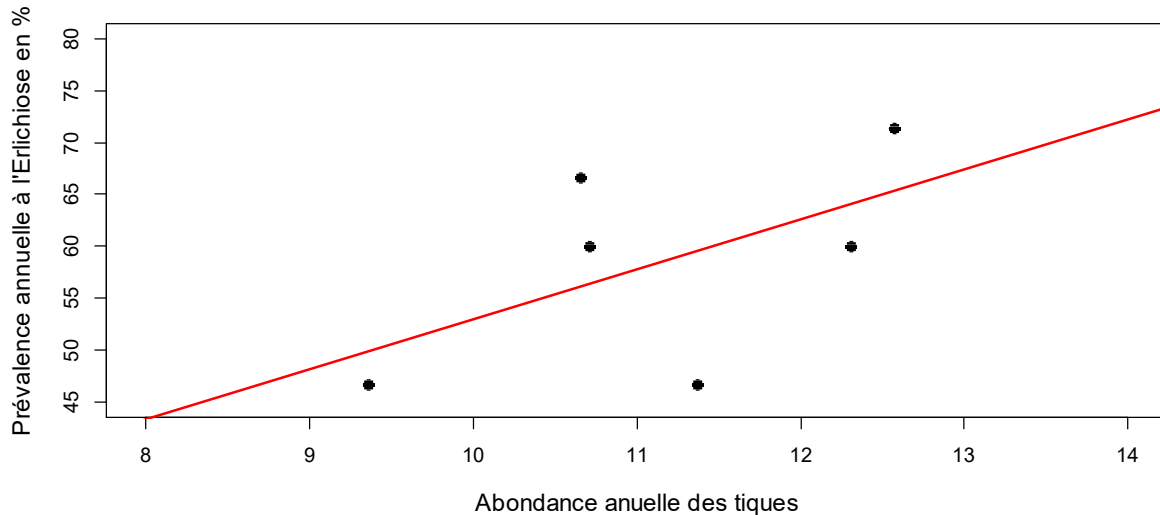


Figure 15. Prévalence annuelle à l'Ehrlichiose en fonction de l'abondance annuelle en tique

4. Discussion

Les résultats de cette analyse épidémiologique ont révélés la forte présence de 4 maladies dans la population de mouflon du Caroux-Espinouse entre 1993 et 2017 : la Salmonellose, la Chlamydiose, le virus de Schmallenberg, et l'Erlichiose. Les autres maladies étaient totalement absentes, ou touchaient une dizaine d'individus. Des maladies comme la Fièvre Q, autrefois d'intérêt (Dupraz, 2004), ont pu disparaître de la population. En effet les cas de Fièvre Q retrouvé ici (n=12) (Cf. Figure 4.) correspondaient à des animaux analysés entre 1993 et 1999. Depuis, bien que cette maladie ait été testée jusqu'en 2017, aucun sérum ne s'est révélé positif. Il se peut que pour d'autres maladies comme la toxoplasmose les seuils de positivité utilisés aient été placés trop haut (1/50), dans ce cas, le nombre réel d'individus touchés par la bactérie aurait été sous-estimé (n=12).

Les 4 maladies les plus représentées dans la population ont donc été analysées.

4.1. La salmonellose Abortive Ovine (SAO)

On dispose pour la Salmonellose, de données exploitables sur toutes les années sauf entre 2009 et 2013. Le statut de prévalence pour cette maladie a donc bien pu être représenté, d'autant que l'effet de l'année se soit révélé très significatif. La prévalence de cette maladie a diminué depuis 2006, et aucun cas ne s'est révélé positif de 2014 à 2017. Toutefois, en raison des nombreuses réactions croisées possibles lors de la détection par séroagglutination ((Dupraz, 2004), il n'est pas possible sans mise en évidence directe du germe (PCR) d'affirmer qu'il s'agit ou non de *Salmonella abortus ovis* (plusieurs bactéries du genre salmonella sont naturellement présentes dans le tractus digestif des ovins).

Cette maladie abortive touche significativement plus les mâles que les femelles en moyenne, et on observe significativement une plus forte prévalence autour des animaux de 6 ans (Cf. Figure 5. Figure 6.) Pour l'effet du sexe sur la prévalence, on s'attendrait à trouver une plus forte proportion de femelles car elles sont plus sensibles en raison des différents événements immunodépresseurs qu'elles traversent (gestation, lactation) (Morisse & Cotte, 1994). Ce n'est pas le cas ici car les mâles sont en moyenne plus touchés par la salmonellose que les femelles. L'augmentation de la prévalence avec l'âge pourrait s'expliquer par le fait que la probabilité de détection d'anticorps augmente avec l'âge des individus, car ils ont pu contracter la maladie au cours de leur vie, et ainsi produire des anticorps. En revanche, la diminution de la prévalence après l'âge de 6 ans ne coïncide pas avec cela. Environ 2,7% des agneaux (8/300) étaient positifs aux analyses. Ce résultat est très surprenant sachant que la principale source de contamination est représentée par les femelles contaminées qui excrètent des particules infectieuses lors de la mise-bas (Favre, 1980; Pardon & Sanchis, 1990).

4.2. La Chlamydiose

Le statut sanitaire pour la Chlamydiose a pu être représenté entre 1993 et 2006 (années pour lesquelles les données étaient sous forme de facteur de dilution). Il serait souhaitable pour de prochaines analyses d'avoir accès aux données brutes du laboratoire, pour qu'elles soient comparables d'année en année. Ainsi il serait possible de comparer les profils de plusieurs maladies abortives sur la même durée. Par ailleurs, la réaction de fixation du complément (F.C) qui est la méthode de diagnostic utilisée en laboratoire (Cf. Tableau 1.) ne permet pas de distinguer *C.abortus* de *C.pecorum* qui est une bactérie présente dans le tractus digestif des ruminants. Il pourrait donc y avoir un biais dans la prévalence à la Chlamydiose.

Il n'est pas possible pour la Chlamydiose de dire qu'il y a un effet du sexe sur la prévalence, car il s'est révélé peu significatif. La Chlamydiose semble donc toucher les mâles et les femelles indifféremment.

De même que pour la Salmonellose, la prévalence en fonction de l'âge des animaux est significative et indique que les animaux les plus touchés par la maladie sont ceux de 6 ans. La courbe augmente progressivement de 0 à 6 ans, puis diminue jusqu'à 10 ans. Il faut cependant noter que les effectifs chez les mouflons de 8, 9 et 10 ans sont très faibles (respectivement n=8, n=6, n=6), et être prudent quant à l'interprétation. Contrairement à la Salmonellose, la prévalence de l'Ehrlichiose chez les agneaux est proche des 20%. Cette prévalence chez les agneaux est expliquée par le fait qu'une transmission verticale de *C.abortus* est possible chez les ovins (Rodolakis, Salinas, & Papp, 1998). De plus, l'excrétion de *C.abortus* a lieu essentiellement au moment de la mise-bas et dans les deux jours qui suivent. Une excrétion en plus faible quantité se poursuit ensuite pendant plusieurs semaines (Rodolakis, 2000).

4.3. Le virus de Schmallenberg (SBV)

Le virus de Schmallenberg est apparu en Allemagne en 2011 et en octobre 2012, 14 pays Européens étaient touchés (Kupferschmidt, 2012). Le virus est donc très récent, et de ce fait encore peu connu. C'est en 2012 que le virus a été recherché par PCR sur la population du Caroux-Espinouse pour la première fois. Un seul cas sur 13 s'est alors révélé positif. Un an plus tard, ce sont 14 cas sur 22 (64%) qui étaient touchés par le virus. Cette maladie émergente a donc touché la population de moutons du Caroux-Espinouse dès 2012, et les données disponibles en 2016 et 2017 témoignent de la persistance du virus. Aujourd'hui il n'y a pas assez de données disponibles dans cette population pour identifier quelconques facteurs de variations de la prévalence au SBV, mais les années à venir permettront d'en savoir davantage quant à l'épidémiologie de ce virus sur la population.

4.4. L'Ehrlichiose

Anaplasma phagocytophilum, bactérie responsable de l'Ehrlichiose chez les ovins a été recherchée par PCR depuis 2011 jusqu'en 2017 (sauf 2015).

La tendance générale de la prévalence à l'Ehrlichiose est en augmentation avec une légère diminution la dernière année (Cf. Figure 12.). Parallèlement nous remarquons une augmentation générale du nombre de tiques comptées sur les animaux, qui est probablement liée aux variations de climat et de météorologie sur le massif. En effet la météorologie peut influencer le cycle de l'activité des tiques (Boyard, 2007). La prévalence annuelle a été mise en relation avec l'abondance des tiques et on observe une corrélation positive ($cor=0,56$) (Figure 15.). Bien que cette relation soit assez marquée, nous ne pouvons pas dire que l'abondance des tiques a un effet sur la prévalence à l'Ehrlichiose. Cependant, cette absence d'effet pourrait simplement être due à la puissance du test, on dispose en effet de peu de données (6 années). L'Ehrlichiose est une maladie vectorielle transmise par la morsure de tique (zoonose), et les ruminants domestiques et sauvages peuvent être des réservoirs d'*Anaplasma phagocytophilum* (Joncour, 2008). Il serait intéressant de poursuivre les analyses sur l'Ehrlichiose dans les années à venir. On s'attendrait à obtenir une corrélation significative, ce qui permettrait de dire que l'augmentation de la prévalence à l'Ehrlichiose serait liée au nombre de tiques. Il serait aussi intéressant d'étudier les facteurs de variation dans l'abondance des tiques. Une analyse spatiale par exemple, permettrait de tester l'abondance des tiques en fonction de la localisation et du milieu, et de vérifier si le lien avec la prévalence est significatif pour chaque milieu.

Le profil de la prévalence en fonction de l'âge est très différent de celui pour la Salmonellose et pour la Chlamydiose. En effet la classe d'âge la plus touchée par la maladie est celle des agneaux. Cette différence pourrait être due au fait que seul l'Ehrlichiose a pu bénéficier d'une technique de diagnostic direct (PCR). En effet, cette technique détecte directement l'agent pathogène responsable de la maladie, et non les anticorps. Il semblerait que plus un individu

est âgé, et plus la probabilité qu'il ait contracté la maladie au cours de sa vie est importante. De ce fait, les anticorps persistant dans le temps, les mouflons les plus âgés ont davantage la capacité à éliminer la bactérie après une morsure de tique infectée. C'est probablement pour cette raison que les agneaux sont plus fréquemment détectés positifs. De ce fait, la méthode de diagnostic par PCR de maladies non contagieuses comme l'Ehrlichiose, paraît plus efficace, car seuls les nouveaux cas sont détectés, ce qui permet de conclure directement sur l'infectiosité d'un pathogène.

5. Conclusion

Les données sérologiques de la population de mouflon du Caroux-Espinouse ont permis d'établir un statut épidémiologique entre 1993 et 2017. Il en ressort de ce bilan, 4 maladies très représentées dans la population : la Salmonellose Abortive Ovine, la Chlamydie, le virus de Shmallenberg, et l'Ehrlichiose.

Le profil de la prévalence en fonction de l'âge est très similaire entre la Salmonellose et la Chlamydie. Il semblerait que les jeunes animaux soient peu touchés et que les mouflons de 6 ans soit les plus touchés par la maladie. L'augmentation de la prévalence avec l'âge pourrait être due au fait que les seuils de positivité établis, permettent la détection d'anticorps d'anciennes infections. Au contraire la PCR utilisée pour le diagnostic de l'Ehrlichiose détecte seulement les animaux récemment infectés, c'est pourquoi la prévalence est supérieure chez les agneaux que chez les adultes. Enfin, l'abondance des tiques et la prévalence sont corrélées positivement, mais l'échantillon étant statistiquement insuffisant, l'effet de l'abondance des tiques ne s'est pas révélé significatif.

Le suivi sanitaire permettra dans quelques années de vérifier les tendances et résultats actuels, et de mettre à jour le statut épidémiologique grâce à de nouvelles données. Il permettra d'améliorer les connaissances du rôle des facteurs épidémiologiques sur la dynamique de population, et d'en prendre compte dans les méthodes de gestion de la population. Cependant, afin d'obtenir des résultats plus significatifs, il serait souhaitable dans le futur, d'avoir accès aux analyses brutes du laboratoire (facteurs de dilution), pour qu'un maximum de données soient exploitables et comparables.



Figure 16. Mouflons méditerranéens. De gauche à droite: Jeune mâle (1 an) et femelle (4-6 ans)

6. Références bibliographiques

- Artois M., Biteau-Coroller F., Rossi S., & Hars J. (2002). La surveillance et le contrôle des maladies infectieuses de la faune sauvage en France et en Europe. (86(1)), 36-49.
- Boyard C. (2007). Facteurs environnementaux de variation de l'abondance des tiques *Ixodes ricinus* dans des zones d'étude modèles en Auvergne (Biologie animale). Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- Cransac N., Hewison A., Gaillard J., Cugnasse J. & Maublanc M. (1997). Patterns of mouflon (*Ovis gmelini*) survival under moderate environmental conditions : effects of sex, age, and epizootics. (75), 1867-1875.
- Cugnasse, J. (1997). Le mouflon en France—Résultats de l'enquête patrimoniale nationale, (218), 36-41.
- Cugnasse J., & Garcia M. (1982). La capture des mouflons par enclos-piège : bilan technique de 8 années d'expérimentations dans la réserve nationale de chasse du Caroux-Espinouse.
- Dupraz F. (2004). Etude des maladies abortives non réglementées chez les ongulés sauvages et domestiques de la Réserve Nationale de Chasse et de Faune Sauvage du Caroux-Espinouse: Conséquences pour la gestion sanitaire des populations. (Thèse de doctorat vétérinaire). Université Claude-Bernard-LYON 1.
- Engvall E. & Perlmann P. (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry*, 8(9), 871-874
- Favre J. (1980). Contribution à l'étude des avortements salmonelliques ovins dans le département de la Haute-Vienne. (Thèse de doctorat vétérinaire). E.N.V.
- Garel M. (2002). Dynamique et gestion d'une population d'ongulés : l'exemple du mouflon méditerranéen (*Ovis gmelini musimon* x *Ovis* sp.) dans le massif du Caroux-Espinouse (Hérault) (Rapport Technique D.E.A « Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques »).
- Geist V. (1966). Validity of Horn Segment Counts in Aging Bighorn Sheep. *The Journal of Wildlife Management*, 30(3), 634-635.
- Gibert P. Cugnasse J., Dubray F. & Mallet C. (1993). Surveillance sanitaire des ongulés de montagne dans les réserves nationales de l'Office national de la chasse en France, p. 147.
- Joncour G. (2008). L'EHRlichiose GRANULOCYTAIRE OVINE EN FRANCE.
- Kupferschmidt K. (2012). New Animal Virus Takes Northern Europe by Surprise. Consulté à l'adresse <http://www.sciencemag.org/news/2012/01/new-animal-virus-takes-northern-europe-surprise>
- Loison A., Gaillard J. & Jullien J. (1996). Demographic patterns after an epizootic of keratoconjunctivitis in a chamois population. (60), 517-527.
- Morisse J., & Cotte J. (1994). Evaluation of some risks factors in bovine salmonellosis, (25), 185-191.

- N'Guyen T. & Bunch, T. (1980). Blood groups and evolutionary relationships among domestic sheep (*Ovis aries*), domestic goat (*Capra hircus*), Aoudad (*Ammotragus lervia*) and European mouflon (*Ovis musimon*). (51), 607-613.
- Pardon P. & Sanchis R. (1990). Experimental ovine salmonellosis (*Salmonella abortusovis*): pathogenesis and vaccination, (141), 945-953.
- Pastoret P., Thiry E., Brochier B., Schwers A., Thomas I. & Dubuisson J. (1988). Maladies de la faune sauvage transmissibles aux animaux domestiques. (7(4)), 661-704.
- Pfeffer P. (1967). Le Mouflon de Corse (*Ovis ammon musimon* Schreber, 1782). Position systématique, écologie et éthologie comparées. (31), 1-262.
- Rodolakis A. (2000). Chlamydiose abortive: diagnostic et prévention. (7, avril/mai), 133-137.
- Rodolakis A., Salinas J. & Papp J. (1998). Recent advances on ovine chlamydial abortion. (29), 275-288.
- Sanchis R. & Abadie G. (1990). Utilisation d'un antigène coloré au Rose Bengale pour le sérodiagnostic de la Salmonellose ovine. Comparaison avec la technique de séroagglutination. (avril), 431-436.
- Turcke F. & Schimincke S. (1965). Das Muffelwild. Naturgeschichte.
- Vigne J. D. (1992). Zooarchaeology and the biogeographical history of the mammals of Corsica and Sardinia since the last ice age. (22 (2)), 87-96.

Annexes

Nom de la maladie	Sources d'infections	Transmission	Espèces touchées	Symptômes chez le mouflon	Zoonose	Lutte et prévention	Méthodes de diagnostic chez les mouflons
Brucellose	Brucella melitensis (Bact)	Directe par voie materno-fœtale, par contact direct et indirect (absorption d'aliments contaminés)	Mammifères domestiques et sauvages	Avortement, rétention placentaires (F) et orchite (orchio-épididymites (M), diminution de la fertilité et de la production laitière	Oui, symptômes graves	Sauvage et domestique : Prophylaxie (abattage des animaux atteints)	Réaction de fixation du complément (FC)
Fièvre Q	Coxiella burnetii (Bact)	Par contact direct avec muqueuses, selles, urine, lait, par voie aérienne et par un vecteur (tiques)	Mammifères domestiques et sauvages, reptiles, poissons et arthropodes (notamment les tiques)	Avortement, troubles de la fertilité	Oui	Sauvage: dépistages sérologiques Domestique: Isolement des femelles ayant avortées, antibiotiques hygiène et entretien sanitaire des élevages	PCR en cours de développement. Ou réaction de fixation du complément (FC)
Chlamydia abortive	Chlamydia abortus (Bact)	Directe par voie materno-fœtale et Indirecte par ingestion d'aliments contaminés, et par voie aérienne	Ovis et capra (caprins), plus rarement les bovinés et l'Homme	Troubles de la fertilité, avortements, et métrites	Oui, grave chez la femme enceinte	Sauvage: dépistages sérologiques Domestique: Isolement des femelles ayant avortées, hygiène et entretien sanitaire des élevages	Microscope, PCR en cours de développement. Ou l'Elisa et la réaction de fixation du complément (FC)

Salmonellose abortive ovine	Salmonella abortus (Bact)	Par contact direct ou indirect, après ingestion d'eau ou d'aliments contaminés (les Bactéries sont excrétées par les produits de la mise bas)	Ovis (moutons et mouflons)	Avortement, réduction du placenta, forte mortalité des jeunes	Non	Domestique: Eviter de stresser les animaux (éviter transitions alimentaires ou thermiques trop brutales), cela permet de diminuer le seuil de sensibilité à l'infection. Destruction des produits d'avortement, hygiène dans les locaux d'élevages.	micro-technique de séroagglutination (micro-agglutination)
Ehrlichiose	Anaplasma phagocytophilum (Bact)	Par un vecteur (Tiques)	Grands ruminants, équidés, petits ongulés domestiques et sauvages, chiens	Fièvre, anorexie, faiblesse, douleurs articulaires et musculaires.	Oui	Dépistages sérologiques, traitements anti-tiques chez les troupeaux domestiques	PCR
Agalactie contagieuse	Mycoplasma agalactiae, M. mycoides, M. capricolum (Bact)	Par contact direct ou materno-fœtal. Ou indirecte (matériel contaminé), voie aérienne.	Ovins caprins	Altération du fonctionnement de la mamelle et de la production lactée. Troubles articulaires et oculaires.	Non	Domestique: antibiotiques, dépistages sérologiques, et abattage des animaux infectés	Recherche des 3 mycoplasmes par: FC, ou ELISA (recherches des anticorps sanguins)

Paratuberculose	Mycobacterium paratuberculosis (Bact)	Par contact direct: Ingestion d'aliments contenant la Bactérie.	Ruminants domestiques et sauvages, carnivores.	Diarrhées, amaigrissement intense, mort (dû à l'épaississement de la muqueuse intestinale)	Non	Sauvage: Dépistage sérologique Domestique: Nettoyage et désinfection annuelle des bâtiments d'élevage, limiter l'excrétion et la circulation de la Bactérie.	ELISA
Épididymite contagieuse du bélier	Brucella ovis (Bact)	Par contact direct (génital) et indirect (ingestion d'eau et d'aliments souillés)	Ovins	Inflammation chronique de l'épididyme, baisse de la fertilité chez le mâle, et rares avortements chez la femelles	Non	Sauvage: Dépistage sérologique Domestique: dépistage clinique, vaccination des béliers et insémination artificielle	Fixation du complément (FC) , anticorps détectables 3 semaines après infection, pendant des années. Ou ELISA
Pestivirus (BVD)	Virus de la famille des Flaviridae, genre Pestivirus	Par contact direct (oronasal, génital), materno-fœtale (verticale)	Ongulés sauvages, ruminants domestiques	Amaigrissement, affaiblissement, muqueuses pâles ; perte de poils, démangeaisons, troubles neurologiques et respiratoires	Non	Dépistages sérologiques	ELISA par compétition. Problème: en sérologie, la distinction BVD et Border Disease est impossible Ou PCR
Schmallenberg	Schmallenberg	Par un vecteur (Insecte hématophage du genre Culicoides), transmission materno-fœtale	Ruminants et ongulés domestiques et sauvages	Hyperthermie, diminution de la production lactée, diarrhée, avortement.	Non	Lutte contre les Culicoides durant leur période d'activité	PCR

Fièvre Catarrhale Ovine (FCO)	Virus du genre Orbivirus	Par vecteur (insecte hématophage du genre Culicoides)	Ovins	Peu de symptômes	Non	Désinsectation	ELISA par compétition.
Toxoplasmosse	Toxoplasma gondii (Parasite)	Contamination des herbivores après ingestion d'aliments souillés par des excréments de carnivores. Les carnivores se contaminent en consommant de la viande d'herbivore contenant des kystes. (cycle)	Oiseaux, bovidés, carnivores (chats)	Avortement et troubles musculaires (cardiaques)	Oui, grave chez la femme enceinte	Traitements antiparasitaires chez les animaux domestiques.	ELISA

Figure 17. Tableau des principales caractéristiques des maladies étudiées